



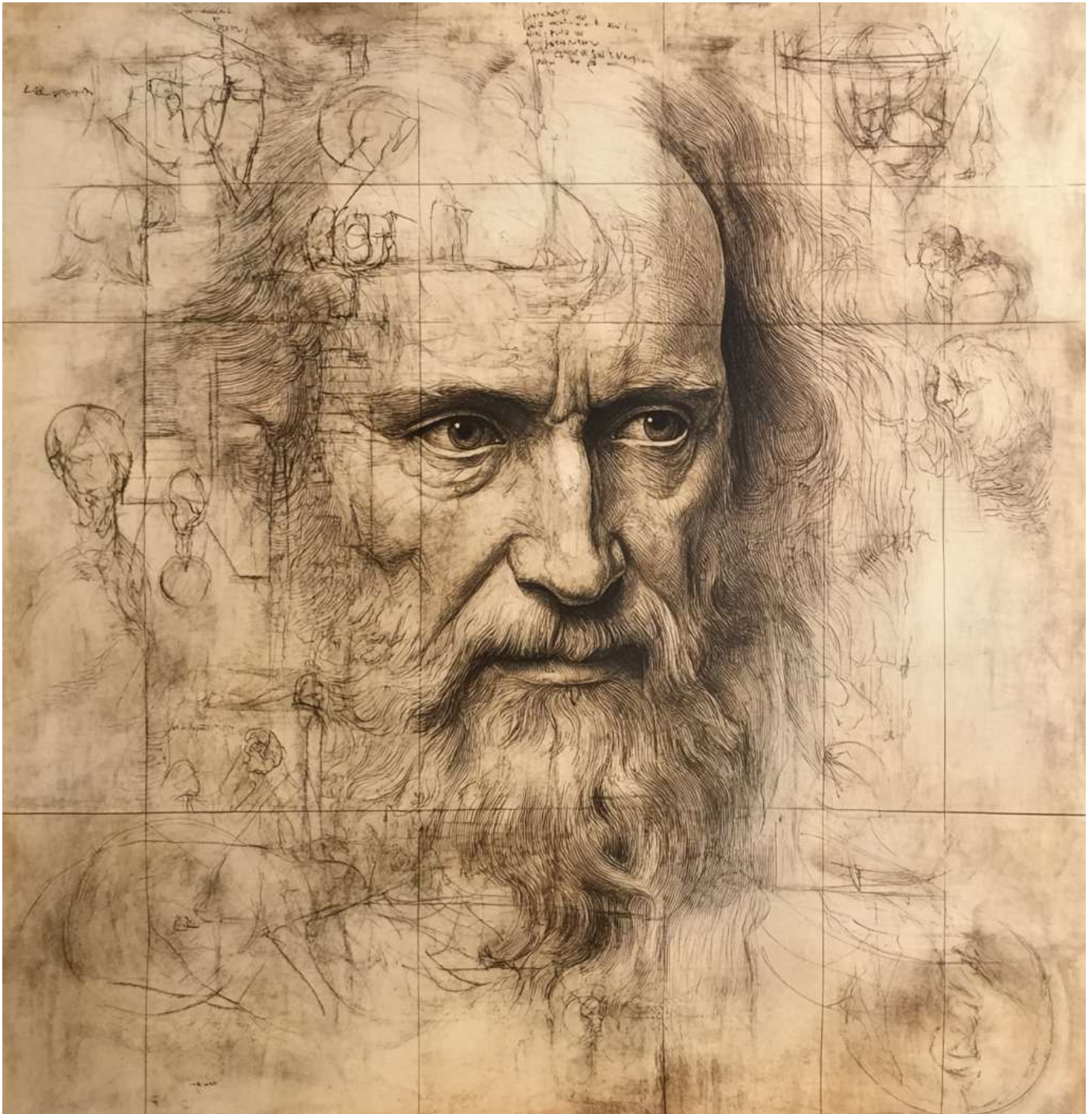
Unitelematica  
Leonardo da Vinci  
*Journal*

# Unitelematica Leonardo da Vinci Journal

Giornale ufficiale - Unitelematica Leonardo da Vinci Journal

Vol. 3, Iss.1

2023



## Indice

<i>L'American Pit Bull Terrier: Le Origini e l'Evoluzione della Razza negli Ultimi 30 Anni</i>	3
<b>Gusai Massimiliano</b>	
<i>La Balanced Scorecard nella Prospettiva ESG: verso una "Business Sustainability Value Creation"</i>	100
<b>Rojic Carlo Andrea</b>	
<i>Metodo Sperimentale di Produzione di Energia Elettrica con la Fotosintesi Clorofilliana</i>	278
<b>Santarcangelo Ciro Pio</b>	
<i>Metodologia e Tecnologie per la Trasformazione Digitale e la Transizione Ecologica nella Progettazione e Pianificazione delle Infrastrutture</i>	469
<b>Foria Federico</b>	
<i>Pesca Ecosostenibile nell'Alto Adriatico e in Ambienti di Transizione: Studio, Sviluppo e Perfezionamento di Antichi Metodi di Pesca attraverso l'Utilizzo di Specifiche Nasse e Reti da Posta</i>	604
<b>Alberani Alberto</b>	

# L'American Pit Bull Terrier: Le Origini e l'Evoluzione della Razza negli Ultimi 30 Anni

Gusai Massimiliano<sup>1</sup>

*<sup>1</sup> Facoltà classe in Scienze, Ambiente e Territorio  
Indirizzo: Doctor of Philosophy (Dottorato di Ricerca)*

---

## **Parole Chiavi**

---

*Razza, cani,  
Dogue, Pit bull,  
allevatore,  
cucciolo, cura,  
salute*

## **Introduzione**

---

Questa trattazione prenderà in esame non solo le caratteristiche dell'American Pit Bull Terrier (dalla scelta del cucciolo, alla genetica, la salute, l'impiego, le esposizioni) ma verrà corredata da interventi di addetti del settore che si sono prestati a dedicarmi il loro tempo in virtù del rispetto, dell'amicizia e della stima che ci lega in questo percorso ventennale.

## **Relatori**

---

Prof. Tamburrini Giammarco  
Prof. Carrazza Antiniska

## **Candidato/a**

---

Gusai Massimiliano  
Matricola: 30920061975  
UPSFC/IT

## 1. STORIA DELLA RAZZA

I primi cani di tipo molossoide hanno origini remote ed erano usati dagli Assiri sia in guerra che per la caccia di grossi animali;

Caratteristiche principali erano le dimensioni imponenti, la forte presa mascellare e il muso corto.

Durante il VI secolo A.C. i molossi orientali giunsero in Europa per mezzo dei traffici commerciali dei Fenici e grazie alle loro caratteristiche si diffusero rapidamente.

Per la loro prestanza fisica vennero usati negli anfiteatri romani in combattimenti contro tigri, leoni e persino elefanti e muniti di corazza si rivelarono molto efficaci anche in guerra. Si narra che lo stesso Alessandro Magno utilizzasse i Molossi nelle battaglie per seminare il panico tra i nemici, e si affezionò anche ad uno di essi, si chiamava “Periles”, che morì combattendo.

I romani esportarono i molossi nei territori conquistati e quando giunsero in Inghilterra, i molossi romani, incrociati con i cani dell'isola, diedero origine a cani ancora più forti e feroci e quindi ancora più adatti a combattere negli anfiteatri.

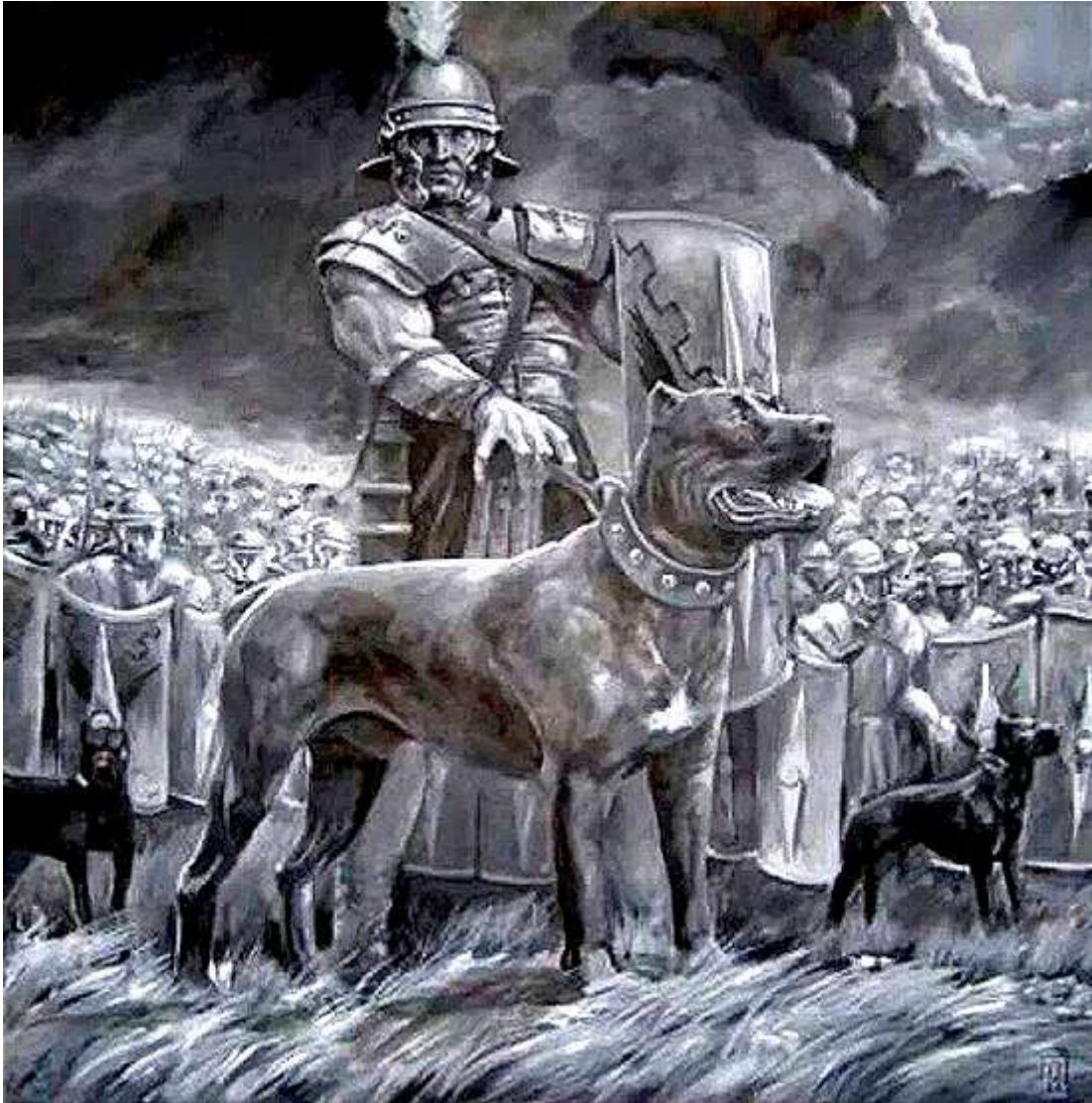
Le origini del cane da guerra sono però antichissime, e non attribuibili ai soli romani in quanto questa strategia fu usata da varie civiltà, come egiziani, greci, persiani, sarmati, alani, slavi, britannici e romani.

I romani però ebbero indubbiamente il merito di incrociarli per migliorarne la prestazione e soprattutto li addestrarono in modo particolare.

Del resto, la predominanza dei romani nei combattimenti era dovuta sostanzialmente al loro straordinario addestramento, così anche con i cani usarono lo stesso accorgimento.

Addestramento che consisteva principalmente nel far vivere il cane con tutta la coorte abituando a distinguere gli amici dai nemici attraverso l'odore, dalle vesti e dalle armature. Doveva poi imparare gli ordini verbali, per cui se si presentava un estraneo all'accampamento a un preciso ordine non doveva saltargli addosso come faceva con tutti gli altri.

Era fondamentale che rispettassero l'ordine di attacco in battaglia ma pure i vari richiami e l'ordine di fermarsi o di tornare indietro quando occorreva. Al contrario dei cani da guerra barbari che assalivano qualunque intervento straniero, i cani romani obbedivano agli ordini come fossero soldati.



*canis pugnax*

Il Molosso Romano, pertanto, era un cane funzionalmente completo e nelle terre conquistate dalle Legioni Romane di cui era al seguito, dette origine a cani che poi vennero utilizzati per funzioni simili: ad esempio, in Spagna originò il Perro da presa spagnolo e in Francia il Dogue de Bordeaux.

In Inghilterra l'evoluzione del molosso proseguì dando origine a Bandog e Alaunt: due grossi cani usati anche come “cani da macellaio” per condurre il bestiame e dai guardiacaccia contro i bracconieri.

La loro storia pregressa ha portato alla selezione di cani dalla struttura massiccia, caratterizzati da teste molto grandi e da muscoli non troppo lunghi, dotati di mandibole molto potenti. La selezione da parte dell'uomo ha sviluppato cani dal corpo potente,

estremamente forti e resistenti. La pelle, per poter resistere a morsi e graffi, è molto elastica e le orecchie sono piccole e pendenti.

Le razze di molossoidi hanno origini differenti anche se possiamo suddividerli principalmente in 3 categorie:

**Cani da montagna:** sono cani di grossa taglia selezionati per i climi montani, dedicati nell'antichità soprattutto alla guardia e alla pastorizia;

**Dogue:** sono un'evoluzione dei cani da montagna e venivano utilizzati soprattutto per controllare le proprietà;

**Cani molossoidi di piccola taglia:** sono i molossoidi a cui la selezione da parte dell'uomo ha tolto nel tempo qualche centimetro di stazza, oggi sono considerati soprattutto cani da compagnia.

Ma vediamo nello specifico vari esempi di razze che rientrano nella categoria dei molossi, seguendo la divisione per categoria di appartenenza.

## 1.1 Cani da montagna

Della categoria cani da montagna fanno parte:

- Il San Bernardo, le sue dimensioni lo hanno reso un cane famoso il cui soprannome è "il gigante": un San Bernardo può infatti raggiungere 100 kg di peso. In passato è stato spesso considerato il cane perfetto per le attività montane in caso di disastri o catastrofi come le valanghe. All'interno del gruppo sviluppa forti relazioni legate alla difesa dei compagni umani e del territorio, mantenendo un comportamento "delicato" nonostante la stazza, di cui talvolta non si scorda quando vi corre incontro abbattendovi per farvi le feste.
- Il Leonberger che si narra abbia avuto origine intorno alla metà del XIX secolo, quando Heinrich Essig, nella città tedesca di Leonberg (da cui trae il nome), decise di accoppiare cani pastori dei Pirenei con i Terranova o probabilmente con i San Bernardo, dando vita ad una nuova razza gigante
- Il Terranova, grande amante dell'acqua e ha una grande capacità polmonare che gli permette di nuotare anche molto a lungo, come gli veniva chiesto in passato. Le sue origini quasi polari lo hanno reso un cane in grado di gestire molto bene le basse temperature anche in acqua grazie alle zampe palmate e al pelo "impermeabile". La sua forte motivazione affiliativa lo rende un cane che si lega profondamente al gruppo di appartenenza.

- Il Pastore dei Pirenei, le sue origini antiche derivano dai pastori del Caucaso, i pastori dei Pirenei hanno una lunga storia anche in Europa, dove nel XIV secolo proteggevano già i castelli francesi delle montagne meridionali. Il figlio del Re Sole, nel Diciassettesimo secolo, portò a Versailles un individuo di questa razza che, nel tempo guadagnò il soprannome di "cane reale". Le sue origini da guardiano lo rendono un ottimo cane da pastore

## 1.2 Dogue

Per la categoria dei Dogue troviamo:

- L' Alano, in origine utilizzato come cacciatore di cinghiali. Nonostante la mole possente, mantengono una linea agile ed elegante. Il suo nome originario era Deutsche Dogge e ne ricorda le radici tedesche. Le sue dimensioni e l'eleganza del suo corpo gli hanno fatto guadagnare il soprannome di "Apollo dei cani", i maschi di questa razza, infatti, possono raggiungere anche i 90 kg di peso
- Il Boxer, tratto essenziale il caratteristico muso largo dal naso spinto all'indietro è dato da una selezione forzata da parte dell'uomo che in passato lo utilizzava come cacciatore. Il compito del Boxer era quello di agguantare e trattenere la preda selvatica fino all'arrivo del cacciatore. La larghezza del muso era quindi indispensabile per avere una presa salda e sicura. Il corpo del Boxer appare sempre elegante e ha un passo particolarmente nobile per essere un molosso.
- Mastino Napoletano riconosciuto come razza nel 1949, ma veniva utilizzato come difensore delle proprietà e delle persone grazie alla sua tendenza a mantenere alto il livello di allerta. In passato il Mastino Napoletano era diffuso soprattutto nelle campagne del sud Italia. Viene considerato l'erede dell'antico Molosso romano, il cane che faceva la guardia agli accampamenti dei legionari.
- Il Cane Corso ottimo guardiano della proprietà, prende il nome non dall'origine geografica, come alcuni credevano in passato, ma proprio dal suo compito. Cōhors, in latino significa infatti "recinto, cortile". In passato questo cane, come il mastino napoletano, veniva utilizzato dai briganti del Sud Italia, per avvisare nel caso in cui qualcuno volesse avvicinarsi ai loro rifugi. Grazie

al suo aspetto, il cane corso era in grado di svolgere inoltre un ulteriore compito: allontanare gli avventori.

- Il Rottweiler il cui nome deriva dalla città di Rottweil, dove il cane divenne particolarmente famoso come “cane dei macellai”. Il suo aspetto solido e robusto lo ha reso in passato anche un cane da traino. Anche la polizia tedesca, nei primi decenni del ‘900, provò ad utilizzare i Rottweiler come cani di servizio. La loro spinta affiliativa e collaborativa (con il conduttore) li hanno resi cani all’altezza del compito. A oggi mantengono una motivazione possessiva e territoriale spiccata
- Il Mastiff, considerato il cane della nobiltà per la sua grande abilità nel proteggere e custodire i castelli. Un celebre Mastiff è stato il cane di sir Peirs Leigh, che nel 1415 difese il suo proprietario caduto da cavallo durante una battaglia. Ciò che caratterizza maggiormente questa razza di cani è la loro spiccata vocazione all’affiliazione. Il Mastiff, infatti, è un cane fortemente legato al suo gruppo, in grado di proteggerlo e di condividere esperienze di tutti i tipi.

### **1.3 Cani Molossoidi di Piccola Taglia**

Per la categoria dei cani molossoidi di piccola taglia troviamo:

- Il Bulldog, secondo la tradizione, nella primavera del 1209, Lord Stamford assistette dal suo castello ad un combattimento particolarmente cruento: mentre due tori stavano lottando per una femmina, i cani di un macellaio assalirono uno dei due contendenti e dopo un sanguinoso combattimento (che agli occhi del lord apparve estremamente spettacolare) lo uccisero. In segno della sua ammirazione il lord donò quel terreno alla corporazione dei macellai e volle che ogni anno venisse organizzato un combattimento tra cani e tori; da allora, e fino al XIX secolo questo tipo di combattimenti ebbe larga diffusione e fu apprezzato da diverse classi sociali. Proprio per questo aneddoto, il termine Bulldog, che comparve per la prima volta nel XVII secolo, sta ad indicare il cane utilizzato contro i tori



*Bulldog*

Voglio prestare un'attenzione particolare proprio a quest'ultimo in quanto, a differenza delle altre categorie di molossi aveva delle caratteristiche molto simili al Pit Bull odierno: più leggero degli antichi molossi, dotato di una testa grande e un muso leggermente più allungato, molto resistente allo sforzo e al dolore, estremamente ubbidiente ed attaccato al padrone.

#### **1.4 Le origini del Pit Bull Terrier**

Quando nell'Ottocento i Bulldog vennero incrociati con i Terrier inglesi, si ottenne il Bull Terrier, un cane molto potente e tenace che si dimostrò estremamente adatto ai combattimenti tra cani e allo sterminio dei ratti.

Il Bull Terrier diede origine a due razze diverse a partire dalla fine dell'ottocento, quando con l'avvento delle esposizioni canine alcuni allevatori iniziarono a selezionare Bull Terrier rispondenti a precise caratteristiche morfologiche, mentre altri continuarono la selezione nel tentativo di ottenere il combattente perfetto e la distinzione tra Bull Terrier e il nuovo cane, a cui venne dato il nome di Pit Bull Terrier (pit in inglese significa: buca, fossa, arena) si fece sempre più marcata.

Dobbiamo ricordare infatti che il Pit Bull Terrier non può essere definito un molosso e la differenza è principalmente una: i terrier di tipo bull sono cani che alle spalle hanno

una selezione per il combattimento, sono quindi cani dal carattere e dal temperamento particolari (e su questo ricorda il “canis pugnax” degli antichi romani), al contrario tra i molossi troviamo anche razze canine “alla portata di tutti” che pur richiedendo sempre un buon grado di preparazione da parte del padrone, non tutti hanno quel tratto caratteriale di dominanza tipico invece dei cani terrier tipo bull .

Premetto che la vera origine del Pit Bull Terrier non sarà mai certa al 100%.

Possiamo solo dire che esistono varie correnti di pensiero e la più accreditata sostiene che i Pit Bull (anche se sono terrier) in origine siano stati creati facendo accoppiare tra loro molossi di vario genere, vedi mastino napoletano, boxer, dogo argentino, una volta arrivati al cane con il type giusto si è provveduto a fissarlo, procedendo in consanguineità tra i vari “prodotti finali” ottenuti.

La cosa certa è che il Pit Bull Terrier che andava delineandosi era un cane di media taglia, aveva un collo potente e muscoli posteriori molto sviluppati, aveva la presa micidiale del Bulldog, l’agilità del Terrier, il forte temperamento e l’insensibilità al dolore degli antichi molossi.

Il Pit Bull Terrier combatteva in modo diverso e molto più efficace dei suoi predecessori: era dotato di maggiore intelligenza e senso tattico ed invece di tenere la presa ad ogni costo come il Bulldog, cambiava bersaglio al momento opportuno risultando devastante nell’arena.

Grazie alla sua diffusione in Inghilterra il Pit Bull Terrier giunse negli U.S.A. molto rapidamente e venne usato in ogni tipo di combattimento proprio come era stato in Inghilterra. Dal punto di vista morfologico il Pit Bull americano aveva subito un notevole aumento di taglia rispetto al Pit Bull Terrier inglese da cui aveva avuto origine pur mantenendo invariate le caratteristiche tipiche della razza (American Pit Bull Terrier A.P.B.T.)

Il fenomeno dei combattimenti venne contrastato con forza a partire dal 1856, quando nello stato di New York vennero proibiti i vari tipi di combattimenti fra animali. La lotta al mondo dei combattimenti venne portata avanti anche dal presidente Theodore Roosevelt (che possedeva un Pit Bull Terrier), il quale pur ridimensionando il fenomeno non riuscì a fermarlo del tutto.

La selezione dei Pit Bull utilizzati nei combattimenti continuò nella clandestinità e senza registri ufficiali fino al 1898, anno in cui venne istituito l’U.K.C. (United Kennel Club),

che accettava le iscrizioni dei Pit Bull nei suoi registri e fissava il nome della razza in American Pit Bull Terrier (A.P.B.T.).

l'United Kennel Club fin da subito vede con favore i combattimenti tra cani. Così il Bloodlines Journal dell'UKC inizia a pubblicare le date e i risultati degli incontri (cosa che prima faceva la Police Gazette).

Dopo la morte del fondatore, però, l'UKC, prende le distanze dai Pit Bull da combattimento.

Nasce così, nel 1909, l'A.D.B.A. (American Dog Breeders Association), che a differenza dell'U.K.C. per quasi un secolo non accettò di registrare altre razze oltre l'A.P.B.T., almeno fino alla recentissima decisione di aprire i propri registri anche ad altre razze.

## **2. Standard**

Uno standard è il riferimento più ampio e importante per fornire una guida solida per gli allevatori che desiderano mantenere la qualità della razza e migliorarla ove possibile, seguendo e ricercando l'affermazione delle caratteristiche indicate per ottenere una selezione omogenea e similare in tutto il mondo.

Partiamo con il dire che per definire l'American Pit Bull Terrier si ricorre principalmente a due tipi di Standard: L'American Pit Bull Terrier in standard Ukc e L'american Pit Bull Terrier in standard ADBA.

In entrambi gli standard, ADBA ed UKC, troviamo caratteristiche precipue di esemplari dotati di vigore, tenacia e potenza che vanno a descrivere il cane da lavoro per eccellenza, di taglia media, robusto e compatto, con pelo corto, duro e crespo, muscolatura ben definita alla vista e solidità nelle articolazioni.

Ma se, andiamo oltre le caratteristiche fondanti della razza ed andiamo ad indagare, possiamo dire che, se la prima associazione mira principalmente ad allevare cani da lavoro, la seconda tende a cani più adatti alle esposizioni ed alla vita in famiglia.

In entrambe le associazioni lo standard e la selezione sono operati in maniera tale da diminuire fortemente la presenza di difetti che possano pregiudicare la salute e il benessere dell'American Pit Bull Terrier, e non è tollerato nessun incrocio o caratteristica che possa ricondurre all'incrocio con altre razze.

Ma vediamo nel dettaglio le caratteristiche dei due standard.

### ***2.1 American Pit Bull in standard ADBA***

Un American Pit Bull in standard ADBA, presenta le caratteristiche precipue della specie, quali aggressività, agonismo e temperamento e doti fisiche quali, resistenza alla fatica, che permette al cane di continuare a lavorare anche in situazioni estreme e sfavorevoli.

Fisicamente però gli ADBA, sono più snelli degli esemplari UKC, per migliorarne la prestazione.

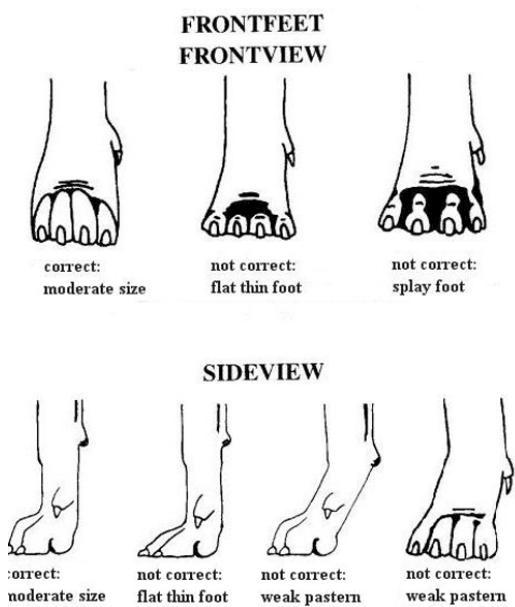
Si parla quindi di cani agili, potenti ed irrefrenabili.

È un cane versatile e completo, molto equilibrato, di forte impostazione muscolare, agile, attento, coraggioso e dall'energia interminabile.

Il peso varia da un minimo di 14 kg ad un massimo di 24 kg. Questo perché deve esserci un rapporto equilibrato tra peso e potenza per garantirne l'agilità.

I piedi sono di media grandezza, rotondi e compatti, con dita ben arcuate e di spessore, i cuscinetti sono elastici.

I metacarpi visti di lato sono di media lunghezza, spessi e forti ma comunque flessibili, Mostrano una leggera angolazione se visti di lato, e sono capaci di assorbire le forze esterne e di minimizzare le sollecitazioni.



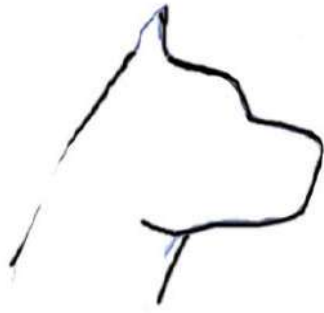
*esempi di piede in standard e non in standard*

La lunghezza della gamba anteriore (misurata dal punto di gomito al suolo) può essere uguale o superare la metà dell'altezza del cane al garrese. La proporzione ideale è da + 5% a + 20%.

Generalmente si presenta magro e atletico, con visione delle costole dorsali e non di quelle iliache.

Non presenta mai sproporzioni tra corpo e singole caratteristiche di testa, ossa, peso ecc, che potrebbero diminuire la funzionalità e il corretto movimento.

La testa ha una lunghezza media, con proporzioni tra base e canna nasale, cranio piatto e ampio, muso profondo e imponente sul viso.



*testa maschile ideale*



*testa femminile ideale*

Il muso è largo e profondo, con una leggera conicità dallo stop al naso, e un leggero allontanamento sotto gli occhi.

La lunghezza del muso è uguale o leggermente superiore alla base superiore del cranio (5% tolleranza max).

La linea superiore del muso è dritta e la mascella inferiore è ben sviluppata, larga e profonda. Le labbra sono regolari e mai troppo appese.

La testa dell'American Pit Bull Terrier è unica nel genere e deve dare l'impressione di grande potenza.

I masseteri sono larghi e pronunciati sul viso; la testa non è mai sproporzionata (troppo grande o troppo piccola) rispetto alle dimensioni del corpo.

Vista di fronte, la testa ha la forma di un ampio cuneo smussato.

Nella vista laterale, la parte del cranio che attacca al collo e la punta del muso sono quasi parallele tra loro.

Il muso e la parte alta della testa sono uniti dal salto nasofrontale (stop) moderatamente profondo e ben definito.

Le arcate sopraorbitali sono ben definite, ma non pronunciate. Al centro del cranio sulla parte alta della testa vi è una linea che divide il cranio in due, con profondità lieve ma marcata.

Il cranio è profondo e largo tra le orecchie, alla vista dall'alto, visto dall'alto si assottiglia leggermente verso la fine della parte alta, come se fosse un cuneo.

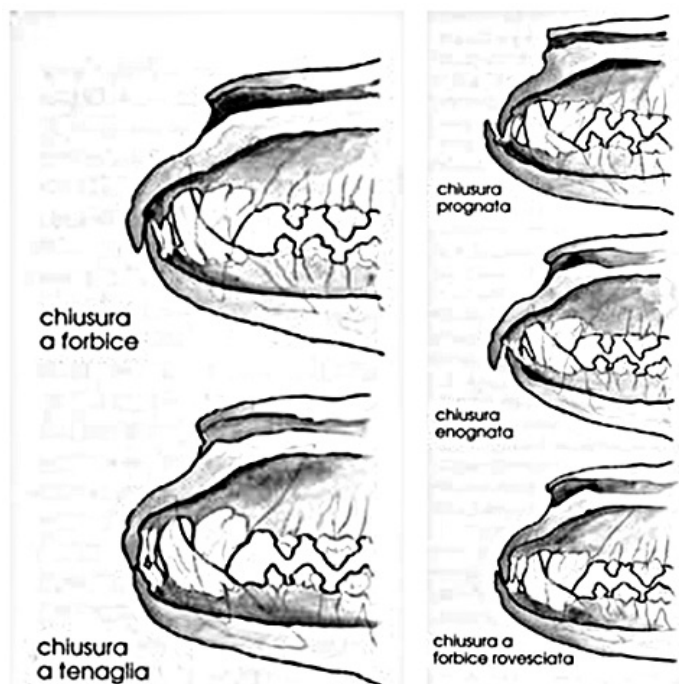
Il solco che divide il cranio diminuisce in profondità dallo stop all'occipite.

Un Pit Bull ADBA ha un collo di lunghezza media (un collo troppo corto o troppo lungo limita le funzionalità del soggetto) che parte doppio sulle spalle e si assottiglia fino all'attaccatura del cranio, dietro i masseteri.

Sul collo si dovrebbe vedere una linea divisoria centrale (nella vista superiore)

Dispone di un set completo di denti equidistanti, bianchi e a forbice (i canini superiori antecedono leggermente gli incisivi inferiori).

Enognatismo e prognatismo sono considerati difetti gravi: Un buon giudice, esaminerà sempre la dentatura per accertarsi che sia corretta.



*difetti di chiusura*

La mandibola non deve presentare difformità anatomiche come l'asimmetria mandibolare che provoca bocca storta, morso oltrepassato, ecc.

Il naso è ampio con ampie narici aperte. Può essere di qualsiasi colore: black nose (tartufo nero) - red nose (tartufo rosso) - Blue nose (tartufo blu). Gli occhi sono di media grandezza, e sono accettati di qualsiasi colore tranne blu (perché associati all'albinismo o a problemi congeniti), rotondi, ben distanziati e bassi sul cranio. Le orecchie sono attaccate alte e possono essere naturali o tagliate (si ricorda però che per effetto della Legge 4 novembre 2010, n.201, recidere le orecchie ai fini estetici è reato). Gli appiombi devono indicare la direzione e la posizione che le zampe del cane prendono in rapporto al suolo.

La coda è corta a continuazione longitudinale della colonna vertebrale, mediamente corrispondente alla fine del garretto o poco prima, ma non avanzata rispetto alla punta del garretto, e non è tenuta storta rispetto alla direzione del corpo.

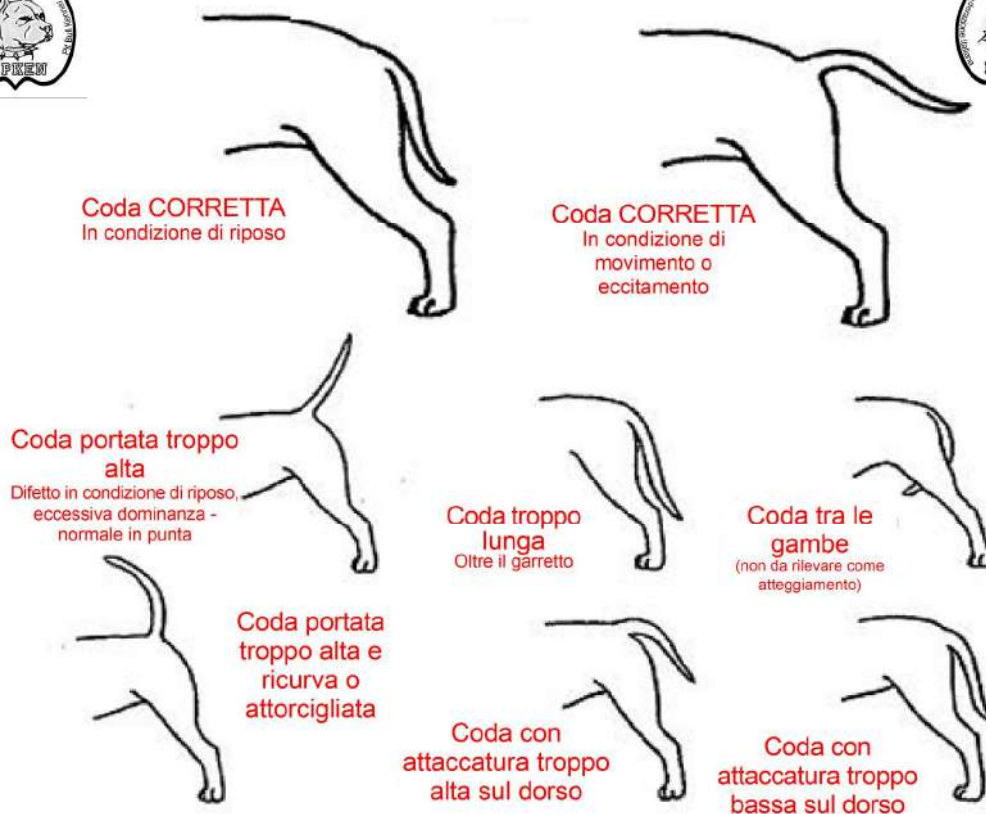
Si assottiglia verso la fine, partendo da un'attaccatura solida, non è arricciata o piegata verso il dorso ed è attaccata bassa alla fine della top line quasi a terminare la curva di top line che inizia al garrese.

Generalmente non è portata dritta quando è bassa e crea una "S" leggera in posizione rilassata, non si innalza oltre l'altezza del dorso quando è in movimento.

Non bisogna mai dimenticare, però, che la coda serve ad indicare gli stati psicologici del cane; quindi, mostra anche coraggio e sicurezza e l'atto di tenere la coda tra le gambe posteriori deve essere considerato un segno di carattere troppo timido e dominato (sempre che la cosa non riguardi l'intervento di terzi che provoca fastidio al soggetto), pertanto costituisce difetto.



## Portamento Coda



La top line è la linea che dal garrese (parte anteriore della schiena), finisce alla punta della coda, che per essere corretta deve seguire un segmento di leggera discesa verso la coda. Un difetto grave si riscontra in una top line irregolare con curva al centro della schiena (insellatura), oppure quando la punta dell'attaccatura della coda supera in segmento parallelo al suolo, la base del collo del cane.

### ***2.1.1 Difetti Eliminatori***

Un difetto eliminatorio è un difetto tanto serio da determinare la squalifica del cane a prescindere dalla competizione

Costituisce difetto eliminatorio:

Camminata asimmetrica rispetto al segmento di direzione. Gambe corte o eccessivamente lunghe che proibiscono alcuni movimenti e la funzionalità del cane.

Sproporzione nella dimensione: Testa abnorme rispetto al corpo, ossa troppo doppie rispetto al corpo, petto troppo largo, ecc).

Muso così breve da non permettere una normale respirazione.

Prognatismo o enognatismo.

Cagnolismo o Mancinismo tali da impedire alcuni movimenti, quindi da interferire con la funzionalità del cane.

Coda torta o arricciata.

Criptorchidismo unilaterale o bilaterale.

Albinismo, Merle (tutti gli altri colori sono invece accettati)

Sordità unilaterale o bilaterale.

Pelo lungo.

Nanismo e ogni altro difetto che possa ravvisarsi nello schema dello standard.

## ***2.2 American Pit Bull in standard UKC***

Un Pit Bull in standard UKC, presenta le caratteristiche precipue della specie, quali aggressività, agonismo e temperamento e doti fisiche quali, resistenza alla fatica, che permette al cane di continuare a lavorare anche in situazioni estreme e sfavorevoli

Fisicamente però L'UKC pensa al Pit Bull con stazza massiccia e testa detta a "mattoni". Di fatti il cane che rientra in standard UKC ha un'ossatura più grossa di uno di standard ADBA.

Robusto e compatto, ha pelo corto, duro e crespo, muscolatura ben definita e solidità nelle articolazioni.

È un cane potente e atletico, ma sempre equilibrato. Il suo corpo è leggermente più lungo che alto.

Il peso è importante, ma non quanto le proporzioni, anche se è da considerare come preferibile se in questi range: 17/28 per il maschio e 15/26 per le femmine (non sono penalizzati cani più pesanti se non eccessivi nella sproporzione).

Le altezze preferibili, sempre in una visione di proporzionalità, sono le seguenti: per i maschi da 45 cm a garrese fino a 54 - per le femmine da 40 cm a garrese fino a 51.

La parte che appoggia al suolo (piede) è essenziale per un Pit Bull ad affermare la sua attinenza al lavoro.

I piedi sono di media grandezza, rotondi e compatti, con dita ben arcuate e di spessore, e i cuscinetti sono elastici.

I metacarpi visti di lato sono di media lunghezza, spessi e forti ma comunque flessibili, mostrando una leggera angolazione se visti di lato, capaci di assorbire le forze esterne e minimizzare le sollecitazioni.

La lunghezza della gamba anteriore (misurata dal punto di gomito al suolo) dovrebbe corrispondere pressappoco alla metà dell'altezza del cane al garrese. La tolleranza è del 15%.

Un Pit Bull ha un collo di lunghezza media (un collo troppo corto o troppo lungo limita le funzionalità del soggetto).

Parte doppio sulle spalle e si assottiglia fino all'attaccatura del cranio, dietro i masseteri.

Sul collo si dovrebbe vedere una linea divisoria centrale (nella vista superiore).

La testa ha una lunghezza media, con proporzioni tra base e canna nasale, cranio piatto e ampio, muso profondo e imponente sul viso.

Il muso è largo e profondo, con una leggera conicità dallo stop al naso, e un leggero allontanamento sotto gli occhi.

la lunghezza del muso è leggermente inferiore (5% tolleranza max) o uguale alla lunghezza del cranio (parte alta). La linea superiore del muso è generalmente diritta.



*Testa American Pit Bull Terrier in standard*

La testa femminile è meno ampia di quella maschile e ha masseteri meno pronunciati ma sempre ben proporzionati con il resto del cranio, ad affermare forza e potenza.

La mascella inferiore è ben sviluppata, larga e profonda. Le labbra sono regolari e mai troppo appese.

È da considerare difetto quando la parte finale della canna nasale finisce a punta e la mandibola con masseteri deboli.

Altri difetti sono costituiti da una canna nasale così corta da interferire con la normale respirazione.

La testa dell'American Pit Bull Terrier è unica nel genere e deve dare l'impressione di grande potenza.

I masseteri sono larghi e pronunciati sul viso; la testa non è mai sproporzionata (troppo grande o troppo piccola) rispetto alle dimensioni del corpo.

Visto di fronte, la testa ha la forma di un ampio cuneo smussato. Nella vista laterale, la parte del cranio che attacca al collo e la punta del muso sono quasi parallele tra loro.

Il muso e la parte alta della testa sono uniti dal salto nasofrontale (stop) moderatamente profondo e ben definito.

Le arcate sopraorbitali sopra gli occhi sono ben definite, ma non pronunciate. Al centro del cranio sulla parte alta della testa vi è una linea che divide il cranio in due, con profondità lieve ma marcata.

Il cranio è profondo e largo tra le orecchie, alla vista dall'alto, si assottiglia leggermente verso la fine della parte alta, come se fosse un cuneo.

Il solco che divide il cranio diminuisce in profondità dallo stop all'occipite.

Generalmente la testa non ha troppe rughe ed un eccesso di rugosità non è da preferire insieme ad una giogaia pronunciata.

Quando il cane è attento o in punta, si formano delle rughe su fronte e parte laterale che danno all'APBT un'espressione unica.

Dispone di un set completo di denti equidistanti, bianchi e a forbice (i canini superiori antecedono leggermente gli incisivi inferiori).

Enognatismo e prognatismo sono considerati difetti gravi: il giudice, esaminerà sempre la dentatura per accertarsi che sia corretta.

La mandibola non deve presentare difformità anatomiche come l'asimmetria mandibolare che provoca bocca storta, morso oltrepassato, ecc.

Il naso è ampio con ampie narici aperte. Può essere di qualsiasi colore: black nose (tartufo nero) - red nose (tartufo rosso) - Blue nose (tartufo blu).

Gli occhi sono di media grandezza, e sono accettati di qualsiasi colore tranne blu (perchè associati all'albinismo o a problemi congeniti), rotondi, ben distanziati e bassi sul cranio. Le orecchie sono attaccate alte e possono essere naturali o tagliate (si precisa che per effetto della Legge 4 novembre 2010, n.201, recidere le orecchie ai fini estetici è reato).



*American Pit Bull Terrier con orecchie tagliate*

Gli appiombi devono indicare la direzione e la posizione che le zampe del cane prendono in rapporto al suolo.

Difetti rilevanti sono per l'anteriore: zampa mancina (in cui le zampe ruotano verso l'esterno), zampa cagnola (dove le zampe ruotano verso l'interno), zampe chiuse avanti (la zampa chiude in linea ma all'interno delle spalle), sgomitato (se i gomiti escono all'esterno delle linee).

Difetti rilevanti per il posteriore: corrispondono a quelli anteriori al di fuori di quelli indicati in foto in basso come divergente (la parte finale delle zampe apre al suolo oltre le anche posteriori), e aperto (l'intera zampa apre esternamente formando un arco dove il quadricipite assume una forma irregolare e proiettata verso l'esterno dalla vista posteriore).

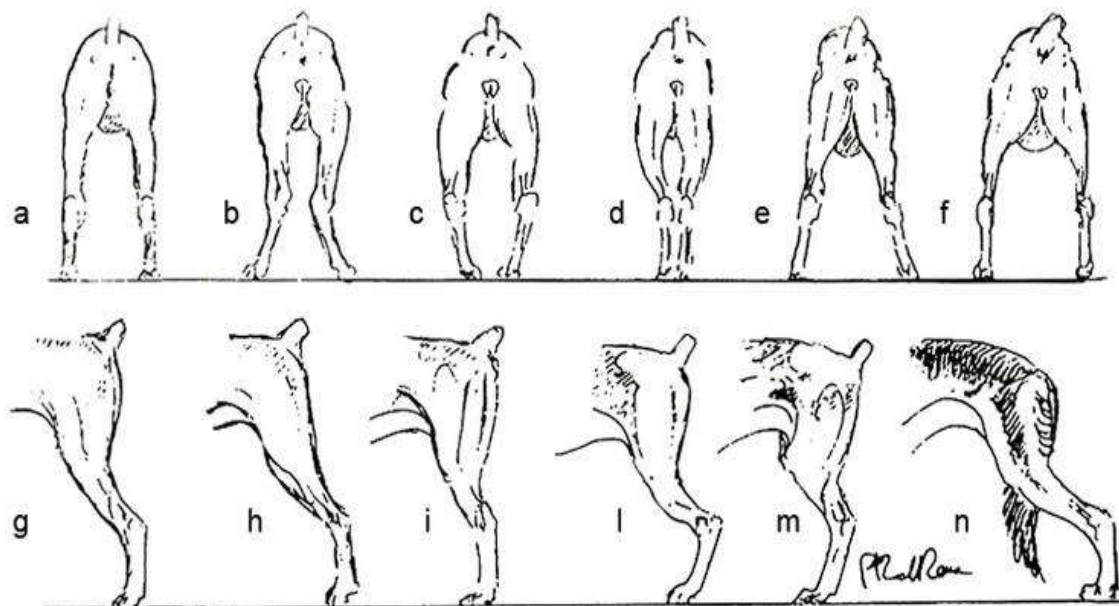


Fig. 55 - Gli appiombi posteriori del cane osservati dietro e di lato: a) regolare; b) vaccino; c) cagnolo; d) chiuso; e) divergente; f) aperto; g) regolare; h) aperto; i) diritto; l) troppo angolato; m) sotto di sé; n) fuori di sé.

*esempi di appiombi posteriori*

La coda è corta a continuazione longitudinale della colonna vertebrale, mediamente corrispondente alla fine del garretto o poco prima, ma non avanzata rispetto alla punta del garretto, non tenuta storta rispetto alla direzione del corpo.

Si assottiglia verso la fine, partendo da un'attaccatura solida, non è arricciata o piegata verso il dorso ed è attaccata bassa alla fine della top line quasi a terminare la curva di top line che inizia al garrese.

Generalmente non è portata dritta e quando è bassa e crea una "S" leggera, in posizione rilassata, non si innalza oltre l'altezza del dorso quando è in movimento, non ha coda a vite (difetto grave).

Quando il cane è agitato, in punta o particolarmente attente tende a portare alta la coda, ma tale portamento (a meno che non si tratta di sfida imminente) non è preferibile per eccessiva dimostrazione di dominanza.

Come per gli ADDBA la coda, manifestando stati d'animo e psicologici del cane, se tenuta tra le gambe posteriori deve essere considerata un segno di carattere timido e dominato e costituisce difetto se prolungato.

La top line è la linea che dal garrese (parte anteriore della schiena), finisce alla punta della coda, che per essere corretta deve seguire un segmento di leggera discesa verso la coda. Un difetto grave si riscontra in una top line irregolare con curva al centro della schiena (insellatura), oppure quando la punta dell'attaccatura della coda supera in segmento parallelo al suolo, la base del collo del cane.



*esempi di top line*

### **2.2.1 Difetti Eliminatori**

Un difetto eliminatorio è un difetto tanto serio da determinare la squalifica del cane a prescindere dalla competizione

Costituiscono difetto eliminatorio:

Camminata asimmetrica rispetto al segmento di direzione. Gambe corte o eccessivamente lunghe che proibiscono alcuni movimenti e la funzionalità del cane.

Sproporzione nella dimensione: Testa abnorme rispetto al corpo, ossa troppo doppie rispetto al corpo, petto troppo largo, ecc). Muso così breve da non permettere una normale respirazione.

Prognatismo o enognatismo.

Cagnolismo o Mancinismo tali da impedire alcuni movimenti, quindi da interferire con la funzionalità del cane.

Coda torta o arricciata.

Criptorchidismo unilaterale o bilaterale.

Albinismo, Merle (tutti gli altri colori sono invece accettati)

Sordità unilaterale o bilaterale.

Pelo lungo.

Nanismo e ogni altro difetto che possa ravvisarsi nello schema dello standard.

### ***2.3. Fipken***

Lo standard definisce pertanto il modello ideale di razza, ed è l'unico strumento utile a tutelare la razza.

È il riferimento più ampio e importante per fornire una guida solida per gli allevatori che desiderano mantenere la qualità della razza e migliorarla ove possibile, seguendo e ricercando l'affermazione delle caratteristiche indicate per ottenere una selezione omogenea e simile in tutto il mondo.

Selezione che è fondamentale in tutte le razze ma ancora di più nell'American Pit Bull Terrier, razza così bistrattata e soggetta ad accoppiamenti folli, volti a soddisfare velocemente e nella maniera più economica possibile, l'ego di padroni che hanno bisogno di sentirsi potenti sfoggiando un cane prestante e simbolo di forza fisica.

Nella definizione dello standard fondamentale è stato l'apporto del Fipken, che ha inserito le precisazioni e le modifiche, rispetto allo standard UKC, necessarie ad una comprensione e una applicazione più semplice e concreta.

E sono loro le linee guida che ho riportato in questa trattazione.

D'altra parte, io stesso ne faccio orgogliosamente parte in qualità di giudice Fipken.

Tutti i giudici Fipken sono deputati allo studio profondo delle caratteristiche enunciate in questo documento a difesa della razza, e sono custodi e garanti del giudizio da adottare in maniera sempre onesta e trasparente.

Il presidente Fipken è Giovanni Mazzone, a cui mi lega un rapporto basato su profonda amicizia, stima e affetto reciproco.

Più avanti mi ritroverò nuovamente a parlare di lui, in quanto mi ha fatto l'onore di scrivere per me una relazione, dopo che gli ho illustrato il mio progetto di tesi, ma di questo parleremo più avanti...

### 3. Carattere

Da esperto del settore mi vengono i brividi quando, girovagando in rete, cerco informazioni utilizzando questa parola chiave: “Carattere American Pit Bull Terrier”.

Tra le prime voci che mi si aprono scorgo i titoli: qual è il cane più aggressivo del mondo, o ancora, lista dei cani più aggressivi del mondo.

E il primo posto in questa classifica scellerata indovinate a chi è assegnato?

L’American Pit Bull Terrier, da sempre porta il marchio di cane aggressivo, un Killer spietato e pericoloso.

Un marchio pari ad una lettera scarlatta che si fatica a lavare via.

Non ti avvicinare ai Pit Bull

Hai dei bambini in casa non pensare di prendere un Pit Bull

Il Pit Bull è un cane pericoloso

Quante volte hai sentito queste parole?

Io, in oltre vent’anni che mi sono avvicinato alla razza, in tutti i giorni della mia vita.



*la triste fama dell'American Pit Bull Terrier*

A queste affermazioni posso rispondere con le stesse parole che utilizza l'educatrice Valeria Rossi nel suo blog Ti presento il cane:

*“Un American Pit Bull terrier ben selezionato è il cane MENO aggressivo del mondo nei confronti dell'uomo. [...] Ovviamente, se il suo umano ci si mette d'impegno ad insegnargli a mordere la gente, il Pit Bull lo farà (fa qualsiasi cosa gli si chieda)”*

Punto l'attenzione sul termine “ben selezionato” perché per esperienza posso affermare con certezza assoluta che questi cani sono quelli che in assoluto hanno il miglior rapporto con le persone e non un'indole violenta.

Ricordo i loro trascorsi come cani da combattimento, i cani in adrenalina venivano facilmente separati all'interno del ring, e mai si rigiravano contro le persone (un cane in rediretta contro l'uomo rappresentava un problema e doveva essere eliminato dalla selezione).

Questo perché più il combattimento durava, più gli avventori avevano modo di incrementare il giro di scommesse, più tempo, più denaro per farla breve.

Il problema è che dei 10.000 presunti Pit Bull esistenti oggi in Italia, solo una piccola parte sono veri “American Pit Bull Terrier”, gli altri sono incroci incontrollati e certamente male allevati.

Ma facciamo un piccolo passo indietro per capire il perché a questi simpatici cagnoloni viene affibbiato questo infamante marchio,

Ricordiamo innanzitutto che l'attuale Pit Bull sembrerebbe essere un incrocio tra l'Old English Terrier e l'Old Bulldog, due razze inglesi.

Si ritiene che gli “antenati” del Pit Bull nel 1800 siano stati utilizzati in Europa come cani da lavoro, successivamente però questi cani furono addestrati per fare combattimenti, un passatempo che piaceva molto agli Inglesi dell'epoca.

Il termine “pit” in inglese vuol dire proprio arena, ovvero il luogo in cui si svolgevano questi cruenti spettacoli che sappiamo purtroppo non essere ancora finiti continuando nell’illegalità un po’ in tutto il mondo

E proprio per questo triste utilizzo che la percezione di questi cani è completamente alterata ed è erroneamente associata ad un’estrema pericolosità dell’animale.

Tra gli anni 1980-90 negli Stati Uniti è stata redatta addirittura una legislazione specifica che proibiva alle famiglie di allevare dei Pit Bull a causa della loro “natura intrinsecamente aggressiva e pericolosa”.

In questo periodo passavano addirittura dei funzionari pubblici a prelevare i cani che si trovavano nelle famiglie, anche se non avevano mai dato alcun segno di pericolosità. Per un certo periodo anche in Italia i Pit Bull sono stati inseriti nella lista di razze pericolose per l’uomo.

In realtà cani di questa razza, allevati in ambienti emotivamente stabili ed affettuosi, hanno la possibilità di sviluppare il loro vero carattere dolce e amorevole, proprio come quello di altri cani.

Quando sentiamo parlare di Pit Bull che hanno attaccato delle persone, il più delle volte il loro comportamento è da imputare ad una potenziale aggressività spesso incentivata anche dal proprietario

Ciò accade perché purtroppo in Italia non è previsto che il proprietario di un Pit Bull risponda a requisiti specifici, come invece accade oltralpe.

Bisognerebbe, invece, considerare che, per le peculiarità fisiche e caratteriali di questi cani, sarebbe bene che ad occuparsene sia qualcuno con solide basi di etologia e con una naturale propensione all’autorità.

Anche la pazienza è una dote fondamentale per chi intende gestire un cane di taglia media, sì, ma dalla corporatura massiccia come un Pit Bull.

Un Pit Bull arrabbiato, frustrato o annoiato può sviluppare come qualunque altro cane dei problemi comportamentali,

In sostanza non è nel temperamento che si trova l'origine dei problemi legati a questa razza ma nell'intento umano di trasformare questi cani in macchine da guerra (incontro tante volte proprietari di Pit Bull che li sfoggiano come un prolungamento del loro ego frustrato).

Un Pit Bull di carattere non è più pericoloso o minaccioso di altri cani, ma nelle mani sbagliate, addestrato per scopi perversi e forte di una corporatura come la sua, può davvero essere involontariamente al centro di episodi spiacevoli.

Va da sé che nel caso di tutte le adozioni è necessaria consapevolezza, quando si decide di adottare un animale bisognerebbe sempre informarsi preliminarmente rispetto alle sue caratteristiche e alle sue esigenze, ma ancor più in presenza di animali dotati di carattere e prestanza fisica.

Nel caso di questa razza bisogna avere polso e cominciare fin da quando sono cuccioli, non istigandoli mai alla competizione e all'aggressività.

È inoltre fondamentale favorirne la socializzazione fin da quando sono piccoli.

La realtà di cani di questo genere è che purtroppo, sono spesso tenuti come cani da guardia; quindi, è naturale che maturino una certa diffidenza nei confronti di estranei, ma l'aggressività che può manifestare è dovuta al lavoro che gli è stato insegnato di compiere, quello di difendere il proprio territorio.

In buona sostanza non esiste un cane aggressivo in sé, il pericolo sta solo nelle mani di chi lo adotta; gli APBT non sono più mordaci di tanti altri cani, uno yorkshire potrebbe esserlo anche molto di più, sono i danni del morso ad essere più ingenti, solo per la sua maggiore stazza fisica e la sua forza.

Sono quindi animali affidabili, ma sicuramente non adatti a tutti, si adattano bene alla famiglia e non rappresentano alcun pericolo nemmeno per i bambini, anzi, spesso

subiscono (tiro della coda, delle orecchie, sali e scendi dalla groppa) senza emettere un solo abbaio (ovviamente è buon senso che un adulto sia sempre presente e che il bambino sia educato al rispetto dell'animale).



*American Pit Bull Terrier in compagnia del suo padroncino*

Possiede, una notevole resistenza sia fisica che psicologica, ed anche per questo motivo viene utilizzato anche nella pet-teraphy (e se non fosse un cane abbastanza equilibrato come potrebbe essere possibile questo impiego?)

### 3.1 Sapevate che nel '900 i Pit Bull erano cani babysitter?



*American Pit Bull Terrier in compagnia del suo padroncino*

Durante il XIX secolo, i Pit Bull erano considerati la miglior razza per fare da babysitter ai bambini. Infatti, in ogni casa dove c'erano bimbi piccoli, era possibile trovare uno di questi cani, impiegato davvero come cane bambinaia. Indipendentemente dalla classe sociale della famiglia, questi cani riuscirono a guadagnarsi il rispetto di tutti, grazie alla loro tolleranza e al buon lavoro con i piccoli di casa.

Gli studi portati avanti su questa razza rivelano che i Pit Bull sono i cani più tolleranti con i bambini, secondi solo ai Golden Retriever.

### 3.2 Pit Bull I cani migliori per la pet therapy

In America, il Pit Bull è uno dei cani più usati per la pet therapy, in Italia l'avvento dei Pit Bull nella Pet Therapy è stato sperimentato a partire dai primi mesi del 2006 dalla Fondazione Castellini onlus di Melegnano (MI), che si occupa di assistenza agli anziani (non autosufficienti) in convenzione con il Servizio Sanitario Nazionale.

Il programma ha dato grandi soddisfazioni ai medici, agli operatori e, soprattutto, agli anziani, ospiti della Fondazione, ed è oggi stabilmente attuato ed avviato al suo interno.

Le coccole e le tenerezze date e ricevute dai Pit Bull sottolineano come questi animali, se allevati correttamente, si rivelino affidabili, mansueti e versatili. In grado di svolgere compiti che vanno dall'attività di supporto alla Protezione Civile per il pronto intervento in caso di soccorso, fino alla Pet Therapy.

### 3.4 lo sapevi che i Chihuahua sono più aggressivi dei Pit Bull?



*Squick, il piccolo e pericoloso Chihuahua di casa Gusai*

Per molti anni i Pit Bull Terrier sono stati considerati tra le razze canine più aggressive. Tuttavia, uno studio rivela che questi cani sono molto più tranquilli dei Chihuahua, famosi per la loro piccola taglia e le loro grandi dosi di nervosismo, per la serie L'ABITO NON FA IL MONACO.

## **4. IL PARERE DELL'ALLEVATORE**

Partiamo innanzitutto dal requisito fondamentale per divenire allevatore cinofilo e cioè la passione per "il cane".

La maggior parte degli "aspiranti allevatori" raccontano l'incontro con la razza prescelta come raccontassero di un primo incontro ruba-cuore. E, negli anni, quel racconto rimane impresso e indelebile.

Una volta individuata la razza che si vuole allevare bisogna tenere a mente che essere un buon allevatore significa avere estremo rispetto per ogni singola azione rivolta al cane, possedere un grande senso del sacrificio, fondamentale, inoltre, il rispetto per lo standard di razza.

L'impegno primario dell'allevatore è quello di migliorare la qualità della "propria" razza e seguirne i dettami dello Standard, della salute e delle propensioni caratteriali.

### **4.1 L'allevatore professionale**

Per quel che riguarda la figura dell'allevatore professionale la regolamentazione è stata stilata nel 1993, legge n. 239 che cita testualmente:  
Art. 11. Ai fini della presente legge, per attività cinotecnica si intende l'attività volta all'allevamento, alla selezione e all'addestramento delle razze canine.

#### **Art.2. Definizioni**

1. L'attività cinotecnica è considerata a tutti gli effetti attività imprenditoriale agricola quando i redditi che ne derivano sono prevalenti rispetto a quelli di altre attività economiche non agricole svolte dallo stesso soggetto.
2. I soggetti, persone fisiche o giuridiche, singoli o associati, che esercitano l'attività cinotecnica di cui al comma 1 sono imprenditori agricoli, ai sensi dell'articolo 2135 del Codice civile.
3. Non sono comunque imprenditori agricoli gli allevatori che producono nell'arco di un anno un numero di cani inferiore a quello determinato, per tipi o per razze, con decreto del Ministro dell'agricoltura e delle foreste da emanare entro trenta giorni dalla data di entrata in vigore della presente legge.

### **4.2 Allevatore cinofilo "amatoriale"**

Non esiste una vera e propria legge che determini l'allevamento amatoriale. Questo aggettivo è solitamente aggiunto, senza alcuna regolamentazione da chi vuole far

riconoscere il proprio allevamento come una attività non commerciale e che non porta introiti superiori a quel che è l'attività principale dell'intestatario.

### **4.3 Affisso**

Quando si decide che ci si vuole dedicare alla selezione canina, a prendersi la responsabilità di far nascere cuccioli, a seguire le linee di sangue e la passione per la razza prescelta è parte integrante del proprio DNA, lo step successivo sarà quello di richiedere il “nome di affisso”.

Esso è il “cognome” che porteranno tutti i cuccioli che nasceranno nell'allevamento che avranno così un identificativo.

#### **4.3.1 Condizioni per l'ottenimento dell'Affisso**

Per presentare domanda di concessione di affisso in Italia il richiedente deve:

- possedere ed essere intestatari di almeno 2 fattrici
- risultare intestatari di almeno 2 cucciolate nate negli ultimi 5 anni
- seguire gli standard di miglioramento della selezione della razza
- iscrivere al Libro genealogico italiano le cucciolate
- non avere condanne a proprio carico
- seguire i corsi di aggiornamento periodici predisposti dal Consiglio Direttivo ENCI
- non aver subito sanzioni nel corso dell'ultimo periodo decennale
- pagare la quota relativa ai soci ENCI
- pagare la quota di 637,50 euro necessaria per l'affisso individuale e il conseguente riconoscimento giuridico
- versare una quota di 318,50 euro per ogni socio aggiuntivo della società di allevamento

### **4.4 La parola agli allevatori**

Quando mi sono cimentato a scegliere il tema di questa trattazione, ho pensato di coinvolgere coloro che da vent'anni mi accompagnano nel mio percorso e con i quali condivido la volontà di portare avanti una scelta di selezione nell'intento di preservare la razza.

Lascio la voce direttamente a loro.

#### **4.4.1 Leonardo Angelini (allevatore APBT)**

Nasco in una famiglia di appassionati cinofili, per diletto e per sport.

Mio padre amava i molossi e mio fratello di 9 anni maggiore amava e faceva gare con i terrier da tana (vinse la coppa Europa di lavoro nell' 84 a Vienna).

A 15 anni cominciai a pensare di avere un cane mio.

Inizialmente ero interessato al bull terrier, col quale avevo già avuto modo di relazionarmi, poi pensai allo Staffordshire, ma durante una vacanza studio in Inghilterra vidi l'American Pit Bull Terrier e me ne innamorai: era il compromesso più giusto, a mio parere, tra molosso e terrier, un cane con una tradizione storicamente importante e già centenaria negli anni 80.

Da quell'incontro è stato un crescendo:

- Ho prodotto la prima Gr.Ch. femmina nel nostro paese
- Sono il primo allevatore ad aver raggiunto il titolo di Top Purple, (titolo che viene conferito in base ai risultati ottenuti in show) rilasciato da ACCP che è l'associazione più importante, storica d'Italia ed Europa
- Ho vinto la National speciality di Detroit con una mia produzione ottenendo la qualifica di Best Female
- Ho prodotto la prima cucciolata in Italia di Pit Bull omozigoti tricolor
- Ho frequentato con successo un corso privato con esame scritto e pratico da giudice specifico sulla razza, in seguito ho giudicato più show di chiunque nel nostro paese.

La mia esperienza sul campo mi porta a dire che il Pit Bull, come già dimostrato in svariati ambiti sia tra i cani più versatili e "multifunzionali" al mondo, chiaramente a seconda della selezione specifica che ogni soggetto si porta dietro.

Ribadisco l'importanza del concetto di selezione perché purtroppo negli anni abbiamo assistito ad un grande inflazionamento allevatorio dettato dalla moda e dalla chimera di facili guadagni che ha portato ad un calo importante delle caratteristiche primarie della razza, sia a livello caratteriale che morfologico.

Fortunatamente nel nostro paese vedo ancora tanti allevatori preparati che non scendono a compromessi dettati dal mercato e che continuano a produrre soggetti di riferimento che rispecchiano a pieno tutte le caratteristiche di questa razza.

#### **4.4.2 Gaetano Menna (allevatore APBT)**

La mia passione per i cani nasce sin da piccolo, quando all'età di sette anni ricevetti in regalo il mio primo Pit Bull di nome Anita.

Grazie a lei ho davvero capito cosa significasse amare un cucciolo, avere su di lei delle responsabilità e prendersene cura.

Man mano che cresceva mi innamoravo sempre di più di questa razza.

Ed iniziai a produrre cucciolate: i cuccioli aumentavano e con loro cresceva in me l'esigenza di raggiungere nuovi obiettivi.

Iniziai a partecipare a delle gare amatoriali: insieme ai trofei arrivano le mie prime soddisfazioni.

I giudici erano entusiasti dei miei esemplari, dell'amore che gli donavo, degli sguardi che ci scambiavamo e della nostra complicità.

Nel 2008 arrivò il momento di creare il mio allevamento il "Menna's Kennel".

I primi cani che ho avuto erano tutti senza pedigree e li selezionavo soltanto dall'aspetto esteriore.

La mia svolta personale arriva intorno al 2006, quando ho acquistato il figlio di Champion Invidia's Twister.

Da lì in poi posso dire che è partito tutto il mio allevamento, gestito in maniera professionale, con soggetti che avevano alle spalle pedigree importanti e con un genotipo molto fissato.

In seguito, ho acquistato altri soggetti e fatto monte con cani con sangue Our gang, Amberlite, Larum.

Usando questi soggetti ho visto che l'omogeneità dei cuccioli, man mano che andavo avanti con le cucciolate, era diventata molto importante e fissata, ed è stata forse questa la chiave fondamentale per arrivare ai risultati di oggi.

Confrontandomi con altri allevatori mi sono reso conto che si parte sempre con una selezione basata soltanto sul gusto personale, ma più avanti, con lo studio e l'esperienza, si individua il proprio progetto di selezione.

Nel corso degli anni ho affrontato moltissime sfide, devo ammettere che inizialmente erano più quelle perse che quelle vinte, ma con determinazione andavo avanti, sicuro che un giorno avrei raccolto i miei frutti e ricompensato i miei sacrifici.

Frutti che nel tempo sono arrivati.

Ad oggi posso dire che il “Menna’s kennel” vanta:

- 15 CH (campioni) ACCP,
- 6 GR CH (Gran Campioni) ACCP
- 5 Ch U.K.C.
- gode dell’unica femmina “Menna’s Dark California” più titolata in Europa e del titolo in Italia (UKC con Show).
- l’allevamento Menna’s ha la denominazione di “Top Purple”.
- è l’unico in Europa ad aver conquistato in Europa il titolo di Top Breeder per ben quattro anni consecutivi (2019\2020\2021\2022)
- ed è l’unico ad aver conquistato per ben 5 anni il titolo di “TOP DOG”

Concludendo, posso dire che, il nostro Kennel vanta esemplari di morfologie diverse, ma tutti con caratteri equilibrati.

## **5. IMPIEGO**

Il Pit Bull viene a volte definito un cane da lavoro, ed effettivamente è stato ed è tutt'ora utilizzato in diversi compiti e competizioni sportive (escludendo ovviamente dalla definizione i combattimenti, attività illegale e immorale).

Le attività che predilige sono quelle che richiedono una miscela di forza, resistenza fisica e mentale, coraggio e tenacia.

Un programma americano, lanciato dall'esperta Sue Sternberg, prevede un piano di modifica culturale delle aree sub-urbane americane, mirato a trasformare l'attività dei combattimenti clandestini in prove ufficiali di traino di pesi (weight pulling).

Per la grande socievolezza verso l'uomo, la resistenza allo stress, il piacere al contatto fisico, il Pit Bull è una delle razze che negli Stati Uniti vengono certificate come pet partner, cani utilizzati nella terapia di persone anziane o disabili.

Di natura molto sensibile nei contatti sociali con l'uomo, il Pit Bull non è generalmente un cane da difesa sportiva.

È in genere troppo massiccio per l'Agility, e un solo Pit Bull compete con successo nelle prove italiane di Obedience.

In questa disciplina il problema può essere la sua grande sensibilità, che lo porta a reagire a ogni stato emotivo del compagno umano, e a vivere negativamente anche l'assenza di rinforzo. Se lavorato con testa e con cuore, si dimostra un allievo eccellente. Con una buona scorta di bocconcini, potete scoprire quanto è divertente addestrare un Pit Bull all'obbedienza e a fare dei giochi utili a stimolarlo mentalmente.

### **5.1 Il parere dell'addestratore**

L'addestratore cinofilo è un mestiere che esiste in Italia da più di qualche decennio, ma l'iter per arrivare alla professione è in via di definizione solo da qualche anno. L'addestratore cinofilo si occupa dell'addestramento di cani per le forze dell'ordine e per i corpi speciali, ma non solo: all'addestratore si rivolgono anche tantissimi padroni che richiedono aiuto per gestire meglio il proprio compagno peloso.

## **5.2 Come si diventa addestratore cinofilo**

Non è facile diventare educatore, perché non esiste ancora un percorso ufficiale e non è semplice districarsi tra le tante offerte di corsi più o meno economici proposti da associazioni serie e non.

Tra i corsi formativi più accreditati in Italia troviamo quelli offerti:

- dall'APNEC (Associazione Professionale Nazionale per Educatori Cinofili)
- dall'ENCI (Ente Nazionale Cinofilia Italiana)
- presso l'Università di Pisa, da qualche anno è stato attivato un corso in Tecniche di allevamento del cane di razza e di educazione cinofila.

Nella maggior parte dei casi i corsi sono a numero chiuso e prevedono delle prove selettive in cui viene valutata anche la motivazione del candidato.

Hanno una durata che varia dalle 200 alle 400 ore, suddivise in vari mesi. La formazione è teorica e pratica, la prima prevede lo studio della legislazione e di concetti di veterinaria, mentre la seconda si basa sull'approccio con il cane. I costi possono arrivare fino ai 2300 euro a cui vanno aggiunte ulteriori spese. Solitamente sono a numero chiuso e prevedono dei colloqui per selezionare i candidati in base alla motivazione.

## **5.3 La parola agli addestratori**

Detto questo passiamo la parola ad alcuni degli addestratori che reputo tra i più preparati nel settore.

### **5.3.1 Marcello Messina (addestratore cinofilo)**

Il carattere dell'American Pit Bull è molto simile a quello del Amstaff.

Pur avendo mantenuto la sua personalità orgogliosa e combattiva, infatti, dispone anche di un grande autocontrollo.

La sua indole potrebbe risultare aggressiva solo se affidato alle mani sbagliate: è fondamentale saperlo addestrare evitando di aizzarlo a fare del male.

Coloro che sapranno intradarlo nella direzione giusta potranno però contare su un cane equilibrato e capace di rimanere all'interno del ruolo che gli viene assegnato.

Il Pit Bull non è un cane adatto alle persone che non hanno esperienza o che non hanno tempo da dedicargli per farlo giocare o correre.

È fondamentale la presenza di una persona che sappia imporsi come guida.

Nella famiglia in cui viene inserito il Pit dovrà esserci qualcuno disposto a dedicargli molto tempo ed energie, facendolo correre e facendogli fare molto esercizio fisico, ma anche disposto a educarlo alla socializzazione.

Può adattarsi a vivere anche in un appartamento, a patto di garantirgli un corretto esercizio fisico (aerobico).

Se educato correttamente fin da cucciolo, risulta un cane capace di socializzare sia con la famiglia che con persone esterne al nucleo familiare.

La sua propensione al gioco lo rende capace di sviluppare un grande attaccamento alle persone del nucleo familiare in cui viene inserito fin da cucciolo.

Tenderà sempre a dimostrare un attaccamento particolare verso colui che lo educa e lo addestra, trascorrendo la maggior parte del tempo con lui sarà sempre un ottimo cane da compagnia.

Negli ultimi anni della mia carriera ho notato una maggiore diffusione demografica della razza, diffusione che ha purtroppo portato a cuccioli poco selezionati e cresciuti in ambienti non idonei, per mano di privati che non hanno esperienza sulla crescita e la genealogia, che ha portato ad immettere sul mercato cuccioli eccessivamente timorosi o al contrario eccessivamente aggressivi.

Tanto che la maggior parte delle volte in cui vengo contattato per problemi d'aggressività interspecifica, i soggetti che la manifestano sono di dubbia provenienza e con una scarsa socializzazione nei primi mesi di vita.

Al contrario ho trovato moltissimi Pit Bull specialmente provenienti da alcune linee di sangue in standard UKC molto versatili e ottimi cani da sport.

Va detto quindi che, sempre parlando di soggetti selezionati ed in presenza di ambiente idoneo, il Pit Bull è una razza che consiglio molto spesso per docilità e buon carattere.

### **5.3.2 Daniele di Lauro**

*(istruttore di campo, titolare e fondatore di Educaddestrando Camp, referente Nazionale FCC ITALIA e Dottore in Scienze della Formazione Cinotecnica, specializzato nell'Area Comportamentale con certificazione dal 2016)*

Mi preme una piccola introduzione, poniamo la base su cui TUTTO deve poggiare: l'aspetto morfologico di una razza è assolutamente fondamentale.

In base alla funzionalità specifica, è scientificamente provato che una corretta costruzione anatomica offre maggiore possibilità di sopravvivenza, ottimizzato controllo del peso in movimento, maggiore velocità ed elasticità, maggiore forza e lunga durata delle articolazioni, ma senza il "giusto" carattere tutto questo non ha nessun valore.

Nelle razze da lavoro, quindi, la selezione della morfologia deve andare sempre di pari passo con la ricerca del carattere adeguato ad un certo tipo di lavoro.

L'APBT ha da offrire delle caratteristiche invidiabili: TEMpra, TEMPERAMENTO e la quasi mai citata ma presente in maniera notevole DOCILITA'.

Questo bagaglio di doti si traduce in energia, resistenza e determinazione, tanta voglia di collaborare e sentirsi "utile" all'uomo, a livelli inconcepibili per molte altre razze.

Purtroppo, per quanto riguarda i Pit Bull, o meglio ancora per tutti i Terrier di Tipo Bull, la cultura cinofila in generale è abbastanza trascurata e difficilmente abbraccia morfologia e "carattere" nello stesso momento.

La razza non è bene interpretata nella sua filosofia iniziale (non si parla assolutamente di combattimenti ma di spirito combattivo), e pochi hanno interesse negli studi cinologici e attitudinali.

A questo si vanno ad aggiungere i luoghi comuni alimentati dai media che hanno creato una percezione distorta della pubblica opinione.

Un cane con una tempra ALTA sarà un cane energico ed equilibrato, pronto a gestire al meglio gli eventi eccezionali, senza timore o paura e con la massima determinazione funzionale (capacità di portare a termine un'azione in maniera che dia risultati positivi per la sopravvivenza).

La tempra si determina con prove limite che sottopongono il soggetto ad una serie di interferenze dove eventi esterni (provocazione di timore, stato di emergenza, stupore, richiesta di attività muscolare, ecc.) sollecitano la sua percezione, dalla quale si osserverà il tipo di risposta all'ostacolo.

Attualmente pochi allevatori sono impegnati nella selezione del carattere, principalmente perché si confonde un cane squilibrato con un cane dalla forte tempra e temperamento, per molti basta che il cane abbaia quando vede un altro cane per fra credere che abbia molto carattere, e non c'è cosa più sbagliata.

Per selezionare il carattere bisogna prima conoscere cosa rappresenta per il cane "tempra e temperamento" (quindi studiare o almeno informarsi e fare buona esperienza), registrare

i vari tipi di attitudine dei propri cani, sia singolarmente che nella prole e lavorare con loro per sollecitare e osservare le risposte a determinate condizioni di attività.

Attività che passano dall'allenamento allo sport, dall'atletica alle attività cognitive; tutto questo per carpire fino a che punto il cane è disposto ad arrivare per raggiungere gli obiettivi prefissati.

Senza un lavoro sportivo, cognitivo o atletico a certi livelli, le attitudini di un cane sono sconosciute; per cui chi vuole selezionare carattere deve studiarlo e applicarlo insieme al cane sul campo di attività.

### ***Perché il Pit Bull è una razza piena di carattere?***

Il Pit Bull (selezionato per le sue attitudini storiche) è una delle razze tanto ricercate a livello caratteriale perché fonde le caratteristiche speciali dei migliori Terrier a quelle fiere di alcuni Molossoidi. Tra le numerose caratteristiche positive, conserva ancora una tempra e un temperamento che potrebbero essere definite a mio avviso **ALTISSIME** (quindi oltre i limiti massimi).

Nelle attività che stimolano un Pit Bull (addestrato) a rispondere in velocità a stimoli esterni (temperamento), esso ha una rapidità di risposta immediata o addirittura preventiva. La sua attenzione agli eventi esterni e la sua osservazione peculiare degli eventi "eccezionali" gli permettono addirittura di prevenire gli eventi particolari e di rispondere ancor prima che si concretizzino.

Per quanto riguarda le prove caratteriali la risposta registrata su cani ben allenati e addestrati è addirittura sensazionale.

Il Pit Bull risponde agli eventi esterni eccezionali senza alcuna paura, con determinazione maniacale e un equilibrio che gli permette di scegliere la soluzione più adatta, anche in situazioni limite.

La tempra spiccata gli permette una concentrazione sull'obiettivo oltre il normale, rendendolo immune al dolore, alla stanchezza, e lo spinge ad utilizzare al meglio due apparati fondamentali (cardiocircolatorio e muscolare), raggiungendo una forza e una resistenza alla fatica fuori dei canoni animali.

I cani forse più ricercati per il loro carattere furono gli "Old family", cani allevati in Irlanda, facenti parte della stirpe di Cork, Derry, Murphy, Waterford, Kilkinney e Galt.

In Irlanda la stirpe degli Old family era gestita generalmente da uomini rozzi, che selezionavano il cane secondo le leggi della natura, quindi della sopravvivenza in ogni

condizione, nella caccia estrema (anche 48 ore continuate) e nel combattimento con ogni tipo di animale (che poi si consolidò in quello tra cani).

Tutti i grandi nomi della storia del Pit Bull (Colby, Hempill, Lightner, Semmes, Tudor, Ferguson, Corcoran, ecc.), furono alla ricerca di cani appartenenti alla stirpe degli Old family, proprio perché il loro temperamento e la loro tempra erano incredibilmente spiccate.

### ***Le leggende metropolitane***

IL PIT BULL è un cane aggressivo e squilibrato, in confronto al resto delle altre razze. FALSO

Moltissime prove e rilievi scientifici e veterinari come l'American Temperament Test Society (In America, Irlanda, Inghilterra, Argentina, Polonia e Italia) hanno dimostrato indiscutibilmente che i Pit Bull sono cani assolutamente equilibrati (anche se dal carattere esplosivo e irruento), ottenendo punteggi altissimi in obbedienza in quasi in tutte le categorie di confronto.

I test a punteggio hanno spiazzato tantissimi appassionati, educatori, comportamentisti ed esperti, dimostrando che, a confronto con altre razze, tale selezione (Pit Bull) è una delle più equilibrate in assoluto, superando nettamente: Beagle, Rottweiler, Dobermann, Carlino, Collie, Fila brasileiro, Dalmata e persino York Shire

IL PIT BULL (o i cani di tipo BULL) aggrediscono ogni cane a prescindere dall'età e dal sesso. FALSISSIMO

Il Pit Bull è un cane particolarmente dominante ma accetta solo sfide che possano impensierire la propria posizione. Generalmente un maschio non attacca una femmina o un cucciolo, e nella stragrande maggioranza, mordono solo se sfidati da un avversario degno. Hanno un grande rispetto dei cani deboli e dei cuccioli. Qualsiasi Pit Bull si trova nella lotta perché il suo obiettivo è dominare in una sfida (ma non perché nasce per il combattimento, il combattimento è un'attività che gli è stata affibbiata storicamente).

Non ritenetelo un cane squilibrato e intrattenibile, se educato a impegnarsi in sfide diverse dal combattimento, lo stesso non darà nessun problema con altri cani, a meno che non sfidato.

IL PIT BULL è uno dei cani più difficili da addestrare. FALSISSIMO

Non c'è affermazione più falsa. Il Pit Bull è un eccellente cane da lavoro, e ha un equilibrio e un rispetto gerarchico eccellente. È facilmente addestrabile e spesso si autoeduca alle regole più evidenti. Generalmente ha una immediata percezione, è molto sensibile agli stimoli esterni, è curioso, e ha una spiccata propensione alla disciplina. Un addestratore esperto impiega pochi mesi per avere un controllo totale e una risposta pronta per le varie impartizioni.

IL PIT BULL non è un cane adatto alle famiglie. FALSO

Il Pit Bull è un cane particolarmente indicato per ogni famiglia, essendo dolcissimo, premuroso e gentile con i bambini e generalmente molto equilibrato.

Tuttavia, la razza va gestita con attenzione ed esperienza, essendo irruento e giocherellone, ha bisogno di padroni coerenti e costanti nell'insegnamento e nell'educazione.

I PIT BULL attaccano più frequentemente gli umani. FALSO

I dati ricavati dall'ISTAT e da altri organi di registrazione degli incidenti, ha analizzato oltre 5 milioni di casi di attacchi a persone nel mondo, stabilendo che il PIT BULL è responsabile di una percentuale che non supera mai il 2%, e che le razze che attaccano prevalentemente l'uomo sono cani da pastore, meticci e cani di piccola taglia. A dimostrazione di questa tesi, è risaputo nel mondo cinofilo che il Pit Bull non è un buon cane da guardia, proprio perché ha un buon rapporto con gli umani.

**5.3.3 Rimedio Barbara (*addestratore responsabile A.s.d. Night Aglity Dog, Roma*)**

Scrivo volentieri questo intervento in quanto nel mio percorso da addestratrice cinofila, i primi American Pit Bull terrier con cui ho lavorato a cavallo tra il 1990 e il 2000, erano proprio i cani di Massimiliano Gusai.

Li portava al mio campo per prepararli alle expo.

Mi ricordo che rimasi impressionata da quanto cani così grossi e massicci, potessero essere così equilibrati a livello caratteriale e con un grado di apprendimento molto importante.

Negli anni a venire, con la crescente diffusione della razza, gli esemplari da me visti sono stati tanti, anzi tantissimi.

La cosa che ho potuto riscontrare più spesso è che molti proprietari si rivolgevano a me, in quanto, dopo aver umanizzato eccessivamente i propri cani, non erano più in grado di gestirli.

In altri casi gli APBT venivano adottati in quanto simbolo di forza e prestanza, alla stregua di una moda, di uno status simbol, senza che i proprietari avessero le adeguate caratteristiche per gestirli ed imporre delle regole.

L'APBT è un cane fantastico e molto equilibrato, ma bisogna sapersi imporre, altrimenti cani con temperamento acceso, in mano di padroni non preparati, presenteranno problemi importanti anche quando andranno in passeggiata.

Solitamente le femmine sono più calme e gestibili dei maschi, e questo è un ulteriore requisito da tenere a mente al momento dell'acquisto.

Nei miei svariati anni di esperienza, ricordo perfettamente di un caso di dominanza che era arrivato al limite: in una famiglia che si è rivolta a me, il cane, non rispettava minimamente le gerarchie (ricordo che sono i proprietari che devono avere polso fermo e stabilire da subito le gerarchie all'interno della famiglia).

Il cane, in buona sostanza, decideva dove e quando dormire, dove e quando mangiare, dove e quando giocare, arrivando al punto di dominare il figlio più piccolo.

Bisognerebbe rivolgersi all'esperto ai primi segnali di disagio e non aspettare che il problema diventi irrecuperabili.

Va anche detto che molte famiglie iniziano un percorso di addestramento, lasciando a metà non appena vengono visti i primi risultati positivi.

Un percorso di addestramento che non viene completato è totalmente inutile, ed è indice di superficialità, la stessa superficialità con cui si è deciso di acquistare il cane senza accertarsi in precedenza di essere in grado di gestire un esemplare così importante a livello di prestanza fisica e caratteriale.

#### **5.3.4 Mike Morabito (*educatore cinofilo*)**

Mi chiamo Mike Morabito, sono educatore cinofilo, esperto in razze terrier di tipo bull, scrittore/storico e giudice di A.p.b.t. in standard A.d.b.a.

Mi avvicinai all' American Pit Bull Terrier all'incirca nel 1990, anche se da sempre sono appassionato di molossi/molossoidi da prese e da sempre specializzato in Terrier di tipo Bull.

Ma andiamo ad indagare, nello specifico, il cambiamento morfologico e comportamentale che si è verificato nell' A.p.b.t negli ultimi 30 anni.

Il cambiamento si riscontra già a partire dagli standard, che hanno subito variazioni importanti, principalmente per quanto riguarda peso e misure.

Sia A.d.b.a che U.k.c. hanno modificato lo standard negli anni, ed il cambiamento più recente ha apportato un aumento di taglia e peso consentito nello standard A.d.b.a e di contro una riduzione per l'U.k.c.

In tutto questo ha influito il fatto che l'A.p.b.t. è una delle più grandi vittime della moda, con tutte le logiche e le conseguenze che questo comporta: per quanto riguarda l'Apbt in standard A.d.b.a. si è imposto un tipo di cane leggero, quasi levrettato, e di conformazione corretta (si è venuto a creare il falso mito che l'unico e vero A.p.b.t. sia l'esemplare che corrisponde a questi canoni di "leggerezza", cosa assolutamente falsa e ben lontana dalla realtà).

Per quanto riguarda l'A.p.b.t. in standard U.k.c. il cambiamento è stato ancora più radicale e non riguarda solo la riduzione di peso e taglia, ma nel corso degli anni per ottenere gli standard morfologici richiesti, si è assistito ad una massiccia infusione di sangue Ast (American Staffordshire terrier), tanto elevata da aver reso praticamente indistinguibili le due razze (in questo caso specifico non so se sia più corretto parlare di evoluzione o involuzione).

Ed il problema non riguarda solo la morfologia di questi cani, decisamente stravolta, o il carattere, completamente snaturato e addolcito: il problema principale è che sono stati generati A.p.b.t. che presentano malattie ereditarie anche gravi, come ad esempio la displasia dell'anca e del gomito.

Un altro enorme danno, generato dalla moda del momento, è stato l'introduzione del gene merle (moda che per fortuna è finita prima ancora di cominciare).

Partiamo dal presupposto che è inammissibile ammettere che esista l'A.p.b.t. merle in quanto il gene merle non fa parte del corredo genetico della razza, i vari esemplari che ci sono o ci sono stati sono il chiaro esempio di incroci si voluti ma che non rientrano nello standard.

## 6. SCELTA DEL CUCCILO

Il cucciolo di Pit Bull si presenta tarchiato, forte e atletico. Come per ogni cane che da adulto raggiungerà una certa prestanza fisica, un esemplare di Pit Bull deve essere educato fin da cucciolo ad autocontrollarsi e a socializzare con gli altri cani e le persone.

Perché come detto in precedenza, sebbene il suo istinto combattivo sia stato selezionato per decenni, l'indole forte e dominante del Pit Bull può essere controllata mediante un'educazione ferma e rigorosa: deve imparare sin da cucciolo a camminare al guinzaglio, a non saltare addosso, a giocare con gli altri esemplari e con l'uomo senza provocare traumi.



*Cucciolo di APBT*

Nella scelta del vostro cucciolo tenete sempre a mente che in un processo accurato di selezione, con un attento studio sulla linea di sangue, i membri di una stessa cucciolata generalmente si equivalgono per pregi e per difetti.

Nonostante tutti gli accorgimenti del caso può capitare, però, che dei cuccioli presentino problemi talmente seri come:

- Enognatismo la mascella è più lunga della mandibola. Gli incisivi inferiori risultano arretrati rispetto ai superiori, nei casi di enognatismo pronunciato anche i canini inferiori risultano arretrati rispetto ai superiori e possono (ma non è detto) danneggiare il palato
- Monorchidismo o monorchidia, è una condizione caratterizzata dalla presenza di un solo testicolo.
- Criptorchidismo è la mancata discesa di entrambi i testicoli nel sacco scrotale del cane. Il problema purtroppo non è unicamente di natura estetica. Infatti, il testicolo

ritenuto potrebbe andare incontro a torsioni e ha moltissime probabilità di trasformarsi in una neoplasia maligna ossia in tumore.

In presenza di queste patologie l'allevatore è tenuto a sterilizzare immediatamente il cucciolo e ad affidarlo a titolo gratuito come animale da compagnia, in quanto un cucciolo con queste patologie non potrà mai partecipare ad expo o a competizioni canine.

Ad eccezione di questi rari e gravi casi, però, come dicevamo i membri di una stessa cucciolata generalmente si equivalgono ed è per questo motivo che la scelta di un cucciolo è più che altro una scelta di "pancia".

Un po' come in una storia d'amore si sente quando è la "persona giusta", lo stesso avverrà quando incrocerete lo sguardo del vostro futuro amico a quattro zampe.

Ma se vogliamo lasciare da parte i sentimenti ed affidarci a delle linee tecniche, onde evitare di incappare in errori, possiamo affidarci al Test di Campbell.

### TESTS DE CAMPBELL

Ils permettent de définir les grandes lignes de la personnalité du chiot. Mais il faut toujours garder à l'esprit que l'inné, même s'il est prépondérant, peut être modifié par tous les soins prodigués par le nouveau propriétaire à son chien : il renforcera ainsi certains côtés de sa personnalité et en affaiblira d'autres.

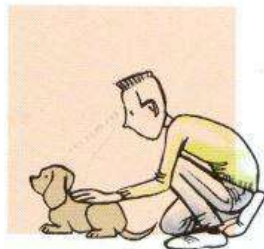


#### Test d'attraction

Il peut être effectué sur un chiot d'environ sept semaines.

Après avoir posé doucement le chiot à terre, éloignez-vous de quelques mètres, frappez légèrement des mains et observez le comportement de l'animal :

1. Il accourt immédiatement, queue haute, vous saute dessus et vous mordille les mains.
2. Il accourt immédiatement, queue haute, grâte vos mains avec ses pattes.
3. Il accourt immédiatement en remuant la queue.
4. Il vient, hésitant, queue basse.
5. Il ne vient pas.

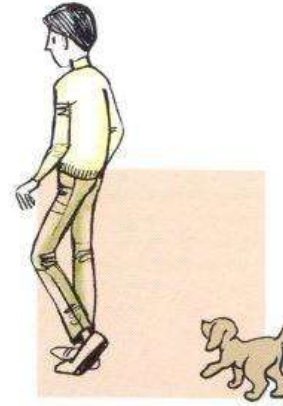


#### Test d'acceptation de la domination

Il doit être exécuté par une personne inconnue du chiot.

Caressez le chiot, en position de sphinx, en exerçant une pression sur sa tête et sur son dos :

1. Il se débat en griffant, se retourne grogne et mordille.
2. Il se débat et se retourne pour griffer.
3. Il se débat, se calme et lèche vos mains.
4. Il se retourne sur le dos et vous lèche les mains.
5. Il s'éloigne.



#### Test d'aptitude à suivre

On le pratique avec un seul chiot à la fois et sans l'aide de la voix.

Levez-vous et déplacez-vous lentement dans le champ visuel du chiot :

1. Il vous suit immédiatement, queue haute, en vous mordillant les pieds.
2. Il agit de même, mais sans mordiller.
3. Il vous suit immédiatement, queue basse.
4. Il vous suit en hésitant, queue basse.
5. Il ne vous suit pas et s'éloigne.

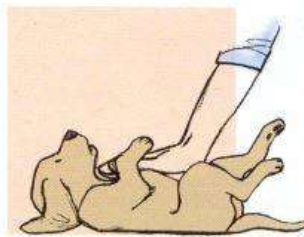


#### Test de la position soulevée

À effectuer par une personne inconnue du chiot.

Soulevez le chiot de vos deux mains placées sous sa poitrine et maintenez-le ainsi 30 secondes :

1. Il se débat violemment, grogne et mord.
2. Il se débat violemment.
3. Il se débat, se calme et lèche vos mains.
4. Il ne se débat pas et lèche vos mains.



#### Test d'acceptation à la contrainte

Il doit être fait par une personne inconnue du chiot.

Après avoir doucement mis le chiot sur le dos, maintenez-le 30 secondes en appliquant une main sur sa poitrine :

1. Il se débat violemment et mordille.
2. Il se débat jusqu'à se libérer.
3. Il se débat et finit par se calmer.
4. Il ne se débat pas et lèche vos mains.

### Résultats

**Majorité de réponses 1 :** dominant agressif. À déconseiller comme chien de compagnie. Pourra faire un bon chien de travail ou de garde s'il est bien dressé.

**Majorité de réponses 2 :** volontaire. Chien de travail qui demande une éducation ferme.

**Majorité de réponses 3 :** équilibré et adaptable.

**Majorité de réponses 4 :** soumis. Animal peu adapté au travail.

**Majorité de réponses 5 :** inhibé. Chien mal socialisé, imprévisible. Il se peut que les résultats paraissent contradictoires. Il est conseillé de les recommencer, car le contexte a pu être inadéquat (chiot trop jeune, repas, stress, sommeil...).

Questo test è stato redatto dal famoso psicologo statunitense studioso del comportamento animale William E. Campbell che dopo avere osservato migliaia di casi di convivenza fra uomini e cani, mise a punto un sistema che si è dimostrato valido per la previsione del futuro carattere del cucciolo ed è quindi utile per capire come scegliere il cucciolo nella cucciolata.

I test di Campbell costituiscono un importante riferimento anche per gli allevatori per la selezione caratteriale che si vuole portare avanti.

La selezione del carattere è un requisito fondamentale per ottenere esemplari ben bilanciati anche dal punto di vista psichico, con attinenza ad intrattenere rapporti non occasionali con l'uomo e consente di prevedere la sua risposta alla costrizione nonché alla dominanza sociale e fisica.

Bisogna tener presente però che, nonostante i Test di Campbell permettano di determinare le tendenze caratteriali di un cucciolo, non devono essere intesi come una certezza assoluta perché, nella formazione del carattere, l'ambiente giocherà un ruolo determinante.

Potrebbe succedere che un cane che risulti dai Test con un buon grado di socialità, potrà al contrario in futuro rivelarsi aggressivo per svariati motivi (proprietario tiranno, cane solo durante il giorno, ecc..).

## **6.1 I Test di Campbell**

L'età migliore in cui effettuare il test è quando il cucciolo ha circa 6/8 settimane di vita in modo che l'ambiente in cui vive non abbia ancora modificato il suo carattere di base.

Gli esercizi da mettere in pratica sono essenzialmente questi:

### ESERCIZIO 1 – Test di attrazione sociale

Posizioniamo il cucciolo per terra ed allontaniamoci per 3-4 metri, dopo inginocchiamoci e chiamiamolo con un battito delle mani.

Questo esercizio ci servirà a dare una valutazione sulla sua dipendenza.

### ESERCIZIO 2 – Test di inseguimento

Stando in piedi a fianco del cucciolo allontaniamoci da lui con passo normale assicurandoci che ci veda andare via.

Questo esercizio è utile per valutare se il cucciolo ha l'attitudine a seguire l'uomo.

### ESERCIZIO 3 – Test di costrizione (durata 30 secondi)

Poniamoci in ginocchio accanto al cucciolo, giriamolo delicatamente sul dorso e mettendogli una mano sul petto teniamolo in questa posizione per 30 secondi e valutiamo la sua reazione ad essere sottomesso.

#### ESERCIZIO 4 – Test di dominazione sociale (30 secondi)

Stando a fianco del cucciolo accarezziamolo dolcemente, esercitando una leggera pressione, partendo dalla testa fino alla coda per la durata di 30 secondi.

Questo esercizio ci serve per valutare quanto egli accetti la dominanza sociale, cioè la superiorità gerarchica.

#### ESERCIZIO 5 – Test di dominanza x sollevamento (30 secondi)

Chiniamoci sul cucciolo e alziamolo da terra di circa 20 cm. ponendo le nostre mani intrecciate sotto il suo ventre, teniamolo così per 30 secondi.

Questo esercizio ci dirà quanto il cucciolo accetti la nostra dominanza.

### **6.2 Test di Campbell – Come interpretare le classificazioni**

Di seguito la tabella che viene usata come riferimento nell'interpretazione del test:

<i><b>Prova eseguita e relativo comportamento del cucciolo.</b></i>	canine A	canine B	canine C	canine D	canine E	canine F	canine G
<b>1. Attrazione sociale</b>							
<i>Venuto immediatamente, coda alta, salta addosso, morsicato mani</i>	<b>md</b>	<b>md</b>	<b>md</b>	<b>md</b>	<b>md</b>	<b>md</b>	<b>md</b>
<i>Venuto immediatamente, coda alta, grattato mani con zampe</i>	<b>d</b>	<b>d</b>	<b>d</b>	<b>d</b>	<b>d</b>	<b>d</b>	<b>d</b>
<i>Venuto immediatamente, coda bassa</i>	<b>s</b>	<b>s</b>	<b>s</b>	<b>s</b>	<b>s</b>	<b>s</b>	<b>s</b>
<i>Venuto esitante, coda bassa</i>	<b>ms</b>	<b>ms</b>	<b>ms</b>	<b>ms</b>	<b>ms</b>	<b>ms</b>	<b>ms</b>
<i>Non è venuto affatto</i>	<b>i</b>	<b>i</b>	<b>i</b>	<b>i</b>	<b>i</b>	<b>i</b>	<b>i</b>
<b>2. Attitudine a seguire</b>							
<i>Seguito immediatamente, coda alta, venuto fra i piedi, morsicato i piedi</i>	<b>md</b>	<b>md</b>	<b>md</b>	<b>md</b>	<b>md</b>	<b>md</b>	<b>md</b>
<i>Seguito immediatamente,</i>	<b>d</b>	<b>d</b>	<b>d</b>	<b>d</b>	<b>d</b>	<b>d</b>	<b>d</b>

<i>coda alta, venuto fra i piedi</i>							
<i>Seguito immediatamente, coda bassa</i>	s	s	s	s	s	s	s
<i>Seguito esitante, coda bassa</i>	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms
<i>Non ha seguito o se ne è andato</i>	i	i	i	i	i	i	i
<b>3. Risposta alla costrizione (30 secondi)</b>							
<i>Ribellato violentemente, divincolato, ha morsicato</i>	md	md	md	md	md	md	md
<i>Ribellato violentemente, divincolato</i>	d	d	d	d	d	d	d
<i>Ribellato, poi si è calmato</i>	s	s	s	s	s	s	s
<i>Nessuna ribellione, leccato mani</i>	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms
<b>4. Dominanza sociale (30 secondi)</b>							
<i>Saltato addosso, grattato con zampe, morso, ringhiato</i>	md	md	md	md	md	md	md
<i>Saltato addosso, grattato con zampe</i>	d	d	d	d	d	d	d
<i>Si è voltato, leccato mani</i>	s	s	s	s	s	s	s
<i>Girato sulla schiena, leccato mani</i>	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms
<i>Andato via e rimasto lontano</i>	i	i	i	i	i	i	i
<b>5. Dominanza mediante sollevamento (30 secondi)</b>							
<i>Ribellato violentemente, morso, ringhiato</i>	md	md	md	md	md	md	md
<i>Ribellato violentemente</i>	d	d	d	d	d	d	d
<i>Ribellato, calmato, leccato mani</i>	s	s	s	s	s	s	s
<i>Nessuna ribellione, leccato mani</i>	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms
<b>Totali md (molto dominante) =</b>	.	.	.	.	.	.	.
<b>Totali d (dominante) =</b>	.	.	.	.	.	.	.
<b>Totali s (sottomesso) =</b>	.	.	.	.	.	.	.

<b>Totale ms (molto sottomesso) =</b>	.	.	.	.	.	.	.
<b>Totale i (inibito) =</b>	.	.	.	.	.	.	.

È fondamentale a seguito di ogni esercizio appuntare i risultati ottenuti e appurare come si abbinano tra di loro:

- **MD** Molto Dominante
- **D** Dominante
- **S** Sottomesso
- **MS** Molto Sottomesso
- **I** Inibito

Se otteniamo due o più risposte MD con dei D in altre parti del test ci troviamo di fronte a dei cuccioli che avranno la tendenza a reagire in modo dominante ed aggressivo e potrebbero mordere se maneggiati in modo brusco.

Un ambiente poco adatto a questo tipo di cuccioli è quello in cui vi siano bambini piccoli e persone anziane, dato che il loro comportamento vivace potrebbe risultare pregiudizievole nello stabilirsi di buoni rapporti.

È molto meglio per loro un ambiente familiare, di persone adulte, con un'atmosfera sufficientemente tranquilla e con metodi di insegnamento senza punizioni coercitive.

In queste condizioni può diventare un buon animale da compagnia capace di reazioni aggressivo/protettive soltanto in caso di vero pericolo.

Se otteniamo tre o più risposte D ci troviamo di fronte a dei cuccioli che tendono a primeggiare e ad essere dominanti.

Metodi di addestramento coerenti e garbati li porteranno ad un rapido apprendimento. La presenza in casa di bambini in tenera età non è però consigliabile.

In caso di tre o più risposte S abbiamo probabilmente dei cuccioli che avranno buone probabilità di adattarsi a qualunque ambiente e sono i migliori per i bambini e gli anziani.

Due o più risposte MS, soprattutto se insieme ad una o più risposte I sono cuccioli estremamente sottomessi che avranno bisogno di essere molto gratificati e maneggiati con dolcezza in modo da dare loro sicurezza in sé stessi e conquistarli completamente nell'ambiente umano.

Normalmente ci si può fidare di loro con i bambini, questo tipo morde solamente se gravemente minacciato ed anche in questo caso solo per proteggere se stesso.

Due o più risposte I, soprattutto se una di queste riguarda il Test di dominazione sociale E' probabile che questi cuccioli non socializzino prontamente e risultino difficili da addestrare senza l'uso di particolari tecniche docili. Se sono presenti anche degli MD e dei D, possono persino attaccare sotto stress, ad esempio a seguito di una delle punizioni tradizionali. Se sono anche presenti degli MS e degli S, avranno tendenza a tirarsi indietro in situazioni di stress.

Nell'applicazione del test teniamo sempre a mente che questi sono parametri generici e che, pertanto, è fondamentale rapportare tali risultati all'indole della razza prescelta con le varie sfumature che ne conseguono.

### **6.3 Regole per un'adozione consapevole**

Quanto premesso se si decide di adottare APBT, mi sento di consigliare di tenere a mente questo piccolo vademecum:

- Ha un carattere molto forte, tra i tratti che delineano il suo carattere va annoverata la sua indole molto forte e ostinata. Un Pit Bull è un cane testardo, ma anche molto intelligente. Questo lato del suo carattere va ben gestito perché, essendo anche molto competitivo, ha bisogno di un avere ben chiara la gerarchia che vige nella famiglia. Non è quindi un cane per tutti, ma ha bisogno di un padrone deciso e autoritario.
- Ha bisogno di un addestramento accurato, va addestrato responsabilmente, specialmente quando si tratta di fare la guardia.  
È un ottimo cane da guardia ma trattiamo bene questo punto sul quale non bisogna insistere più di tanto. Un addestramento troppo severo e difensivo è sconsigliato perché potrebbe incentivare l'animale a comportarsi in maniera aggressiva verso l'uomo e verso altri suoi simili.
- In alcune città italiane è necessario avere un patentino.

Nonostante l'aggressività di un cane non dipenda dalla sua razza, nel 2006 sulla Gazzetta Ufficiale è stata comunicata la Lista delle razze canine pericolose, della quale fa parte anche il Pit Bull. Negli anni per evitare problemi dati dalla gestione inadeguata di alcuni di questi cani, alcuni Comuni hanno introdotto un patentino da conseguire per chi possiede un cane di razza pericolosa.

- Necessita di molto esercizio fisico

Il Pit Bull è un cane molto vivace.

Per via della sua grande energia, questa razza ha bisogno di correre, di giocare e di sfogare tutta quest'energia in tanto esercizio fisico.

- Non è una razza riconosciuta nel nostro Paese

Il Pit Bull o American Pit Bull Terrier non è una razza riconosciuta dall'ENCI (Ente Nazionale Cinofilia Italiana) e quindi non ne registra i pedigree, anche se questo tipo di cane è molto diffuso in Italia ed esistono tante associazioni che tutelano la sua razza.

- Può convivere con i gatti

Il Pit Bull è un cane che, se educato da subito, può vivere sotto lo stesso tetto e con i gatti e/o altre specie animali senza troppe difficoltà. Tutto sta nel modo in cui il cane viene introdotto a queste, affinché non le consideri come delle prede.

- Può essere un cane per bambini

Il Pit Bull non è solamente un cane forte e deciso, ma anche molto sensibile e amorevole per questo la razza può essere un eccellente cane per bambini ed in generale un perfetto membro della famiglia, essendo dolce, protettivo e molto leale.

## 7. CURA E SALUTE

Il Pit Bull come abbiamo precedentemente detto è un cane molto robusto e vigoroso, ma ciò non toglie che possa anch'esso essere vittima di qualche patologia talvolta genetica o in altri casi acquisita.

Molto spesso influisce anche il tipo di alimentazione che può generare nell'animale delle carenze specifiche come nel caso dello scarso assorbimento o addirittura la mancanza di alcuni oligoelementi (l'Alluminio, l'Argento, il Bismuto, il Cobalto, il Manganese, il Nichel, l'Oro, il Rame, il Selenio, lo Zinco ed altri minori) generano una dermatosi sensibile allo zinco nel Pit Bull.

Vediamo quali in particolare le malattie più comuni del Pit Bull.

### 7.1 Malattie ereditarie del Pit Bull



Le malattie ereditarie del Pit Bull anche dette genetiche, purtroppo sono anche quelle più diffuse in questa razza, ma per fortuna molto spesso un buon lavoro svolto dagli allevatori, con una accurata selezione degli esemplari per la riproduzione, riesce a bypassare il problema.

Infatti, i cani soggetti a queste malattie non vengono sottoposti alla riproduzione, proprio perché potrebbero trasmettere ai loro cuccioli, le stesse patologie, come ad esempio:

- displasia dell'anca: la displasia dell'anca nel cane è un'anomalia ereditaria che causa zoppia e dolore. Questo accade perché il femore non va ad immettersi nel

modo corretto nella cavità dell'anca. La displasia dell'anca fa parte delle malattie più comuni del Pit Bull in quanto colpisce generalmente i cani di taglia grande.

- lussazione della rotula: la lussazione della rotula nel cane avviene poiché quest'ultima si muove spostandosi dalla posizione normale in cui dovrebbe stare. Può essere una condizione ereditaria ma molto spesso invece è causata dall'esercizio troppo intenso, che tra l'altro è molto sconsigliato per i Pit Bull. Per poter curare l'animale anche se è doloroso occorre intervenire chirurgicamente.
- labbro leporino: è una deformità del palato nel cane talvolta colpisce in modo lieve altre la malformità può essere grave. Se è lieve viene considerato un problema solo estetico, ma se è grave causa molta sofferenza al cane. Il problema è risolvibile chirurgicamente, ma essendo una malattia genetica quindi ereditaria, gli esemplari non dovranno essere sottoposti alla riproduzione.

## **7.2 Malattie della pelle**

Il Pit Bull pur essendo una razza di cane a pelo corto e per questo lascerebbe pensare a meno problemi di pelle del cane, soffre invece come tutte quante le altre razze di problemi di pelle, come ad esempio:

- dermatite atopica nel cane: avviene quando la pelle del cane entra in contatto con gli allergeni comuni dell'ambiente (polvere, polline, peli umani, piume, etc.), con conseguente infiammazione della pelle che genera un forte prurito e di conseguenza graffi e lesioni della pelle, nelle zone interessate;
- rogna: la malattia colpisce principalmente i cani con un sistema immunitario più debole perché anziani o colpiti già da altre malattie. La rogna è causata dagli acari *Canis Demodex*, presenti normalmente in tutti i cani.

## **7.3 Malattie degenerative**

Il Pit Bull arricchisce il corredo delle malattie più comuni includendo le malattie degenerative come ad esempio:

- ipotiroidismo: la causa di questa malattia è data da un problema alla ghiandola tiroidea. Può colpire sia i cuccioli appena nati (ipotiroidismo congenito) e che di solito non la superano oppure come di solito succede compaiono tra i 4 e i 10 anni di vita. I sintomi della malattia negli adulti sono opposizione all'esercizio fisico,

minor tolleranza al freddo, aumento del peso corporeo, letargia e problemi cardiaci nel cane.

- ittiosi: l'ittiosi è una rara genodermatosi caratterizzata da ipercheratosi che coinvolge tutta la superficie cutanea del cane. Provoca l'ispessimento della pelle, un aspetto untuoso e squamoso soprattutto sulle zampe, provocando un forte dolore durante la camminata.

#### **7.4 Malattie fungine**

Le malattie causate dai funghi si sviluppano particolarmente nei cani che vivono in posti più soggetti ad umidità e perciò possono sviluppare malattie fungine o micosi. Le micosi si possono classificare in:

- micosi superficiali: che colpiscono cute, peli e unghie (come la tigna);
- micosi profonde: che interessano gli organi interni (come ad esempio l'aspergillosi e la criptococcosi).

#### **7.5 Il parere del Veterinario**

Ma lasciamo la parola a coloro che tutti i giorni hanno a che fare con la salute dei nostri amici a quattro zampe e che meglio di chiunque altro ci possono parlare delle patologie che più frequentemente hanno riscontrato sugli APBT.

##### **7.5.1 Vito Branco, medico e veterinario**

Mi chiamo Vito Branco e sono un medico veterinario ed oltre ad occuparmi di cinofila da anni mi occupo come medico di capire, studiare e curare per quando mi è possibile le varie problematiche che affliggono molte razze, tra cui anche APBT.

Il primo incontro con il Pit Bull APBT lo ebbi nei primi anni 90 negli Stati Uniti e ne rimasi molto colpito, da all'ora ho seguito sempre con passione e ammirazione questa razza.

Nonostante l'aspetto solidissimo e quell'aria da guerriero indistruttibile, anche il Pit Bull patisce di alcune malattie specifiche della razza.

Negli ultimi anni ho notato una problematica abbastanza frequente che molto spesso è legata anche al tipo di alimentazione e può generare nell'animale delle carenze specifiche come lo scarso assorbimento o addirittura la mancanza di alcuni oligoelementi importanti. (l'Alluminio, l'Argento, il Bismuto, il Cobalto, il Manganese, il Nichel, l'Oro, il Rame,

il Selenio, lo Zinco ed altri minori) tali carenze generano delle una dermatosi molto serie e spesso difficili da diagnosticare.

La carenza di zinco è tra le carenze più importanti degli oligoelementi che è la causa di un inadeguato assorbimento dello zinco a livello intestino, tale carenza provoca la formazione di croste, prurito, desquamazione e perdita di peli intorno agli occhi e al muso del cane molto spesso ascrivibili come segno patognomonico di altre patologie. Generalmente con l'assunzione di integratori di zinco la malattia si riesce tranquillamente controllare

Le cause e i fattori di rischio della dermatosi zinco possono colpire:

- cuccioli e cani di giovane età alimentati con una dieta povera di zinco.
- Cani alimentati con diete ricche di calcio che impedisce il normale assorbimento dello zinco.

Il calcio, infatti, si lega allo zinco impedendone l'assorbimento.

Le razze come Siberian Husky o Alaskan Malamute presentano un'incapacità genetica di assorbire correttamente lo zinco e non vi nego che negli ultimi anni credo che qualcosa nel Pit Bull sia cambiata e che le associazioni per la salvaguardia della razza dovrebbero intraprendere un lavoro che faccia chiarezza su questo tipo di malassorbimento.

La carenza di zinco è stata segnalata anche in altre razze, quali Bull Terrier, Labrador Retriever, Doberman Pinscher, Barbone, Pastore Tedesco, Golden Retriever, Rottweiler, Bracco Tedesco a pelo corto, Beagle, Rhodesian Ridgeback e Alano; quindi, perché non dedicarsi a capire se anche il Pit Bull possa rientrare tra queste razze predisposte?

Quindi ritornando ai sintomi potremmo riscontrare:

- Perdita del pelo (alopecia)
- Lesioni cutanee con desquamazione e formazione di croste intorno a muso, testa, zampe e cuscinetti plantari
- Plantari rossi o gonfi
- Plantari con croste e ispessiti
- Ingrossamento linfonodale generalizzato
- Mancanza di appetito (anoressia)
- Abbattimento
- Letargia
- Crescita stentata nei cuccioli
- Aumento dell'incidenza di infezioni come polmonite o infezioni che interessano l'area circostante occhi e bocca.

La diagnosi della carenza di zinco viene spesso effettuata sulla base dei segni clinici e dell'anamnesi.

Altre opzioni diagnostiche possono includere quanto segue:

- I livelli di zinco possono essere misurati sulla base di varie procedure di laboratorio, ma spesso risultano inaffidabili.

- Livelli ematici di zinco inferiori a 0,8 ppm sono indicativi di carenza di zinco, sebbene i livelli di zinco nel sangue possano essere influenzati dall'età e presenza di altre patologie.

La risposta alla terapia con supplementazione di zinco è un modo informale con cui talvolta viene confermata la carenza di zinco.

I cuccioli normali in fase di crescita necessitano da 120 mg a 300 mg di zinco per chilogrammo di peso corporeo, a seconda del livello di attività del cane.

I cani da lavoro necessitano di livelli maggiori.

Il trattamento si focalizza sulla supplementazione quotidiana di zinco. I cuccioli normali in fase di crescita necessitano da 120 mg a 300 mg di zinco per chilogrammo di peso corporeo, a seconda del livello di attività del cane. I cani da lavoro necessitano di livelli maggiori di supplementazione. Quest'ultima dovrebbe includere fino a 1000 mg/kg di zinco in caso di carenza di zinco. Tutte le razze a rischio dovrebbero assumere integratori di zinco.

Le fonti normali di zinco includono carne e prodotti ittici.

I cereali, come mais e soia, sono a basso contenuto di zinco. Per esempio, un pasto a base di riso contiene solo da 10mg a 12 mg per mezzo chilogrammo di zinco, mentre un pasto a base di carne contiene 50 mg per mezzo chilogrammo di peso corporeo e un pasto a base di pesce contiene approssimativamente 75 mg per mezzo chilogrammo di peso corporeo.

Lo zinco è disponibile in molte forme, incluso una versione iniettabile (che può essere somministrata per via endovenosa) e integratori orali.

Le forme possono includere zinco solfato (orale e per via endovenosa), zinco metionina (orale) e zinco gluconato (orale).

Le raccomandazioni comuni relative al dosaggio possono includere:

Zinco solfato orale: 10 mg/kg una volta al giorno

Zinco metionina orale: 2 mg/kg al giorno

Zinco gluconato: 1,7 mg/kg al giorno.

Si consiglia di frantumare le compresse e mescolarle con il cibo per incoraggiare il cane ad assumerlo e ridurre al minimo i disturbi allo stomaco che possono insorgere con la somministrazione di zinco.

Sono anche disponibili compresse masticabili che contengono zinco metionina.

Oltre alla supplementazione di zinco in alcuni cani con infezioni cutanee va affiancata anche un trattamento antibiotico concomitante.

Si raccomandano anche bagni terapeutici con shampoo specifici per favorire la rimozione delle croste. Esempi di shampoo cheratolitici includono quelli con ingredienti a base di zolfo e/o acido salicilico.

Alcuni casi, che non rispondono alla supplementazione iniziale e ai trattamenti di cui sopra, potrebbero necessitare anche dell'impiego di una terapia steroidea orale che può contribuire ad aumentare l'assorbimento dello zinco.

### **7.5.2 Davide Corti - Medico Veterinario, Giudice ed Allevatore di APBT**

*con la collaborazione di: Rebecca Pronzo – Tecnico Veterinario Nahuel Vera*

Un buon American Pit Bull Terrier è un animale straordinario, le cui radici si perdono nel tempo e nella storia umana.

È meritatamente considerato tra i cani più versatili ed eclettici mai selezionati, avendo primeggiato in una varietà di impieghi troppo grande per citarli tutti, dai ruoli di cane da presa, bovaro, guardiano e cacciatore dell'antichità, a quelli di atleta canino nelle prove di obbedienza, sport canini, pet therapy e compagnia della modernità. Prima ancora dei vari standard e dei vari nomi coi quali è chiamato, si è sempre contraddistinto per l'espressione delle sue tipiche doti funzionali, quali grande salute e rusticità, preponderante atleticità, grande tenacia, docilità e voglia di compiacere l'essere umano. Negli ultimi trent'anni, la crescente diffusione, commercializzazione e popolarità della razza, è stata sempre più accompagnata, purtroppo, da una diminuzione della salute genetica della stessa, e dall'insorgenza ed aumento di patologie anche sconosciute in precedenza. In quest'elaborato verranno analizzate le patologie riscontrate più frequentemente, unitamente alle loro cause ed a possibili soluzioni.

### ***Displasia dell'anca***

La displasia è una malformazione che colpisce l'articolazione dell'anca del cane, causando dolore, rigidità e difficoltà di movimento. È molto comune tra le razze di grossa taglia e può essere ereditaria. I trattamenti risolutivi esistenti variano a seconda della gravità della stessa. In casi lievi può essere sufficiente terapia farmacologica e fisioterapia, mentre in casi gravi per correggere la malformazione può essere necessario ricorrere all'ostectomia della testa del femore.



*displasia anca*

Quest' intervento chirurgico di tipo ortopedico prevede l'escissione chirurgica della testa e collo del femore con lo scopo di eliminare il contatto doloroso che si crea tra il bordo acetabolare dorsale e la testa del femore sublussata o gravemente degenerata. Lo spazio compreso tra le due ossa verrà progressivamente occupato da tessuto fibroso neoformato che costituisce una "pseudoartrosi" fibrosa.

### ***Displasia del gomito***

La displasia del gomito nel cane è una patologia degenerativa che porta alla progressiva formazione di artrosi e relativo dolore. Può essere diagnosticata già in tenera età effettuando uno studio radiografico giovanile tra i 4 ed i 6 mesi di vita dell'animale. Attraverso queste RX giovanili è possibile emettere un sospetto di displasia del gomito. A differenza della displasia dell'anca, che è una malattia multifattoriale, la displasia del gomito sembra essere maggiormente legata ad un problema genetico. E' anche vero, però, che alcuni traumi o fratture in giovanissima età possono predisporre alla patologia.

I fattori genetici sono importanti soprattutto in relazione al rapido accrescimento di cani con grande sviluppo scheletrico e muscolare. È raro, infatti, riscontrare osteocondrosi in soggetti con peso inferiore ai 25 kg. Inoltre, nei soggetti di sesso maschile l'incidenza è doppia o tripla rispetto a quella riscontrata nelle femmine, le quali hanno una velocità di crescita inferiore.

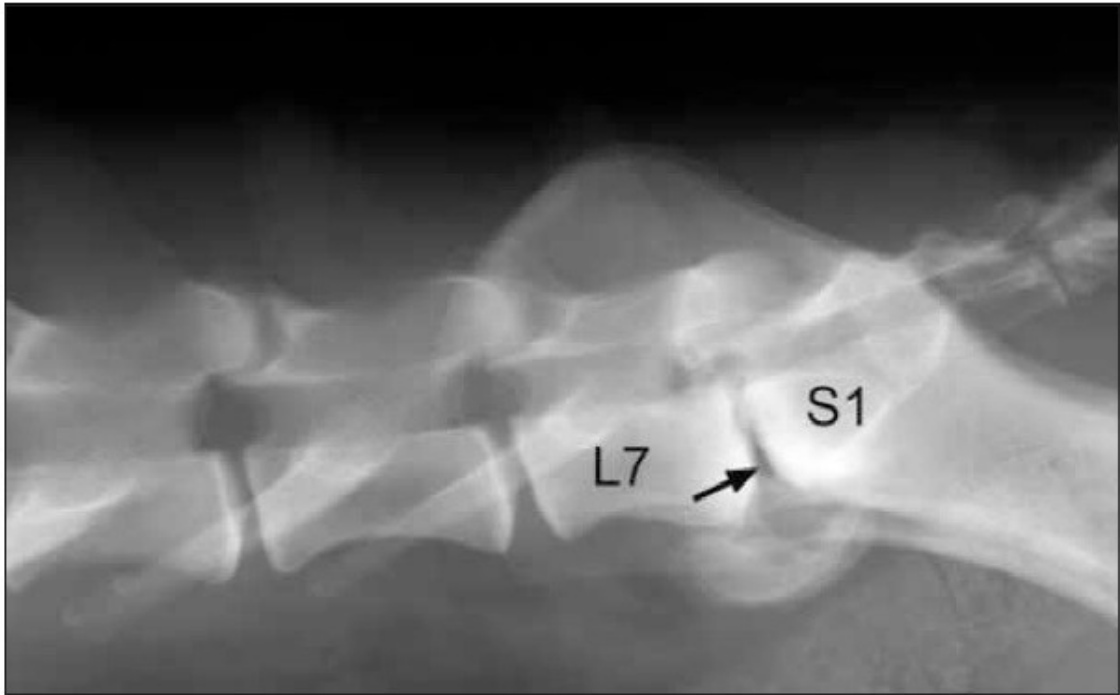


*pre-chirurgia*

*post-chirurgia*

### ***Sindrome della Cauda Equina***

La SCE è una grave patologia del sistema nervoso centrale che colpisce i cani. Si tratta di una condizione che può verificarsi a seguito di una compressione dei nervi nella regione della cauda equina, ovvero la parte finale del midollo spinale del cane. La SCE può essere causata da diversi fattori, tra cui ernie del disco, tumori, fratture o lesioni spinali. Segni e sintomi includono difficoltà nell'alzarsi o nel camminare, incontinenza urinaria e fecale, dolore al dorso e rigidità. Per diagnosticarla, un veterinario eseguirà un esame neurologico completo e potrebbe raccomandare di effettuare una risonanza magnetica o una tomografia computerizzata per valutare il midollo spinale del paziente. Il trattamento della SCE dipenderà dalla gravità della patologia e dalla causa sottostante. In alcuni casi, l'intervento chirurgico potrebbe essere necessario per rimuovere la compressione del nervo. Ci si potrà avvalere, altrimenti, di terapie farmacologiche per il dolore e la riabilitazione fisica. Per prevenire la SCE o evitare lesioni spinali è fondamentale il controllo del peso del cane tramite esercizio ed alimentazione, evitando categoricamente l'obesità.



*In questa Rx si nota uno scalino lombo-sacrale con scivolamento verso il basso del tratto S1, riduzione dello spazio vertebrale (freccia) e presenza di becco di spondilosi deformante*

### ***Lussazione e rottura del Legamento Crociato Anteriore***

Viene comunemente causata da cadute, attività fisica su terreni disconnessi, storte durante corse improvvise, continue sollecitazioni e occasionali o ripetuti traumi sulla zona interessata.

La predisposizione varia in base ad età, razza e taglia. Inoltre, anche soggetti affetti da obesità, sindrome di Cushing, ipotiroidismo o diabete possono incorrere nel rischio della lesione di questo legamento.



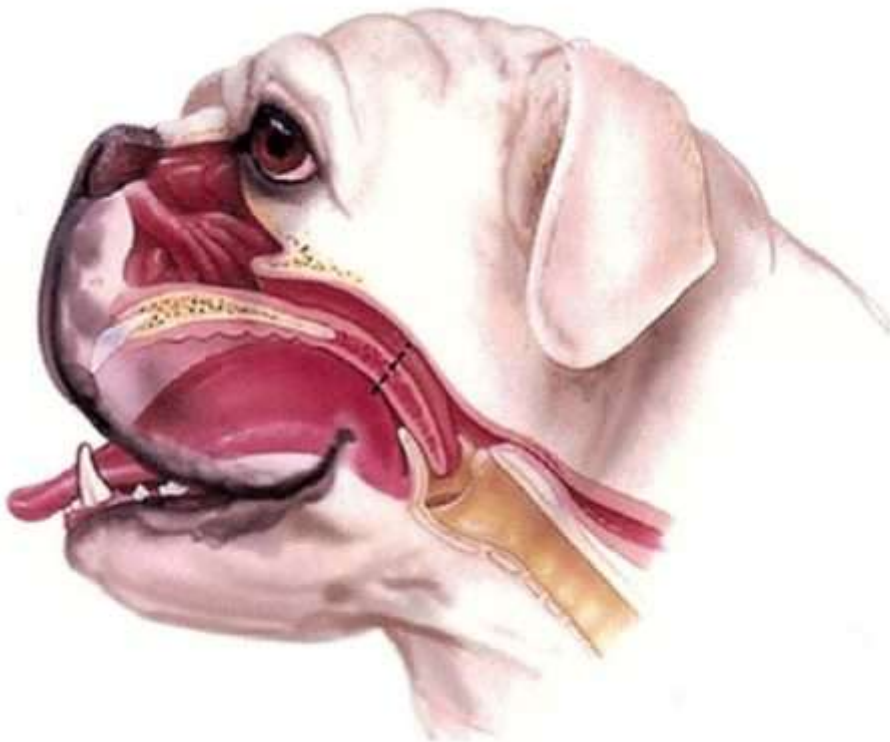
In caso di rottura del LCA, studi radiografici mostrano l'avanzamento dell'infiammazione nella zona anteriore del ginocchio, detta segno di Hoffa.

Una volta appurata la frattura del legamento è possibile procedere con l'intervento di TPLO (Osteotomia livellante del piatto tibiale).

Nel periodo post-operatorio sarà fondamentale la cura da parte del proprietario, limitando le attività del cane a brevi passeggiate ed evitando qualunque tipo di movimento esplosivo.

Sia prima che dopo l'intervento, il cane caricherà inevitabilmente più peso sulla zampa sana rispetto a quella infortunata, comportando, se mal gestito, un alto rischio di rottura anche del crociato sano, sottoposto a maggiore stress.

## *Brachicefalia*



È un tipo di conformazione del cranio determinata da una mascella molto più corta della norma, con un

conseguente muso appiattito e un apparato respiratorio problematico.

Il cane con brachicefalia, ovvero con un cranio corto e largo rispetto alla sua altezza, può avere problemi

respiratori, causati da anomalie a livello delle vie aeree superiori, che ostacolano il flusso d'aria.

Sono frequenti patologie come la stenosi delle narici, ovvero un restringimento delle vie nasali che ostacola

il passaggio dell'aria, e l'allungamento del palato molle, con conseguente ostruzione delle vie respiratorie.

La sintomatologia, in questi casi, include affanno, generiche difficoltà respiratorie, sibili e respiro rumoroso,

che possono peggiorare in caso di stress, caldo eccessivo o obesità.

I soggetti affetti da queste problematiche vivono importanti limitazioni nell'attività fisica, nella

frequentazione di ambienti caldi e umidi e patiscono maggiormente l'obesità.

In casi estremi, può anche essere necessario ricorrere a interventi chirurgici correttivi.

### ***Enognatismo***

È una malformazione dentaria e mandibolare congenita che trova origine nella chiusura difettosa.

Rappresenta l'evidenza clinica di un difetto genetico che comporta gravi malfunzionamenti del primo tratto

dell'apparato gastro-intestinale.



La conseguenza dell'enognatismo è il contatto dei denti canini mandibolari con le strutture del palato duro

quando il soggetto chiude la bocca. Questo traumatismo continuo determina l'insorgenza di fistole

oronasali con gravi conseguenze sullo stato di salute generale del soggetto.

Inoltre, un'eccessiva ripartizione scorretta della forza meccanica durante la masticazione è spesso

accompagnata dall'insorgenza di cardiopatie e patologie articolari.

## *Rapporto tra patologie e tecniche selettive*

### *Pratiche errate*

Alla base di gran parte degli errori selettivi troviamo una tendenza umana, la mancanza di obiettività, metodo scientifico e, a volte, coscienza da parte di molti allevatori.

Che questa indole sia causata da intenti di maggiore lucro, dall'inesperienza, dall'impazienza o da altri

fattori poco cambia il risultato: si riproducono sempre più soggetti che dovrebbero essere scartati, ed all'aumento quantitativo della razza corrisponde sempre più una diminuzione qualitativa della stessa.

I soggetti in questione sono, ad esempio, quelli sempre più consanguinei. La presenza di un antenato più e più volte nel pedigree di un cane non significa necessariamente che il discendente abbia ereditato e trasmetta le caratteristiche del suo avo, ma garantisce sicuramente una diminuzione della salute genetica e

la fissazione dei difetti e dei problemi di salute tipici della linea di sangue in oggetto.

Ne è un esempio la comparsa di soggetti con muso troppo corto, brachicefali, da sempre presenti nella razza in quanto manifestazioni di atavismi riconducibili alle sue origini Bulldog, che aumenta in modo direttamente proporzionale al tasso di consanguineità.

Per mantenere una caratteristica è necessario accoppiare due animali che l'abbiano effettivamente espressa, a prescindere dal fatto che essi siano parenti o meno. Il minor grado di parentela possibile, inoltre, non farà altro che apportare maggior vigore ibrido e salute.

Un buon riproduttore, quindi, non sarà identificato dal suo pedigree, ma dalla qualità effettiva dei suoi figli.

Il pedigree, o una linea di sangue, inizia quando si ha tra le mani un esemplare che la rappresenta; in altre parole, occorre scegliere i cani e non il pedigree. Sarà l'accoppiamento di due soggetti aventi alle spalle sia genitori che nonni tutti conformi ai nostri requisiti a darci buone speranze di un risultato positivo nella prole.

Nel definire chi è conforme e chi no si dovrà essere severi. L'espressione di un tratto fisico o caratteriale ad alti livelli non potrà giustificare la presenza di difetti al di sotto dei requisiti minimi di salute e tipicità della razza. È facile farsi affascinare da appariscenti ipertipi, ad oggi sempre più popolari, ma non bisogna dimenticare che funzionalità e salute sono figlie dell'armonia dell'insieme: un eccesso da un lato sarà sempre accompagnato da un difetto, magari meno evidente, da un altro.

È il caso, ad esempio, di lussazioni al ginocchio e rotture al legamento crociato, conseguenze dirette della ricerca di angolazioni sempre più esasperate.

In selezione è imperativo, infine, porsi obiettivi chiari e realistici. Il cane "perfetto", con salute, carattere e morfologia ai massimi livelli esiste nella mente di ogni allevatore, ma raramente si concretizza nella realtà, è un'eccezione, un fenomeno, a volte anche solo un sogno.

Non si può selezionare basandosi sui sogni. Nella realtà, ci troveremo molto più frequentemente cani sani ma con difetti morfologici, cani corretti ma con scarso carattere, ecc.

Bisogna sapere chi scegliere in questi casi, avere un definito ordine delle priorità. Ricordiamoci, a questo proposito, che un cane sano e di buon carattere, seppur magari non un campione di razza, potrà comunque esserne un buon rappresentante, ma un individuo perfetto morfologicamente avente carenze caratteriali o poca salute non dovrà mai essere considerato degno della nomea di APBT.

### ***Uso della tecnologia***

L'evoluzione e diffusione dei macchinari a scopo diagnostico a disposizione dei veterinari, l'avvento di Internet e l'espansione del settore commerciale e culturale cinofilo hanno messo a disposizione degli addetti ai lavori e dei privati innumerevoli strumenti utili alla cura e comprensione degli animali d'affezione. Questo sviluppo è tale nelle sue dimensioni da causare confusione e disorientamento a chi ci si avvicina, al punto di risultare, a volte, paradossalmente inutile, se non dannoso.

Dovrebbe far riflettere il fatto che, non solo nel Pit Bull, prima della possibilità diffusa di radiografare molti individui, displasie e rotture di legamenti crociati fossero una rarità, o che prima dell'avvento di mangimi e integratori le intolleranze alimentari e dermatiti ascrivibili all'alimentazione fossero nettamente inferiori.

È fondamentale, quindi, affidarsi a professionisti riconosciuti, che sappiano indirizzare neofiti e non nell'uso esclusivo degli strumenti che abbiano un reale e comprovato senso pratico. Aggiungere troppe variabili non ci aiuterà nella risoluzione di un problema.

Esami annuali del sangue, radiografie in crescita ed a crescita ultimata, ecografie in vista dei parti, periodiche visite veterinarie di controllo, unite ad un'alimentazione semplice ed in quantità corretta e ad una giusta profilassi parassitaria sono una buona base per qualunque cane.

Per gli allevatori, il congelamento del seme potrà contribuire ad evitare scelte frettolose ed inadeguate.

Nel caso del Pit Bull, inoltre, sarà utile usufruire degli strumenti che ci permetteranno di comprendere meglio la sua atleticità, come, per la capacità respiratoria, l'emogasanalisi effettuata con saturimetro per misurare la quantità di ossigeno presente nel sangue arterioso o, per l'efficienza cardiocircolatoria a riposo e sotto sforzo, lo studio del rapporto tra piccola e grande circolazione, ovvero tra sangue portato dal cuore ai polmoni, e poi dal cuore al resto del corpo.

### ***Movimento***

Non c'è niente di meglio per il possessore di un APBT di viverlo nella sua sportività.

Alcune discipline sportive, però, comportano dei movimenti che per i nostri cani risultano forzati, quali salti verso l'alto, piroette, morso di salsicciotti o stracci ancorati a supporti fissi, senza alcun tipo di intermezzo elastico.

Occorrerà estrema cautela con queste attività, specie se non affiancati da professionisti. Non è infrequente,

nella pratica clinica, presenziare ad infortuni soprattutto articolari causati dall'esecuzione scorretta di sforzi che dovrebbero invece migliorare la condizione fisica dei nostri animali.

Nel far sfogare e allenare i nostri cani, bisognerà sempre preferire movimenti quali camminata, corsa libera o nuoto.

Tutti i movimenti che eseguirebbero anche in natura, senza condizionamento, sono quelli da privilegiare in assoluto.

### ***Possibilità future***

Genetica e selezione non sono scienze esatte, e possono far ammattire e frustrare chi vi si dedica. Questo fatto, però, lascia anche aperte più possibilità. A un risultato si può giungere da più strade e, col giusto metodo, anche una situazione compromessa può essere rinvertita e risanata.

Lo sviluppo tecnologico e scientifico può giocare un ruolo fondamentale, se e solo se sarà accompagnato dalla volontà, dalla competenza e dall'esperienza.

È imperativo per le nuove generazioni di allevatori ed appassionati recarsi da chi ha dedicato la vita a questi cani, personaggi troppo spesso inascoltati, carichi di insegnamenti e di minuzie, maestri nel riconoscere le doti naturali, quelle che si possono allenare ma non insegnare, e che sono stati testimoni dell'epigenetica, ovvero di come le influenze ambientali; quindi, le esperienze che un animale fa durante la sua vita, ne abbiano influenzato la trasmissione ed espressione dei caratteri.

Prima di ogni altra cosa, bisogna tornare a vivere più intensamente e pienamente i nostri cani. Porsi nei loro confronti con umiltà, essere loro allievi. L'APBT era, ed è, un cane che ci si rivela, che va oltre i canoni della nostra visione, dal quale si può solo imparare, e col quale sperare al massimo di non commettere troppi errori.

Comprendiamolo, e rispettiamo per ciò che è.

### **7.5.3 Michele Caddeo e Renato Battaglia (medici veterinari)**

Nel corso degli anni abbiamo avuto la fortuna di incontrare diversi soggetti di quella che dal mio punto di vista è una delle razze più controverse nel panorama cinofilo italiano.

I troppi pregiudizi ad esso rivolte non hanno impedito al Pit Bull una diffusione pressoché capillare e pertanto ci ha permesso di affrontare casistiche cliniche variegata legate sia all'aspetto congenito/genetico sia a patologie non propriamente legate alla razza.

Una considerazione in merito alla morfologia del Pit Bull è necessaria, nonostante la presenza di numerose linee guida recanti gli standard di razza (complice forse il non essere stato riconosciuto dall'Ente Italiano preposto) il pit bull ha visto il fiorire di una selezione più legata al gusto dell'allevatore che al reale desiderio di standardizzazione e necessità di rendere riconoscibile la razza.

Pertanto, si possono incontrare variegati soggetti con caratteristiche molto differenti gli uni dagli altri: differenze considerevoli di peso, dimensioni e di conformazione hanno portato alcuni soggetti ad allontanarsi da quell'idea di forza, resistenza, agilità ed equilibrio tipica della razza.

Ciò ha portato alla comparsa di soggetti più fragili dal punto di vista genetico e morfologico.

Per quanto riguarda le patologie genetiche, complici gli accoppiamenti indiscriminati, e l'ignoranza relativa ai test genetici esistenti, abbiamo riscontrato soggetti affetti da "Atassia Cerebellare" una patologia trasmessa da un gene autosomico recessivo, che può manifestarsi già in giovane età con tremori, incoordinazione dei movimenti volontari e che può evolversi in tempi più o meno brevi e portando alla incompatibilità alla vita.

Diverse sono le patologie trasmesse su base congenita che abbiamo avuto modo di osservare sulla razza.

Su tutte quelle più comuni sono quelle a carico dell'apparato muscolo/scheletrico.

Le displasie sono molto comuni con una netta prevalenza della displasia delle anche, più raramente quella del gomito.

È consigliabile, pertanto, escludere dalla riproduzione i soggetti che ne sono affetti.

Noi raramente abbiamo osservato soggetti a enognatismo nei quali si osserva la diversa velocità di crescita tra mandibola e mascella, con errata chiusura degli incisivi, questo oltre ad essere un grave problema morfologico può predisporre a problemi gengivali e del cavo orale.

Tra le patologie riscontrate, anche gravi, è il criptorchidismo mono e bilaterale, i difetti di appiombamento che predispongono a lungo andare a gravi lesioni muscolo/scheletriche ed alla rottura dei crociati.

Per quanto riguarda l'aspetto caratteriale possiamo dire che il Pit Bull affronta le sfide della quotidianità con veemenza e determinazione, questo aspetto del suo carattere lo porta sovente a spingersi oltre i suoi limiti fisici: questo lo porta ad essere spesso soggetto a escoriazioni, ferite locali, contusioni fino ad arrivare a diversi gradi di rotture.

A suo vantaggio questa straordinaria resistenza fisica e al dolore lo rendono un eccellente paziente nella gestione del Post Trauma.

## 8. ESPOSIZIONI CINOFILE

Le esposizioni canine sono sempre più diffuse e divertono tutti, perché ci consentono di ammirare la bellezza dei nostri amici a quattro zampe.

In sostanza si tratta di manifestazioni di carattere cinotecnico in cui delle persone esperte chiamate giudici valutano le caratteristiche morfo-funzionali di ogni cane, in base allo standard di razza

### 8.1 Esposizioni canine: come funzionano

Per partecipare ad una Esposizione il cane deve avere compiuto almeno 6 mesi di età, possono partecipare nelle Mostre Speciali o nei Raduni nella classe Puppy dai 3 ai 6 mesi.

### 8.2 Requisiti di partecipazione

Queste sotto descritte sono le regole fondamentali per una gara “Ufficiale” F.C.I./E.N.C.I.,

*L'Apbt come già detto più volte non essendo riconosciuto da loro, ha un Campionato a parte e i titoli conquistati verranno poi riportati sui pedegree dei cani stessi.*

Detto questo è comunque doveroso introdurre una breve panoramica sulle esposizioni in generale.

A seconda della importanza le Esposizioni si distinguono in:

- Esposizioni **Regionali**;
- Esposizioni **Nazionali**;
- Esposizioni **Internazionali**.

Le esposizioni nazionali mettono in palio i Certificati di Attitudine al Campionato italiano di Bellezza (CAC), mentre le esposizioni internazionali, oltre al CAC assegnano anche i Certificati di Attitudine al Campionato Internazionale di Bellezza (CACIB)

- Tra i 3 e i 6 mesi il cane e' iscritto nella classe Puppy
- Tra i 6 e i 9 mesi il cane è iscritto nella classe Junior
- Tra i 9 e 15 mesi il cane va iscritto in classe Giovani
- Tra i 15 e 18 mesi si può scegliere tra la classe Giovani e la classe Libera
- Dopo i 18 mesi il cane va iscritto in classe Libera.

- Per cani che sono stati già proclamati Campioni c'è la classe Campioni
- Per cani che hanno conseguito l'attestato di attitudine al lavoro (in prove di caccia) è prevista la classe Lavoro

Ogni classe ha un vincitore sia maschio che femmina che hanno ottenuto il CAC o il CACIB e l'ultimo spareggio è per ottenere il migliore di razza (**BOB**): il cane che consegue questo titolo dovrà poi presentarsi per il raggruppamento di cui fa parte e i vincitori arrivano alla disputa del **best in show (BIS) nel tardo pomeriggio**, finalissima dove verranno proclamati i primi tre soggetti vincitori assoluti fra tutte le razze partecipanti.

Procedere in tempo per l'iscrizione, contattando il Gruppo Cinofilo Organizzatore della Esposizione, per le Regionali fino allo stesso giorno della Esposizione prima dell'inizio dei giudizi (ore 10), per le Nazionali al più tardi 20 giorni dalla Esposizione, per le Internazionali al più tardi 1 mese prima della Esposizione.

Esistono, inoltre, i raduni di razza, manifestazioni organizzate dalle Società Specializzate, associazioni riconosciute dall'Enci a cui questi domanda, dietro propria supervisione, la tutela e la divulgazione delle razze canine cui sono preposte.

Oltre ai raduni, le società specializzate possono anche indire esposizioni Speciali nell'ambito di competizioni a carattere nazionale o internazionale, che hanno la stessa valenza a livello risultato ottenuto in raduno ai fini della proclamazione a Campione Italiano di Bellezza.

Esiste anche, per i giovani, il titolo riconosciuto dall'Enci di **Giovane Promessa**, che si ottiene partecipando con un soggetto di età compresa fra i 9 ed i 18 mesi, assegnato quando si arriva a conseguire 30 punti, calcolati tenendo conto che il 1° Eccellente in esposizione internazionale vale 5 punti e 3 punti vengono assegnati in caso di vittoria nella propria classe, sempre con la qualifica di Eccellente, nelle esposizioni nazionali e nei raduni di razza.

Inoltre, le società specializzate possono assegnare il titolo di **Campione Sociale**, giovane e adulto, secondo un regolamento e punteggi stabiliti dal loro consiglio direttivo e riconosciuti dall'Enci.

### **8.3 Tipologie di esposizioni canine**

Ne esistono di tanti tipi, a seconda del grado di competizione e del luogo dove si svolgono.

Ecco quali sono secondo la classificazione dell'ENCI (Ente Nazionale della Cinofilia Italiana) e del FCI (Federazione Cinologica Internazionale) le principali tipologie:

- **Locali**
- **Regionali**
- **Nazionali**
- **Internazionali**
- **Mostre speciali**

Le mostre e le esposizioni regionali non sono riconosciute per l'attribuzione di certificati ma sono una buona occasione per vincere premi ed esporre la bellezza dei propri cani.

Le esposizioni internazionali, invece, rappresentano gli eventi più prestigiosi che vedono il confronto tra plurititolati cani provenienti da ogni parte del mondo.

### **8.4 Sigle da ricordare**

- CACIB certificato di attitudine al campionato internazionale di bellezza.
- CAC certificato di attitudine al campionato italiano di bellezza
- BOB best of breed (migliore di razza)
- BOS best opposite sex (migliore del sesso opposto)
- BOG best of group (migliore del raggruppamento)
- BIS best in show (migliore dell'esposizione)
- ECC eccellente MB molto buono B buono AB abbastanza buono

## 8.5 Qualifiche

L'esperto incaricato del giudizio assegnerà a ciascun concorrente la qualifica, a meno che questo non venga ritirato prima del giudizio oppure sia ritenuto fuori tipo e insufficiente, e come tale non qualificabile.

Le qualifiche che i giudici possono assegnare in esposizioni riconosciute sono esclusivamente le seguenti:

- **ECCELLENTE:** tale qualifica deve essere attribuita a un soggetto che si avvicini il più possibile allo standard ideale della razza, che sia presentato in condizioni perfette, che realizzi un insieme armonico ed equilibrato, che abbia della "classe" e una brillante andatura. Egli dovrà imporsi per le sue grandi qualità, le quali gli faranno perdonare eventuali piccole imperfezioni, e dovrà possedere le caratteristiche proprie del sesso a cui appartiene.
- **MOLTO BUONO:** tale qualifica va attribuita a un soggetto perfettamente in tipo, equilibrato nelle proporzioni, in buone condizioni fisiche. È tollerato qualche difetto veniale, ma non morfologico. Tale qualifica non può premiare che un cane di qualità. **BUONO:** tale qualifica deve essere attribuita a un cane che possieda le caratteristiche della razza pur accusando dei difetti, a condizione però che questi non siano redibitori.
- **BUONO:** tale qualifica deve essere attribuita a un cane sufficientemente tipico, senza qualità notevoli o in buone condizioni fisiche.

Dopo aver assegnato le qualifiche l'esperto stilerà la classifica e quindi, in maniera non automatica ma secondo il proprio giudizio, potrà assegnare il **CAC** a un maschio e a una femmina di ciascuna varietà di razza scegliendo fra i soggetti classificatisi 1° Ecc nelle classi libera o lavoro (se la razza è sottoposta a prova di lavoro)

Nelle Expò internazionali potrà invece assegnare il **CACIB** fra il 1° Ecc delle classi libera o lavoro e campioni. Nel caso in cui il soggetto cui è assegnato il **CACIB** risulti già omologato dalla FCI come campione internazionale, il **CACIB** verrà da questa passato di ufficio al soggetto secondo classificato che ha conseguito la Riserva di **CACIB**. La Riserva di **CAC**, invece, nelle expo nazionali, avrà valore di **CAC** qualora il titolare dello stesso abbia già ricevuto un altro di tali certificati dal medesimo giudice e non abbia più

bisogno di quello dell'esposizione in corso per il raggiungimento del titolo di campione italiano.

## 9. CLUB DI RAZZA

Le Associazioni Specializzate, chiamate più comunemente Club di Razza o Società Specializzate, sono associate all'Ente Nazionale della Cinofilia Italiana.

Le Associazioni Specializzate osservano lo Statuto dell'ENCI, assolvendo gli incarichi che quest'ultima delega in rispetto di tutti i regolamenti e i poteri sanciti.

Il Club di razza ha come scopo primario il miglioramento genetico delle rispettive razze, lo studio e il miglioramento e la tutela della popolazione canina.

Svolgono incarichi di ricerca e di verifica, fornendo a ENCI delle relazioni sulle situazioni delle razze tutelate e di tutti i progetti che le Associazioni intendono sviluppare. Ogni Statuto Sociale, relativo ad ogni Club di razza, prevede che si assistano gli associati, organizza manifestazioni con Società cinofile che abbiano lo scopo dello sviluppo e della pubblicizzazione delle razze e della cinofilia in generale.

Le Società Specializzate divulgano la pubblicizzazione delle razze attraverso riviste e favoriscono la preparazione teorica e pratica di quanti si interessano agli aspetti zootecnici e all'allevamento.

Non può essere riconosciuta più di una Associazione per razza o per gruppo di razze.

Questo perché il regolamento dell'ENCI prevede l'esistenza di un solo club riconosciuto per ogni singola razza canina.

Alla richiesta di modificare questa regola, il 21 gennaio 2004, il Sottosegretario Terenzio Delfino ha chiarito che *“la presenza di più associazioni per la stessa razza comporterebbe la parcellizzazione della base di selezione ed il rischio di eventuali presenze di disomogenei indirizzi zootecnici”*.

I deputati interroganti, nel richiedere al Ministero di assumere iniziative *“affinché sia finalmente consentita anche nel nostro paese la pluralità associativa dei club a tutela delle razze canine favorendo così lo sviluppo di una più diffusa cultura cinofila”*, facevano anche notare che contro l'orientamento dell'ENCI pende un'istanza all'Autorità per la tutela della concorrenza e del mercato e che in numerosi paesi europei è da tempo consentita l'esistenza di più club per ogni singola razza canina.

Ma il Sottosegretario ha dichiarato che *“la scelta di riconoscere un solo club o meglio una sola associazione specializzata per razza o gruppo di razze è fissata nell'articolo 21 dello statuto”* tuttavia, aggiunge: *“l'articolo 21 del detto statuto prevede il riconoscimento di associazioni specializzate di razza che si occupano, ai fini del miglioramento genetico delle popolazioni, dello studio, della valorizzazione,*

*dell'incremento e dell'utilizzo di una singola razza o di un gruppo di razze simili, affidando ad esse incarichi di ricerca e di verifica e concordando con esse particolari modalità di interventi, mirati al conseguimento dei programmi che l'associazione persegue. Queste ultime «sono, inoltre, chiamate a fornire supporti tecnici alla Commissione Tecnica Centrale prevista nel Disciplinare del libro genealogico».*

Lo stesso certificato prevede, infine, che *«non può essere riconosciuta più di una Associazione Specializzata per razza o per gruppo di razze».*

Le scelte statutarie evidenziate, quindi, sono legate alle finalità perseguite dall'ENCI, ovvero la selezione delle razze canine, attraverso l'individuazione dei riproduttori più idonei a perpetuare ed affinare le caratteristiche morfologiche e caratteriali previste da ciascuno standard di razza.

La presenza di più associazioni per la stessa razza comporterebbe, infatti, la parcellizzazione della base di selezione ed il rischio di eventuali presenze di disomogenei indirizzi zootecnici.

Le Associazioni Specializzate, inoltre, organizzano esposizioni Speciali e Raduni e altre manifestazioni per promuovere le proprie razze.

## **9.1 Perché il Pit Bull non è riconosciuto ENCI**

Non è certamente facile fare piena chiarezza su avvenimenti che si svolsero in un'epoca a cavallo tra non-razze e razze, tra scommettitori e cinofili puri, tra esposizioni di bellezza e combattimenti clandestini.

Le uniche cose certe sono le date "storiche", come quella, la più importante, del 1898 che vede la nascita del UKC (United Kennel Club) ad opera di C.Z. Bennet.

A questa associazione venivano tranquillamente iscritti i Pit Bull da combattimento, perché in quegli anni la pratica era stata proibita in Inghilterra, ma non in America, tanto che il bollettino ufficiale dell'UKC, il "Bloodlines Journal", pubblicava regolarmente le date e i risultati degli incontri: e vi dirò di più l'UKC concedeva anche il titolo di "Pit Champion" ai cani che avessero vinto tre (o più) combattimenti ufficiali. Solo quando i combattimenti cominciarono ad essere osteggiati in America, l'UKC si adeguò alle tendenze politiche correnti e il "Bloodlines Journal" non accettò più pubblicità che alludessero al dog fighting.

Sulla scia di questo cambio di rotta, anche l'aspetto dei Pit Bull UKC venne "ingentilito" cercando di farne un cane da show: nel 1909 nacque l'American dog breeders

association (ADBA).

L'American Kennel Club, agli albori non contava né più né meno di altre associazioni cinofile sparse un po' in tutto il mondo, solo col tempo l'AKC assunse un peso politico sempre più rilevante.

Così, dopo 38 anni che l'UKC registrava Pit Bull, alcuni allevatori chiesero all'AKC il riconoscimento dell'American Pit Bull Terrier, sperando di ottenere maggior peso politico e di staccarsi ancor più nettamente dall'immagine (ormai divenuta negativa) dei combattimenti.

Gli allevatori UKC presentarono quindi alcuni cani per l'iscrizione al Libro Origini dell'AKC ma quest'ultimo rispose: "Con quel nome, non se parla nemmeno", visto che il termine "pit" (=arena) richiamava una pratica ormai illegale.

Allora i cinofili amanti dello show si adattarono e accettarono di modificare il nome in "American Staffordshire Terrier", spesso abbreviato in "Amstaff" o AST.

L'AKC diede allora il suo consenso, e fu così che nel 1936 nacque la razza in seguito riconosciuta anche dall'FCI e da tutti gli Enti ad essa associati, compreso l'ENCI.

L'ENCI non riconosce il Pit Bull semplicemente perché riconosce solo le razze americane riconosciute dall'AKC, e non quelle riconosciute dall'UKC o da altri kennel club.

Le registrazioni iniziali vennero fatte come "Staffordshire terrier".

Uno dei primi cani "virati" da una razza all'altra fu nientemeno che Pete the Pup (un sito Internet sostiene che il suo vero nome era "Lucenay's Peter):



*Dickie Moore and Pete the Pu, Our Gang ca 1933*

questo simpaticissimo cane era la star canina di "Our Gang", ovvero "Simpatiche canaglie", ed era un Pit Bull a tutti gli effetti.



*Cast simpatiche canaglie*

Il primo nome approvato dall'AKC per la razza (semplicemente "Staffordshire terrier") generò un equivoco sul celeberrimo cane, che viene indicato come progenitore sia degli attuali American Staffordshire terrier (vero) che degli attuali Staffordshire Bull terrier (falso).

Quando l'AKC riconobbe lo Staffordshire Bull terrier, giusto per complicare ancora un po' le cose, cambiò il nome dell'ex Pit Bull in "American Staffordshire Terrier".

Intorno agli anni quaranta due linee di allevamento si divisero nettamente: da una parte gli amanti del cane da show, con il loro nuovo nome di "American Staffordshire" e la tendenza ad ingentilire le linee del cane rendendole più eleganti, e dall'altra gli amanti del Pit Bull originario,

che non vollero cambiarne il nome, né tanto meno la struttura.

Per lungo tempo moltissimi cani ebbero una doppia registrazione, sia

all'UKC che all'AKC.

## **9.2 Pit Bull, la strana storia del doppio pedigree**

Per quanto detto in precedenza ci troviamo di fronte a numerosi soggetti che hanno doppio pedigree, e che quindi hanno riconoscimento ufficiale da associazioni che seguono due o addirittura tre tipologie diverse di selezione.

In alcuni casi, e per qualche assurdo motivo un cane che assomiglia più ad un UKC è presente nei registri e nei ring ADBA e viceversa;

altre volte un cane con selezione UKC è presente nel database o nei ring AKC (Amstaff) e viceversa.

Ma come si è arrivati a questo punto? La questione è più semplice di quanto sembri.

Iniziamo con una premessa importante, il Pit Bull nasce a metà del 1800 da alcuni incroci (di cui non faremo approfondimento perché già trattato in precedenza) dai quali si volle ottenere un cane completo, che avesse forza, struttura muscolo scheletrica potente ed elastica, coraggio, resistenza e passionalità.

Per la nuova razza si incaricarono della registrazione tre club differenti, prima AKC (1884 anche se sembra che le registrazioni ufficiali iniziarono intorno al 1900), UKC (1898), ADBA (1909).

Ma di fatto il Pit Bull che ora noi chiamiamo ADBA, UKC e AKC (Amstaff) alla nascita, a prescindere dai rinsanguamenti (quindi dal tipo di selezione o CROSS dal quale dipendeva) era praticamente lo stesso cane, senza differenze sostanziali e così fu per diversi anni.



*Alcuni esempi di America Pit Bull ADBA/UKC e di Amstaff*

Alle origini la scissione tra i CLUB vide AKC trasformare il PIT BULL in American Staffordshire Terrier (AMSTAFF) che fu catalogato in uno standard rigido scegliendo poi rigorosamente che gli “AST” avessero naso nero (l’AMSTAFF ebbe riconoscimento UFFICIALE presso la FCI e attualmente è l’unico “PIT BULL” riconosciuto da FCI e di conseguenza da ENCI), mentre UKC e ADBA si limitarono ad avere due registri differenti e non sono riconosciuti né da FCI e né da ENCI.

ADBA volle un cane rustico e funzionale, dedito prevalentemente al lavoro (da circa 30 anni è anche selezionato per morfologia e presente anche in manifestazioni di bellezza), mentre l’UKC si distanziò da ADBA perché voleva un cane funzionale ma lontano dai combattimenti (anche se fino a quando erano legali i combattimenti partecipava ufficiosamente al circuito delle lotte), AKC volle distanziarsi totalmente dagli altri due CLUB per farne un cane completo ma dedicato esclusivamente a bellezza e atletica.

Nel tempo UKC affermò anch’essa un proprio standard preciso (poi modificato successivamente) e spostò le sue attenzioni principali verso gli show di bellezza, mantenendo comunque un forte interesse per la funzionalità, mentre ADBA almeno fino al 1980 all’incirca, si orientò esclusivamente verso i combattimenti la funzionalità e il carattere.

### 9.3 Perché abbiamo cani con doppia iscrizione?

Le differenze morfologiche, almeno fino al 1960, non furono tanto evidenti da creare razze diverse ma solamente linee di sangue con caratteristiche diverse, che dipendevano anche dalla zona geografica e dal ceppo di appartenenza.

Ne conseguì che i registri dei vari Club contenevano e contengono molti soggetti da sempre registrati con doppio pedigree.

Molti cani hanno ancora doppia iscrizione UKC/ADBA e partecipano sia nell'una che nell'altra tipologia di gara di bellezza, i loro cuccioli nascono già con doppia iscrizione e così sarà anche per i loro successori.

### 9.4 Le tre tipologie sono davvero così diverse?



L'estrazione di questa razza è certamente la stessa, ma gli standard e le relative selezioni nel tempo hanno portato ad avere cani spesso molto differenti l'uno dall'altro, a livello di orientamenti anatomici, morfologici, caratteriali e tipologici differenti.

UKC e AKC si sono orientati verso la correttezza anatomica e l'equilibrio nella struttura e nel carattere, conservando tra di loro una certa similitudine anche nella selezione morfologica mentre ADBA ha ricercato maggiore funzionalità e quindi si è orientata verso un morfotipo che soddisfacesse esclusivamente le richieste di elasticità e combattività, distanziandosi spesso significativamente dagli altri due CLUB.

Ed è per questo motivo che troviamo tre tipologie di pedigree per un cane di medesima estrazione:



## 9.5 È possibile rendere assoluta la distinzione tra i soggetti

La verità è che partendo dallo stesso cane purtroppo o per fortuna si è scelto di seguire percorsi selettivi diversi, linee di pensiero e filosofie diverse, ma spesso le tre tipologie condividono moltissime caratteristiche, insieme agli stessi identici antenati (iscritti regolarmente nei libri genealogici di origine), quindi non possiamo rendere assoluta la loro distinzione.

## 9.6 La parola all'esperto: Giovanni Mazzone presidente Fipken

(elaborato in parte tratto dal suo libro: Re Pit Bull di Giovanni Mazzone)

Giovanni Mazzone è attualmente presidente Fipken.

Fipken ha apportato le precisazioni e le modifiche, rispetto allo standard UKC, necessarie ad una comprensione e una applicazione più semplice e concreta.

Ricordiamo che uno standard è il riferimento più ampio e importante per fornire una guida solida per gli allevatori che desiderano mantenere la qualità della razza e migliorarla ove possibile, seguendo e ricercando l'affermazione delle caratteristiche indicate per ottenere una selezione omogenea e simile in tutto il mondo.

Ho avuto la fortuna di avere il mio primo contatto con la razza nel 1993 (circa 30 anni fa), quando all'età di quattordici anni, insieme ad un amico, importammo Ghemon, il mio primo Pit Bull, un fratello che mi ha donato decine di insegnamenti dai quali ho tratto il senso di molti valori importanti della vita, iniziando così una storia passionale ricca di sfumature che si protrae fino ad oggi. Sull'onda della passione ho vissuto direttamente o indirettamente ogni tipo di esperienza, dallo studio degli "ambienti" più sporchi del settore, dove i combattimenti sono all'ordine del giorno e le scommesse sovvenzionano le mafie del posto, alla cinofilia "pulita", fatta di attività divertenti ed entusiasmanti (show e sport) dove il Pit Bull è maestro

Rappresenta il "Re" tra le razze, appellativo estremo ma idoneo, voluto per affermare e confermare il ruolo legittimo di questo cane nel mondo cinofilo.

Questo cane viene vissuto da molti come un idolo, una leggenda. Anche se sappiamo che ogni leggenda rappresenta la fantasia, è bello poter credere che ci sia della verità, ma in questo caso non serve inventare, questo cane, di leggendario non ha niente di falso, il Pit Bull non scrive ogni giorno la sua leggenda il Pit Bull è già "Leggenda".

Quando le nostre aspettative vedono nell'American Pit Bull la forza di Eracle, quando fu attaccato dal leone di Nemea, se fosse possibile lo vedremo tornare a casa con la sua pelliccia sulle spalle; se ci aspettassimo il coraggio di Leonida nei 300 "spartani", potremo ascoltare nel finale i passi del Pit Bull, che dopo aver marciato sui Persiani volerebbe nel palazzo d'oro per strappare il cuore di Zeus. Allo stesso tempo, quando

avremo bisogno di insegnare il perdono e il rispetto ai nostri bambini, allora vedremo nel Pit Bull, tutto l'amore di Afrodite e l'indulgenza di dio.

Bisogna saper guardare oltre per capire la sua essenza, questo è un prezzo che pochi possono permettersi, e pochi quindi meriteranno di sentire dentro quel brivido che persuade chi lo ama.

Per capire da cosa nasce la razza APBT (American Pit Bull Terrier), e non lasciarsi confondere dai numerosi articoli che trattano informazioni storiche, che non seguono un filo cronologico o documentale, dobbiamo fare un lungo passo indietro. In origine quando si parlava in generale di razze da combattimento e gli "INSANGUAMENTI" (incroci di razze diverse per scopi specifici) erano all'ordine del giorno, l'obiettivo non era dare un nome ad una razza ma un vincitore ad una lotta.

Va precisato che la ricostruzione dei percorsi storici su cui si basano gli studi delle razze non è affatto chiara e semplice, gli studi sono tratti da reperti molto sommari e a volte contrastanti, sia perché in quei tempi l'analfabetismo riguardava una enorme percentuale di persone nel popolo (che non sapevano scrivere e leggere), e sia perché non vi era abitudine sistematica e soprattutto tecnica nella registrazione degli eventi cinofili.

In primo luogo, precisiamo che, al di là delle varie teorie sulla sua nascita, il "Re" è frutto di un meraviglioso e inestimabile mix di caratteristiche ricercate.

In cinofilia è un Terrier di tipo Bull, per i non addetti ai lavori è come montare il motore di una Ferrari su una Jeep 4x4 ed ottenere la resistenza del migliore dei fuoristrada con il motore più veloce, elastico e potente tra quelli in commercio.

Tradotto ancora, per capirci meglio, è un cane che racchiude e mescola al meglio le caratteristiche speciali dei terrier con quelle dei Bulldog.

Fino a quando non si ottenne un cane competitivo come l'APBT, vi erano selezioni cinofile di grande valore, ma le stesse non riuscivano ad offrire un cane completo; si selezionarono cani in cui spiccava la forza ma si perdeva resistenza e velocità, cani dove dominavano la prontezza di riflessi e lo scoppio ma si perdeva la potenza, e situazioni rarissime in cui si raggiungeva forza e resistenza ma non vi era abbastanza coraggio, energia e tenacia per affrontare certe sfide.

Il Pit Bull fu espressione di tutte queste caratteristiche ricercate oltre ad altre che inventò, lasciando sbalordito chi aspettava certe doti.

Di fatto l'American Pit Bull Terrier è un cane particolare per tanti motivi che cercherò di trasmettervi in questo breve scritto.

Parlerò di un cane che per sua natura è destinato ad essere amato e odiato da un enorme numero di persone, vediamo sinteticamente di che cane si tratta.

Il Pit Bull è un Terrier di tipo Bull frutto di una selezione abbastanza ricca e antica, riconosciuto storicamente con il nome oggi usato, da due Club privati americani, UKC (United Kennel Club) e ADBA (American Dog Breeders Association) e da altri Club sparsi in tutto il mondo, ma non riconosciuto da FCI o Enci.

Va precisato che il Pit Bull ha due standard, ma esiste una tipologia gemella riconosciuta da un'altro Club americano AKC (American Kennel Club) che per primo ha iniziato a registrare questo tipo di cane chiamandolo AMSTAFF (American Staffordshire Terrier).

L'APBT è un cane ben proporzionato, atletico e forte, di taglia media, che generalmente non supera i 30 kg, petto ampio e gabbia toracica profonda gli permettono una ottima respirazione in ogni circostanza, pelo crespo, corto, lucente e dal naso di ogni colore (nero, rosso, blu nelle varie tonalità), i due standard accettano tutte le colorazioni del pelo tranne il merle e i colori che si avvicinano a malattie genetiche certe come l'albinismo.

Esprime generale stabilità su una struttura anatomicamente bilanciata, collo muscoloso e masseteri ben pronunciati, muso largo e di media lunghezza, orecchie piccole e ben posizionate a rosa sul cranio, accettate da standard lunghe o recise (pratica da tempo illegale in Italia e in Europa), trotta e si muove come un felino, con passo elastico, potente e sicuro.

Utilizzato dal nostro Club (Fipken) nelle più svariate attività, dalla Pet Therapy, fino allo sport da performance, il Pit Bull ha consolidato una capacità innata, servire l'umano in maniera affidabile e diligente e superare ogni limite o sfida. È un cane veloce e dinamico, forte in salute, armonioso e docile con le persone e soprattutto con i bambini, caparbio e sicuro di se, spesso dominante e nervoso con i suoi simili. L'Italia è uno dei paesi nel mondo dove il Pit Bull è maggiormente sviluppato, vi sono diverse tipologie di

selezione e allevamenti di alto livello sia nello standard UKC che in quello ADDBA.

Potete trovare cuccioli in vendita presso allevatori amatoriali o professionali, a prezzi che oscillano dai 300 ai 3000 euro a seconda della selezione e del tipo di allevatore che propone la vendita.

La razza, se ben gestita, come il nostro Club si prefigge da anni, è destinata a ricoprire l'eccellenza anche in pratiche sportive e in diversi tipi di "lavoro" cinofilo.

La nostra responsabilità verte nel dare seguito alla tutela della razza, avviando tutte le iniziative possibili per affermare le caratteristiche positive e il valore dell'American Pit Bull.

*Elaborato in parte tratto dal suo libro: Re Pit Bull di Giovanni Mazzone*



*Giovanni Mazzone e Massimiliano Gusai*

## 10. SITUAZIONE DELLA RAZZA IN ITALIA

Come abbiamo abbondantemente detto i Pit Bull sono cani dalle mille sfaccettature, difficili da descrivere e da conoscere a fondo.

In Italia non sono riconosciuti come razza e gli allevatori sono obbligati ad avvisare gli acquirenti.



APBT

### 10.1 Il Pit Bull, la razza che c'è ma non esiste ufficialmente in Italia

I Pit Bull sono molto diffusi nel nostro paese: da Nord a Sud li si incontra in città e nei giardini recintati di campagna, intenti ad accompagnare persone indaffarate, scodinzolando sereni accanto ai passeggini, ma anche legati alle catene ed abbandonati ad impedire l'ingresso nei terreni privati. Altri non li vediamo: sono confinati in luoghi dove vengono tenuti per poi usarli come cani da combattimento (purtroppo ancora succede e in tutto il mondo, non solo in Italia).

Tante femmine vengono utilizzate come fattrici per una vita intera, sfruttate fino all'ultimo momento per sfornare cuccioli da vendere attraverso Internet, soprattutto.

Come abbiamo già più volte detto va ricordato che nonostante l'ampia diffusione nel nostro Paese, il Pit Bull non è a oggi riconosciuto dalla Federazione Cinologica Internazionale (FCI) né dall'Ente Nazionale Cinofilia Italiana (ENCI) come una vera e propria razza.

Non esistono allevatori riconosciuti e non ha un pedigree, ovvero quel documento genealogico che certifica la discendenza

Quindi quando acquistate un Pit Bull dovete tenere conto del fatto che se ve lo vendono come “cane di razza” in realtà stanno commettendo un illecito.

L'unica associazione preposta per il registro delle razze nel nostro paese, infatti, è l'Enci (Ente Nazionale Cinofilia Italiana), la quale è membro di un'organizzazione internazionale che, a sua volta, non riconosce i Pit Bull, ovvero la Federazione Cinologica Internazionale (FCI)".

Il Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali ha ribadito che: «per la legislazione italiana, la vendita di cani proposti come di razza, senza che questa qualità sia attestata dal pedigree, è vietata dal Decreto Legislativo n. 529 del 30 dicembre 1992-art. 5.

Analizzando il punto dell'articolo citato dal Mipaaf, si apprende che: *«E' consentita la commercializzazione di animali di razza di origine nazionale e comunitaria, nonché dello sperma, degli ovuli e degli embrioni dei medesimi, esclusivamente con riferimento a soggetti iscritti ai libri genealogici o registri anagrafici, e che risultino accompagnati da apposita certificazione genealogica, rilasciata dall'associazione degli allevatori che detiene il relativo libro genealogico o il registro anagrafico»*.

E alla domanda «Si può vendere un Pit Bull come cane di razza in Italia?».

La risposta è chiara e inequivocabile: *«Le persone che allevano Pit Bull non possono avere i requisiti per diventare Allevatori dell'Enci, che al momento è l'unica associazione riconosciuta. Inoltre, non possono ottenere l'Affisso che traccia l'allevamento di provenienza dei cani iscritti al Libro genealogico, né possono ottenere per i soggetti allevati i pedigree»*.

Dunque, il Pit Bull lo si può commercializzare **solo a condizione che sia specificato che non è di razza e che non ha pedigree.**

La pena prevista nel vendere un Pit Bull o qualsiasi altro soggetto in Italia come un cane di razza quando tale non è, infine, è prevista nel Decreto Legislativo n. 529 del 1992.

In Italia, dunque, il Pit Bull è a tutti gli effetti da considerare al momento dell'acquisto come un meticcio.

## **10.2 Patentino obbligatorio per proprietari di Pit Bull.**

Fa tanto discutere l'ordinanza del comune di Milano di obbligare tutti i proprietari di alcune razze ritenute dall'ente pericolose, a prendere un patentino, rilasciato solo dopo il superamento di un corso obbligatorio per tutti coloro i quali possiedono uno dei seguenti cani: Pit Bull, American bulldog, Pastore dell'Anatolia, Pastore di Charplanina, Pastore dell'Asia centrale, Pastore del Caucaso, Pastore Maremmano Abruzzese, Cane da Serra da Estrella, Dogo argentino, Fila brasileiro, Perro da canapo majoero, Perro da presa canario, Perro da presa Mallorquin, Pit Bull mastiff, Pit Bull terrier, Rafeiro do alentejo, Rottweiler, Rhodesian ridgeback, Tosa inu, American Staffordshire, Bandog + molossoidi di grande taglia, Bull terrier, Boerboel, Cane Corso, Lupo Cecoslovacco, Cane lupo di Saarloos, Cane lupo italiano.

Si legge nell'ordinanza *“Introduzione e promozione del patentino per proprietari di cani appartenenti a un elenco di razze potenzialmente pericolose per educare i cittadini a un corretto rapporto tra l'uomo e gli altri animali”*.

Ma cosa pensa chi possiede una di queste razze e soprattutto come mai il comune di Milano ha deciso autonomamente di stilare una lista di cani pericolosi quando la normativa nazionale non prevede alcun elenco di razze definite tali, né tantomeno alcun corso da seguire?

Alla prima domanda è possibile rispondere in maniera semplice: un patentino è utile poiché a dover essere educati non sono solamente i proprietari di razze “pericolose”, ma qualunque persona possieda un cane, a prescindere dalla mole o dall'età.

Tanto che il Ministero nel 2009 ha deciso di eliminare la lista delle razze canine ritenute fino ad allora pericolose, a dimostrazione del fatto che potenzialmente tutte le razze potrebbero esserlo.

Si legge nell'ordinanza ministeriale *“La lista non solo non ha ridotto gli episodi di aggressione ma, come confermato dalla letteratura scientifica di Medicina Veterinaria, non è possibile stabilire il rischio di una maggiore aggressività di un cane sulla base dell'appartenenza a una razza o ai suoi incroci”*.

D'altra parte, tanti sono i proprietari di cani ritenuti "docili" che eludono ogni sorta di regola; sarebbe opportuno che anch'essi seguissero un corso sulla corretta gestione del proprio amico a 4 zampe. Così come sarebbe opportuno ampliare l'obbligatorietà a chiunque detenga o abbia intenzione di prendere un cane.

Riguardo il secondo quesito, possiamo comprendere che nel comune di Milano, città densa di popolazione e di cani (oltre 100mila nel territorio), l'escalation di aggressioni degli ultimi tempi, abbia costretto l'amministrazione a prendere una drastica decisione, per cercare quantomeno di contenere gli episodi ai danni della collettività.

## 11. CONCLUSIONE

Spero di avervi accompagnato per mano in questo meraviglioso viaggio nel mondo dell'American Pit Bull Terrier.

Pagina dopo pagina ho fiducia di essere riuscito a trasmettervi quello che provo, di avervi fatto sentire l'amore che sento per i miei cani, l'adrenalina che avverto quando mi preparo ad essere giudicato e la responsabilità che avverto nel giudicare.

Spero che, nello scorrere tra le righe di questa tesi, tra i caratteri neri e tutti uguali, voi abbiate avuto l'impressione di sentire lo scodinzolare festoso di un cane, la sensazione di un naso umido che vi preme sul palmo di una mano, e la vista di un muso gioioso.

Che, attraverso le mie parole, e con le parole dei professionisti che mi accompagnano da oltre vent'anni, siate riusciti a cogliere la passione che ci anima, e che ci ha portato giorno e notte a cercare di tutelare la razza.

La passione che ci porta a voler riabilitare una razza tanto bella ma sulla quale ancora gravano troppi pregiudizi.

Perché ricordatevi che il Pit Bull non è un cane comune.

Il Pit Bull è l'emblema di chi deve lottare tutti i giorni contro un giudizio sbagliato.

La personificazione di chi passa la vita a combattere contro un marchio infamante.

Ed è proprio questo marchio che mi ha fatto avvicinare alla razza, perché la mia esperienza mi diceva altro, ed io dovevo capire quale fosse la realtà.

E la realtà è che il Pit vive un incredibile bisogno di relazione con il proprietario.

Sono definibili "cani cozza", "cani colla", hanno reale necessità di sentire la relazione in ogni momento della giornata.

Hanno uno spiccatissimo lato epimeletico, affiliativo e protettivo, un Pit vive il rapporto con voi in simbiosi.

Un Pit è pronto a buttarsi nel fuoco per voi.

E un essere dotato di un tale spirito di abnegazione merita un proprietario degno.

Un proprietario che sappia gestirlo, educarlo, amarlo ma soprattutto che sia in grado di aiutarlo a cancellare questa lettera scarlatta con cui da troppo tempo è stato marchiato.

Perché ricordatevi che è vero che sono guerrieri, guerrieri con un'armatura di muscoli, ma il loro muscolo più forte rimarrà sempre il cuore, e a voi spetta il compito di averne cura.

## **RINGRAZIAMENTI**

In primo luogo, vorrei ringraziare mia moglie, Serena.

Grazie per avermi dato la motivazione a fare sempre di più.

Mi hai spronato ad andare avanti, hai accolto le mie idee, non limitandomi mai.

Mi hai aiutato a superare tutti i dubbi e le paure, perché mi sei stata vicino in ogni modo e in ogni momento.

Grazie a te papà, sempre presente in ogni momento della mia vita, la mia spalla ed il mio complice in tutto.

Hai preso la mia passione e l'hai fatta tua come solo un genitore sa fare.

Tu padre, amico, fratello ed il miglior compagno di avventura che potessi avere.

Guardami da lassù e sorridi ancora con il tuo fare orgoglioso, perché io ce la sto mettendo tutta per esserne degno.

Grazie a te mamma, non ci credevi è che mi avresti visto con “la testa cinta di Lauro”?

Con tutto quello che ti ho fatto pensare da ragazzo, tutto volevo tranne che studiare.

Grazie ai miei figli, perché magari ancora non lo sapete, ma quando anche voi sarete genitori lo capirete: siete il mio stimolo.

Perché un figlio è questo, un figlio ti porta a cercare sempre di migliorarti, ti porta a spingerti oltre i tuoi limiti.

Un figlio ti porta a cercare di essere la versione migliore di te stesso, e a non arrenderti mai di fronte a nulla, neanche a quello che all'apparenza ti sembra impossibile.

Questa laurea è anche merito vostro.

Ed infine il mio pensiero va ai miei cani, a quelli che ancora mi accompagnano e a quelli che non ci sono più.

Da voi ho imparato tanto.

Avete acceso in me una passione enorme, un fuoco che mi tiene vivo.

Un fuoco che mi ha permesso di ritrovare la strada anche nei momenti più bui, perché chi ha raggiunto uno scopo nella vita si muoverà, senza interruzione, di obiettivo in obiettivo e non si perderà mai.

Quello che sono adesso è anche merito vostro, di quel ragazzo sbarbatello che aveva accolto il suo primo trovatello ne avete fatto un uomo. Mi avete insegnato la responsabilità, il dovere e l'abnegazione, per il solo fatto di essere responsabile di un essere che dipendeva in tutto da me.

Per questo vi ringrazio immensamente.

## **FONTI E BIOGRAFIA**

- Pratica clinica, allevamento e studio quarantennale dell'APBT da parte del Dr. Davide Corti
- "The Working Pitbull" – Diane Jessup
- "Working Bulldogs" – Mauro Salvador
- Interviste a vari allevatori e studiosi della razza italiani

## **SITI INTERNET**

<https://antoniolombardi00.altervista.org>

<https://www.kodami.it>

<https://www.pitbullisnotacrime.it>

<https://www.fipken.com>

<https://www.pitbullforesthouse.com>

<https://www.pitbrown.com>

<https://it.wikipedia.org>

[www.ukcdogs.com](http://www.ukcdogs.com).

<https://it.hectorkitchen.com>

<https://www.greenme.it>

<https://imieianimali.it>

<https://www.mypetshero.it>

<https://medicinalive.com>

<https://www.annuncianimali.it>

<https://www.circuitolavoro.it>

<https://www.kodami.it>

<https://www.amoreaquattrozampe.it>

<https://www.anmviaggi.it>

---

# La Balanced Scorecard nella Prospettiva ESG: verso una “Business Sustainability Value Creation”

Rojic Carlo Andrea<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Facoltà classe in Scienze Politiche*

*Indirizzo: Doctor of Philosophy (Dottorato di Ricerca)*

---

## **Parole Chiavi**

*Balanced scorecard,  
strategia,  
performance,  
network,  
risk management,  
cost management*

## **Relatori**

Prof. Natale Vito

## **Candidato/a**

Rojic Carlo Andrea  
Matricola: 44324111980  
UNITOSCANA/IT

## **Introduzione**

L'obiettivo principale della Balanced Scorecard (Abbr. B.S.C.) è quello di non considerare solamente la prospettiva Economico-Finanziaria (Financial Perspective) ma anche altre tre dinamiche sempre più importanti per le decisioni della Governance Aziendale nella misurazione delle performance del business, ossia la prospettiva dei Clienti (Customer Perspective), quella dei Processi Interni (Internal Business Perspective) ed infine quella relativa all'Apprendimento e Crescita (Innovation & Learning Perspective). Al giorno d'oggi non è più pensabile che l'impresa sopravviva guardando esclusivamente all'output economico-finanziario come nell'era industriale.

Questa mia dissertazione ha l'interesse di offrire al lettore il contributo sul processo continuo di monitoraggio degli obiettivi strategici misurando le performance attraverso la B.S.C individuando i cosiddetti Fattori Critici di Successo (abbr. F.C.S.) che sono le *competenze*, le *risorse* e le *attività* detenute dalle imprese per competere sui mercati.

Lo strumento B.S.C. ha l'obiettivo di implementare la strategia aziendale con azioni di gestione operativa, fino ad arrivare ad elaborare una mappa strategica che alcuni studiosi del M.I.T (Massachusetts Institute of Technology) definiscono come il vero elemento innovativo che ci permette di individuare le relazioni causa-effetto tra variabili.

## CAPITOLO 1

### IL MODELLO DELLA BALANCED SCORECARD PER LA STRATEGIA AZIENDALE

Quando e perché nasce la *Balanced Scorecard*? Nel 1992 ad opera di Robert Kaplan e David Norton venne pubblicato sull'*Harvard Business Review* il primo articolo dal titolo “*The Balanced Scorecard. The Measure that drive performance*”<sup>1</sup>.

Sono diversi i motivi per cui usare una *Balanced Scorecard* e quindi l'impresa la utilizza in primo luogo perché le tradizionali misure economiche da sole, anche se rinnovate attraverso modifiche più o meno riuscite (*Discounted Free Cash Flow* o *Economic Value Added*) non sono in grado di richiamare e indirizzare l'attenzione sulle *performance* future, quelle che oggi più interessano gli investitori.

Il *Discounted Free Cash Flow* (DCF)<sup>2</sup> è il flusso monetario scontato o flusso di cassa attualizzato, è un metodo di valutazione di un investimento, basato sull'attualizzazione, secondo un tasso corretto di rischio, dei flussi futuri attesi dall'attività in questione. Il metodo dei flussi di cassa attualizzati è l'approccio valutativo più utilizzato dagli operatori di *private equity*. Secondo il metodo DCF il valore dell'azienda (*Enterprise Value*) corrisponde alla sommatoria dei flussi di cassa operativi attesi attualizzati al costo medio ponderato del capitale (WACC).

Il modello *Economic Value Added* (EVA)<sup>3</sup> che significa valore economico aggiunto è un indicatore della *performance* di un'azienda calcolato come differenza tra il reddito operativo netto e il costo del capitale impiegato per produrre quel reddito.

$$\text{EVA} = (\text{NOPAT} - \text{WACC}) * \text{capitale investito}$$

---

<sup>1</sup> Il termine è complicato da tradurre in italiano ed era copiato dai tabelloni utilizzati nelle gare di *baseball* e in quelle di *basket* a completamento del puro e semplice punteggio della partita che si sta giocando verso una puntuale ed attenta analisi a come andrà a finire la partita e come utilizzare le diverse strategie introdotte per vincere sull'avversario. A. BUBBIO, “*BALANCED SCORECARD E CONTROLLO STRATEGICO: LE RELAZIONI*”, Università Cattaneo, Castellanza, 2000.

<sup>2</sup> [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org) – Consultazione del 22/12/2022

<sup>3</sup> [www.borsaitaliana.it](http://www.borsaitaliana.it) – Consultazione del 22/12/2022

dove NOPAT è il *NET Operating Profit After Taxes* (reddito operativo netto dopo le tasse e il WACC (*Weighted Average Cost of Capital*) è il costo medio ponderato del capitale.

Il capitale investito è uguale al totale attivo netto meno le passività correnti non finanziarie meno TFR e Fondi.

Si manifesta la necessità di nuove misure non solo economico-finanziarie, che oltre ad evidenziare i risultati del bilancio d'esercizio, forniscono anche al *management* quelle azioni che rappresentano opportunità di sviluppo a lungo termine.

In secondo luogo, le imprese è opportuno che cerchino di legare i loro obiettivi strategici ad un insieme di indicatori operativi che aiutino a monitorare le variabili.

È necessario implementare in azienda una buona strategia attraverso il disegno e quindi l'identificazione e la creazione di una mappa strategica importante per la pianificazione strategica, la formulazione della strategia che consentirà un collegamento tra gli obiettivi di medio-lungo termine con quelli a breve termine tradotti in relazioni causa-effetto. La ricerca delle relazioni causa-effetto è una ricerca che porta ad una circolarità delle relazioni tra variabili. La variabile finale rappresenta comunque una variabile iniziale in altre relazioni. (modelli di analisi dinamica dei sistemi).

Di solito si utilizza un apposito software per la modellazione dinamica dei sistemi si possono inserire, all'interno di un diagramma fondi-flussi, i valori che definiscono gli scenari prospettati; sulla base dell'intervallo di periodicizzazione scelto e delle equazioni inserite nel modello; successivamente si possono apprezzare gli andamenti relativi alle variabili di interesse.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Modelli dinamici per il controllo multidimensionale. Integrazione tra System Dynamics e Balanced Scorecard, Enrico Supino, d.u. press, Bologna, 2008, p. 128

Come un'azienda persegue la strategia aziendale? Capire la strategia ci porta al di là del mercato, ci aiuta a conquistare il cliente ed a consolidare il rapporto nel tempo e nello spazio, al centro ci sono i concorrenti ma noi con una strategia vincente riusciamo a raggiungere in via più immediata e veloce il nostro *focus*.<sup>5</sup> La *Vision* dell'azienda è l'insieme di obiettivi che si mira a raggiungere, strategia significa come far interagire tra loro le iniziative, il materiale, il capitale umano, le competenze, le risorse, la *mission* aziendale, come l'azienda risponde al cliente, le caratteristiche del prodotto/servizio offerto, come si differenzia e come si posiziona, i suoi valori, le sue idee, i suoi segni distintivi. Differenziare, creare un posizionamento unico, decidere il *target* e disegnare la strategia.

La *Balanced Scorecard* usa la strategia aziendale attraverso l'utilizzo dei *Key Performance Indicators* che ci danno indicazioni sulla direzione dove l'azienda sta andando e come si sta muovendo in ottica strategica.

“Quando un marinaio non sa in che porto andare, nessun vento è quello giusto” (SENECA).

La strategia è necessaria per focalizzare l'obiettivo aziendale, serve a definire gli obiettivi aziendali che sono S.M.A.R.T. (Specifici, Misurabili, Raggiungibili, Realistici, con una data).

Specifici perché devono essere obiettivi unici; misurabili in quanto la *Balanced Scorecard* consente di misurare anche i risultati parziali in modo adeguato; raggiungibili, ossia non devono essere ambiziosi al punto di non sembrare raggiungibili; devono avere una certa data, confrontandosi con la concorrenza, con un mercato e definire le caratteristiche e il comportamento che vuole avere per vincere la competizione con le altre aziende.

La capacità di definirsi come azienda unica, di differenziarsi è una priorità secondo Porter, la capacità non è di fare quello che fanno gli altri ma di fare qualcosa

---

<sup>5</sup> Rafforzare il collegamento tra strategia e gestione operativa inserendo a supporto dell'attività di controllo variabili-chiave dalle quali dipende il successo del *business* nel quale l'impresa opera, importante l'immagine che si vuole trasmettere all'esterno e al ruolo “giocato” dalle singole persone in una squadra. A. BUBBIO, “*BALANCED SCORECARD E CONTROLLO STRATEGICO: LE RELAZIONI*”, Università Cattaneo, Castellanza, 2000.

di unico, non è importante essere migliore di qualcun altro, piuttosto creare un'azienda unica che venga preferita dal cliente e definita all'interno della *mission* aziendale quindi del motivo per cui l'azienda decide di stare su un determinato mercato. La strategia è la capacità di essere diversi, nel mercato, di posizionarsi e quindi differenziarsi, scegliere *target* di clienti. *Vision*, *mission*, valori aziendali, strategia, ogni nostro collaboratore deve conoscere queste nostre scelte, la mappa strategica<sup>6</sup> definisce e comunica le priorità strategiche. La *B.S.C.*, quindi, è uno strumento che consente di misurare le *performance* in ottica strategica, creare quei *Key Performance Indicators (KPI)* che vanno a valutare il livello di realizzazione di ogni singola attività in ottica strategica.

Vengono individuate e studiate le quattro prospettive che ruotano attorno alla strategia ed alla *mission* aziendale e che devono essere esaminate nel complesso e non singolarmente con un insieme di indicatori all'interno di ogni prospettiva allineati tra loro con le altre prospettive assieme alla strategia.

Ogni prospettiva deve essere suddivisa in:

- a) Obiettivi, cioè individuazione degli obiettivi strategici che si intende raggiungere;
- b) Misure, individuazione degli indicatori per la misurazione delle prestazioni;
- c) *Target*, definizione dei valori quantitativi a cui l'impresa tende;
- d) Attività, individuazione delle iniziative e dei comportamenti che si vuole intraprendere per il raggiungimento degli obiettivi.

Così si procede ad individuare degli indicatori di *performance* in ogni prospettiva che vanno distinti in *Lagging indicators* e *Leading indicators* che devono essere:

- a) Rilevanti, coerenti con la strategia e relativi a elementi chiave e perseguibili;

---

<sup>6</sup> La mappa strategica serve a rappresentare graficamente le azioni che si vogliono compiere al fine del raggiungimento degli obiettivi desiderati, essa sarà il nodo centrale su cui costruire gli altri aspetti. [www.studiopettinari.it/step-3-mappastrategica/](http://www.studiopettinari.it/step-3-mappastrategica/) - Consultazione del 06/12/2021.

- b) Bilanciati, riferibili cioè a variabili economico-finanziarie e non, ed abbinati a relazioni causa-effetto;
- c) Flessibili, adattabili al contesto e prontamente modificabili;
- d) Comprensibili, facili da capire e condivisi;
- e) Disponibili, affidabili nonché facilmente e velocemente reperibili.

I *Lagging Indicators*<sup>7</sup> sono definiti come “indicatori di risultato” e misurano i risultati raggiunti a consuntivo, mentre i *Leading Indicators* sono indicatori il cui valore è rappresentativo della *performance* futura dei *Lagging indicator*, secondo una relazione causa-effetto definita con la strategia.

## 1.1. LA PROSPETTIVA ECONOMICO-FINANZIARIA

Una delle prospettive da tenere sotto controllo è quella finanziaria ma che oggi non può essere l'unica: il solo modello contabile ed i tradizionali indicatori economico-finanziari alla base del bilancio e del *budget* sono carenti e non riescono più ad essere performanti in azienda, anche altre variabili entreranno sempre più spesso in gioco per ottenere un vantaggio competitivo volto al raggiungimento del successo imprenditoriale.

Tale prospettiva lega tale strumento alle tradizionali metodologie di controllo impostate in modo prevalente sull'analisi degli andamenti gestionali attraverso indicatori o marginalità di tipo economico, finanziario e patrimoniale che anche per Kaplan e Norton è sempre l'ultimo di ogni gestione aziendale: le connessioni di causa-effetto tra le diverse prospettive, conducono ad un risultato di tipo economico-finanziario, tutto ruota attorno a questa importante prospettiva con un legame stretto ad esempio con le vendite, con le competenze e la formazione dei dipendenti, e con le “buone relazioni” con i clienti e gli altri *stakeholders*. Tutto

---

<sup>7</sup> I *Lagging* sono indici che hanno un limitato valore diagnostico ma sono molto utili a descrivere la misurazione del risultato mentre i *Leading* sono indicatori il cui valore dipende dalla *performance* futura dei primi. Esempio di *Lagging indicator* è il tasso di incremento percentuale della quota di mercato mentre un esempio di *Leading indicator* è il numero dei lanci dei nuovi prodotti, il numero dei lanci dei nuovi prodotti rappresenta la causa dell'incremento/decremento della quota di mercato che ne costituisce l'effetto. N. MASOLO, E. VAJENTI, A. MASON “IL CONTROLLO DI GESTIONE NELLE PMI”, Edizione SEAC, 2016, p. 299.

questo ci darà come risultato un miglioramento delle *performance* aziendali in termini di incremento del fatturato, un notevole miglioramento del ROI che è uno degli indicatori economici che verranno presi in considerazione.

Gli obiettivi relativi alla prospettiva Economico-Finanziaria sono prevalentemente legati alla redditività ed alla finanza aziendale. Oltre che il ROI (*Return on Investment*), altri indicatori da esaminare sono il Reddito Operativo e l'indice EVA (*Economic Value Added*)<sup>8</sup>. In particolare, l'EVA si calcola attraverso la seguente formula:  $(NOPAT-WACC) * capitale\ investito$  dove NOPAT è il *Net Operating Profit After Taxes* (Reddito operativo netto dopo le tasse) mentre il WACC ovvero il *Weighted Average Cost of Capital* (costo medio ponderato del capitale), capitale investito è uguale al totale attivo netto al quale si sottraggono le passività correnti non finanziarie ed il TFR e fondi.

Altri obiettivi finanziari sono il Cash Flow, il livello di autofinanziamento, il Capitale Circolante Netto come differenza tra Attivo Corrente e Passivo Corrente ed il rapporto tra EBIT ed Oneri Finanziari.

La scelta degli indicatori di *performance* dipende dalle condizioni dell'azienda, dalle condizioni del mercato in cui opera, dall'assetto organizzativo che adotta, dalla curva di vita dei prodotti che propone, dagli obiettivi che la stessa si è posta, dai risultati che le vengono imposti dai finanziatori.

La *BSC* diventa misurazione, collegamento e coerenza con la strategia che l'impresa ha scelto di perseguire in un determinato mercato ed in base alle proprie caratteristiche interne.

---

<sup>8</sup> L'*Economic Value Added* è una misura economico finanziaria sintetica impiegata nelle *public companies* e in mercati finanziari efficienti dove si domandano *performance* elevate e stabili, pena la rimozione dei manager o la cessione delle proprie quote, l'esigenza di orientare la gestione aziendale alla creazione del valore e di ricorrere a strumenti e metodi per la sua misurazione. L'EVA è un indicatore brevettato da G.B. Stewart che si fonda sulla differenza tra il rendimento del capitale e il suo costo e si ottiene sottraendo dal reddito normalizzato di periodo il costo del capitale investito. RAFFAELE D'ALESSIO – VALERIO ANTONELLI, "CONTROLLO DI GESTIONE Manuale operativo", Maggioli Editore, 2014, pp. 893-895.

## 1.2. LA PROSPETTIVA DEI CLIENTI

Nell'elaborazione della mappa strategica che si andrà a costruire oltre i risultati economico-finanziari per ottenere la soddisfazione degli azionisti, si dovrà necessariamente all'interno di questa seconda prospettiva chiedersi “Quale proposta di valore per il cliente dovrò porre in essere per raggiungere i risultati finanziari per soddisfare al meglio gli azionisti”?

Con indicatori riguardanti la c.d. “*Customer Perspective*” ossia le relazioni che si instaurano con i clienti dell'impresa, studiando l'andamento della loro fidelizzazione (la c.d. *Loyalty*) e la capacità di mantenerli nel tempo e sviluppare maggiori ricavi di vendita. In tale prospettiva si studiano le percezioni che il cliente ha dell'impresa, della sua immagine e della sua capacità di creare valore attraverso la vendita dei propri prodotti: anche in questo caso è importante il legame con la strategia individuando gli obiettivi che si vogliono raggiungere e misurare per un controllo degli scostamenti tra azioni intraprese e risultati conseguiti.

Si guarda ai c.d. Fattori Critici di Successo (in breve F.C.S.) che sono quei fattori che influenzano il cliente nella scelta di un prodotto/servizio e dipendono dal mercato/segmento in cui l'azienda opera. Esempi sono il prezzo, la qualità percepita, l'immagine, i servizi pre e post-vendita, il grado di personalizzazione del prodotto o servizio<sup>9</sup>.

Diversi obiettivi a carattere strategico che si traducono in misure di risultato, sono tra loro collegati da logiche di causa-effetto, il soddisfacimento dei bisogni dei clienti comporta la loro fidelizzazione e la possibilità di acquisirne di nuovi aumentando la quota di mercato. Ci si concentra maggiormente sui concetti di quota di mercato (volume d'affari di un business che fa riferimento al numero di clienti, ricavi complessivi o volume di vendite); l'acquisizione del cliente come l'impresa lo attrae o come avviene il processo di acquisizione di nuovi clienti; la sua

---

<sup>9</sup> I fattori critici di successo consentono all'unità economica di raggiungere posizioni di vantaggio competitivo. Quando si parla di essi si fa riferimento a quel numero limitato di aree i cui risultati, ove siano soddisfacenti, assicurano all'organizzazione un rendimento competitivo positivo. Si tratta di quelle poche aree chiave in cui le cose devono filare lisce perché l'impresa prosperi (Rockart, 1979:12) CRISTIANO BUSCO, ELENA GIOVANNONI, ANGELO RICCABONI, “*Il controllo di gestione – Metodi, strumenti ed esperienze – i fondamentali e le novità*”, IPSOA, 2011, pp. 166-172.

fidelizzazione ossia come l'impresa mantiene i rapporti con quel cliente nel tempo; la sua soddisfazione cioè come il cliente viene appagato in relazione al prodotto e servizio offerto e alle altre caratteristiche; infine la redditività quindi la profittabilità<sup>10</sup>.

Ecco che tale ultimo aspetto misura lo stretto collegamento (relazione) tra la prospettiva del cliente con quella economico-finanziaria. L'aumento della quota di mercato è indice di una maggiore profittabilità e questi sono considerati i *drivers* quindi gli indicatori dell'aumento del fatturato e della redditività globale.

Tale prospettiva riguarda le caratteristiche del prodotto e/o servizio in termini di prezzo, qualità percepita, unicità del prodotto/servizio, delle funzioni del prodotto: chiedersi dunque se il prezzo può essere considerato strategico e se la qualità nei termini di "quanto dura quel prodotto" è coerente con le aspettative del cliente oppure se le funzioni di quel prodotto portano a ridurre i costi o a migliorare le *performance* produttive per il cliente; mirare ad una relazione col cliente in termini di rispetto dei tempi di consegna e degli eventuali servizi aggiunti che si possono offrire; studiare l'impatto sull'immagine e sulla reputazione.

Nella tabella sottostante vengono evidenziati degli obiettivi con il loro collegamento agli indicatori K.P.I.<sup>11</sup>

---

<sup>10</sup> Si deve far riferimento alla quota di mercato, alla fedeltà del cliente, alla soddisfazione della clientela, la redditività, i caratteri qualitativi del prodotto e servizio, il rapporto col cliente, l'immagine e la reputazione. KAPLAN – NORTON, *Balanced Scorecard, cit.,* pagg. 75-80.

<sup>11</sup> Il K.P.I. è una metrica quantitativa di come la tua squadra o la tua organizzazione procede verso il raggiungimento di importanti obiettivi aziendali. Le organizzazioni utilizzano K.P.I. a più livelli (aziendali, specifici del gruppo o anche individuali) a seconda delle metriche che desiderano monitorare.

<b>OBIETTIVO</b>	<b>INDICATORI K.P.I.</b>
<b>Soddisfazione nella vendita</b>	Numero di reclami su totale vendite diviso numero di resi su totale prodotti venduti
<b>Fidelizzazione clienti</b>	Numero di clienti che hanno riacquistato negli ultimi 2/3 anni su numero totale clienti
<b>Numero nuovi clienti</b>	Clienti che acquistano per la prima volta su numero totale di clienti
<b>Ampiezza gamma</b>	Singoli prodotti venduti su numero prodotti venduti totali
<b>Prezzo/qualità</b>	Prezzi praticati su media dei prezzi dei competitors

Tabella 1. N. MASOLO, E. VAJENTI, A. MASON *“IL CONTROLLO DI GESTIONE NELLE PMI”*, Seconda Edizione, SEAC, 2016, p. 305

La *Customer Perspective* risponde alla seguente domanda: “per realizzare la nostra visione come dovremmo apparire alla nostra clientela”? Si deve puntare ad un miglioramento della “*value proposition*” fatta ai clienti verso il perseguimento continuo di una strategia di crescita che significa anche aumento dei ricavi. Il rapporto con i clienti deve essere di tipo biunivoco: da un lato mettere in atto strategie per soddisfarli, dall’altro ottenere il loro contributo al successo dell’organizzazione.<sup>12</sup>

### 1.3 LA PROSPETTIVA DEI PROCESSI INTERNI

Si risponde alla domanda: in quali processi interni dovrò eccellere per generare una proposta di valore per i miei clienti che mi permetterà di raggiungere i risultati economico-finanziari desiderati? Nella prospettiva dei processi interni si individuano i processi da migliorare per generare efficacemente questa proposta di valore, attraverso lo studio di indicatori legati ai processi gestionali critici dai quali dipende la capacità di soddisfare prima e fidelizzare poi i clienti con l’intento di destinare in via prioritaria risorse ed attività che conducono alla creazione di valore per il cliente in primis ma per tutti gli *stakeholders*.

Migliorare i processi interni già esistenti, ma anche identificare e monitorare dei processi nuovi per un vantaggio competitivo e dunque verso il successo della strategia nell’ottica di coniugare obiettivi di breve periodo con obiettivi di medio-lungo: si tratta di quei Processi Interni che sono in grado di mantenere e acquisire nuovi clienti e che mirano a soddisfare le aspettative di azionisti e soci come ritorno dell’investimento. Monitoraggio dei c.d. Processi Interni, quindi gli acquisti, la produzione e la vendita con un controllo e valutazione dei costi, delle tempistiche e della qualità. La *BSC* cerca di esaminare sì i costi per ridurli ma in una logica integrata con quella del cliente, di monitorare l’acquisto con la ricerca degli elementi

---

<sup>12</sup> Bi-direzionalità nella prospettiva del cliente definendo obiettivi di “soddisfazione” ed obiettivi di “contribuzione” e quindi selezionando indicatori che possano misurare la soddisfazione del cliente (*customer satisfaction*) ed il suo contributo al successo aziendale (*customer contribution*). A. BUBBIO, S. BARALDI, F. BOCCI, “*BALANCED SCORECARD: UN’AGENDA PER IL FUTURO*”, 2005, p. 12.

che inducono all'acquisto e con lo scopo di migliorarli. Utilizzare metodologie di controllo di gestione come l'*Activity Based Costing* (ABC) per la gestione dei costi e altre come l'*Activity Based Management* (ABM) o la *Business Process Reengineering* (BPR)<sup>13</sup>.

Kaplan e Norton hanno individuato quattro processi critici:

a) Processo Gestionale Operativo, riguarda il mantenimento e lo sviluppo delle relazioni con i fornitori attinenti al processo di produzione, di distribuzione e consegna dei prodotti ai clienti, di gestione e monitoraggio del processo di produzione puntando ad esempio alla massima qualità di produzione con indicatori “numero di difetti di produzione sul totale prodotto” e “qualità dei fornitori” e il “numero di difetti sui prodotti o semilavorati acquistati sul totale prodotti o semilavorati acquistati”;

b) Processo di Gestione della Clientela che riguarda la relazione che si è instaurata col cliente durante le varie fasi di produzione e di consegna;

c) Processo di Innovazione, è relativo alla gestione dell'innovazione e consente di sviluppare nuovi prodotti, nuovi processi e/o servizi, allo scopo di mantenere un certo vantaggio competitivo o di penetrare in nuovi mercati e in nuovi segmenti di clientela;

d) Processo di Regolazione e Sociale che riguarda la reputazione sociale che l'impresa ha sviluppato nel corso degli anni ed è quindi relativo all'ambiente, alla sicurezza ed alla salute. Una buona reputazione può migliorare il rapporto con i dipendenti con una maggiore attrazione e mantenimento del personale altamente qualificato.

---

<sup>13</sup> Il BPR consente di riprogettare l'azienda o ridisegnare specifici processi considerati critici come se fosse la prima volta accantonando il “vecchio” ed “inventando” nuovi modi di operare che non si limitino a produrre lenti miglioramenti incrementali, ma che conducano a sostanziali “balzi” di *performance*. CRISTIANO BUSCO, ELENA GIOVANNONI, ANGELO RICCABONI, “*Il controllo di gestione – Metodi, strumenti ed esperienze – i fondamentali e le novità*”, IPSOA, 2011, pp. 660 e ss.

## 1.4 LA PROSPETTIVA DELL'APPRENDIMENTO E CRESCITA

È rimasta l'originaria proposta di *Learning & Innovation Perspective* dove si considerano i patrimoni intangibili che negli anni si sono manifestati di notevole interesse al fine di realizzare l'innovazione di prodotto e di processo, non ci può essere innovazione se non c'è *Learning*, è possibile enfatizzare gli *asset* intangibili dai quali dipende il processo di innovazione. Tutto questo è necessario per il successo nel medio-lungo periodo, è questa l'area nella quale si tratta di misurare la capacità di apprendere dall'esperienza e di tradurre questo patrimonio di conoscenze in preziosi stimoli per l'innovazione, quindi investire non solo in beni materiali ma anche su quelli immateriali quali la formazione dei dipendenti, i sistemi ed i processi.

L'apprendimento e la crescita di un'organizzazione sono molto importanti in quanto solo investendo in aggiornamento e in qualificazione professionale si potranno raggiungere i vantaggi competitivi che porteranno allo sviluppo dei processi interni, quindi alla soddisfazione dei clienti ed a un miglioramento della posizione economica e finanziaria dell'impresa.

L'ambiente competitivo in cui le imprese di oggi si trovano ad operare necessita e obbliga i dipendenti ad un aggiornamento continuo delle conoscenze e delle competenze per perseguire livelli di eccellenza che il mercato richiede o per mantenere un vantaggio nei confronti dei concorrenti.

Avere una scheda di valutazione bilanciata<sup>14</sup> che includa le capacità del personale, le capacità dei sistemi informativi e la motivazione, la responsabilizzazione e l'allineamento.

Le imprese, al giorno d'oggi, per essere competitive, hanno bisogno di essere innovative, flessibili ed hanno necessità di personale che sia creativo, critico e che funga da stimolo per lo sviluppo dell'organizzazione.

---

<sup>14</sup> Progettare le schede di valutazione che dovrebbero contenere tutte le informazioni rilevanti ai fini del processo di valutazione: i dati relativi al valutato e al valutatore, le aree di responsabilità del valutato, gli obiettivi specifici di periodo, i parametri di misura e gli *standard* di prestazione richiesti, una valutazione di sintesi. CRISTIANO BUSCO, ELENA GIOVANNONI, ANGELO RICCABONI, "Il controllo di gestione – Metodi, strumenti ed esperienze – i fondamentali e le novità", IPSOA, 2011, p. 545.

La capacità del personale diventa un elemento di distinzione, di creazione del valore se attentamente valutato e monitorato che viene attivata solo attraverso un processo di sviluppo del capitale umano che abbini capacità manuali a capacità creative.<sup>15</sup> Tali capacità e creatività dipendono anche dalla velocità con cui riescono a reperire le informazioni necessarie al processo decisionale: a tal fine riveste notevole importanza l'adeguata capacità dei sistemi informativi in termini di quantità e qualità delle informazioni.

Non vi può essere sviluppo se non c'è personale qualificato, se non c'è un sistema informativo adeguato ma anche se non c'è personale motivato, responsabilizzato e allineato con la strategia aziendale.

Il personale anche se ben preparato e con un adeguato accesso alle informazioni non aiuta lo sviluppo dell'impresa se non è motivato ad agire nell'interesse dell'impresa, se non è libero di prendere decisioni ed iniziative secondo un processo di delega organizzativa e se non è convinto che la strategia perseguita sia quella corretta.

È necessario quindi valutare lo stato di motivazione, partecipazione e allineamento dei dipendenti alla strategia attraverso indicatori che misurino tale eventuale scostamento. Diversi possono essere gli indicatori utilizzabili:

- a) Indice di valutazione, apprezzamento e soddisfazione dei corsi di formazione;
- b) Indice di utilizzo delle ore disponibili di formazione;
- c) Indice sull'assenteismo in ambito formativo;
- d) Indici di efficacia degli interventi formativi, valutazione incrementi delle competenze, delle conoscenze in seguito alla formazione eseguita;
- e) Numero persone formate sul totale personale;
- f) Indice di ore di formazione per anno su personale dipendente;

---

<sup>15</sup> Il comportamento di ogni soggetto che opera in azienda deve allinearsi con gli obiettivi e come sostiene Flamholtz che si basa sul presupposto che il comportamento tenuto dagli individui non sia in linea con la posizione assunta nell'organigramma, con le aspettative che si nutrono nei loro confronti, con le specifiche contenute nei mansionari e così via. Il comportamento di ogni membro è influenzato dagli scopi che egli in via consapevole persegue o meno e tali scopi sono finalità personali, sociali ed organizzative. RAFFAELE D'ALESSIO – VALERIO ANTONELLI, "CONTROLLO DI GESTIONE Manuale operativo", Maggioli Editore, 2014, p. 1023.

- g) Numero di proposte/suggerimenti indicati dal personale per il miglioramento dei processi produttivi;
- h) Indice di assenteismo del personale;
- i) Indice degli straordinari (ore straordinario/ore totali);
- j) Indice sui ritardi;
- k) *Turn over* generale (numero di soggetti usciti/numero di soggetti inseriti);
- l) *Turn over* interni (numero di soggetti dimessi/numero di soggetti assunti);
- m) Indicatori di motivazione del personale;
- n) Indicatori sulla soddisfazione del personale.

I *budget*, i sistemi di *reporting* economico-finanziari sono strumenti utilizzati in condizioni normali e stabili, in assenza di turbolenze ambientali; in un contesto dinamico e discontinuo nasce l'esigenza del controllo strategico ed il ricorso a strumenti di guida a quoziente intellettuale emozionale maggiore: "le *Balanced Scorecard*". Il *budget* e i sistemi di *reporting* economico finanziario erano strumenti per una navigazione in acque tranquille in assenza di altri fenomeni di turbolenza ambientale.

Per concludere in questa prospettiva vengono individuati il capitale umano<sup>16</sup> (competenze e capacità relazionali); il capitale informativo (accesso e qualità di applicazioni, database ed infrastrutture) ed il capitale organizzativo (cultura, *leadership*, lavoro di squadra ed allineamento) necessari per eccellere nei processi interni individuati come strategici.

In tale ultima prospettiva si è indicato il *Customer Relation Management System* come variabile centrale dove è fondamentale trarre dalle informazioni sui

---

<sup>16</sup> Assumere risorse che apportino conoscenza per la gestione dell'impresa, questa svolge un ruolo strategico, è una variabile che sta crescendo come sottolinea Peter Drucker dando valore alla conoscenza ed all'istruzione già nel 1970. Non si può innovare se non si accumula conoscenza, accumulo di esperienze, creiamo una *knowledge company* per acquisire ed accumulare conoscenza (innovazione continua). *James B. Quinn Cosa significava gestire dei KNOWLEDGE WORKER; Economia della Conoscenza e significato, Rullani, 2004.*

clienti non solo indicazioni sulle loro preferenze in termini di prodotti, ma sulla geolocalizzazione dei clienti.

Possiamo definire la *BSC* uno strumento di direzione articolato che grazie alla mappa strategica riesce a tradurre la strategia prima in variabili gestionali strategicamente rilevanti e poi in azioni di gestione operativa attraverso questi legami causa-effetto tra le diverse prospettive esaminate in tale capitolo.

La *BSC* non è un punto di arrivo ma un punto di partenza, è lo strumento da cui partire con la costruzione del sistema di controllo strategico, aiuta a fornire le informazioni rilevanti per una gestione operativa attenta alle conseguenze strategiche di tutte le scelte, anche le più banali. È uno strumento di *Business Intelligence*. La sua creazione impone un iniziale ed accurato processo di analisi strategica, da riattivare ogni volta che, per cambiamenti interni o esterni se ne presenti la necessità; la ricerca e la comprensione delle relazioni causa-effetto almeno fra le principali variabili del contesto competitivo nel quale si opera; la necessità di spostare il controllo dai soli risultati, per di più magari osservati solo nella loro dimensione economico-finanziaria, alle risorse tangibili e non determinanti i risultati.

La *BSC* costringe di attivare un processo di analisi strategica finalizzato a definire *mission* e *vision* e ad individuare le Aree Strategiche d’Affari (ASA).<sup>17</sup> Per realizzare questo processo è necessaria l’individuazione dei Fattori Critici di Successo (FCS).

---

<sup>17</sup> È opportuno precisare che, oltre ad una *BSC* aziendale, può rivelarsi utile elaborare delle *BSC* di Area Strategica d’Affari qualora l’impresa sia multi-ASA. Il processo è il medesimo per i vari livelli di *BSC*, ciò che cambia sono le variabili, le relazioni tra queste variabili e gli indicatori anche se è buona prassi cercare di avere dei collegamenti precisi tra le variabili d’ASA e quelli dell’azienda nel suo complesso. *Tratto dall’inserito “La Balanced Scorecard degli Asset Strategici”, 3/2004, p. V, del Prof. A. Bubbio, Dimensione e Controllo.*

## CAPITOLO 2

### MISURAZIONE DELLE PERFORMANCE AZIENDALI: CONTROLLO, MONITORAGGIO E VALUTAZIONE

Misurare le *performance* delle attività e dei processi che si verificano all'interno del sistema azienda richiede di definire un sistema di indicatori che rappresenti in un quadro unico e con una visione di tipo prospettico quella capacità dell'impresa di perseguire i propri obiettivi di breve, medio e lungo periodo.

#### 2.1. LA PIANIFICAZIONE STRATEGICA E IL CONTROLLO

Accanto agli strumenti di controllo quantitativi tradizionali che tuttora vengono usati come ad esempio l'analisi di bilancio per margini, gli indici ed i flussi ai fini di un approfondimento sullo stato di salute aziendale per raggiungere l'equilibrio patrimoniale, finanziario ed economico, la *Break Even Analysis*, il sistema di controllo del *budget*, oggi non sono più sufficienti e non bastano in quanto non riescono a presidiare la rilevazione degli indizi di crisi. Si evidenzia dunque una certa incapacità del sistema di controllo interno all'azienda di saper vigilare e quindi intercettare sul nascere quei importanti indizi che portano ad inficiare la cosiddetta "continuità aziendale". Anche i c.d. indici predittivi che esaminano una ragionevole presunzione dello stato di crisi come la sostenibilità degli oneri finanziari (oneri finanziari/fatturato); l'adeguatezza patrimoniale (patrimonio netto/debiti totali); il ritorno liquido dell'attivo (cash flow/attivo); indice di liquidità (attività a breve termine/passivo a breve termine); indice di indebitamento previdenziale e tributario.

Una delle criticità preliminari che si riferisce allo stato di crisi è quella presenza di ritardi reiterati nei pagamenti,<sup>18</sup> poi si valuta in via secondaria, la

---

<sup>18</sup> L'importanza di verificare per l'affidabilità dei pagamenti l'accesso alla Centrale dei Rischi (CR) che è una lista di clienti delle banche che non sono in regola con i pagamenti, ad esempio, delle rate su mutui o altri prestiti. In sostanza la Centrale dei Rischi non è una lista di cattivi pagatori (*Black list*) ma le informazioni raccolte da essa costituiscono la "storia creditizia" di un cliente. [Bancaditalia.it/media](http://Bancaditalia.it/media), *Domande frequenti sulla Centrale dei Rischi (relative al periodo d'emergenza da COVID 19)*. Consultazione del 10/12/2021.

presenza di un patrimonio netto negativo o inferiore alla soglia definita per legge, e la mancanza di flussi finanziari che possano sostenere i debiti per il semestre successivo.

Quindi vi è una necessità di ricorrere a nuovi strumenti di indagine in quanto il bilancio non può essere l'unico metro di valutazione.

Anche quando gli strumenti classici del controllo quantitativo rilevino un solido equilibrio finanziario ed economico, l'azienda può presentare una perdita di continuità aziendale, quindi si ricorre anche ad analisi di tipo qualitativo al fine di evitare una possibile erosione del reddito operativo: il clima aziendale ostile e non collaborativo; le liti tra soci o fra amministratori; i feedback negativi relativi alla soddisfazione dei clienti; la scarsa innovazione; la scarsa attività di formazione; la perdita di quote di mercato; il fatturato costituito in gran parte dalla vendita dei prodotti e dei servizi in fase di decadimento.

La *Balanced Scorecard* già esaminata all'inizio di questa tesi di Dottorato di Ricerca ed i c.d. cruscotti di controllo ad essa ispirati, sono un valido esempio di questi nuovi strumenti utili al fine di un controllo e monitoraggio anche della continuità aziendale<sup>19</sup> detta "*going concern*" e diano la possibilità di garanzia all'impresa di evolversi insieme al mercato.

Agganciandomi alla trattazione nel primo capitolo ora approfondisco gli aspetti riguardo alla misurazione delle *performance* per un supporto all'attività decisionale dei responsabili verticistici dell'azienda: essa è quello strumento che permette di monitorare non solo i beni tangibili/intangibili ma ci permette di attuare quella creazione del valore necessaria per la costruzione di un vantaggio competitivo.

La *BSC* si sostanzia in un valido strumento di controllo che si basa su una serie di molteplici indici gestionali al fine di un monitoraggio continuo

---

<sup>19</sup> Anche lo IAS 1 esamina la nozione di continuità aziendale "*nella fase di preparazione del bilancio, la direzione aziendale deve effettuare una valutazione della capacità dell'entità di continuare ad operare come un'entità in funzionamento*". L'art. 2423-bis del Codice civile al co. 1 n. 1 prevede che la valutazione delle voci deve essere fatta secondo prudenza e nella prospettiva della continuità aziendale. Articolo tratto da: "*La continuità aziendale e il suo venir meno*", Bernardette Dessalvi – Dottore Commercialista in Cagliari e Cristiano Cincotti, Professore Associato di Diritto Commerciale dell'Università di Cagliari, IPSOA, 6 giugno 2018, Consultazione del 10/12/2021.

dell'andamento delle *performance*. L'utilizzo di una Scheda di Valutazione Bilanciata in grado di integrare aspetti quali-quantitativi fornisce un quadro utilissimo nelle gestioni e nelle decisioni strategiche al *management* con un quadro chiaro, completo ed armonico delle tendenze aziendali e del grado di raggiungimento delle linee strategiche per poter gestire l'impresa.

Quando la scheda di valutazione bilanciata è utilizzata come strumento di controllo manageriale chi gestisce l'organizzazione può monitorare i diversi processi chiave di sviluppo dell'azienda.

Su questa strada i *manager* potranno identificare un insieme di misure di processo per le quattro prospettive al fine di ottenere un rendiconto conciso ed efficace in grado di focalizzare le *performance* dell'impresa sul piano operativo; una valutazione dell'impatto delle singole iniziative sulle differenti aree di *performance*; una più chiara definizione dei *target* obiettivo grazie ai legami causa-effetto ed un aumento della consapevolezza del *team* manageriale grazie ad una rielaborazione continua della *BSC*.

Introdurre un sistema di *performance measurement*<sup>20</sup> che si rivela particolarmente utile per un raccordo di *performance* ed obiettivi, per identificare le cause dei risultati e per comunicare i risultati ottenuti ed attivare processi di apprendimento. Tale sistema può misurare le *performance* dell'azienda nel suo complesso, le *performance* di alcune sue unità organizzative (logica funzionale) e le *performance* dei processi critici (logica interfunzionale). Queste possono essere misurate attraverso parametri economici (Ricavi, Margini, Costi), affiancando ai parametri economici anche parametri monetari, con indicatori quantitativi e qualitativi che aiutino a misurare le cause.

---

<sup>20</sup> Nel linguaggio specifico si parla di *Performance Management* che si basa sugli indicatori di *performance* aziendali e l'obiettivo è quello di mettere in sinergia le aree manageriali delle aziende con quelle più operative attraverso il supporto alle funzioni di programmazione, controllo e valutazione dei risultati. Creare un sistema di *Performance Management* consente la pianificazione e il controllo strategico dei singoli settori, il miglioramento della motivazione dei collaboratori, la valorizzazione delle competenze e dei meriti dei collaboratori, il supporto ai processi di trasformazione ed acquisizione di nuove competenze. [www.dialog.it/indicatori-per-la-valutazione-della-performance-aziendale/](http://www.dialog.it/indicatori-per-la-valutazione-della-performance-aziendale/). Consultazione del 10/12/2021.

Le cinque funzioni del sistema di pianificazione e controllo e soprattutto se questo avrà un futuro in queste dinamiche sempre più accentuate, ci sarà sicuramente un'utilità nei prossimi anni. Sono strumenti che aiutano a riflettere sul futuro nella sua complessità, tentare di non trovarsi spiazzati di fronte a determinati eventi. Altro aspetto importante è che il sistema di pianificazione e controllo è un potentissimo meccanismo operativo, esso aiuta ad indirizzare i comportamenti delle persone in azienda assieme ad altri. Aiuta ad interpretare il futuro dandosi degli obiettivi.

Svolge una serie di funzioni importanti: la prima è quella di indirizzo cioè il sistema di pianificazione e controllo consente di capire qual è la direzione da intraprendere per raggiungere la "meta" come punto di arrivo di un percorso e di un viaggio, funzione importantissima che consente di dare precise indicazioni non solo ai vertici dell'azienda ma anche alle altre persone e collaboratori in ordine gerarchico.

Poi la seconda è una funzione di coordinamento cioè coordina attività e risorse sia in fase di pianificazione che di controllo. La terza funzione molto importante è quella dei sistemi informativi e di una loro interazione nel processo di *Planning e Control*, il quale era stato inserito da alcuni studiosi tra di essi. Il sistema di pianificazione e controllo è il meccanismo operativo attraverso cui si mettono a disposizione del *management* le informazioni necessarie per gestire e per motivare.

Rispetto ad una serie di obiettivi vado a verificare poi quei risultati effettivi che via via vengono conseguiti. La quarta funzione è quella motivazionale importante perché funge da stimolo al personale che lavora in azienda soprattutto quando si va nella logica del *TEAM*, oggi si deve giocare di squadra ove è necessaria una certa rapidità nella risposta e nell'agilità, proprio per questo un buon sistema di *Planning e Control* può aiutare ad avere una diffusione delle informazioni più importanti e critiche per attivare reazioni che siano efficaci dal punto di vista dei risultati. Aspetto trascurato in passato legato alla funzione di apprendimento che il *Planning e Control* può svolgere.

Avere una *Learning Organization*<sup>21</sup> in uno scenario di rapidità e di instabilità come quello attuale in grado di imparare è molto importante, tale sistema di *Planning e Control* aiuta a svolgere tale apprendimento per attivarlo in modo efficace proprio quando vengono date indicazioni su quelli che sono gli obiettivi e quando si vanno a rilevare i risultati effettivi si attivano differenze tra risultato desiderato e risultato effettivo per coglierne le cause. Spingere se progettato in modo efficace a ricercare le cause di taluni risultati, quando si va a costruire la mappa strategica per la *Balanced Scorecard* per costruire le relazioni causa-effetto tra le variabili quindi ad attivare dei meccanismi di apprendimento. Molto spesso le persone sono soddisfatte quando capiscono cosa c'è dietro al funzionamento, quali sono le relazioni più importanti, dalle quali dipende il risultato. Non andare solo sulle variabili di risultato (tipicamente quelle economico-finanziarie) ma cercare di risalire alle cause di questi risultati, cercare di mettere in relazione e pianificare proprio quelle variabili da cui dipendono i risultati finali dell'agire aziendale. Apprendere e crescere per imparare in ottica di funzione di apprendimento, ragionare su un potenziale che i sistemi possono avere come impatto sull'impresa.

La quinta ed ultima funzione è interessante e spinge anche le piccole-medie imprese ad utilizzare i sistemi di pianificazione e controllo. Se il sistema funziona bene può consentire l'alleggerimento del tempo che l'Alta Direzione deve dedicare agli aspetti di gestione quotidiana delle attività operative. Minor tempo da dedicare alle funzioni operative ma più tempo invece per problemi che hanno maggior valenza strategica. Pianificare<sup>22</sup> per riflettere su percorsi strategici, il controllo per definizione consente di muoversi in una logica di apprendimento continuo e così confronti i risultati desiderati/effettivi e risultati attesi/effettivi.

La validità di tali sistemi sarà attuale anche per i prossimi anni: se riesco ad impostare tale controllo e pianificare avendo un ruolo strategico, oggi è

---

<sup>21</sup> Nella gestione aziendale, un'organizzazione che apprende è un'azienda che facilita l'apprendimento dei suoi membri e si trasforma continuamente. Il concetto è stato coniato attraverso il lavoro e la ricerca di Peter Drucker e dei suoi colleghi. Wikipedia.org – Consultazione del 13/12/2021.

<sup>22</sup> Pianificare significa comprendere tutte quelle azioni che devono essere attuate nei successivi tre, quattro, cinque anni, quindi, si ragiona a lungo termine. La programmazione prende in esame ciò che è da fare nel corso dell'anno, quindi a breve termine. [www.lucatarga.com/pianificazione](http://www.lucatarga.com/pianificazione) - Consultazione del 13/12/2021.

fondamentale catturare il posizionamento dell'impresa nel contesto competitivo, capire se sto andando bene o male rispetto anche ai miei *competitor*, i concorrenti sono quelli con cui mi confronto costantemente quando vado da un cliente.

Mi trovo a dover competere con aziende molto diverse. Cerco un riscontro anche sui risultati degli altri, in passato era molto più complicato reperire informazioni sui bilanci ma oggi sono molto più facili da trovare anche grazie al *web*, è utile svolgere l'analisi dei risultati dei *competitor* per trovare spunti che consentano all'impresa di andare verso una direzione che è quella di cercare di essere il più possibile unica, con elementi di differenziazione che distinguono realmente l'impresa da quella dei *competitor*. Da tale confronto emerge il fatto dell'osservazione dell'azienda nel tempo, il posizionamento di oggi è il risultato di un'evoluzione dinamica.

Tali dinamiche sono state positive o non così soddisfacenti? Analizzare il posizionamento dell'impresa nello spazio competitivo e nel tempo: controllo strategico che mette assieme attività di *Planning* con quelle di *Control* ma che hanno al centro una serie di variabili che sono a rilevanza strategica.

Il controllo di gestione diventa strategico quando cerca di catturare, in modo non episodico la strategia a livello di scelte ed azioni di gestione operativa.

Un valido controllo strategico si ha quando i sistemi, destinati a facilitare il controllo di gestione, consentono di osservare l'impresa nel tempo, per comprenderne le dinamiche evolutive ed allo scopo di posizionarla nello spazio competitivo.

Non si inseriscono nei *budget* e nei *report* i dati dell'anno in corso mensili, cumulati e al massimo confrontati con i risultati dello stesso periodo dell'anno precedente. È opportuno presentare la serie storica ossia cinque/dieci anni in linea; in secondo luogo, per conoscere sempre meglio l'arena competitiva più che il terreno di gioco è opportuno studiare l'avversario. L'analisi dei concorrenti e il confronto dei loro punti di forza/punti di debolezza<sup>23</sup> e delle loro competenze aziendali con quelle

---

<sup>23</sup> Sono importanti da rivedere i concetti di *mission*, *vision* e valori d'impresa, il *management team* può condurre un'analisi strategica dell'azienda, sia esterna sia interna. Per quanto concerne l'analisi esterna, i *manager* possono procedere allo studio delle dinamiche economiche del settore grazie al

dell'impresa per la quale si lavora va fatta sistematicamente, prima di ogni partita e non una volta all'anno o peggio ogni due/tre anni.

Tale controllo focalizzato sulla gestione operativa deve essere in sintonia con la strategia aziendale. Avere cioè ben chiara la missione anche quando si devono affrontare delle scelte marginali e/o banali.

Per rafforzare questo collegamento tra strategia e gestione operativa si può inserire nei vari documenti come *budget*, rapporti di gestione e bilanci di esercizio a supporto dell'attività di controllo variabili-chiave espressione dei fattori dai quali dipende il successo di un'impresa nel *business* nel quale essa opera. Sono questi quei Fattori indicati correttamente nella letteratura come Fattori Critici di Successo (F.C.S.).

Così accanto al ROE, al RONA o all'EVA, al *Free Cash Flow* o ad altri indicatori economico finanziari utili a chi gestisce e riceve informazioni che lo aiutino a capire i reali motivi dei successi o degli insuccessi segnalati.

Il costo che si sostiene oggi darà dei ritorni in futuro? Una domanda da porsi è la seguente: se un costo è corrente, esso sarà con o senza ripercussioni sulla dimensione strategica? Un controllo che si dovrebbe effettuare non è se l'azienda sta spendendo di più o meno rispetto al *budget*, ma il perché si sta spendendo e con quali ripercussioni sull'immagine aziendale e sulla capacità dell'impresa di soddisfare le esigenze dei clienti, nel rispetto dei principi di economicità: è un controllo molto diverso da quello "tradizionale". Comunque, rimane pur sempre un controllo legato alla gestione operativa.

L'orientamento è quello di osservare i risultati su archi temporali superiori all'anno; focalizzato sulle variabili gestionali che manovrate oggi condizionano i risultati di domani. Ulteriori informazioni sistematiche sulle forze esterne, in primis sul quadro macroeconomico, su concorrenti e fornitori, sui clienti, andando ben oltre l'anagrafica, il fatturato e il margine di contribuzione per singolo cliente.

---

modello delle cinque forze competitive di Michael Porter (concorrenti diretti, fornitori, clienti, potenziali entranti e produttori di beni sostitutivi) che operano nell'ambiente economico e che con la loro azione erodono la redditività a lungo termine dell'azienda. *Il controllo di gestione*, Cristiano Busco, Elena Giovannoni, Angelo Riccaboni, II edizione 2011, IPSOA, p. 57

Quest'evoluzione nel concetto di controllo di gestione consente di sottolineare come la "tradizionale" *management accounting* (*budget*, contabilità analitica e *reporting* economico-finanziario) abbia mostrato precisi limiti<sup>24</sup>. Così la letteratura attenta all'evolversi della prassi ha prima indicato nei *NON Financial Indicators* e poi nell'idea di contabilità direzionale integrata la necessaria evoluzione della specie.

Drucker scrive in merito al metodo ABC (*Activity Based Costing*)<sup>25</sup>, che non guarda solo al prodotto ma soprattutto ai processi ed ai clienti, esiste un nuovo metodo detto di contabilità basata sulle attività ed elaborato negli ultimi dieci anni in grado di rilevare i costi di qualsiasi natura e di evidenziarne, diversamente dalla contabilità tradizionale, le relazioni con la creazione del valore per il cliente.

## 2.2. LA VALUTAZIONE DEGLI INTANGIBILI

Più di una decina di anni fa è stato identificato nella prospettiva della BSC "*Learning & Growth*" tre categorie di *Asset Intangibili* essenziali cioè il capitale umano che riguarda le *skills*, i talenti e le conoscenze<sup>26</sup> del personale interno all'impresa; il capitale informativo, quindi i *Database* aziendali, il sistema informativo, i *network* e le tecnologie delle infrastrutture aziendali; infine, abbiamo a che fare col c.d. capitale organizzativo attinente alla cultura aziendale, alle

---

<sup>24</sup> La progettazione di un sistema di ABC richiede l'individuazione delle attività svolte nei processi di creazione di valore; l'attribuzione dei costi delle risorse alle attività mediante *resource cost driver* che esprimono una misura dell'ammontare delle risorse impiegate nel loro svolgimento; l'identificazione degli oggetti di costo e l'imputazione ad essi dei costi mediante opportuni *activity cost driver* che rappresentano un parametro esplicativo della frequenza ed intensità della loro domanda nei confronti dell'attività. *Il controllo di gestione*, Cristiano Busco, Elena Giovannoni, Angelo Riccaboni, IPSOA, Milano, 2011.

<sup>25</sup> Per ABC si intende una metodologia di costo del prodotto secondo una configurazione di costo pieno in quanto include tutti i costi attribuibili direttamente al prodotto e solo quelli imputabili sottoforma di costi di attività consumate dal medesimo (Brusa, 1995)

<sup>26</sup> La conoscenza è considerata come un sistema di informazioni, può essere vista come flusso misto di esperienze, valori, informazioni contestuali, percezioni, che forniscono un *framework*, il patrimonio delle conoscenze cioè delle competenze ed abilità possedute dai componenti la comunità aziendale, patrimonio di valori storici o risorse materiali che consentono la realizzazione dei processi di creazione del valore, patrimonio naturale cioè l'insieme delle risorse ambientali e per lo più liberamente disponibili (Catturi, 2003: 185-186). *Il controllo di gestione*, Cristiano Busco, Elena Giovannoni e Angelo Riccaboni, IPSOA, 2011, p. 861.

caratteristiche della *leadership* interna, ha dunque l'obiettivo di allineare le persone agli obiettivi strategici e riguarda l'abilità delle persone alla capitalizzazione della conoscenza.

Si pensi ad una nuova *BSC* che affianchi quella creata da Kaplan e Norton ma le tradizionali prospettive vengono sostituite da quattro *Asset* strategici (critici ed intangibili): il patrimonio delle relazioni commerciali con clienti e fornitori; il patrimonio delle conoscenze aziendali; il patrimonio delle soluzioni organizzative ed il patrimonio delle persone che collaborano con l'impresa.

Le imprese che sono state capaci di crescere perseguendo l'equilibrio al fine del successo nella competitività hanno effettuato gli investimenti corretti senza ricorrere a finanziamenti esterni grazie alla loro redditività ed al flusso generato di liquidità sono riuscite ad autoalimentarsi; hanno effettuato investimenti anche rilevanti in *Asset* e patrimoni come l'immagine aziendale, la formazione del personale, acquisto o sviluppo di soluzioni *Information & Technology & Communication*, ricerca e sviluppo di prodotti e servizi. Anche le più sofisticate tecniche di *Capital Budgeting* mostrano grossi limiti valutativi. Questi *Asset* anche se parte del patrimonio aziendale non fanno parte del modello contabile e parzialmente indicati con l'applicazione degli *International Accounting Standards* (IAS).

La *BSC*, quindi viene vista come strumento di misurazione dei fattori intangibili e della sostenibilità ambientale che è anche il titolo di un articolo di Berti F. pubblicato nel giugno 2018 che tratta molto approfonditamente sul tema degli intangibili.<sup>27</sup>

Anche la variabile ecologica non si basa solo su parametri economico-finanziari ma anche su aspetti di tipo qualitativo e quantitativo non monetario come la soddisfazione degli *stakeholder*, la *performance* dei processi interni, il grado di innovazione ed apprendimento, le *performance* economico-finanziarie, ossia quattro imperativi di Creazione del Valore e proprio su questi quattro elementi si costruisce una *BSC* sempre più in linea con le necessità sorte nell'era dell'informazione.

---

<sup>27</sup> Cfr. Giovannoni (2010). Sul processo di creazione del valore si confronti Catturi (2003).

Secondo Robert Kaplan, Professore di *Leadership Development* alla *Harvard Business School* “Con beni materiali come gli edifici o i macchinari, il valore è relativamente simile per tutte le categorie di utilizzatori.” Se non posso ottenere il massimo valore estraibile da questi beni posso venderli ad altri che ne possono sfruttare appieno le potenzialità. In qualche modo il valore è indipendente dall’utilizzo. I beni immateriali non creano valore di per sé, autonomamente e non sono quindi facilmente scambiabili e vendibili ad altri. Il loro valore viene solo dal contesto dell’organizzazione e deve essere collegato alla strategia organizzativa e a tutti gli altri beni materiali e immateriali che l’organizzazione possiede. Le risorse intangibili creano valore solo se sono collegate in modo ottimale ad altre risorse anch’esse intangibili.<sup>28</sup> Queste risorse non possono essere valutate sulla base del loro costo o valore di mercato. Non tutte le risorse intangibili sono misurabili allo stesso modo ed in egual misura al variare del contesto di riferimento dell’azienda. Il valore delle risorse intangibili è indiretto e le informazioni e le nuove tecnologie avranno un impatto diretto su risultati tangibili come ricavi e dunque profitti.

In realtà esistono intangibili che sono direttamente coinvolti nella creazione del valore aziendale e così hanno un impatto diverso su alcune categorie di *stakeholder* i cui interessi spesso non coincidono con quelli degli investitori.<sup>29</sup> I consumatori acquistano i prodotti non solo sulla base del prezzo e della qualità dei prodotti e servizi ma anche su altre caratteristiche che riguardano la società, l’ecologia, l’ambiente in cui vanno ad operare. Le aziende creano valore quando la loro gestione è improntata alla sostenibilità.

Le risorse immateriali sono rilevanti sotto il profilo competitivo e sono determinanti nella generazione, conservazione ed ampliamento del vantaggio competitivo. Quello più importante cioè difficile da imitare si basa proprio sulle

---

<sup>28</sup> Esempio di intangibili sono in evidenza nel bilancio intellettuale suddiviso in quattro sezioni: *knowledge narrative*, esprime l’ambizione dell’azienda di aumentare il valore; le *management challenges*, le *initiatives*, gli *indicators*. Il controllo di gestione, par. il Bilancio intellettuale, Cristiano Busco, Elena Giovannoni, Angelo Riccaboni, IPSOA, II edizione, Milano, 2011, p. 881.

<sup>29</sup> La creazione del valore sprona l’azienda a continuare ad investire su quegli intangibili che sono alla base di questo valore e così il flusso circolare riparte e funzionerà tanto meglio quanto maggiore sarà la capacità dell’azienda di riuscire a sfruttare e a valorizzare a pieno e nel miglior modo possibile tali *assets*.

risorse intangibili ed usare la strategia diventa quasi indispensabile ma non sempre può considerarsi vincente se non utilizza queste risorse efficientemente.

Le risorse intangibili sono i principali *driver* del successo delle strategie competitive che producono redditività che a sua volta produce valore economico.

Le risorse immateriali possono essere sviluppate in modi differenti a seconda della loro natura. Sotto questo profilo una basilare distinzione è quella tra risorse immateriali di tipo esterno e quelle di tipo interno. Quelle del primo tipo sono la reputazione, la fiducia dei clienti o le relazioni con gli istituti finanziari che pur appartenendo all'azienda non sono di sua proprietà, perché immagazzinate all'esterno dell'organizzazione. Le risorse di tipo interno sono quelle incamerate nella memoria degli individui, le c.d. risorse di conoscenza che rappresentano sia gli *input* che gli *output* del processo produttivo.

Generalmente le metodologie utilizzate nella prassi per la determinazione del valore economico del patrimonio aziendale devono possedere determinati ed indispensabili caratteristiche, quali la razionalità, l'oggettività e la dimostrabilità. Queste tre caratteristiche non sono altro che dei necessari corollari di un principio più ampio quello della veridicità della valutazione: unica fonte ispiratrice del processo di determinazione del valore di un'azienda. Per la misurazione dei beni intangibili al fine di definire la scelta ottimale degli approcci e dei criteri, occorre riferirsi ad alcuni requisiti tra cui l'affidabilità, perché sia evitato un eccessivo grado di soggettività, la scelta dipende dall'impostazione razionale delle formule; l'efficienza, i metodi devono essere capaci di raggiungere lo scopo col minimo dispendio di risorse a disposizione; la coerenza, i valori devono basarsi sull'analisi dell'azienda in modo che vi sia coerenza tra risultati economici dell'unità considerata ed i risultati complessivi; la continuità, la procedura deve essere ripetibile nel tempo; la confrontabilità, la possibilità di giungere agli stessi risultati con metodi differenti; l'adattabilità, in alcune circostanze si preferiscono applicare metodi usati in molte altre situazioni.

*“Il capitale intellettuale è tutto quel materiale intellettuale, sapere, informazione, proprietà intellettuale, esperienza, che può essere messo a frutto per creare ricchezza”.*

*“Il capitale intellettuale è sapere utile confezionato”*

*T.A. Stewart, 1997*

L'intelligenza e la conoscenza<sup>30</sup> diventano capitale intellettuale quando vengono **organizzate**, quando viene data loro **una forma coerente** e quando diviene possibile **descriverle, comunicarle ad altri e sfruttarle**.

Il capitale umano è un patrimonio di conoscenze, insieme alle capacità, alle competenze, alle abilità professionali e relazionali possedute dalle persone che lavorano all'interno dell'organizzazione. Le conoscenze (IL SAPERE) sono cognizioni tecnico-specialistiche acquisite attraverso lo studio e l'aggiornamento professionale, necessarie per lo svolgimento delle attività assegnate (discipline, teorie, modelli, metodi, strumenti, tecniche).<sup>31</sup>

---

<sup>30</sup> La conoscenza ha sostituito e tende sempre più a rimpiazzare i fattori lavoro e capitale quale risorsa fondamentale su cui realizzare i processi di produzione; a fronte di tale sostituzione è logico pensare che anche il contenuto intangibile ed in particolare di conoscenza dei prodotti realizzati è aumentato significativamente, i servizi sono diventati importanti quanto i prodotti, le leggi vigenti dell'economia degli intangibili sono diverse rispetto a quelle dei precedenti sistemi economici. CRISTIANO BUSCO, ELENA GIOVANNONI, ANGELO RICCABONI, *Il controllo di gestione. Metodi, strumenti, esperienze, i fondamentali e le novità*, cit., p. 855.

<sup>31</sup> Al fine di meglio interpretare i risultati del processo di valutazione e reportistica del Bilancio Intellettuale, gli indicatori potrebbero essere distinti in: di crescita, di efficienza e di stabilità. CRISTIANO BUSCO, ELENA GIOVANNONI, ANGELO RICCABONI, *Il controllo di gestione. Metodi, strumenti, esperienze, i fondamentali e le novità*, cit., p. 884.

L'*International Accounting Standard Committee, 2004* dà una definizione di *intangible assets* come quei beni identificabili, non monetari, senza consistenza fisica che sono controllati da un'impresa per essere usati nella produzione o nella fornitura di beni o servizi, per essere affittati a terzi, o per scopi amministrativi. Essi sono risultanti da decisioni o fatti passati e dai quali ci si attende benefici economici futuri.

Sono riconosciuti secondo i principi contabili ed i criteri di contabilizzazione e possono derivare da opere dell'ingegno protette, da diritti di proprietà industriale o da rapporti contrattuali (brevetti, diritti d'autore, marchi, *software, design*); sono iscrivibili nel bilancio d'esercizio tra le immobilizzazioni immateriali, qualora abbiano un'utilità pluriennale e rechino dei benefici economici futuri per l'impresa (principi contabili nazionali OIC e internazionali IAS).

Non sono riconosciuti nel sistema contabile, non hanno un criterio universalmente accettato per la loro quantificazione economica (capacità dei manager, immagine aziendale, un buon rapporto con i fornitori); l'analisi si basa su documenti redatti dalle aziende secondo diverse modalità e tecniche di stesura; riproducono una serie di dati ed indicatori utili per il controllo interno di gestione e per fini di comunicazione esterna.

La loro misurazione è una prassi in continua evoluzione ma è possibile proporre alcune tecniche volte a ridurre e circoscrivere il rischio di arbitrarietà e inaffidabilità che sempre si corre quando si vuole attribuire un valore monetario a entità astratte ed intangibili.<sup>32</sup>

Secondo la classificazione di Sveiby (2001) esistono quattro diversi approcci per la misurazione degli *Asset* intangibili:

-*Direct Intellectual Capital Methods (DIC)* che stima il valore monetario degli intangibili identificando le loro diverse componenti ed una volta che queste vengono identificate possono essere valutate sia singolarmente che nella loro globalità;

---

<sup>32</sup> È importante rendere la valutazione del Capitale Intellettuale un momento di pianificazione strategica con valenza prospettica. Seminario della dott.ssa Maria Antonietta Cuccia del 28/11/2017 dal titolo "Il Capitale intellettuale nella società della conoscenza: gestione, strumenti di misurazione e bilancio intangibile.

- *Market Capitalization Methods (MCM)* calcola la differenza tra valore contabile e capitalizzazione di mercato dell'impresa come il valore del suo capitale intellettuale;

- *Return on Assets Methods (ROA)* viene calcolato il ritorno sugli *asset* tangibili in termini di utili sui flussi di cassa, in relazione agli indici standardizzati di settore di attività produttiva, per differenza si calcola il ROA degli *asset* intangibili;

- *Scorecard Methods (SC)*, identifica le varie componenti del Capitale Intellettuale ed indicatori ed indici vengono generati, osservati e monitorati per essere riportati in scorecard o grafici. Non viene fatta una valutazione monetaria degli *asset* intangibili.

I diversi metodi offrono numerosi vantaggi, l'adozione di metodi quantitativo contabili come il ROA o il MCM, sono utili in operazioni di “*merge & acquisition*” e per azioni di valutazione di mercato. Possono essere anche utilizzati per confrontare imprese appartenenti allo stesso settore e per illustrare il valore finanziario degli *asset* intangibili. Dal momento che sono costruiti sulla base di regole contabili condivise possono essere facilmente comunicati nelle sfere professionali contabili.

Sveiby (1998)<sup>33</sup> sostiene l'uso di indicatori non finanziari per la valutazione degli *asset* del capitale intellettuale che è esattamente di natura non monetaria.

I vantaggi dei metodi DIC e SC sono il fatto che riescono a creare un quadro più completo della salute dell'impresa rispetto alle metriche finanziarie e tali metodologie possono essere facilmente applicate a qualsiasi livello organizzativo facendo sì che il *reporting* diventi più facile ed accurato. Tali metodi possono essere molto utili per le organizzazioni *no-profit* in quanto non necessitano di misurazioni finanziarie. Gli svantaggi che rendono difficile il confronto tra le imprese sono negli indicatori utilizzati che devono essere contestuali e personalizzati per ogni impresa.

---

<sup>33</sup> L'*Intangible Asset Monitor* si fonda sul principio che sono le persone (*individual capital*) la principale fonte di vantaggio competitivo. Abilità, conoscenze, esperienze, valori, capacità relazionali, analitiche non potranno mai essere completamente codificate. (Sveiby, 1997).

Anche la *Balanced Scorecard* di derivazione americana potrebbe essere un modo per misurare gli *asset* intangibili (*Kaplan e Norton, 1996, USA*) attraverso l'uso di indicatori anche di natura non finanziaria o reddituale permette di attivare un processo interno che sottopone ad un continuo monitoraggio l'attività imprenditoriale allo scopo di definire un piano strategico o un percorso di “*Strategy Deployment*”.

Ma la *BSC* è uno strumento altamente strutturato ed efficace nei suoi intenti, essa è utile per la misurazione degli intangibili solo all'interno di uno specifico contesto strategico.

La valutazione del capitale intellettuale riguarda la comparazione del fenomeno osservato con altre strutture numeriche, rappresentanti altri fenomeni della stessa natura di quello dell'oggetto dell'analisi così da poter formulare un giudizio su quest'ultimo (*Mazza, 1997*).

La letteratura tradizionale distingue tra *price*, *value* e *worth* (*Machmin e Emary, 2000*). La dottrina ed i principi di riferimento forniscono queste definizioni (*French, 1997*):

- “*worth*” è il valore legato alla percezione del valore di un oggetto da parte di uno specifico soggetto;
- “*value*” è il prezzo a cui teoricamente e potenzialmente un oggetto verrebbe scambiato sul mercato;
- “*price*” è il corrispettivo osservabile a cui un oggetto è effettivamente scambiato sul mercato.

Dalla letteratura si possono individuare quattro principali ragioni a base della misurazione e della valutazione del capitale intellettuale<sup>34</sup> (*Grojer e Johansson, 2000; Marr et al., 2003; Andriessen, 2004*).

---

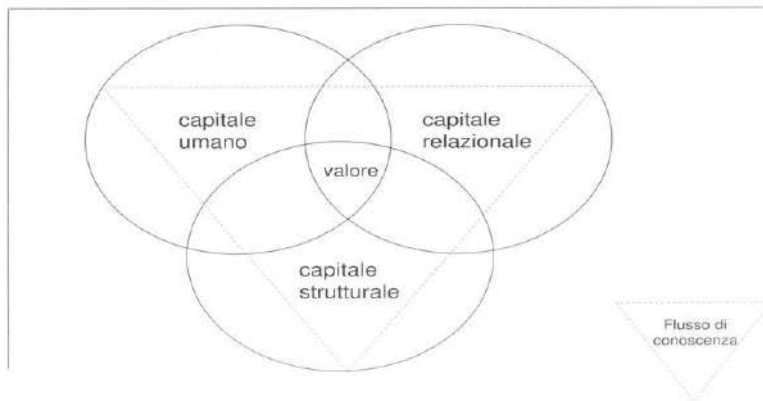
<sup>34</sup> Supporto alla formulazione delle strategie aziendali e al controllo strategico, misurazione delle *performance* e del valore aziendale, strumento di incentivazione e comunicazione del “differenziale fantasma” agli *stakeholder*. (*La valutazione del capitale intellettuale, Marco Giuliani, Franco Angeli, Milano, 2016, pp. 51 e ss.*).

Migliorando le “*performance* immateriali” si avrà ragionevolmente un successo nel miglioramento dell’azienda nel complesso. La misurazione e valutazione del capitale intellettuale possono essere funzionali alla politica di retribuzione ed incentivazione del personale. Legando la retribuzione alla *performance* finanziaria il manager sarebbe disincentivato ad investire nell’incremento delle competenze del personale aziendale in quanto conseguirebbe un beneficio solo nel lungo periodo, se diversamente si legasse la retribuzione alla *performance* intellettuale il manager concretizzerebbe immediatamente i *benefit* derivanti dalla propria azione. Un altro beneficio è quello che inserendo il capitale intellettuale nell’ambito del sistema di incentivazione si potrebbero favorire processi virtuosi di *knowledge management* cioè condivisione e formalizzazione della conoscenza.

La valutazione del capitale intellettuale permette quindi di integrare in modo esplicito la dimensione immateriale nei modelli di analisi e misurazione delle *performance* basati sul valore (EVA, SVA, ecc.); effettuare, seppur con certi limiti, comparazioni spaziali e temporali (*benchmarking*); apprezzare e far apprezzare conoscenze e relazioni aziendali nell’ambito di operazioni di finanza straordinaria e di alleanze; migliorare il processo di comunicazione del valore aziendale agli *stakeholders*. (*La valutazione del capitale intellettuale*, Marco Giuliani, Franco Angeli, Milano, 2016, p. 54-55).

## La piattaforma del valore

(Saint-Onge, Armstrong, Petrash, Edvinsson, Sullivan)



### 2.3. LA CREAZIONE DEL VALORE E LA FILANTROPIA

Si tratta negli ultimi anni spesso del tema della sostenibilità come approccio basato sugli *stakeholder* che porti ad una creazione del valore non basandosi più esclusivamente alla sola soddisfazione come priorità dell'azionista ma un maggiore equilibrio tra le istanze di tutti i portatori di interesse. Interpretare dunque un nuovo ruolo sociale ed ambientale oltre che economico per perseguire il concetto di *Triple Bottom Line* in ottemperanza della *Corporate Social Responsibility for the Creation Share Value*.

Integrazione nelle operazioni commerciali delle imprese e dei loro rapporti con le parti interessate di notevoli preoccupazioni di carattere sociale ed ecologico attraverso un processo volontario e di auto-regolamentazione. Si è focalizzati verso un approccio alla *C.S.R.* che supera il rispetto della *compliance* e definisce un perseguimento di obiettivi oltre il semplice profitto. Si prosegue verso una *Corporate Social Responsibility* che deve porre l'impresa verso il rispetto degli *Standard* richiesti dalla Comunità, si persegue quell'ottica dell'essere sostenibile e dunque redistribuire il valore creato a tutti gli *stakeholder*. Creare dunque quel valore

condiviso<sup>35</sup> ossia integrare nel modello di *business* aziendale quella creazione di valore sociale ed ambientale con la creazione di valore economico.

Adottare delle strategie, delle politiche e delle pratiche che incrementano la competitività dell'azienda e contestualmente ne migliorano l'impatto sociale, ambientale ed economico nelle comunità ove l'impresa opera (produce e vende).

Incrementare la produttività e l'efficienza della *Value Chain*: logistica (costi/impatti/emissioni nocive di carburanti, ecc.), ottimizzazione dei processi logistici come via importante per ottenere dei vantaggi di costo, di efficienza e di impatto ambientale.

Wal-MART ha realizzato un grande progetto di ottimizzazione dei suoi processi logistici ottenendo dei risultati straordinari in termini di maggior efficienza, riduzione dei costi e dell'impatto ambientale (creazione di valore condiviso sia in termini di efficienza economica che in quelli di impatto ambientale). Si tratta di processi che assorbono energia nell'azienda riguardo la natura dell'energia utilizzata da fonti rinnovabili, riduzione dell'impiego di risorse come il *packaging*, risorse naturali come l'acqua, materie prime, orientato anche alla gestione dei rapporti di fornitura.

Anche Illy nella produzione del caffè ha realizzato azioni di *partnership* con i propri fornitori di caffè situati in America Latina o in altre regioni di produzione nel mondo dove l'azienda è entrata in relazione con i produttori per aiutarli a sviluppare delle pratiche di produzione più sostenibili per ottenere un prodotto di maggiori livelli qualitativi con rapporto collaborativo, di *partnership* molto ravvicinato.

Creare valore condiviso vuol dire intervenire anche sul *business model* dell'impresa: logica attraverso la quale l'impresa produce e distribuisce valore (*Value Proposition*, sistema di generazione del valore). Innovare i processi ed i prodotti è importante per portare avanti i principi della sostenibilità ma può non essere sufficiente ai fini di una vera e propria differenziazione competitiva. Occorre innovare il *business model*: per farlo l'impresa deve avere la capacità quindi la

---

<sup>35</sup> Col termine valore condiviso si fa riferimento all'insieme delle politiche e delle pratiche operative che rafforzano la competitività di un'azienda migliorando nello stesso tempo le condizioni economiche e sociali della comunità in cui essa opera. (Porter, 2011).

visione di uscire dagli schemi di immaginare delle nuove forme e sistemi nuovi di creazione del valore condiviso.

Si parla spesso in termini di “*Closed Loop Production Model*”<sup>36</sup> dove le risorse ed i materiali usati per la produzione vengono riutilizzati nel processo stesso, la commercializzazione viene svolta *online* con la riduzione delle risorse utilizzate;

si può realizzare una produzione *on-demand* (diminuendo le scorte ed il relativo impegno di risorse e di strutture), accedere alla ri-materializzazione, ri-usare materiale riciclato come *input* produttivo per innovare un *business model* dal punto di vista ambientale.

Nella dimensione sociale citare l’adozione di un tipo di impresa di un modello cooperativo o adottare una politica di *enclosing/resourcing* lavorando in maniera stretta e collaborativa con i fornitori per migliorare i loro *standard* es. Illy o adottare sistemi di *MICROFRANCHISING*<sup>37</sup> o *MICROFINANCING*<sup>38</sup> per avvantaggiare lo sviluppo di piccole attività magari nei Paesi in Via di Sviluppo.

Infine, per innovare il *Business Model* nella fase di creazione del valore condiviso è provare a creare mercati o canali alternativi per raggiungere nuovi *target*, indurre i consumatori a comportamenti più sostenibili attraverso il riciclo, la manutenzione ed il riuso riducendo notevolmente l’impatto ambientale.

L’importanza di stabilire e conservare nel tempo una relazione di qualità con la propria clientela è un principio semplice ma basilare per qualsiasi azienda: un cliente soddisfatto, diventa un cliente fedele, ed è un vantaggio competitivo che può portare enormi benefici di varia natura all’azienda. Per poter instaurare e mantenere una

---

<sup>36</sup> Modello di produzione a ciclo chiuso. Il *Closed Loop Marketing* è un ambiente di *reporting* dove il risultato e l’impatto delle campagne di *marketing* può essere ottenuto mettendo in relazione l’attività di *marketing* con le vendite e i ricavi ottenuti, permettendo il calcolo del ritorno sull’investimento (ROI) e chiudendo il ciclo tra le spese di *marketing* e i ricavi generati.

[www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org) – Consultazione del 22/12/2022.

<sup>37</sup> Il *Microfranchising* è un modello di *business* che applica elementi e concetti del *franchising* tradizionale alle piccole imprese nei paesi in via di sviluppo. Si riferisce alla sistematizzazione e alla replicazione delle microimprese. [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org) – Consultazione del 22/12/2022

<sup>38</sup> Per Microfinanza si intende l’insieme dei servizi e degli strumenti finanziari (credito, risparmio, assicurazione, leasing) pensati per le persone “non bancabili”, escluse dall’offerta finanziaria tradizionale a causa della loro condizione socioeconomica.

relazione di qualità con i propri clienti le aziende possono avvalersi dei principi dettati dal *marketing* relazionale e in particolare dal *Customer Relationship Management*. Per le aziende di media e piccola dimensione, tipiche del panorama italiano, questo approccio può diventare requisito fondamentale per la sopravvivenza: non potendo competere sui prezzi dei più grandi *competitors*, le piccole aziende dovrebbero cercare di prevedere le esigenze, preferenze e comportamento d'acquisto della clientela.

Il termine filantropia “l'amore per l'umanità ha trovato nella letteratura scientifica una definizione abbastanza specifica, in quanto “donazione privata di tempo e di altre risorse di valore a scopi pubblici” – (*Salamon, 1992*).

Di particolare interesse sono le riflessioni che provano a dipanare il groviglio di dimensioni analitiche e normative al cuore del concetto, con problemi sugli assunti di partenza e preservando e sviluppando l'interrogativo di base: come dar conto del rapporto organico, non contingente, fra filantropia e capitalismo odierno. Fra tutte va richiamata la riflessione di Rogers che sintetizza molto efficacemente in tre M: la prima M fa riferimento a *money*: “*the idea that the wealthy, particularly the super wealthy, should take Greater Responsibility for using their wealth for the common good*”. La seconda M fa riferimento a *Market*: *the idea that market forces should sort effective social programs from ineffective social programs*”.

La terza M rimanda a *Measurement* “*the idea is that resources should be used in a targeted and rational way based on data in order to identify and scale successful social programs*”. La terza M è fondamentale per cogliere le discontinuità rispetto alle modalità tradizionali con cui si prova ad impostare il rapporto fra *doing well* (fare soldi) e *doing good* (fare del bene) o, meglio, la contraddizione fra l'auto-interesse e interesse collettivo.

Un primo ordine di questioni è relativo a quella contraddizione fra interesse individuale e interesse collettivo ed alle soluzioni articolate e complesse che il pensiero sociale, politico ed economico hanno proposto al riguardo. Soluzioni che storicamente vanno dal contrattualismo sociale all'idea della “mano invisibile del mercato” e in un'altra prospettiva all'economia civile (Bruni e Zamagni, 2004). Con la crisi dello stato sociale Keynesiano, che aveva assunto quella contraddizione

attraverso la regolazione pubblica, la scienza economica ha avanzato diversi modelli di allineamento degli interessi privati e pubblici, quali quello della *Corporate Social Responsibility* (Bowen, 1953) prima e del Valore Condiviso poi (Porter e Kramer 2014) cui vanno aggiunte le riflessioni e le speranze di molti studiosi in Italia e all'estero, sulla capacità del settore *Non-Profit* di generare valore sociale attraverso l'attività economica in particolare nei settori del welfare (Bassi, 2011; Bouchart, 2009). Incontriamo la questione del rapporto tra valore sociale ed economico nel *caring capitalism*<sup>39</sup> (Barman, 2016) quella forma specifica di capitalismo il cui sviluppo successivamente al crollo del mercato finanziario del 2008 è incentrato sull'idea che le imprese possano “*to make the world a better place as well as to make a profit*”.

Un altro ordine di questioni rinvia al potere. Il termine *Philanthro-Policymaking*, che dobbiamo sempre a Rogers (2011), porta in primo piano il potere che le organizzazioni filantropiche esercitano nell'ambito di materie cruciali per la collettività quali la salute, il benessere sociale e l'ambiente. Un potere che solleva questioni delicate di legittimità democratica, trattandosi di soggetti privati senza vincoli di *Accountability*. Goss (2016) sottolinea come sia sempre più frequente la presenza nel *policy making* di grandi donatori che, per influenzare l'agenda pubblica, agiscono attraverso fondazioni professionalizzate o consorzi.

Si può ritenere che le basi e gli strumenti grazie a cui la filantropia legittima il suo ruolo e accresce la sua influenza siano anche elementi centrali per comprendere caratteri e novità. Ma non si dà pienamente conto di questi elementi se non si dà evidenza ad un punto fin qui rimasto in ombra: l'incontro tra filantropia e finanziarizzazione. Il ruolo crescente che nella filantropia giocano investitori, intermediari, logiche e strumenti finanziari è un indicatore attendibile della rilevanza che questo incontro riveste oggi e in prospettiva (Thumler, 2014).

---

<sup>39</sup> Mackey e Sisodia sostengono come il modello di *business* più diffuso si ispirerà sempre di più a tale modello di capitalismo consapevole e che i dati empirici dimostrano che, nel lungo termine, le “imprese consapevoli” registrano performance di gran lunga superiori rispetto a quelle gestite in modo tradizionale. Fonte: Organizzazione aziendale, Richard L. Daft, pagina 391.

La *Corporate Philanthropy*<sup>40</sup> vuole essere un momento di approfondimento sull'attuale stato dell'arte e porre al centro la strategicità del *giving* di un'impresa come occasione non solo di restituzione al territorio secondo il noto concetto di “*Give Back to the Community*”, ma come occasione di sviluppo e di creazione di valore per l'impresa stessa e per la comunità.

La gestione degli investimenti sociali è necessaria passi attraverso un'attenta valutazione delle politiche di *giving* e grazie al miglioramento e sistematizzazione dei processi che le compongono. In questo modo si genera efficienza ed impatto sociale e si contribuisce significativamente alla reputazione del marchio.

Il rapporto tra impresa e società è stato notevolmente discusso nel corso degli ultimi decenni (Molteni, 2004, 2014; Di Giacomo, 2007; Schreier e Palazzo, 2011), ma recentemente ha suscitato un dibattito particolarmente acceso, alla luce dell'evoluzione dei sistemi economici e dell'emergere di nuove concezioni del ruolo dell'impresa nella società.

Una concezione moderna della Responsabilità Sociale d'Impresa è stata riformulata dalla Commissione Europea (2011), che ha sottolineato la necessità di integrare le questioni socio-ambientali all'interno della strategia aziendale, portando così alla creazione del valore per gli azionisti e gli *stakeholders*. Al tempo stesso, il dibattito accademico sul ruolo dell'impresa nella società è stato rivitalizzato dall'emergere della prospettiva teorica del valore condiviso (Porter e Kramer, 2011), che presuppone un nuovo capitalismo in cui le imprese, creando Valore Economico, hanno la possibilità di creare valore per la società. È stata affermata l'importanza di un approccio strategico integrato ai temi di responsabilità sociale, di sostenibilità e di filantropia, che consenta di sviluppare attività adatte a creare valore sia per le imprese sia per le società (Pedrini, 2013)<sup>41</sup>.

---

<sup>40</sup> La filantropia è l'insieme di tutte quelle iniziative private, di tipo economico e non solo, finalizzate al miglioramento della qualità della vita delle persone o al raggiungimento di obiettivi di interesse generale. [www.italianonprofit.it](http://www.italianonprofit.it) Consultazione del 24/12/2022.

<sup>41</sup> Tratto da *ImpresaProgetto Electronic Journal of management* n. 1, Il ruolo strategico delle Fondazioni d'impresa: tra Responsabilità Sociale e Vantaggio Competitivo, Marco Minciullo, 2016

La Responsabilità Sociale d'Impresa o *Corporate Social Responsibility* (CSR), definita come l'integrazione volontaria delle problematiche sociali ed ambientali nelle attività svolte dalle imprese e nell'interazione con i suoi *stakeholders* (Carroll, 1999; Carroll & Shabana, 2010; Molteni 2004) è stata oggetto di analisi di un crescente filone di studi degli ultimi decenni.

Il concetto di CSR è stato spesso associato alle aspettative della comunità rispetto alla condotta delle imprese in ambito sociale, economico e ambientale (Molteni, 2004, Waddock et al., 2002). Il punto focale attorno a cui è ruotato il dibattito in ambito accademico e manageriale riguarda la capacità della CSR di contribuire alla competitività e allo sviluppo dell'impresa. Si è discusso lungamente se la CSR possa rappresentare solo un'attività meramente discrezionale, slegata dalle logiche aziendali, oppure se possa creare valore anche per l'impresa (Molteni, 2007; Ferrando, 2010; Michelini e Fiorentino, 2011; Michelini e Fiorentino, 2012).

Di conseguenza, il dibattito sul ruolo dell'impresa nella società è stato arricchito dall'emergere di una nuova prospettiva, che presuppone l'integrazione delle questioni socio-ambientali all'interno della strategia aziendale, al fine di apportare valore sia agli azionisti sia agli *stakeholders*, così come recepito dall'ultima definizione di CSR proposta dalla Commissione Europea (2011). In questa prospettiva è stata proposta la teoria del "Valore Condiviso" (Porter e Kramer, 2011), secondo cui le imprese possono creare valore economico attraverso la creazione di valore per la società, e ogni bisogno della società può rappresentare un'opportunità di *business* (Mackey, 2009; O'Toole e Vogel, 2011; Porter et al., 2012) che le imprese possono sfruttare solo attraverso la ridefinizione dei propri modelli di funzionamento (Spitzeck e Chapman, 2012; Plitzer et al., 2013).

Nell'approfondimento delle forme operative con cui l'impresa può creare valore economico e valore sociale (Spitzeck e Chapman, 2012; Pfitzer et al., 2013) si fa riferimento a politiche e pratiche che migliorano la competitività di un'impresa attraverso il miglioramento delle "condizioni economiche e sociali nella comunità in cui essa opera" (Porter e Kramer, 2011, p. 66), è possibile immaginare che le attività filantropiche aziendali, se riconsiderate al di là della mera natura erogatrice, siano idonee a supportare le imprese, non solo nell'adempimento delle proprie finalità

etiche, ma anche nella ricerca di un vantaggio competitivo (Smith, 1994; Bruch e Walter, 2005).

La filantropia aziendale allineando obiettivi sociali ed economici e perseguendo interessi a lungo termine (Porter e Kramer, 2002; Molteni, 2004) si propone di soddisfare alcuni degli obblighi etici che l'azienda sente nei confronti degli *stakeholders* (Gan, 2006; Barbetta, 2013) e di offrire all'impresa nuove opportunità per l'aumento dei profitti (Buchholtz et al. 1999). Ciò può essere realizzato soprattutto quando gli obiettivi filantropici e di *business* sono visti come reciproco miglioramento (Rumsey e White, 2009), e quando le aziende sono pronte ad adottare un approccio strategico alla filantropia (Saiia et al., 2013)<sup>42</sup>.

Il quadro teorico di riferimento adottato descrive l'attività filantropica istituzionale come originata da processi di governo che possono essere, vicendevolmente, più deterministici – pianificare e controllare – o più solidaristici – incentivare e supportare.

L'espressione “nuova filantropia” (*New Philanthropy*) è nata all'interno della generazione di imprenditori della dot-com, l'industria dell'informatica e del digitale, come una filantropia diversa e “strategica”, interessata a, e capace di, produrre e misurare gli impatti del bene. Più in generale, la locuzione si riferisce al vasto movimento teorico e sociale per ripensare il *non-profit*, la liberalità, l'impegno solidale e collaborativo.

La filantropia è cultura, e la cultura è rigenerazione economica e sociale. La filantropia dal greco antico “amore per l'uomo”, ha espresso, in origine, concetti di affidabilità e cortesia. In età romana si è incarnata nell'ideale di formazione e educazione dello spirito attraverso la cultura, che Cicerone all'epoca del Circolo degli Scipioni, chiamava “*Humanitas*”, riponendo in essa il compito di far progredire l'umanità. Tale concezione ha ispirato l'ideale umanistico dell'età rinascimentale e il fiorire, in ambito culturale, del mecenatismo. Riguarda tutte quelle iniziative private

---

<sup>42</sup> Tratto da *ImpresaProgetto Electronic Journal of Management* n. 1, Il ruolo strategico delle Fondazioni d'impresa: tra Responsabilità Sociale e Vantaggio Competitivo, Marco Minciullo, 2016, pp. 3 e ss.

finalizzate al miglioramento della qualità della vita delle persone o al raggiungimento di obiettivi di interesse generale come il sostegno alla cultura, all'istruzione, all'innovazione sociale e alla salute.

Fondamentalmente una condivisione di risorse private, siano essi capitali finanziari, competenze, conoscenze o relazioni.

Possiamo dire che l'*humanitas*<sup>43</sup> di Cicerone ha influenzato anche il pensiero moderno, quello dell'uomo che crede nella cultura come elemento essenziale di una civiltà evoluta, accessibile a tutti, in grado di influenzare i costumi sociali. Un vero invito alla fede nell'uomo.

## **2.4 DALLA SOCIAL BALANCED SCORECARD ALLA STAKEHOLDER SCORECARD**

Individuare degli strumenti che siano idonei a valutare congiuntamente le *performance* economico-sociali sempre più necessarie attraverso la rendicontazione di tutte le dimensioni del valore: economica, sociale ed ambientale.

Il ricorso allo studio ed implementazione all'interno dell'azienda di variabili non finanziarie nella costruzione di un qualsiasi modello di misurazione della *performance* globale sposta l'attenzione verso l'identificazione delle misure in grado di coniugare indicatori economico-finanziari, per lo più quantitativi, con altri indicatori, di natura quali-quantitativa, in grado di fornire informazioni sull'efficienza della gestione nella sua totalità e rispetto a tutti "i portatori di interesse" dell'impresa.

I sostenitori del modello *Balanced Scorecard*<sup>44</sup> affermano che il reale vantaggio è quello di favorire la diffusione del consenso sulla *vision* e le strategie dell'impresa tra tutti gli *stakeholder*, consentendo ai manager di focalizzarsi sugli

---

<sup>43</sup> Humanitas per Cicerone significa "amore per il sapere umanistico" il parlar bene, L'arte oratoria non è frutto di una pura conoscenza del mestiere e non deve basarsi solo sui sofismi e sulla capacità di articolare bene un discorso ma deve avere alle spalle una buona conoscenza della filosofia.  
<https://www.lacoltura.com/2017/07/humanitas-cicerone-amore-dovere/> - Consultazione del 28/12/2022.

<sup>44</sup> In particolare, si vedano i contributi di CLOW (1997) e CRAVENS (2000)

obiettivi strategici prestabiliti, monitorandoli mediante misure critiche, considerate vitali per la crescita e la competitività dell'impresa.<sup>45</sup>

La *BSC* prende in considerazione gli *asset* intangibili nella gestione dell'impresa. Il modello è stato sviluppato con l'intento di coadiuvare le imprese che possiedono tra i fattori critici di successo il capitale intellettuale o la conoscenza interessate al contributo che tali aspetti offriranno nel futuro riguardo alla *performance* globale dell'impresa.

La *BSC* è utilizzata come *framework* idoneo alla misurazione della *Corporate Social Responsibility* nell'impresa. Così essa rappresenta quello strumento di controllo che valuta la *performance* delle aziende rispetto alle diverse aree di creazione del valore, considerando sia gli aspetti più strettamente contabili, sia i diversi fattori critici di successo dell'attività aziendale strettamente correlati agli obiettivi strategici dell'imprenditore.

Il modello *BSC* è molto flessibile e adattabile alle specificità delle aziende da valutare nonché all'orientamento strategico e del *management*. Anche se Kaplan e Norton per monitorare l'azienda hanno individuato alcune delle aree strategiche fondamentali per la creazione di valore, è prevista la possibilità di creare prospettive che riguardino ulteriori aree critiche, i cui indicatori, in parte, possono essere riconducibili alle quattro prospettive di base.

Partendo da questi presupposti gli stessi Kaplan e Norton (1997) tenendo conto della crescente attenzione verso la responsabilità sociale, intesa come soddisfazione delle aspettative ed interessi degli interlocutori dell'impresa, e considerando che i principali *Stakeholder* appartengono alla sfera economica, ambientale e sociale, avevano suggerito di aggiungere agli indici di natura economico-finanziaria, anche quelli di natura ambientale e sociale.

Un primo passo verso questa direzione si è avuto con l'elaborazione della *SustainAbility Balanced Scorecard* (Bieker, 2002), uno strumento di pianificazione e controllo che, ponendosi come obiettivo quello di valutare l'efficacia e l'efficienza

---

<sup>45</sup> Dalla *Social Balanced Scorecard* alla *Stakeholder Scorecard*, Il Governo etico dell'impresa, Sergio e Mauro Sciarelli, Wolters Kluwer, CEDAM, Milano, 2018, pp. 483 e ss.

dell'impresa<sup>46</sup> in termini quali-quantitativi, ha inglobato tra gli aspetti strategici e gestionali, le tematiche ambientali e sociali, di solito considerate separatamente nei tradizionali sistemi di valutazione.

Seguendo questa impostazione, alcuni autori, hanno elaborato *l'Integrity Scorecard*, in cui è previsto l'inserimento di una quinta prospettiva collegata alla collettività, in cui si fa riferimento ad obiettivi di co-responsabilità politica e di contribuzione delle imprese al benessere pubblico, vi si fa riferimento per individuare indicatori che richiama la misurazione della sostenibilità e della *performance* sociale.

Integrare la *BSC* con i principi della sostenibilità e dell'etica comporta l'opportunità dell'istituzionalizzazione dell'etica d'impresa, sottolineando l'esistenza di una correlazione diretta tra obiettivi economici, sostenibilità ed etica.

L'ipotesi di aggiungere alle prospettive tradizionali quella ambientale e sociale si basa sulla convinzione che la *CSR* non rappresenta un fattore congiunturale, ma risulta essere un elemento essenziale nella vita di un'impresa.<sup>47</sup>

Dunque, le imprese si soffermano con l'attenzione sui principi di responsabilità sociale e riescono ad accedere al mercato dei capitali che altrimenti non potrebbero ottenere: l'aggiunta delle prospettive ambientali e sociali nella *BSC* può garantire il miglioramento dei rapporti tra l'impresa ed i suoi investitori.

Ricomprendere la prospettiva ambientale e quella sociale nel modello della *BSC* promuove il dialogo e la conoscenza delle interdipendenze tra tutti gli *stakeholder* dell'impresa, permettendo di valutarle direttamente, ed esplicitamente, nelle scelte strategiche ed operative, riducendo il rischio di realizzare operazioni indirizzate al miglioramento della *performance* finanziaria, ma che provochino ripercussioni sociali negative e accrescano la turbolenza ambientale in cui l'impresa viene ad operare (Freeman, 1984)

---

<sup>46</sup> Sergio e Mauro Sciarelli, *Il Governo Etico*, cit. pp.484 e ss.

<sup>47</sup> Interessanti appaiono le versioni della *Balanced Scorecard* per la valutazione della *Performance* sociale elaborate da alcuni istituti ed enti di ricerca, si veda ad esempio ARVESON (2003) e REINGRUBER (2004)

Dall'analisi dei modelli di *Balanced Scorecard* elaborati dalla letteratura scientifica per evidenziare la rilevanza della *CSR*, si può constatare che non sempre appare con chiarezza il rapporto dell'impresa con gli *stakeholder* rilevanti. A tal fine è auspicabile proporre una *Social Scorecard*, in cui le prospettive siano rielaborate in modo da rendere esplicite le relazioni tra *Vision* dell'impresa, strategia ed interessi degli *stakeholder* primari, cioè azionisti, dipendenti, clienti, processi interni, apprendimento ed innovazione, approvvigionamento e infine concorrenza.

Al contempo, in linea con le tendenze emerse nella letteratura degli ultimi anni è possibile inserire, nella determinazione degli obiettivi di queste sei prospettive, elementi che richiamino i tre aspetti fondanti la *Corporate Social Responsibility*: economici, ambientali e sociali. Ciò pone in evidenza uno degli elementi critici da affrontare nella costruzione della *Social Balanced Scorecard*, e cioè l'individuazione degli indicatori di *performance*.

Nelle dimensioni che compongono la *Performance* globale dell'impresa, sia nella sua accezione economica che etico-sociale, si ricomprendono variabili non sempre esprimibili in termini quantitativi. Nella costruzione di modelli di valutazione multidimensionale, l'attenzione si concentra spesso su indicatori di tipo qualitativo, capaci di offrire una diversa misurazione dei fenomeni secondo le esigenze dell'utilizzatore a completamento degli indicatori quantitativi (Carnevale, 2005, p. 165). La presenza di indicatori qualitativi sarà tanto maggiore quanto più l'elemento di cui è espressione risulterà rilevante nel sistema di valori esplicitato dalla specifica classe di *stakeholder*. La complessità dei fenomeni aziendali da valutare nel modello di *Social Balanced Scorecard* spesso impegna le principali risorse professionali del *top management* dell'impresa.

TABELLA – La prospettiva economico-finanziaria – Fonte: elaborazione degli autori del Governo Etico d’impresa, p. 487

Prospettiva	Obiettivi	Indicatori
<b>Economico - Finanziaria</b>	Miglioramento della redditività	ROI EVA
	Economicità della gestione operativa	Costi della produzione / valore della produzione
	Riduzione del tasso di indebitamento	Grado di indebitamento
	Incremento dell’impatto socio-ambientale dell’attività aziendale	Investimenti in iniziative di recupero e tutela dell’ecosistema Investimenti in iniziative a sostegno dello sviluppo socioeconomico

Nello specifico delle singole aree critiche da monitorare nel modello di *Social Balanced Scorecard*, per quanto concerne la prospettiva economico-finanziaria, l’analisi delle *performance* aziendali di lungo periodo è necessaria per monitorare il raggiungimento degli obiettivi di redditività, di economicità e di equilibrio finanziario, considerati sempre condizioni primarie per la sopravvivenza e lo sviluppo dell’impresa<sup>48</sup>.

<sup>48</sup> Nell’ottica della responsabilità sociale, tale prospettiva rappresenta un mezzo per il raggiungimento di obiettivi morali e sociali (Sciarelli S., 2005) ed un primo passo verso un comportamento etico (Ulrich, 2002).

Nella prospettiva dell'innovazione e dell'apprendimento i dipendenti dovrebbero imparare a gestire i cosiddetti dilemmi etici, utilizzando adeguati modelli comportamentali trasferiti nei corsi di formazione programmati dall'impresa (Carroll, 1979).

È auspicabile inoltre organizzare dei *forum* aziendali interni che stimolino i dipendenti a riflettere criticamente sulle tematiche sociali ed ambientali. In tal senso, sia per le spese per la formazione etica che il numero di *forum* interni potrebbero rappresentare indicatori di *performance* sociale. Nel modello di sviluppo dell'organizzazione risulta necessaria l'applicazione di sistemi di gestione capaci di fornire incentivi per l'integrazione di un comportamento socialmente responsabile.

La prospettiva dell'approvvigionamento<sup>49</sup> costituisce con quella della concorrenza, l'innovazione di questo modello, poiché in essa si esplicita il legame tra impresa ed i suoi fornitori.

La *Social Scorecard* cerca di fornire informazioni sulla prospettiva della concorrenza in senso cooperativo-conflittuale (Sciarelli S., 2002a) e su come quest'ultima influenzi la *performance* globale aderendo a politiche concorrenziali socialmente responsabili. Gli obiettivi di questa prospettiva possono essere riferibili sia alle relazioni di competizione ed alla diffusione di pratiche concorrenziali, sia al rispetto dei rapporti di concorrenza, in particolare delle norme *antitrust*, evitando l'imitazione dei prodotti o l'utilizzo di cartelli.

Gli indicatori associati a questi obiettivi possono riguardare il numero dei contatti con i concorrenti o l'ammontare degli investimenti utili a sviluppare congiuntamente conoscenze o competenze, l'utilizzo di determinate politiche concorrenziali (ad esempio tutela di un marchio di settore), il numero di interventi a tutela di comportamenti non-concorrenziali, l'ammontare delle sanzioni disposte dagli organismi *antitrust*, il numero dei casi di violazione delle normative, il numero

---

<sup>49</sup> Il *comakership* rappresenta un nuovo modo di intendere il rapporto azienda-fornitore incentrato sulla possibilità di stipulare una serie di accordi di cooperazione con i fornitori finalizzati a trasformarli in *partner*, con i quali operare strategie di acquisto per la condivisione del vantaggio competitivo. (LORENZONI e LIPPARINI, 1999). *Il Governo etico d'impresa*, Sergio e Mauro Sciarelli, CEDAM, 2019, p. 490.

dei prodotti innovativi che compongono il portafoglio prodotti ed il numero di interventi rivolti alle innovazioni del processo produttivo.

Tutto ciò funge da supporto al *management* che è chiamato a definire le strategie dell'impresa non solo dal punto di vista economico-finanziario ma anche sotto l'aspetto sociale ed ambientale.

Negli ultimi anni la dottrina ha provato ad individuare nuovi strumenti che, più del bilancio sociale potessero aiutare il *management* dell'impresa a definire le strategie aziendali e misurare le *performance*, non solo economiche, realizzate.

Parte della dottrina ha individuato nella *Balanced Scorecard* lo strumento che opportunamente adattato<sup>50</sup>, consente al *management* di definire la strategia aziendale contemperando obiettivi di carattere economico-finanziari con quelli di carattere ambientale e sociale.

È possibile schematizzare:

- a) Inclusione, nella originaria struttura della *Balanced Scorecard*, di indicatori volti a misurare l'impegno socio-ambientale assunto dall'impresa con le conseguenti strategie possono essere ricompresi nelle quattro aree di creazione del valore individuate da Norton e Kaplan nel 1992;
- b) Ampliamento delle originarie prospettive inserendone una, o anche due, dedicate alle problematiche sociali ed ambientali. L'ipotesi di aggiungere prospettive tradizionali della *Balanced Scorecard*, la prospettiva sociale e quella ambientale si basa sulla convinzione che la *Corporate Social Responsibility* non rappresenta un fattore congiunturale, ma risulta essere un elemento essenziale nella vita di un'impresa (Micera, 2007);
- c) Inclusione di obiettivi ed indicatori di natura sociale nelle quattro prospettive tradizionali ed inserimento di ulteriori prospettive specificamente incentrate su aspetti sociali ed ambientali;

---

<sup>50</sup> Opportunamente adattata a seconda del business in cui opera e del settore. Robert Kaplan – David Norton, *Balanced Scorecard. Tradurre la strategia in azione*, ISEDI, 2000

- d) Costruzione di una *Balanced Scorecard* specificamente focalizzata sulle ricadute sociali ed ambientali dell'operato dell'impresa.

Va comunque osservato che l'inserimento, nella *BSC* tradizionale<sup>51</sup> di ulteriori obiettivi e nuovi indicatori ha riguardato quasi esclusivamente l'impatto ambientale e poco quello sociale.

In ogni caso il suo utilizzo quale strumento di rendicontazione sociale, se da un lato consente di superare alcuni dei rilevanti limiti che ancora oggi disincentivano l'utilizzo del bilancio sociale, dall'altro lato non consente la diretta focalizzazione sugli *Stakeholder* dell'impresa, aspetto che, invece, è centrale nel bilancio sociale.

Nella *BSC* tradizionale vengono considerati unicamente gli azionisti, i clienti, e, indirettamente, i dipendenti.

Gli interessi di clienti e dipendenti sono posti in una posizione di subordinazione rispetto agli obiettivi di tipo economico-finanziario.

Qualsiasi adattamento della *BSC* in chiave sociale risente di un limite strutturale del modello originario: tutti gli obiettivi e tutti gli indicatori individuati sono funzionali all'implementazione di una strategia che ha come unico fine quello di massimizzare le *performance* economico-finanziarie dell'impresa a beneficio degli *shareholder*.

La *BSC* risponde ad una concezione di impresa che si è dimostrata non essere più attuale, né gli adattamenti in chiave sociale riescono ad eliminare quello che appare come un limite di natura strutturale del modello.

L'idea di fondo è quella che le imprese sono sempre più focalizzate sulla relazione con i propri *stakeholder* perché solo con una buona relazione l'impresa viene legittimata ad esistere e garantisce la sopravvivenza della stessa nel tempo.

---

<sup>51</sup> Gli stessi Kaplan e Norton (2000) sostengono la possibilità di ampliare lo spettro delle prospettive, JOHNSON propone di rinominare l'inserimento di obiettivi ed indicatori nella *BSC* tradizionale suggerendo di rinominare le quattro prospettive in: 1) apprendimento, innovazione, crescita e persone; 2) processi interni; 3) clienti e *stakeholder* esterni; 4) finanziaria.

Nella *Stakeholder Scorecard* la creazione di valore economico rappresenta un obiettivo primario, ma non in quanto soddisfazione degli interessi degli *stakeholder*, che non rappresentano più necessariamente i principali portatori di interessi, ma perché la creazione del valore economico nel lungo periodo garantisce la sopravvivenza dell'impresa a tutela quindi degli interessi di tutti.

Per l'identificazione degli *stakeholder* strategicamente rilevanti l'impresa deve attuare un processo di mappatura che può essere utilmente sviluppato sulla base di attributi quali il potere, la legittimazione e l'urgenza (Mitchell, Agle e Wood, 1997).

Funzionale al processo di costruzione della *Stakeholder Scorecard* sembra anche la distinzione tra *stakeholder* interni, esterni e distali<sup>52</sup>

---

<sup>52</sup> Gli *stakeholder* distali sono quelli, che pur fornendo all'impresa risorse fondamentali, esercitano un'influenza sull'attività aziendale, generalmente indiretta, in quanto strettamente collegati agli *stakeholder* primari. Esempi di *stakeholder* distali sono i concorrenti, i gruppi ambientalisti, le associazioni di consumatori, i sindacati. *Il Governo etico d'impresa*, Sergio e Mauro Sciarelli, CEDAM, 2019, p. 496.

## CAPITOLO 3

### LE LINEE GUIDA DEL NETWORK GLOBALE PER IL BUSINESS REPORTING (NIBR) PER L'IMPLEMENTAZIONE DELL'INTEGRATED REPORTING NELLE PICCOLE E MEDIE IMPRESE

Il tema del *Reporting* Integrato è molto dibattuto soprattutto per la difficoltà nell'applicazione concreta del pensiero integrato (*Integrated Thinking*) nelle logiche interne aziendali. L'economia italiana formata da piccole e medie imprese trascurano spesso gli aspetti strategici fondamentali per la creazione di valore nel lungo termine.

L'adozione della *Balanced Scorecard* aiuta ad implementare il concetto del pensiero integrato attraverso la sostenibilità (*BSC* rinnovata). Essa differisce dalla *BSC* tradizionale in quanto si basa su indicatori finalizzati a perseguire il raggiungimento della sostenibilità ambientale e sociale ed il rinnovamento della prospettiva dell'apprendimento e della crescita e si lega con il *Reporting Integrato* (IR).

Le linee guida della fondazione “Organismo Italiano per il *Business Reporting*” (OIBR) sono fondamentali per l'*Integrated Thinking* e ne costituisce una sorta di guida operativa.

Il bilancio integrato si presenta come un nuovo strumento di comunicazione aziendale capace di coniugare la tradizionale informativa economico-finanziaria con le informazioni relative alla gestione delle risorse immateriali, dei rischi, del modello e dei meccanismi di *governance* adottati, facendo emergere l'orientamento strategico alla sostenibilità deliberato dall'azienda.

L'*Integrated Reporting* può essere definito come la rappresentazione della creazione del valore nel breve, medio e lungo termine, da parte di un'azienda, sia essa pubblica, privata o non profit.<sup>53</sup>

L'*Integrated Reporting* cerca di evidenziare le relazioni tra *performance* finanziarie e non finanziarie e come queste si rapportano per creare o distruggere valore.

---

<sup>53</sup> L'*Integrated Reporting*: Lineamenti generali, di Rebecca L. Orelli, pp. 17 e ss.

Il valore prodotto è frutto di operazioni di tipo economico, delle relazioni con i propri *stakeholder*, dell'influenza dell'ambiente esterno, delle interdipendenze con la comunità e della disponibilità di risorse di vario tipo.

L'*Integrated Reporting* dovrebbe essere capace di offrire un approccio olistico che consenta agli investitori e agli altri *stakeholder* di interpretare meglio la *performance* reale di un'azienda.

L'*Integrated Reporting* promuove la comunicazione di ogni singolo aspetto o altro elemento aziendale tale da creare benefici per l'organizzazione stessa e per i portatori di capitale, ma anche per tutti gli altri *stakeholder* che intrattengono rapporti di varia natura con l'organizzazione e che contribuiscono direttamente o indirettamente al processo di creazione del valore.

L'integrated reporting si propone quindi come una nuova forma di corporate reporting, finalizzata principalmente ai fornitori di capitale finanziario e, in grado di offrire un vantaggio informativo ad una vasta gamma di stakeholder (dipendenti, clienti, fornitori, enti locali, partner commerciali, organismi di regolamentazione, ecc.), interessati alle performance dell'azienda.

Tale strumento è inteso come manageriale quindi viene studiato come una nuova filosofia aziendale che contempra una nuova visione dell'azienda allo stesso tempo multidimensionale, integrata e sistemica.

I principi di sostenibilità sono sempre più fortemente sostenuti dalle organizzazioni mondiali e sempre più utilizzati come strada da percorrere per assicurare equità intergenerazionale e rispetto per l'ambiente. "L'umanità ha la possibilità di rendere sostenibile lo sviluppo, cioè di far sì che esso soddisfi i bisogni dell'attuale generazione senza compromettere la capacità delle generazioni future di rispondere ai loro"<sup>54</sup>

Nel febbraio 2012 è stato costituito il *Network* Italiano per il *Business Reporting* (NIBR), che è l'associazione referente per l'Italia per il *World Intellectual Capital Initiative Network for Europe* (WICI), un *network* internazionale

---

<sup>54</sup> *Rendicontazione integrata e valore aziendale* di Francesca Manes Rossi pp. 114 e ss., *Integrated Reporting e valore aziendale*.

particolarmente attento allo sviluppo delle informazioni non finanziarie e nello specifico ai cosiddetti “*Intangible Assets*”.

Nelle note si evidenzia il pensiero fornito da Paul Druckman quando era CEO dell’*International Integrated Reporting Council (IIRC)*<sup>55</sup>.

L’integrazione delle informazioni per rendere evidenti le connessioni tra *performance* economiche e socio-ambientali riguardano l’assumere una prospettiva diversa che, abbandonando l’approccio meramente contabile, porti a rappresentare in un unico *Report*, ossia quello integrato, non solo quanto è stato oggetto di rilevazioni nell’esercizio, ma anche l’insieme di valori ed esternalità intangibili che abbiano inciso positivamente o negativamente sull’insieme delle relazioni sociali ed ambientali.<sup>56</sup>

Il bilancio o *report* integrato nasce per rispondere a questa esigenza e racchiude in un unico documento sia le informazioni tipicamente contenute nel bilancio di esercizio di un’impresa (a carattere narrativo e/o numerico), sia le informazioni descrittive e non finanziarie contenute nei bilanci sociali, nei *report* di sostenibilità o nel bilancio degli intangibili.

Un rapporto integrato offre una nuova forma di comunicazione sintetica e chiaramente identificabile su come la strategia, la *governance*, le prestazioni e le prospettive di un’organizzazione, tenuto conto delle caratteristiche dell’ambiente di riferimento, portano alla creazione di valore nel breve, medio e lungo termine.<sup>57</sup>

Superare un’ottica di profittabilità a breve termine per assumere una diversa prospettiva di creazione di valore a lungo termine.

L’adozione di questo diverso approccio alla comunicazione aziendale può potenzialmente produrre un cambiamento sia nelle relazioni interne all’azienda sia esterne.

---

<sup>55</sup> Le imprese non possono più considerarsi delle realtà esterne alla società e all’ambiente circostante, ne fanno parte a tutti gli effetti, con tutti i pro e i contro che questo può comportare. E questa loro appartenenza deve trasparire nei loro *reports*.

<sup>56</sup> (Eccles R. G., Krzus M.P. con Ribot S.) (2015), op. cit.

<sup>57</sup> IIRC (2013), “The International <IR> Framework”, December, p. 34

In primo luogo, rispetto ai processi di elaborazione delle strategie aziendali, la scelta di redigere un *Report* integrato è fondata sull'adozione del c.d. “*integrated thinking*”. Il *Report* basandosi su valori etici e sui modelli di governance prescelti deve essere in grado di integrare gli aspetti economico-finanziari con quelli riguardanti la responsabilità sociale ed ambientale, nonché la gestione delle risorse intangibili.

L'intento è quello di adottare un approccio strategico e gestionale che coniughi profittabilità, sostenibilità e sviluppo delle risorse intangibili, in una prospettiva olistica, verso la creazione di valore.

L'azienda, in quanto sistema aperto, non crea valore unicamente al suo interno: il processo di creazione di valore è influenzato dall'ambiente esterno, dipende dalle relazioni con gli *stakeholder*, dal sistema normativo, finanziario e sociale.<sup>58</sup>

Un secondo aspetto è legato agli effetti che l'integrazione dei dati ambientali, sociali e di *governance* con quelli finanziari può produrre sui processi decisionali: un tale approccio dovrebbe spostare l'attenzione dai risultati a breve, agli impatti a lungo termine derivanti dal perseguimento delle strategie prescelte e degli effetti sulle proprie risorse.<sup>59</sup>

Anche all'esterno, la rendicontazione integrata consente agli investitori di valutare la *performance* di una società, le sue prospettive e la sua strategia.<sup>60</sup>

Un ulteriore elemento suscettibile di apportare cambiamento è l'attitudine dell'*Integrated Reporting* a facilitare l'allineamento tra la rendicontazione esterna e il processo decisionale interno, migliorando in definitiva la qualità delle informazioni utilizzate dagli investitori. Non si tratta di rendicontare di più, ma di rendicontare meglio. In tal senso la scelta di predisporre un *Report* integrato dovrebbe assumere una valenza strategica, riflettere un diverso modo di gestire l'azienda. L'adozione di questo modello di rendicontazione, nella misura in cui scaturisce dall'adozione

---

<sup>58</sup> IIRC (2013), “Il Framework <IR> Internazionale, p. 10

<sup>59</sup> Roth H.P. (2014), op. cit.

<sup>60</sup> *Integrated Reporting e valore aziendale*, Francesca Manes Rossi, Rebecca Levy Orelli, Carlotta Del Sordo, Franco Angeli, 2018 pp. 114 e ss.

dell’*“Integrated thinking”*, evidenzia che l’azienda ha utilizzato una strategia davvero sostenibile, rispondendo alle opportunità ed ai rischi legati alla necessità di contribuire alla costruzione di una società anch’essa sostenibile.

Racchiudere in un unico documento il messaggio rivolto a tutti gli *stakeholder* significa migliorare in modo netto la comunicazione aziendale e la trasparenza, in un processo evolutivo che tiene in dovuta considerazione come nel tempo si sia modificato il rapporto tra azienda e ambiente. Il bilancio integrato in tal senso accoglie diverse informazioni provenienti da varie parti, per costruire un quadro della realtà organizzativa che sia in grado di rappresentare le interconnessioni tra i meccanismi gestionali interni, le *performance*, i rischi, la strategia e le prospettive future dell’organizzazione.

I benefici principali all’azienda che l’adozione del *Report* integrato è in grado di apportare<sup>61</sup> sono:

- offrire maggiore chiarezza sulle relazioni e sugli impegni assunti dall’azienda;
- supportare il processo decisionale verso scelte più sostenibili;
- facilitare un maggior coinvolgimento di tutti gli *stakeholder*;
- ridurre il rischio reputazionale.

Altro vantaggio che riguarda la rendicontazione integrata risiede nella possibilità di offrire un’interpretazione più ampia della *performance* rispetto alla rendicontazione tradizionale evidenziando le connessioni nell’utilizzo delle diverse risorse (i cosiddetti “capitali”: finanziario, produttivo, umano, intellettuale, naturale e sociale). Così si consente di valutare la *performance* aziendale in maniera olistica, piuttosto che limitare l’espressione del giudizio al solo risultato economico.

È necessario chiarire le relazioni fra le informazioni finanziarie e non finanziarie ed includere tutte le informazioni sulla *performance* in un unico *report*

---

<sup>61</sup> Eccles e Krzus, tra gli autori che hanno teorizzato l’utilità dell’*Integrated Reporting*.

integrato richiede un elevato livello di collaborazione interna tra funzioni e rami aziendali.<sup>62</sup>

Ogni unità organizzativa all'interno dell'azienda deve comprendere le connessioni tra le proprie decisioni e quanto avviene negli altri comparti aziendali: un tale approccio è necessario per assumere decisioni più ponderate che formano e rafforzano una strategia sostenibile per l'azienda nel complesso.

La scelta consapevole di adottare questo nuovo meccanismo di rendicontazione può svilupparsi solo attraverso l'elaborazione di un linguaggio comune e di una maggiore collaborazione tra le diverse funzioni all'interno dell'organizzazione. Le imprese dovranno capire che da una più alta coesione interna scaturiscono decisioni migliori e dunque maggiori benefici che possono essere ulteriormente favoriti da più alti livelli di collaborazione esterna, attraverso il coinvolgimento degli *stakeholder*.

Un approccio integrato alla comunicazione impatta anche sul modo in cui gli *stakeholder* si interfacciano con le aziende: le diverse categorie di soggetti interessati all'attività aziendale devono assumere una visione più integrata in merito a come i loro interessi sono collegati a quelli di altri soggetti. Al fine di rendere ancora più evidente questa integrazione secondo l'*integrated thinking* assume un ruolo centrale il coinvolgimento e il dialogo con le diverse categorie di soggetti interessati.

Attraverso un controllo continuo degli atteggiamenti sociali, delle tendenze e dei media, l'azienda impara a restare al passo con l'evolversi di norme e valori dominanti della collettività in cui opera. Sotto questo profilo il *report* integrato ampliando il coinvolgimento degli *stakeholder* facilita anche forme di dialogo *inter-stakeholder* su nuovi temi ed interessi comuni.<sup>63</sup>

Tale tipo di rendicontazione "*Integrated*" contribuisce al miglioramento delle analisi settoriali e geografiche e al confronto delle problematiche quali l'etica di *business* e la gestione dei conflitti di interessi laddove sono rilevanti e tangibili per l'organizzazione, esplicita inoltre espliciti i legami tra la strategia, la *governance* e la

---

<sup>62</sup> Lenoci F. (2014), *Nuovo bilancio integrato. Terminale della comunicazione finanziaria sul business e sulla sostenibilità*, Ipsosa, Milano, p. XIII

<sup>63</sup> *Integrated Reporting e valore aziendale*, Francesca Manes Rossi, Rebecca Levy Orelli, Carlotta Del Sordo, Franco Angeli, 2018 pp. 118 e ss.

*performance* finanziaria e sociale, nel contesto ambientale ed economico entro cui l'azienda opera, in un approccio olistico.

La redazione del *Report* integrato<sup>64</sup> lascia immaginare una progressiva affermazione di tale documento nella qualità di strumento principe dell'informativa aziendale, in grado di sostituire la pluralità di documenti oggi prodotti dalle aziende e tra i quali manca spesso la necessaria connessione. I singoli documenti potranno ancora essere prodotti per assicurare un'informativa più dettagliata in merito alle specifiche prospettive che ne determinano la redazione, segnatamente a quelle di investimento che possono richiedere un maggior dettaglio sugli aspetti economico-finanziari.

Il progressivo moltiplicarsi dell'adozione del *Report* integrato con esperienze registrate in tutto il mondo è facile ipotizzare un'applicazione sempre più ampia, vi sono dinamiche che possano tenere in debito conto anche l'evoluzione dell'ambiente e il mutare nel tempo delle esigenze informative degli *stakeholder*.

Gli obiettivi di questo strumento sono di favorire una più efficiente allocazione dei capitali, supportata da informazioni complete sui processi di creazione di valore e quindi sulla sostenibilità finanziaria delle strategie aziendali; supportare un'informativa annuale più unitaria e completa, attraverso la rendicontazione dei diversi elementi che concorrono al processo di creazione di valore non solo nel breve ma anche nel medio/lungo periodo; sviluppare una diversa *accountability*, secondo una modalità che dia conto contemporaneamente di come vengono gestite le diverse forme di capitale (non solo finanziario, ma anche materiale, umano, sociale, naturale e relazionale) che concorrono ai processi di creazione di valore nell'ambito della specifica azienda; incoraggiare l'"*integrated thinking*": il *report* integrato deve spiegare agli investitori e agli *shareholder* (e più in generale a tutti gli *stakeholder*) come coloro che governano l'azienda intendono pervenire alla creazione di valore considerando non solo la *performance* finanziaria, ma anche l'impatto sociale e ambientale, la reputazione aziendale e lo sviluppo delle risorse umane.

---

<sup>64</sup> Eccles E Kruz ritengono che l'adozione della rendicontazione integrata sia in grado di apportare benefici (2015)

L'*integrated reporting*<sup>65</sup> tende a rispondere alla richiesta di allineare strumenti contabili ad uso interno ed esterno rispetto all'azienda, verso una *Disclosure* di informazioni contabili fino ad oggi ritenute rilevanti solo a fini interni.

Il bilancio integrato affonda le sue radici nell'esigenza di comunicare la propria *performance* in una visione olistica con una panoramica internazionale.

Il primo documento a focalizzare l'attenzione su questo sistema di rendicontazione, analizzando il concetto di *Integrated Reporting* e considerandone le conseguenze e il potenziale impatto fu pubblicato nell'agosto 2005 dalla *Solstice SustainAbility Works* in collaborazione con la società canadese *Vancity* e intitolato *Integrated Reporting: Issues and Implications for reporters*.

Il testo metteva in evidenza come questa diversa forma di rendicontazione includesse sia i contenuti del bilancio di esercizio e sia del bilancio sociale, delineando i benefici, le difficoltà e gli elementi che potevano indurre all'adozione di un simile sistema di rendicontazione.

L'interesse provocato da questi primi approcci al *Business Reporting* integrato ha rapidamente incoraggiato società di consulenza, studiosi e *standard setter* in diversi Paesi a proporre, con forme e denominazioni diverse, modelli di rendicontazione che affiancassero alla tradizionale informazione economico finanziaria anche informazioni sulla sostenibilità sociale ed ambientale e sugli obiettivi e le strategie future dell'impresa.

Un ampio e crescente numero di Paesi (inclusi quelli dell'Unione Europea) sta progressivamente introducendo linee guida o norme specifiche, richiedendo informazioni sulla sostenibilità, sulla *Corporate Governance* e sui rischi, procedendo poi a richiedere che tali informazioni siano integrate con quelle tipiche dell'informativa economico-finanziaria.

Nel 2006 nel Regno Unito il *Company Act* ha introdotto l'obbligo per le imprese quotate in Borsa di pubblicare *report* contenenti informazioni non

---

<sup>65</sup> L'*integrated Reporting* rappresenta una rivoluzione nell'ambito del Reporting aziendale conferendo approccio culturale completamente diverso rispetto al modo di vedere il processo di creazione del valore aziendale, rappresentare il valore nel report, comunicare tale valore. <https://www.marketingcolcuore.com/integrated-reporting/> - Consultazione del 28/12/2022.

finanziarie: è stato richiesto di pubblicare unitamente all'*Annual Report*, anche lo *Strategic Report* e il *Directors' Report*.

Il 17 luglio 2013 il Parlamento britannico ha approvato nuove regole volte alla semplificazione di questi due *Reports*, richiedendo nel contempo che le aziende quotate al *London Stock Exchange* o al NYSE fornissero anche un'adeguata *Disclosure* su aspetti attinenti all'uguaglianza dei diritti umani e dei sessi all'interno della compagine aziendale.

Il *Financial Reporting Council* nel 2014 ha emanato delle specifiche linee guida dedicate allo *Strategic Report*.<sup>66</sup>

Segue la Germania, che aggiornando nel 2010 il principio contabile n. 15 (GAS 15) sul *Management Reporting* ha introdotto l'obbligo di rilasciare informazioni socio-ambientali e di *Corporate Governance* e di illustrare le prospettive aziendali per il futuro.

Anche la Francia nel 2012, con la legge Grenelle II, ha sancito l'obbligo di redazione dei *Report* socio-ambientali per le aziende i cui bilanci sono già sottoposti ad approvazione e verifica da parte di soggetti esterni indipendenti quali società di revisione.

In Spagna, il *Sustainable Economy Act* richiede dal 2012 a tutte le società partecipate pubbliche di redigere e diffondere *report* annuali in tema di sostenibilità e di *governance*, conformi agli *standard* internazionali.

A livello extra europeo, la *Singapore Stock Exchange* (SGX) ha introdotto nel 2016 l'obbligo per le società quotate di pubblicare il *report* di sostenibilità, emanando specifiche linee guida e modificando il Codice di *Corporate Governance*, dove tra le competenze del Consiglio di Amministrazione è stato inserito anche l'obbligo di rendicontazione in tema di sostenibilità.

---

<sup>66</sup> La Direttiva 2014/95/UE riguarda la Comunicazione di informazioni di carattere non finanziario e di informazioni sulla diversità da parte di talune imprese e alcuni gruppi di grandi dimensioni. <https://investiresponsabilmente.it/glossario/direttiva-sulla-dichiarazione-non-finanziaria-2014-95-ue/> - Consultazione del 28/12/2022

Anche il *Security Stock Exchange Board of India*, all'inizio del 2017 ha reso obbligatorio per le prime 500 società quotate la pubblicazione di un *Business Responsibility Report* richiamando esplicitamente l'<IR> *Framework* e chiarendo che possono essere utilizzate come punto di riferimento. La circolare chiarisce che le informazioni relative all'*Integrated Reporting* possono essere fornite in un *report* separato o incluse nel *Management Discussion & Analysis*.

In Nigeria è stata la Banca Centrale a dettare nel 2014 delle linee guida che obbligano le banche e le società finanziarie a implementare un processo di raccolta e rendicontazione delle tematiche di sostenibilità e di *corporate governance*.

Va menzionato il Sudafrica<sup>67</sup> dove vi è la necessità di recuperare il ritardo accumulato nello sviluppo economico nel periodo dell'*apartheid* che ha indotto all'adozione di una serie di misure dirette a migliorare il rapporto di fiducia tra imprese e mercati, comportando, unitamente all'introduzione di un codice di *corporate governance*, l'adozione obbligatoria dell'*integrated reporting*.

In India, a partire dal 2013, il *Securities Exchange Board* ha richiesto alle prime 100 società quotate di rendicontare circa l'adozione delle Linee Guida per la responsabilità sociale, economica ed ambientale all'interno del proprio *Annual Report*. L'obbligo è stato esteso nel 2015 a tutte le società quotate. Le medesime linee-guida richiedono la costituzione di un Comitato per la Responsabilità Sociale composto da membri del Consiglio di Amministrazione.

In Brasile il *Sao Paulo Stock Exchange* dal 2011 richiede di includere nei bilanci gli indicatori relativi alle informazioni non finanziarie – attraverso un *integrated reporting* o un bilancio di sostenibilità – su una base di “*comply or explain why*”, su base obbligatoria salvo la possibilità di fornire adeguate motivazioni a fronte della mancata indicazione e con la possibilità di multe o sanzioni qualora le motivazioni non risultino adeguate.

In Giappone il Ministero dell'Economia ha istituito nel 2012 una *task-force* incaricata di lavorare a progetti concernenti il *reporting* integrato. Anche se non

---

<sup>67</sup> Unico Stato al momento ad aver introdotto l'obbligo di redazione del report seppure limitatamente alle società quotate presso il Johannesburg Securities Exchange, a partire dal 2010 Op. cit. p. 126

esiste ancora un obbligo di pubblicazione, secondo una ricerca condotta da KPMG nel 2016 ben 204 aziende quotate presso il *Tokio Stock Exchange* hanno predisposto un *report* integrato.<sup>68</sup>

In Italia, fino al 2015 ci si è limitati alla previsione dell'art. 2428 c.c. che offre l'opportunità di inserire informazioni sulle politiche, sull'ambiente e sul personale nell'ambito della Relazione sulla Gestione.

Ciò nonostante, alcune grandi imprese, che rappresentano senza dubbio un *benchmark* nella rendicontazione d'impresa (Enel, Autostrade per l'Italia, Eni, Generali, Terna) hanno cominciato a produrre dei *report* integrati, pur in assenza di precisi riferimenti a standard internazionali.

Nel febbraio 2012 è stato costituito il *Network* Italiano per il *Business Reporting* (NIBR), che è l'associazione referente per l'Italia per il *World Intellectual Capital Initiative Network for Europe (WICI)*<sup>69</sup>, un *network* internazionale attento in modo particolare allo sviluppo delle informazioni non finanziarie e nello specifico ai cosiddetti *intangible assets*.

In Italia, il Consiglio Nazionale dei Dottori Commercialisti e degli Esperti Contabili ha aderito al progetto dell'IIRC fin dal 2011, riconoscendo un ruolo chiave all'*Integrated Reporting* come modello di comunicazione aziendale idoneo a rispondere alle richieste avanzate dall'UE in tema di *Disclosure*.

Inoltre, una recente ricerca condotta da AIAF (Associazione Italiana degli Analisti e Consulenti Finanziari) ha posto in evidenza che gli analisti considerano in

---

<sup>68</sup> KPMG (2016), *Survey of Integrated Reporting in Japan*, Francesca Manes Rossi, Rebecca Levy Orelli, Carlotta del Sordo, *Integrated Reporting e Valore Aziendale*, Franco Angeli, Milano, 2018, p. 124

<sup>69</sup> La Fondazione denominata “Organismo Italiano di Business Reporting – SustainAbility, Non-Financial e Integrated Reporting (OIBR)”, di seguito O.I.B.R., ha sede in Ferrara presso il Dipartimento di Economia e Management dell'Università di Ferrara. L'ambito territoriale di operatività della Fondazione è quello nazionale e, se necessario per il perseguimento delle finalità statutarie, quello europeo ed internazionale. Essa risponde ai principi e allo schema giuridico della Fondazione di partecipazione, nell'ambito del più ampio genere di Fondazioni disciplinato dagli articoli 12 e seguenti del Codice civile e dal Codice degli Enti del Terzo Settore. La Fondazione non ha scopo di lucro e non può distribuire utili. [https://www.uniba.it/it/ateneo/organismi-associativi-partecipati-da-uniba/fondazioni/copy\\_of\\_ipres-istituto-pugliese-ricerche-sociali](https://www.uniba.it/it/ateneo/organismi-associativi-partecipati-da-uniba/fondazioni/copy_of_ipres-istituto-pugliese-ricerche-sociali) - Consultazione del 28/12/2022.

primo luogo gli investitori come interlocutori privilegiati interessati a disporre di informazioni integrate, poi gli stessi analisti finanziari e gli istituti di credito. La stessa indagine ha posto in luce come al *Report* integrato venga attribuito un ruolo fondamentale nel processo di acquisizione di informazioni non finanziarie, manifestando tuttavia alcune perplessità circa la possibilità di una completa interconnettività tra le diverse aree aziendali.

Nel contesto europeo la richiesta di ampliare le informazioni a carattere non finanziario, quanto meno per le imprese di grandi dimensioni è venuta dalla direttiva europea 95 del 2014. Essa interviene sulla precedente direttiva 34/2013 per quanto concerne la diffusione di informazioni non finanziarie da parte delle imprese di grandi dimensioni, allo scopo di *“fissare obblighi giuridici minimi per quanto riguarda la portata delle informazioni che le imprese di tutta l’Unione dovrebbero mettere a disposizione del pubblico e delle autorità. Le imprese soggette alla presente direttiva dovrebbero fornire un quadro completo e fedele delle loro politiche, dei loro risultati e dei rischi a cui sono esposte.”*

La direttiva è esplicitamente rivolta alle imprese che hanno un numero medio di dipendenti occupati nel corso dell’esercizio di 500 (*art. 19-bis*). Per tali aziende è previsto l’obbligo di divulgazione di informazioni di carattere socio-ambientale, riguardanti il personale dipendente, i diritti umani e la lotta alla corruzione, unitamente a tutte quelle informazioni per completare la descrizione della realtà aziendale anche da un punto di vista non finanziario.

L’eventuale mancata *Disclosure* relativa alle tematiche suddette deve essere esplicitamente motivata, secondo il noto principio *“comply or explain”*.

Gli stati membri sono stati chiamati a predisporre gli adeguamenti legislativi per il recepimento di tale documento entro il termine del 2016, con decorrenza a partire dall’esercizio fiscale che ha avuto inizio con il primo gennaio del 2017.<sup>70</sup>

---

<sup>70</sup> *Integrated Reporting e valore aziendale*, Francesca Manes Rossi, Rebecca Levy Orelli, Carlotta Del Sordo, Franco Angeli, 2018 pp. 121 e ss.

## CAPITOLO 4

### EXECUTION, ALLINEAMENTO STRATEGICO E CUSTOMER SATISFACTION

Nell'attuale contesto ambientale, pianificare e controllare la gestione sembrano due attività impossibili da svolgere e invece risultano quasi indispensabili per un efficace gestione dell'impresa nel tempo.

Con queste attività si definisce la direzione di marcia strategica nella quale si desidera che l'impresa si muova e si fanno delle verifiche sistematiche per capire se si sta procedendo verso la direzione desiderata.

In Italia c'è una scuola di pensiero molto diffusa: c'è la crisi e il futuro è incerto e allora è inutile pianificare. Tuttavia, se si pensa, si può cogliere un aspetto fondamentale: è proprio la difficoltà di interpretazione del futuro che richiede una particolare attenzione e vi è una necessità di pianificare le attività aziendali non nei dettagli ma almeno nelle macro-azioni che si intraprendono e nelle risorse umane e finanziarie necessarie a tal scopo.

Purtroppo, nelle prassi aziendali si pianificano e controllano tante cose, ma non sono sempre quelle rilevanti.

A che cosa serve la *Balanced Scorecard*, quali sono le sue caratteristiche fondamentali e gli errori da non commettere per introdurre una *BSC* efficace sono argomenti già trattati nel primo capitolo, ora sottolineiamo aspetti per collegare la strategia aziendale alla gestione operativa.

Seguendo le quattro prospettive in linea con la strategia aziendale, la *Balanced Scorecard* diventa un formidabile strumento a supporto della *Strategy Execution*<sup>71</sup>.

Per svolgere in modo efficace tale ruolo di supporto è opportuno che la sua predisposizione e il suo utilizzo siano svolti da un *Executive Team*.

---

<sup>71</sup> Il testo in prefazione de "Le 4 Discipline dell'Execution" offre al lettore molto più che semplici teorie per operare cambiamenti strategici a livello organizzativo. Gli autori spiegano non solo "cosa" ma anche "come" mettere efficacemente in esecuzione un processo gestionale. Ogni leader dovrebbe leggere questo libro. Tratto da "Le 4 Discipline dell'Execution", Chris McChesney, Sean Covey, Jim Huling, Franco Angeli, Milano, 2016 Prefazione di Clayton Christensen

La mappa strategica nasce da un'approfondita ricerca delle relazioni causa-effetto.

I sette errori da evitare sono:

- 1) Scarso impegno del *management* con un'elevata *seniority*;
- 2) Numero di individui coinvolti;
- 3) Mantenere la *BSC* solo per il vertice;
- 4) Processo di sviluppo troppo lungo;
- 5) Trattare la *BSC* come un progetto da sistema informatico;
- 6) Affidarsi a persone non esperte (interne o esterne);
- 7) Introdurre la *BSC* solo per scopi di incentivazione.

La *Balanced Scorecard (BSC)* può diventare un utile strumento a supporto dei processi di *Corporate Governance* nelle comunicazioni verso *Stakeholders* e *Shareholders*.

Sin dall'introduzione tale strumento di Kaplan e Norton nel 1992 è sembrato importante ed efficace, la sua diffusione nelle imprese è stata davvero nella logica *world-wide*.

La *Balanced Scorecard* non è solo uno strumento ma è qualcosa di più: è un approccio metodologico.

Per capire la *performance tout-court* di un'azienda non è sufficiente la dimensione economico-finanziaria, ma uno strumento che consente di operare su altre aree rendendolo completo il più possibile.

Per completare lo strumento, altra idea vincente da questo punto di vista è stata di aver messo al centro la strategia e quindi cercare di collegare le varie aree/aspetti misurati con il discorso sulla strategia.<sup>72</sup>

---

<sup>72</sup> La prima sfida deve essere quella di focalizzarsi su ciò che è di fondamentale importanza. Una volta che l'energia collettiva è focalizzata su una sfida, non c'è nulla che possa impedire loro di vincerla. "Le 4 Discipline dell'*Execution*", Chris McChesney, Sean Covey, Jim Huling, Franco Angeli, Milano, 2016, p. 26.

Aggiungere alla *Financial Perspective* una serie di altre dimensioni che sono sostanzialmente la *Customer Perspective*, la *Process Perspective*, la *Learning & Growth Perspective* che completano la visione della *performance* aziendale (strumento di *Planning*, non di *controlling* e basta).

La pianificazione sta dietro ed è molto più snella e sintetica, focalizzata: fulcro della gestione strategica dell'impresa. Kaplan e Norton hanno sistematizzato ciò che la teoria stava diffondendo.

*Strategy Formulation*, *Strategy Execution* e *Strategy Evaluation* con *focus* sullo scenario *Planning* (Riflessioni sullo scenario esterno che risulta difficile da interpretare).

Occuparsi di scenari diventa importante per svolgere in modo efficace il ruolo di supporto alla *Strategy Execution*: ci sono da osservare regole fondamentali.

- 1) La predisposizione *Balanced* per essere efficace a livello operativo richiede che sia disegnata dai manager di un'impresa e che hanno una certa responsabilità in azienda, creare un *Executive Team* che aiuti a creare questa realtà nella quale viene discussa e generata la *BSC*;
- 2) Non si può non prestare un'assoluta attenzione alla progettazione/elaborazione della mappa strategica.

La mappa strategica<sup>73</sup> non è niente altro che una ripresa delle quattro prospettive e queste richiedono che vengano individuate le variabili collegate nell'ambito di ciascuna prospettiva ed in linea alla missione e agli intenti strategici che sono stati individuati dall'*Executive Team*.

Anche la mappa strategica va elaborata dall'*Executive Team* e se non vengono disegnate in tale contesto rischiano di non essere facilmente interpretabili.

---

<sup>73</sup> Elaborazione di una mappa strategica individuando le variabili e organizzarle, le metto giù in modo sistematico e cerco di capire a quale area gestionale possono rispondere. È sufficiente organizzare le variabili in base a dei criteri di aggregazione ritenuti strategicamente rilevanti e non troppo numerosi per mantenere una certa selettività, una premessa alla reale efficacia dello strumento. Selezionare le variabili chiave. Alberto Bubbio – Strategy Execution. Variabili chiave ed elaborazione di una mappa strategica. Tratto da slide e video di A. Bubbio, [www.dimelab.us/managemind](http://www.dimelab.us/managemind). - Consultazione del 06/01/2023.

Bisogna trovare delle relazioni tra le variabili finanziarie con le variabili legate al cliente, con le variabili legate ai processi e con le variabili legate al *Learning&Growth*.

Ci sarà anche una relazione tra gli investimenti (tangibili ed intangibili) nella prospettiva *Learning&Growth*, dove si inseriranno e si annideranno quei patrimoni intangibili da cui dipende tutto.

Il *Financial* è il risultato finale dopo aver verificato i compiti svolti a livello di *Learning*<sup>74</sup>, di patrimoni e di *intangible*.

È necessario comprendere che la redditività non è qualcosa che si misura dai ricavi e dai costi ma dipende da come svolgo e riesco ad instaurare delle mie relazioni col cliente e da come svolgo e riesco a realizzare determinati processi che sono gestionali, come riuscire a fornire al cliente gli elementi fondamentali della sua richiesta.

*Customer satisfaction* che è qualcosa di più, uno degli elementi fondamentali nel medio/lungo termine non è la *Customer Satisfaction* ma è la fidelizzazione (la *loyalty*) quella che conta.

La *Customer Satisfaction* ci può essere ma non è detto che porti ad una continuità nel tempo della relazione col cliente.

Se il cliente viene fidelizzato, devo andare semplicemente a cercare degli elementi di fidelizzazione nei processi.

Per garantire i processi e la fidelizzazione devo capire quali sono gli *intangible* dai quali dipendono queste relazioni.

Se costruisco questa mappa<sup>75</sup> a tavolino senza l'intervento delle persone che fanno parte dell'*Executive Team* non viene svolto in modo corretto e quindi vi è la

---

<sup>74</sup> Investire in Intellectual Capital, Alberto Bubbio – Strategy Execution: Variabili chiave ed elaborazione di una mappa strategica. Tratto da slide e video di A. Bubbio, [www.dimelab.us/managemind](http://www.dimelab.us/managemind) - Consultazione del 06/01/2023.

necessità di costruirla assieme con molta più sensibilità rispetto ai contenuti da tracciare: se non c'è mappa strategica non c'è *Balanced Scorecard*.

Indicare nella mappa tutte quelle variabili che hanno una valenza strategica.

Nel fissare i *target*<sup>76</sup> che nascono dalla *BSC* non ci si dovrebbe limitare al solo esercizio di durata annuale ma c'è la necessità di approfondire l'analisi su più annualità in una logica di crescita continua.

Perseguire un'accurata fidelizzazione del cliente e per farlo ci vogliono necessariamente più anni.

La dimensione economico-finanziaria che spesso ha durata annuale viene considerata un grosso limite, una trappola della visione annuale: si dovrebbe considerare il budget collegato alla strategia di medio lungo periodo.

La *Balanced Scorecard* è uno strumento strategico, se non ho chi fa strategia nell'*Executive Team* riempio mappe e tabelle che non hanno alcun senso (ci deve essere la presenza della *seniority* e dell'imprenditore).

In imprese italiane ci deve essere l'imprenditore che si fatica a portarlo in aula almeno per la creazione dei punti chiave della *BSC*.

La presenza del vertice ci deve essere, segnale molto forte che loro ci devono credere in prima persona.

Coinvolgere più persone così è più facile che la *BSC* abbia una ricaduta a livello operativo.

Presentare la *BSC* a tutti perché l'efficacia dello strumento in quel contesto è stata superiore.

Come la strategia si traduce in operatività. Affinchè la *BSC* diventi *Strategy into Action* deve essere diffusa il più possibile all'interno dell'azienda.

---

<sup>76</sup> Come diceva Stephen R. Covey dovete decidere quali sono le vostre massime priorità e avere il coraggio garbatamente, serenamente e semplicemente di dire no a tutto il resto. E per riuscirci quello che serve è far crescere un solo grande SI' dentro di voi. *Le 4 Discipline dell'Execution*", Chris McChesney, Sean Covey, Jim Huling, Franco Angeli, Milano, 2016, p. 43.

## CAPITOLO 5

### LA DIGITALIZZAZIONE DELLA BALANCED SCORECARD: INNOVAZIONE E BUSINESS SUSTAINABILITY

La principale sfida che si trova ad affrontare il panorama energetico globale è bilanciare due fabbisogni fondamentali: garantire l'accesso universale all'energia ad un mondo in crescita sia demografica che economica e al tempo stesso fronteggiare il cambiamento climatico accelerando il processo di transizione verso un mix più sostenibile<sup>77</sup>.

Il concetto di “giusta transizione” considera l'impatto della trasformazione energetica sulle persone, la gestione della riduzione delle emissioni che deve comprendere la gestione degli impatti sociali: quindi deve essere inclusiva.

Ciò contribuisce non solo all'equità della transizione ma anche all'efficacia delle politiche e delle azioni che si stanno introducendo.

L'obiettivo di ENI di raggiungere la neutralità carbonica entro il 2050 e cioè azzerare l'impronta economica in modo da rispettare le indicazioni dell'Accordo di Parigi per mantenere il riscaldamento globale entro la soglia di 1,5 gradi a fine secolo.

Per accompagnare la crescita di ENI a quella dei Paesi che ci ospitano abbiamo integrato nella nostra *Mission* i 17 Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (OSS) delle Nazioni Unite: in inglese i *Sustainable Development Goals* (SDG).

ENI combina in maniera organica il proprio piano industriale con i principi di sostenibilità ambientale e sociale lungo tre direttrici:

- a) Eccellenza operativa;
- b) Neutralità carbonica al 2050;
- c) Alleanze per lo sviluppo.

---

<sup>77</sup> [www.eni.com/it-IT/trasformazione](http://www.eni.com/it-IT/trasformazione) Consultazione del 23/05/2022.

Il modello di *business* si sviluppa lungo queste tre direttrici facendo leva sulle competenze interne, sullo sviluppo e applicazione di tecnologie innovative e sul processo di digitalizzazione.

Oggi la tecnologia può avere un ruolo determinante nell'applicazione della *Balanced Scorecard*. Collaborazione, condivisione, coinvolgimento sono approcci facilmente indivisibili con l'attuale maturità tecnologica<sup>78</sup>.

Pensare ad un flusso integrato che, partendo dalla definizione degli obiettivi strategici a cura del *top management* si concluda con la consuntivazione degli incentivi per una risorsa che ha partecipato ad un progetto collegato ad uno di quegli obiettivi.

Flussi approvativi.

Fondamentali per validare le proposte che il *Middle Management* avanza a livello di progetti ed allocare efficientemente le risorse disponibili, ad esempio, per certificare l'avanzamento di un progetto.

Riuscire ad orchestrare le approvazioni, a monitorarne lo stato di avanzamento ed eventuali *REWORK* in modo inequivocabile e tracciato, aiuta a coinvolgere una platea maggiore ai tavoli decisionali.

Flussi dinamici.

In un contesto aleatorio e instabile i *workflow* dinamici consentono di ridisegnare in corsa il flusso, di coinvolgere una risorsa in una qualsiasi fase del processo, di chiedere loro un contributo o diffondere informazioni; sono dinamiche che l'evoluzione tecnologica ha messo a disposizione, superando i limiti del classico *Business Process Management* (BPM) e che ben si sposano con i concetti di collaborazione e di condivisione.

Tool di collaborazione.

---

<sup>78</sup> Anche l'uso di modelli dinamici ci fornisce un supporto: in azienda è necessario si sviluppino una serie di strumenti e procedure atti a misurare le variabili di interesse stimandone i futuri andamenti col continuo confronto con gli obiettivi prefissati. Enrico Supino, *I modelli dinamici per il controllo multidimensionale*, d.u. press, Bologna, 2008, pp. 115 e ss.

La situazione pandemica che stiamo vivendo ha obbligato tutte le realtà aziendali a conoscersi più a fondo. L'integrazione del *workflow* con *tool* che sono strumenti che fanno parte della quotidianità e si parla sempre più di digitalizzazione in una visione collaborativa, possono risultare vincenti.

Sono strumenti che permettono di coinvolgere tutte le risorse, di aver accesso al flusso informativo tramite interfacce note e di sfruttare funzionalità native del *TOOL* (canali dedicati per gruppi di lavoro, chat, condivisione di file, *calendar*, *reminders*) evitando duplicazioni e sovrapposizioni con la soluzione sviluppata.

Il processo *Balanced Scorecard* (BSC) vive sul monitoraggio delle dinamiche operative correnti e dei risultati di breve periodo.

Questi risultati contribuiscono a movimentare le logiche causa/effetto necessarie a spingere l'organizzazione verso l'obiettivo strategico di medio e lungo periodo.

L'evoluzione tecnologica riesce a supportare meglio questa fase rispetto al passato, rendendo la *Balanced Scorecard* (BSC) più governabile, illustrando proiezioni sul medio/lungo periodo e permettendo al *top management* di intervenire tempestivamente per tracciare la nuova via o ricanalare l'organizzazione verso quella già tracciata.

Non può e non deve essere la tecnologia a guidare l'utilizzo dello strumento *Balanced Scorecard* (BSC) ma la tecnologia deve essere a supporto delle idee e delle esigenze della specifica realtà.

Oggi queste opportunità tecnologiche sono enormi e anche a fronte di nuovi strumenti più innovativi possono portare la *Balanced Scorecard* (BSC) ad avere ancora un ruolo rilevante nell'ambito della pianificazione strategica.

Così come hanno fatto alcune realtà aziendali può diventare uno strumento condiviso, collaborativo, di cui ancora oggi non si dovrebbe fare a meno<sup>79</sup>. I principi della BSC necessari per modellare tale strumento sono abbinati a tematiche

---

<sup>79</sup> *La digitalizzazione della nuova BSC di Luca Leo, Digital Trasformation Consultant, [www.docflow.com/it/news/2021/02/10/la-digitalizzazione-della-nuova-balanced-scorecard/49/](http://www.docflow.com/it/news/2021/02/10/la-digitalizzazione-della-nuova-balanced-scorecard/49/) - Consultazione del 23/05/2022.*

organizzative come quelle illustrate di comunicazione, collaborazione e condivisione che sono oggi alla base di qualsiasi processo di successo in ottica aziendalistica.

Da questo tipo di approccio è necessario provare a coinvolgere una più ampia platea di attori nelle fasi decisionali con un processo allargato di proposte e di validazione della mappa strategica.

Come avere sotto controllo il successo della propria azienda? Uso la *Balanced Scorecard* (BSC), uno strumento di Lean Management efficace per ogni impresa<sup>80</sup>.

Il *Lean Management* è una cassetta degli attrezzi per le imprese che desiderano applicare le migliori strategie produttive, attraverso l'utilizzo di tecniche e strumenti concretamente utili a raggiungere una produttività più performante: ciò porta ad ottenere un miglior controllo dei costi ed un miglioramento continuo della qualità in azienda.

Un cruscotto di indicatori *Key Performance Indicators (KPI)* che traccino in modo chiaro e utile l'andamento delle varie *Business Units (BU)* per avere sotto controllo l'efficacia della *performance* nel corso del tempo.

L'analisi di una *Balanced Scorecard (BSC)* è efficace se permette di tracciare due situazioni: è immediata, al fine di comprendere l'andamento delle varie unità aziendali nel giro di poco tempo; è proiettata al futuro, definendo quali azioni si riveleranno vincenti e quali invece dovranno essere riconsiderate per ottenere migliori prestazioni di gestione.

I punti di intervento.

L'utilizzo della *Balanced Scorecard (BSC)* viene applicata in quattro aree di interesse:

1) *Feedback Clienti.*

Il punto di partenza di una reale efficacia produttiva è sempre la soddisfazione finale del cliente, mai scontata e da monitorare costantemente per essere sempre competitiva sul mercato.

---

<sup>80</sup> [www.leanevolution.com/magazine/balanced-scorecard-le-migliori-tecniche-di-lean-management/](http://www.leanevolution.com/magazine/balanced-scorecard-le-migliori-tecniche-di-lean-management/) - Consultazione del 23/05/2022.

Misurare la soddisfazione del cliente è complicato perché spesso si dà per assodato il servizio e sembra essere sempre il prezzo l'unico valore, questo non è sempre vero e grazie alla *Balanced Scorecard (BSC)* è possibile un monitoraggio chiaro ed approfondito.

## 2) Analisi di gestione e di produzione interni.

L'efficacia e l'efficienza sono due termini che rappresentano in modo ottimale lo stato di salute della produttività aziendale. Averli sotto controllo grazie ad analisi dettagliate significa poter intervenire qualora fosse necessario per mantenere alto il livello qualitativo della produzione.

Soprattutto con l'avvento della digitalizzazione e della conversione da semplice industria a fabbrica digitale questo è sempre più necessario ma anche più semplice: puntare all'innovazione 4.0 per confrontarsi con un mercato 4.0.

## 3) Professionalità e crescita aziendale.

Formazione e crescita aziendale fanno parte del pacchetto completo di un'azienda performante, tracciando possibili aree di intervento anche in termini di organizzazione o riorganizzazione aziendale.

## 4) Analisi finanziaria.

Non può certamente mancare una proiezione di analisi finanziaria aziendale, utile a comprendere l'efficacia delle *performance* in termini di redditività ed impatto sulla cassa<sup>81</sup>.

Il termine Industria 4.0 indica una tendenza che integra alcune nuove tecnologie produttive per migliorare le condizioni di lavoro, creare nuovi modelli di *business* e aumentare la produttività e la qualità produttiva degli impianti<sup>82</sup>.

---

<sup>81</sup> [www.cadtec.it](http://www.cadtec.it) – Industry 4.0 e innovazione. Come rendere l'azienda 4.0 – Consultazione del 23/05/2022

Gestione efficace ed efficiente di questo modello di prodotto digitale che va dallo sviluppo alla vendita, dalla produzione alla messa in servizio fino alla creazione di valore per il cliente e alla garanzia dei servizi associati al prodotto, viene definita più o meno dall'inizio del nuovo secolo come gestione del ciclo di vita del prodotto.

Tale gestione dei dati di prodotto è il presupposto fondamentale affinché prodotti moderni “intelligenti” e interconnessi svolgano la loro funzione e abbiano successo sul mercato mondiale.

È la condizione essenziale affinché anche la produzione possa essere organizzata collegandola in modo più intelligente.

Sono tre i settori essenziali per la digitalizzazione:

- a) Il sistema ERP (*Enterprise Resource Planning*) per il collegamento di produzione;
- b) Il sistema CRM (*Customer Relationship Management*)<sup>83</sup>
- c) Il software PLM (*Product Lifecycle Management*) per la realizzazione e la gestione del prodotto il *Product Data Backbone*.

## LA DIGITALIZZAZIONE

L'INDUSTRIA 4.0 consente di raggiungere i migliori risultati e di realizzare gli obiettivi di *business*.

Fondamentale è dimostrare resilienza verso le condizioni economiche in dinamica mutamento ed ottimizzare le attività a livello di produzione e di *business*.

L'obiettivo è di ottenere il pieno controllo sui processi produttivi, raccogliere dati automatizzati in tempo reale ed ottimizzare i costi di produzione.

---

<sup>82</sup> Industria 4.0 - Consultazione WIKIPEDIA del 23/05/2022.

<sup>83</sup> Il CRM Customer Relationship Management è una strategia per la gestione di tutti i rapporti e le interazioni di un'azienda che hanno luogo con i clienti potenziali ed esistenti. Esso aiuta le aziende a rimanere in contatto con i clienti, a semplificare i processi e a migliorare la redditività. [www.salesforce.com/it](http://www.salesforce.com/it) - Consultazione del 06/01/2023.

Applicare la *Balanced Scorecard (BSC)* ai canali digitali: essa viene vista come *framework* metodologico per calcolare il *Digital Customer Journey Score*, l'applicazione della *Balanced Scorecard BSC* ai canali digitali; prospettive, *KPA* e *Social Landscape del Digital BSC*; la modalità di calcolo del *Digital Customer Journey Score (DCS)*<sup>84</sup>.

La digitalizzazione apre nuove prospettive all'industria, in particolare a quella manifatturiera.

I paradigmi produttivi consolidati sono messi in discussione da nuove tecnologie che offrono grandi opportunità, a patto di avere la visione e le competenze per poterle cogliere.

Il Consiglio di Amministrazione (CDA), l'organo che definisce la strategia aziendale si trova davanti alla responsabilità di trasformare una nuova era industriale.

Nel corso dei decenni abbiamo assistito ad una lotta sempre più spinta sui prezzi che ha portato a delocalizzare le fabbriche, laddove i costi di manodopera, ambientali e fiscali, erano minori.

La digitalizzazione offre nuove opportunità per cambiare i paradigmi produttivi che hanno retto l'industria fino ad oggi.

La possibilità di utilizzare stampanti 3D per ridurre i tempi ed i costi della realizzazione dei prototipi e in certi casi anche lo spostamento in capo ai clienti, la virtualizzazione di prove distruttive, l'integrazione di tecnologie di comunicazione aprono una strada nuova da esplorare.

Le tecnologie digitali devono ancora entrare a pieno titolo nell'industria: l'industria italiana deve raccogliere la sfida della cosiddetta "artigianalizzazione" per conquistare un ruolo predominante nel panorama manifatturiero internazionale.

La tecnologia è disponibile anche per i concorrenti, ma il vantaggio competitivo italiano è culturale.

---

<sup>84</sup> [Digitaldictionary.it/balanced-scorecard](https://digitaldictionary.it/balanced-scorecard) - Consultazione del 15/06/2022.

L'Unione Europea, riconoscendo l'importanza della digitalizzazione per la competitività e lo sviluppo nel 2012 ha istituito la carica di *Digital Champion*.

Questo *Digital Champion* è un ambasciatore dell'innovazione che ha il compito di rendere i propri cittadini “digitali”.

In Italia il progetto prevede di individuare un *Digital Champion* per ogni Comune.

Dal riconoscimento da parte del vertice aziendale del valore strategico dell'evoluzione digitale può prendere avvio la trasformazione dell'impresa.

Il “Consigliere Digitale” deve avere le competenze per poter analizzare in profondità le opportunità offerte dall'applicazione delle nuove tecnologie e doti di leadership e comunicazione che gli permettano di rendere partecipe tutto il Consiglio<sup>85</sup>.

La digitalizzazione si pone come un magnifico prato verde sul quale costruire duraturi vantaggi competitivi basati sulla cultura e il *know-how* produttivo italiano.

Il “*Rinascimento Digitale*” è un obiettivo che può essere raggiunto grazie all'intelligenza e alla lungimiranza di chi ricopre posizioni di responsabilità che, con grande visione, può porre le condizioni di *governance* ed organizzazione in grado di sprigionare la creatività e l'innovazione.

Il CDA è chiamato a trasformarsi in “*Board Digitale*”, un organo capace di capire le trasformazioni tecnologiche in atto e diventare il motore dei cambiamenti.

Non si tratta di una possibilità, ma dell'unica scelta per restare competitivi.

---

<sup>85</sup> [www.dimelab.us/blogmind/a-proposito-di-board-digitale.it](http://www.dimelab.us/blogmind/a-proposito-di-board-digitale.it) – Consultazione del 15/06/2022.

## CAPITOLO 6

### VERSO L'APPROCCIO SOSTENIBILE

L'interesse iniziale è quello di adottare un sistema per il controllo che aiuti a gestire sul piano strategico e fornire le informazioni di cui si necessita

Il controllo strategico è un controllo di posizionamento dell'impresa nel tempo, osservando le *performance* cercando di capire ciò che l'impresa nel tempo deve adottare.

Ci vuole uno studio dello scenario rivolto alla comprensione di come si muovono i miei *competitor* e si utilizza spesso il termine "spazio competitivo" che allarga il concetto di concorrenza: tutti quelli che possono influenzare il mio comportamento.

Si individua l'arena competitiva, come quel luogo dove cerco di andare ad operare e ci saranno altri *competitor* che faranno la stessa cosa che farò anch'io.

Per esempio, l'arena competitiva fantastica è l'Oceano Blu che costituisce quella domanda inespressa dove ancora nessuno è andato ad operare.

Devo decidere su che terreno andare a competere e quindi ad elaborare la mappa del territorio sufficientemente articolata con dei modelli sofisticati a vantaggio competitivo libero: costruire mappe del territorio in termini di mercati serviti e di clienti serviti (piccoli, medi e grandi; settore navale, meccanico o altro; Paese Italia, Estero).

Una mappa<sup>86</sup> tutta da disegnare con i fatturati diventa interessante, tradurre sul territorio i prodotti e i clienti, i mercati per capire dove andare a distribuire i miei prodotti, all'interno di essa capisco se sono presenti a macchia di leopardo o meno, poi inserirò anche i miei concorrenti.

---

<sup>86</sup> Abell: quando vado a considerare combinazioni prodotto/mercato quale funzione di uso posso dare al prodotto. *Appunti presi durante il corso organizzato da Federmanager.*

È importante prendere in considerazione anche il “come” competere: devo essere bravo a capire dove i *competitor* vanno male, allora riesco ad avere un vantaggio competitivo.

Per quanto riguarda il profilo strategico ci sono delle imprese finalizzate o aziende che coprono una pluralità di business (*multibusiness*); soluzioni commerciali (punti vendita/*franchising*), profilo strategico, singola realtà. Il quesito da porsi è capire quanto cresce e quanto è consolidata l'azienda, ossia una buona solidità patrimoniale.

Tutte le vie che portano all'*Integrated Reporting* verso la Dichiarazione Non Finanziaria.

Integrare le informazioni economico-finanziarie con altre come *asset* intangibili spesso per quantificare la *performance* dell'impresa.

Creazione di valore per gli *shareholder* ma oggi si parla di apertura del valore verso gli *stakeholder*.

Scuola degli *Strategic Performance Indicator*, scuola della *Balanced Scorecard Indicator*, *KPI* spesso non finanziari. (*Intellectual Capital 1997*), si sente spesso parlare di *Human Assets* ossia il capitale delle persone, *Intellectual*, patrimonio delle competenze e relazioni commerciali.

Altro *Report* importante fa riferimento al Bilancio Sociale (rapporto sociale) per comunicare all'esterno in termini di *Corporate Social Responsibility* (CSR) esplicitato in termini di strategia sociale.

La novità è costituita dal profitto ma non contro l'ambiente con una maggiore sensibilità verso gli impatti ambientali.

Dal 2010 entra la logica del *report* che deve essere integrato e viene data maggiore importanza al c.d. *Shared Value*<sup>87</sup>.

---

<sup>87</sup> Qual è il valore condiviso che un'impresa genera, valore creato nell'approccio sociale/ambientale, ci si focalizza sul concetto delle 3 P “*Profit, Planet, People*”. (Tratto dal testo “*Viaggio verso la rendicontazione integrata*, ed. italiana, Andrea CASADEI)

Un processo di notevole interesse per gli studio è il c.d. APPRENDIMENTO ORGANIZZATIVO.

Per essere realizzata la *BSC* deve ricordarsi di alcune regole, deve evitare di commettere una serie di errori nella sua realizzazione, e poi se ben disegnata può svolgere dei ruoli molto importanti nella *Corporate Governance*, aiutando chi presiede quest'area a realizzare strategie e a portare avanti le *performance* attese dagli azionisti: dà molta trasparenza all'operato del *management*.

Nella squadra c'è un obiettivo chiaro, un modo di giocare consapevole ma ci sono dei ruoli stabiliti che nel gruppo non ci sono e questi devono essere accettati e sviluppati per una trasparenza di tutto ciò che si svolge: fare qualcosa di nuovo guardando all'ambiente/all'esterno<sup>88</sup>.

Il consulente esterno può solo supportare la creazione della *Balanced Scorecard (BSC)*, deve essere fatta dall'azienda per la stessa azienda e con essa.

Realizzare la strategia dell'azienda non i *target* dei singoli, l'incentivazione viene fatta con riferimento all'azienda nel suo complesso<sup>89</sup>: tutti quelli dell'*Executive Team* sono corresponsabili del raggiungimento degli obiettivi della *Balanced Scorecard (BSC)*, qualcuno sarà più responsabile di altri su alcune aree, ma non c'è *BSC* senza *team*, si lavora in *team* ma lo scopo è quello di conseguire i risultati assieme ed in squadra.

La *Balanced Scorecard (BSC)* può essere molto utile come strumento a supporto di alcuni processi che ad oggi in molte aziende italiane è disatteso. Il primo processo ove la *BSC* può essere molto utile è il processo di *Corporate Governance*.

## CARENZE

La *BSC* non consente di fare dei *Key Performance Indicators*, la *BSC* consente di fare dei *Strategic Performance Indicators* che non sono KPI, altro errore terminologico che viene fatto, di KPI abbiamo piene le aziende.

---

<sup>88</sup> Una regola d'oro dell'innovazione è ricevere gli stimoli che provengono dall'esterno.

<sup>89</sup> *Management by objectives*.

La sostenibilità è il nostro futuro e anche la nostra *Balanced Scorecard* è diventata sostenibile: strumento per capire, misurare ed innovare. Nel sistema economico odierno notevole importanza via via sempre più crescente ha consentito di sviluppare una crescente sensibilità dei consumatori verso gli aspetti ambientali e sociali ed anche nei confronti delle imprese e delle istituzioni.

Ma tale approccio sostenibile comprende una serie di cambiamenti strutturali di mercato come l'insufficienza delle risorse naturali come il petrolio ed i gas naturali che, come stiamo notando anche in seguito alla guerra russo-ucraina, hanno portato a notevoli aumenti del costo dell'energia e delle materie prime, le quali ormai risultano essere scarse ed incapaci di fronteggiare la crescente domanda globale. La richiesta di una maggiore trasparenza dell'attività aziendale, attraverso i canali innovativi di comunicazione con i consumatori e la crescente domanda di prodotti sensibili all'ambiente e realizzati nel rispetto delle norme sulla sicurezza del lavoro.

Le organizzazioni più innovative hanno creato sistemi di gestione ambientale e sociale, con scarsi risultati a causa della limitata relazione tra i fattori di sostenibilità ed il sistema di controllo di gestione aziendale, producendo un divario tra la gestione ambientale, sociale ed il successo economico dell'organizzazione.

La BSC elaborata da Kaplan e Norton consente l'integrazione di prospettive non strettamente collegate ai risultati monetari ma che contribuiscono significativamente al successo economico dell'organizzazione, essa si propone come quello strumento in grado di coniugare la gestione degli aspetti sociali ed ambientali nelle tradizionali attività di business<sup>90</sup>.

Il primo approccio alla creazione di un sistema di gestione sostenibile consiste nell'integrare aspetti sociali ed ambientali all'interno delle quattro prospettive tradizionali della *Balanced Scorecard*, in quanto aspetti strategicamente rilevanti per il successo d'impresa.

L'integrazione della BSC tradizionale permette di creare relazioni di causa-effetto con gli obiettivi di carattere economico-finanziario e con quelli legati alla soddisfazione del cliente, ai processi interni ed all'apprendimento ed alla crescita,

---

<sup>90</sup> [www.sustainabilityscorecard.altervista.org](http://www.sustainabilityscorecard.altervista.org) – Consultazione del 08/10/2022.

superando i limiti legati al distacco dei fattori ambientali e sociali dal risultato economico d'impresa. Così l'organizzazione definisce per ogni prospettiva, obiettivi di carattere ambientale e sociale misurabili attraverso indicatori di sostenibilità, collegati all'interno della mappa strategica da relazioni di causa-effetto, come nel modello originario di Kaplan e Norton.

Il secondo approccio alla *Balanced Scorecard* in chiave sostenibile è rappresentato dall'introduzione di un quinto punto di vista noto come prospettiva non *market oriented*.

Questa scelta deriva dal fatto che alcune aziende considerano la sostenibilità come un valore chiave ed un imperativo strategico, sottolineando la responsabilità ambientale e sociale come obiettivo aziendale fondamentale.

In tale ottica l'attenzione all'ambiente ed alle tematiche sociali rappresenta la base per l'attuazione della strategia dell'organizzazione ed è vista come il mezzo attraverso cui realizzare un vantaggio competitivo fondato sulla reputazione, sull'immagine aziendale e sulla differenziazione del prodotto.

Va detto che nonostante esista la possibilità di introdurre un punto di vista non *market oriented*, l'utilizzo di un sistema di controllo di gestione che tenga conto anche dei fattori sociali ed ambientali deve sempre avere inizio con l'integrazione di questi aspetti nelle prospettive tradizionali della *BSC* e solo successivamente si può avere la realizzazione di una quinta prospettiva legata ad obiettivi e *performance* di carattere ambientale e sociale.

Kaplan e Norton avevano previsto la possibilità di introdurre altre prospettive all'interno del modello tradizionale, ciò può verificarsi nel momento in cui i fattori ambientali e sociali sono fondamentali per il perseguimento della strategia ed influenzano in modo *significativo* l'andamento dell'organizzazione, pur non avendo collegamenti diretti con il mercato<sup>91</sup>.

---

<sup>91</sup> [www.sustainabilityscorecard.altervista.org](http://www.sustainabilityscorecard.altervista.org) – Consultazione del 08/10/2022.

La sostenibilità ha diverse dimensioni e lo sviluppo sostenibile consente agli individui di soddisfare i propri bisogni senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri:

- la sostenibilità ambientale è la capacità di preservare nel tempo le fondamentali funzioni dell'ambiente come fornitore di risorse rinnovabili, assorbe lo smaltimento di rifiuti biodegradabili e così via;

- la sostenibilità culturale vista in termini di crescita dell'accessibilità, del dialogo e della partecipazione per gli individui e le comunità con particolare attenzione ai giovani ed alle fasce più deboli;

- la sostenibilità economica che è la capacità di un sistema economico di generare una crescita a valere nel tempo delle proprie *performance*;

- la sostenibilità organizzativa misura l'impatto in termini di crescita dell'occupazione, innovazione delle competenze e territorialità dell'azione;

- la sostenibilità sociale vista come capacità di garantire condizioni di benessere umano (sicurezza, salute, istruzione, rispetto dei diritti fondamentali della persona) equamente distribuite per classi e per genere<sup>92</sup>.

Necessaria una pianificazione ed attività di coordinamento attente ed oculate per rendere possibile un efficiente ed efficace utilizzo delle risorse. La pianificazione dell'azione ambientale deve rendere più efficace e sostenibile l'utilizzo delle risorse e coinvolgere la comunità locale per informare, educare e rendere democratico e trasparente il processo decisionale. Un passo fondamentale sulla via della pianificazione volta alla sostenibilità è la misurazione degli impatti delle attività urbane e il monitoraggio dei progressi, come espresso da Agenda 21 per quanto concerne anche le amministrazioni pubbliche<sup>93</sup>.

I principali step che devono essere seguiti per ottenere una pianificazione ottimale e dei risultati soddisfacenti sono i seguenti punti definiti dal Manuale

---

<sup>92</sup> [www.performingplus.it](http://www.performingplus.it) Consultazione del 08/10/2022.

<sup>93</sup> Agenda 21 è un documento di intenti ed obiettivi programmatici su ambiente, economia e società sottoscritto da oltre 170 Paesi di tutto il mondo, durante la Conferenza delle Nazioni Unite su Ambiente e Sviluppo svoltasi a Rio de Janeiro nel giugno 1992.

I.C.L.E.I. (International Council for Local Environmental Initiatives) “La sostenibilità ambientale: linee guida per l’azione locale”:

- 1) Definire i principi generali dell’azione ambientale e la “*visione condivisa*”;
- 2) Individuare i problemi ambientali e le relative cause;
- 3) Definire gli obiettivi dell’azione ambientale;
- 4) Stabilire le priorità di intervento;
- 5) Valutare le opzioni di intervento e definire i *target* di azione;
- 6) Predisporre i programmi tematici di azione ambientale;
- 7) Adottare il piano d’azione ambientale;
- 8) Attuare e monitorare il piano d’azione ambientale;
- 9) Valutare i risultati e rivedere il piano d’azione ambientale.

Quindi la *BSC* è applicabile anche nel settore pubblico ove emerge l’esigenza di collegare l’attività di pianificazione con quella del monitoraggio dell’attuazione in modo da conferire all’agire dell’Ente unitarietà, un collegamento saldo tra le scelte politiche del governo e le azioni quotidiane<sup>94</sup>.

Il problema degli Enti Locali, chiamati dal *D. Lgs. N. 286/99* ad implementare l’attività di controllo strategico, è l’individuazione di strumenti di programmazione e di controllo che possano essere utilizzati in modo integrato (*Bottari, 2002*) in modo da riuscire a collegare i diversi documenti programmatici previsti dalla normativa italiana.

L’utilizzo della *BSC* è un validissimo supporto ed è evidente che la sua logica di fondo (l’organizzazione degli obiettivi, i collegamenti e la definizione degli indicatori per un monitoraggio, la gestione del processo in modo dinamico) si inseriscono perfettamente con i processi di programmazione degli Enti Locali.

Il *Corporate Sustainability Measuring and Reporting* è un tema molto importante perché va a toccare linee di attività che le organizzazioni orientate alla

---

<sup>94</sup> Finamore, 2005.

sostenibilità devono oggi giorno approcciare anche per obblighi di legge soprattutto dopo l'entrata in vigore della direttiva europea del 2014.

Si fa riferimento alla definizione di *Reporting* non finanziario<sup>95</sup>.

Può essere denominato in diversi modi: - "*Non-Financial information Reporting (NFR)*", - "*Corporate Social Responsibility (CSR) Reporting*", - "*Environment, Social and Governance (ESG) Reporting*", - "*Extended External Reporting (EER)*", - "*Integrated Reporting (IR)*" "(integrato a quello Finanziario).

L'International Integrated Reporting Council (IIRC) è un'associazione globale che ha definito il *Framework* di riferimento per la predisposizione di *Report Integrati*.

Una rappresentazione delle *performance* sostenibili e delle modalità con le quali le imprese affrontano le tematiche sostenibili. Il *focus* può essere prevalentemente rivolto all'ambito ambientale o essere rivolto in maniera più estesa ai vari impatti che vengono esercitati sul sistema degli *stakeholder* e poi possono includere moduli che contemplano strategie di sostenibilità.

Il *Reporting* Non Finanziario supporta la visione di una strategia, tocca i punti di forza e debolezza, opportunità e rischi, pratica di misurazione e rappresentazione delle *performance* e le modalità con le quali le imprese affrontano in termini operativi quei processi di natura sostenibili. Il *focus* è prevalentemente rivolto all'ambito ambientale o anche economico e sociale; conoscenza dei processi interni ed esterni, consolidare la fiducia riposta nell'impresa dai vari *stakeholder*.

La strategia è quella di cercare di integrare la sostenibilità nel *business model* per realizzare un vantaggio competitivo.

---

<sup>95</sup> Sustainability Reporting is the practice of measuring, disclosing and being accountable to internal and external stakeholders for Organizational performance towards the goal of sustainable development. It involves reporting on how an organization considers Sustainability issues while running its operations, and on its environmental, social and economic impacts. European Court of Auditors - European Union, (2019).

La direttiva europea n. 95/2014, recepita nel nostro ordinamento giuridico nel 2016 la quale detta regole per la redazione del *reporting* non finanziario, introduce l'obbligo di introdurlo all'interno di quelle imprese con determinate caratteristiche:

- a) Dimensionali, oltre i 500 dipendenti;
- b) Patrimonio maggiore a 20 milioni di euro;
- c) Ricavi superiori ai 40 milioni di euro.

La dichiarazione non finanziaria<sup>96</sup> (DNF) deve contenere almeno informazioni ambientali, sociali, attinenti al personale, al rispetto dei diritti, alla lotta alla corruzione in misura necessaria all'andamento dell'impresa.

La dichiarazione non finanziaria (DNF) deve anche descrivere il modello di *business*, le politiche dell'impresa per la definizione dei risultati sulle aree *Environmental Social Governance* (ESG), fino alla risultanza della valutazione dei rischi su questi aspetti.

Il *reporting* non finanziario è l'atto finale di un processo complesso che le imprese devono seguire per raggiungere tale risultato: coinvolgimento degli *stakeholder* che devono contribuire con adeguata interlocuzione a mettere in evidenza le loro difficoltà: così l'impresa può evidenziare quali sono gli aspetti della sostenibilità importanti per il suo *business* e per gli *stakeholder* (matrice di sostenibilità).

Definire gli obiettivi che si vogliono raggiungere, definire i piani di azione per perseguire tali obiettivi e poi misurare i risultati come esito finale che è ciò che troviamo nel *reporting* non finanziario.

Non ci sono *standard* univoci ma molti presenti: quello più diffuso è lo *standard* dettato dal *Global Reporting Initiative* (GRI). Quest'ultima è un'organizzazione senza scopo di lucro nata con l'obiettivo di affiancare sia il settore

---

<sup>96</sup> La Dichiarazione non Finanziaria (DNF) o Bilancio di Sostenibilità contribuisce a misurare e monitorare l'impatto dell'impresa sull'ambiente e sulla società e a rendicontare gli impegni ed i risultati raggiunti, così migliorandola reputazione aziendale, aver accesso a mutui e finanziamenti per poter investire, rafforzare l'immagine aziendale mostrandoti consapevole e responsabile nei confronti dell'ambiente. [www.bilancioambientale.com](http://www.bilancioambientale.com) Consultazione del 06/01/2023.

pubblico che il settore privato nel comprendere, misurare e comunicare l'impatto che una qualsiasi attività può avere sulle varie dimensioni della sostenibilità.<sup>97</sup>

Il *Global Reporting Initiative* (GRI) organizzato su *standard* universali e specifici: il nuovo sistema del GRI è stato realizzato recentemente, nuove linee guida strutturate su un sistema modulare caratterizzando la versatilità, ogni azienda costituisce il proprio sistema di rendicontazione.

Gli *standard* generali danno guida pratica di come strutturare il proprio *reporting* di sostenibilità in particolare la materialità, impatti sul nostro *business* e sugli *stakeholder*.

Poi selezionare i *setter* di *standard* specifici per identificarli come maggiormente rilevanti per la nostra organizzazione.

L'analisi di materialità attraverso la matrice come rappresentazione degli esiti che mette in relazione la significatività degli impatti per il nostro *business* e per gli *stakeholder*.

Il *Corporate Reporting* era visto come un'attività strutturata e focalizzata sui risultati economico-finanziari e sull'analisi degli scostamenti tra risultati e previsioni, svolta ad elevati livelli di analisi e di dettaglio per raccogliere e diffondere informazioni sui risultati della gestione organizzate in specifici *report*, con lo scopo da un lato di correggere quando necessario le attività operative, fermi restando le strategie, le risorse, gli obiettivi, e dall'altro lato di segnalare l'eventuale insorgere di problemi tali da rendere necessari interventi sul piano strategico.

L'evoluzione dei contesti ambientali<sup>98</sup> secondo caratteri di varietà e di variabilità dei problemi e la conseguente evoluzione delle risposte produttive delle

---

<sup>97</sup> “*Corporate Sustainability Measuring and Reporting (lezioni) del Prof. Alberto Pastore*” Federmanager.

<sup>98</sup> Trasparenza: le attività dell'azienda rappresentano l'interesse principale degli stakeholder (imprese, investitori). La trasparenza delle informazioni non finanziarie riguardanti temi quali ESG (ambientali, sociali e di governance) contrasta il greenwashing. Coinvolgimento: le aziende che rendicontano su aspetti ambientali e sociali sono più apprezzate dagli investitori, emerge la richiesta di maggiore diffusione delle informazioni non finanziarie che assieme a quelle finanziarie rappresentano la base per le scelte di investimento. Sensibilizzazione: la diffusione di tematiche sulla sostenibilità crea consapevolezza all'interno dell'azienda. Un percorso di stakeholder engagement consente di

imprese in direzione di crescenti livelli di differenziazione e di innovazione hanno investito anche il *reporting*, ed alle attività di supporto alla gestione operativa si sono affiancate attività di controllo e di comunicazione legate alle funzioni di *management* strategico.

Si parla di *Corporate Reporting*<sup>99</sup> come attività tipica di imprese aventi le caratteristiche di sistemi complessi, aperti ed evolutivi, finalizzata a diffondere in modo sistematico ed interattivo *report* aventi per oggetto le *performance* critiche per il successo economico e la durabilità dell'impresa, a vantaggio di *shareholder* e *stakeholder*. La consapevolezza sempre più diffusa dell'impatto delle attività aziendali sul piano economico, sociale ed ambientale ha poi esteso il *Corporate Reporting* ai temi della Responsabilità Sociale e della Sostenibilità.

Sono oggetti del *Corporate Reporting* informazioni ad elevato livello di aggregazione e di sintesi; capaci di fornire una visione di insieme dei problemi e delle prospettive dell'impresa; con cui supportare i processi decisionali di governo dell'impresa; attraverso i quali mettere in comunicazione *management*, *shareholder* e *stakeholder*.

In questi termini il *Corporate Reporting* si configura come un'attività di supporto al *management* strategico, orientata a rispondere sul piano informativo a specifici fabbisogni informativi e di comunicazione.

Dal punto di vista delle funzioni svolte il *Corporate Reporting* si propone come strumento di governo dell'impresa (come sistema complesso, aperto ed evolutivo); cerca di rispondere ai limiti dei tradizionali sistemi di controllo (uso di valori contabili, informazioni solo sui risultati e non sulle loro determinanti, orientamento a breve termine); sul piano tecnico raccoglie misure dei risultati e degli scostamenti tra risultati ed obiettivi (*lag indicator*) e misure delle determinanti da cui questi risultati dipendono (*lead indicator*); sul piano metodologico esplora e costruisce le condizioni

---

identificare esigenze ed aspettative degli investitori e integrarli nelle strategie aziendali. - [www.bilancioambientale.com](http://www.bilancioambientale.com) – Consultazione del 06/01/2023.

<sup>99</sup> La tassonomia europea è un sistema di classificazione delle attività economiche sostenibili da un punto di vista ambientale per capire quali attività sono sostenibili e quali no. [www.aplanet.org](http://www.aplanet.org) – Consultazione del 06/01/2023

operative aziendali, in quanto progetta i percorsi evolutivi dell'impresa ed orienta di conseguenza il *competence building* quindi le decisioni di sviluppo delle competenze distintive e dei vantaggi competitivi; sul piano manageriale tende ad integrare le dimensioni strategica ed operativa della gestione; sul piano comunicativo promuove l'interazione tra *management, shareholder, stakeholder*.

Il *Corporate Reporting* si esprime attraverso sistemi multi-dimensionali progettati per monitorare attraverso opportuni indicatori chiave, di carattere quantitativo (monetario e non monetario) e qualitativo, ma anche in forma narrativa, variabili legate da relazioni gerarchiche o di interdipendenza, rappresentative di determinanti della creazione di valore (competenze distintive, vantaggi competitivi); della capacità di risposta ai fattori critici di successo del *business* (qualità, prezzo, servizio, personalizzazione, innovazione); dell'impatto sugli *stakeholder* e della capacità di risposta alle loro attese; dell'impatto sul piano economico, sociale ed ambientale.

I sistemi multi-dimensionali progettati per lo svolgimento delle attività di *Corporate Reporting* si sono sviluppati per effetto di due fondamentali determinanti evolutive come l'esigenza di monitorare i processi di creazione di valore, da un punto di vista tanto dei risultati quanto delle loro determinanti, in un'ottica di lungo termine e di sostenibilità (durabilità) del *business*; l'esigenza di *Accountability*<sup>100</sup> verso gli *stakeholder* e sul piano degli impatti economici, sociali ed ambientali delle attività aziendali (*triple bottom line*), superando l'ottica di una esclusiva attenzione agli interessi degli *shareholder*<sup>101</sup>.

---

<sup>100</sup> La missione di Accountability è promuoverla nelle organizzazioni per lo sviluppo sostenibile. Fornisce alle organizzazioni gli strumenti manageriali di verifica e rendicontazione: linee guida basate sulla serie AA1000 sviluppo professionale e certificazione, ricerca applicata e strumenti di advocacy pubblica. Si fonda su un modello di governance innovativo e multistakeholder che prevede la diretta partecipazione di organizzazioni ed individui che si occupano di impresa, organizzazione della società civile e del settore pubblico nei Paesi di tutto il mondo. [www.accountability.or.uk/resources](http://www.accountability.or.uk/resources) - Consultazione del 06/01/2023.

<sup>101</sup> Pier Maria Fernando, *Creazione di valore e reporting integrato nell'evoluzione dei sistemi di controllo*, Giappichelli Editore, anno 2018, pp. 133 e ss.

Già la Costituzione della Repubblica Italiana riconosce all'impresa la natura di attore costitutivo del sistema economico e sociale, di cui però regolare l'azione sul piano della responsabilità sociale.

Nel 2001 la Commissione delle Comunità Europee nel Libro Verde dal titolo "Promuovere un quadro europeo per la responsabilità sociale delle imprese" definisce la responsabilità sociale come "l'integrazione volontaria delle problematiche sociali ed ecologiche nelle operazioni commerciali e nei rapporti delle imprese con gli *stakeholder*" e afferma che al di là delle esigenze regolamentari e convenzionali cui devono comunque conformarsi le imprese dovrebbero sforzarsi di elevare le norme collegate allo sviluppo sociale, alla tutela dell'ambiente ed al rispetto dei diritti fondamentali adottando un sistema di governo aperto, in grado di conciliare gli interessi delle varie parti interessate nell'ambito di un approccio globale della qualità e dello sviluppo sostenibile.<sup>102</sup>

Nel 2011 l'Unione Europea è ritornata sul tema definendo la Responsabilità Sociale come la responsabilità delle imprese per i loro impatti sulla società, cui far fronte integrando gli interessi sociali, ambientali, etici e per i diritti umani nella loro strategia e nella loro gestione, in stretta collaborazione con i loro *shareholders*.

Per agevolare la diffusione della comunicazione/rendicontazione socio-ambientale, diversi organismi a livello nazionale ed internazionale hanno proposto modelli di riferimento che possono essere utilizzati dalle imprese che intendono misurarsi con questo impegno.

Viene presentato il modello AA1000 (*AccountAbility 1000*) ossia uno standard di processo sviluppato dall'*Institute of Social and Ethical Accountability* a partire dal 1999. Tale modello fornisce principi ed enuncia fasi del processo in base al quale

---

<sup>102</sup> COMMISSIONE DELLE COMUNITA' EUROPEE, *Libro Verde. Promuovere un quadro europeo per la responsabilità sociale delle imprese*, Bruxelles, 18 luglio 2001.

gestire la redazione di un Bilancio Sociale senza prescrivere particolari contenuti ed essendo compatibile con diversi possibili *standard*<sup>103</sup>.

Secondo AA1000 il processo di rendicontazione deve articolarsi nelle seguenti fasi:

- a) Planning; definire valori e obiettivi sociali ed etici dell'organizzazione ed identificare gli *stakeholder*;
- b) Accounting; predisporre il sistema di raccolta delle informazioni rilevanti per la misurazione delle *performance*;
- c) Reporting; comunicare agli *stakeholder* le *performance* anche in funzione di una raccolta di *feed-back*;
- d) Auditing; verifica di una terza parte indipendente;
- e) Embedding; attivazione di strumenti per rafforzare il processo ed integrarlo nei sistemi di *governance*;
- f) Stakeholder engagement; coinvolgimento degli *stakeholder* nelle diverse fasi del processo.

I principi di qualità della rendicontazione sono:

- 1) Accountability; è il richiamo alla necessità per l'organizzazione di rendere conto responsabilmente delle proprie azioni attraverso il *reporting*;
- 2) Inclusione; è l'impegno al coinvolgimento nel processo di "tutti" gli *stakeholder*, a prescindere dalla loro capacità di "farsi ascoltare";

---

<sup>103</sup> L'adozione di uno standard di riferimento per la rendicontazione etico-sociale rappresenta un'evoluzione significativa della cultura aziendale e un rinnovamento del concetto di impresa. Sostenere la governance aziendale, migliorando i rapporti di partnership strutturando gli indicatori chiave di performance sociale; migliorare le proprie prestazioni ambientali, sociali ed economiche secondo l'approccio internazionale Triple Bottom Line attraverso l'adozione di una strategia aziendale per la sostenibilità nello spirito del miglioramento continuo. [www.argoconsult.it/rendicontazione sociale/](http://www.argoconsult.it/rendicontazione sociale/) - Consultazione del 06/01/2023.

3) *Rilevanza*; è la capacità delle informazioni fornite di assicurare la comprensione delle criticità del comportamento dell'organizzazione sul piano etico-sociale;

4) *Rispondenza*; è la coerenza con le attese informative degli *stakeholder*.

AA1000<sup>104</sup> considera momenti rilevanti del processo della revisione indipendente ed il coinvolgimento degli *stakeholder*.

Va osservato che le fasi ed i principi di qualità enunciati da AA1000 si ritrovano, salvo integrazioni e marginali variazioni, in tutti i principali modelli di *Corporate Reporting*.

Per quanto riguarda gli Standard di contenuto, la loro proposta ha dato luogo ad una pluralità di modelli di *Corporate Reporting*:

- 1) Il *Reporting* per la sostenibilità del *business*: *Balanced ScoreCard*, *Intellectual Capital*, *Skandia Navigator*, *WICI Intangibles Reporting Framework*;
- 2) Il *Reporting multistakeholder*: il Bilancio Sociale *GBS* ed il Bilancio di sostenibilità *GRI*;
- 3) Il *Reporting* integrato: l'*International Integrated Reporting Framework*.<sup>105</sup>

In sostanza un Bilancio di Sostenibilità può costituire uno strumento di valutazione e di programmazione in grado di coprire l'intero spettro delle attività e dei progetti svolti dall'organizzazione sia in campo ambientale, sia in campo sociale; uno strumento di coordinamento sia rispetto alle diverse funzioni interne, sia rispetto alle organizzazioni esterne che entrano in contatto con l'organizzazione; uno strumento di comunicazione in grado di fornire ai cittadini e alle altre autorità locali, un quadro complessivo dell'attività svolta dall'organizzazione.

---

<sup>104</sup> Il Manuale dello Stakeholder Engagement – dalle parole ai fatti, Thomas Krick, Maya Forstater, Philip Monaghan, Maria Sillampaa. I Edizione, ottobre 2005 – *Consultazione del 06/01/2023*

<sup>105</sup> Pier Maria Fernando, *Creazione di valore e reporting integrato nell'evoluzione dei sistemi di controllo*, Giappichelli Editore, anno 2018, pp. 151, 152,153.

Nel *Report* un'impresa deve indicare informazioni inerenti il profilo organizzativo, la struttura di *governance*, il settore di riferimento, con l'obiettivo di avere una visione completa dell'azienda tale da poter effettuare un *benchmark* con le aziende operanti nel medesimo settore.

Tre sono i pilastri a cui si fa riferimento ai fini della stesura del *Global Reporting Initiative (GRI)*:

- 1) Verificabilità;
- 2) Trasparenza;
- 3) Inclusività.<sup>106</sup>

Le informazioni contenute nel GRI devono essere chiare, verificabili e veritiere al fine di analizzare le tendenze e proporre un confronto.

I *report* di sostenibilità stanno diventando sempre più una nuova tendenza per le organizzazioni che vorrebbero integrare nei report aziendali la parte finanziaria insieme a quella economica, ambientale e sociale.

I *report* consentono di allineare le scelte dell'organizzazione con le aspettative degli *stakeholder* migliorando la qualità delle relazioni.

Nella redazione dei *report* l'organizzazione è chiamata a definire indicatori relativi a parametri chiave, a misurarsi in base a quelli e dunque a definire politiche, strategie e processi volti ad allineare gli sforzi dell'organizzazione verso i parametri chiave richiesti dal *Framework*.

I report di sostenibilità permettono alle aziende di ottenere benefici quali il miglioramento della reputazione e dell'immagine (in quanto la reputazione di un'organizzazione è funzione del modo in cui questa è percepita dagli *stakeholder*; allineamento dei bisogni degli *stakeholder* con la gestione; capacità di attrarre e

---

<sup>106</sup> Si fa riferimento alle B-Corporation: così si identificano tutte quelle aziende che adottano un nuovo modello di impresa con una duplice finalità. Queste aziende presenti in più di 70 Paesi e in 150 settori si impegnano in un più evoluto paradigma del business che prevede il mantenimento di determinati standard come la trasparenza e la responsabilità, nel rispetto di tutti gli stakeholder. Tali aziende fanno del profitto solo uno degli aspetti, l'altro ugualmente importante è l'impegno nel massimizzare l'impatto positivo verso l'ambiente e la comunità aziendale. <http://blog.inventolab.com/b-corporation-italiane-trasparenza-sostenibilita-e-inclusione/> - Consultazione del 06/01/2023

mantenere i migliori dipendenti; migliorare l'accesso al mercato di riferimento; riduzione dei costi (in quanto l'organizzazione è portata a cercare un utilizzo più efficiente delle risorse nonché fonti di energia alternativa); innovazione (legato sia alla necessità di cercare nuovi processi operativi ed industriali più efficienti e che facciano uso di risorse rinnovabili, sia legato alla tendenza da parte dell'organizzazione di cercare di allineare le proprie attività di ricerca e sviluppo con le aspettative dei suoi *stakeholder*)<sup>107</sup>.

Per *Corporate Social Responsibility* (CSR) si intende un nuovo approccio strategico alla gestione d'impresa, basato su una visione relazionale: innovazione per la sostenibilità dell'azienda (*Corporate Sustainability*) e dello *stakeholder network* in cui questa è inserita.

Nell'attuale contesto sociale ogni organizzazione ha bisogno di legittimazione e consenso per poter operare. Questo non vale solo per le imprese, ma anche per la realtà politico-istituzionale e per la Pubblica Amministrazione. Ogni istituzione è parte di un *network* più ampio di relazioni da cui si ottiene le ragioni e le risorse per la propria esistenza e per il proprio sviluppo; la centralità delle relazioni viene vista come nuovo *asset* strategico per il successo e la sopravvivenza duratura delle organizzazioni.

Non esistono più centri decisionali autonomi, estranei al giudizio dei cittadini in quanto consumatori, clienti, elettori, collaboratori, fornitori, membri di una comunità o di un gruppo di interessi. L'informazione è a disposizione di tutti e tutti possono esercitare la loro forma di giudizio in forme e in momenti diversi.

L'impresa affonda le sue radici nella società e focalizzando l'attenzione sulla realtà italiana, l'interazione impresa-società è, ad esempio, alla base del successo delle piccole e medie imprese (PMI) organizzate, in prevalenza, in distretti, in *cluster*, in sistemi territoriali.

Se, un tempo, l'impresa globale poteva ignorare o gestire in via residuale i problemi generati dalle interazioni con le differenti comunità locali in cui operava,

---

<sup>107</sup> Tra *innovazione e sostenibilità. Verso un modello di business sostenibile*, Roberto RUGGIERI, Cedam, 2012 pp. 27 e ss.

adesso e ancora di più in futuro le reti di informazione (da *internet* ai *mass media*) creano effetti dirompenti sulle relazioni dell'impresa con i differenti mercati e i diversi *stakeholder*.

L'obiettivo finale dell'impresa è creare valore, i processi sottostanti devono essere sostenibili, ossia durevoli nel tempo, in quanto capaci di coinvolgere e remunerare i vari *stakeholder* che apportano risorse funzionali al successo duraturo dell'organizzazione. Questo significa che tali processi devono valorizzare e consolidare le relazioni, assicurandone la sostenibilità.

Dunque, si parla del concetto di valore sostenibile per relazioni sostenibili, il c.d. *stakeholder value*<sup>108</sup> che può assumere diverse forme come un'adeguata remunerazione per soci ed azionisti, garantita da un'attenta gestione del profilo di rischio e associata a modelli di governo dell'impresa, che sappiano unire efficienza con trasparenza, pluralità e tutela delle minoranze; migliori ed appaganti condizioni di lavoro per i collaboratori, che ne esaltino abilità e capacità, ed assicurino un ambiente organizzativo improntato a valori alti e condivisi; sistemi d'offerta innovativi in grado di soddisfare appieno le esigenze, esplicite o inesprese, della clientela; "*Knowledge sharing*"<sup>109</sup> e *comakership* con i fornitori per assicurare rapporti fondati non su una logica di competizione, ma di collaborazione duratura.

Relazioni chiare e trasparenti con i *partner* finanziari (in particolare, banche ed assicurazioni); ruolo propulsivo e innovativo nelle comunità, da parte dell'impresa, in quanto vero e proprio motore di sviluppo e luogo di innovazione, pure in termini

---

<sup>108</sup> La relazione fra il valore dell'azienda e le politiche ESG è un tema assai dibattuto ed interessante non solo per la sua indubbia attualità ma anche perché chiave nel dibattito circa la sostenibilità degli investimenti connessi ed il ritorno per gli azionisti e per la collettività. Questa relazione varia tra Paesi, settori, economie e contesti istituzionali in connessione al momento sociale, alla struttura normativa ed alle aspettative degli stakeholder con lo scopo di incrementare il valore dell'impresa. In tale prospettiva EY ha sviluppato modelli proprietari che permettono di effettuare analisi comparate di scenario e determinare impatti a breve e lungo termine di scelte aziendali e strategiche intorno al tema della *Sustainability*. Il valore della sostenibilità nella strategia delle aziende. [www.repubblica.it/green-and-blue/dossier/futuri-sostenibili/2022/03/14/news/il\\_valore\\_della\\_sostenibilita\\_nella\\_strategia\\_delle\\_aziende-341387276/Consultazione\\_del\\_06/01/2023](http://www.repubblica.it/green-and-blue/dossier/futuri-sostenibili/2022/03/14/news/il_valore_della_sostenibilita_nella_strategia_delle_aziende-341387276/Consultazione_del_06/01/2023).

<sup>109</sup> Il *Knowledge Sharing* è un sistema per accrescere il potere competitivo delle organizzazioni e migliorarne l'efficienza attraverso la condivisione, la valorizzazione e l'accrescimento del Capitale Intellettuale.

sociali; attenzione all'ambiente (e ai diritti delle generazioni future) grazie a pratiche sostenibili orientate alla piena tutela delle risorse naturali (tra cui alcuni fondamentali beni comuni, come l'acqua, l'aria, il suolo), attraverso una minimizzazione dell'impronta ecologica complessiva e la capacità di lavorare in chiave sistemica.

Alla luce di quanto esposto, la *CSR* diviene, da integrazione, su base volontaria, da parte delle imprese, delle istanze sociali ed ambientali nelle loro attività e nella loro interazione con gli *Stakeholder*, orientamento strategico cruciale per gestire l'azienda.

L'approccio strategico alla gestione d'impresa costituito da questa *CSR* relazionale implica e richiede innovazione: innovazione al fine di rendere la *value proposition* attrattiva per i portatori d'interessi e innovazione nella definizione e nel consolidamento della *stakeholder relationship*. Innovazione non solo di tipo tecnologico ma anche a livello organizzativo manageriale: sono infatti necessarie nuove forme di coinvolgimento degli *stakeholder*.

Un altro aspetto caratterizzante la *Corporate Social Responsibility* è la volontarietà: sotto quest'ottica la *CSR* può anche essere definita come l'integrazione di base volontaria da parte delle imprese, delle istanze sociali ed ecologiche nelle loro operazioni commerciali e nei loro rapporti con le parti interessate.

Il tema dell'*Accountability* (cioè del rendere conto del proprio agire) e della responsabilità sociale negli ultimi anni è sempre più attuale e la *CSR* è promossa ed incentivata a livello internazionale.

Un'impresa deve andare al di là degli obblighi giuridici, distinguendosi e facendosi conoscere soprattutto per l'azione benefica nei confronti della società, per la sua capacità non solo di gestire il suo impatto con l'ambiente economico ed istituzionale in cui opera ma anche e soprattutto di stimolare il "*Goodwill*" dei consumatori.

Possiamo distinguere tre differenti approcci alla *CSR* come quello orientato al profitto, l'approccio *multi-stakeholder* e approccio orientamento sociale. Il primo non crede alla responsabilità sociale, l'unico obiettivo aziendale è volto alla

produzione di reddito. Si guarda all'azienda solo sotto il punto di vista dei profitti<sup>110</sup> che essa è in grado di generare, una visione che può andare bene solo nel breve termine ma nel lungo risulta inappropriata in quanto è impensabile che l'azienda basandosi su una logica unitaria, possa sopravvivere nel lungo termine.

Secondo l'approccio *multi-stakeholder* il successo dell'impresa è funzione sia del profitto che del successo sociale: l'impresa deve bilanciare gli interessi di tutti gli *stakeholder*, sviluppando relazioni di lungo termine sia con quelli interni che esterni generando fiducia e buona reputazione. Essere quindi socialmente responsabili significa non solo soddisfare pienamente gli obblighi giuridici applicabili ma anche andare oltre, attraverso investimenti in capitale umano, nell'ambiente e nelle parti interessate, esponendo un modello di *governance* allargata, in cui chi governa l'impresa ha responsabilità che vanno dall'osservanza dei doveri fiduciari sia nei riguardi della proprietà che dei vari *stakeholder*.

Un'altra versione di questo approccio prevede un modello basato sul corretto bilanciamento tra dimensione sociale, economica ed ambientale. Le tre dimensioni hanno specifici significati: quella sociale, si riferisce alle relazioni che l'impresa ha con i suoi dipendenti; quella economica, si riferisce alle interazioni dell'impresa con gli svariati clienti e fornitori, e tale rapporto è di fondamentale importanza in quanto da esso deriva il vantaggio competitivo di cui godrà l'impresa rispetto ai propri *competitors*; quella ambientale deve essere estremamente dinamica in quanto deve saper rispondere tempestivamente ai diversi cambiamenti che le si propongono.

Tra i contributi più interessanti, merita di essere citata la famosa "*Pyramid of Corporate Social Responsibility*"<sup>111</sup> di Carroll (1991) all'interno della quale vengono

---

<sup>110</sup> Assumere che l'unica responsabilità sociale dell'impresa sia quella di generare profitto quindi massimizzarlo, nella convinzione che ciò sia funzionale allo sviluppo del sistema sociale ed alla diffusione del benessere costituisce però un'indicazione solo apparentemente univoca, si procede anche verso un approccio istituzionalista dove ci sono diversi interlocutori e si affronta il tema della responsabilità sociale. Teoria della creazione del valore e responsabilità sociale d'impresa, Pier Maria Ferrando, da *ImpresaProgetto Electronic Journal of Management* n.1-2010. - *Consultazione del 06/01/2023*.

<sup>111</sup> La piramide della CSR è una struttura che guida come e perché un'organizzazione dovrebbe adempiere alle proprie responsabilità sociali. Sviluppato dal professor Archie B. Carroll dell'Università della Georgia che ha adattato il lavoro precedente degli anni 1950. La piramide della RSI si basa su 4 livelli: economico, legale, etico e filantropico. Cos'è la piramide della RSI? [www.fourweekmba.com](http://www.fourweekmba.com) – *Consultazione del 06/01/2022*

inseriti quattro differenti livelli di responsabilità aziendale: l'azienda socialmente responsabile persegue simultaneamente una responsabilità economica, etica, giuridica e umanitaria o filantropica. Tale tema interessante riguarda l'ultimo approccio che è di orientamento sociale e risulta essere un'estensione ulteriore perché prevede che le aziende debbano essere attente alle esigenze dei vari *stakeholder* mantenendo un orientamento sociale.

Tale classificazione distingue la responsabilità etica da quella filantropica, stabilendo che mentre la prima rappresenta una parte rilevante delle responsabilità aziendali relative a finalità sociali da soddisfare, la seconda risponde invece ad una libera scelta di chi governa l'impresa.

Carroll associa le diverse responsabilità dell'impresa ai diversi gradini di cui la piramide si compone:

- alla base troviamo "*be profitable*": l'obiettivo dell'azienda è generare profitto, l'azienda diviene socialmente responsabile perché è conveniente;
- secondo step, "*obey the law*": l'azienda diviene socialmente responsabile per conformarsi agli *standard* legislativi;
- terzo step, "*be ethical*": l'azienda diviene socialmente responsabile perché ciò corrisponde ai valori condivisi a livello di comunità, vuole rispettare gli interessi di tutti i vari *stakeholder*;
- ultimo step, "*be a good corporate citizen*": in tale stadio l'azienda vuole prodigarsi per la comunità, attraverso la promozione di attività filantropiche o di volontariato<sup>112</sup>.

I *Millenium Development Goals*<sup>113</sup> che ricomprendono la sostenibilità ambientale e il *climate change*, non possono essere conseguiti senza le competenze e

---

<sup>112</sup> Tra *innovazione e sostenibilità. Verso un modello di business sostenibile*, Roberto RUGGIERI, Cedam, 2012 pp. 34 e ss.

<sup>113</sup> Gli Obiettivi di Sviluppo del Millennio delle Nazioni Unite sono otto obiettivi che tutti i 191 stati membri dell'ONU si sono impegnati a raggiungere per l'anno 2015. La Dichiarazione del Millennio delle Nazioni Unite, firmata nel settembre del 2000, impegna gli stati a: 1) Sradicare la povertà estrema e la fame; 2) Rendere universale l'istruzione primaria; 3) Promuovere la parità dei sessi e l'autonomia delle donne; 4) Ridurre la mortalità infantile; 5) Migliorare la salute materna; 6)

le risorse delle aziende. In questo quadro, le grandi imprese transnazionali sono in primo luogo chiamate a partecipare alla riprogettazione dei *pattern* di sviluppo globali.

L'Unione Europea punta sulla conoscenza e sulla sostenibilità come forze motrici per lo sviluppo, riconoscendo in tal modo che il futuro dell'Europa risiede nella sua capacità innovativa e nel suo capitale umano, sociale, culturale e ambientale. L'area europea deve fare della conoscenza, dell'intelligenza, della creatività i fattori critici per il proprio successo duraturo (*value-s-based competition*).

Gli ambiti su cui si sta giocando il confronto competitivo sono proprio quelli a più alto valore aggiunto, a più forte contenuto innovativo, valoriale, simbolico, culturale, relazionale, caratterizzati da una superiore qualità economica, sociale e ambientale.

La responsabilità sociale, intesa come nuovo approccio strategico che induce le imprese ad un percorso volto a valorizzare le relazioni con lo "*stakeholder network*" e a realizzare innovazione sociale, ambientale e sostenibile, porta le aziende a cogliere crescenti opportunità imprenditoriali e di mercato nei paesi sviluppati ed in via di sviluppo.

La *CSR* diventa opportunità e punto di partenza per la costruzione di interazioni collaborative e di *partnership* tra soggetti pubblici e privati.

Gli indici di sostenibilità sono divenuti parametri di importanza strategica sia per le aziende che ne fanno parte, grazie alle ricadute positive in termini reputazionali, sia per quegli investitori caratterizzati da una bassa propensione al rischio e con un orientamento al lungo periodo.

Gli indici di sostenibilità sono indicatori che replicano le *performance* finanziarie delle migliori imprese, selezionate in base a variabili ambientali, sociali, di *governance* ed etiche oltre che economiche.

---

Combattere l'HIV/AIDS, la malaria ed altre malattie; 7) Garantire la sostenibilità ambientale; 8) Sviluppare un partenariato mondiale per lo sviluppo.

Nel processo di investimento tali indici possono essere utilizzati per l'analisi degli investimenti, per le analisi di *benchmarking* e di misurazione delle *performance*, per la costruzione del portafoglio.

Il *Domini 400 Social Index*<sup>114</sup> è stato il primo indice di sostenibilità introdotto su scala mondiale nel 1990.

Con il progressivo riconoscimento degli investimenti socialmente responsabili da parte delle imprese e degli investitori sono stati di recente introdotti nuovi indici: il *Down Jones Sustainability Index*<sup>115</sup> (DJSI), *ECPI*, *Ethibel Sustainability Index* (ESI), *FTSE4Good Index*, *Jantzi Social Index*, solo per citare alcuni.

Gli indicatori traducono i problemi di sostenibilità in misure quantificabili che hanno come obiettivo finale quello di aiutare le aziende ad indirizzarsi sugli elementi e sui problemi principali della sostenibilità.

La principale caratteristica degli indicatori è la loro capacità di riassumere, focalizzare e condensare l'enorme complessità del nostro ambiente dinamico in una quantità di informazioni importanti.

I vantaggi derivanti dall'utilizzo di indicatori di sostenibilità sono riconducibili ad almeno tre fattori:

- La Responsabilità Sociale è oggi a pieno titolo parte della cultura di impresa in quanto elemento intrinseco della gestione aziendale;
- È convinzione comune, basata anche sull'esperienza recente, che la sostenibilità è fattore critico di successo e premessa per conseguire risultati durevolmente positivi nel medio e lungo termine;

---

<sup>114</sup> Tradotto dall'inglese – L'MSCI KLD 400 Social Index è stato lanciato nel 1990 ed è progettato per aiutare gli investitori socialmente consapevoli a valutare i fattori sociali e ambientali nelle loro scelte di investimento. E' stato fondato da Amy Domini di KLD come Domini 400 Social Index. [www.en.m.wikipedia.org](http://www.en.m.wikipedia.org) – Consultazione del 06/01/2023.

<sup>115</sup> Il DJSI e il GRI (*Global Reporting Initiative*) sono i più diffusi e adottati dalle società che hanno intrapreso politiche e strategie per lo sviluppo sostenibile e sono interessati a comunicarle all'esterno confrontandosi con le altre società e facendo percepire tali azioni come un valore aggiunto agli occhi del mercato. Comunicare la propria sostenibilità di Guidalberto Gagliardi e Jacopo Roguzzi – *Amministrazione&Finanza* 10/2012 pp. 30-40.

- Impegnarsi in un esercizio di rendicontazione di sostenibilità è utile per tutte le imprese, indipendentemente dalle dimensioni, sia per innescare un confronto ed elaborare un indirizzo circa le priorità rilevanti, sia per comunicare a tutte le terze parti interessate i risultati raggiunti lungo questo percorso<sup>116</sup>.

L'innovazione è concepita come uno dei *driver* principali per poter garantire alle aziende una crescita profittevole e sostenibile nel tempo. L'innovazione è sinonimo di nuove idee che apportano valore aggiunto. Le risposte a sfide come i cambiamenti climatici, l'energia, la sicurezza alimentare, la salute e l'invecchiamento della popolazione possono venire solamente da soluzioni nuove ed innovative. Proprio l'innovazione tecnologica è diventata il fattore determinante del successo competitivo delle imprese, perché permette loro di acquisire e mantenere posizioni di *leadership* sul mercato, ma anche recuperare condizioni di svantaggio competitivo.

Un'impresa che non innova è destinata a restare ai margini del sistema: la possibilità di fornire soluzioni nuove ed efficienti rappresenta la base per la permanenza in un mercato dinamico, internazionale ed in continua evoluzione, caratterizzato dalla presenza simultanea di molteplici attori simili in competizione tra loro.

Le problematiche ambientali, sociali e aziendali inducono il *management* a riorganizzare la produzione ai fini del risparmio e dell'ottimizzazione delle risorse disponibili nell'ottica proprio della sostenibilità. Le imprese tendono ad offrire tecnologie innovative utilizzate nella realizzazione di prodotti tali da contribuire al miglioramento della produttività e al contempo creano esternalità positive grazie all'impegno concreto e all'attenzione rivolta alla tutela ambientale e allo sviluppo sostenibile, il tutto sempre rivolto al raggiungimento di un vantaggio competitivo sostenibile.

---

<sup>116</sup> Tra *innovazione e sostenibilità. Verso un modello di business sostenibile*, Roberto RUGGIERI, Cedam, 2012 pp. 34 e ss.

## Obblighi informativi Environmental Social Governance (ESG)

Secondo il D. Lgs. 254/2016 solamente gli enti di interesse pubblico con più di 500 dipendenti e che abbiano superato determinati limiti dimensionali come il totale dello stato patrimoniale pari ad almeno 20 milioni di euro e totale dei ricavi netti delle vendite e delle prestazioni pari ad almeno 40 milioni di euro devono obbligatoriamente predisporre una Dichiarazione non finanziaria (*DNF*).

L'art. 3 del D. Lgs. N. 254/2016 prevede che la *DNF* copra i temi ambientali, sociali, attinenti al personale, al rispetto dei diritti umani, alla lotta contro la corruzione attiva e passiva, che sono rilevanti tenuto conto delle attività e delle caratteristiche dell'impresa.

Lo strumento principale per la rendicontazione *ESG* è rappresentato dagli *standard* del *Global Reporting Initiative (GRI)*. Tale sistema di *Sustainability Accounting* è utilizzato, nella totalità delle società quotate che realizzano una *DNF* e dalla stragrande maggioranza di quelle che volontariamente decidono di rendicontare in materia di *ESG* attraverso l'utilizzo di un documento autonomo rispetto al bilancio di esercizio oppure consolidato. Le linee guida del *GRI* non sono le uniche usate ed utilizzabili<sup>117</sup>.

La relazione sulla gestione può accogliere indicatori non finanziari che possono essere declinati in ottica di sostenibilità.

In particolare, all'interno della relazione sulla gestione gli aspetti *ESG* sono evidenziati trattando i rischi, l'ambiente e il personale e i valori contabili riportati negli schemi di bilancio. Le informazioni fornite devono essere coerenti con il *business model*.

Ci possono essere rischi di ripercussioni negative sul clima da parte dell'azienda e rischi di transizione (legati ad aspetti di politica ambientale oppure di natura giuridica, tecnologica, di mercato o reputazionale) e rischi fisici (acuti o cronici).

---

<sup>117</sup> Sul mercato ci sono anche altri sistemi e *standard* di rendicontazione come quello dell'IIRC (*International Integrated Reporting Council*), quello del SABS (*Sustainability Accounting Standard Board*) e altri maggiormente focalizzati sugli effetti dei cambiamenti climatici come il *Climate Disclosure Standard Board (CDSB)* e il *Task force on climate related financial disclosure (TCFD)*.

I rischi fisici derivano dalle conseguenze fisiche dei cambiamenti climatici; quelli acuti emergono da particolari fenomeni come quelli meteorologici (tempeste, inondazioni, incendi, ondate di calore), che possono danneggiare gli impianti di produzione e interrompere le catene del valore; rischi fisici cronici che derivano da mutamenti climatici a più lungo termine come i cambiamenti di temperatura, l'innalzamento del livello del mare, la minore disponibilità di acqua, la perdita di biodiversità e i cambiamenti nei terreni e nella produttività del suolo<sup>118</sup>.

Ci sono informative obbligatorie e facoltative:

- quelle obbligatorie, riguardano i morti sul lavoro del personale dipendente per le quali è stata accertata definitivamente una responsabilità aziendale; infortuni gravi sul lavoro; addebiti in ordine alle malattie professionali su dipendenti o ex dipendenti e cause di *mobbing* per cui la società è stata dichiarata definitivamente responsabile, descrivendo natura e entità di tali addebiti; danni causati all'ambiente per cui la società è stata dichiarata colpevole in via definitiva; sanzioni oppure pene definitive inflitte all'impresa per reati o danni ambientali; emissioni di gas ad effetto serra ex Legge n. 316/2004 (obbligatoria per gli impianti soggetti ad *Emission trading scheme* – ETS).

- quelle volontarie sul personale e sull'ambiente che possono riguardare aspetti quali iniziative volte a trasformare precedenti forme di lavoro precario in contratti di lavoro a tempo indeterminato; investimenti in personale (sicurezza) e relativi costi di esercizio; investimenti ambientali e costi ambientali; politiche di smaltimento e riciclaggio dei rifiuti, se rilevanti; certificazioni (SA 8000; EMAS; ISO 14000, ecc); emissioni di gas ad effetto serra Legge n. 316/2004 ed eventuali certificazioni verdi.

Inoltre nella relazione sulla gestione<sup>119</sup> dovrebbero essere riportate informazioni riguardanti la strategia e i programmi adottati dall'impresa nei confronti delle misure di protezione dell'ambiente, in particolare per quanto già riguarda la

---

<sup>118</sup> Vi è in riferimento alle informazioni in materia di ambiente e personale, il documento del Consiglio Nazionale dei Dottori Commercialisti ed Esperti Contabili del 2018 che suddivide informative obbligatorie e facoltative.

<sup>119</sup> Confrontare CNDCEC, documento intitolato “La relazione sulla gestione, art. 2428 del codice civile, La relazione sulla gestione dei bilanci di esercizio alla luce delle novità introdotte dal d. lgs. 32/2007, Informativa sull'ambiente e sul personale, Roma, 11 marzo 2009

prevenzione dell'inquinamento; i miglioramenti apportati nei settori chiave della protezione dell'ambiente; il grado di attuazione delle misure di protezione ambientale già adottate oppure in fase di adozione, al fine di conformarsi alla vigente legislazione o per anticipare futuri requisiti di legge; il grado di efficienza ambientale dell'impresa relativo ai termini di utilizzo dell'energia, dei materiali e dell'acqua, del livello di emissioni e di smaltimento dei rifiuti; il richiamo dell'eventuale relazione ambientale o di sostenibilità, separatamente redatta.

Il documento CNDCEC 2018<sup>120</sup> identifica che, con riferimento al personale, le informazioni possono essere fornite anche in forma tabellare come la composizione del personale e del relativo *turnover*; la formazione realizzata, quella relativa ai processi di trasformazione e di sviluppo aziendale oppure riguardante l'introduzione di tecnologie procedurali, gestionali o industriali innovative; modalità retributive (incentivi al personale, piani di *welfare* aziendale, forme di coinvolgimento dei lavoratori nell'organizzazione del lavoro); misure di sicurezza adottate.

Coerentemente con le prassi di rendicontazione in materia ambientale (EMAS, GRI) gli indicatori chiave dovrebbero riguardare principalmente le seguenti tematiche ambientali fondamentali:

- Efficienza energetica;
- Efficienza dei materiali;
- Acqua;
- Rifiuti;
- Biodiversità;
- Emissioni.

---

<sup>120</sup> Il documento esamina più specificamente le modalità con cui determinare ed esporre le "informazioni attinenti all'ambiente e al personale". Il CNDCEC ritiene che le società siano chiamate ad ispirare sempre più le proprie strategie e politiche gestionali alla *Corporate Social Responsibility* nonché a rendere conto in modo più trasparente della propria attività agli *stakeholder* e non solo agli *shareholder*. CNDCEC, Gruppo Bilancio ambientale e sostenibilità, La relazione sulla gestione, informativa sull'ambiente e sul personale, 11 marzo 2009, *Executive Summary*, pp. 4 e ss.

Sul fronte delle informazioni sui valori contabili riportati sugli schemi di bilancio, si ritiene che possano essere oggetto di specifica *disclosure* alcuni dettagli inerenti i costi e gli investimenti “sostenibili”; i ricavi da attività “sostenibili”; i fondi per rischi e oneri.

Recentemente il *Reg. 2020/852* che identifica come sostenibili gli investimenti rivolti a supportare il raggiungimento dei seguenti obiettivi: mitigazione del cambiamento climatico; adattamento allo stesso; uso sostenibile e protezione delle risorse idriche e marine; transizione verso l’economia circolare con riferimento anche alla riduzione o al riciclo dei rifiuti; prevenzione e controllo dell’inquinamento; protezione della biodiversità e della salute degli ecosistemi.<sup>121</sup>

I temi legati alla sostenibilità sono importanti per la competitività, nel medio lungo termine le società devono essere sempre più attente all’impatto ambientale e così avranno dei risultati migliori grazie ad una *governance* attenta a tali elementi ed all’attenzione nella programmazione. Sempre più imprese hanno iniziato a dar maggior peso all’impatto redigendo il bilancio di sostenibilità. Impatto e sostenibilità da elementi laterali stanno diventando centrali: l’impatto entra a far parte del DNA della società come una tripla elica rischio-rendimento-impatto.<sup>122</sup>

Un esempio lo si trova nelle società *benefit* che sono tra quei soggetti che statutariamente inglobano la ricerca dell’impatto sociale nel proprio *business*. Sono *benefit* le società che, nell’esercizio di un’attività economica, oltre allo scopo di dividerne gli utili, perseguono una o più finalità di beneficio comune e operano in modo responsabile, sostenibile e trasparente nei confronti di persone, comunità, territori e ambiente, beni ed attività culturali e sociali, enti, associazioni ed altri portatori di interesse. La società *benefit* non si limita a rendicontare la propria sostenibilità ma affronta un processo che incorpora un obiettivo benefico comune nel

---

<sup>121</sup> Bilancio e Revisione 11, Ipsa, 2021, Dichiarazione non finanziaria: “Dal bilancio *ESG* al *report* di sostenibilità tra *compliance* e *forward looking*” di Maurizio Cisi e Fabio Sansalvadore; pp. 33-39.

<sup>122</sup> Bilancio e Revisione 7, Ipsa, 2022, Dichiarazione non finanziaria: “La relazione di impatto delle società *benefit*” di Roberto Drisaldi; pp. 17 e ss.

proprio modo di fare impresa. Non si tratta di filantropia o di terzo settore: le società *benefit* si pongono nell'ottica di scambiare un'unità di profitto per una di impatto.

Questo si traduce nella necessità di prevedere nella programmazione dell'attività (e quindi nei documenti gestionali preventivi quali i *budget* ed i *business plan*) maggiori oneri o minori rendimenti per conseguire un impatto.

Non basta destinare alla sostenibilità una parte del risultato netto consuntivo, occorre che l'impatto sia previsto in voci di conto economico poste "più in alto" e quindi ricavi operativi o costi operativi.

La società *benefit* si inserisce quindi come soggetto ibrido all'interno di un *continuum* tra *profit* e *no profit*: non esiste più una netta dicotomia tra questi due estremi.

Cos'è l'impatto sociale e come si misura? L'impatto sociale è l'effetto che le azioni in un'organizzazione hanno sulla comunità di riferimento<sup>123</sup>.

La definizione di impatto si basa su tre criteri ossia l'intenzionalità, l'addizionalità e la misurabilità.

L'intenzionalità è l'esplicita volontà di incorporare nel modello aziendale la ricerca di una soluzione ad un problema comunitario e la generazione di un impatto sociale positivo. L'intenzionalità distingue l'impatto dall'esternalità.

L'addizionalità significa che l'organizzazione deve agire nei campi in cui i meccanismi di mercato falliscono o funzionano solo parzialmente.

La misurabilità è la capacità dell'organizzazione di rendicontare la soluzione sociale proposta in termini quantitativi e qualitativi.

Per calcolare accuratamente l'impatto sociale<sup>124</sup> è necessario regolare i risultati per:

---

<sup>123</sup> La misurazione dell'impatto sociale: principi e linee guida, in P.B. Biancone – S. Secinaro, La valutazione dell'impatto sociale. Aspetti metodologici e applicativi, Pearson Italia, 2020, pag. 28.

<sup>124</sup> Misurarsi per dimostrare la propria credibilità e comunicare come le proprie attività inducano cambiamenti sulla comunità per renderle più inclusive, sostenibili e coese è una delle sfide del terzo settore. Per farlo al meglio, seguendo criteri e metodologie condivise, sono state licenziate le linee guida ministeriali sulla valutazione dell'impatto sociale, uno degli strumenti di trasparenza previsti

- a) Cosa sarebbe successo comunque (*deadweight*);
- b) L'azione di altri ("attribuzione");
- c) In che misura è probabile che il risultato dell'intervento iniziale venga ridotto nel tempo (*drop off*);
- d) In che misura la situazione originale è stata spostata altrove o gli esiti hanno sostituito altri esiti positivi ("spostamento") e per conseguenze indesiderate (che potrebbero essere positive o negative).

Per misurare correttamente l'impatto è importante distinguere causalità da correlazioni. Un elemento essenziale per evitare di includere nella rendicontazione effetti non causati ma solo correlati: occorre confrontare i risultati dell'intervento dell'organizzazione con quelli di un gruppo di controllo o con un *benchmark* di riferimento o, in alternativa, con serie storiche comparabili.

La misurazione dell'impatto è fondamentale in tutte le fasi del processo sia *ex ante* per pianificare le attività, sia in corso per gestire l'implementazione; infine, *ex post* per verificare i risultati raggiunti.

La rappresentazione di questo processo viene normalmente effettuata tramite la c.d. catena del valore che è composta da *input*, inteso come ciò che viene utilizzato, le risorse investite nell'attività che possono includere denaro, competenze, tempo di individui ed organizzazioni; *attività* che rappresenta quello che viene realizzato; *output*, che è il risultato dell'attività (viene rendicontato col bilancio di esercizio); *outcome*, è il cambiamento nel breve termine nella vita dei beneficiari diretti dell'intervento (viene misurato col bilancio di sostenibilità); *impatto*, è il cambiamento in ambito sociale, ambientale ed economico causato all'organizzazione su tutti i beneficiari diretti e indiretti nel medio/lungo termine.

La società *benefit* redige annualmente una relazione concernente il perseguimento del beneficio comune da allegare al bilancio societario.

---

dalla nuova normativa. Valutazione dell'impatto sociale: ecco le linee guida, di Lara Esposito, 13 settembre 2019 – *Consultazione del 07/01/2023*.

La prima parte della relazione dovrebbe esporre il c.d. *Impact Statement*, quindi cos'è l'impatto per l'organizzazione, la c.d. *Impact Mission*, cioè come l'organizzazione intende conseguire quell'impatto.

A prescindere dalla metodologia utilizzata, la sezione dovrebbe contenere l'identificazione degli *stakeholder*<sup>125</sup>.

Gli *stakeholder* comprendono organismi collettivi o singoli i cui diritti, secondo la legge o le convenzioni internazionali, forniscono loro la possibilità di presentare legittime rivendicazioni all'organizzazione.

Gli *stakeholder* possono comprendere persone coinvolte direttamente nell'organizzazione (come dipendenti e azionisti), e persone che intrattengono rapporti diversi dai dipendenti, fornitori, categorie vulnerabili, comunità locali, ONG, o altre organizzazioni della società civile, suddividendoli tra interni ed esterni e tra diretti ed indiretti. La relazione di impatto dovrebbe quindi rappresentare quali temi rilevanti sono stati individuati dall'organizzazione sulla base del principio di materialità, tenuto conto della rilevanza degli impatti economici, ambientali e sociali dell'organizzazione; della loro influenza concreta sulle valutazioni e sulle decisioni degli *stakeholder*. Al fine di identificare gli obiettivi da conseguire, un efficace approccio può essere quello di fare riferimento a quelli individuati dall'Agenda 2030<sup>126</sup> delle Nazioni Unite per lo sviluppo sostenibile, che sta svolgendo il ruolo di guida per l'azione dei vari livelli istituzionali.

L'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile è un programma d'azione per le persone, il pianeta e la prosperità sottoscritto nel settembre 2015 dai governi dei 193 Paesi membri dell'ONU. Essa ingloba 17 obiettivi per lo sviluppo sostenibile – *Sustainable Development Goals*, SDGs – in un grande programma d'azione per un totale di 169 *target* o traguardi. L'avvio ufficiale degli obiettivi per lo sviluppo

---

<sup>125</sup> Per *stakeholder* si intende un'entità o individuo che può ragionevolmente essere influenzato in modo significativo dalle attività, dai prodotti e dai servizi dell'organizzazione o le cui azioni possono ragionevolmente incidere sulla capacità dell'organizzazione di attuare con successo le proprie strategie e raggiungere i proprio obiettivi.

<sup>126</sup> I 17 obiettivi per lo sviluppo sostenibile tra cui il decimo riguarda la riduzione delle disuguaglianze all'interno dei e fra i Paesi, da l'Agenda 2030 per uno sviluppo sostenibile. [www.eda.admin.ch/agenda2030](http://www.eda.admin.ch/agenda2030) - Consultazione del 07/01/2023

sostenibile ha coinciso con l'inizio del 2016, guidando il mondo sulla strada da percorrere nell'arco dei prossimi 15 anni: i Paesi si sono impegnati a raggiungerli entro il 2030.

Più in dettaglio, sono stati individuati 17 obiettivi specifici per lo sviluppo sostenibile: sconfiggere la povertà; sconfiggere la fame; salute e benessere; istruzione di qualità; parità di genere; acqua pulita e servizi igienico-sanitari; energia pulita ed accessibile; lavoro dignitoso e crescita economica; imprese, innovazione ed infrastrutture; ridurre le disuguaglianze; città e comunità sostenibili; consumo e produzione responsabili; lotta contro il cambiamento climatico; la vita sott'acqua; la vita sulla terra; pace, giustizia ed istituzioni solide; *partnership* per gli obiettivi.

Gli obiettivi per lo sviluppo danno seguito ai risultati degli obiettivi di sviluppo del millennio<sup>127</sup> (*Millenium Development Goals*) che li hanno preceduti, e rappresentano obiettivi comuni su un insieme di questioni importanti per lo sviluppo: la lotta alla povertà, l'eliminazione della fame e il contrasto al cambiamento climatico.

Obiettivi comuni significa che essi riguardano tutti i Paesi e tutti gli individui: nessuno ne è escluso, né deve essere lasciato indietro lungo il cammino necessario per portare il mondo sulla strada della sostenibilità.

Lo sviluppo sostenibile è definito come uno sviluppo che soddisfa i bisogni del presente senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare i propri bisogni. Per raggiungere uno sviluppo sostenibile è importante armonizzare tre elementi fondamentali: la crescita economica, l'inclusione sociale e la tutela dell'ambiente.

Annualmente viene redatto un *report* per monitorare i progressi sugli obiettivi globali per il 2030. L'ultimo *report* a livello globale disponibile è stato pubblicato il 14 giugno 2021 e mostra per la prima volta dall'adozione degli Obiettivi per lo

---

<sup>127</sup> Gli Obiettivi di Sviluppo del Millennio erano otto obiettivi di sviluppo internazionale per l'anno 2015 che erano stati stabiliti a seguito del Vertice del Millennio delle Nazioni Unite nel 2000, a seguito dell'adozione della Dichiarazione del Millennio delle Nazioni Unite. Wikipedia Obiettivi di sviluppo del Millennio, *Consultazione del 07/01/2023*.

Sviluppo Sostenibile (OSS) nel 2015 da parte della comunità internazionale una diminuzione del *SDG Index*.<sup>128</sup>

Gli *standard* più affermati sono:

a) La *Global Reporting Initiative* fondata a Boston nel 1997 in seguito alla protesta pubblica per i danni ambientali causati dalla fuoriuscita di petrolio dalla Exxon Valdez: l'obiettivo era creare il primo meccanismo di responsabilità per garantire che le aziende aderissero a principi di condotta ambientale responsabile. L'obiettivo è stato ampliato per includere questioni sociali, economiche e di *governance*. Lo *standard* è nato per le grandi imprese nell'ambito della *Non Financial Disclosure*.

b) *Impact Assessment* è uno *standard* sviluppato da *B Lab*, l'entità di diritto privato che rilascia la certificazione *B Corp*. La metodologia si basa su un questionario adattivo a seconda delle risposte fornite dall'organizzazione raggruppate nelle seguenti aree: *governance*, lavoratori, comunità, ambiente e clienti. L'esito è un punteggio su una scala da 0 a 200. Il punteggio minimo per conseguire la certificazione è 80/200. La valutazione *B Impact* non assiste la società nel processo ma è un buon punto di partenza per valutare il proprio posizionamento e, anche grazie alla sua semplice fruibilità, costituisce uno degli *standard* più utilizzati dalle società *benefit*.

c) SROI<sup>129</sup> è un metodo per misurare i valori che tradizionalmente non si riflettono nei rendiconti finanziari, inclusi i fattori sociali, economici ed ambientali, che possono identificare l'efficacia con cui un'organizzazione utilizza il proprio capitale e altre risorse per creare valore per la comunità.

---

<sup>128</sup> Bilancio e Revisione 7, Ipsa, 2022, Dichiarazione non finanziaria: "La relazione di impatto delle società benefit" di Roberto Drisaldi; pp. 21 e ss.

<sup>129</sup> Misurare l'indice SROI permette alle aziende e/o alle organizzazioni di misurare l'impatto dei propri investimenti o iniziative di welfare aziendale in termini di rendimento sociale. Consente alle imprese ed alle organizzazioni con un impatto sociale di migliorare la propria strategia di comunicazione e *accountability*. Analisi SROI, come si misura il rendimento sociale di un'impresa [www.arcolab.org/analisi-sroi](http://www.arcolab.org/analisi-sroi) - Consultazione del 07/01/2023.

Mentre un'analisi costi-benefici tradizionale viene utilizzata per confrontare i diversi investimenti o i progetti, lo SROI *ratio* viene utilizzato per valutare l'andamento generale di determinati sviluppi mostrando l'impatto sia finanziario che sociale dell'azienda.

d) Lo SROI *ratio* è il ritorno sociale dell'investimento: il suo pregio è la semplicità perché il risultato è un numero naturale: è un indice che misura il rapporto tra il valore dell'impatto generato dall'intervento e il valore totale per realizzare l'investimento, dove per valore totale generato dall'intervento si intende il cambiamento generato per il valore monetario del cambiamento (positivo e negativo) al netto di ciò che non può essere attribuito all'intervento.

e) Gli *SDG Impact Standards* sono stati sviluppati da *SDG Impact* – un'iniziativa del programma di sviluppo delle Nazioni Unite (UNDP) – per aiutare gli investitori e le imprese ad operare in modo più sostenibile e contribuire positivamente allo sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite (SDG). Esistono degli *standard* destinati agli enti finanziari ed alle imprese. L'*SDG Impact standard* è molto interessante in termini di processo perché aiuta le organizzazioni a perseguire le proprie finalità di impatto oltre che a valutarle. Gli *standard* vengono forniti alle organizzazioni come guida di *best practice* per aiutarle ad operare in modo sostenibile, integrando pratiche di *business* e di gestione dell'impatto nei loro sistemi organizzativi e nel processo decisionale.

f) *Theory of Change*<sup>130</sup> (ToC), la teoria del cambiamento non è solo una metodologia ma anche uno strumento di progettazione dei processi aziendali: si tratta di un modello logico di descrizione e di pianificazione strategica, che permette all'organizzazione di identificare i risultati che si desidera conseguire e, sulla base di questi, dettagliare la sequenza di attività per realizzare un dato cambiamento sociale. Essa si basa sulla catena del valore al contrario: si parte dall'identificazione degli impatti per risalire al

---

<sup>130</sup> La ToC è adottata dalla *European Venture Philanthropy Association (EVPA)* partner Dipartimento Occupazione, affari sociali e inclusione della Commissione Europea.

contrario agli *outcome*, agli *output*, ed alle attività. La ToC si articola sullo studio della catena causale che collega i vari elementi, ricercando in particolare il nesso tra gli *input* utilizzati e le attività intraprese, tra le attività e gli *output* e gli *outcome* conseguiti ed infine tra questi e gli impatti finali. Nella formulazione della ToC assumono centralità tre elementi chiave: l'individuazione dei nessi logici (*rationales*) tra impatto desiderato ed azioni che si intendono porre in atto; l'analisi delle ipotesi (*assumptions*) sulla base delle quali si ritiene possibile che l'impatto si generi; la narrazione del cambiamento che consente di tracciare le linee del cambiamento e delle condizioni perché esso si generi. La valutazione è incorporata nel processo: l'organizzazione deve individuare uno o più indicatori su misura per apprezzare il raggiungimento o meno degli *outcome* e impatti.

g) *L'Impact Management Project (IMP)* è un'organizzazione che ha l'obiettivo di costruire un consenso globale su come misurare e gestire l'impatto. Il lavoro si basa sulla condivisione con una rete di persone ed organizzazioni a vario titolo coinvolti nella valutazione dell'impatto sociale.

Affrontare i rischi di impatto aiuta le organizzazioni a progettare la propria strategia. Esiste una guida che aiuta le organizzazioni a valutare il proprio impatto sulla base di questionari sottoposti agli *stakeholder*.

h) Infine, *l'Impact-Weighted Accounts (IWA)*<sup>131</sup> è uno *standard* in corso di sviluppo dalla *Harvard Business School*<sup>132</sup>: “*La missione del progetto è guidare la creazione di conti finanziari che riflettono le prestazioni finanziarie, sociali e ambientali di un'azienda. La nostra ambizione è creare rendiconti contabili che catturino in modo trasparente gli impatti esterni in un modo che guidi il processo decisionale degli investitori e dei dirigenti*”.

---

<sup>131</sup> La filosofia della IWA è quella di monetizzazione dell'impatto dal punto di vista dei lavoratori, delle operazioni, ambientale e sociale e dei prodotti. L'obiettivo è quello di creare un sistema di contabilità finanziaria che incorpori l'impatto dell'azienda, internalizzando tutte le sue esternalità.

<sup>132</sup> Le aziende tra profitto e fini ambientali e sociali a Bolzano George Serafeim della Harvard Business School: come si conciliano per un'azienda obiettivi apparentemente opposti quali la necessità di fare profitto e perseguire fini ambientali e sociali? [www.altoadigeinnovazione.it](http://www.altoadigeinnovazione.it) – Consultazione del 07/01/2023.

Per arrivare ad una contabilità *Impact-Weighted* occorre attribuire un valore monetario agli impatti sociali e ambientali delle aziende. Verranno quindi applicati dei coefficienti dell'impatto alle diverse voci del conto economico dell'impresa per arrivare alla voce del profitto *Impact-Weighted*, che riflette l'impatto dell'organizzazione sull'ambiente, sulle persone, sui clienti. La stessa correzione avverrebbe su attività e passività.<sup>133</sup>

---

<sup>133</sup> Bilancio e Revisione 7, Ipsos, 2022, Dichiarazione non finanziaria: "La relazione di impatto delle società benefit" di Roberto Drisaldi; pp. 23 e ss.

## CAPITOLO 7

### IL CODICE DELLA CRISI, IL PIANO DI RISANAMENTO E LA *BALANCED SCORECARD*

In un mondo in continua evoluzione l'unica certezza è il cambiamento, che, per le aziende disposte ad affrontarlo è, e sarà, fonte di straordinarie opportunità e per quelle imprese che non lo affronteranno, indubbiamente porterà ad avere grosse difficoltà. Non è possibile stare fermi in quanto l'immobilismo distrugge l'azienda e può condurre ad uno stato di declino e di crisi aziendale. Dopo un'approfondita analisi ci si focalizzerà sulla formulazione di un progetto strategico capace di riportare l'azienda in uno stato di equilibrio economico, patrimoniale e finanziario,

Se poi eventualmente ci saranno le condizioni per il successo si procederà ad un ulteriore sviluppo dell'attività. È necessario un piano di risanamento (piano industriale o *business plan*) per sintetizzare il progetto strategico in prospetti di natura economica, patrimoniale e finanziaria.

L'interesse è quello di anticipare eventuali segnali che se visibili sin da subito, permettono di evitare la compromissione anche in modo irreversibile della stessa sopravvivenza aziendale. Tale degenerazione può essere intercettata attraverso l'analisi dei dati aziendali. Attraverso uno studio ed il monitoraggio di indici economici e finanziari permette di identificare le criticità e si favoriscono delle soluzioni per risolvere e riportare alla normalità.<sup>134</sup>

Possiamo avere due fasi: il declino e la crisi. Il primo e secondo stadio del declino sono rispettivamente l'incubazione e la maturazione dove si manifestano i primi squilibri ed inefficienze.

La capacità reddituale si indebolisce e l'immagine aziendale peggiora soprattutto nei rapporti con i clienti ed i fornitori, si assiste ad un indebolimento della qualità dei prodotti e servizi e una riduzione dei flussi di cassa che, anche se non ancora negativi, iniziano a comprimersi. Nella fase di declino i vertici aziendali

---

<sup>134</sup> Strumenti di misurazione, definizione e categorizzazione dei rischi. SERGIO SALOMONE, Il governo sistemico dei rischi nella gestione d'impresa. Una *Balanced Scorecard* per il *Risk Management*. EGEA, Milano, 2013, pp. 153 e ss.

hanno la possibilità di muoversi liberamente per porre rimedio, sanando le inefficienze e recuperando il valore economico, evitando situazioni gravissime come l'insolvenza.

Gli stadi della crisi<sup>135</sup> riguardano le ripercussioni sui flussi di cassa e sulla fiducia complessiva che circonda l'azienda nonché i rapporti con gli *stakeholder*. Le manifestazioni dello stadio di declino degenerano rapidamente e sopraggiungono perdite economiche (anche rilevanti) accompagnate da flussi di cassa insufficienti e difficoltà nel ricorso al credito. Se questa situazione negativa continuasse, si potrebbe arrivare all'incapacità dell'impresa di adempiere alle proprie obbligazioni fino all'insolvenza e lo stretto bisogno di ricorrere a procedure concorsuali.

La perdita economica affinché determini una vera e propria crisi deve essere sistematica e irreversibile senza interventi sanatori di ristrutturazione, escludendosi quindi le perdite dovute a componenti straordinarie o cicliche. Nella fase di declino l'impresa non crea valore, ma lo distrugge.

L'insieme di queste azioni operate in uno stato di declino aziendale è chiamato *turnaround*, nel caso esse intervengano in uno stato di crisi conclamata prendono il nome di progetto di risanamento<sup>136</sup>. Mentre al concetto di *turnaround* si riferiscono gli interventi posti in essere durante la fase di declino ma prima di conclamare lo stato di crisi, il processo di risanamento ha luogo in seguito alla proclamazione della crisi e si caratterizza dalla presenza di sintomi di assoluta emergenza e dalla richiesta di sacrificio da parte di tutti i soggetti coinvolti.

Per rimettere le imprese in crisi sul mercato è necessaria una tempestiva percezione dello stato di gravità della situazione che si concretizza in una stabile e critica analisi delle cause (stato di allerta).

---

<sup>135</sup> Stato di crisi, stato di insolvenza e rescue culture nel Codice della crisi di impresa. La genesi delle nuove definizioni del CCII nel quadro delle misure di salvataggio dell'impresa previste dalla Direttiva 2019/1023/UE. [www.altalex.com](http://www.altalex.com) Consultazione del 07/01/2023.

<sup>136</sup> Il risanamento si ha in presenza di una crisi evidente con il coinvolgimento di un'ampia platea di soggetti. Il piano di risanamento ex art. 67 comma 3, lett d) legge fallimentare.; nuovo codice della crisi art. 56, codice della crisi di impresa.

In letteratura ci sono due filoni di studio<sup>137</sup>: uno soggettivo-comportamentista, attribuisce la principale causa della cattiva gestione al “fattore umano”, quindi inadeguatezza ed incompetenza del *management* rispetto al ventaglio di problemi da gestire; ad un ambiente sicuramente complesso non sempre corrisponde un *top management team (TMT)* parimenti preparato ad affrontarlo. L’altro filone “oggettivo” riconosce l’esistenza di alcune condizioni di oggettività che rendono l’impresa vulnerabile e quindi “predisposta” alla crisi. Ciò significa che pur derivando da inefficienze manageriali le possibili interpretazioni oggettive delle cause di crisi non sono in modo diretto imputabili né al *management*, né alla proprietà e nemmeno ai dipendenti.

Un altro approccio riguarda la distinzione tra cause di crisi interne e cause di crisi esterne non perfettamente sovrapponibili con i precedenti filoni<sup>138</sup>.

Le crisi settoriali (economiche), ecologiche e catastrofiche fanno riferimento a cause di crisi esterne. Quelle *settoriali* sono provocate da fenomeni generalizzati che tendono ad investire uno o più specifici settori di buona parte delle aziende.

Quelle *ecologiche* riguardano provvedimenti restrittivi o pressioni esercitate della pubblica opinione relativamente la salvaguardia del patrimonio naturale o per la tutela per esempio delle risorse energetiche.

Le ultime, ossia quelle *catastrofiche*, sono determinate da calamità naturali straordinarie, ad esempio inondazioni o terremoti o da sciagure tecnologiche autonome.

Poi vi sono le crisi interne di cui fanno parte le crisi strategiche, legate ad errori di selezione del *mix* produttivo, all’eccessiva rigidità aziendale, ad investimenti sbagliati o scarsa imprenditorialità; le crisi competitive (da posizionamento), causate

---

<sup>137</sup> La *Balanced Scorecard* rafforza il risanamento aziendale; Controllo strategico del piano di risanamento, affidabilità più alta per advisor e attestatore, Claudio Bottos, Paolo Camanzi, Marco Gennari, Roberto Mazzotti, Andrea Panizza, Emidia Vagnoni, Wolters Kluwer Italia, Milano. 2014, pp.43 e ss.

<sup>138</sup> Sciarelli classifica le cause di crisi in esterne ed interne, dove le prime sono originate da disfunzioni del sistema economico, mentre le seconde derivano da errate valutazioni o decisioni operate dalla direzione aziendale.

da scelte sbagliate del *target* o delle nicchie di mercato da servire; le crisi dimensionali, determinate da sovradimensionamento dell'azienda sia in termini di capacità produttiva sia in termini di eccessive potenzialità organizzative; le crisi operative (inefficienze) dovute a eccessivi costi e sprechi dei fattori produttivi<sup>139</sup>.

La crisi può essere prodotta dalle seguenti cause:

- 1) Cause da inefficienza. I rendimenti di uno o più settori dell'attività sono notevolmente inferiori rispetto a quelle dei *competitor*. Questo tipo di situazione si manifesta soprattutto nel processo produttivo e può dipendere da strumenti produttivi caratterizzati da obsolescenza fisica, bassa qualificazione della manodopera e scarso impegno, mancanza di tecnologie, eccetera;
- 2) Cause da sovracapacità/rigidità, ossia la produzione dell'azienda è stabilmente superiore rispetto alla capacità di assorbimento da parte della domanda. La motivazione può essere ricercata in un eccessivo aumento della produzione dell'intero settore oppure potrebbe dipendere da una perpetua perdita di quote di mercato da parte dell'azienda. Allo stesso modo un fattore determinante potrebbe essere anche uno sviluppo dei ricavi inferiore alle attese che avevano determinato investimenti consistenti. Il risultato, in tutti i casi, è un livello di fatturato troppo basso per sostenere i costi di struttura;
- 3) Cause derivanti da decadimento dei prodotti e da carenze ed errori di *marketing*. La proposta di valore espressa dai prodotti non riesce più a meritarsi il premio da parte dei consumatori sia in termini di vendite che in termini di margine, causando il mancato assorbimento dei costi fissi e conseguenti perdite. Quando la responsabilità è del *marketing*, la crisi è causata da un *mix* di prodotti errato non in grado di soddisfare le esigenze della cliente *target*, in una caduta dell'immagine o della marca

---

<sup>139</sup> Op. cit. L. Guatri, *Crisi e risanamento delle imprese*, Milano, Giuffrè, 1986 e L. Guatri, *Turnaround, declino, crisi e ritorno a valore*, Milano, Egea, 1995

dell'impresa, in una scarsa riconoscibilità dei marchi e dei prodotti della società, in carenze ed eccessiva onerosità dell'apparato distributivo;

- 4) Cause da incapacità di programmare/innovare. In questo caso, il *management* aziendale si dimostra incapace di adattare la gestione dell'azienda a mutamenti ambientali. Questa carenza strategica comporta chiaramente una progressiva erosione del valore aziendale che, sostanzialmente tende a replicarsi senza trovare nuove soluzioni per il proprio sviluppo. Il risultato è lo stesso dei precedenti ma, in questo caso, potrebbe manifestarsi più lentamente;
- 5) Cause da squilibrio finanziario e patrimoniale. Le cause possono essere diverse: sottocapitalizzazione della società, squilibrio tra fonti di finanziamento a breve e lungo termine, forme sbagliate di finanziamento degli investimenti, mancanza di liquidità, impossibilità di affrontare le scadenze. Questa tipologia di crisi potrebbe manifestarsi anche con risultati sostanzialmente positivi dal punto di vista economico. Spesso si manifestano anche perdite economiche causate da un'eccessiva incidenza degli oneri finanziari.<sup>140</sup>

Bastia, diversamente dai due approcci visti in precedenza, mira alla riduzione della componente oggettiva della crisi partendo dall'assunto che, agito sui comportamenti, sulle persone, sulle risorse e sul sistema operativo si può arrivare a definire un processo di risanamento e un *turnaround* definitivo.

Vengono identificate cause primarie e secondarie della crisi aziendale come la crisi di cultura di impresa a tutti i livelli imprenditoriale, manageriale e del personale in genere<sup>141</sup>; crisi per inadeguata creazione di qualità e di valore<sup>142</sup>; crisi per errori di strategia e di struttura<sup>143</sup>; crisi per mancanza di flessibilità<sup>144</sup>.

---

<sup>140</sup> La *Balanced Scorecard* rafforza il risanamento aziendale; Controllo strategico del piano di risanamento, affidabilità più alta per advisor e attestatore, Claudio Bottos, Paolo Camanzi, Marco Gennari, Roberto Mazzotti, Andrea Panizza, Emidia Vagnoni, cit., pp. 50 e ss.

<sup>141</sup> Si fa riferimento agli "*intangibles*" come elementi immateriali diffusi a tutti i livelli dell'organizzazione, di clima aziendale, di orientamento strategico di fondo, di sistema delle idee, di sistema dei valori chiave, di cultura di impresa. Più nello specifico e maggiormente coinvolgenti il *management* e l'alta direzione sono cause di crisi la carenza di imprenditorialità, i limiti culturali

L'impresa che si affida a forme di collaborazione esterna e di *partnership* adotta una configurazione più snella, la quale le consente di rispondere alle esigenze produttive.

Infine, si presentano delle crisi per inefficienze. L'inefficienza colpisce l'azienda ed è quindi causa di crisi laddove il contesto competitivo circostante è elevato. Si parla di inefficienza a livello di area strategica di affari, di funzione aziendale o di singola risorsa. In generale, in un'azienda, l'inefficienza si coglie dall'incremento dell'incidenza dei costi sui ricavi.<sup>145</sup>

La crisi deve avere l'obiettivo di spingere con forza l'azienda verso il cambiamento e deve essere pronta a conquistare nuove posizioni di vantaggio competitivo allo scopo di volere ottenere una certa redditività maggiore e basi più solide.

Come potremo avere successo in futuro?

Individuare nell'ambito del sistema della crisi risorse a potenzialità inespresse; individuare formule strategiche nelle quali tali risorse possono rappresentare fattori critici di successo; compiere le azioni necessarie per attivare tali risorse, attraverso sinergie, utilizzare il processo di valorizzazione di queste come motore del risanamento per spingere l'azienda verso condizioni di successo, realizzare un piano sistematico; presidiare e controllare il processo di risanamento.

Il disequilibrio finanziario è quello che desta le maggiori preoccupazioni e caratterizza la prima fase che in genere si sviluppa su un orizzonte temporale più

---

derivanti dalla mancanza di competenze professionali e il ricambio generazionale. La *Balanced Scorecard* rafforza il risanamento aziendale; Controllo strategico del piano di risanamento, affidabilità più alta per advisor e attestatore, Claudio Bottos, Paolo Camanzi, Marco Gennari, Roberto Mazzotti, Andrea Panizza, Emidia Vagnoni, cit., pp. 52

<sup>142</sup> Qualità e valore sono sotto il profilo strategico due fattori fondamentali per il vantaggio competitivo dell'impresa.

<sup>143</sup> La formulazione di errori nella definizione delle strategie o nella loro implementazione è riconducibile indubbiamente al *management* ed ha origini nel mancato o sbagliato orientamento (strategico) aziendale.

<sup>144</sup> Crisi del contesto dinamico come rigidità di un'impresa.

<sup>145</sup> Claudio Bottos, Paolo Camanzi, Marco Gennari, Roberto Mazzotti, Andrea Panizza, Emidia Vagnoni, *Balanced Scorecard rafforza il risanamento aziendale – controllo strategico del piano di risanamento, affidabilità più alta per advisor e attestatore*, Wolters Kluwer, Milano, 2014, pp. 43 e ss.

breve di 12 mesi, si concentra quindi sul ritorno della liquidità, si iniziano a dismettere *asset* e attività, si controlla la tesoreria e si analizzano i costi aziendali.

L'azienda deve dotarsi di strumenti di controllo di gestione necessari per analizzare costantemente l'impresa sotto il profilo economico, patrimoniale e finanziario.

Stimolare i ricavi con un'azione necessaria e forte, con un incremento complessivo dell'efficienza e della produttività: evitare quindi ogni minimo spreco.

Le decisioni strategiche devono essere supportate da un sistema informativo perfettamente funzionante ed alimentato da precisi indicatori estrapolati dal controllo di gestione.

Lo scopo precipuo è di creare una sorta di *alert* per una segnalazione tempestiva di criticità e problemi.

L'impresa può scegliere diversi strumenti per risolvere lo stato di crisi<sup>146</sup> ed evitare il fallimento e per un'analisi strategica si utilizzano insieme due strumenti: la *Balanced Scorecard* e il Piano di Risanamento.

Una volta rilevato lo stato di crisi l'imprenditore deve tempestivamente selezionare lo strumento più idoneo.

Per verificare lo stato di crisi bisogna procedere alla misurazione del fabbisogno di liquidità nel breve periodo, capire quanti creditori e quali caratteristiche possiedono, il rischio della perdita della continuità aziendale, il rischio di dispersione del patrimonio aziendale per effetto di azioni esecutive, il rischio di alterazioni della *par condicio* per effetto dell'iscrizione di ipoteche giudiziali o di compensazioni, l'esistenza di contratti onerosi non rinegoziabili, la presenza del capitale sociale, la gravità della crisi e la necessità di ottenere nuova finanza urgente.

---

<sup>146</sup> Periodicità di revisione degli indici di allerta, il CNDCEC elabora con cadenza almeno triennale in riferimento ad ogni tipologia di attività economica secondo le classificazioni ISTAT gli indici che valutati unitariamente fanno presumere ragionevolmente la sussistenza di uno stato di crisi dell'impresa. [www.crisidimpresa.net/gli-indici-di-alert/](http://www.crisidimpresa.net/gli-indici-di-alert/) - Consultazione del 07/01/2023.

TAVOLA: Le modalità di risanamento.

<i>Risanamento interno</i>		<b>Piano di risanamento interno</b>
<b>Risanamento esterno</b>	<b>Stragiudiziale</b>	Concordato stragiudiziale Piano attestato di risanamento
	<b>Giudiziale</b>	Accordo di ristrutturazione dei debiti Concordato preventivo Concordato con continuità aziendale

Fonte: elaborazione con modificazioni di A. Quagli, A. Panizza, M. Iotti, P. Camanzi, M. Contri, Piano industriale e strumenti di risanamento. Guida metodologica ed operativa, IPSOA, Milano, 2012.

Il piano di risanamento interno<sup>147</sup> ha una struttura snella ed è rivolto all'interno con l'obiettivo di riassumere gli indirizzi strategici, il piano attestato di risanamento dovrà includere maggiori informazioni per permettere a tutti gli *stakeholder* interessati al destino dell'azienda di comprendere meglio il progetto e il suo progresso.

Il piano deve contenere una sezione quantitativa, l'analisi si trasforma in prospetti ed indici, il piano deve esporre schemi di conto economico riclassificato, stato patrimoniale riclassificato (oltre al metodo finanziario anche per pertinenza gestionale), rendiconto finanziario, analisi per indici e per margini, determinazione del punto di pareggio, modelli di *scoring* e diagrammi di composizione.

---

<sup>147</sup> È interno il piano di risanamento quando non viene traslato all'interno di una procedura di composizione della crisi di impresa contemplati dalla Legge Fallimentare e quindi senza coinvolgimento del ceto creditorio. Invece si dice esterni quel piano di risanamento che contempla il coinvolgimento dei creditori attraverso strumenti stragiudiziali o giudiziali. [www.studioschicchitabo.it/2018/10/crisi-di-impresa-piano-di-risanamento-interno-e-quello-esterno/](http://www.studioschicchitabo.it/2018/10/crisi-di-impresa-piano-di-risanamento-interno-e-quello-esterno/)  
Consultazione del 08/01/2022

Per la facilità di lettura e di valutazione complessiva del progetto da parte degli interessati nel piano devono essere espone le *assumption*, i *driver* che traducono le azioni in numeri.

Si rivela di sicura utilità anche l'analisi degli scenari alternativi o *what-if analysis*, attraverso la quale si evidenziano le conseguenze sulla gestione della variazione di alcune poste rispetto a quanto preventivato.

Chiude il lavoro una parte dedicata dove l'estensore del piano dovrà riepilogare gli obiettivi del documento.

Come evidenziato nella tabella ora esaminiamo singolarmente le modalità di risanamento.

- Il concordato stragiudiziale <sup>148</sup>

È un accordo raggiunto direttamente con i creditori, finalizzato a conseguire almeno uno dei seguenti obiettivi: un ulteriore proroga dei termini di pagamento (concordato dilatorio), una riduzione dei propri debiti (concordato remissorio), allo scopo allo scopo di non dichiarare il fallimento. Con tale strumento si favorisce il debitore che così può evitare l'assoggettamento al tribunale.

Il concordato stragiudiziale permette all'azienda di far maturare nel tempo, talvolta determinante, per la decadenza delle azioni eventualmente esperibili dal curatore nel caso di successivo fallimento.

L'azienda può scegliere di concentrarsi solamente su alcuni creditori, con alcuni selezionati può offrire condizioni completamente diverse, promettendo il pagamento di somme anche superiori al debito maturato. Non attivando una procedura concorsuale, l'azienda risparmierebbe ingenti costi di natura professionale offrendo così ai creditori un pagamento superiore a quello prospettabile nel concordato preventivo;

---

<sup>148</sup> Per contratto stragiudiziale si intende un contratto atipico finalizzato al salvataggio economico dell'impresa che si basa, principalmente su clausole di remissione totale o parziale del debito di impresa. In pratica si risolve nella ricerca del consenso dei creditori con un progetto di salvataggio dell'impresa nel senso di accordi di tipo dilatorio e/o remissorio aventi come finalità immediata la rimozione dello stato di crisi. [www.studioboccardi.com](http://www.studioboccardi.com) Linee guida del concordato stragiudiziale. \_ Consultazione del 08/01/2023.

- Accordo di ristrutturazione dei debiti<sup>149</sup> (ex art. 182-bis L.F.)

L'art. 182-bis della Legge Fallimentare stabilisce che l'imprenditore in stato di crisi può domandare, depositando la documentazione di cui all'art. 161, l'omologazione di un accordo di ristrutturazione dei debiti stipulato con i creditori rappresentanti almeno il sessanta per cento dei crediti, unitamente ad una relazione redatta da un professionista in possesso dei requisiti di cui all'art. 67, terzo comma, lettera d) sull'attuabilità dell'accordo stesso, con particolare riferimento alla sua idoneità ad assicurare il regolare pagamento dei creditori estranei. Quindi raggiungere un accordo con i creditori che rappresentano almeno il 60% delle passività: può avere finalità liquidatorie o prevedere misure tipicamente conservative, necessarie per permettere la prosecuzione dell'attività aziendale per salvaguardare il valore dell'impresa e i posti di lavoro; coinvolgere diverse categorie di creditori, vi è l'obbligo di dividere i creditori in classi omogenee per posizione giuridica e interessi economici e deve essere rispettata la *par condicio creditorum*; deve garantire il pagamento integrale di tutti i creditori estranei all'intesa, rispetto ai quali non produce alcun effetto; deve essere redatto almeno in forma di scrittura privata autenticata.

Il deposito del ricorso presso la cancelleria competente della documentazione degli atti previsti dalla procedura assieme alla relazione sulla veridicità dei dati aziendali e sull'attendibilità dell'accordo di ristrutturazione dei debiti (espresso da un piano) redatta da un professionista. Tale ultima figura deve essere in possesso dei requisiti indicati all'art. 67, terzo comma, lettera d) L.F. e quelli indicati dal precedente art. 28, primo comma, lettere a) e b), L.F., abilitato a svolgere l'incarico di curatore fallimentare<sup>150</sup>.

---

<sup>149</sup> L'accordo di ristrutturazione dei debiti (art. 57 d. Lgs. 14/2019) rappresenta un mezzo di risanamento a cui l'impresa in crisi ricorre per tentare di ridurre l'esposizione debitoria ed assicurare il riequilibrio della situazione finanziaria. Esso è soggetto all'omologazione del Tribunale. [www.altalex.com](http://www.altalex.com) Accordi di ristrutturazione dei debiti, *Consultazione del 08/01/2023*.

<sup>150</sup> L'imprenditore in stato di crisi può domandar, depositando la documentazione di cui all'art. 161, l'omologazione di un accordo di ristrutturazione dei debiti stipulato con i creditori rappresentanti almeno il sessanta per cento dei crediti, unitamente ad una relazione redatta da un professionista, designano dal debitore, in possesso dei requisiti di cui all'art. 67 terzo comma, lettera d) sulla veridicità dei dati aziendali e sull'attuabilità dell'accordo stesso con particolare riferimento alla sua idoneità ad assicurare l'integrale pagamento dei creditori estranei nel rispetto di 120 giorni

Inizialmente avviene in via stragiudiziale che vede il coinvolgimento da parte dell'azienda dei creditori per la definizione dell'accordo; la seconda, giudiziale, che consiste nell'omologazione dell'accordo da parte del tribunale, quindi la verifica che sussistano le condizioni necessarie per accedere alla procedura (controllo di legittimità) e che l'accordo sia effettivamente attuabile (controllo di merito).

Il ricorso a questo strumento permette all'impresa di godere di una serie di benefici come il divieto di azioni esecutive e cautelari da parte dei creditori; la sospensione degli obblighi civilistici di ricapitalizzazione; la facoltà di proporre l'assunzione di finanziamenti prededucibili; il pagamento anticipato di alcuni creditori anteriori "essenziali" e la transazione fiscale; l'esonero dell'azione revocatoria fallimentare e dai reati di bancarotta.<sup>151</sup>

- Il Concordato preventivo (ex art. 160 L.F.)

Il concordato preventivo è una procedura concorsuale alla quale può ricorrere l'impresa per superare il periodo di crisi e scongiurare il fallimento. Viene proposto dall'imprenditore ai creditori un concordato preventivo sulla base di un piano che può prevedere la ristrutturazione dei debiti e la soddisfazione dei crediti attraverso qualsiasi forma, anche mediante cessione dei beni, acollo, o altre operazioni di natura straordinaria, ivi compresa l'attribuzione ai creditori, nonché a società da questi partecipate, di azioni, quote, o obbligazioni, anche convertibili in azioni, o altri strumenti finanziari e titoli di debito; l'attribuzione delle attività delle imprese interessate dalla proposta di concordato ad un assuntore<sup>152</sup>; possono costituirsi come assuntori anche i creditori o società da questi partecipate o da costituire nel corso della procedura, le azioni delle quali siano destinate ad essere attribuite ai creditori per effetto del concordato; la suddivisione dei creditori in classi secondo posizione

---

dall'omologazione in caso di crediti già scaduti a quella data; entro 120 giorni dalla scadenza, in caso di crediti non ancora scaduti alla data dell'omologazione. [www.brocardi.it](http://www.brocardi.it) – Art. 182 bis Legge fallimentare – Accordi di ristrutturazione dei debiti – *Consultazione del 08/01/2023*

<sup>151</sup> *Op. cit.* AA. VV., "Strumenti per gestire la crisi d'impresa", Le Guide de il fisco, Milano, il fisco, luglio 2013, pag. 17.

<sup>152</sup> All'assuntore del concordato fallimentare può essere attribuita la qualifica di successore a titolo particolare del fallito nella sola ipotesi in cui vi sia stato il suo subingresso nelle singole posizioni debitorie con la contestuale liberazione del debitore originario Cass. Civ. n. 18382/20003 [www.brocardi.it](http://www.brocardi.it) *Consultazione del 08/01/2023*.

giuridica e interessi economici omogenei; trattamenti differenziati tra creditori appartenenti a classi diverse.

Le caratteristiche del piano, espressione della proposta del debitore a propri creditori, sono lasciate libere e possono prevedere la soddisfazione parziale di tutti i creditori, la cessione dei beni ai creditori oppure la suddivisione dei creditori in classi e il loro pagamento parziale dei debiti tributari<sup>153</sup>.

A prescindere dalle modalità scelte dal debitore per soddisfare in tutto o in parte i propri creditori, il piano deve contenere così come previsto dall'art. 161 L.F., “la descrizione analitica delle modalità e dei tempi di adempimento della proposta”.

L'obiettivo è fornire ai creditori il numero più ampio possibile di informazioni per agevolarli nella valutazione della concreta fattibilità del piano concordatario attraverso la tempificazione delle diverse azioni previste.

Per rendere il piano più forte e dunque credibile, un professionista deve redigere una relazione che attesti la veridicità dei dati contabili e la fattibilità del piano.

Il c.d. “Decreto Sviluppo” del 2012 ha introdotto una sostanziale novità nella procedura richiesta di ammissione al concordato preventivo, rimandando il deposito del piano dal momento successivo, per un periodo compreso fra i 60 e i 120 giorni (avvantaggiandosi così della protezione da azioni esecutive e cautelari per tutto questo periodo di tempo). In tali termini è previsto che la società possa richiedere la conversione del concordato preventivo in una procedura di omologazione di accordo<sup>154</sup>.

Il tribunale, dopo aver verificato che siano rispettati tutti i presupposti, potrà ammettere la società al concordato nominando un giudice delegato, un commissario giudiziale e fissando una data per la riunione dei creditori chiamati ad esercitare il proprio voto in merito alla proposta concordataria. Solo se viene raggiunta la maggioranza assoluta dei creditori il concordato viene approvato e, nel caso siano

---

<sup>153</sup> Francis Lefebvre, Fallimento Lefebvre, *Crisi d'impresa, Procedure concorsuali*, IPSOA, Milano, 2011, pag.52

<sup>154</sup> Ex art. 182-bis L.F.

previste delle classi, tale maggioranza deve essere raggiunta nelle classi. Ottenuto il parere favorevole dei creditori, il tribunale deciderà se omologare o meno il concordato. In caso di decisione positiva, dopo l'omologa, si passerà all'esecuzione del piano; in caso di decisione negativa, il debitore potrà essere dichiarato fallito.

● Il concordato con continuità aziendale (ex art. 182-bis L.F.)<sup>155</sup>

Il concordato preventivo può essere con continuità diretta o indiretta. A tale riguardo è fondamentale la pronuncia della Cassazione, Sez. Prima, n. 29742/2018 che ha affermato che il concordato con continuità aziendale disciplinato dall'art. 186 bis l.f. è configurabile anche quando l'azienda sia già stata affittata o sia destinata ad esserlo.

Il concordato preventivo con continuità aziendale implica la prosecuzione dell'attività d'impresa da parte del debitore, la cessione dell'azienda in esercizio, il conferimento dell'azienda in esercizio in una o più società, anche di nuova costituzione.

Il concordato con continuità aziendale diretta<sup>156</sup> è un concordato in cui l'esercizio dell'azienda rimane in capo all'imprenditore che chiede l'ammissione alla procedura e in cui l'adempimento della proposta è reso possibile dai flussi di cassa positivi generati dalla continuità operativa dell'azienda.

Ne consegue che il professionista incaricato di redigere la relazione di cui all'art. 161 3° comma, l.f. deve, al fine di valutarne la fattibilità, esaminare non solo la situazione economica, contabile e finanziaria attuale (come in ogni altro concordato), ma anche la situazione prospettica dell'azienda nel periodo in cui sarà

---

<sup>155</sup> L'Art. 186-bis co. 1 prevede che quando il piano di concordato di cui all'art. 161, secondo comma, lett. e) prevede la prosecuzione dell'attività di impresa da parte del debitore, la cessione dell'azienda in esercizio ovvero il conferimento dell'azienda in esercizio in una o più società anche di nuova costituzione, si applicano le disposizioni del presente articolo. Il piano può prevedere anche la liquidazione di beni non funzionali all'esercizio di impresa.

<sup>156</sup> La continuità aziendale può essere attuata con modalità diretta basata sul mantenimento dell'impresa in capo all'imprenditore che provvede al risanamento e con modalità indiretta basata sul trasferimento dell'azienda a terzi che provvederanno al risanamento. [www.studioboccardi.it](http://www.studioboccardi.it) Linee guida del concordato stragiudiziale – *Consultazione del 08/01/2023*

adempita la proposta del concordato. È fondamentale che l'imprenditore predisponga un piano industriale dal quale dovrà necessariamente emergere che, pagati tutti i costi correnti, l'azienda è in grado di sviluppare risorse di cassa in eccesso che potrà destinare alla soddisfazione dei creditori concorsuali.

È previsto che il concordato con continuità debba essere funzionale al miglior soddisfacimento dei creditori. L'attestatore, quindi, deve esprimere un giudizio sulla convenienza della proposta e sulla valutazione fatta dall'imprenditore, circa i risultati attesi dalla prosecuzione dell'attività e confrontarli con eventuali soluzioni liquidatorie, verificando che queste ultime siano meno proficue per i creditori.

Si riconosce al debitore la possibilità di prevedere nel piano una moratoria sino ad un anno per il pagamento dei creditori muniti di privilegio, pegno o ipoteca, salvo che sia prevista la liquidazione dei beni o dei diritti sui quali sussiste la causa di prelazione. La legge prevede che il contratto può proseguire se un professionista indipendente (designato dal debitore) attesti la conformità al piano e la ragionevole capacità di adempimento.

Il professionista (art. 67 Legge fallimentare) è indipendente quando non è legato all'impresa ed a coloro che hanno interesse all'operazione di risanamento da rapporti di natura personale o professionale tali da comprometterne l'indipendenza in giudizio. Il professionista deve essere in possesso dei requisiti di cui all'art. 2399 c.c.

E non deve neanche per tramite di soggetti con i quali è unito in associazione professionale aver prestato negli ultimi cinque anni attività di lavoro subordinato o autonomo in favore del debitore o partecipato agli organi di amministrazione o di controllo.

A seguito dell'ammissione, la legge richiede che l'assicurazione del perseguimento del pubblico interesse sia asseverata da un giudizio tecnico di un esperto *super partes*.

L'oggetto della relazione è duplice: conformità al piano e ragionevole capacità di adempimento.

Perché si abbia concordato con continuità è necessario che nella relazione del professionista attestatore vi sia anche l'attestazione che la prosecuzione dell'attività

di impresa prevista dal piano di concordato è funzionale al miglior soddisfacimento dei creditori.

Quindi l'ammissione del concordato preventivo con continuità aziendale richiede il soddisfacimento congiunto di due condizioni<sup>157</sup>: l'articolo 186-bis prevede che il piano debba contenere anche un'analitica indicazione dei costi e dei ricavi attesi dalla prosecuzione dell'attività di impresa prevista dal piano di concordato, delle risorse finanziarie necessarie e delle relative modalità di copertura. La seconda condizione consiste nella necessità da parte della relazione del professionista di cui all'art. 161, comma 3, L.F., di attestare che la prosecuzione dell'attività d'impresa prevista dal piano di concordato è funzionale al miglior soddisfacimento dei creditori, oltre che alla veridicità dei dati aziendali e fattibilità del piano concordatario.

#### ● Il piano attestato di risanamento<sup>158</sup>

L'art. 67, comma 3, lettera d) della l.f. disciplina il piano attestato di risanamento. Non sono soggetti all'azione revocatoria gli atti, i pagamenti e le garanzie concesse su beni del debitore purché posti in essere in esecuzione di un piano che appaia idoneo a consentire il risanamento dell'esposizione debitoria dell'impresa e ad assicurare il riequilibrio della sua situazione finanziaria e la cui ragionevolezza sia attestata da un professionista iscritto nel registro dei revisori contabili e che abbia i requisiti previsti dall'art. 28, lettere a) e b) ai sensi dell'art. 2501-bis, quarto comma, del c.c.

Il piano si definisce più che una procedura concorsuale come uno strumento di soluzione negoziale della crisi che si può applicare a tutti gli imprenditori e che non ha contenuti *ex lege* predeterminati. Il piano viene visto come uno strumento

---

<sup>157</sup> C. Bottos, P. Camanzi, M. Gennari, R. Mazzotti, A. Panizza, E. Vagnoni, *Balanced Scorecard rafforza il risanamento aziendale*, cit. p.62

<sup>158</sup> L'art. 56 del D. Lgs. 14/2019 in vigore dal 15 luglio 2022, stabilisce al co. 1, che l'imprenditore in stato di crisi o di insolvenza può predisporre un piano, rivolto ai creditori che sembri idoneo a consentire il risanamento dell'esposizione debitoria dell'impresa e ad assicurare il riequilibrio della situazione economico-finanziaria. [www.michelebana.it](http://www.michelebana.it) Il piano attestato di risanamento nel Codice della Crisi - *Consultazione del 08/01/2023*.

necessario per riorganizzare l'impresa in crisi e quindi per individuare una soluzione a tensioni finanziarie reversibili o temporanee con lo scopo di evitare il fallimento o altra procedura concorsuale.<sup>159</sup>

Non si prevede alcun controllo o intervento da parte dell'autorità giudiziaria, non stabilisce nemmeno l'obbligatorietà di uno specifico accordo tra imprenditori e creditori.

Il piano viene indicato nella legge fallimentare per un'esenzione da revocatoria e per stabilire che dovrà essere in grado di ristrutturare i debiti, rideterminare la posizione debitoria nell'ammontare e nelle scadenze; risanare l'esposizione debitoria, individuando il livello corretto di indebitamento al fine di scongiurare in futuro nuove crisi; riequilibrare la situazione finanziaria, rendendo sostenibili i flussi finanziari delle entrate e delle uscite.

Si configura come un piano industriale<sup>160</sup> con lo scopo di ristrutturazione aziendale e deve essere effettuato in situazioni di crisi, è lasciata massima libertà all'azienda per lo sviluppo del documento. L'oggetto principale sarà la crisi e le modalità di superamento della stessa che si concretizzano nelle strategie per traghettare l'azienda verso il sicuro. Il piano deve dunque affrontare in modo dettagliato la crisi e le sue cause, analizzando le singole determinanti e individuando i possibili rimedi. La realizzazione di un piano costituisce un'importante opera che permette di delineare i contenuti delle strategie di risanamento. Il piano dovrà rappresentare la vera e propria guida per l'attuazione degli interventi di correzione e di miglioramento della situazione.

Le principali sezioni in cui si snoda l'indice del piano sono la sezione a carattere generale; sezione qualitativa; sezione quantitativa; sezione conclusiva.

---

<sup>159</sup> C. Bottos, P. Camanzi, M. Gennari, R. Mazzotti, A. Panizza, E. Vagnoni, *Balanced Scorecard rafforza il risanamento aziendale*, cit. pp. 63 e ss.

<sup>160</sup> Il primo passo per la redazione di un progetto o piano di risanamento è la predisposizione di un bilancio straordinario che permetta ai creditori di giudicare la consistenza del patrimonio aziendale e le possibilità dell'impresa di proseguire l'attività operativa e che contenga l'indicazione dei cespiti vincolati all'uso e di quelli destinati alla vendita, dei magazzini operativi e di quelli da eliminare, della clientela da abbandonare e delle partecipazioni non strategiche da dismettere. [www.corsi.univr.it](http://www.corsi.univr.it) Le crisi di impresa: cause e processi di risanamento aziendale. *Consultazione del 08/01/2023*.

### **Sezione di carattere generale**

Facciamo riferimento alla riservatezza; ai riferimenti dell'azienda; alle date del piano e al referente che lo ha realizzato.

Data la particolarità del documento, tale punto riguarda il trattamento delle informazioni, in genere riservate, contenute nel piano. È importante inserire questa parte che tutela l'azienda che ha sviluppato il piano, i terzi che ne entrano in possesso. È necessario indicare i dati di contatto dell'azienda (indirizzi delle sedi, legali e operative, numeri di telefono, fax, e-mail) indicando, oltre al referente che ha realizzato il piano anche la data a cui si riferisce il documento.

In una situazione di crisi di impresa è opportuno che l'erogazione di nuovi finanziamenti, la concessione di garanzia e in genere il compimento di atti potenzialmente revocabili e/o atti che possono dar luogo a responsabilità penale o civile siano effettuati nell'ambito di un piano attestato, di un accordo di ristrutturazione dei debiti o di un concordato preventivo.<sup>161</sup>

### **Sezione qualitativa**

L'analisi qualitativa ha lo scopo di fornire le informazioni di tipo descrittivo-strategico che sono alla base del piano e che rappresentano il punto di partenza per l'elaborazione quantitativa del piano stesso. È necessario chiarire l'obiettivo del documento. Il principale obiettivo di un piano è di consentire al *management* di definire in che modo l'azienda incrementa il valore creato per gli azionisti, soci, creditori e, in generale, tutti gli *stakeholder*.

Il documento deve proporre la descrizione dettagliata ed analitica dell'azienda e delle sue caratteristiche in termini di storia pregressa della sua proprietà, della sua forma giuridica, della sua composizione societaria, dei suoi organi di amministrazione e controllo, del suo *top management*, della presenza o meno di legami con altre aziende che fornisce, anche a colui che dovrà redigere il *business*

---

<sup>161</sup> Raccomandazione n. 1 (operazioni durante lo stato di crisi, contesto del risanamento e percorsi protetti), Consiglio Nazionale dei Dottori Commercialisti e degli Esperti Contabili in collaborazione con Università degli Studi di Firenze e l'Associazione fra le società italiane per azioni – Assonime, Linee-guida per il finanziamento alle imprese in crisi, Bozza per discussione della Seconda edizione, Roma, 2014, pag. 14

*plan*, una base informativa sulla quale operare le scelte di impostazione e di definizione del progetto imprenditoriale e del conseguente piano aziendale. L'analisi delle visure storiche della società per riepilogare i principali stati aziendali (da allegare al piano). Indicare la *mission* aziendale per capire l'evoluzione del *business* e per la coerenza tra *mission* e strategie future.

Il *management*, partendo dalla definizione delle singole aree strategiche d'affari (ASA), per ognuna di queste deve descrivere le caratteristiche del settore e dell'ambiente competitivo, concentrandosi sulla relazione ed analisi dell'andamento del settore, sul potere contrattuale dei clienti, sulle peculiarità dei fornitori, sui concorrenti e sul grado di apertura del mercato ai nuovi *competitor*. Per chiudere l'analisi dell'azienda è necessario esporre la situazione di partenza attraverso il commento dei dati di natura economica, finanziaria e patrimoniale degli ultimi sei disponibili esercizi.

Agevola la comprensione l'utilizzo di tabelle di sintesi dei principali valori (c.d. cruscotti aziendali) oltre che l'utilizzo dei prospetti più comuni quali il conto economico, lo stato patrimoniale (riclassificato con metodo finanziario e per pertinenza gestionale); il rendiconto finanziario oltre all'analisi per indici e per margini, modelli di *scoring* e diagrammi di composizione. L'indice del piano prosegue poi con la descrizione delle cause di crisi che, insieme allo sviluppo della strategia, rappresenta il cuore del documento.

L'*action plan* chiude la parte qualitativa descrivendo, attraverso un dettagliato diagramma di flusso le specifiche *milestones* qualitative e quantitative.

### **Sezione quantitativa**<sup>162</sup>

Tale sezione esamina i criteri utilizzati nelle previsioni (*assumption*); il piano economico-patrimoniale-finanziario e l'analisi di sensitività.

Il piano deve contenere l'esplicitazione delle ipotesi a base dell'analisi delle fonti informative utilizzate nonché tutti i riferimenti metodologici che consentono all'attestatore e ai terzi di verificare la correttezza e la congruità dei calcoli posti in

---

<sup>162</sup> C. Bottos, P. Camanzi, M. Gennari, R. Mazzotti, A. Panizza, E. Vagnoni, *Balanced Scorecard rafforza il risanamento aziendale*, cit. p. 70.

essere per l'elaborazione quantitativa del piano<sup>163</sup>. Ci sono diversi strumenti per studiare l'andamento economico-patrimoniale-finanziario:

a) *Conto economico riclassificato a valore aggiunto*. È particolarmente adatto per confronti con aziende concorrenti o con *standard* di settore. Il conto economico riclassificato a valore aggiunto non necessita di informazioni sofisticate e può essere sviluppato partendo dai dati del conto economico redatto secondo il D. Lgs. n. 127/1991;

b) *Conto economico riclassificato a costo del venduto*. Questa tipologia è adatta alle analisi interne poiché necessita di informazioni maggiormente dettagliate rispetto a quelle contenute nel conto economico redatto secondo il Decreto 127/1991. I costi sono classificati per destinazione e non per natura e, proprio per questo motivo, un analista esterno non è in grado di realizzare questa classificazione;

c) *Conto economico riclassificato a margine di contribuzione*. Questa è possibile solo per analisti interni e permette di analizzare i costi operativi aziendali con riferimento al diverso grado di elasticità/rigidità, evidenziando la capacità di coprire i costi fissi;

d) *Stato patrimoniale riclassificato con criterio finanziario*. Questa riclassificazione ordina le voci previste dall'articolo 2424 c.c. secondo il criterio della liquidità e della esigibilità decrescente, la velocità con cui le poste dell'attivo si trasformano in liquidità (denaro contante) e la velocità con cui le poste del passivo si trasformano in esigibilità (esborsi monetari);

e) *Stato patrimoniale riclassificato con criterio gestionale*. Questa riclassificazione ordina le attività e le passività secondo il loro diverso legame con la gestione operativa;

---

<sup>163</sup> Cit. Raccomandazione n. 6 (Esplicitazione delle ipotesi e delle metodologie), Consiglio Nazionale dei Dottori Commercialisti e degli Esperti Contabili in collaborazione con Università degli Studi di Firenze e l'Associazione fra le società italiane per azioni – Assonime, Linee guida per il finanziamento alle imprese in crisi, Bozza per discussione della Seconda edizione, Roma, 2014, pag. 30.

f) *Rendiconto finanziario indiretto*. Il rendiconto finanziario che permette di analizzare i flussi di cassa generati dall'azienda in un determinato periodo. La capacità dell'azienda di produrre flussi di cassa a livello economico viene combinata con le variazioni della liquidità generata dalla gestione reddituale per giungere, dopo aver considerato la politica degli investimenti e dei finanziamenti, alla determinazione del flusso di cassa globale. Per il primo anno è preferibile sviluppare il rendiconto finanziario su base mensile o, in casi particolari, quindicinale;

g) *Analisi per indici*. Nell'analisi per indici sono raccolti indici di bilancio come quelli di redditività, di liquidità, di solidità, di rotazione, di sviluppo e *Break-Even Analysis*.

h) *Sistemi di scoring*<sup>164</sup>. I sistemi di *scoring* permettono di effettuare una stima relativamente la probabilità di insolvenza dell'azienda;

i) *Diagrammi di composizione*. I diagrammi di composizione rappresentano graficamente le poste iscritte nello stato patrimoniale. Questo tipo di rappresentazione permette di effettuare valutazioni immediate relativamente la solidità aziendale.

Dopo l'analisi prospettica è di particolare importanza inserire le "specifiche analisi di sensitività che permettono di valutare la solidità dei risultati economici-finanziari indicati"<sup>165</sup>. Svolgere un'analisi di sensitività (o solidità) dei risultati non significa esprimere un giudizio condizionato al verificarsi di fatti eventuali e futuri, ma solo comprendere se e quando i risultati subiscano variazioni all'eventuale manifestazione degli stessi. Lo scopo è di garantire la robustezza attraverso dei test del tipo *what-if* che presentano l'impatto economico-finanziario dei cambiamenti delle ipotesi principali sulla cui base è costruito il piano.

---

<sup>164</sup> Lo scoring è un sistema di analisi per pervenire ad identificare un indicatore sintetico riassuntivo dello stato di salute di un determinato soggetto debitore. [www.reaconsulting.com](http://www.reaconsulting.com) Costruzione di un modello di scoring. – Consultazione del 08/01/2023

<sup>165</sup> Cit. Raccomandazione n. 8 (Esplicitazione del grado di solidità dei risultati), Consiglio Nazionale dei Dottori Commercialisti e degli Esperti Contabili in collaborazione con l'Università degli Studi di Firenze e l'Associazione fra le società italiane per azioni – Assonime, Linee guida per il finanziamento alle imprese in crisi, Bozza per discussione della Seconda edizione, Roma, 2014, pag. 32.

Il piano rappresenta una prima versione del progetto che, se si dimostra sostenibile, rappresenta la versione base (*base case*) su cui effettuare ulteriori analisi di sensitività (*what-if*) andando a variare le condizioni che influenzano le principali variabili chiave (prezzi, costi variabili delle materie prime, poste del circolante netto commerciale, onerosità finanziaria, eccetera). Verificata la sostenibilità della versione base, si possono ampliare le considerazioni prevedendo altri due scenari: *worst case*, peggiorativo rispetto alla versione base e *best case*, migliorativo rispetto alla versione base.

Prima di riepilogare gli allegati che aiutano la comprensione complessiva del piano, è buona regola proporre delle considerazioni conclusive. Potrebbero essere indicati i tempi di monitoraggio del piano rispetto alle *milestones* e lo *staff*, interno o esterno all'azienda, incaricato di fornire ai creditori e ai terzi interessati al successo del piano un adeguato flusso informativo. In questa sezione conclusiva potrebbero essere indicati i comportamenti da seguire in caso di “un significativo scostamento fra la realtà e le previsioni”.<sup>166</sup>

## **7.1 LA BALANCED SCORECARD AUMENTA L'ATTENDIBILITÀ DEI PIANI DI RISANAMENTO**

Qui ci concentriamo sull'utilizzo combinato della *Balanced Scorecard* con il piano di risanamento con l'obiettivo di ridurre l'incertezza e incrementare l'attendibilità del piano. Partendo dalla definizione degli scenari di settore secondo l'approccio di Porter si procederà analizzando i motivi per cui la *Balanced Scorecard* riesce a rafforzare il processo di previsione descritto nel piano attraverso il processo di esplorazione.

---

<sup>166</sup> Claudio Bottos, Paolo Camanzi, Marco Gennari, Roberto Mazzotti, Andrea Panizza, Emidia Vagnoni, *Balanced Scorecard rafforza il risanamento aziendale – controllo strategico del piano di risanamento, affidabilità più alta per advisor e attestatore*, Wolters Kluwer, Milano, 2014, da pagina 56 a pagina 75.

L'Ordine dei Dottori Commercialisti e degli Esperti Contabili ha emanato delle linee guida per l'utilizzazione del piano industriale, che rappresenta il documento nel quale vengono raccolti in modo chiaro ed immediato i propositi e le azioni che il *management* intende realizzare per il raggiungimento degli obiettivi.

I principi cui si fa riferimento sono di chiarezza, di completezza, di affidabilità, di attendibilità, di neutralità, di trasparenza e di prudenza.

Quando si parla di attestazione si valuta se il piano è ragionevole e fattibile e dunque ci si chiede se esso sia idoneo ad assicurare il risanamento dell'impresa e il ripristino della solvibilità. L'attestazione deve essere motivata indicando le metodologie utilizzate e le attività svolte dal professionista per giudicare l'idoneità e la ragionevolezza del piano, deve contenere un'adeguata motivazione della conclusione raggiunta.

Porter sostiene che da quando è aumentata la consapevolezza e la necessità di affrontare l'incertezza nel corso della pianificazione, molte imprese hanno iniziato ad utilizzare scenari come strumenti per comprendere le implicazioni strategiche dell'incertezza. Porter chiama macro-scenari quelli macroeconomici e macro-politici che sono ritenuti troppo generali per essere adeguati a sviluppare la strategia di un settore industriale specifico. Nella strategia competitiva, l'unità di riferimento corretta per l'analisi degli scenari è il settore, che Porter chiama scenari di settore.

Le cinque forze competitive che Porter descrive costituiscono il fondamento concettuale per costruire gli scenari di settore<sup>167</sup>. Le incertezze che influiscono su una qualsiasi di tali forze competitive hanno implicazioni per la concorrenza e vanno prese in considerazione nella costruzione di scenari che mirano ad allargare il pensiero sul futuro, ad ampliare la gamma delle alternative considerate e forniscono un meccanismo per migliorare la probabilità che le visioni del futuro siano coerenti.

Questi scenari offrono uno schema di riferimento per formulare la strategia in condizioni di incertezza.

---

<sup>167</sup> Si fa riferimento ai concorrenti del settore (concorrenza tra le imprese esistenti), potere contrattuale dei clienti e dei fornitori, sostituti ed entranti potenziali. Michael Porter, il vantaggio competitivo. C. Bottos, P. Camanzi, M. Gennari, R. Mazzotti, A. Panizza, E. Vagnoni, *Balanced Scorecard rafforza il risanamento aziendale*, cit. p. 82 e ss.

La *Balanced Scorecard* funge da supporto alla gestione e alla diffusione della strategia, consente di individuare e stabilire quali sono le variabili da monitorare per il controllo strategico dell'andamento dell'intera azienda.

Scopo della *BSC* è in sostanza quello di riordinare gli indicatori, integrandoli e bilanciandoli, definendo le connessioni logiche esistenti tra di essi, allo scopo di conoscere preventivamente quali possibili conseguenze avrà una determinata azione sull'intera gestione aziendale. Per creare valore con continuità è indispensabile un collegamento tra gestione operativa e gestione strategica.

La *BSC* chiarisce la strategia dell'impresa e mira al consenso ed al coinvolgimento di tutti i dipendenti mediante la comunicazione/trasferimento delle informazioni strategiche ai dipendenti e permette al personale di comprendere il progetto, poi procedere alla verifica se lo hanno compreso e come partecipano al successo aziendale ed alla riuscita del piano di risanamento; aggiunge meccanismi di incentivazione dei dipendenti; chiarisce gli obiettivi strategici che scaturiscono dalla formula imprenditoriale.

Lo scopo è quello di collegare gli obiettivi settoriali ed individuali alla strategia, in quanto chiarezza e consenso sono fondamentali in un piano di risanamento: grazie alla *BSC* la strategia può essere comunicata a tutti i livelli dell'organizzazione<sup>168</sup>. L'allocazione delle risorse può rispecchiare gli intenti strategici, tutti i collaboratori possono essere allineati con la strategia, il *feedback*, oltre che operativo diventa anche strategico; la *BSC* è un lavoro di *gruppo*, fondamentale oggi nella gestione delle imprese. La *BSC* infine è un eccellente sistema di misurazione delle prestazioni (*PMS – Performance Measurement System*)<sup>169</sup>.

---

<sup>168</sup> Kaplan e Norton individuano nei dipendenti coloro che sono i principali artefici della strategia. Lo strumento della *BSC* viene visto come quel mezzo per agevolare tale allineamento attraverso tre *step*: comunicazione ed istruzione della strategia, mettere a punto obiettivi personali e di squadra e fissare dei sistemi di incentivazione e retribuzione. Marco Gatti, *Balanced Scorecard e Cost Management – Riferimenti teorici e casi aziendali.*, Società editrice Esculapio, Bologna, 2011, pp. 30 e ss.

<sup>169</sup> Si parla di ciclo di gestione delle *performance*: definizione e assegnazione degli obiettivi da perseguire, dei corrispondenti indicatori e dei relativi target / valori attesi di risultato; associazione tra gli obiettivi e l'allocazione delle risorse; monitoraggio in corso di esercizio ed eventuali interventi correttivi; misurazione e valutazione delle performance, organizzativa e individuale; uso di sistemi

Secondo Porter il vantaggio competitivo nasce dal valore che un'azienda è in grado di creare per i suoi acquirenti, che fornisca risultati superiori alla spesa sostenuta dall'impresa per crearlo. Il valore è quello che i clienti sono disposti a pagare: un valore superiore deriva quindi dall'offrire prezzi più bassi della concorrenza per vantaggi equivalenti o dal fornire vantaggi unici che controbilancino abbondantemente un prezzo più alto.

Questo significa che il successo di una strategia consiste nell'ottenere, per un'organizzazione, l'allineamento tra la proposta di valore<sup>170</sup> per i suoi clienti e le attività interne. L'azienda deve quindi puntare all'eccellenza operativa, ponendo in risalto le misure dei costi, dei tempi e della qualità dei processi operativi, dell'efficienza dei processi di produzione, dell'approvvigionamento e della distribuzione, oltre ai rapporti con i fornitori. Per avere un'eccellenza operativa è necessario che l'impresa abbia risorse adeguate e formate ed attivi processi di ricerca ed innovazione. Il cerchio si chiude con l'elaborazione della strategia economico-finanziaria che potrà migliorare e rispondere alle aspettative degli azionisti (i proprietari ed i soci) e della prospettiva di apprendimento ed innovazione nella misura in cui saprà fornire valore ai propri clienti.

Per ogni prospettiva si dovranno definire e controllare gli obiettivi da realizzare ed eventualmente l'utile da distribuire; i parametri usati per misurare il raggiungimento degli obiettivi come quello della crescita dell'utile da distribuire che potrebbe essere misurato tramite la crescita dell'utile netto; i *target* ossia quei valori specifici per le misure come ad esempio una riduzione annuale del 5% degli scarti di produzione; le iniziative, ossia i progetti, i piani, le attività da svolgere per raggiungere l'obiettivo.

Se una mappa strategica fosse ben costruita, ogni misura scelta dovrebbe costituire un anello della catena di relazioni di causa-effetto che esprime il significato della strategia ai diversi livelli dell'organizzazione.

---

premianti, secondo criteri per valorizzare il merito; rendicontazione dei risultati agli organi di indirizzo politico-amministrativo, ai vertici delle amministrazioni, ai competenti organi esterni, a cittadini, ai soggetti interessati, agli utenti ed ai destinatari dei servizi. [www.performance.gov.it](http://www.performance.gov.it) *Sistema di misurazione e valutazione delle performance. Consultazione del 10/01/2023.*

Nel progettare e costruire la *BSC* è fondamentale focalizzarsi sui fenomeni da monitorare ovvero i *FCS* che misurano gli eventi da controllare. Uno dei metodi utilizzati per individuare i *FCS*, è il metodo *KJ*<sup>171</sup> detto “Diagramma delle affinità”.

Se non si riescono a fidelizzare i clienti o ad acquisirne di nuovi e se non è possibile efficientare ulteriormente i processi interni, perché non ci sono le risorse umane competenti, raramente l'azienda otterrà buone prestazioni economiche e finanziarie. L'efficacia di queste relazioni determina il successo o l'insuccesso del progetto strategico e poi del piano di risanamento.

Gli aspetti caratterizzanti di un sistema di misurazione delle prestazioni sono l'allineamento strategico, il supporto definizione/ridefinizione *FSC*, il bilanciamento (multidimensionalità), orientamento ai processi, profondità, chiarezza e semplicità.

L'allineamento strategico consiste nell'utilizzo del *Performance Measurement System (PMS)*<sup>172</sup> per tradurre la strategia in azione mediante la comunicazione e condivisione dei fattori critici di successo e degli obiettivi strategici, la traduzione dei fattori critici di successo in indicatori di prestazione ed il monitoraggio del raggiungimento della strategia. La mancanza di un esplicito legame tra misurazione delle prestazioni e la pianificazione strategica è una delle principali ragioni che ostacola il raggiungimento dei risultati attesi da un *PMS*.

Il supporto e la definizione-ridefinizione dei *FCS* sono fondamentali per l'integrazione tra gestione del controllo e apprendimento strategico; i processi di miglioramento continuo; il coordinamento obiettivi/attività; la relazione biunivoca

---

<sup>171</sup> *KJ* sono le iniziali dell'antropologo Kawakita Jiro che nel 1960 presentò il diagramma delle affinità, il cui scopo è quello di organizzare un insieme di input/dati, non molto chiari, e/o ben definiti e non correlati tra loro, in categorie omogenee con un qualche nesso logico, per chiarire la natura di un problema e definire un percorso di risoluzione. Claudio Bottos, Paolo Camanzi, Marco Gennari, Roberto Mazzotti, Andrea Panizza, Emidia Vagnoni, *Balanced Scorecard* rafforza il risanamento aziendale – controllo strategico del piano di risanamento, affidabilità più alta per advisor e attestatore, Wolters Kluwer, Milano, 2014, p. 95.

<sup>172</sup> Processo volto a creare un'idea condivisa di che cosa si voglia ottenere (e come) e a gestire il personale in modo tale da aumentare le probabilità di ottenere i risultati desiderati. *Aguinis* (2009) lo definisce come un continuo processo di identificazione, misurazione e sviluppo delle performance di individui e gruppi e di allineamento di tali performance con gli obiettivi strategici dell'organizzazione. [www.prospettiveinorganizzazione.assioa.it/performance-management-modernita-o-utopia](http://www.prospettiveinorganizzazione.assioa.it/performance-management-modernita-o-utopia) - Consultazione del 10/01/2023.

PMS-strategia; la riflessione critica sulla strategia corrente, che dovrebbe essere aiutata anche dal processo di esplorazione.

Il bilanciamento (multidimensionalità) si raggiunge con la presenza di misure di natura diversa, gestite in modo coerente e coordinato con l'obiettivo di fornire una visione olistica dell'organizzazione. Queste misure sono il bilanciamento tra diverse prospettive considerando sia la natura degli indicatori (finanziaria e non finanziaria) sia l'oggetto della misurazione (interne/esterne); la valutazione dei bisogni/soddisfazioni degli *stakeholder* come oggetto dell'attività di misurazione delle prestazioni.

Si fa riferimento alla presenza di misure *SMART*<sup>173</sup>:

a) *Strategic*: finalizzate direttamente o indirettamente all'implementazione della strategia;

b) *Measurable*: chiara ed esplicita definizione, senza possibile ambiguità, delle modalità di calcolo (es. attributi considerati nell'analisi della soddisfazione cliente, tasso di innovazione, ecc);

c) *Accurate*: capacità di esprimere correttamente il fenomeno indagato (es. il n. di reclami come *proxy* della soddisfazione dei clienti percepita);

d) *Realistic*: accesso alle informazioni con tempi/costi non superiori ai benefici (es. disponibilità di risorse interne per l'analisi dei dati raccolti, rilevazioni dati coerenti con i numeri dei clienti, ecc);

e) *Timely*: informazioni reperibili tempestivamente (es. raccolta delle informazioni sulla soddisfazione cliente al momento della consegna della merce).

La *BSC* risulta che riduce l'incertezza e quindi comporta una maggiore attendibilità ai piani di risanamento<sup>174</sup>.

---

<sup>173</sup> Claudio Bottos, Paolo Camanzi, Marco Gennari, Roberto Mazzotti, Andrea Panizza, Emidia Vagnoni, *Balanced Scorecard rafforza il risanamento aziendale – controllo strategico del piano di risanamento, affidabilità più alta per advisor e attestatore*, Wolters Kluwer, Milano, 2014, p. 100

Una *BSC* è da ritenersi uno strumento chiave nei piani di risanamento perché un piano necessita, oltre che di velocità nelle decisioni-azioni per evitare il collasso dell'impresa, anche di una strategia aziendale di medio/lungo periodo che permetta di portare l'impresa ad essere competitiva e generatrice di profitti per soddisfare gli *stakeholder*.

Le aziende devono costruire un percorso che preveda l'implementazione della *BSC* e del processo di esplorazione che monitora principalmente le prospettive dei clienti e quella delle risorse umane. La *BSC* può essere un modo di rappresentazione della strategia e costituisce la sintesi del piano di risanamento, attraverso la tattica riesce a condurre l'impresa oltre la crisi.

Il sistema, nella sua versione evoluta, è rappresentato da strumenti informatici di *Business Intelligence* (BI), perché permettono di eseguire interrogazioni, aggregazioni ed integrazioni delle informazioni e dei dati che consentono di studiare ed analizzare i fenomeni nel tempo.

Il sistema di navigazione rende la *BSC* uno strumento operativo per il controllo strategico; se la ricerca dei fattori che possono dare compiutezza alle *performance* è difficoltosa e necessita di tempi lunghi, così non bisogna trascurare il rischio di trasformare il cruscotto in un esercizio di semplice *reporting* e di annullare quindi i reali benefici dell'introduzione della *BSC* nel governo dell'impresa.

La mappa strategica è una catena di ipotesi di legami causa-effetto: Kaplan e Norton parlano di “*strategy testing and adapting meeting*” per evidenziare che il riesame della strategia è una sorta di *test* sulle ipotesi presenti nella mappa. Il *test* è soprattutto di natura speculativa e concettuale e non matematico-statistico.

La mappa strategica ha valore in quanto strumento che consente di rendere esplicite e condivise le priorità strategiche ed è proprio tale modo di pensare che può

---

<sup>174</sup> Il contesto della gestione delle crisi di impresa impone l'elaborazione di un piano finalizzato alla rimozione delle situazioni di criticità e al ritorno del valore. Claudio Bottos, Paolo Camanzi, Marco Gennari, Roberto Mazzotti, Andrea Panizza, Emidia Vagnoni, *Balanced Scorecard rafforza il risanamento aziendale – controllo strategico del piano di risanamento, affidabilità più alta per advisor e attestatore*, Wolters Kluwer, Milano, 2014, p. 159

facilitare il diverso processo della formula imprenditoriale e così alimentare il circuito dell'apprendimento strategico.

Si caratterizza per avere un approccio *top-down* ed è fondamentale il coinvolgimento dei *manager* nelle sessioni di gruppo.

La *BSC* è un elemento formidabile nella riduzione dell'incertezza e nell'aumento dell'affidabilità dei piani di risanamento.

Per la redazione del piano, ove sono sintetizzate le idee, i programmi e le iniziative caratterizzanti l'intero progetto, è necessario che nella relativa elaborazione, vengano seguiti dei principi generali:

a) Chiarezza<sup>175</sup>, favorisce la percezione immediata del progetto imprenditoriale che è alla base del documento, gli obiettivi e le attività che si intendono utilizzare per il suo raggiungimento e la descrizione delle risorse che l'imprenditore intende mettere a disposizione per il suo sostenimento;

b) Completezza<sup>176</sup>, evidenzia la necessità di includere “ogni informazione ritenuta rilevante per l'effettiva e consapevole comprensione del progetto cui il documento si riferisce: elementi quali la descrizione del progetto imprenditoriale; la descrizione del prodotto/servizio; la storia dell'azienda, l'analisi della storia dei soci, degli amministratori e del *top management*; l'analisi degli aspetti amministrativi; l'analisi delle risorse umane; l'analisi della logistica; l'analisi di mercato e le scelte di *marketing*; il piano delle vendite del prodotto/servizio; il piano degli investimenti e le relative risorse; l'analisi del *know how* e delle licenze d'uso; la descrizione del ciclo produttivo, compresa la fase di smaltimento e/o riutilizzo di rifiuti e scarti; la descrizione degli aspetti ambientali e di sicurezza, se significativi; l'analisi della struttura finanziaria; le previsioni patrimoniali, economiche e

---

<sup>175</sup> Consiglio Nazionale dei Dottori Commercialisti e degli esperti contabili – *Il principio di chiarezza, I principi generali di redazione del Business Plan in Linee guida alla redazione del business plan*, Roma, 2011, pp. 15-16.

<sup>176</sup> Cit. Consiglio Nazionale dei Dottori Commercialisti e degli esperti contabili – *Il principio di completezza, l'affidabilità e l'attendibilità. I principi generali di redazione del Business Plan in Linee guida alla redazione del business plan*, Roma, 2011, p. 17-18.

finanziarie; i punti di forza e di debolezza del progetto; le considerazioni conclusive; gli allegati, e quello della completezza sostanziale che passa da un'analisi dell'idea e da una sua contestualizzazione in tutte le aree aziendali.

c) Affidabilità e attendibilità: particolare importanza ricopre l'applicazione dei principi di affidabilità e attendibilità. Un piano industriale è corretto e adeguato quando sono affidabili le assunzioni ed i procedimenti attraverso i quali avviene la formulazione delle proiezioni e la derivazione delle conclusioni. L'affidabilità delle assunzioni di base, necessaria affinché vi possa essere piena coerenza tra la strategia e l'*Action Plan* e una corretta collocazione delle singole poste di conto economico e di stato patrimoniale.

Garanzia fornita da una documentata raccolta dati, dalla loro sistematica elaborazione e da un'analisi controllabile.

L'elaborazione dei dati deve essere sistematica e l'analisi dei dati deve essere controllabile. In presenza di documento da assoggettare ad attestazione, *“l'attestatore deve verificare che le situazioni patrimoniali, economiche e finanziarie che rappresentano i dati di partenza del piano siano attendibili e in grado di fornire un quadro fedele della situazione patrimoniale, economica e finanziaria dell'azienda, entro la quale sarà desumibile la più recente rappresentazione degli elementi del patrimonio aziendale. Il piano è attendibile quando il suo contenuto complessivo ed i suoi singoli elementi costitutivi risultano compatibili, coerenti e ragionevoli”*.

La verifica dell'attendibilità<sup>177</sup> del piano va ricercata ponendo in relazione la congruità delle risorse allocate e combinate per il processo produttivo e gli scenari complessivi, siano essi di mercato, tecnologici, economici, finanziari, ecc. previsti e rappresentati in relazione alle singole potenziali aree di rischio. Il contesto gestionale di crisi e il conseguente ricorso all'elaborazione di un piano di risanamento, impone ancora più

---

<sup>177</sup> Cit. Il contesto della gestione delle crisi di impresa impone l'elaborazione di un piano finalizzato alla rimozione delle situazioni di criticità e al ritorno del valore. Claudio Bottos, Paolo Camanzi, Marco Gennari, Roberto Mazzotti, Andrea Panizza, Emidia Vagnoni, *Balanced Scorecard rafforza il risanamento aziendale – controllo strategico del piano di risanamento, affidabilità più alta per advisor e attestatore*, Wolters Kluwer, Milano, 2014, p. 164 e ss.

attenzione all'attendibilità del documento e alla sua fattibilità. L'attestazione deve essere fatta da parte di un esperto indipendente iscritto nel registro dei revisori contabili e in possesso di determinati requisiti previsti dall'art. 28 lett. a) e b) della legge fallimentare, e lo obbliga alla verifica della fattibilità del piano.

L'attestatore<sup>178</sup> deve sempre considerare che tale accertamento è strumentale al giudizio di fattibilità del piano e di attuabilità dell'accordo di ristrutturazione dei debiti o della proposta concordataria, una base di dati non veritiera rende non attendibile il piano e il giudizio sulla fattibilità.

La veridicità del piano, sulla quale l'attestatore è chiamato ad esprimere il proprio giudizio, si riferisce a un complesso sistema di informazioni che sono alla base dello stesso piano.

La presenza di situazioni nelle quali l'attestatore considera non veritieri alcuni dati potrebbe non rappresentare elemento che inficia la veridicità complessiva del piano.

L'adozione di un sistema di misurazione della *performance* aziendale, qual è la *Balanced Scorecard*, favorisce l'applicazione dei principi di affidabilità e di attendibilità nello sviluppo del piano, con conseguente positivo impatto nello svolgimento dell'attività riservata all'attestatore.

Considerando che la *Balanced Scorecard* rappresenta un utile supporto alla gestione in quanto individua e monitora nel tempo alcune variabili dalle quali è possibile trarre importanti indicazioni sul generale andamento dell'azienda, tramite la sua applicazione è possibile migliorare la qualità dell'intero sistema di controllo direzionale e la verifica della coerenza con le strategie attuate dall'azienda.

---

<sup>178</sup> L'attestatore in particolare deve concentrarsi sui dati di natura contabile, deve accertare che nel piano siano riportate stime effettuate in modo corretto. Cit. Claudio Bottos, Paolo Camanzi, Marco Gennari, Roberto Mazzotti, Andrea Panizza, Emidia Vagnoni, *Balanced Scorecard rafforza il risanamento aziendale – controllo strategico del piano di risanamento, affidabilità più alta per advisor e attestatore*, Wolters Kluwer, Milano, 2014, p. 167.

L'*Advisor*<sup>179</sup>, la persona incaricata dell'elaborazione del piano e successivamente il professionista chiamato ad attestarlo, in presenza di una *BSC* applicata hanno a disposizione una mole di informazioni, rappresentate principalmente da indicatori di *performance*, aggiuntive rispetto a quelle di natura strettamente economico, finanziaria e patrimoniale che favoriscono l'applicazione del principio di affidabilità e attendibilità, nonché la verifica della complessiva fattibilità del piano.

La presentazione sintetica degli obiettivi strategici e delle tattiche individuate per il risanamento offerta dalla *BSC* consente all'attestatore del piano di percepire l'eventuale necessità di approfondimento. L'attendibilità di un piano di risanamento opportunamente integrato con la *BSC* viene visto positivamente in quanto individua i punti che devono essere tenuti in considerazione anche per il successivo monitoraggio del piano.

d) Neutralità, qui risiede il concetto in base al quale il piano deve essere elaborato con criteri il più possibile obiettivi e ponderati;

e) Trasparenza, è un principio strettamente collegato a quelli di chiarezza e affidabilità. Ogni informazione utilizzata deve avere la fonte rintracciabile e risultare fattibile il ricorso al piano, alla possibilità di passare dal risultato di sintesi al singolo elemento di analisi;

f) Prudenza, la corretta applicazione di tale principio consente l'elaborazione di piani che presentino scenari costruiti con particolare cautela in termini economici e finanziari.

La *Balanced Scorecard* permette di creare una visione più esaustiva del *business* aziendale, rende i piani di risanamento più attendibili, l'importanza dei

---

<sup>179</sup> L'*Advisor* ha il compito di valutare la situazione aziendale, identificando le azioni che potrebbero permettere all'azienda di superare le criticità e realizzare gli obiettivi strategici. L'*Advisor* supporta il *management* nel rappresentare alcuni aspetti come ipotesi industriali alla base del Piano, comparazione delle ipotesi del Piano rispetto alle dinamiche attese dal settore, crescita del mercato di riferimento, minacce ed opportunità strategiche, analisi della sostenibilità del Piano e verifica delle eventuali conseguenze in caso di mancata realizzazione delle ipotesi di base. Corso di formazione per gestori della crisi "il ruolo dell'*Advisor* per la scelta dello strumento più adatto al caso di specie" Gabriele Felici, Ordine dei Dottori Commercialisti e degli Esperti Contabili di Roma.

fattori critici di successo e dei principali *key performance indicators*<sup>180</sup>. Nelle imprese in crisi la fase di monitoraggio rende possibile rilevare eventuali scostamenti dal piano che sono un importante campanello d'allarme circa l'efficacia del risanamento oltre ad un elemento di verifica.

La proposta è riferita alla sola reportistica finale, dato che la costruzione della *Balanced Scorecard* deve essere strettamente collegata alla singola realtà ed al contesto all'interno della quale si inserisce l'azienda per la quale è stato redatto il piano.

Per ognuna della quattro prospettive, dovranno essere determinati i pesi che gli obiettivi assumeranno all'interno della singola prospettiva e per ogni obiettivo dovranno essere elaborati i relativi *key performance indicators*, assegnando anche in questo caso il relativo peso.

Per ogni area della gestione aziendale sono stati individuati alcuni *key performance indicators* dotati di relativo peso all'interno del singolo *goal* e di *target* di riferimento.

Il soggetto affidatario dell'incarico di monitorare il piano, nel corso della fase esecutiva, effettuerà l'osservazione dei risultati ottenuti, generando la retroazione, o *feedback*. Per quanto riguarda l'individuazione dell'orizzonte temporale da considerare come riferimento per l'osservazione dei risultati (*timing*), essa sarà agevolata se il piano prevede degli obiettivi intermedi di riferimento in corrispondenza dei quali l'esecuzione del piano va verificata (*milestones*). Per semplicità espositiva è possibile supporre che l'attività di monitoraggio della prospettiva economico-finanziaria si espliciti attraverso il confronto tra i *targets* di riferimento di ogni singolo *key performance indicator* e i valori registrati effettivamente, con assegnazione di un punteggio di 0 nel caso in cui il *target* non sia stato raggiunto.

---

<sup>180</sup> I KPI sono algoritmi software che elaborano una serie di informazioni relativi ad un processo, dando come risultato un parametro che ne rappresenta l'andamento. La *Business Intelligence* integra i sistemi di supporto alle decisioni (DSS) consentendo di avere un unico database aziendale da interrogare per elaborare informazioni secondo finalità diverse. La Business Intelligence sta alla base dei più avanzati PMS. *Tratto da Balanced Scorecard, Progettare e gestire il sistema aziendale di misurazione delle prestazioni*, Stefano Tonchia, Università di Udine, Consultazione del 14/01/2023.

Per il primo tipo di *goals* ossia la solidità aziendale<sup>181</sup>, sono stati individuati come *KPI* il grado di capitalizzazione aziendale (quoziente tra patrimonio netto e totale del capitale acquisito) e la copertura lorda delle immobilizzazioni (quoziente ottenuto dalla frazione che prevede al numeratore la somma tra patrimonio netto e passività fisse e al denominatore il capitale fisso aziendale). Si arriva poi a definire la c.d. *Balanced Scorecard Diamond (BSCD)*, il diagramma evidenzia un rombo principale che rappresenta il perimetro del lavoro ai cui vertici sono indicate le quattro prospettive.

Il diagramma *BSCD* potrebbe essere utilizzato anche come riferimento per la quantificazione automatica degli eventuali scostamenti, nel caso in cui il piano preveda obiettivi intermedi in base ai quali stabilire azioni future, si potrebbe ipotizzare un *milestone* basato sulla *balanced scorecard* e che preveda l'assenza di scostamenti, che non rende necessarie modifiche al piano, la presenza di scostamenti poco significativi che non determina modifiche al piano; la presenza di scostamenti significativi che rende necessarie modifiche al piano; la presenza di scostamenti estremamente significativi che determina la necessità di redigere il piano *ex novo*.

Le quattro tipologie possono essere associate alle diverse situazioni rappresentabili nel diagramma definito come *BSCD*. Se per tutte e quattro le prospettive della *balanced scorecard* il vertice del rombo più scuro (rombo dei punteggi raggiunti) si posiziona a un livello uguale oppure superiore rispetto a quello del rombo più chiaro (rombo indicante il livello discriminante), tutti gli obiettivi sono raggiunti e non sono necessarie modifiche al piano.

Se per tre prospettive della *Balanced Scorecard* il vertice del rombo più scuro si posiziona ad un livello uguale o superiore rispetto a quello del rombo più chiaro e per una prospettiva ciò non avviene, ferma restante la necessità di indagare in modo accorto i motivi che non hanno permesso il raggiungimento di uno dei *target* e prevedendo l'assenza di sbarramenti, si potrebbe ipotizzare che lo scostamento sia poco significativo e siano individuabili semplici correttivi in grado di risolvere la

---

<sup>181</sup> La solidità aziendale indica la capacità dell'azienda di far fronte agli investimenti durevoli con risorse proprie. E' misurata dal grado di copertura delle immobilizzazioni che analizza il rapporto tra impieghi e fonti. [www.ragioneria.com](http://www.ragioneria.com) Analisi della solidità aziendale - Consultazione del 14/01/2023

situazione, permettendo al piano di superare la verifica rappresentata dal prossimo *milestones*.

Se per due prospettive il vertice del rombo più scuro si posiziona ad un livello uguale oppure superiore rispetto a quello del rombo più chiaro e per due prospettive il vertice del rombo più scuro si posiziona ad un livello inferiore rispetto a quello del rombo più chiaro, si potrebbe ipotizzare che lo scostamento sia significativo e che sia necessario procedere con modifiche al piano, indipendentemente dalla presenza o meno di sbarramenti.

Se per tre prospettive il vertice del rombo più scuro si posiziona a un livello inferiore rispetto a quello del rombo più chiaro e per una prospettiva questo non avviene, in caso di assenza di sbarramenti, si potrebbe ipotizzare che lo scostamento sia significativo e sia necessario procedere con modifiche al piano; nel caso in cui una delle prospettive che non ha raggiunto il *target* abbia il ruolo di “sbarramento”, si potrebbe ipotizzare che lo scostamento sia così significativo da rendere necessaria la redazione di un nuovo piano.

Nel caso in cui per tutte e quattro le prospettive della *Balanced Scorecard* il vertice del rombo più scuro si posiziona a un livello inferiore rispetto a quello del rombo più chiaro, nessuno degli obiettivi può dirsi raggiunto e di conseguenza è necessario redigere un piano *ex novo*.

In base ai *Principi di Attestazione dei piani di risanamento*, lo scostamento si intende significativo quando, rispetto al contenuto e alle previsioni del piano, esso è tale da incidere sulla realizzabilità dello stesso, nonché sui tempi e sulle modalità del percorso di superamento della crisi e quando lo scostamento non è “assorbito” da risparmi (*savings*) e/o correttivi e meccanismi di aggiustamento, in quanto non previsti e/o non sufficienti.

Non va dimenticato che nel caso di modifiche al piano o nel caso di una sua redazione *ex novo*, deve essere operata una nuova attestazione, in mancanza della quale il piano posto in esecuzione è escluso dalla protezione prevista dalla legge; considerando inoltre che sotto il profilo formale e sostanziale si tratta di una nuova attestazione e non di un supplemento o una integrazione dell’attestazione originaria,

la nuova relazione dovrà riguardare sia la veridicità dei dati su cui si fonda il nuovo piano, sia la fattibilità del nuovo piano; il che impone al soggetto attestatore di ripetere le verifiche necessarie.<sup>182</sup>

---

<sup>182</sup> Principi di attestazione dei piani di risanamento, key performance indicators, la Balanced Scorecard Diamond, Claudio Bottos, Paolo Camanzi, Marco Gennari, Roberto Mazzotti, Andrea Panizza, Emidia Vagnoni, Balanced Scorecard rafforza il risanamento aziendale – controllo strategico del piano di risanamento, affidabilità più alta per advisor e attestatore, Wolters Kluwer, Milano, 2014, pp. 226 e ss.

## CAPITOLO 8

### UNA *BALANCED SCORECARD* PER IL *RISK MANAGEMENT*

In correlazione alle *performance* d'impresa deve essere effettuata anche una misurazione dei rischi<sup>183</sup>. Rappresentando il rischio uno scostamento dai valori attesi, ossia quelli che riteniamo eccellenti come il *benchmark* di riferimento, la gestione aziendale deve essere efficace ed efficiente e rappresenta un importante punto di partenza per ottenere un'affidabile e completa misurazione dei rischi che sia in linea con le caratteristiche dell'impresa interessata.

Tra i diversi strumenti di rappresentazione e misurazione delle *performance*, riteniamo la *Balanced Scorecard* quello più completo e l'unico in grado di fornire una descrizione veritiera dell'andamento passato, presente e futuro della gestione d'impresa, sotto ogni suo profilo e in ogni sua prospettiva.

La *Balanced Scorecard* rappresenta quindi una metodologia di controllo strategico utilizzata in una struttura multidimensionale per descrivere, attuare e gestire la strategia di tutta l'organizzazione allo scopo di tradurre missioni e strategie in una serie completa di misure delle *performance*, che forniscono un modello di struttura per un sistema strategico di misurazione e gestione. Viene a crearsi un nuovo sistema di *management* in cui la *Balanced Scorecard* ha il merito di collegare gli obiettivi operativi a breve con gli obiettivi strategici a lungo termine, confrontando misure finanziarie e non finanziarie, indicatori ritardati e indicatori di tendenza, prospettive di *performance* interna ed esterna.

Si parte dal presupposto che se tale modello si affidasse solo a misure di tipo economico-finanziario in un sistema di *management* possa indurre le organizzazioni in errore, e dunque essa conserva misure di *performance* finanziaria e li integra con *driver* o *lead* della *performance* finanziaria futura.

Per vincere la partita che ogni giorno le aziende giocano sul mercato occorre avere a disposizione un numero molto elevato di informazioni e di indicatori che

---

<sup>183</sup> Per un approfondimento si veda "Il governo sistemico dei rischi nella gestione d'impresa. Una *Balanced Scorecard* per il *Risk Management*, Sergio Salomone, Egea, Milano, 2013, pp. 30-50.

segnalino i punti in cui intervenire e le conseguenze che questi interventi possono provocare all'interno e all'esterno dell'azienda.

La *Balanced Scorecard* “mette ordine” tra gli indicatori con l'obiettivo di integrarli e bilanciarli ossia definire le connessioni logiche esistenti tra di essi in modo da conoscere in anticipo i riflessi che una determinata azione avrà sull'intera gestione aziendale: per continuare ad operare è necessario uno stretto collegamento tra gestione strategica e gestione operativa. La prima, una volta individuate missione e visione, pronta a scegliere, confrontandosi col contesto competitivo in cui opera, i progetti rilevanti da intraprendere; la seconda diretta alla conduzione delle attività correnti ed alla realizzazione dei progetti prescelti.

La *BSC* consente di ottenere “un doppio *feedback*” proprio per lo stretto legame che essa crea tra la strategia e l'operatività<sup>184</sup> cioè il piano d'azione.

Un primo punto è quello strettamente operativo: attraverso la *BSC* verifico se sto eseguendo correttamente la strategia. Si tratta di un *feedback* tipico sull'allineamento delle risorse e dei processi con quanto formulato a livello strategico. Il secondo *feedback* è quello più propriamente strategico: se la strategia è eseguita correttamente, ma i risultati conseguiti non sono all'altezza di quelli attesi allora c'è qualcosa che non funziona nelle assunzioni fatte alla base della strategia oppure è mutato il contesto nel quale l'organizzazione si trova ad operare. A tal fine, occorre modificare la strategia correggendo così la rotta.

La *Balanced Scorecard* può essere utilizzata efficacemente in aziende del settore privato e pubblico di ogni natura e complessità a condizione di descrivere in modo accurato l'attività e la priorità relativa tra le varie componenti d'influenza (*Stakeholders*).

Mentre nel settore privato la massima priorità sarà data al profitto<sup>185</sup>, nel settore pubblico l'elemento fondamentale sarà rappresentato dal servizio al cittadino.

---

<sup>184</sup> Pianificazione strategica è la mission dell'azienda a lungo termine. Pianificazione tattica sono gli obiettivi che si intendono raggiungere nel medio periodo. Pianificazione operativa sono gli obiettivi che si vogliono raggiungere nel breve periodo, nell'anno di attività dell'azienda. [Blog.cybertec.it](http://Blog.cybertec.it)

Possiamo avere rischi finanziari, rischi di *governance* e di *compliance*, rischi legati alla gestione dei processi (interni) e rischi legati ai beni immateriali. Così vengono individuati i *Key Risk Indicator* necessari per dare una misura concreta e coerente ai rischi che possono coinvolgere l'impresa interessata.

Le sfide attuali a cui l'impresa deve far fronte sono molteplici come quella di destreggiarsi nell'incertezza che domina la realtà odierna e che rende sempre più difficile e costoso fare *business*; adeguarsi ad una forte riduzione delle risorse disponibili; affrontare il passaggio da una concorrenza sul prodotto/servizio ad una concorrenza sulla capacità di spesa del cliente; cogliere come trasformare i beni intangibili dell'organizzazione in risultati concreti; comprendere come far evolvere la propria organizzazione da un modello di *business* prodotto-centrico ad un modello di *business stakeholder*-centrico.

Accanto all'esigenza di formulare una strategia vincente, diventa prioritaria l'esigenza di eseguire in maniera efficace la strategia attraverso l'allineamento di tutte le risorse dell'organizzazione alla strategia stessa, considerando i rischi che possono presentarsi e minacciare gli obiettivi prefissati.

Nell'attuale contesto competitivo, dominato dall'incertezza e dalla mutevolezza, le imprese hanno bisogno di sapere per tempo se saranno in grado di raggiungere i risultati prefissati, alla luce degli eventuali rischi.

Nasce dunque l'esigenza di dotarsi di strumenti in qualche modo predittivi che diano un'indicazione tempestiva sia sulla corretta esecuzione della strategia sia sulla validità delle assunzioni strategiche formulate, sia sull'entità dei rischi che si possono presentare.

Le misure economico-finanziarie a consuntivo, seppure fondamentali, sono inadeguate a fornire le risposte richieste. Bisogna prendere in considerazione quelli che sono i *driver* della *performance* futura, da una parte (*BSC* tradizionale) dei rischi, dall'altra (*BSC* applicata al *risk management*)<sup>186</sup>.

---

<sup>185</sup> Nel settore privato ci si è focalizzati sul profitto.

<sup>186</sup> Utilizzare metodologie di misurazione dei rischi aziendali supportate da strumenti informatici per una gestione d'impresa efficiente e prudente. Per un approfondimento si veda Il governo sistemico dei

La *Balanced Scorecard*, nella seconda prospettiva, rappresenta un *framework* che permette non solo di collegare le misure della *performance* alla strategia, ma di eseguire misure per gestire i rischi d'impresa: misurare per capire, capire per agire, agire tempestivamente per raggiungere i risultati desiderati, in termini di ritenzione dei rischi.

Grazie alla *Balanced Scorecard*: la *strategia di risk management* può essere comunicata a tutti i livelli dell'organizzazione e condivisa in modo univoco tra gli stessi; l'allocazione delle risorse può rispecchiare gli intenti strategici; tutti i collaboratori possono essere allineati con la strategia; il *feedback* relativo ai rischi, oltre che operativo, diventa anche strategico.

La *BSC* permette di associare a ciascun rischio individuato in funzione delle quattro prospettive prestabilite (che possono essere suscettibili di variazioni a seconda delle specificità dell'impresa considerata) gli strumenti di misurazione che ne determinano l'impatto in relazione alla variazione (evidentemente di segno meno) della *performance*<sup>187</sup> ottenuta.

Le prospettive della *BSC* sono rappresentazioni che aiutano nella costruzione logica della mappa strategica di risposta al rischio, ossia schemi mentali che facilitano la traduzione della strategia di *Risk Management* in una serie di obiettivi coerenti, collegati tra loro attraverso relazioni causa-effetto.

Identificare quante prospettive usare ed in che ordine strutturale nella mappa per rispecchiare il più possibile la specifica realtà, rappresenta un passaggio delicato, perché si definisce come la *mission* dell'organizzazione viene declinata in risultati da raggiungere e nell'operatività quotidiana che dovrebbe permettere di raggiungerli in relazione ai rischi tipici.

Si evince come ciascuna prospettiva comprenda i relativi rischi prevedendone le misure (o indicatori) per rilevarli, i *target* da raggiungere e le azioni necessarie per

---

rischi nella gestione d'impresa. Una *Balanced Scorecard* per il *Risk Management*, Sergio Salomone, Egea, Milano, 2013, p. 153.

<sup>187</sup> I due indicatori di performance maggiormente usati sono l'EBIT (reddito al netto degli elementi straordinaria e i flussi di cassa operativi). Il governo sistemico dei rischi nella gestione d'impresa. Una *Balanced Scorecard* per il *Risk Management*, Sergio Salomone, Egea, Milano, 2013, p. 154.

ottenere i risultati prefissati. L'individuazione dei rischi (l'associazione a ciascuna prospettiva), che misure, *target* e azioni, possano variare da impresa ad impresa, in quanto ogni *Balanced Scorecard* deve essere necessariamente costruita su misura dell'impresa interessata, con ciò intendendo l'individuazione di *drivers* conformi alle peculiarità (nonché alle criticità) dell'impresa in oggetto.

È bene precisare come ciascun obiettivo possa essere misurato anche da più di una misura (o indicatore) ed in tal senso non vi sarà un criterio univoco per affermare che un obiettivo è stato raggiunto.

Ora ci si può interrogare sui soggetti che devono essere preposti, ciascuno per ogni singolo *Key Risk Indicator*<sup>188</sup>, alla verifica del *target*. Il concetto di proprietario della misura diventa fondamentale e si fa riferimento a quel soggetto che deve dare atto (c.d. *Accountability*) del conseguimento dei risultati di uno specifico rischio.

Tale soggetto deve avere il potere di agire per ridurre il livello di rischio lungo quella dimensione. Non è detto che sia la stessa persona che acquisisce i dati relativi a quella misurazione. Quando si progetta una *BSC*, è necessario, che ad ogni misura venga assegnato un proprietario ben definito (nome e cognome), responsabile del raggiungimento delle riduzioni di rischio attese lungo quella dimensione definita dalla misura stessa.

Il proprietario deve avere pieno possesso delle conoscenze e delle leve per conseguire il risultato. Nelle organizzazioni che adottano sistemi di *risk management*<sup>189</sup> (o, in fase avanzata, di *entreprise risk management*) non vengono definiti i proprietari delle misure di rischio o, se vengono definiti, non vengono

---

<sup>188</sup> Sfide dell'impresa che sono molteplici come destreggiarsi nell'incertezza che domina la realtà e che rende sempre più difficile fare business, adeguarsi ad una forte riduzione delle risorse disponibili, affrontare il passaggio da una concorrenza sul prodotto/servizio ad una concorrenza sulla capacità di spesa del cliente, cogliere e trasformare i beni intangibili dell'organizzazione in risultati concreti, comprendere come far evolvere la propria organizzazione da un modello di business prodotto-centrico ad un modello di business stakeholder-centrico. Il governo sistemico dei rischi nella gestione d'impresa. Una *Balanced Scorecard* per il Risk Management, Sergio Salomone, Egea, Milano, 2013, p. 160-161.

<sup>189</sup> L' *Enterprise Risk Management* è stato proposto nel 2004 dal Co.S.O. of the Tradeway Commission allo scopo di guidare i manager per valutare e migliorare la gestione del rischio aziendale complessivamente intesa attraverso un modello integrato che intende comprendere i rischi aziendali. [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com) – Consultazione del 14/01/2023.

delegate a loro le leve necessarie per adottare con successo azioni mirate al contenimento. È un tipico problema organizzativo che la *BSC* mette in evidenza. Se le soluzioni non sono adeguate si riuscirà probabilmente a misurare dei rischi ma sarà molto difficile nella gestione per ridurre la frequenza, la gravità e il valore della perdita potenziale che ne consegue.

Un'ulteriore considerazione riguarda l'utilizzo della *BSC* come strumento di *reporting*. La *BSC* e la mappa strategica possono essere considerati efficaci strumenti di comunicazione interna utilizzati per eseguire correttamente la strategia dell'organizzazione.

Una corretta *BSC* dovrebbe chiarire e rendere esplicita la strategia aziendale (nel nostro caso con particolare riguardo all'approccio ai rischi). Se effettivamente la *BSC* è un programma strategico all'interno dell'organizzazione, l'aiuta ad eseguire correttamente una strategia (anche di *risk management*) per acquisire un vantaggio competitivo, dare informazioni di così vitale importanza alla concorrenza potrebbe trasformarsi in una criticità. La *BSC* è uno strumento che può essere utilizzato non solo per il *reporting* interno ma anche per quello verso l'esterno (specie per le imprese pubbliche o che operano col settore pubblico).

Ridurla ad un programma di *benchmarking* uniformando sia gli obiettivi strategici sia le misure, significa ridurre le potenzialità; da strumento in mano agli operatori per poter gestire la propria *performance* ed ottenere i risultati desiderati, riducendo i rischi, a strumento di valutazione di un'autorità per confrontare come si comportano le organizzazioni che ne fanno capo rispetto ad un *set* di obiettivi e misure comuni. La differenza concettuale e pratica è notevole: nel primo caso si utilizza la *BSC* come un programma di gestione della *performance*; nel secondo caso si utilizza la *BSC* come un sistema di misurazione e *reporting* della *performance*.

Ora intendiamo illustrare alcuni limiti che non rappresentano l'intero universo ma solo un campione significativo.

La *BSC* spesso non tiene conto di tutti gli *stakeholders* ma tende a privilegiare alcuni portatori di interessi in particolare quelli interni. Ma bisogna anche tenere conto dei fornitori ed i regolatori. Ma già *Kaplan e Norton* avevano considerato nella

prospettiva dei processi interni l'importanza "di essere buoni cittadini a livello *corporate*" pensando soprattutto al rapporto tra l'organizzazione ed i regolatori.

Ciò che è essenziale per un'organizzazione che vuole implementare la *BSC* non è tanto seguire il *framework*<sup>190</sup> proposto in quanto tale per una società generica, quanto seguire il percorso logico di traduzione della strategia (nel caso specifico di *risk management*) in termini operativi.

Se per l'organizzazione è strategico perseguire certi obiettivi nel rapporto con i fornitori, verranno di conseguenza considerati fondamentali misure, target ed iniziative<sup>191</sup>.

Parte della letteratura sostiene che per le aziende *profit-driven* si ponga come obiettivo primario quello di generare ricchezza preservando dai rischi, e che quindi correttamente ponga la prospettiva economico-finanziaria al primo posto, se sono i rischi economico-finanziari quelli più rilevanti per l'azienda stessa.

Condensare inoltre la complessità di un'impresa nelle quattro prospettive è molto limitativo. Se per un'azienda le quattro prospettive sono limitanti, nulla vieta di considerare un numero maggiore di prospettive o prospettive diverse.

L'importante è che la struttura rifletta la strategia aziendale. Un'organizzazione sceglie le prospettive che sono più confacenti alla propria strategia e le ordina nella mappa strategica secondo l'ordine che ritiene più opportuno. È uno strumento di gestione strategica dei rischi che serve all'organizzazione per raggiungere gli obiettivi desiderati.

---

<sup>190</sup> Il target è legato alla misura usata per quantificare un particolare aspetto della performance conseguita in relazione ad un determinato obiettivo di risk management. *Il governo sistemico dei rischi nella gestione d'impresa. Una Balanced Scorecard per il Risk Management*, Sergio Salomone, Egea, Milano, 2013, p. 168.

<sup>191</sup> Per misure intendiamo indicatori in grado di identificare il rischio sul quale intervenire, i Key Risk Indicator sono le misure che l'organizzazione sceglie per rilevare i progressi fatti nel proseguimento degli obiettivi, le misure sono collegate agli obiettivi e sono selezionate sulla base degli obiettivi che l'organizzazione si è data. Target rappresenta il livello quantificabile della performance desiderata per un determinato obiettivo da raggiungere in un determinato orizzonte temporale. Le iniziative sono azioni deliberate per allineare le misure ai target al fine di raggiungere gli obiettivi volti alla riduzione, eliminazione o controllo dei livelli di rischio. *Il governo sistemico dei rischi nella gestione d'impresa. Una Balanced Scorecard per il Risk Management*, Sergio Salomone, Egea, Milano, 2013, p. 168.

I rapporti causa-effetto non sono lineari come riassunto nella mappa strategica, in realtà ma come il pensiero sistemico vitale ci insegna sono più o meno indirettamente circolari, in qualche modo a reazione compensativa. Inoltre, la causa e l'effetto non sono strettamente connessi nel tempo e nello spazio. Questo è un grande limite “teorico” della BSC. La domanda da porsi è quanto sia pronto il *management* attuale ad abbracciare tale iniziativa.

Spetta ai consulenti e/o al “campione” della BSC farsi carico di una verifica “sistemica” della mappa strategica per evitare che vengano indotti comportamenti indesiderati nell'organizzazione. La mappa strategica esplicita le connessioni logiche secondo le quali verrà eseguita la strategia. Un *test* di validazione “sistemica” sembrerebbe quanto mai necessario e doveroso per non minare il successo dell'implementazione della BSC in azienda. Un'efficace *test* “sistemico” di validazione delle misure può bilanciare in qualche modo la semplificazione lineare dei rapporti causa-effetto.

Altro limite è che essa tiene poco conto del contesto esterno: di fatto nella BSC si tiene conto dell'ambiente esterno solo in fase di formulazione della strategia o in fase di revisione della stessa. Tutti gli indicatori di esecuzione della strategia sono indicatori interni anche se rivolti ad entità esterne come i clienti.

Se è vero che nella maggior parte dei casi possiamo intervenire solo sulle grandezze endogene, è altrettanto vero che grandezze esogene possono minare una corretta esecuzione della strategia.

Si dovrebbe pertanto cercare di affiancare alla *Balanced Scorecard* utilizzata per gestire i rischi dell'organizzazione<sup>192</sup>, un pannello di monitoraggio delle condizioni esterne che aiuti l'organizzazione a capire come mutamenti in tali condizioni possano influenzare i rischi dell'organizzazione stessa, o comportarne di nuovi.

---

<sup>192</sup> L'analisi dei rischi aziendali presuppone l'identificazione dell'elemento del sistema aziendale al quale attribuire le condizioni di rischio. E' necessario ponderare ogni rischio individuato secondo le tre seguenti dimensioni: frequenza; gravità e valore della perdita potenziale. *Il governo sistemico dei rischi nella gestione d'impresa. Una Balanced Scorecard per il Risk Management*, Sergio Salomone, Egea, Milano, 2013, p. 190.

Avere una serie di informazioni in tal senso rappresenterebbe un notevole supporto a quello che, anche nella gestione dei rischi così come nella gestione della *performance* – c.d. *performance management*, viene definito come *feedback* strategico.

Il monitoraggio dei concorrenti, dei parametri demografici e macroeconomici, della legislazione e di altre grandezze costituisce un momento fondamentale non solo nella formulazione della strategia ma anche nella sua corretta esecuzione.

Possiamo dunque affermare che la *Balanced Scorecard* non costituisce di certo un sistema perfetto ma in continua evoluzione e miglioramento che, se utilizzato correttamente può contribuire in maniera determinante al successo di un'organizzazione, anche in chiave di *Risk Management*. In quanto sistema aperto è un sistema migliorabile.<sup>193</sup>

Il processo di gestione dei rischi si traduce nel continuo controllo ed osservazione dello stesso, muta nel tempo più o meno velocemente il contesto in cui si trovano ad operare le imprese, così si modifica anche il processo che l'impresa deve attuare.

In relazione alla variabilità dell'ambiente, risposte al rischio che erano in passato efficaci (e sufficienti) possono successivamente rivelarsi inefficaci (ed insufficienti) o ancora inapplicabili perché nel frattempo è mutata la natura e la tipologia dei rischi cui l'impresa è esposta.

Vi è l'esigenza per i vertici aziendali di implementare un efficiente sistema di monitoraggio che consenta di determinare se le azioni di *risk management* siano sempre adeguate in correlazione ai suddetti mutamenti che possono essere di natura esterna o interna all'impresa.

---

<sup>193</sup> Sergio Salomone, il governo sistemico dei rischi nella gestione d'impresa. Una *Balanced Scorecard* per il *Risk Management*, prefazione di Francesco Perrini, EGEA SPA, Milano, 2013, pp.157-183.

L'attività di monitoraggio del rischio<sup>194</sup> (*risk monitoring*) consiste nel controllo continuo dell'esposizione al rischio dell'organizzazione e dell'andamento dei rischi assunti, nonché dei risultati prodotti dalle azioni di gestione degli stessi.

È facile immaginare come l'attività di monitoraggio influenzi tutte le fasi del processo di *risk management*, richiedendo, a seguito dell'eventuale risultanza di incongruenze e/o disallineamenti una reiterazione parziale o totale dello stesso. Ciò in linea con la dinamicità dell'equilibrio d'impresa.

E' necessario un monitoraggio continuo dei cambiamenti interni ed esterni all'impresa, aggiornando il sistema di gestione dei rischi quando le predette variazioni incidono in maniera significativa sul profilo di rischio: è possibile effettuare una distinzione tra monitoraggio preventivo e monitoraggio successivo: il primo, orientato ad esaminare l'evoluzione dei fattori che insistono nel contesto aziendale per comprendere ed anticipare il loro impatto sulle *performance* e sul grado di rischio dell'organizzazione; il secondo volto ad osservare, rilevare e comunicare tempestivamente ai soggetti interessati l'esigenza di azioni di revisione, in linea con gli avvenuti mutamenti.

Il risultato è dato dall'importanza delle informazioni prodotte che poi vengono utilizzate dai responsabili della gestione del rischio nell'attuazione delle correzioni e per gli aggiornamenti delle strategie.

I soggetti preposti al *Risk Management* si servono dell'*output* prodotto dalle attività di *monitoring*<sup>195</sup> per promuovere quegli interventi atti a adeguare le azioni di gestione alle criticità subentrate, consentendo di valutare se il profilo di rischio assunto dai vertici aziendali è effettivamente in linea con gli obiettivi ed i vincoli assegnati a ciascuna funzione aziendale.

---

<sup>194</sup> Le imprese hanno la facoltà di evitare, ridurre, trasferire, ritenere, condividere i rischi a cui sono esposte. Sergio Salomone, il governo sistemico dei rischi nella gestione d'impresa. Una Balanced Scorecard per il Risk Management, prefazione di Francesco Perrini, EGEA SPA, Milano, 2013, p. 196.

<sup>195</sup> Il monitoraggio continuo deve essere integrato nelle normali attività operative dell'azienda e radicato nei processi aziendali, in tempo reale consentendo di reagire dinamicamente ai mutamenti delle condizioni esogene ed endogene dell'impresa. Sergio Salomone, il governo sistemico dei rischi nella gestione d'impresa. Una Balanced Scorecard per il Risk Management, prefazione di Francesco Perrini, EGEA SPA, Milano, 2013, p. 309.

È necessario che l'attività di monitoraggio venga svolta attraverso il supporto di sistemi di controllo dinamico in grado di osservare contemporaneamente una pluralità di dimensioni nonché sistemi di comunicazione atti a segnalare tempestivamente situazioni di allerta degne di attenzione. È fondamentale che il monitoraggio non si limiti ai soli rischi classificati come critici per l'impresa ma sia esteso all'intero insieme dei rischi esistenti, poiché l'evoluzione esterna tanto quanto la conduzione interna dei processi possono comportare che alcuni rischi considerati non rilevanti lo diventino nel tempo.

Un'ultima criticità nell'attività di monitoraggio riguarda la presenza di rischi a cosiddetta manifestazione progressiva, il cui impatto è piuttosto modesto nel breve periodo, ma che poi incrementa assumendo dimensioni rilevanti su più ampi orizzonti temporali: la manifestazione di tali rischi è complessa da osservare, l'unica possibilità è legata al monitoraggio simultaneo di più dimensioni.

Per quanto riguarda la metodologia, il *monitoring* può essere effettuato in due modi: attraverso attività continue<sup>196</sup> o con valutazioni separate<sup>197</sup>.

Attraverso l'analisi delle connessioni, incoerenze e altre implicazioni rilevanti, essi colgono le criticità e le anomalie, che saranno poi esaminate più dettagliatamente anche con l'ausilio, se richiesto, del proprio personale, con l'obiettivo di stabilire se necessario attivare provvedimenti correttivi o altre azioni. Le attività di monitoraggio continuo consentono di ottenere informazioni direttamente da coloro che sono coinvolti nelle attività aziendali, in tempo reale, garantendo rapide identificazioni delle anomalie.

Nel caso delle valutazioni separate, spetterà agli organi di monitoraggio addetti stabilirne la frequenza, al fine di fornire una ragionevole sicurezza sull'efficacia del

---

<sup>196</sup> La tecnica attraverso attività continue è quella più efficace, in quanto consente di mantenere un controllo perpetuo sulle informazioni ricevute e/o rilevate. Sergio Salomone, *il governo sistemico dei rischi nella gestione d'impresa. Una Balanced Scorecard per il Risk Management*, EGEA SPA, Milano, 2013, p. 309.

<sup>197</sup> Quanto maggiore è l'estensione e l'efficacia del monitoraggio continuo, tanto minore è la necessità di valutazioni separate. Sergio Salomone, *il governo sistemico dei rischi nella gestione d'impresa. Una Balanced Scorecard per il Risk Management*, EGEA SPA, Milano, 2013, p. 309.

monitoraggio; infatti, tali valutazioni sono svolte normalmente con cadenza periodica.

A tal fine, si dovrà tener conto della natura e dell'estensione dei cambiamenti manifestatisi e dei relativi rischi emersi, della competenza ed esperienza dei soggetti preposti al *Risk Management*.

Dato che le valutazioni separate sono effettuate a posteriori, si denota come eventuali carenze siano spesso identificate più rapidamente dal monitoraggio continuo. Le valutazioni separate sono più spesso indotte da cambiamenti avvenuti nella strategia, nei processi chiave o nella struttura aziendale (mutamenti interni).

Al di là della metodologia scelta, ciò che è importante sottolineare riguarda la circostanza che ogni sistema di monitoraggio deve essere costruito in funzione delle specificità ma anche delle principali criticità cui è soggetta l'impresa ed in questo caso al fine di ottenere una gerarchia delle leve rilevanti da considerare, possono ritornare utili i risultati forniti dalla c.d. *Balanced Risk-card*.

L'*output* del monitoraggio sarà costituito da incongruenze, carenze, deficit, ecc., e rappresenta una condizione, all'interno del sistema di *risk management*, che meriterà particolare attenzione quale deficienza percepita, potenziale o reale, ovvero un'opportunità per rafforzare il processo di gestione del rischio, in coerenza con l'evoluzione del contesto, aumenta così la probabilità che gli obiettivi aziendali, definiti in linea con il profilo del rischio, siano conseguiti, massimizzando la performance.

Accanto alle anomalie si devono segnalare indicazioni circa le azioni correttive da intraprendere nell'ottica del Ciclo di *Deming* – c.d. Ciclo P-D-C-A<sup>198</sup>, o anche proposte delle modifiche di procedure potenzialmente inadeguate che possono provenire dalla stessa *front-line* che ha rilevato le carenze così come previsto dai dettami del *World Class Manufacturing*, successivamente posti al vaglio ed alla

---

<sup>198</sup> Plan-Do-Check-Act conosciuto come Ciclo di Deming che è un metodo di gestione iterativo in quattro fasi utilizzato per il controllo e il miglioramento continuo dei processi e dei prodotti. [www.wikipedia.it](http://www.wikipedia.it)

eventuale approvazione dei vertici aziendali o, comunque, del *manager* preposto alla funzione aziendale sottoposta a monitoraggio.

Tali indicazioni sulle azioni correttive avvieranno la reingegnerizzazione dell'intero processo di *Risk Management*, che porterà all'attuazione di un nuovo ciclo (sistemico) di gestione dei rischi, nell'ottica del miglioramento continuo, volto a tutelare e promuovere la creazione di valore dell'impresa per sé stessa e per i propri portatori di interessi, nel complesso.<sup>199</sup>

---

<sup>199</sup> Sergio Salomone, *il governo sistemico dei rischi nella gestione d'impresa. Una Balanced Scorecard per il Risk Management*, prefazione di Francesco Perrini, EGEA SPA, Milano, 2013, pp. 308-311

## CAPITOLO 9

### IL COST MANAGEMENT ED I SUOI STRUMENTI

Due importanti strumenti di gestione dei costi sono il *Life Cycle Costing*<sup>200</sup> e il *Target Costing*<sup>201</sup>.

La contabilità direzionale funzionava in stretta coerenza con gli obiettivi strategici aziendali, alcuni Autori hanno parlato di *Strategic Management Accounting*.

In sostanza si procedeva alla creazione di una contabilità direzionale delle imprese con forte orientamento strategico che, così, aveva la possibilità di supportare i processi decisionali.

Tale orientamento strategico era raggiunto riorientando le informazioni prodotte dai sistemi di contabilità direzionale verso le nuove variabili divenute critiche per la sopravvivenza aziendale quali i concorrenti, i clienti, eccetera.

Il sistema era costituito da un insieme integrato di tecniche contabili e gestionali attraverso le quali era possibile pianificare, contenere e controllare i costi.

I fattori che hanno condotto al successo dei sistemi di contabilità direzionale giapponesi sono riconducibili all'aver consentito di integrare le logiche del controllo strategico con l'attenzione alla gestione delle determinanti di costo: si parla di contabilità direzionale con forte orientamento strategico<sup>202</sup>.

---

<sup>200</sup> La LCC è uno strumento utile alle aziende per capire i costi di ogni step del Ciclo di vita di un prodotto o di un servizio, dalla sua produzione alla dismissione finale. [www.sfridoo.com](http://www.sfridoo.com) – Consultazione del 09/01/2023.

<sup>201</sup> Il costo target è un approccio per determinare il costo del ciclo di vita di un prodotto che dovrebbe essere sufficiente per sviluppare funzionalità e qualità specificate, garantendo allo stesso tempo il profitto desiderato [www.wikipedia.it](http://www.wikipedia.it) Consultazione del 09/01/2023.

<sup>202</sup> Si intende la capacità dei sistemi di *cost accounting* di generare una particolare coerenza tra i comportamenti, le azioni e le decisioni degli individui con gli obiettivi strategici di fondo. Marco Gatti, *Balanced Scorecard e Cost Management*, Esculapio, Bologna, 2011, pp. 65 e ss.

Il LCC<sup>203</sup> (Life Cycle Costing) nasce come strumento di calcolo e di gestione dei costi a preventivo lungo tutto il ciclo di vita del prodotto. Si tratta di uno strumento perfettamente allineato alle logiche dei sistemi di contabilità direzionale giapponesi e, più in generale, alle logiche del *Cost Management*.

Quindi è uno strumento con forte orientamento strategico che spinge l'organizzazione ad interrogarsi sul costo di prodotto lungo tutto il suo ciclo di vita e, quindi, impone di porsi domande sul costo di prodotto, considerando le richieste dei consumatori, in prima istanza, e le condizioni di produzione attuabili internamente.

In particolare, il LCC rappresenta uno strumento di supporto alle decisioni strategiche aziendali in quanto consente di conoscere anticipatamente il costo del prodotto lungo tutto il suo ciclo di vita e di basare su questo l'assunzione delle future decisioni strategiche specie con riferimento alla possibilità di ridurre i costi stessi.

Ciò rappresenta il principale fattore distintivo del LCC rispetto ai più tradizionali strumenti di *cost accounting*, come la contabilità analitica.

LCC comporta il calcolo del costo di prodotto ma esso se ne differenzia per via del momento in cui il costo viene determinato.

Il calcolo avviene anticipatamente rispetto al sostenimento del costo consentendo in tal modo di poter agire in via preventiva al fine di individuare le soluzioni strategiche ed operative idonee a consentire di realizzare lo stesso ad un costo più contenuto.

Altro aspetto qualificante è il forte orientamento al consumatore e alle sue esigenze che consente di parlare del LCC<sup>204</sup> come di uno strumento di contabilità direzionale di tipo *market oriented* (Cooper, 1997).

---

<sup>203</sup> LCC= Costo di acquisto + costo di manutenzione e di riparazione + Consumo di acqua + Consumo di energia + Costo di sostituzione – valore residuo + Costo di smaltimento. [www.sfridoo.com](http://www.sfridoo.com) – Consultazione del 09/01/2023.

<sup>204</sup> In italiano possiamo tradurre con l'espressione "stima dei costi del ciclo di vita". È una metodologia che consente di valutare i costi lungo l'intero ciclo di vita del prodotto dalla produzione alla fase di smaltimento. L'utilizzo di questa metodologia permette di prendere in considerazione altri costi che non sono considerati nel prezzo di acquisto. [www.economicircolare.com](http://www.economicircolare.com) – Consultazione del 09/01/2023.

L'introduzione di strumenti quali LCC ha marcato il passaggio da sistemi di tipo *Technology-Driven Accounting* a sistemi *Market-Driven*.

Con l'approccio del LCC l'attenzione non viene rivolta solo alle caratteristiche del prodotto e alle condizioni di produzione ma diviene centrale il modo in cui le diverse funzioni del prodotto saranno combinate in modo da garantire la soddisfazione delle esigenze dei consumatori.

Tale concetto che nasce con il LCC ma trova la sua massima espressione con il TC, denota la sempre maggiore attenzione rivolta dall'impresa al cliente e la necessità di rivedere il modo di intendere il concetto di efficienza.

L'affermazione del LCC ha condotto a pensare all'efficienza non più in senso assoluto, vale a dire come necessità di abbattere il costo di prodotto, ma in termini di migliore impiego delle risorse, alla luce delle richieste dei clienti. Si è cominciato a valutare la possibilità di ridurre il costo del prodotto focalizzando la propria attenzione sulla soddisfazione delle esigenze dei clienti che divengono figure fondamentali nei moderni sistemi di controllo direzionale.

Da un punto di vista strettamente definitorio si è parlato di LCC come di uno strumento di calcolo e gestione dei costi lungo tutto il ciclo di vita del prodotto.

Sono necessari dei confronti con i tradizionali strumenti di *cost accounting* che può rivelarsi di fondamentale utilità per porre in luce i benefici gestionali potenzialmente riconducibili all'utilizzo del LCC<sup>205</sup>.

Si tratta di uno strumento deputato a calcolare il costo di prodotto, considerando le fasi del ciclo di vita che normalmente sfuggono ai tradizionali sistemi di *accounting*.

Il LCC è comparabile a strumenti più tradizionali come la contabilità analitica, comunque, volti alla determinazione di un costo di un dato oggetto finale. La differenza fondamentale può essere individuata nel fatto che il LCC conduce ad

---

<sup>205</sup> L'Unione Europea sta sviluppando degli strumenti di calcolo LCC per alcuni settori per facilitarne l'utilizzo tra gli appaltatori pubblici: distributori automatici, computer e schermi, strumenti per copie e stampe, illuminazione per interni ed esterni. [www.economicircolare.com](http://www.economicircolare.com) Consultazione del 09/01/2023.

un'articolazione del costo lungo le fasi del ciclo di vita del prodotto ma, nella sostanza, l'informazione finale prodotta consiste, comunque, nel costo di prodotto.

Il calcolo del costo di prodotto diviene strumentale alla gestione di questo tipo di informazione in chiave strategica. Il costo del prodotto viene calcolato con l'intento di conoscere l'ammontare di risorse che si sono rese necessarie per la realizzazione del prodotto quando il processo produttivo si è ormai concluso e non sussistono margini ulteriori di intervento.

Il *management* ha la possibilità di conoscere l'ammontare dei costi previsto per ogni fase del ciclo di vita del prodotto e può operare con l'intento di ridurlo adottando le più opportune decisioni.

La definizione fornita parla di uno strumento di calcolo e gestione dei costi lungo il ciclo di vita del prodotto.

Utilizzare il LCC per calcolare e gestire i costi del prodotto significa focalizzare l'attenzione proprio sulla dimensione costo. In tal senso nel LCC è più opportuno parlare di ciclo di vita del costo (Sibilio Parri, 2000), perché oggetto di monitoraggio non è il livello di vendite associato a ciascuna fase del ciclo di vita o le soluzioni di *marketing* più opportune da implementare, bensì il volume di costi che l'azienda è chiamata ad affrontare in ogni fase.<sup>206</sup>

Il LCC si basa su una visione di lungo periodo e la sua vera portata innovativa sta nella possibilità di includere nel calcolo di costo del prodotto anche tutte quelle fasi che fanno seguito all'uscita del bene dai confini aziendali, vale a dire quelle fasi non comprendono solo quelle che riguardano normalmente l'azienda, vale a dire quelle di progettazione, sviluppo, produzione, ecc.

La vera portata innovativa del LCC sta nella possibilità di includere nel calcolo del costo del prodotto anche tutte quelle fasi che fanno seguito all'uscita del bene dai confini aziendali vale a dire quelle fasi che concernono l'utilizzo o l'eliminazione del bene da parte del consumatore finale.

---

<sup>206</sup> Balanced Scorecard e Cost Management, riferimenti teorici e casi aziendali, Marco Gatti, Società Editrice Esculapio, Milano, 2011, pp. 65-69.

Il LCC comporta anche una visione sistemica e di processo che coinvolge tutte le funzioni aziendali.

Si parla di visione sistemica e di processo perché il costo del prodotto considerando tutte le fasi del proprio ciclo di vita, può essere determinato solo attraverso la partecipazione di tutte quelle figure chiave aziendali che dispongono di informazioni strategiche necessarie per giungere alla definizione di costo complessivo, tipicamente i responsabili afferenti alle singole unità organizzative o ai più rilevanti processi aziendali (*Miolo Vitali, 2003*).

Ognuno dei responsabili viene invitato a fornire le informazioni necessarie per determinare il costo totale di prodotto. Il responsabile di produzione sarà chiamato a determinare il volume di investimenti necessari, nonché la stima dei costi di produzione.

L'amministrazione sarà chiamata a fornire indicazioni sul costo del capitale, sull'andamento presumibile dei tassi, ecc.

Con il LCC si parla di visione sistemica e di processo: tale strumento coinvolge tutti quei soggetti che, in azienda, detengono informazioni e responsabilità idonee al fine di supportare il processo di determinazione del costo di prodotto<sup>207</sup>.

Lo strumento di LCC ha conosciuto un considerevole sviluppo anche per la valutazione strategica degli investimenti: viene utilizzato come strumento di determinazione del costo di un progetto di investimento perché attraverso esso si ha la possibilità di determinare il costo completo di un investimento considerando tutti gli oneri a questo collegati che si producono nel corso del tempo.

Tramite la determinazione di questi costi si ha la possibilità di effettuare dei confronti a preventivo tra le diverse proposte di investimento al fine di determinare quella che risulta più conveniente per l'investimento finale, coerentemente con le esigenze aziendali.

---

<sup>207</sup> Balanced Scorecard e Cost Management, Marco Gatti, società editrice Esculapio, 2011, Bologna, pp. 69-75.

I tradizionali sistemi di *Accounting* giungono a determinare un costo del prodotto che è dato dalla somma di tutti quei costi sostenuti dal momento in cui il prodotto viene progettato a quello in cui viene definitivamente realizzato ed esce dall'economia d'azienda per entrare in quella del consumatore finale.

Ci potrebbe essere quella necessità di considerare anche i costi che normalmente sono sostenuti dal cliente.

Ci si trova di fronte ad una configurazione di costo non univoca, ma lasciata alla discrezionalità dell'azienda che utilizza lo strumento. I costi possono essere suddivisi in due macrocategorie: quelli relativi alla fase iniziale del ciclo e che sono di competenza del produttore e quelli che fanno riferimento alle ultime fasi del ciclo la cui competenza spetta al cliente<sup>208</sup>.

Nella prima categoria rientrano i costi di progettazione, sviluppo, ingegnerizzazione, produzione, vale a dire tutti quei costi che sono normalmente sostenuti dall'azienda e che sono oggetto di calcolo e monitoraggio anche attraverso i tradizionali sistemi di *Cost Accounting*<sup>209</sup>.

Alla seconda categoria di costi appartengono tutti quelli relativi alla fase di utilizzo, assistenza ed eliminazione che sono sostenuti dal cliente, una volta acquistato il prodotto: fanno riferimento a tutti quegli interventi successivi all'acquisto che potrebbero rendersi necessari per ripristinare o mantenere la funzionalità del bene (per esempio manutenzioni o riparazioni) ma anche ai costi relativi all'eliminazione del prodotto (ciò riguarda principalmente quei beni la cui eliminazione è sottoposta a rigide regole, per esempio per quanto riguarda il possibile impatto ambientale).

---

<sup>208</sup> In una prospettiva di LCM vi sono evidenze circa un'emergente tendenza ad integrare, sebbene con una pluralità di approcci operativi (*Parker, 2000; Epstein et Roy, 1997; Shapiro, 2001*) strumenti di contabilità direzionale, quali il LCC da un lato e dall'altro sistemi e strumenti analitici di gestione ambientale quali la LCA al fine di supportare i processi decisionali aziendali con una maggiore consapevolezza circa le potenziali conseguenze in termini di costo ed impatto su ambiente e salute umana connesse a modalità alternative di progettazione e produzione. [www.ambientediritto.it/dottrina](http://www.ambientediritto.it/dottrina) LCA-type Life Cycle Costing: note metodologiche ed applicazioni. *Consultazione del 14/01/2023*

<sup>209</sup> L'importanza della stima dei costi nel Life Cycle Oriented.

L'azienda deve decidere quali categorie di costi far rientrare all'interno del costo di prodotto lungo tutto il suo ciclo di vita, al fine di gestirli in maniera più opportuna. La possibilità di considerare anche i costi che sono di competenza del cliente può diventare per l'azienda un fattore strategicamente molto importante.

Nel momento in cui il costo del prodotto lungo il suo ciclo di vita, viene calcolato considerando anche i costi normalmente di competenza del cliente, perché sostenuti successivamente alla vendita, l'utilizzo dell'informazione di costo non resta più un fattore meramente informativo. Conoscere questi costi e operare in modo da ridurre l'impatto sul costo di produzione finale consente all'azienda di sfruttare l'informazione come una vera e propria leva di *marketing*.

La riduzione dei costi di competenza del cliente consente all'azienda di avere un'immagine migliore nei confronti del consumatore finale, il quale a seguito dell'acquisto del bene, verrà chiamato a sostenere meno costi per utilizzare o eliminare il prodotto. Questo si percepisce in maniera positiva dal consumatore, ed è per questo che è possibile sostenere che la finalità del LCC non sia riconducibile meramente all'utilizzo di un'informazione in termini strategici ai fini della riduzione del costo di prodotto, ma anche in una logica che è più strettamente quella di *marketing*.

Così si procede alla riduzione dei costi di competenza del cliente che può consentire all'azienda di poter vendere il prodotto sul mercato ad un prezzo più alto con riconoscimento di un potenziale *premium price*.

Ciò avviene nel momento in cui l'azienda sia stata abile a contenere i costi del cliente. La scelta dei costi da far rientrare all'interno del costo di prodotto lungo il suo ciclo di vita è un momento importante perché così si identificano i costi sui quali l'azienda è chiamata ad intervenire attraverso un processo di riduzione ed influenza le successive fasi di definizione del LCC.

Si devono individuare necessariamente le relazioni esistenti tra le diverse fasi del ciclo che devono essere determinate adottando una visione sequenziale e di processo.

Cogliere, quindi, tutti quei fattori di complessità della gestione aziendale che possono incidere significativamente sul costo di prodotto e di conseguenza sul LCC associato<sup>210</sup>.

La considerazione di tutte le fasi del ciclo di prodotto consente di porre in evidenza le diverse componenti di costo relative alla produzione e all'uso del prodotto, evitando la formazione del c.d. "effetto iceberg"<sup>211</sup>.

Così tutti quei costi che nei sistemi tradizionali non sono calcolati, perché non afferenti alla fase di produzione o alle fasi precedenti, acquisiscono visibilità e, soprattutto, diventano gestibili e controllabili dall'azienda.

Riconoscere al LCC la sola finalità di calcolo del costo del prodotto lungo tutto il suo ciclo di vita sarebbe estremamente riduttivo. In realtà in linea con le caratteristiche del *Cost Management*, l'informazione che si può trarre col metodo del LCC va utilizzata in chiave gestionale: un punto di partenza per generare delle riduzioni di costo con l'obiettivo di raggiungere più elevati livelli di efficienza. Utilizzando il LCC in questa ottica si ha la possibilità di studiare le caratteristiche di prodotto ed individuare quali siano gli ambiti di intervento per ridurre il costo.

La definizione delle caratteristiche del prodotto è necessaria per giungere alla creazione di un prodotto che sia in grado di soddisfare le attese dei clienti. Queste attese rappresentano il punto di partenza nell'ambito degli strumenti di *Cost Management* perché impongono all'azienda di operare tenendo in considerazione le loro attese e soprattutto di garantire elevati livelli di soddisfazione, evitando la tradizionale focalizzazione esclusivamente sul costo di prodotto.

La fase di determinazione delle caratteristiche del prodotto, in fase di progettazione dello stesso è particolarmente critica perché volta all'individuazione

---

<sup>210</sup> *Balanced Scorecard e Cost Management*, Marco Gatti, Editrice Esculapio, Bologna, 2011, pp.69-72.

<sup>211</sup> Si tratta di quel fenomeno che comporta la mancata evidenziazione e quindi il mancato calcolo di alcuni costi di prodotto che sono invisibili e ci restano tali agli occhi dell'azienda per entrare nella prospettiva del cliente. *Balanced Scorecard e Cost Management*, riferimenti teorici e casi aziendali, Marco Gatti, Società Editrice Esculapio, Milano, 2011, pp. 71-75.

degli attributi che il prodotto dovrebbe possedere al fine di garantire la soddisfazione del cliente finale.

Una volta determinate le specifiche del prodotto, l'azienda è chiamata a fissare un costo obiettivo e un costo stimato per ciascuna fase del ciclo di vita.

Il costo obiettivo è quel costo al quale un dato prodotto, con specifiche caratteristiche, dovrebbe essere realizzato per consentire all'azienda di raggiungere i prefissati livelli di redditività.

Il costo stimato identifica il costo al quale l'azienda sarà presumibilmente in grado di realizzare il prodotto, in ciascuna fase del ciclo di vita, date le sue condizioni organizzative e le risorse a propria disposizione. I due costi potrebbero non coincidere. Se ci fosse perfetta coincidenza in ciascuna fase del ciclo di vita significherebbe che l'azienda sta già operando in linea con il livello di costo obiettivo predeterminato e, di conseguenza, l'impiego del LCC<sup>212</sup> come strumento di riduzione dei costi perderebbe di significato e di utilità. Ciò può essere indice di una particolare efficienza nell'organizzazione o del fatto di aver individuato degli obiettivi di costo che in realtà non si sono rivelati tali. Viene, cioè, a mancare quella spinta verso un miglioramento continuo e un permanente abbassamento del livello di costo che il LCC e, più in generale, gli strumenti di *Cost Management* presuppongono.

Per questo motivo è opportuno che il costo obiettivo sia più basso del costo stimato, almeno con riferimento ad alcune fasi, altrimenti il LCC verrebbe a perdere le sue finalità strategiche, mantenendo semplicemente quelle di determinazione preventiva del costo di prodotto lungo il suo ciclo di vita.

Una volta fissati gli obiettivi di costo ed i livelli di costi stimato, durante il regolare svolgimento dell'attività è necessario effettuare un continuo controllo sia con riferimento ai costi sostenuti all'interno di ogni fase del ciclo, che alla valutazione cumulata tra i diversi stadi. La prima valutazione serve a verificare la

---

<sup>212</sup> La tecnica che permette di valutare i costi nel ciclo di vita di un bene è LCC: quella metodologia che permette la valutazione di tutti i costi che il prodotto genera nel corso del suo ciclo di vita (produzione, distribuzione, utilizzo, manutenzione, assistenza, eventuale dismissione e/o recupero). [www.fabbricafuturo.it/lifecycle-cost-esostenibilita-ambientale-come-fattori-competitivi/](http://www.fabbricafuturo.it/lifecycle-cost-esostenibilita-ambientale-come-fattori-competitivi/) - Consultazione del 14/01/2023.

capacità dell'azienda di rispettare gli obiettivi di costo in ciascuna fase del ciclo di vita del prodotto, la seconda, mira ad effettuare una valutazione più completa per avere un quadro preciso della futura capacità dell'azienda di rispettare il costo obiettivo del prodotto lungo tutto il suo ciclo di vita.

Fino a questo momento l'attenzione è stata focalizzata sull'utilizzo del LCC in chiave strategica, tralasciando il modo in cui l'azienda perviene alla fissazione e alla definizione del costo di prodotto lungo tutto il suo ciclo di vita.

Lo strumento deputato alla definizione del costo di prodotto è la *cost breakdown structure*<sup>213</sup> e che viene costruita a partire dalle attività.

Il primo *step* consiste nell'identificazione delle attività che si renderanno necessarie per la realizzazione del prodotto, sintetizzate nella *work breakdown structure*.

Si tratta di una vera e propria intelaiatura attraverso la quale l'azienda ha la possibilità di generare un legame tra le singole attività che deve svolgere per giungere alla realizzazione del prodotto.

Un ruolo particolarmente rilevante in questa fase è rappresentato dal grado di specificità ed analiticità delle attività rilevate attraverso la *work breakdown structure*.

Un elevato livello di analiticità potrebbe rendere il processo di determinazione del LCC maggiormente preciso: potrebbe generare evidenti problematiche alla fase successiva, consistente nell'individuazione del costo delle singole attività, per via delle maggiori difficoltà riscontrabili nel dover ricondurre dei costi aziendali ad attività definite in maniera particolarmente rigorosa.

Mentre la *work breakdown structure*<sup>214</sup> identifica le attività che devono essere svolte in ciascuna fase del ciclo di vita con i relativi carichi di lavoro, la *cost*

---

<sup>213</sup> Il budget si articola in accordo alla Cost Breakdown Structure, la quale deve consentire l'identificazione dell'importo del budget per ciascuna tipologia operativa di costo. <http://roccolovecchio.artervista.org/pianificazione-controllo-tempi-costi/project-cost-management/cost-control> - Consultazione del 13/01/2023

<sup>214</sup> Una work breakdown structure (WBS) è la scomposizione grafica di un progetto. A partire dall'ambito di lavoro, la WBS consente di visualizzare i deliverable e in che modo sono collegati al progetto generale. [www.asana.com](http://www.asana.com) - Consultazione del 13/01/2023.

*breakdown structure* ne rappresenta la valorizzazione in termini monetari. Ciò significa che stimando la quantità di lavoro e di altre risorse che potrebbero essere necessarie per realizzare ciascuna attività e conoscendo il costo per unità di ogni singolo fattore della produzione, attraverso una semplice operazione matematica (costo unitario X carico di lavoro o quantità di fattore produttivo) si giunge alla determinazione dei costi associati a ciascuna attività e di conseguenza a ciascuna fase del ciclo di vita.

Il ruolo della *cost breakdown structure* nel processo di definizione del LCC è fondamentale. Essa evita che la determinazione preventiva del costo di prodotto sia lasciata alla sola capacità di previsione del *management*. Attraverso la puntuale definizione delle attività e dei costi a queste associati si ha la possibilità di ridurre considerevolmente i margini di soggettività, consentendo all'informazione finale prodotta di caratterizzarsi per livelli di aleatorietà decisamente più contenuti.

Al tempo stesso, evidente è la considerevole quantità di informazioni che si rendono necessarie per supportare un calcolo così complesso. Lo sforzo richiesto al sistema informativo aziendale è rilevante sia con riferimento alla determinazione delle attività, sia relativamente ai carichi di lavoro e ai costi a questi associati.

Il supporto del sistema informativo aziendale può rivelarsi cruciale e, specie nel caso in cui il sistema di *Accounting* risulti incentrato su metodi di rilevazione dei costi per attività, la fase di costruzione della *cost breakdown structure* potrebbe risultare decisamente agevolata.<sup>215</sup>

---

<sup>215</sup> Balanced Scorecard e Cost Management, riferimenti teorici e casi aziendali, Marco Gatti, Società Editrice Esculapio, Milano, 2011, pp. 70-75

## CONCLUSIONI

Concludo questo elaborato sulla *Balanced Scorecard*, questo lavoro di ricerca che mi ha appassionato con l'integrazione tra *Balanced Scorecard* e sistemi dinamici: non bisogna essere miopi e guardare al breve termine ma i manager devono cercare di essere lungimiranti evitando comportamenti opportunistici.

La miopia manageriale può essere indotta da strumenti di controllo distorti basate tipicamente su grandezze economico-finanziarie e dunque orientati al breve periodo.

Negli anni l'evoluzione degli strumenti di controllo di gestione è stata caratterizzata da un crescente livello di precisione e di complessità (accresciuta capacità di calcolo, la gestione dei dati e la produzione di informazioni hanno creato maggiore incertezza e al contempo dinamismo e un necessario incremento del fabbisogno informativo per i soggetti decisori.

Il controllo di gestione ha la funzione di indirizzare il management nell'attività di governo, si chiede al controllo di supportare il *decision making* contribuendo a generare percorsi conoscitivi circa ciò che è già avvenuto e ciò che si verificherà in futuro.

Si propongono sempre di più strumenti di controllo integrati e la *BSC* enfatizza il principio di causalità per la ricerca delle determinanti del successo aziendale al fine di ridurre l'indeterminazione.

In azienda si crea una fitta rete di comunicazioni tra sub-sistema delle decisioni, sub-sistema controllo di gestione e sub-sistema informativo.

Il sub-sistema delle decisioni esprime in azienda un determinato fabbisogno informativo in merito alle problematiche direzionali *MIOLO VITALI P. (1993)*; il sistema di controllo di gestione definisce i caratteri delle informazioni da prodursi e la modalità di fruizione delle stesse con l'utilizzo e la produzione da parte del sistema informativo aziendale; infine il sistema informativo aziendale determina le modalità tecniche di raccolta dati e di produzione delle informazioni sulla base delle

richieste del sistema di controllo di gestione e mette a disposizione le risorse umane e le strutture tecnico-informatiche per la fruizione delle stesse.<sup>216</sup>

Le moderne tecniche di *data mining* puntano verso l'ottenimento ed il consolidamento dell'elaborazione di una massa di dati sempre più ampia, portando e studiando sistemi di controllo multidimensionale, potenziando funzioni e competenze dell'area controllo di gestione.

Il rischio dovuto al potenziamento dei sistemi IT potrebbe riguardare l'iperdimensionamento della struttura tecnologica a supporto del controllo con un'elevata possibilità di reale utilizzo di tutte le informazioni prodotte.

È importante il perseguimento della conoscenza e del comportamento dei fenomeni della dinamica aziendale.

Questo lavoro che mi porterà a raggiungere il titolo di Dottore di Ricerca è stato fondamentale per migliorare le mie conoscenze sul tema ed approfondire diversi aspetti che spero possano essere di interesse per il lettore.

---

<sup>216</sup> Modelli dinamici per il controllo multidimensionale. Integrazione tra System Dynamics e Balanced Scorecard, Enrico Supino, d.u. press, 1° edizione, Bologna, 2008, pagine 115 e ss.

## **RINGRAZIAMENTI**

Vorrei ringraziare coloro che mi hanno appoggiato durante tutto questo percorso di Dottorato di Ricerca in Scienze Politiche, Sociali ed Economiche, in modo particolare il Dottore Commercialista di Gorizia Alessandro Culot che durante la pratica e successivamente mi ha sempre spronato verso l'ottenimento dei migliori risultati, il professor Vito Natale che, in qualità di relatore, mi accompagnerà al raggiungimento dell'obiettivo.

Un ringraziamento speciale a mio zio Ruggero Visintin che dalla nascita mi ha tenuto con sé e mi ha sostenuto. Purtroppo, all'età di 82 anni nel febbraio 2022 ci ha lasciato: è stato più di un padre e per lui sono stato più di un figlio. Durante tutti i miei percorsi di vita, anche quelli universitari e post-universitari mi è sempre stato vicino e mi diceva sempre di aver coraggio e di affrontare le “sfide” degli esami, spronandomi e trasmettendomi quella Fede in Sant'Antonio di Padova e dicendomi “prega e vedrai che andrà bene”.

Mi sento di ringraziare per gli spunti, per le lezioni seguite e il materiale raccolto il professor Alberto Bubbio autore di molti testi, professore associato di Economia Aziendale e responsabile dei corsi di Programmazione e Controllo e Misurazione delle Performance presso LIUC – Università Cattaneo: è stato fondamentale per il completamento dell'opera.

Questo lavoro l'ho svolto con notevole interesse con la motivazione di raggiungere quella crescita professionale, oltre che personale e che spero mi darà sbocchi e soddisfazioni ulteriori all'interno del Gruppo Hera per cui lavoro.

Durante questo percorso ho preso spunto anche da alcune lezioni erogate da Federmanager: in particolare una formazione che ho seguito con impegno e dedizione in tema di approccio sostenibile.

Ritengo che la formazione sia sempre più indispensabile oggi e nel futuro per orientare nel modo migliore verso gli obiettivi ed i traguardi che l'azienda si pone.

## **BIBLIOGRAFIA**

Strategia aziendale, controllo, monitoraggio e valutazione, Alberto Bubbio, 2017

Il Budget, principi e soluzioni tecnico strutturali per affrontare la complessità gestionale, i legami con la BSC, Ed. Sole 24 Ore, Alberto Bubbio, 2013

Modelli dinamici per il controllo multidimensionale. Integrazione tra System Dynamics e Balanced Scorecard, Enrico Supino, 2008

Mappe strategiche, come convertire i beni immateriali in risultati tangibili. Prefazione di Alberto Bubbio – Robert Kaplan, David Norton, Isedi, 2005

Il governo sistemico dei rischi nella gestione d'impresa. Una Balanced Scorecard per il Risk Management, Sergio Salomone, Egea, 2013

Balanced Scorecard e Cost Management. Riferimenti teorici e casi aziendali, Marco Gatti, Esculapio, 2011

Balanced Scorecard, La guida del Sole 24 Ore, Tonchia Stefano, Ed. Il Sole 24 Ore, 2009

Balanced Scorecard rafforza il risanamento aziendale, Controllo strategico del piano di risanamento. Affidabilità più alta per advisor e attestatore, Claudio Bottos, Paolo Camanzi, Marco Gennari, Roberto Mazzotti, Andrea Panizza, Emidia Vagnoni, Wolters Kluwer Italia, ottobre 2014

Integrated Reporting e valore aziendale, Francesca Manes Rossi, Rebecca Levy Orelli, Carlotta Del Sordo, Franco Angeli, 2018

Creazione di valore e reporting integrato nell'evoluzione dei sistemi di controllo, Pier Maria Fernando, G. Giappichelli Editore, Torino, 2018

Innovazione, sostenibilità e trasformazione digitale, Marco Frey, Corrado Cerruti, Wolters Kluwer, Milano, 2021

Tra Innovazione e sostenibilità, verso un modello di business sostenibile, Roberto Ruggeri, Cedam, Milano, 2012

Il governo etico di impresa, Sergio Sciarelli, Mauro Sciarelli, Cedam, Milano, 2018

Le 4 discipline dell'Execution, conseguire gli obiettivi strategici fondamentali, Chris McCHESNEY, Sean Covey, Jim Huling, Franco Angeli, Milano, 2016

Il vero bilancio integrato, Storie di creazione di valore a breve, medio e lungo termine, Andrea Gasperini, Ipsoa, Milano, 2013

## SITOGRAFIA

[www.balancedscorecardreview.it](http://www.balancedscorecardreview.it) “Using the Balanced Scorecard as a Strategic Management System – Dimensione Controllo, Manage Mind, Alberto Bubbio, Dario Gulino

[www.studiopettinari.it/step-3-mappastrategica/](http://www.studiopettinari.it/step-3-mappastrategica/)

[www.dialog.it/indicatori-per-la-valutazione-della-performance-aziendale/](http://www.dialog.it/indicatori-per-la-valutazione-della-performance-aziendale/)

[www.lucatarga.com/pianificazione](http://www.lucatarga.com/pianificazione)

[www.balancedscorecardreview.it](http://www.balancedscorecardreview.it)

[www.italianonprofit.it](http://www.italianonprofit.it)

[www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

<https://www.lacooltura.com/2017/07/humanitas-cicerone-amore-dovere/>

<https://www.marketingcolcuore.com/integrated-reporting>

<https://investiresponsabilmente.it/glossario/direttiva-sulla-dichiarazione-non-finanziaria-2014-95-ue/>

[https://www.uniba.it/it/ateneo/organismi-associativi-partecipati-da-uniba/fondazioni/copy\\_of\\_ipres-istituto-pugliese-ricerche-sociali](https://www.uniba.it/it/ateneo/organismi-associativi-partecipati-da-uniba/fondazioni/copy_of_ipres-istituto-pugliese-ricerche-sociali)

[www.dimelab.us/managemind](http://www.dimelab.us/managemind)

[www.eni.com/it-IT/trasformazione](http://www.eni.com/it-IT/trasformazione)

[www.docflow.com/it/news/2021/02/10/la-digitalizzazione-della-nuova-balanced-scorecard/49/](http://www.docflow.com/it/news/2021/02/10/la-digitalizzazione-della-nuova-balanced-scorecard/49/)

[www.leanevolution.com/magazine/balanced-scorecard-le-migliori-tecniche-di-lean-management/](http://www.leanevolution.com/magazine/balanced-scorecard-le-migliori-tecniche-di-lean-management/)

[www.cadtec.it](http://www.cadtec.it)

[www.salesforce.com/it](http://www.salesforce.com/it)

[www.sustainabilityscorecard.altervista.org](http://www.sustainabilityscorecard.altervista.org)

[www.performingplus.it](http://www.performingplus.it)

[www.bilancioambientale.com](http://www.bilancioambientale.com)

[www.aplanet.org](http://www.aplanet.org)

[www.accountability.or.uk/resources](http://www.accountability.or.uk/resources)

<http://blog.inventolab.com/b-corporation-italiane-trasparenza-sostenibilita-e-inclusione/>

[www.repubblica.it/green-and-blue/dossier/futuri](http://www.repubblica.it/green-and-blue/dossier/futuri)

[sostenibili/2022/03/14/news/il\\_valore\\_della\\_sostenibilita\\_nella\\_strategia\\_delle\\_azie\\_nde-341387276/](http://www.repubblica.it/green-and-blue/dossier/futuri-sostenibili/2022/03/14/news/il_valore_della_sostenibilita_nella_strategia_delle_azie_nde-341387276/)

[www.fourweekmba.com](http://www.fourweekmba.com)

[www.eda.admin.ch/agenda2030](http://www.eda.admin.ch/agenda2030)

[www.arcolab.org/analisi-sroi](http://www.arcolab.org/analisi-sroi)

[www.altoadigeinnovazione.it](http://www.altoadigeinnovazione.it)

[www.altalex.com](http://www.altalex.com)

[www.brocardi.it](http://www.brocardi.it)

[www.michelebana.it](http://www.michelebana.it)

[www.corsi.univr.it](http://www.corsi.univr.it)

[www.reaconsulting.com](http://www.reaconsulting.com)

[www.performance.gov.it](http://www.performance.gov.it)

[www.prospettiveinorganizzazione.assioa.it/performance-management-modernita-o-utopia](http://www.prospettiveinorganizzazione.assioa.it/performance-management-modernita-o-utopia)

[www.ragioneria.com](http://www.ragioneria.com) Analisi della solidità aziendale

[www.sfridoo.com](http://www.sfridoo.com)

[www.economicocircolare.com](http://www.economicocircolare.com)

[www.ambientediritto.it/dottrina](http://www.ambientediritto.it/dottrina) LCA-type Life Cycle Costing: note metodologiche ed applicazioni.

[www.fabbricafuturo.it/lifecycle-cost-esostenibilita-ambientale-come-fattori-competitivi/](http://www.fabbricafuturo.it/lifecycle-cost-esostenibilita-ambientale-come-fattori-competitivi/)

<http://roccolovecchio.artervista.org/pianificazione-controllo-tempi-costi/project-cost-management/cost-control>

[www.asana.com](http://www.asana.com)

## **RIVISTE DI BILANCIO E REVISIONE**

n. 11/2021 BILANCIO E REVISIONE, Dal bilancio ESG al report di sostenibilità tra compliance e forward looking di Maurizio Cisi e Fabio Sansalvadore p.33-40;

n.3/2022 BILANCIO E REVISIONE, Accounting for Sustainability: iniziative e attività dell'IFRS Foundation e dell'EFRAG di Patrizia Tettamanzi, Giorgio Venturini, Michael Murgolo pp. 5-13

---

# Metodo Sperimentale di Produzione di Energia Elettrica con la Fotosintesi Clorofilliana

Santarcangelo Ciro Pio<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Facoltà classe in Ingegneria Elettronica e Fotonica  
Indirizzo: Doctor of Philosophy (Dottorato di Ricerca)*

---

## **Parole Chiavi**

*Sole, tecnologia,  
fotovoltaico, alta  
efficienza, celle  
solari, fotosintesi*

## **Relatori**

Prof. Natale Vito

## **Candidato/a**

Santarcangelo Ciro Pio  
Matricola: 104501011977  
UNITOSCANA/IT

## **Introduzione**

In questi anni si è avuto un considerevole aumento dell'attenzione mondiale sul fenomeno del riscaldamento globale, sempre in maniera più concorde attribuito all'influenza dell'uomo nell'alterazione del clima.

In questo lavoro di ricerca si passa dalla fisica del sole fonte primaria di energia del nostro sistema, della tecnologia per produrre energia elettrica dal silicio che è alla base degli attuali moduli solari, allo studio di futuri moduli in biosilicio che sfruttano il principio della fotosintesi clorofilliana; pannelli che producono energia come fanno le piante.

Nella tesi vengono descritti i processi elettrochimici che stanno alla base del funzionamento delle varie tipologie di celle solari, dalla fotostimolazione delle giunzioni alla produzione di energia elettrica.

Oggetto di questa tesi è uno studio ricerca basato sulle letture, ricerche fatte sulla rete e intuizioni personali seguendo un iter logico dalla materia base delle celle fotovoltaiche costituita da molecole alla dimostrazione analitica dei processi elettrochimici che stanno dietro.

# CAPITOLO 1

## FISICA DEL SOLE

### 1.1 Introduzione

Molti miliardi di anni fa la luce ha costituito la prima forma di esistenza nel nulla dell'Universo. Essa è il risultato di una scissione dell'idrogeno gassoso che si svolge in miliardi di sfere incandescenti, le stelle, e della loro contrazione per effetto della forza di gravità.

Attraverso la formazione di portanti di luce l'universo pieno di gas deve essersi dilatato in tutte le direzioni. A titolo di orientamento per le dimensioni dell'universo si può osservare che la nebulosa più lontana attualmente nota, l'Orsa Maggiore II, dista da noi  $2 \times 10^8$  anni-luce. Come noto, l'anno-luce è la distanza percorsa dalla luce in un anno alla velocità di 300 000 km/s, ossia 9 463 miliardi di chilometri. Rispetto a questo «cosmo di radiazione» tutta la materia restante che esiste nell'universo può essere trascurata.

Un'altra ipotesi afferma che in un passato estremamente remoto tutta la materia deve essersi trovata in un punto dell'universo ad una spaventosa concentrazione di massa che oggi non esiste in alcun luogo. Esplosioni di proporzioni immani avrebbero successivamente allargato l'universo determinando la formazione di stelle, ammassi stellari, galassie e supergalassie. Da quell'epoca il sole non ha mai modificato la sua composizione chimica, rimanendo una sfera di idrogeno. La teoria dell'accumulazione iniziale della materia in un punto dell'universo è suffragata ad esempio dall'esistenza nell'universo di ampi spazi completamente vuoti, nei quali evidentemente non è mai giunta la materia originaria.

Il movimento della materia è determinato dalla legge dell'attrazione delle masse (campo gravitazionale) scoperta da Newton. Si pensa che in origine la materia si presentasse in uno stato elementare; un esempio a tale riguardo è costituito dalle nebbie gassose totalmente prive di struttura. Recenti rilevamenti hanno indicato che quelli che nell'ambito di galassie lontanissime si consideravano ammassi stellari sono in realtà nubi di gas incandescente. Quali sono d'altra parte le caratteristiche della luce emessa dall'idrogeno? I lavori di P. Wildt e di E. Vitense hanno indicato

l'esistenza di uno spettro solare continuo. Con successive ricerche sull'arco ad ossigenò si è potuto dimostrare che lo spettro solare continuo viene generato da ioni negativi di idrogeno ossia dall'interazione tra atomi neutri di idrogeno ed elettroni liberi chesi depositano per brevi istanti o che transitano nelle immediate vicinanze. Toccò ai professori Walter Lochte - Holtgreven e W. Nissen di Kiel, nell'ambito di alcune ricerche sulla scarica elettrica nell'idrogeno, di produrre archi elettrici di 2 centimetri ed oltre, alla pressione di 0,3-1 atm (335-1013 mbar). Queste emissioni sperimentali dell'arco in idrogeno costituiscono un mezzo autentico di rappresentazione della radiazione della luce solare prima ricordata.

## **1.2 Composizione del sole**

Nell'universo stellare si svolge un continuo processo di morte e di trasformazione. Ogni anno vi sono stelle che scompaiono in seguito ad esplosione, dissolvimento o perdita totale della massa di idrogeno. Quanto più idrogeno consumano le stelle, tanto più cresce la loro densità e cala la loro luminosità. Al pari di tutte le stelle nate miliardi di anni fa (e di cui molte sono successivamente scomparse) anche il sole ha avuto un'origine nel corso del tempo. Sulla costituzione del sole sono state avanzate, almeno in parte, ipotesi assai singolari. Nell'antichità Tolomeo definiva il sole semplicemente una palla di fuoco. La rappresentazione odierna ci dice che il sole è essenzialmente una sfera infuocata che negli strati esterni contiene all'incirca il 75% di idrogeno, il 23% di elio e per la quota residua altri gas incandescenti. Si tratta senza dubbio del focolare più potente e luminoso a noi noto. È certo che esistono stelle del tutto simili al sole, dotate però di imponenza e luminosità molto maggiori. Tra queste vi è Sirio, distante dalla Terra «solo» mezzo milione di volte più del sole. Data la spaventosa distanza Sino ci appare in confronto ai nostri pianeti solo come un punto più luminoso. La luminosità del sole è 13 milioni di volte più intensa. Con l'introduzione dello spettrografo scienziati come Fraunhofer, Bunsen e Kirchhoff hanno dissipato le precedenti generiche ipotesi sulla costituzione del sole. La prima teoria scientificamente riconosciuta a tale riguardo ci proviene dal fisico tedesco Gustav Kirchhoff (1824-1887) e si basa sui fondamenti dell'« analisi spettrale ». Nel 1814 Joseph von Fraunhofer (1787-1826) scoprì le righe scure nello spettro solare. Quattro decenni più tardi, negli anni 1859- 1860,

Kirchhoff ne comprese l'importanza e con l'ausilio dell'analisi spettrale accertò l'esistenza dei metalli in altri corpi celesti. Per il sole egli dimostrò l'esistenza dei seguenti elementi: sodio, ferro, calcio, magnesio, nichel, bario, rame e zinco. Sempre sul sole venne accertata l'esistenza di composti chimici non presenti sulla terra tra cui CN (carbonio-azoto), FeO (ferro-ossigeno), NH (azoto-idrogeno), CaH (calcio-idrogeno), MgH (magnesio-idrogeno), SiH (silicio-idrogeno), TiO (composto di ossigeno e titanio). Sempre con l'analisi spettrale fu dimostrato che sulla superficie solare l'idrogeno è 20 volte più abbondante dell'ossigeno.

### **1.3 Processi termonucleari all'interno del sole**

Dato che l'irraggiamento, la luminosità e l'effetto termico del sole sono rimasti praticamente invariati da secoli senza che esso si sia «bruciato» è giusto chiedersi quale meccanismo mette in atto il sole per irradiare per periodi così lunghi la sua enorme energia termica e quale eventuale regolatore mantiene tale energia ad un livello costante.

Sino dal 1939 lo scienziato tedesco Hans Bethe aveva dimostrato in termini convincenti che il sole è un gigantesco reattore termonucleare. In un processo termonucleare si produce continuamente dell'energia attraverso la fusione di 4 atomi di idrogeno (peso atomico 1) in elio (peso atomico 4). In base a questo principio è stata sviluppata anche la bomba H, nella quale l'innesco viene ottenuto con una bomba A (all'uranio) perché solo l'enorme calore prodotto dall'esplosione di quest'ultima è in grado di determinare la fusione degli atomi di idrogeno. L'esigenza di tenere sotto controllo le reazioni termonucleari e di renderle utilizzabili per scopi pacifici non si riferisce solo all'energia atomica. Dobbiamo infatti analizzare anche in che modo si possono accertare, controllare ed eventualmente sfruttare i processi termonucleari che si verificano nel sole.

Anzitutto a proposito del sole non è esatto parlare di atomi di idrogeno che si fondono per formare atomi di elio. Secondo il prof. George Gamow, che ha ideato la teoria delle trasformazioni nucleari del sole, alle altissime temperature a cui si svolge la fusione all'interno del sole (16 milioni di gradi Kelvin) risultano determinanti le enormi pressioni e le straordinarie temperature. La velocità e la frequenza di queste

«collisioni termiche» rendono le reazioni termonucleari infinitamente più efficaci del processo di bombardamento impiegato abitualmente negli istituti fisici sulla nostra terra.

L'energia che si libera durante la produzione di elio a partire da 1 kg di idrogeno atomico è di  $190 \times 10^6$  kWh.

Dalla fissione di 1 kg di uranio 235 si ricavano invece meno di  $19 \times 10^6$  kWh (1 kWh = 3,6 MJ). A titolo di raffronto si può citare questa significativa relazione: la quantità di energia che si libera dalla fissione di tutti i nuclei contenuti in 1 kg di uranio 235 corrisponde all'energia termica sviluppata dalla combustione di 2 500 tonnellate di carbon fossile; la formazione di 1 kg di elio a partire dall'idrogeno libera tanta energia quanta ne viene sviluppata dalla combustione di 27 000 tonnellate di carbone. Da questo confronto emerge tra l'altro l'analogia con la forza distruttiva di gran lunga superiore della bomba all'idrogeno rispetto alla bomba atomica. Partendo dal presupposto che le alte temperature provocano la ionizzazione degli atomi si deduce che l'interno del sole deve essere considerato come una massa in agitazione di elettroni liberi e di atomi. Il grado di ionizzazione degli atomi e la velocità di impatto aumentano andando verso il centro del sole. La reazione termonucleare è stata descritta nel 1938 da Hans Bethe e da Carl von Weizsaecker come una «catena chiusa» o «processo ciclico» e non come una successione di trasformazioni nucleari. In questi cicli di reazione sono implicati anche i nuclei di carbonio e di azoto, che vengono continuamente rigenerati, trasformandosi da isotopi stabili in isotopi instabili. In definitiva essi agiscono solo come catalizzatori del processo primario, rappresentato dalla trasformazione dell'idrogeno in elio, accompagnata dalla liberazione di energia solare. Ad un ciclo di continue mutazioni che si svolge nel sole partecipano dunque atomi ionizzati, elettroni e radiazioni. Esiste peraltro una fondamentale differenza nel comportamento degli atomi e degli elettroni da un lato e dell'irraggiamento solare dall'altra. *Atomi ed elettroni* sono legati alla gravitazione dell'intera massa e le forze elettrostatiche mantengono un rapporto costante con il numero degli elettroni. La *radiazione* si allontana invece dal centro del sole, dove la sua intensità è massima, per sospingersi verso lo spazio libero. L'energia di radiazione solare è stata determinata in  $3,79 \times 10^{26}$  J/s, di cui solo 0,135 J/s sono captati da ogni dm<sup>2</sup> della terra. Sir Joseph Lockyer (1836-1920) ha scoperto

l'esistenza dell'elio nello spettro solare molto prima che tale gas venisse identificato sul nostro pianeta da Sir William Ramsay nel 1895. L'atomo di idrogeno si compone di una carica positiva e di una carica negativa, rappresentate da un protone come nucleo e da un elettrone in orbita. Le energie dei quattro atomi di idrogeno dovrebbero quindi ritrovarsi nell'atomo di elio. Ma in effetti l'equazione non quadra del tutto. L'elio ha una massa di 3,97 per cui una massa pari a 0,03 «va perduta» quando l'elio si forma secondo questo meccanismo. In effetti nulla va veramente perduto poiché la massa e l'energia sono equivalenti. Accade invece che parte della massa si *converte in energia*. La vampa che si sprigiona dal sole è il risultato del processo nel quale ad ogni secondo 654 milioni di tonnellate di idrogeno si trasformano in 650 milioni di tonnellate di elio. La differenza, costituita da 4 milioni di tonnellate, ossia da una piccola frazione della massa originaria degli atomi di idrogeno, diventa energia, con un potere calorifico pari a quello di 20 tonnellate di carbone per ogni grammo di idrogeno che si trasforma. Da dove si libera questa energia? Dei 4 elettroni provenienti da altrettanti atomi di idrogeno solamente due si riuniscono con i quattro protoni nel nucleo di elio, mentre gli altri due rimangono vincolati all'atomo di elio come elettroni orbitali.

Il premio Nobel Francis W. Aston (1877-1945) ha confermato le cifre riguardanti la trasformazione idrogeno-elio con l'impiego del suo spettrometro di massa. Anche Jean Baptiste Perrin (1870-1942), fisico francese e premio Nobel, ha sviluppato importanti calcoli sui processi atomici che si svolgono nel sole. Adottando il numero 1,0077 come peso atomico dell'idrogeno egli ha stabilito che, essendo i pesi atomici dell'ossigeno, del carbonio, dell'elio e dell'idrogeno rispettivamente 16-12-4-1,0077, la formazione di elio, carbonio o ossigeno a partire dall'idrogeno dà luogo ad un «resto» di 7,7 milligrammi che si convertono in energia termica.

Evidentemente il fenomeno descritto non mette in pericolo l'irraggiamento totale. Applicando la formula di Einstein  $E = mc^2$  (energia uguale massa per velocità al quadrato) al caso in esame si perviene alla seguente conclusione: poiché ogni grammo della massa solare eroga enormi quantità di energia (oltre 6 Joule all'anno) è evidente che la formazione di atomi di elio può generare abbastanza energia per mantenere in vita la radiazione del sole per molti miliardi di anni. Da parte di ricercatori inglesi si sostiene l'ipotesi che alle altissime temperature esistenti

all'interno del sole si svolgano due distinti processi nucleari: la reazione protone-protone e il ciclo carbonio-azoto.

La reazione protone-protone produce un nucleo di elio richiedendo al centro del sole un tempo di  $10^{10}$  anni; come prodotti intermedi si formano nuclei leggeri di elio mentre i sottoprodotti sono rappresentati da positroni e neutrini. Nel ciclo carbonio-azoto un nucleo di carbonio agisce da catalizzatore nella formazione di un nucleo di elio a partire da 4 protoni, attraverso la formazione intermedia di una serie di isotopi dell'azoto; anche in questo caso i positroni e i neutrini rappresentano i sottoprodotti della reazione. Il ciclo carbonio-azoto richiede solo 108 anni. Secondo la distribuzione della temperatura prevale l'uno o l'altro dei processi descritti. Recenti calcoli fanno ritenere che la reazione protone-protone sia la più frequente.

### **Neutrini solari**

Nella reazione nucleare che si sviluppa all'interno del sole si producono oltre ad altre particelle elementari anche i neutrini prima ricordati, la cui esistenza era stata segnalata per la prima volta nel 1931 dal fisico austriaco e premio Nobel Wolfgang Pauli in base al calcolo. Il neutrino è una particella estremamente piccola, priva di massa, di carica elettrica e di momento magnetico. I neutrini sono quindi in grado di attraversare enormi agglomerati di materiale senza incontrare praticamente resistenza. Su un milione di neutrini che fluiscono attraverso la sfera terrestre ne viene assorbito al massimo uno. Nell'ambito della fisica solare i neutrini interessano in quanto essi vengono espulsi dal centro del sole e colpiscono la terra in un numero dell'ordine di alcune centinaia di milioni al secondo per centimetro quadrato.

W. A. Fowler di Caltech, Stati Uniti, indica per il percorso di un neutrino dal sole alla terra una durata di 8 minuti. Un interessante esperimento per dimostrare l'esistenza dei neutrini è stato iniziato nel 1973 dal prof. Davies e Collaboratori del Brookhaven Laboratory alla profondità di 1 500 metri in una miniera d'oro abbandonata delle Montagne Rocciose del Sud Dakota (Stati Uniti). Un serbatoio della capacità di 400 000 litri è stato riempito di tetracloroetilene in piccola parte con cloro contenente l'isotopo Cl 37. Quando uno degli innumerevoli neutrini solari

colpisce un isotopo Cl 37 si formano un isotopo Ar 37 (argo) ed un elettrone. In base ai suoi esperimenti il prof. Davies è giunto alla conclusione che i neutrini da lui accertati hanno percorso oltre 150 milioni di chilometri e potrebbero quindi provenire solo dalla radiazione solare. La profondità della miniera è stata scelta per evitare false indicazioni derivanti dalla radiazione cosmica. La ricerca sui neutrini è comunque ben lontana dalla conclusione.

#### **1.4 Il futuro del sole**

Come in moltissime stelle anche all'interno del sole viene bruciato idrogeno a temperature che, come si è detto, si aggirano intorno ai 16 milioni di gradi Kelvin. Nel frattempo l'elio ed altri atomi pesanti provocano una modificazione della composizione chimica del sole per cui la temperatura salirà gradualmente fino a 100 milioni di gradi Kelvin. Se però la reazione dell'idrogeno -si riduce alla metà viene bruciato anche elio. In conseguenza dell'aumento di temperatura interna, secondo il parere del matematico inglese Fred Hoyle e dell'americano William A. Fowler, il sole accrescerà il proprio volume e contemporaneamente diverrà molto più luminoso. Alla fine esso si trasformerà in una gigantesca stella rossa che annienterà i suoi pianeti. Ma quando il «forno sarà spento» ossia quando tutte le fonti di energia nucleare saranno esaurite, si sarà raggiunto lo stadio finale dell'evoluzione. Il sole si trasformerà in una nana bianca con un raggio enormemente inferiore a quello attuale e quando la sua temperatura interna sarà ulteriormente scesa di molto e la sua energia luminosa sarà giunta alla fine esso diverrà una nana nera.

Queste ipotesi concordano anche con le osservazioni fatte dall'osservatorio di Monte Palomar a proposito della stella tripla Messier. Il prof. George Gamow dell'Università di Washington ritenne più probabile una *contrazione* del raggio solare pari allo 0,0003% per ogni decennio (circa 2 km) con contemporaneo aumento della luminosità. Anche egli perviene dunque alla conclusione che con il tempo, e qui non si parla di centinaia o di migliaia di anni, l'irraggiamento solare dovrebbe divenire sempre più intenso. Tale aumento della radiazione non deve comunque spaventare, dal momento che nel corso dei millenni la radiazione è finora rimasta pressoché invariata. In definitiva la radiazione solare si modifica progressivamente con un adattamento inavvertibile o forse insieme alla parziale estinzione della vita

sulla terra, ossia senza provocare un rogo catastrofico di tutte le possibilità di vita.

Anche tutte le precedenti teorie sul congelamento della terra per effetto di un'ipotetica diminuzione della radiazione solare non possono essere ritenute completamente assurde. Al raffreddamento si giungerà comunque solo dopo che il sole sarà entrato nello stadio della nana nera. Il gigante Sino, che secondo i calcoli del prof. Gamow sembra «bruciare» il proprio combustibile 15 volte più rapidamente del nostro astro, non scomparirà comunque prima del sole.

### 1.5 Dati fondamentali sul sole

Distanza del sole dalla terra:  $147 \div 152,1$  milioni di km

Distanza secondo il parallasse di  $8,80''$ : 149,6 milioni di km

Parallasse solare (angolo sotto il quale si vedrebbe il raggio terrestre dal sole):

— valore riconosciuto scientificamente:  $8,80''$

— valore calcolato:  $8,7914181''$

Differenza di distanza del sole tra gennaio e luglio: 4,98 milioni di km

Confine del sistema solare (orbita di Plutone): 5 800 milioni di km

Costante solare extraterrestre:

$1,94 \pm 0,04 \text{ cal/cm}^2 \text{ mm} = 8,12 \text{ J/cm}^2 \cdot \text{mm} = 1,354 \text{ W/m}^2$

(finora espressa anche con il valore  $1,374 \times 10^6 \text{ erg/cm}^2 \cdot \text{s}$ )

Strato esterno del sole: 75% idrogeno; 23% elio; 2% altri gas

Diametro solare: circa 1 392 000 km, 109 volte maggiore del diametro terrestre;

3,6 volte maggiore della distanza terra - luna

Superficie del sole:  $6,087 \times 10^{12} \text{ km}^2$

pari a 11 930 volte la superficie terrestre

Volume del sole:  $1,412 \times 10^{18} \text{ km}^3$

pari a 1 304 000 volte il volume terrestre

Massa del sole  $1,99 \times 10^{30} \text{ kg}$

pari a 333000 volte la massa terrestre

pari a 745 volte la massa di tutti i pianeti

Densità media del sole

solo 0,253 volte la densità terrestre

e 1,41 volte la densità dell'acqua

Inclinazione dell'asse solare rispetto alla perpendicolare dell'orbita terrestre:  $7^{\circ}15'$

Intensità del campo magnetico solare  $10^{-4}$  Tesla

(precedentemente espresso con 1 Gauss)

Età del sole secondo precedenti valutazioni di eminenti scienziati: da 10 a 24 miliardi di anni. Attualmente si ipotizza in 5 miliardi di anni.

Velocità di rivoluzione della terra intorno al sole: 30 km/s

Durata di rotazione siderea:

all'equatore solare: 23,05 giorni

ai poli: 29 giorni

Temperatura di equilibrio sulla superficie solare: 5 776 K

Temperatura all'interno del sole: 16000000 K

Riserva di energia del sole:  $1,8 \times 10^{47}$

Erogazione di energia del sole:  $1,2 \times 10^{34}$  J/anno Radiazione della superficie solare (secondo Stefan e Boltzmann):  $1490 \text{ cal/cm}^2 \text{ s} = 6,3 \text{ kl/cm}^2 \text{ s}$

Potenza luminosa del sole espressa come energia di emissione superficiale assoluta totale per secondo:  $3,76 \times 10^{23}$  kW

Radiazione ultravioletta del sole:  $315 \div 280 \times 10^{-9}$  m

(al di sotto di tali valori essa viene quasi totalmente assorbita dall'ossigeno e dall'ozono)

Rapporto di assorbimento della terra (percentuale di radiazione solare assorbita): 35-43%

Spessore di un ipotetico strato di ghiaccio che sulla superficie solare verrebbe sciolto in 1 minuto: 14,75 m

Atmosfera solare (dall'interno verso l'esterno):

Fotosfera (superficie visibile e luminosa del sole, con aspetto granuloso) spessore:

appena 400-500 km

temperatura 4000 ÷ 7000 K

(nelle macchie solari scure dovute al campo magnetico la temperatura è inferiore a detti valori fino a 1 200 K)

densità:  $10^{-8}$  g/cm<sup>2</sup> (pari a 1/1000 di quella dell'aria)

Cromosfera (strato a debole luminosità da cui salgono le protuberanze solari fino a 2 milioni di km di altezza)

massa secondo Eddington:  $120 \times 10^6$  tonn

spessore: 8000÷10000 km

temperatura (in aumento verso l'esterno) da 5000 a 300000 K

densità:  $10^{-13}$  g/cm<sup>2</sup>

Corona (involucro debolmente luminoso, con luminosità pari a circa 1 milionesimo di quello del disco solare)

Densità (gas fortemente ionizzato):  $5 \times 10^8$  atomi/cm<sup>3</sup>

Temperatura cinetica: fino a  $2 \times 10^6$  K

## 1.6 Misura della radiazione solare

I pianeti ed i satelliti ricevono un centventimilionesimo dell'energia radiante emessa dal sole. La maggior parte dell'irraggiamento totale si manifesta nel campo ondulatorio della luce visibile.

La luce ha origine nella fotosfera, quel sottile strato di spessore non superiore a 500 km situato alla base dell'atmosfera solare, che rende praticamente impossibile all'osservatore di vedere l'astro vero e proprio. La radiazione effettiva del sole può essere esattamente misurata con il bolometro, strumento realizzato nel 1880 da S.P. Langley, il quale ha lasciato il suo nome all'unità di misura dell'intensità di radiazione solare:

1 Ly = 1 cal/cm = 4,1868 J/cm

Il funzionamento del bolometro si basa sul collegamento a ponte di Wheatstone di due sottili lamine annerite di platino. Una di esse è protetta dalle radiazioni mentre l'altra è esposta alla radiazione solare che ne provoca un'aumento di temperatura e quindi anche un aumento della resistenza elettrica. Per misurare l'energia radiante raccolta dal bolometro si fa attraversare alla lamina non irradiata, che funge da riferimento, una corrente elettrica finché non si crea lo stesso squilibrio esistente nella lamina irradiata. L'intensità di questa corrente ausiliaria viene misurata con un galvanometro molto sensibile.

La registrazione ricavata con il bolometro, è chiamata bologramma, indica l'intensità di radiazione in funzione del tempo giornaliero e fornisce quindi rilevamenti corrispondenti alle diverse posizioni del sole per una medesima superficie terrestre. Le ordinate delle curve corrispondenti ai singoli rilevamenti indicano la quantità di energia solare assorbita dall'atmosfera terrestre. Negli apparecchi di misura più moderni al posto delle piastrine di platino si impiegano sottili strati semiconduttori, miscele di ossidi di niobio, manganese e cobalto oppure superconduttori come il nitrato di niobio. A questo proposito è degna di nota la legge di corrispondenza stabilita dal fisico francese P. Bouguer tra radiazione e assorbimento. La formula di Bouguer per il calcolo dell'intensità di radiazione in rapporto all'attenuazione subita prima di raggiungere l'apparecchio di misura sulla terra è il seguente:  $Q_d = Q_o \times p^m$

dove:  $Q_d$  è la radiazione diretta da determinare

$Q_o$  è la radiazione diretta nell'atmosfera

$p$  è la trasparenza dell'atmosfera, che dipende a sua volta dall'umidità e dalla torpidità atmosferica

$m$  è la massa o lo spessore dell'atmosfera attraversato dalla radiazione.

Per la misura calorimetrica della potenza radiante del sole si usano il pireliometro, il piranometro e il pirometro.

## 1.7 La conversione fotovoltaica

La conversione della radiazione solare in energia elettrica avviene sfruttando l'effetto indotto da un flusso luminoso che incide su una regione di carica spaziale in cui è presente un campo elettrico in grado di separare le cariche elettriche che si producono.

Tale regione può instaurarsi nelle seguenti strutture:

- omogiunzioni o giunzioni p-n;
- strutture metallo-semiconduttore o barriera di Schottky;
- strutture metallo-isolante-semiconduttore (MIS);
- eterogiunzioni ottenute accoppiando due semiconduttori dissimili.

Per semplicità si farà riferimento alle giunzioni p-n, il metodo più comunemente usato per creare un campo elettrico interno. Se un materiale semiconduttore (per esempio silicio) incorpora su un lato atomi droganti di tipo "p" (boro) e sull'altro atomi di tipo "n" (fosforo) si ha la formazione della giunzione, perché i due strati di materiale, in origine elettricamente neutri, attraverso il contatto danno luogo ad un campo elettrico. Infatti, a causa del gradiente di concentrazione di carica nei pressi della giunzione, si ha contemporaneamente una diffusione di elettroni in "p" e di lacune in "n". La corrente di diffusione origina una barriera di potenziale tra le due regioni caricandosi "p" negativamente e "n" positivamente (Figura 4).

La differenza di potenziale che nasce, detta di diffusione, tende ad opporsi al moto delle cariche e si giunge ad una condizione di equilibrio elettrostatico, funzione del tipo di giunzione e della mobilità di elettroni e lacune.

Per effetto dei flussi opposti delle cariche, i livelli di energia delle bande di valenza e di conduzione della regione drogata con atomi di tipo "p" si innalzano rispetto a quelli nel materiale "n", poiché il livello di energia di Fermi, che originariamente era più alto nel materiale di tipo "n", deve rimanere costante attraverso la giunzione in condizione di equilibrio termodinamico. Il risultato è una distorsione delle bande lungo la giunzione.

Il campo elettrico interno produce l'effetto diodo: la Figura 5 mostra il diagramma a bande di una giunzione p-n in equilibrio e quando viene applicata una tensione esterna al diodo. Senza alcuna tensione applicata, non si ha corrente attraverso la

giunzione. Se attraverso la giunzione si applica una differenza di potenziale in condizione di polarizzazione diretta, il campo elettrico si annulla e si ha un aumento esponenziale della corrente; se invece attraverso la giunzione si applica una differenza di potenziale in condizione di polarizzazione inversa, il campo elettrico interno diventa più intenso e non si ha passaggio di corrente (eccezion fatta per quei pochi elettroni che, eccitati termicamente, riescono a superare la barriera costituita dalla giunzione e dalla tensione applicata). La giunzione agisce pertanto da diodo. In termini matematici, la caratteristica I-V di un diodo è data dall'equazione:

$$I = I_o [\exp(qV/kT) - 1]$$

dove I è l'intensità di corrente, V è la tensione, k è la costante di Boltzmann, q è la carica di un elettrone e T è la temperatura assoluta. La curva caratteristica I-V di un diodo è presentata in Figura 6. Per creare lavoro però non è sufficiente una differenza di potenziale; ci deve essere un passaggio di corrente.

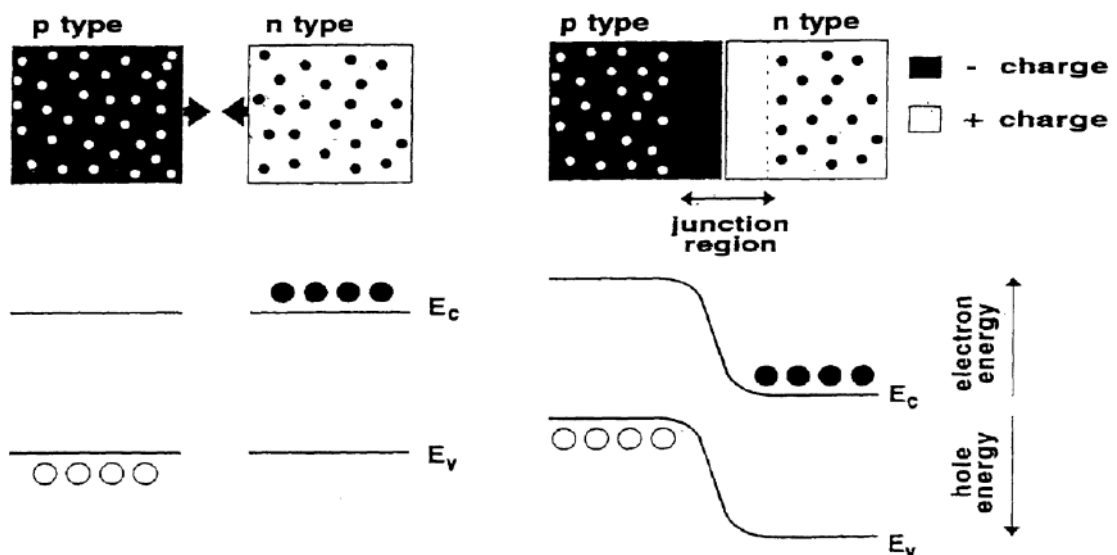


Figura 1 Diagramma di formazione della giunzione p-n con la struttura a bande risultante.

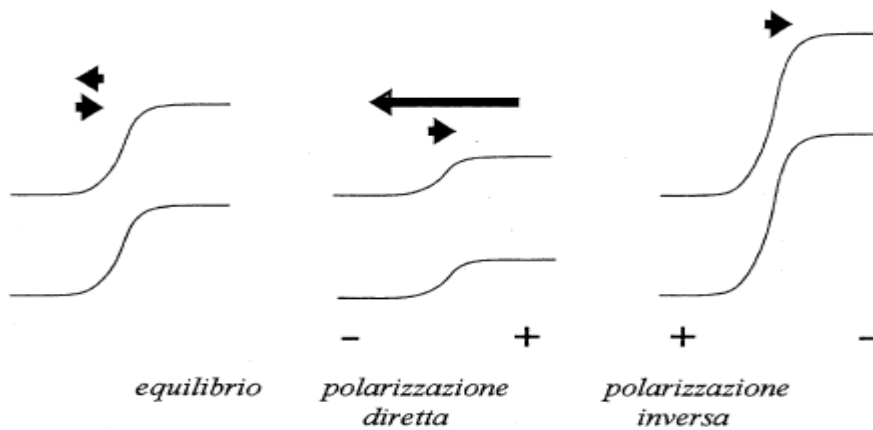


Figura 2

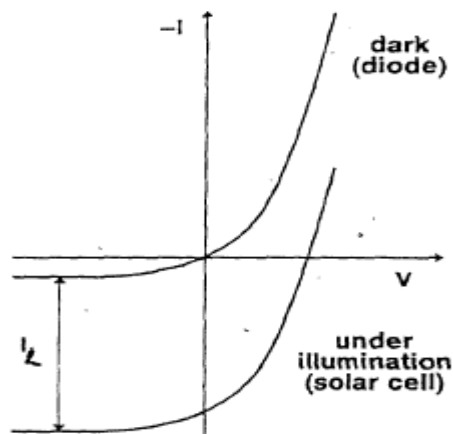


Figura 3

### Assorbimento della radiazione luminosa da parte di un semiconduttore

Il valore di energia di un fotone, cioè del “pacchetto” elementare di energia luminosa, è definito dall’espressione

$$E = h \cdot \nu$$

dove  $h$  è la costante di Plank ( $h=6,626 \times 10^{-34}$  J s) e  $\nu$  è la frequenza. Essendo la frequenza data dal rapporto tra la velocità di propagazione  $c$  e la lunghezza d’onda  $\lambda$ , si ha che l’entità energetica di un fotone è inversamente proporzionale alla lunghezza d’onda. Infatti, essendo  $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19}$  J e conteggiando  $\lambda$  in metri, si ottiene:

$$E = 1,2 \cdot 10^{-6} / \lambda \text{ (eV)}$$

dove si è posto posto  $c = 2.998 \times 10^8$  m/s (velocità di propagazione della luce nel vuoto). In una giornata con cielo limpido, circa  $4,4 \cdot 10^{17}$  fotoni incidono un centimetro quadrato della superficie terrestre ogni secondo. Solo alcuni di questi fotoni, quelli con energia superiore al *gap* di energia della banda proibita, possono essere convertiti in energia elettrica dalla cella solare. Quando uno di questi fotoni raggiunge il semiconduttore, esso può essere assorbito e far passare un elettrone dalla banda di valenza a quella di conduzione. Poiché rimane una lacuna nella banda di valenza, il processo di assorbimento genera coppie elettrone-lacuna. Per la natura del fenomeno che si è appena visto, ogni semiconduttore può convertire solo una parte dello spettro solare.

Una parte dell'energia del fotone incidente viene persa nel processo di assorbimento. Infatti, tutte le coppie elettrone-lacuna che vengono generate hanno in pratica energia superiore all'*energy gap*. Immediatamente dopo la loro creazione, elettrone e lacuna decadono a stati energetici prossimi agli estremi delle rispettive bande (di conduzione e di valenza).

L'energia in eccesso viene dissipata in calore e non può essere convertita in potenza utile. Questo rappresenta uno dei meccanismi di perdita fondamentali in una cella solare.

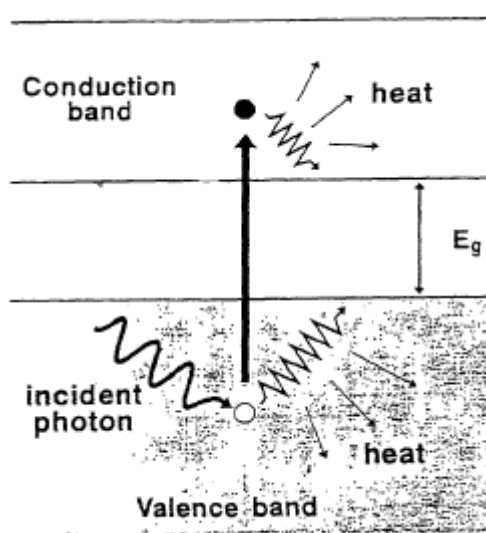


Figura 4 Generazione della coppia elettrone-lacuna per effetto della luce.

Si può fare una stima approssimativa dell'entità di potenza elettrica che può essere prodotta. Si dimostrerà nel paragrafo seguente che una cella solare può effettivamente trasformare in corrente elettrica la corrente di elettroni provocata dalla luce attraverso la banda proibita. Trascurando le perdite, ciascun fotone contribuisce con la carica di un elettrone alla generazione di corrente. La corrente elettrica quindi diviene uguale a:

$$I_L = q N A$$

dove  $N$  è il numero di fotoni avente energia superiore all'*energy gap*,  $A$  è l'area superficiale del semiconduttore esposto alla luce,  $q$  è la carica dell'elettrone. Si può così determinare la densità di corrente corrispondente allo spettro terrestre:

$$J_L = I_L / A = 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 4.4 \cdot 10^{17} = 70 \text{ mA/cm}^2$$

Una cella solare al silicio può convertire al massimo  $44 \text{ mA/cm}^2$ .

Per quanto riguarda la tensione che può generare una cella solare, si può dare un valore limite superiore, in quanto tale tensione non può superare

$$V = E_g / q$$

Come si vede, il massimo valore della tensione in volts è numericamente uguale al valore dell'*energy gap* espresso in eV. Sebbene la tensione effettivamente raggiunta nella pratica sia considerevolmente più bassa di questo limite teorico, l'espressione sopra mostra che i semiconduttori con banda proibita più ampia producono in genere una tensione più alta.

### **La cella solare**

Una cella solare è costituita, nella configurazione esemplificata in Figura 12, dalla giunzione tra un materiale semiconduttore di tipo p e uno di tipo n che produce un campo elettrico interno in grado di separare le cariche elettriche create dall'assorbimento della radiazione luminosa.

La Figura 13 mostra il diagramma a bande della giunzione raggiunta dalla radiazione luminosa: ogni fotone dotato di energia sufficiente, sulla base della relazione  $E = h \cdot \nu = h \cdot c / \lambda$ , è in grado di liberare una coppia elettrone-lacuna.

Sotto l'influenza del campo elettrico esistente, le due cariche libere si sposteranno in direzioni opposte, verso il materiale cui corrisponde loro lo stato di energia più basso: l'elettrone che in prossimità della giunzione ha ricevuto dal flusso luminoso energia sufficiente per passare dalla banda di valenza a quella di conduzione, cioè una  $E > E_g$  ( $E_g = \text{energy gap}$ , dipende dal tipo di semiconduttore impiegato), migrerà verso "n"; un analogo spostamento interesserà le lacune di conduzione. Il flusso elettronico unidirezionale così originato, in caso di connessione del dispositivo con conduttori all'interno di un circuito chiuso, si traduce in energia elettrica.

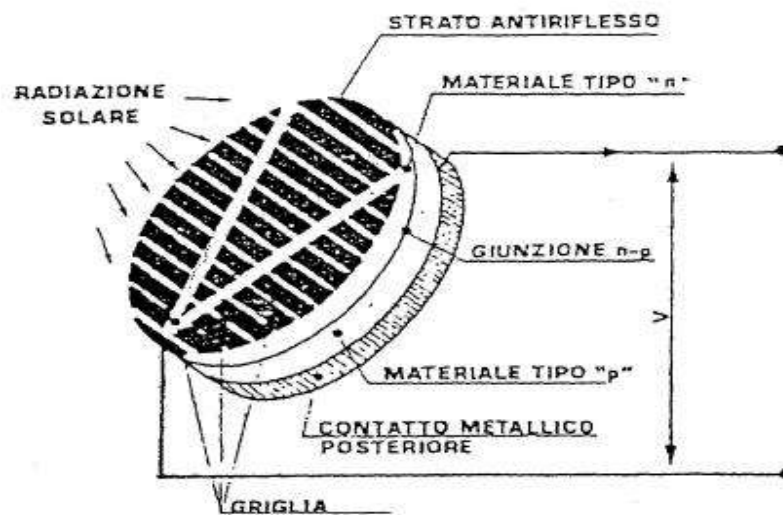


Figura 5: Schema di una cella solare

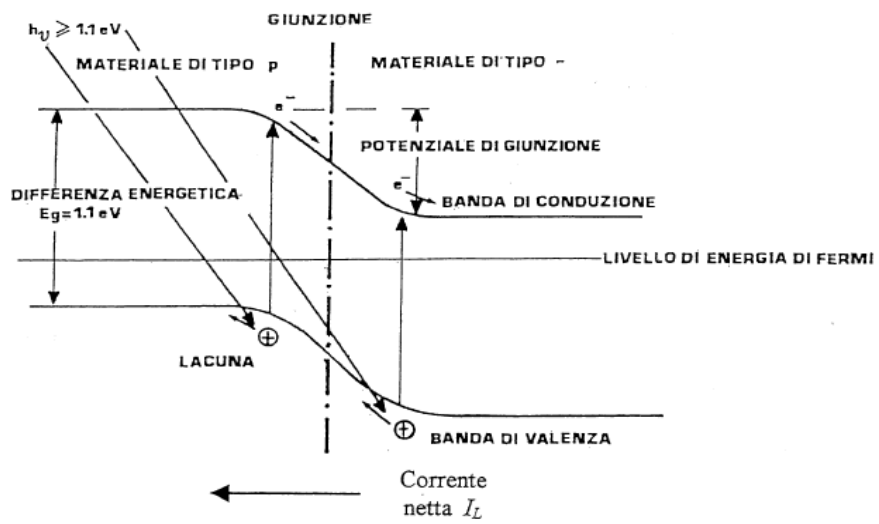


Figura 6: Giunzione p-n illuminata

## **CAPITOLO 2**

### **TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA**

#### **2.1 Introduzione**

I vari effetti negativi delle fonti energetiche del tipo convenzionale, sia in termini ambientali sia in termini di salute sono oramai universalmente accettati. Le energie rinnovabili offrono l'opportunità di ridurre questo impatto ma in ogni caso il loro uso durante il loro intero ciclo di vita non è esente da effetti sull'ambiente.

Alcuni studi fatti in Europa ed in Australia hanno dimostrato come i sistemi fotovoltaici siano causa di impatti ambientali nel loro ciclo di vita, a causa dell'energia usata (derivata da fonti fossili) nella produzione delle celle e dei materiali del modulo.

Comunque gli studi più recenti sull'impatto del ciclo di vita dei moduli a silicio cristallino e a film sottile mostrano che gli effetti dell'energia fotovoltaica sull'ambiente vanno riducendosi e sono drasticamente più bassi di quelli riportati precedentemente. Questi miglioramenti sono condizionati da un uso più efficiente dei materiali, da strati più sottili, da miglioramenti nei componenti del sistema e nell'installazione, dall'eliminazione della cornice e dall'aumento dell'efficienza di conversione energetica.

Allo stato attuale i moduli fotovoltaici sono più costosi delle fonti convenzionali di energia. Malgrado ciò il mercato è in notevole espansione principalmente grazie al sostegno finanziario dei governi che riducono il loro prezzo a livelli accettabili; anche se nella maggior parte dei casi c'è ancora un differenziale nei costi che l'utente finale deve essere disposto ad affrontare. La ragione principale di queste forme di sostegno è il grande vantaggio ambientale rispetto ai combustibili fossili.

Generalmente nell'analisi dell'impatto ambientale delle tecnologie fotovoltaiche si considerano quattro punti chiave, che sono i seguenti:

- Energy pay back time (EPBT)
- Emissione di gas serra
- Emissioni tossiche
- Rischi per la salute e la sicurezza

L'energy pay-back time (tempo di ritorno energetico) è il periodo di tempo necessario affinché l'energia utilizzata per produrre un modulo venga restituita dal modulo stesso, questo valore è strettamente collegato all'efficienza dei processi produttivi.

Anche le emissioni di gas-serra sono strettamente legate all'energia consumata nella produzione, quindi riducendo quest'ultima si riducono le emissioni, per quanto si debba considerare anche il contributo, seppur molto minore, di eventuali gas serra utilizzati nella produzione.

Le emissioni tossiche sono invece fortemente legate ai materiali utilizzati nel processo produttivo: in questo dobbiamo diversificare tra i materiali costituenti il dispositivo, come il silicio o il telluro di cadmio e i materiali usati per la produzione come i gas dopanti. Infine ci sono i rischi per la salute e la sicurezza, i primi relativi all'utente finale (durante l'uso) i secondi relativi ai lavoratori nell'impianto di produzione. Le emissioni associate al trasporto dei moduli sono invece insignificanti rispetto a quelle associate alla fabbricazione. Mentre per quel che riguarda il trasporto sono ancora solo lo 0,1-1% delle emissioni legate alla produzione. Una cosa molto importante quando consideriamo l'impatto ambientale delle diverse tecnologie fotovoltaiche è il tipo di fonti energetiche da cui deriva l'elettricità utilizzata negli impianti di produzione. Si assume che tutta l'elettricità fornita agli impianti produttivi, a parte la produzione di silicio, sia quella del sistema medio di elettricità per l'Europa continentale (UCTE). Per la produzione di silicio invece si presume che venga utilizzato un mix specifico di energia idroelettrica ed energia da turbine ad alta efficienza date le alte energie in gioco dovute alla cristallizzazione del silicio.

Allo stato attuale possiamo dividere il mercato fotovoltaico in due diverse tipologie di dispositivi:

- 1) Celle solari a silicio cristallino: mono e policristallino e a nastro ("ribbon")
- 2) Celle solari a film sottile: silicio amorfo,  $\text{CuIn(Ga)Se}_2/\text{CdS}$  (CIGS) e  $\text{CdTe/CdS}$  (CTS).

La sempre più ridotta disponibilità di combustibili fossili a basso costo e di facile accesso, associata alla crescente domanda di energia, ai problemi di inquinamento ambientale e al cambiamento climatico è percepita da vasti strati dell'opinione pubblica e della classe politica, nonché dalla comunità scientifica. Tale tendenza è stata recentemente formalizzata anche dall'Unione Europea che ha stabilito l'equazione  $20 + 20 - 20 = 2020$ , ovvero incrementare il risparmio energetico e l'utilizzo di fonti rinnovabili del 20% riducendo allo stesso tempo la produzione di CO<sub>2</sub> del 20% entro l'anno 2020. Questa coscienza è presente anche in Italia, paese povero di risorse energetiche convenzionali proprie, e quindi inesorabilmente obbligato ad esplorare lo sfruttamento di fonti alternative.

Tra le fonti rinnovabili l'energia solare risulta essere sicuramente la più attraente: il sole riversa sulla terra  $120000TW$  di radiazioni elettromagnetiche, in forma gratuita, abbondante, non inquinante e, sulla scala dei nostri tempi, inesauribile. La possibilità di utilizzare l'energia solare risulta particolarmente interessante anche perché questa può essere convertita in senza produrre prodotti inquinanti e scorie durante la conversione. Paesi come il nostro, inoltre, godono di una posizione geografica e di un clima privilegiati per lo sfruttamento di questa energia: si pensi che per soddisfare il fabbisogno elettrico complessivo italiano con le tecnologie oggi disponibili occorrerebbe coprire un'area pari allo 0.8% del territorio nazionale ( $2440km^2$ ). Analogamente, a livello mondiale, sappiamo che l'energia irradiata dal Sole fornisce in un'ora l'energia che il mondo consuma in circa un anno. La natura intermittente di questa fonte energetica esclude di poter fare affidamento solo su di essa, ma il fotovoltaico può sicuramente dare un valido contributo, anche se parziale, al fabbisogno di energia. La forza di questa tecnologia è in particolare nell'utilizzo diffuso e una tale risorsa andrebbe catturata e trasformata con diverse tecniche, alcune già disponibili, altre in via di studio.

La causa della scarsa diffusione del fotovoltaico risiede probabilmente negli alti costi dei materiali. Sebbene in oltre 50 anni di studi e costanti perfezionamenti si sia riusciti a ridurre in maniera consistente il prezzo delle celle solari, il costo al kWh dell'energia prodotta per questa via resta molto elevato e quindi questa tecnologia copre di fatto solo una fetta molto marginale della produzione mondiale.

Il mercato fotovoltaico è attualmente dominato da celle solari basate su giunzioni p-n di semiconduttori (tipicamente silicio). Questa tecnologia consente di ottenere rese di conversione di energia solare in elettricità dell'ordine del 10% fino al 35%. In genere è possibile reperire sul mercato celle fotovoltaiche a silicio con rese del 12-18% a prezzi accessibili. Tuttavia il silicio e la sua tecnologia di produzione hanno alti costi che non sembrano destinati a calare, rendendo la generazione di energia elettrica da tali dispositivi circa il doppio più costosa rispetto a quella prodotta con fonti convenzionali. Inoltre la tecnologia al silicio mostra una serie di svantaggi, quali:

- rigidità ed estetica del pannello;
- scarsa efficienza in condizioni di luce diffusa o cielo nuvoloso;
- minore efficienza per angoli di incidenza della luce differenti da quello ideale (circa 45°).

Un'alternativa emergente e molto più economica sono le celle solari a base di materiali organici o ibride organiche-inorganiche, che presentano una serie di interessanti proprietà: queste sono infatti caratterizzate da costi di produzione estremamente contenuti, leggerezza e flessibilità, possono essere depositate su diversi tipi di superficie (inclusi i tessuti), possono essere semi-trasparenti, flessibili ed in alcuni casi essere anche colorate a piacere.



*Figura 7: Pannelli fotovoltaici in silicio monocristallino.*

A partire dai primi esperimenti le efficienze delle celle fotovoltaiche organiche hanno oggi raggiunto valori molto alti e paragonabili a quelli di tecnologie ormai affermate da anni, con un progresso che ha assunto un andamento esponenziale a partire dagli ultimi anni. Le esigenze dei diversi settori tecnologici impongono miglioramenti continui delle caratteristiche strutturali ed ottiche di questi materiali: per questo motivo il settore è in forte evoluzione e sono presenti molti gruppi e società impegnate nello sviluppo di questa innovativa tecnologia. Il funzionamento delle celle organiche presenta strette analogie con quello delle celle inorganiche, ma anche vari ed importanti elementi di distinzione, che verranno discussi di seguito: le caratteristiche principali e di funzionamento di questi dispositivi verranno descritti in dettaglio alla fine di questo capitolo e nel prossimo (Capitolo 3:).

Nella Figura 2.2 è riportata la carta delle efficienze del National Renewable Energy Laboratory (NREL) aggiornata al 2016 (2). Il Laboratorio Nazionale per l'Energia Rinnovabile registra dal 1976 i valori dell'efficienza di conversione solare per le diverse tecnologie fotovoltaiche. I dispositivi inclusi in questo grafico hanno efficienze misurate in condizioni standard (densità di radiazione pari a  $J = 1\text{kW/m}^2 = 100\text{mW/cm}^2$ , temperatura di esercizio della  $T = 25^\circ\text{C}$ , distribuzione spettrale della radiazione secondo le norme IEC 60904-3 e AM1.5) e confermate da laboratori indipendenti. Si possono notare le grandi efficienze delle celle a multigiunzione (con record di efficienza oltre il 45% per celle a quattro giunzioni con concentratore), le efficienze solo in lieve crescita per le tecnologie ormai affermate (come le celle a base di silicio), e la breve ma rapida crescita di efficienza delle ultime celle solari organiche o ibride organiche inorganiche (in particolar modo le celle solari a base di perovskite, o PSC).

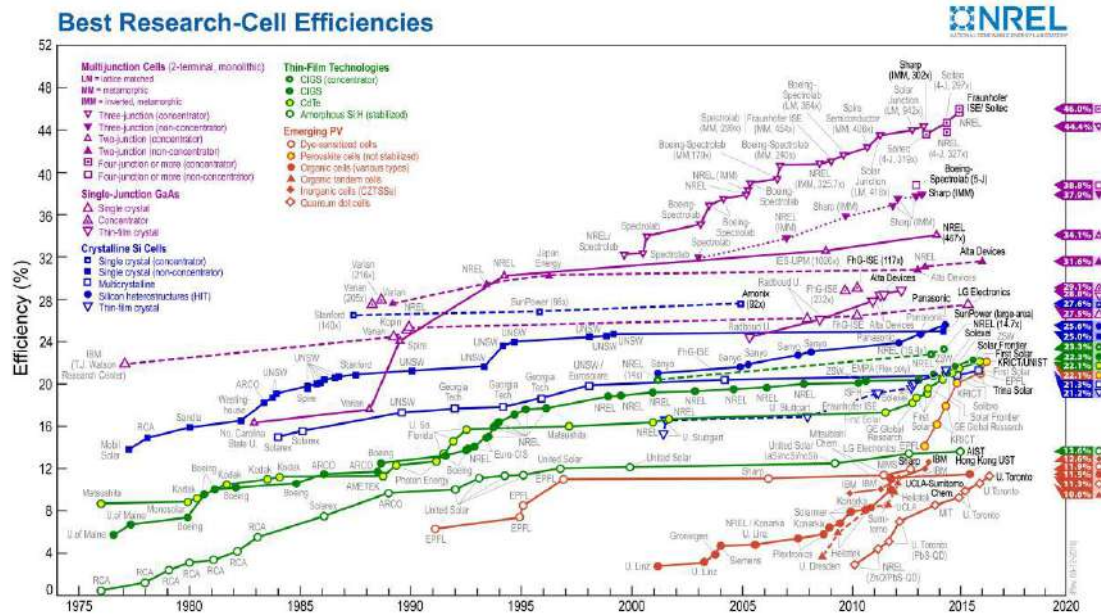


Figura 8: Carta delle efficienze certificate da NREL, con i record di efficienza per ciascuna tipologia di cella. Fonte: NREL Chart 2016 (2).

## 2.2 Caratteristiche e materiali

Una cella solare è un dispositivo in grado di trasformare la radiazione elettromagnetica proveniente dal sole, in corrente elettrica. Alla base del suo funzionamento vi sono due processi: l'assorbimento di luce e la generazione di corrente elettrica. Una cella fotovoltaica deve essere costituita da uno o più materiali opportunamente assemblati per permettere che entrambi questi processi siano svolti in maniera efficiente. Le proprietà elettriche dei materiali e le loro interazioni con i fotoni sono strettamente correlate, in quanto determinate dalla struttura elettronica dei materiali stessi e, quindi, dalla natura e dalla disposizione degli atomi che li compongono.

Tutte le celle solari sono costituite essenzialmente da due tipologie di materiali: quelli metallici, che costituiscono gli elettrodi, e quelli semiconduttori, che devono assorbire la luce e generare portatori di carica elettrica da convogliare agli elettrodi. È dunque opportuno ricordare che i metalli sono materiali nei quali la banda elettronica popolata di energia più elevata, la cosiddetta banda di valenza, è semi riempita. I semiconduttori e gli isolanti sono invece materiali nei quali la banda di valenza è completamente riempita e separata da un gap energetico dalla prima banda elettronica non occupata, detta banda di conduzione. La distinzione tra

semiconduttori e isolanti dipende dall'entità di questo band-gap: elevato negli isolanti, basso nei semiconduttori, nullo nei conduttori, come riportato in Figura 2.3.

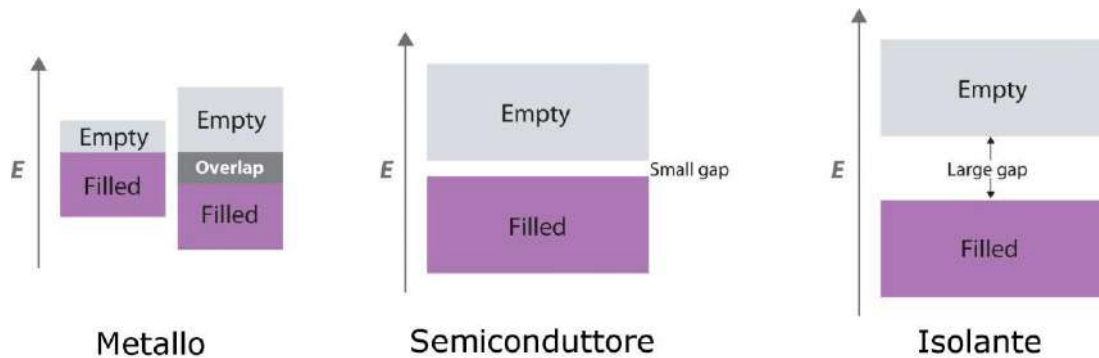


Figura 9: Band-gap per i diversi tipi di materiali: metalli, semiconduttori ed isolanti.

Nei metalli, in cui la banda di valenza è semi riempita, il band-gap è nullo, e a temperatura  $T > 0K$  ci sono sempre alcuni elettroni che si trasferiscono dai più alti livelli energetici occupati ai primi non occupati all'interno della stessa banda. Quando un elettrone viene eccitato a un livello superiore non occupato o parzialmente occupato acquista mobilità e diventa un portatore di carica negativo; allo stesso tempo lascia una lacuna (carica positiva) nel livello di provenienza incrementando la mobilità degli elettroni rimasti in questo livello. Poiché il band-gap è nullo nei metalli, questi sono buoni conduttori a qualsiasi temperatura e per lo stesso motivo sono in grado di assorbire e riemettere fotoni, apparendo opachi e riflettenti. Quando il band-gap è maggiore di zero si parla invece di materiali semiconduttori o isolanti, a seconda della grandezza del gap e della temperatura. In questo caso infatti, alcuni elettroni sono in grado di popolare la banda di conduzione creando un corrispondente numero di lacune nella banda di valenza, ma, poiché i portatori di carica sono pochi, la conducibilità di questi materiali è scarsa. Tuttavia è possibile "drogare" questi materiali sostituendo, per esempio, alcuni atomi con degli atomi sostitutivi contenenti o un elettrone in meno nel guscio di valenza o un elettrone in più. In entrambi i casi il numero di portatori di carica aumenta rispetto a quello dei semiconduttori intrinseci e di conseguenza cresce la conducibilità del materiale.

Un importante parametro caratteristico dei solidi è l'energia di Fermi ( $E_F$ ), che è il valore di energia per il quale l'occupazione elettronica media, derivata dalla

*statistica di Fermi-Dirac*, è pari a  $\frac{1}{2}$ . Alle temperature di interesse coincide con il potenziale chimico elettronico ovvero con l'energia libera media necessaria per estrarre un elettrone dal materiale. Nei metalli l'energia di Fermi, che è anche detta funzione di lavoro, cade a metà della banda di valenza, mentre nei semiconduttori giace all'interno del band-gap. Quando si considerano materiali diversi a contatto tra loro, alla giunzione i potenziali chimici devono eguagliarsi e i livelli di Fermi dei due materiali devono allinearsi. Nella zona prossima alla superficie di contatto si stabilirà quindi un campo elettrico dovuto agli elettroni che migrano da un materiale all'altro finché non si raggiunge una situazione di equilibrio.

### **2.3 Assorbimento della radiazione solare**

Qualsiasi materiale è in grado di assorbire fotoni con energia  $h\nu$  (dove  $h$  è la *costante di Planck* e  $\nu$  la frequenza) se questa è maggiore o uguale alla differenza di energia (*energy-gap*) tra il più basso livello energetico non occupato da elettroni e il più alto livello energetico occupato. Nei solidi cristallini (materiali inorganici) questo valore è il band-gap, ovvero la differenza di energia tra il più basso livello energetico della banda di conduzione e il più alto livello energetico della banda di valenza. Nei materiali organici invece il gap corrisponde alla differenza di energia tra il più basso orbitale molecolare non occupato (*LUMO = Lowest Unoccupied Molecular Orbital*) e il più alto orbitale molecolare occupato (*HOMO = Highest Occupied Molecular Orbital*).

In linea di principio è possibile costruire dispositivi in grado di funzionare come celle solari utilizzando anche diversi tipi di materiale e diverse architetture strutturali. Gli elementi costitutivi indispensabili sono rappresentati da almeno un materiale semiconduttore, caratterizzato da un gap che garantisca l'assorbimento di fotoni nel visibile, e da una coppia di elettrodi, dei quali uno trasparente o semitrasparente, ai quali convogliare i portatori di carica.

Una classica cella solare è tipicamente composta da una giunzione p-i-n di due semiconduttori. Quando questa viene irradiata con onde elettromagnetiche, i fotoni, se hanno una frequenza  $\nu$  tale che la loro energia  $E = h\nu$  risulti maggiore o uguale a quella del band-gap del materiale, possono essere assorbiti provocando l'eccitazione di elettroni dalla banda di valenza a quella di conduzione. Se il dispositivo è

collegato con un circuito elettrico esterno gli elettroni si muoveranno nella banda di conduzione del materiale n verso il catodo mentre le lacune migreranno nel materiale p verso l'anodo. In questo modo nel circuito circolerà una corrente elettrica. I livelli energetici rappresentativi dell'anodo e del catodo corrispondono all'energia di Fermi dei metalli costituenti gli elettrodi in condizione di corto circuito e sono allineati all'energia di Fermi della giunzione p-i-n. Il principio di funzionamento di una cella solare al silicio è rappresentato in Figura 2.4.

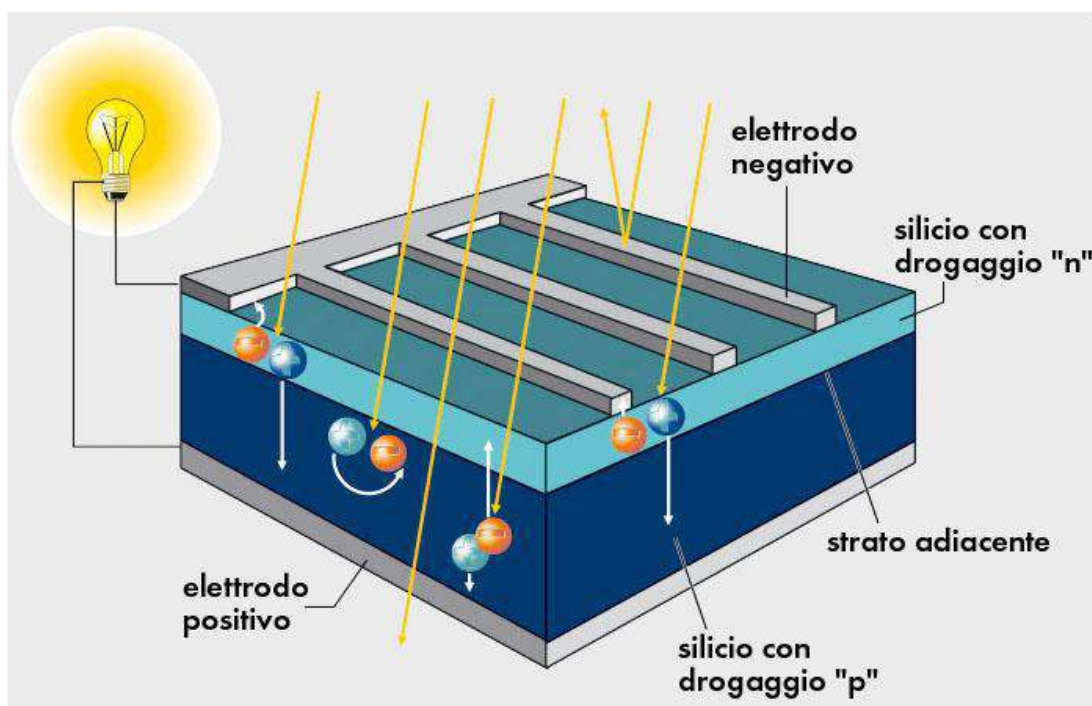


Figura 10: Funzionamento di una cella solare a giunzione p-i-n.

Alcuni materiali organici e polimerici sono classificati come semiconduttori e sono in grado di assorbire fotoni: in particolare più sono estesi il sistema coniugato e la delocalizzazione elettronica, tanto più il gap *HOMO-LUMO* diminuisce fino ad essere compatibile con l'assorbimento di fotoni. Tipicamente materiali organici come il pentacene, coloranti organici o polimeri coniugati sono in grado di soddisfare le condizioni di assorbimento di fotoni desiderate. Nei materiali organici di questo tipo l'assorbimento di fotoni genera stati eccitati (detti *eccitoni*, coppie legate di elettroni e lacune) attraverso il trasferimento di elettroni dall'*HOMO* al *LUMO*, ma questo fenomeno non porta necessariamente alla formazione di portatori di carica come nel

caso dei materiali semiconduttori inorganici. Gli eccitoni fotogenerati nelle sostanze organiche sono fortemente legati e non dissociano spontaneamente in cariche separate. La loro dissociazione richiede circa  $100\text{meV}$  di energia, quindi è necessario un campo elettrico di una certa intensità. Perché un eccitone si dissocia, questo deve giungere in prossimità di una giunzione con un altro materiale con caratteristiche elettroniche diverse, in grado di estrarre l'elettrone dalla molecola eccitata creando una coppia di portatori liberi (elettrone/lacuna). Una volta separate, il trasporto di queste cariche libere verso gli elettrodi nei materiali organici procede per *hopping*, tra stati localizzati, e non dentro ad una banda di conduzione come avviene per i semiconduttori inorganici. Pertanto si avrà a che fare con valori di mobilità più bassi (anche a causa del disordine molecolare) e con fotocorrenti molto sensibili alla temperatura.

#### 2.4 Modello circuitale di una cella solare

In generale una cella fotovoltaica ideale può essere schematizzata come un generatore di corrente in parallelo al quale è posto un diodo (Figura 2.5). La fotocorrente generata da una cella solare sotto illuminazione, in condizioni di corto circuito, è fortemente legata alla quantità di luce incidente su di essa.

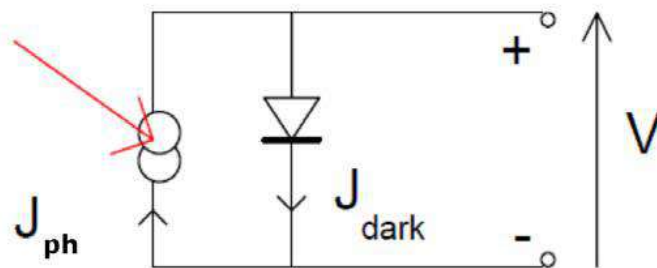


Figura 11: Circuito equivalente per una cella solare ideale.

La tensione ai capi di questo semplice circuito, quando i terminali sono isolati (ovvero si chiudono su un'impedenza infinita) è detta tensione di circuito aperto ed è indicata dal simbolo  $V_{OC}$  (*Open Circuit Voltage*). La corrente erogata dalla cella quando questi terminali sono cortocircuitati (impedenza nulla) è invece detta

corrente di corto circuito, ed è indicata con  $ISC$  (*Short Circuit Current*) Per qualunque altro carico  $RL$  connesso ai terminali della cella, la tensione  $V$  varia tra  $0V$  e  $VOC$  generando una corrente  $I$ , legata alla nota relazione  $V = R \cdot I$ ; analogamente la corrente  $I$  assume valori compresi tra  $0A$  e  $ISC$ . La densità di fotocorrente generata in queste condizioni operative ( $JSC$ ) è legata alla radiazione incidente mediante l'efficienza quantica della cella (*Quantum Efficiency – QE*). L'efficienza  $QE(E)$  è la probabilità per cui ad un fotone incidente sulla cella con energia  $E$  corrisponda l'estrazione di un elettrone utile verso il circuito esterno.

Si ha di conseguenza:

$$J_{sc} = q \int b_s(E) \cdot QE(E) \cdot dE$$

dove  $b_s(E)$  è la densità spettrale del flusso di fotoni incidenti, ovvero il numero di fotoni con energia compresa tra  $E$  ed  $E+dE$ , incidente su una porzione di area unitaria in un tempo unitario. L'efficienza quantica ( $QE$ ) dipende fortemente dal coefficiente di assorbimento dei materiali di cui è composta la cella solare, dall'efficienza di separazione di carica, e dall'efficienza di estrazione della stessa. Quando viene connesso un carico si sviluppa di conseguenza una differenza di potenziale ai capi della cella solare. La caduta di tensione su  $RL$  tende a polarizzare direttamente il diodo, producendo una corrente che scorre in senso opposto a quella fotogenerata: questa corrente inversa è detta *dark current* o  $IDARK$ , in analogia con la corrente che si ha in condizioni di buio. Le celle solari infatti, se non sottoposte ad illuminazione, assumono un comportamento da diodo, in cui la densità di corrente varia come:

$$J_{DARK}(V) = J_0 (e^{qV/kBT} - 1)$$

dove  $J_0$  è una costante,  $kB$  è la costante di Boltzmann e  $T$  è la temperatura espressa in gradi kelvin.

Dunque la corrente effettivamente uscente dalla cella solare, legata alla caratteristica corrente-tensione del dispositivo, può essere approssimata dalla somma della

corrente fotogenerata di corto circuito e della *dark current*. La corrente che circola su un eventuale carico è quindi data da:

$$I(V) = I_{PH} - I_{DARK}(V)$$

o analogamente, in funzione della densità di corrente:

$$J(V) = J_{PH} - J_{DARK}(V)$$

Approssimando il diodo come un dispositivo ideale quest'ultima formula diventa:

$$J(V) = J_{PH} - J_0(e^{qV/kBT} - 1)$$

Quando i contatti sono isolati, ovvero la cella è chiusa su un'impedenza infinita, la tensione assume il suo massimo valore *VOC*. Sempre ipotizzando il diodo come ideale, si ha quindi:

$$V_{OC} = kBT/q \ln(J_{PH} / J_0 + 1)$$

che evidenzia come la tensione di circuito aperto cresca in modo logaritmico con l'intensità della luce che incide sulla zona attiva della cella solare. Il prodotto tra corrente e tensione risulta positivo fin tanto che la tensione sta nel range tra 0 e *VOC*, e la cella genera effettivamente potenza. Se la tensione *V* diventa minore di zero, la cella illuminata invece di generare potenza la consuma; allo stesso modo per tensioni *V* maggiori di *VOC* la cella torna a consumare potenza anziché generarla (in quanto la corrente *I* diventa minore di 0). Il circuito elettrico equivalente di cella solare è allora assimilabile ad un generatore di corrente posto in parallelo ad un diodo (Figura 2.5). Quando la cella è illuminata, se ideale, produce una corrente proporzionale alla intensità della radiazione luminosa, e questa fotocorrente si divide tra il diodo e il carico, in un rapporto che dipende dal carico stesso e dalla intensità luminosa.

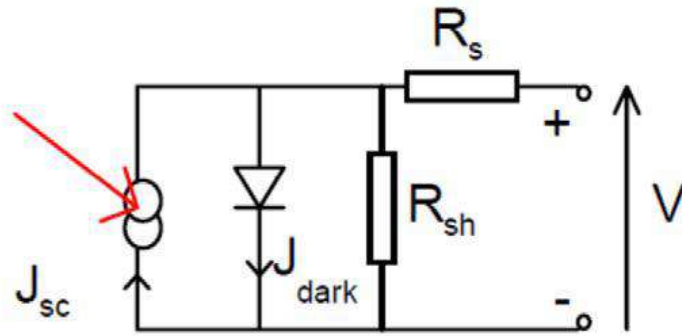


Figura 12: Modello equivalente di una cella solare reale, con resistenza serie  $R_s$  e resistenza parallelo  $R_{sh}$ .

Tuttavia in una cella solare reale la potenza generata viene però anche dissipata, in parte sulle resistenze di contatto ed in parte a causa di correnti perdita (*leakage current*). Questi effetti sono assimilabili all'effetto di due resistenze parassite applicate alla cella, una in serie (denominata  $R_S$ ) ed una in parallelo ( $R_{SH}$ ), come illustrato in Figura 2.6. La resistenza serie è legata alla resistenza del substrato ed alle resistenze di contatto che nascono tra le superfici dei vari materiali che compongono il dispositivo, e ha un effetto importante qualora vi fossero alte densità di corrente. La resistenza parallelo

(*shunt*) è legata alle correnti di perdita attorno al dispositivo e tiene conto del fatto che una parte dei portatori generati ricombina senza raggiungere i contatti. Questa diminuisce se sono presenti difetti nella struttura del semiconduttore, quali impurità o irregolarità. L'effetto della variazione della resistenza serie o parallelo sulla caratteristica IV sono illustrate nella Figura 2.7. Includendo gli effetti delle resistenze parassite, la densità di corrente erogata al carico diviene:

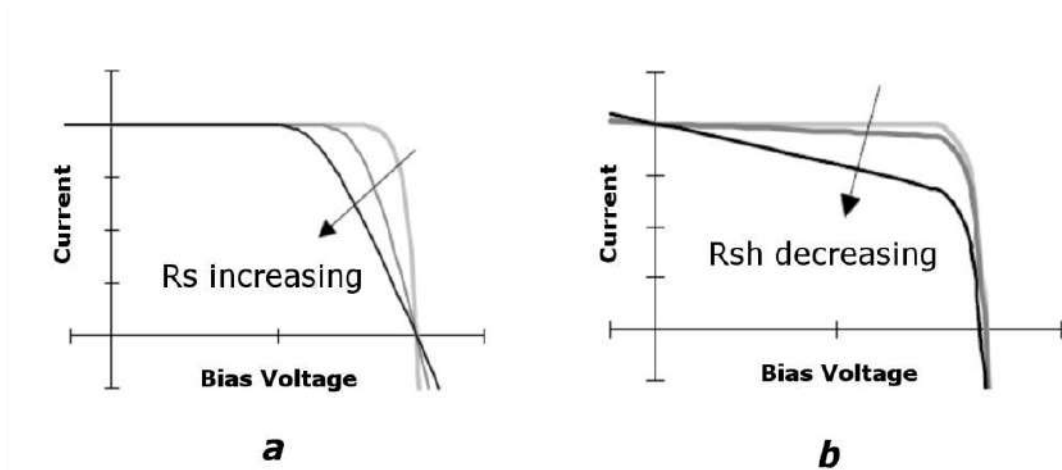


Figura 13: Effetto dell'aumento della resistenza parassita serie (a) e della diminuzione della resistenza parassita parallelo (b) sulle curve di caratterizzazione IV di una cella solare.

## 2.5 Figure di merito

Descriviamo brevemente i diversi parametri che caratterizzano una cella solare. Questi parametri (o *figure di merito*) stabiliscono quanto efficace è una cella solare a convertire la luce solare in elettricità. Indipendentemente dalla struttura dai materiali con cui sono composte, il fenomeno alla base del funzionamento delle celle solari è l'effetto fotovoltaico e si possono definire le stesse figure di merito per qualsiasi tipologia di questi dispositivi.

Come detto in precedenza, il range operativo di una cella solare, ossia l'intervallo di tensione nel quale essa fornisce potenza al carico, va da 0 a  $V_{OC}$ . Se la tensione risulta  $V < 0$  oppure  $V > V_{OC}$ , la cella illuminata assorbe potenza anziché generarla. La densità di potenza erogabile da una cella solare è definita come:

$$P = J \cdot V$$

dove  $J$  è la densità di corrente e  $V$  la tensione sulla cella, come già indicato.

La potenza generata raggiunge il suo valore massimo ( $P_{max}$ ) in corrispondenza di un determinato punto di lavoro della cella solare, a cui corrispondono dei valori ben precisi di tensione e densità di corrente, indicati con  $V_m$  e  $J_m$ . Per cui il carico ideale per cui la cella solare eroga la massima potenza è dato da  $V_m/J_m$  e di conseguenza il valore massimo di potenza raggiungibile è:

$$P_{max} = J_m \cdot V_m$$

Una figura di merito fondamentale per le celle solari è il cosiddetto *fattore di forma* o *Fill Factor (FF)*, che è definito dal rapporto

$$FF = \frac{P_{max}}{J_{sc} \cdot V_{oc}}$$

Questo descrive la “quadratura” della caratteristica J-V, ovvero di quanto si discosta la caratteristica J-V dalla caratteristica ideale della cella operante al suo punto di lavoro (Figura 2.8).

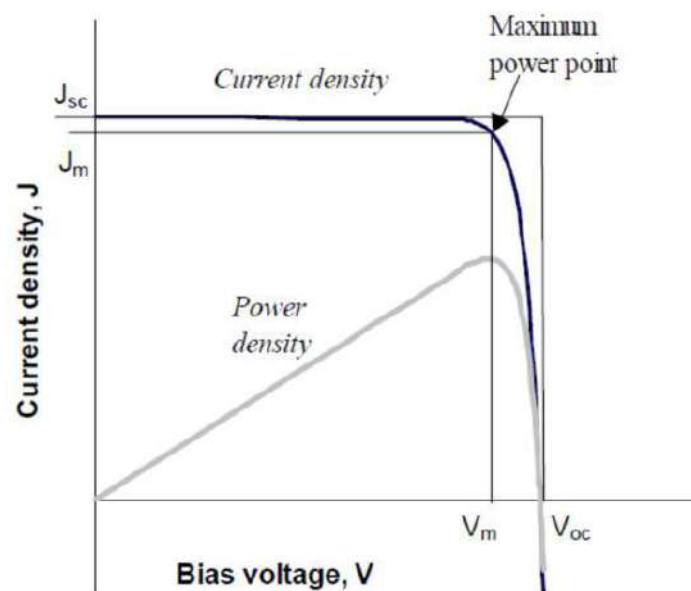


Figura 14: Caratteristica J-V e P-V di una cella solare. In figura sono evidenziati i valori operativi  $V_m$  e  $J_m$  del punto operativo ideale del dispositivo, il punto di massima potenza generata (mpp), la tensione di circuito aperto e la corrente di corto circuito.

Se la cella fosse ideale la corrente di uscita sarebbe costante, indipendentemente dal carico utilizzato, per  $V < VOC$ . In queste condizioni risulterebbe  $V_m = VOC$ ,  $J_m = J_{SC}$  e di conseguenza  $FF = 1$ . Essendo un indice di idealità, il  $FF$  è fortemente dipendente da elementi parassiti quali resistenze serie e/o parallelo.

Un'altra figura di merito importante è l'efficienza o rendimento della cella (indicata con la lettera  $\eta$ ), che corrisponde al rapporto tra la densità potenza generata al punto di lavoro ideale (massima densità di potenza erogabile) e la densità di potenza della radiazione incidente sulla cella (indicata con  $P_i$ ). L'efficienza  $\eta$  è quindi definita dal rapporto:

$$\eta = P_{max} / P_i$$

L'efficienza è legata evidentemente alla corrente di corto circuito e alla tensione di circuito aperto della cella mediante il Fill Factor ed è una misura della capacità della cella di convertire la radiazione incidente in corrente elettrica.

Oltre ad un rendimento elettrico è possibile definire un'efficienza quantica esterna o *EQE* (*External Quantum Efficiency*) definita dal rapporto tra il numero di coppie elettrone lacuna estratte ed il numero di fotoni incidenti sulla cella:

$$EQE = \frac{\text{numero coppie elettrone/lacuna estratte}}{\text{numero fotoni incidenti sulla cella}}$$

A questa è direttamente associata e l'efficienza quantica interna o *IQE* (*Internal Quantum Efficiency*), che misura l'efficienza del processo di generazione della carica ed è definita come il rapporto tra il numero di coppie elettrone lacuna estratte ed il numero di fotoni assorbiti dallo strato attivo della cella:

$$IQE = \frac{\text{numero coppie elettrone/lacuna estratte}}{\text{assorbiti dallo strato attivo}}$$

L'efficienza quantica esterna ed interna sono legate dalla semplice relazione  $EQE = \alpha \cdot IQE$  dove  $\alpha$  indica il rapporto tra la radiazione assorbita nello strato attivo e la radiazione totale incidente.

Tutti questi parametri sono fondamentali per comprendere ed analizzare le performance di una cella solare, e sono definiti in base a particolari condizioni: lo standard comunemente utilizzato per definire queste figure di merito (*Standard Test Condition – STC*) è lo spettro ottenuto con *Air Mass 1.5 G*, che corrisponde ad una densità di potenza incidente pari a  $P_i = 1kW/m^2 = 100mW/cm^2 = 1sun$ , ad una temperatura di  $25^\circ C$ .

## 2.6 Principali tipologie di celle solari

La maggior parte delle celle solari attualmente in commercio sono composte da silicio, ma nel corso degli anni sono stati sviluppati numerosi tipi di dispositivi fotovoltaici, realizzati con diversi materiali e con diverse proprietà. Al giorno d'oggi esiste una vasta gamma di tecnologie fotovoltaiche ed esse sono generalmente classificate in tre generazioni, a seconda del materiale di base utilizzato, del loro costo e del livello di maturità raggiunto (Figura 2.9).

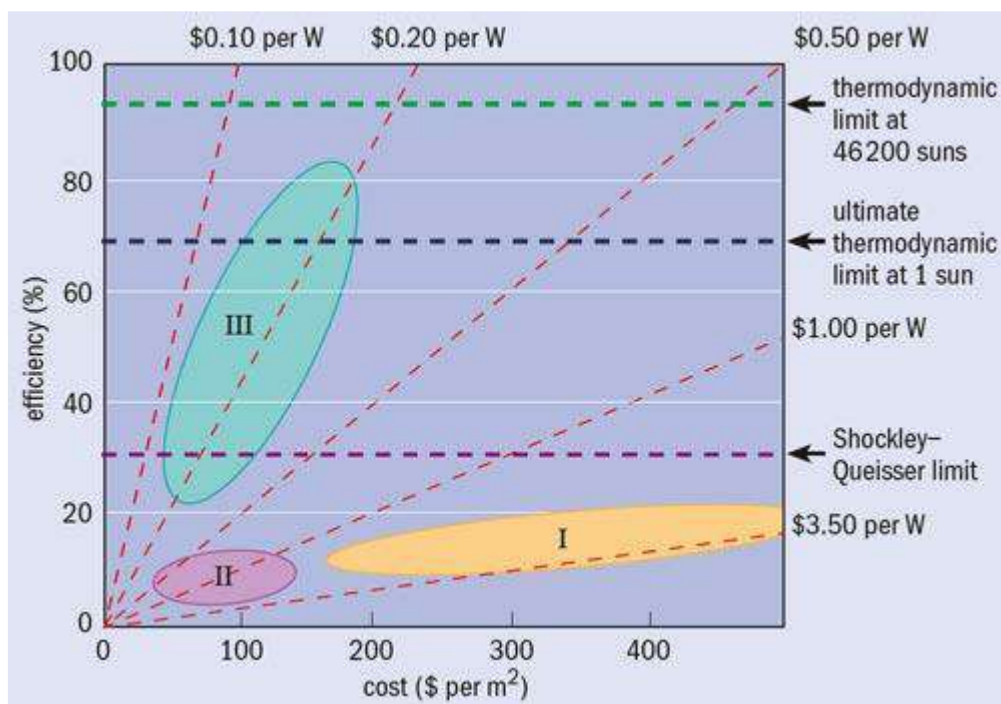


Figura 15: Efficienza e costi per le tre generazioni di celle fotovoltaiche.

### Prima generazione

La prima generazione di celle solari è basata su wafer in silicio monocristallino e policristallino. La sua commercializzazione iniziò nel 1963, quando la Sharp Corporation® produsse il primo modulo in silicio cristallino ed in Giappone venne installato il primo sistema fotovoltaico. Questi dispositivi utilizzano una singola giunzione tra due semiconduttori (uno di tipo n e uno di tipo p), che viene in seguito incapsulata e completata per realizzare il dispositivo fotovoltaico. Circa il 90% delle

celle solari nel mondo sono realizzate a partire da wafer di silicio cristallino (c-Si), tagliato da grandi lingotti: questi sono cresciuti in laboratori con un elevato grado di purezza e tramite processi che richiedono un gran dispendio energetico e molto tempo per essere completati.



*Figura 16: Diversi esempi di celle solari e pannelli di prima generazione basati principalmente su silicio di tipo monocristallino o policristallino.*

Le celle di prima generazione mostrano efficienze comprese tra il 15% e il 20% e sono attualmente le più diffuse e dominanti nel mercato fotovoltaico. I punti di forza di queste celle solari sono la loro grande stabilità e le buone prestazioni. Tuttavia questi dispositivi richiedono molta energia per la realizzazione e sono necessariamente installati su pannelli rigidi. Dopo più di venti anni di ricerca e sviluppo in questo campo con ottimi risultati, l'industria fotovoltaica dovette riconoscere che l'economia delle celle prodotte secondo queste metodologie era dominata principalmente dal costo delle materie prime. Non era più possibile abbattere le spese di produzione se non cambiando l'orizzonte tecnologico.

## **Seconda generazione**

Negli anni '70 si arrivò alla seconda generazione, la tecnologia dei materiali a film sottile. Le celle solari di prima generazione sono realizzate a partire da sottili wafer con spessore di circa  $200\mu\text{m}$ , le celle solari a film sottile sono invece dispositivi circa 100 volte più sottili, costituite da strati di semiconduttore di circa  $1\text{-}4\mu\text{m}$  di spessore, depositati su substrati economici.

La maggior parte di queste celle sono sempre realizzate in silicio, ma in una differente forma, conosciuta con il nome di silicio amorfo (a-Si), in cui gli atomi sono riarrangiati in modo casuale invece di essere ordinati secondo una precisa struttura cristallina. Altri dispositivi appartenenti a questa generazione sono realizzati con altri materiali: i principali sono le celle a base di Cd-Te (tellururo di cadmio), e le celle CIGS (di-seleniuro di rame indio gallio). Indipendentemente dal semiconduttore coinvolto, dal momento che vengono eliminati i wafer, questa tecnologia offre buone prospettive di una notevole riduzione nel costo dei materiali, a parità di assorbimento della luce a confronto con celle solari della generazione precedente.

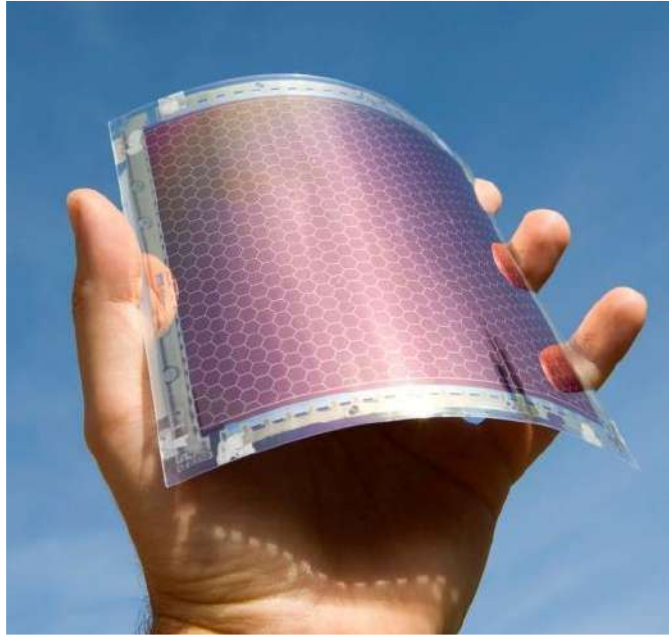


*Figura 17: Pannello solare a film sottile di seconda generazione, realizzato su un substrato in plastica flessibile.*

Grazie al loro spessore molto ridotto, della leggerezza e flessibilità, le celle di seconda generazione possono essere applicate facilmente su svariate superfici, come vetro, polimeri o metalli e possono essere assemblati su strutture flessibili e leggere. Tuttavia ciò che queste celle guadagnano in flessibilità lo perdono in prestazioni, infatti la loro efficienza si attesta attorno al 10%-15%: questo è uno dei motivi per cui, nonostante i vantaggi pratici, questo tipo di celle hanno avuto solo un piccolo impatto nel mercato dei dispositivi fotovoltaici. Inoltre la loro realizzazione include ancora processi sotto vuoto e trattamenti ad alte temperature, e quindi ad alto consumo energetico, e sono in parte basate su materiali non molto diffusi sulla superficie terrestre, il che risulta un fattore altamente limitante per la loro diffusione. Oggi le celle solari a film sottile cominciano ad essere distribuite sul mercato in quantità significative. Sul fronte dell'efficienza, con il tempo, ci si aspetta che la tecnologia di seconda generazione cresca costantemente per colmare il divario tra le sue prestazioni e quelle dei dispositivi di prima generazione.

### **Terza generazione**

Una classe di celle solari a film sottile emersa di recente è stata chiamata terza generazione: questa fa riferimento a dispositivi che hanno il potenziale di superare gli attuali limiti di efficienza e che sono basati su materiali innovativi. Le ultime tecnologie combinano le migliori caratteristiche della prima e seconda generazione di celle: promettono cioè un'alta efficienza, sono realizzate con materiali diversi dal silicio, come ad esempio polimeri organici, cristalli di perovskite, nanotubi e coloranti, e utilizzano processi e tecnologie per la realizzazione a basso costo, spesso ricavati dalle tecnologie tipiche della stampa. Idealmente scelte di questo tipo dovrebbero rendere queste celle meno costose e più facili da realizzare rispetto alla prima e seconda generazione. L'obiettivo è chiaramente migliorare le celle solari attualmente in commercio rendendole più efficienti e rendendo l'energia solare meno costosa in modo che possa essere utilizzata più facilmente e da più persone.



*Figura 18: Celle solari di terza generazione realizzate con materiali organici, trasparenti, colorate e su substrati in plastica o vetro.*

Una nuova classe di celle solari attualmente molto studiate sono le celle solari a base di perovskite, che mostrano un grande potenziale di efficienza, di oltre il 20% per dispositivi non stabilizzati e di area molto piccola (2). Altri dispositivi interessanti sono le celle polimeriche, che offrono molti vantaggi, come una produzione su larga scala semplice, veloce ed economica e l'utilizzo di materiali che sono poco costosi. Tuttavia le performance e la stabilità di queste nuove celle solari sono ancora limitate se confrontate con la prima generazione: la maggior parte del lavoro e dello sviluppo di questi dispositivi è quindi realizzato nei laboratori e non è ancora disponibile sul mercato.

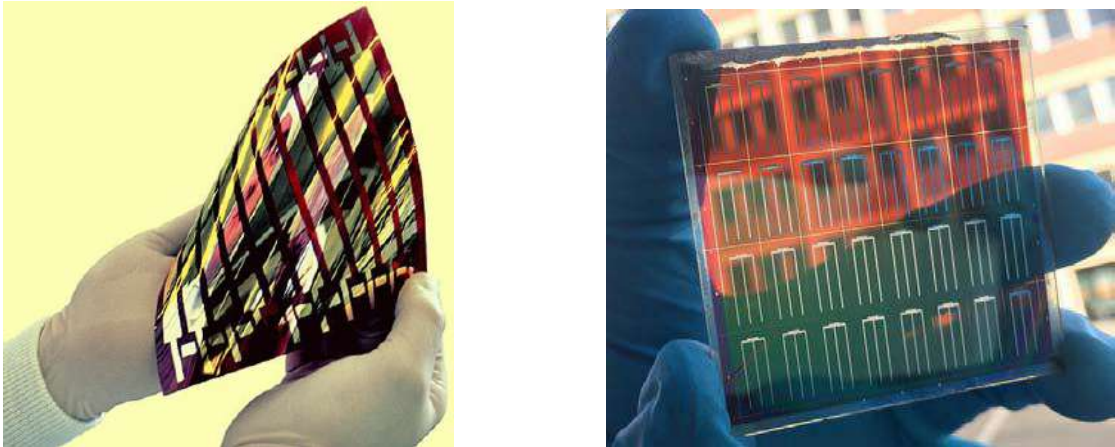
A questa categoria di celle appartengono anche le celle a multigiunzione (realizzate con diversi strati o diversi materiali semiconduttori), molto costose ma ad alte prestazioni (sono attualmente le celle con la maggior efficienza assoluta). Queste tuttavia hanno solo poche possibilità di applicazioni commerciali, in quanto hanno un costo di produzione elevatissimo, e sono quindi limitate a pochi utilizzi particolari.

## 2.7 Celle solari organiche

Negli ultimi anni c'è stato un grande interesse nella ricerca di celle solari fotovoltaiche realizzate con materiali più economici ma allo stesso tempo con buone prestazioni, appartenenti alla cosiddetta terza generazione. Tra queste rientrano anche le recenti celle fotovoltaiche organiche, ovvero tutti quei dispositivi la cui parte fotoattiva è basata (almeno in parte) su composti organici del carbonio. Nella realizzazione di questo tipo di celle fotovoltaiche risulta primaria la ricerca di materiali a basso costo, facilmente reperibili ed a basso impatto ambientale (sia nella produzione che nello smaltimento), tutte caratteristiche condivise dalle ultime celle solari sviluppate, di tipo organico o ibrido (organico-inorganico). La struttura e il funzionamento di questi dispositivi sono simili ma non uguali a quelli delle tradizionali celle al silicio: i materiali utilizzati (organici o ibridi) vengono tipicamente interposti tra due elettrodi conduttivi, uno dei quali almeno è in grado di far penetrare la luce dall'esterno garantendo un certo grado di trasparenza. Lo strato fotoattivo della cella, tipicamente molto sottile, assorbe la luce incidente e genera carica libera, che viene successivamente estratta dagli elettrodi. Il tutto è realizzato su un substrato tipicamente in vetro o plastica flessibile. A seconda del tipo di cella e dei materiali utilizzati cambia il tipo di assorbimento della luce e la separazione delle cariche nella cella. La gamma di celle solari organiche è ormai molto ampia e si ritrova in diversi stadi di ricerca e maturazione tecnologica. Questa categoria di dispositivi comprende: le celle organiche o polimeriche (bulk-heterojunction, la cui parte attiva è totalmente organica o polimerica), le celle sensibilizzate a colorante (DSSC, la cui regione attiva è costituita da un pigmento, da ossido di titanio e da un elettrolita), le celle ibride organiche/inorganiche (in particolare le celle solari a base di perovskite, PSC). Le tipologie più importanti di questo tipo di celle saranno descritte brevemente in questo e nel prossimo capitolo.

Tutti questi dispositivi sono molto interessanti, non solo per l'utilizzo di materiali organici, ma anche in quanto le tecniche di fabbricazione sono più semplici da attuare e con costi di produzione molto ridotti. Infatti, il grande vantaggio dei materiali organici o ibridi risiede nel fatto che questi possono essere depositati su larghe aree e a costi molto ridotti, spesso direttamente in soluzione liquida, come veri e propri inchiostri o paste. È possibile quindi usare metodi tipici dell'industria della

stampa e applicarli nel campo del solare organico, eliminando così gli alti costi di materiale e di processo tipici dell'industria a semiconduttore, in cui la purezza e le alte temperature richieste per la liquefazione, cristallizzazione e drogaggio dei materiali inorganici provocano un enorme dispendio energetico ed economico, oltre a causare inquinamento e scarichi nocivi per l'ambiente.



*Figura 19: Esempio di celle solari organiche su substrato in plastica flessibile o vetro. Si può notare la trasparenza e la particolare colorazione dei dispositivi.*

I materiali organici o ibridi, invece, una volta depositati assumono la forma di vere e proprie pellicole, che sono fino ad oltre mille volte più sottili dei wafer in silicio. I materiali sono anche compatibili con film o rotoli di plastica e depositabili su substrati trasparenti flessibili con sensibili vantaggi nei costi, nel trasporto, nel risparmio di materiale e nella facilità d'installazione. I processi di fabbricazione da impiegare sono facilmente estensibili alla produzione di pannelli su larghe aree e su substrati flessibili o film di plastica. In futuro, attraverso anche lo sviluppo di tecniche di incapsulamento efficaci per substrati flessibili, ciò può aprire una vasta serie di nuove possibilità di integrazione, di applicazioni e di mercati: un semplice esempio può essere la possibilità di rivestire, con delle pellicole fotovoltaiche, una gran varietà di superfici (non necessariamente piane) rendendole produttrici di energia al contatto con la luce.

Si prevede che lo sviluppo dei vantaggi esposti e i miglioramenti in efficienza e tempi di vita possano portare nel prossimo futuro il costo del fotovoltaico dai circa 6-

12€/Wp dei pannelli in silicio odierni a circa 2€/Wp o meno, rendendo finalmente competitivo il fotovoltaico con le fonti di energia odierne e aprendo un vasto numero di possibilità e applicazioni.

## 2.8 Celle solari polimeriche

Le celle solari polimeriche (Figura 20) possiedono la classica struttura a “pila” o “sandwich”, dove la zona attiva di materiale organico è composto dalla mescolanza (*blend*) di due polimeri (uno di tipo accettore e uno di tipo donatore), alla cui interfaccia, avviene la separazione dei portatori di carica. Questo strato organico è semplicemente compreso tra i due elettrodi di anodo e catodo (uno dei quali semitrasparente). L’evoluzione della chimica organica ha consentito lo sviluppo di una moltitudine di polimeri (tra i più importanti il *P3HT* e il *PCBM*) permettendo di ottenere innumerevoli modifiche alle proprietà ottiche ed elettriche della cella.

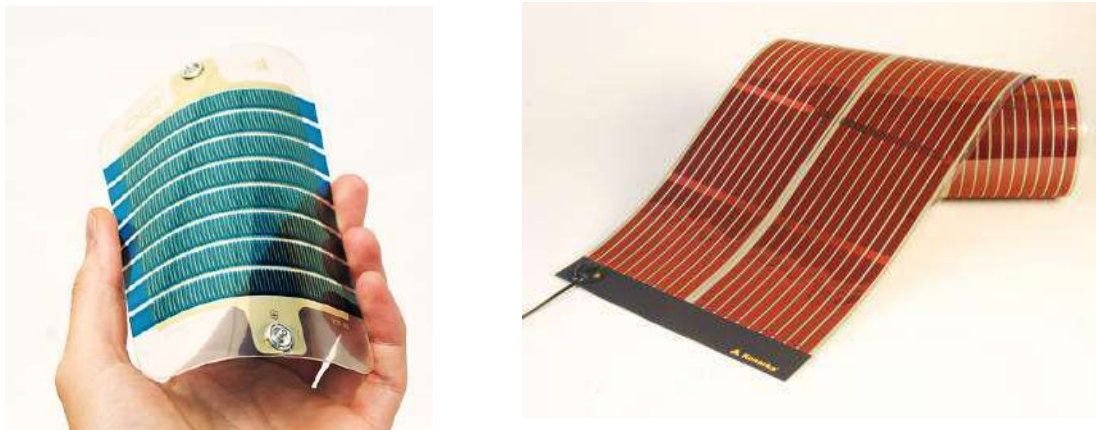
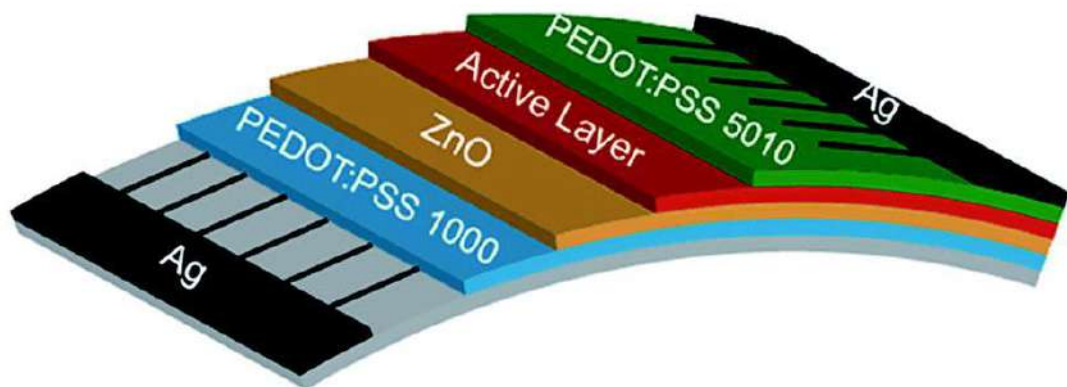


Figura 20: Una cella solare polimerica su substrato flessibile in plastica.

Una cella singola ha tipicamente una forma quadrata o rettangolare ed il suo incapsulamento è realizzato in vetro o plastica (a seconda del materiale il dispositivo è quindi rigido o pieghevole). La regione attiva è data dalla mescolanza (*blend*) di materiali polimerici, come ad esempio il *PCBM* e il *P3HT*, ed è spessa qualche centinaio di nanometri, a seconda dei materiali utilizzati. I due polimeri fanno da accettore e donatore per gli elettroni ed allo stesso tempo da strati di trasporto per la

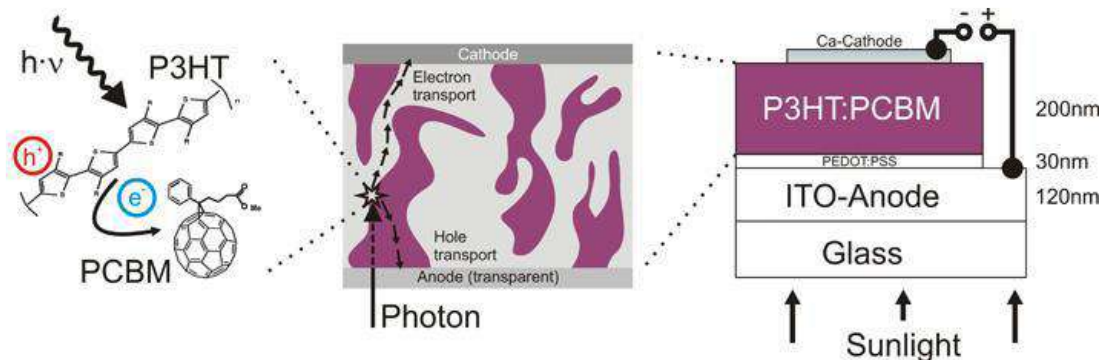
carica libera. La forma dei contatti è tale da ricoprire quasi tutta l'area della *blend*: l'anodo, esposto direttamente alla luce, è composto da una griglia tipicamente in argento, da *PEDOT:PSS* e da ossido di zinco (*ZnO*); analogamente il catodo (sul retro della cella) è composto da un materiale conduttore di lacune, da *PEDOT:PSS* e da una griglia di argento (*Ag*). La tipica struttura di questo tipo di celle è riportata in Figura 21.



*Figura 21: Schema generale di una cella solare polimerica realizzata con PEDOT:PSS, ossido di zinco (ZnO) e contatti in argento.*

Il funzionamento della cella è basato sullo scambio di portatori di carica tra accettore e donatore. Quando la cella polimerica è illuminata vengono fotogenerati degli eccitoni all'interno del blend. L'eccitone è una quasiparticella (ovvero un particolare stato fisico di più particelle interagenti, nello specifico è lo stato legato di un elettrone e una lacuna) che descrive lo stato eccitato di un solido, ovvero il passaggio di quanti di energia attraverso la materia a seguito di una stimolazione. Ogni singolo eccitone è posizionato all'interno di uno o dell'altro polimero: una volta fotogenerato questo si sposta, per diffusione, e per opera del campo elettrico interno alla cella viene separato, dando vita a una coppia di polaroni liberi. Il campo elettrico esercita la propria influenza su elettrone e lacuna, che vengono condotti verso gli elettrodi; la conduzione è ovviamente più efficace se i portatori risiedono nel polimero più adatto a trasportarli. La separazione degli eccitoni, prodotti all'interno della regione attiva è

più efficace se l'area di contatto tra i due polimeri è massimizzata: più quest'area è ampia e più è facile che gli elettroni e le lacune siano separati e correttamente trasportati ai rispettivi elettrodi. Per questo motivo si è incrementata la superficie di contatto tra le due tipologie di materiale rendendola una superficie frattale e ad elevata estensione realizzando la cosiddetta cella bulk-heterojunction, rappresentata in Figura 22.



*Figura 22: Struttura e composizione della regione attiva di una cella polimerica bulk-heterojunction (a base di P3HT e PCBM). Nella rappresentazione è riportato anche il funzionamento del dispositivo, con la separazione delle cariche nel blend.*

Lo strato attivo di questa cella consiste in un *blend* dei due materiali con dimensioni confrontabili con la lunghezza di diffusione dell'eccitone; in tal modo, dovunque sia fotogenerato l'eccitone, questo trova un'interfaccia capace di dissociarlo. Inoltre, se esiste un cammino continuo capace di trasportare la carica al rispettivo contatto, allora si otterrà una corrente. In questo modo, massimizzando l'estensione della superficie tra donatore e accettore è possibile incrementare la formazione di coppie elettrone/lacuna aumentando in maniera significativa l'efficienza della cella.

Con queste celle solari organiche oggi è possibile raggiungere un'efficienza di conversione pari a circa l'11.5%. ed una vita operativa di oltre cinque anni (2). Attualmente la vita di queste celle solari polimeriche è troppo breve per la completa commercializzazione, anche se vi sono già alcune interessanti applicazioni possibili. A lungo termine infatti questi dispositivi, basati su una miscela di semiconduttori organici, si deterioravano molto facilmente. Ciò avviene perché, a causa della forte sensibilità dei materiali organici ad acqua e ossigeno, nella miscela i composti tendono a separarsi in diverse fasi e, di conseguenza, si riduce l'efficienza di

conversione dei dispositivi. Per aumentarne l'efficienza e specialmente il tempo di vita, rendendole quindi appetibili per applicazioni in cui la durata è importante, sono in atto grossi sforzi di ricerca e sviluppo, comprese nuove tecniche raffinate di incapsulamento del dispositivo e strategie quali l'introduzione di nano-cristalli inorganici nella matrice polimerica.

## 2.9 Celle sensibilizzate a colorante

Il primo passo verso un nuovo tipo di celle, di tipo elettrochimico, introdurre nella struttura della cella solare un innovativo elemento sensibile per assorbire i fotoni e quindi generare coppie elettrone-lacuna: le prime celle fotovoltaiche di questo tipo sono state chiamate *DSC* o *DSSC* (*Dye-Sensitised Solar Cells*), ovvero celle solari sensibilizzate a colorante. Le *DSSC* furono inventate da Michael Gratzel nel 1991, e sono celle foto-elettrochimiche ibride che imitano il processo di fotosintesi clorofilliana delle piante: in questo tipo di dispositivi infatti il materiale fotosensibile è costituito da un colorante (*dye*) naturale o artificiale. La miscela utilizzata nella regione attiva, in cui un pigmento assorbe la radiazione solare e gli altri componenti estraggono la carica per produrre elettricità, è ancorata ad un semiconduttore (tipicamente biossido di titanio mesoporoso – *m-TiO<sub>2</sub>*) ed immerso in un elettrolita contenente una coppia redox (tipicamente *ioduro/tri-ioduro, I<sup>-</sup>/I<sub>3</sub><sup>-</sup>*). Lo strato di semiconduttore poroso è necessario per permettere al colorante di occupare una maggiore superficie e quindi rendere più efficiente il processo di assorbimento: per assorbire una gran parte della luce incidente la regione porosa di queste celle deve avere uno spessore superiore a  $10\mu\text{m}$ . La gamma di pigmenti che possono essere impiegati per realizzare la regione fotosensibile include quelli a base vegetale, come le antocianine, i polimeri e le molecole sintetizzate in modo da massimizzare l'assorbimento dello spettro solare.

Queste celle sono caratterizzate da una struttura stratificata con agli estremi gli elettrodi (di cui uno necessariamente trasparente) che oltre a permettere l'estrazione delle cariche generate realizzano il supporto fisico del dispositivo. Il catodo è quindi tipicamente in vetro o plastica e ha sulla superficie interna un sottile strato di materiale conduttivo, detto *TCO* (*Transparent Conducting Oxide*) che raccoglie le

cariche generate dal colorante e le trasferisce all'elettrodo. Allo stesso modo l'anodo (sempre in vetro o plastica), ha sulla superficie interna un materiale catalizzatore che ha lo scopo di accelerare la reazione di ossidoriduzione e quindi rendere il processo di trasferimento di carica più veloce ed efficiente: questo, insieme all'elettrodo posteriore, completa il circuito della cella.

In Figura 23 è riportato uno schema della struttura di una cella *DSSC*. Contrariamente a ciò che generalmente avviene nelle celle tradizionali, in cui tutti i semiconduttori che formano la hanno il compito di assorbire la radiazione luminosa e di provvedere al trasporto della carica generata ai rispettivi elettrodi, in questo tipo di celle le due funzioni sono separate. L'assorbimento della radiazione luminosa è infatti affidato al colorante, mentre il semiconduttore si occupa del trasporto della carica.

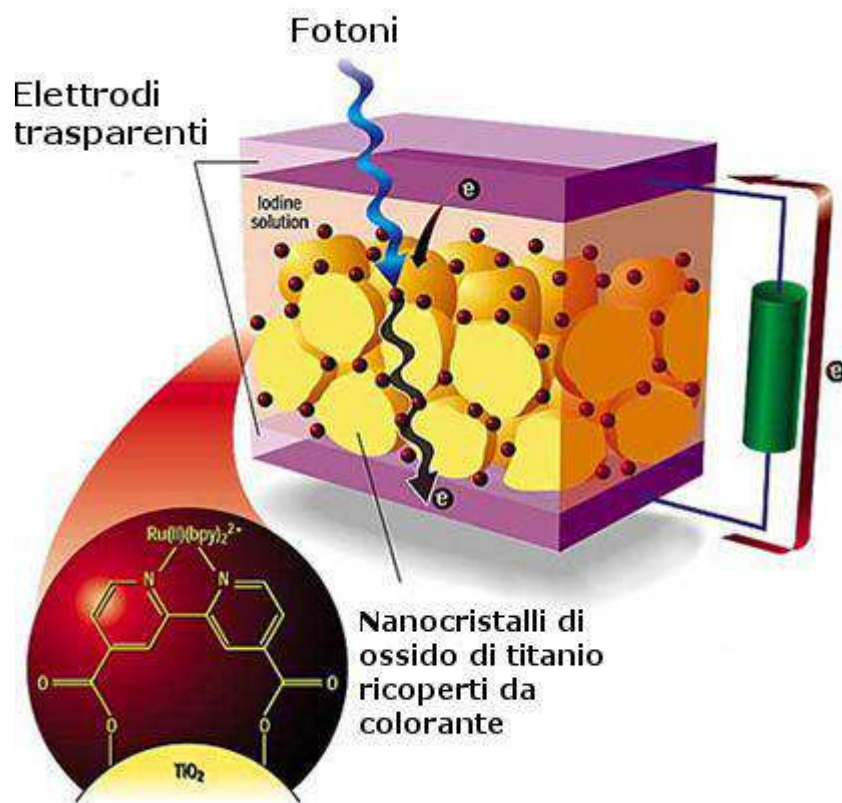


Figura 23: Struttura e principio di funzionamento di una DSSC (cella solare sensibilizzata a colorante) con ossido di titanio mesoporoso.

Un grande vantaggio di queste celle è che le loro prestazioni non dipendono dall'angolo della luce incidente, in quanto questi dispositivi assorbono molto bene anche la luce diffusa. Inoltre, possono essere realizzati su substrati semi-trasparenti e di vari colori, e sono quindi facilmente integrabili come elementi architettonici.

Le celle sensibilizzate a colorante più efficienti risultano essere quelle in cui il pigmento è stato sintetizzato attraverso i processi della chimica organica, con lo scopo di aumentarne il più possibile la fotostabilità e l'assorbimento totale dello spettro solare. L'efficienza di queste celle, partendo da valori estremamente bassi, ha raggiunto in poco tempo valori attorno al 10-14% (2) e tempi di vita di vari anni, consentendo a questi dispositivi di emergere tra le ultime tecnologie, ma i problemi relativi all'affidabilità e alla stabilità, e la recente scoperta delle celle solari a base di perovskite, ne hanno attualmente limitato la diffusione (7).

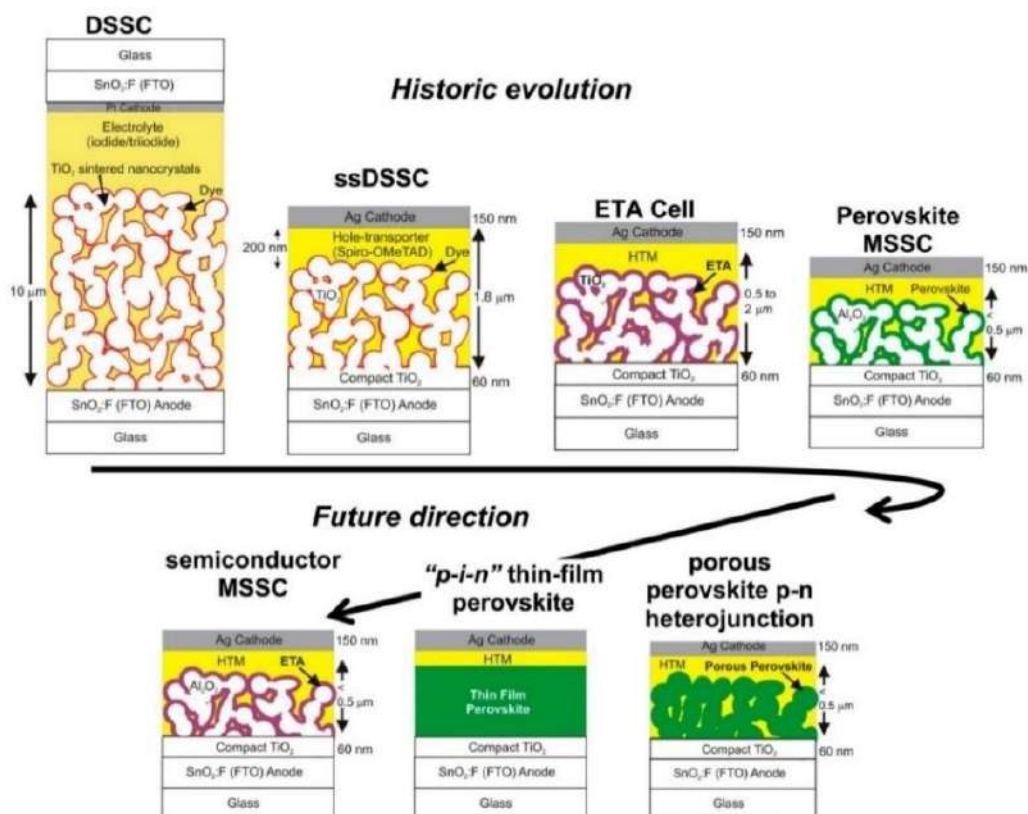


Figura 24: Evoluzione della tecnologia delle celle fotovoltaiche, dalle DSSC alle PSC e possibili sviluppi futuri (7).

Durante gli ultimi anni infatti un largo numero di differenti coloranti sono stati testati come elemento sensibile, ma la ricerca di una maggiore efficienza e stabilità ha portato allo sviluppo di celle a stato solido (*Solid State DSSC*), per motivi strutturali composte da una regione porosa spessa meno di  $2\mu\text{m}$ . Di conseguenza, l'interesse si è via via spostato nella ricerca di assorbitori più efficienti rispetto ai coloranti convenzionali, fino ad arrivare alla realizzazione delle celle solari a base di perovskite (*PSC = Perovskite Solar Cells*), che si sono affermate subito come naturale sviluppo di delle DSC, ma con migliori proprietà e maggiori potenzialità di sviluppo. Numerose ricerche hanno infatti evidenziato che, scegliendo i giusti componenti per le molecole che compongono la perovskite, era possibile creare un dispositivo stabile con una sorprendente capacità di convertire la luce in corrente elettrica. Di questo tipo di celle parleremo dettagliatamente nel prossimo paragrafo 2.10.

L'evoluzione dalle celle sensibilizzate a colorante alle celle solari a base di perovskite e possibili sviluppi futuri sono mostrati in Figura 24.

## **2.10 Celle solari a base di perovskite**

Nel corso di questi ultimi anni è stato sperimentato l'uso delle perovskiti nelle celle solari e nel 2006 è stato realizzato il primo dispositivo a base di perovskite ibrida organica-inorganica. Le PSC hanno ottenuto un grande interesse negli ultimi anni grazie ad una rapida crescita nell'efficienza di questi dispositivi: quest'ultima è infatti aumentata da un iniziale 2.2% fino ad oltre il 20% in pochi anni, un tasso di crescita senza precedenti nel campo fotovoltaico e non paragonabile con altri dispositivi. Il loro rapido sviluppo e miglioramento ha fatto in modo che diventassero, in breve tempo, di grande interesse per la comunità scientifica ed accademica, grazie anche alle numerose proprietà della perovskite e alla flessibilità data da questo materiale.

La struttura generale della perovskite è riportata in Figura 25: qui il catione *A* è tipicamente uno ione di metil-ammonio ( $MA = CH_3NH_3$ ), il catione *B* è Piombo (*Pb*) e l'anione *X* è uno ione alogeno (nella maggior parte dei casi I, ma anche Cl e Br

sono di grande interesse). Per le applicazioni fotovoltaiche i composti più utilizzati sono  $CH_3NH_3PbI_3$  o  $CH_3NH_3PbI_{3-x}Cl_x$

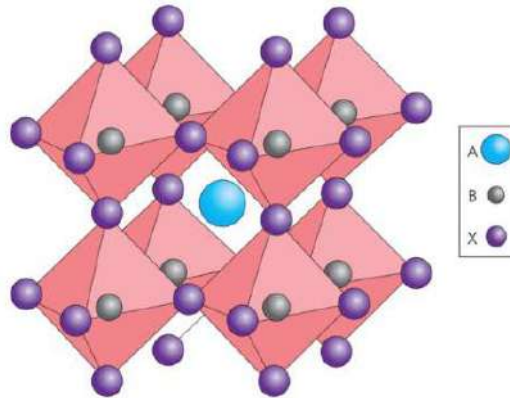


Figura 25: Struttura cubica di un generico cristallo di perovskite

Il grafico di Figura 26 mette a confronto l'efficienza di un gruppo ristretto di tecnologie, appartenenti alla terza generazione di celle solari, fino al 2014: la curva viola mostra l'andamento dell'efficienza delle PSC, che ha superato in breve tempo non solo le tecnologie più affermate (come ad esempio le celle in silicio amorfo) ma pure le più emergenti celle solari organiche (OPV).

Nonostante si possa sicuramente riconoscere che negli ultimi anni sono migliorate le strumentazioni e le risorse per la ricerca sui dispositivi fotovoltaici, il tasso di crescita dell'efficienza di queste celle è molto considerevole: ciò suggerisce che, con una continua ricerca e sviluppo, le PSC potrebbero continuare a migliorare nei prossimi anni e diventare competitive con le nuove tecnologie e con quelle più affermate.

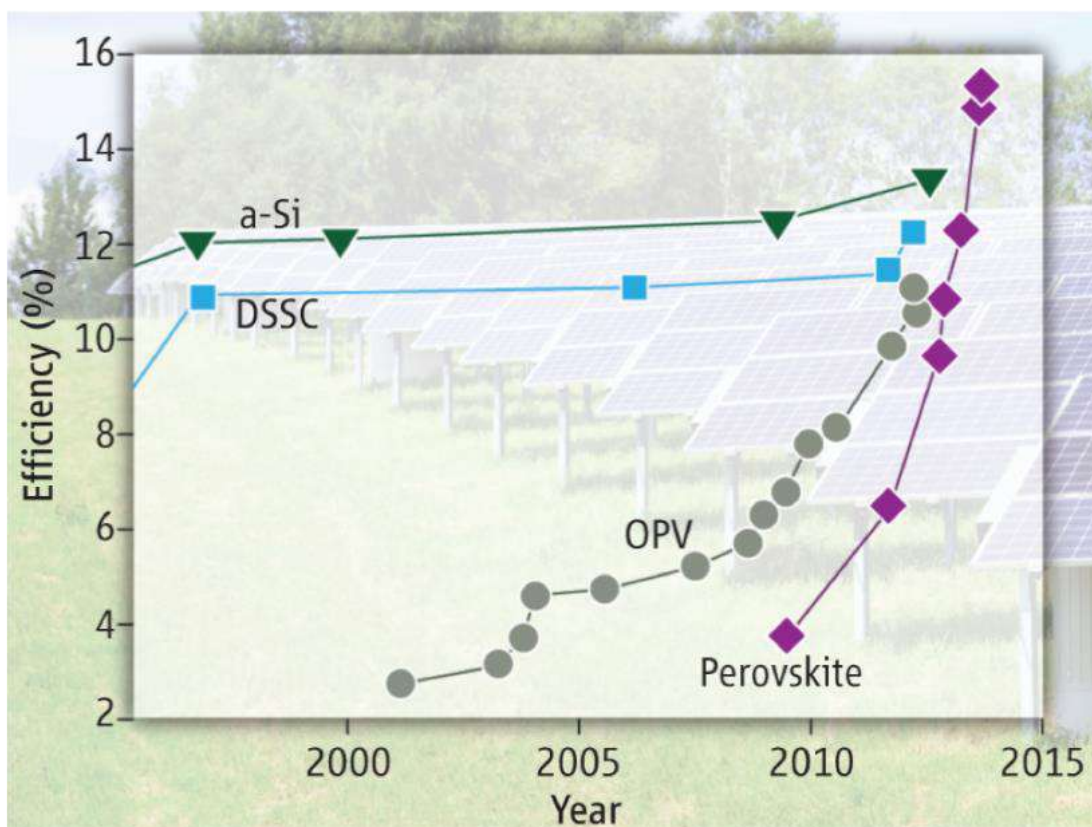
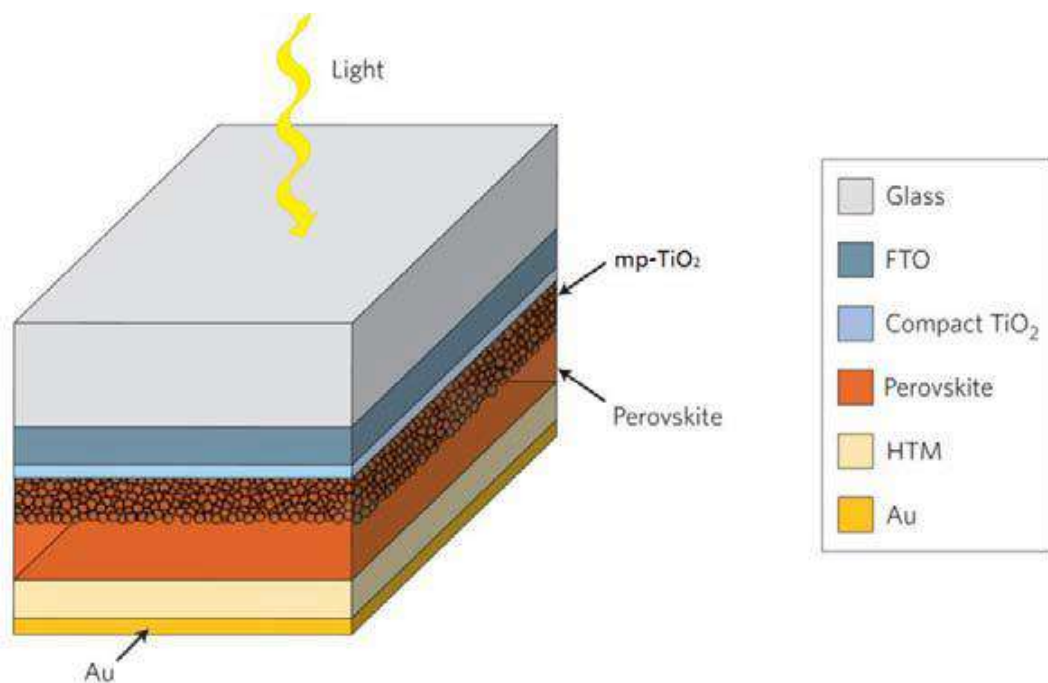


Figura 26: Progresso nell'efficienza delle celle di seconda e terza generazione in funzione del tempo a confronto tra loro. a-Si indica le celle in silicio amorfo, DSSC le celle sensibilizzate a colorante mentre OPV indica le più recenti celle polimeriche.

### 2.10.1 Struttura e fabbricazione

La composizione generale di una cella PSC è riportata in Figura 27: la struttura è riconducibile in prima approssimazione a quella delle recenti DSSC o a quella delle celle a film sottile, a seconda della configurazione. Gli elettrodi presenti alle estremità, oltre a permettere l'estrazione delle cariche generate, fanno da supporto fisico: l'elettrodo trasparente (catodo) è solitamente realizzato in vetro o plastica ed ha sulla superficie interna un sottile strato di TCO (*Transparent Conducting Oxide*), anch'esso trasparente. Poiché la presenza del TCO va a diminuire la trasparenza del vetro, su questo tipo di celle si cerca un compromesso tra trasparenza, spessore e resistenza di contatto: un ossido conduttore molto spesso ha infatti una resistenza minore, ma riduce la radiazione che effettivamente riesce a raggiungere la regione attiva della cella, e viceversa. Tipicamente questo strato è realizzato con ITO (Indium Tin Oxide) o FTO (Fluorine Tin Oxide). Sulla superficie del TCO è

tipicamente depositato uno strato di ossido di titanio compatto ( $c\text{-TiO}_2$ ), che realizza lo strato di ETL (Electron Transport Layer) del dispositivo: questo ha il compito di raccogliere le cariche generate nella regione fotoattiva e trasferirle in modo efficiente all'elettrodo (il TCO). Dopo lo strato compatto ci può essere un sottile strato mesoporoso di  $\text{TiO}_2$  ( $m\text{-TiO}_2$ ) su cui è ancorata la perovskite: questa rappresenta la parte fotosensibile della cella (sostituisce quindi la funzione del colorante nelle DSSC) e realizza la conversione della radiazione luminosa in coppie di portatori. Un ultimo strato di materiale, tipicamente un composto detto SpiroOMeTAD (2,2',7,7'-tetrakis-(N,N-di-p-methoxyphenylamine)-9,9(spirobifluorene)) fa da HTL (Hole Transport Layer) per il dispositivo, prima dell'elettrodo posteriore (anodo), tipicamente in oro o argento. Entrambi gli elettrodi sono infine pressati assieme e la cella viene sigillata, in modo che non abbia perdite e venga contaminata il meno possibile dagli agenti esterni (l'umidità in particolare).



*Figura 27: Struttura generale di una cella solare a base di perovskite. Nella legenda sono riportati i vari strati con cui è composta, in particolare dall'alto: substrato in vetro ricoperto di FTO, strato compatto di  $\text{TiO}_2$  e strato mesoporoso di  $\text{TiO}_2$  su cui è ancorata ed infiltrata la perovskite, HTM e anodo in oro (8).*

È molto importante per realizzare un dispositivo funzionante che i due strati di interfaccia selettivi, rispettivamente per elettroni e lacune siano ottimizzati. Vi è un vasto numero di possibili materiali di interfaccia che si possono utilizzare e le possibilità sono molto varie: la comprensione e l'ottimizzazione dei livelli di energia e delle interazioni tra i diversi materiali offre ancora oggi un'area di ricerca molto interessante per migliorare questo tipo di celle. Una rappresentazione dei vari livelli di energia è riportata in Figura 28.

Ultimamente tuttavia sono state sviluppate delle celle solari a base di perovskite ad eterogiunzione planare e non distribuita, come quella appena descritta. In queste celle lo strato mesoporoso di  $TiO_2$  può essere rimosso, mentre lo strato solido di perovskite è spesso solo poche centinaia di nanometri ed inserito direttamente tra i due elementi selettivi di lacune ed elettroni. L'interfaccia tra le regioni piane (analoghe a quelle che si ritrovano nelle comuni celle p-i-n a film sottile) ha un certo livello di rugosità.

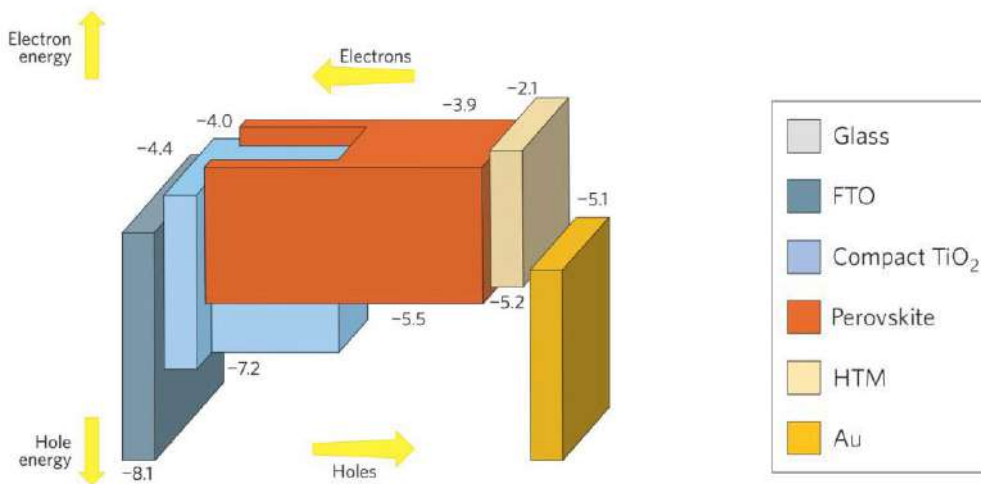


Figura 28: Schema generale e livelli di energia dal vuoto (in eV) di una cella solare organica-inorganica a base di perovskite (di tipo  $CH_3NH_3PbI_3$ ) con ossido di titanio compatto e mesoporoso (8).

La caratteristica principale di queste eterogiunzioni planari a base di perovskite è l'abilità di generare carica libera sotto illuminazione ed allo stesso tempo sostenere il trasporto sia di elettroni che di lacune nello strato solido di perovskite. Molti

ricercatori nella comunità del fotovoltaico organico stanno per questo motivo rimpiazzando lo strato fotoattivo delle celle solari con un film sottile di perovskite, ottenendo così questo tipo di eterogiunzione planare. Queste semplici strutture sono applicabili ad un numero molto ampio di approcci per la realizzazione: la stessa deposizione tramite evaporazione o da soluzione può essere applicata alle PSC e quindi gli assorbitori a base di perovskite possono essere considerati come alternative alle celle solari in *Cd-Te* o *CIGS*.

Le migliori strutture a base di perovskite sono depositate sotto vuoto per dare migliori qualità ed una maggiore uniformità: questo processo richiede però la co-evaporazione della componente organica in contemporanea a quella dei componenti inorganici ed è inevitabilmente più costoso. L'accurata co-evaporazione di questi materiali per formare la perovskite richiede infatti camere di evaporazione specializzate che non sono disponibili a molti ricercatori. Ciò può anche causare i problemi pratici di calibrazione e la contaminazione incrociata tra le fonti organiche e non organiche, molto difficile da eliminare a posteriori. Inoltre, anche se i processi per la produzione basati sul vuoto sono facili da adattare a celle di maggiori dimensioni, il costo di produzione e dell'attrezzatura necessaria per questo tipo di processo diventa molto alto.

Le celle basate su una deposizione da soluzione hanno ovviamente un minor costo di produzione: per questo motivo la maggior parte delle celle solari a base di perovskite sono dispositivi di questo tipo, dove la perovskite è depositata tramite *spin-coating* sulla cella. Lo sviluppo di percorsi di deposizione da soluzione a bassa temperatura offre un metodo molto semplice per realizzare le PSC. Sebbene le celle solari a base di perovskite siano originariamente emerse dalla ricerca sulle DSSC, il fatto che non richiedano necessariamente un ossido mesoporoso nella struttura, rende queste celle molto simili nell'architettura alle celle a film sottile. Ad oggi è stato sviluppato un sistema per depositare la perovskite come materiale solido, usando la deposizione ad evaporazione fisica. Ciò significa che il costo per la realizzazione della struttura delle PSC potrebbe essere simile a quella delle attuali tecnologie a film sottile, come le celle a Tellurio Cadmio (*CdTe*).

Il problema principale per la fabbricazione pratica di dispositivi a base di perovskite è quello della qualità e dello spessore dei film. Lo strato attivo di perovskite che assorbe la luce deve essere spesso alcune centinaia di nanometri in più che per il fotovoltaico organico standard. A meno che le condizioni di deposizione e la temperatura di *annealing* non siano ottimizzati, si formano superfici ruvide con copertura incompleta ed una notevole rugosità della superficie: di conseguenza sono spesso necessari degli strati di interfaccia tra i diversi composti utilizzati per la realizzazione delle PSC.

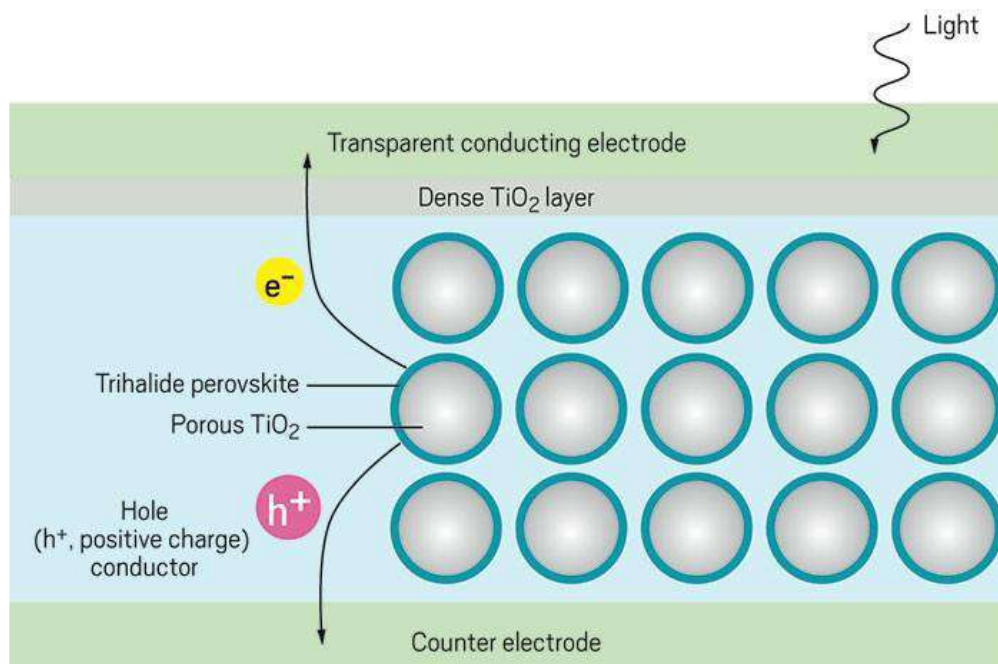
### **2.10.2 Principio di funzionamento**

Una comprensione dei processi e principi di funzionamento è necessario nella descrizione di questo tipo di celle. Ciò è inoltre fondamentale per comprendere meglio la configurazione e struttura complessiva dei dispositivi, le proprietà dei diversi materiali utilizzati e i fenomeni che li caratterizzano.

I nanocristalli di perovskite furono inizialmente impiegati come elementi sensibili ancorati sull'ossido di titanio mesoporoso (*m-TiO<sub>2</sub>*). Il loro funzionamento in questa configurazione è analogo a quello delle celle solari sensibilizzate a colorante. Come le celle DSC da cui hanno origine, si avvantaggiano di una morfologia nanostrutturata che permette la separazione rapida dei portatori fotogenerati nei diversi materiali. In questo caso la luce assorbita dai cristalli di perovskite promuove gli elettroni che sono naturalmente iniettati nella banda di conduzione del *TiO<sub>2</sub> mesoporoso*, e attraverso la quale sono trasportati fuori dalla cella solare. Le lacune rimanenti nel cristallo di perovskite sono quindi trasferite ad un elettrolita attivo di tipo redox o ad un materiale solido trasportatore di lacune (HTM o HTL) ed in seguito trasportate fuori dalla cella solare. La veloce iniezione di carica dall'assorbitore verso i materiali trasportatori di elettroni e lacune (ETL e HTL rispettivamente) impedisce la ricombinazione delle coppie elettrone-lacuna e produce alte lunghezze di diffusione per la raccolta di carica.

Tuttavia l'osservazione di efficienze molto significative anche nelle PSC senza lo strato mesoporoso di *TiO<sub>2</sub>* dimostra che le perovskiti possono lavorare in una configurazione sostanzialmente differente da quella delle DSC. Infatti recenti

risultati hanno evidenziato che elettroni e lacune fotogenerate possono coesistere nel materiale assorbitore e, di conseguenza, la perovskite può sostenere sia la generazione che il trasporto di carica. Questo tipo di celle operano in modo analogo a quanto avviene in una cella solare a film sottile di tipo p-i-n, quindi il meccanismo e la dinamica della generazione di carica sono molto semplici: in seguito all'assorbimento di luce vengono generate spontaneamente cariche libere; queste diffondono quindi attraverso il film e selettivamente vengono trasferite attraverso i rispettivi elettrodi, realizzando così la corrente elettrica che scorre nel circuito esterno.



*Figura 29: Principio di funzionamento delle celle solari a base di perovskite ad eterogiunzione diffusa: la radiazione incidente sulla cella attraversa l'elettrodo trasparente e lo strato di ossido di titanio compatto (c-TiO<sub>2</sub>); vengono generate coppie elettrone/lacuna nella perovskite ancorata all'ossido di titanio mesoporoso (m-TiO<sub>2</sub>) ed in seguito i portatori vengono separati e trasportati agli elettrodi attraverso i rispettivi strati trasportatori (ETL e HTL).*

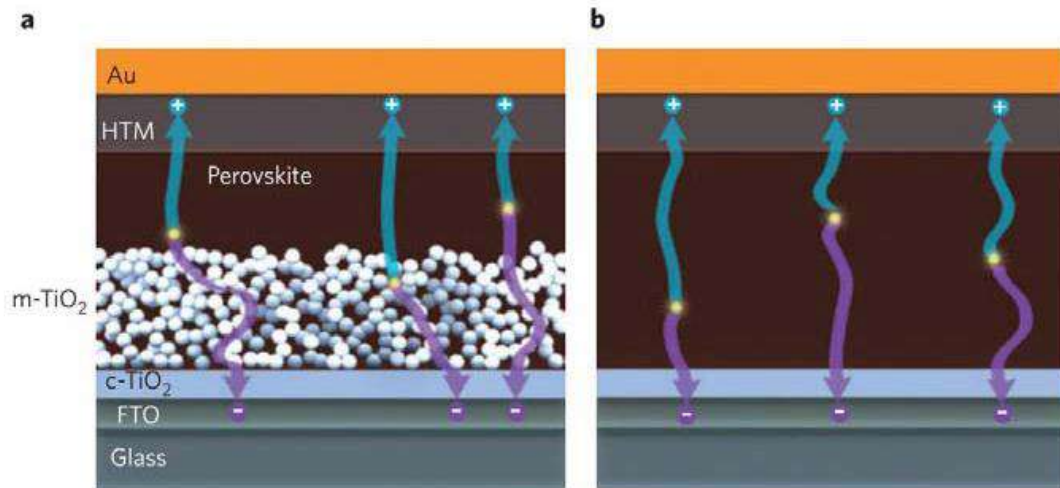


Figura 30: Principio di funzionamento delle celle solari a base di perovskite: illustrazione del processo di generazione di carica in una cella con ossido di titanio mesoporoso (a) e per un dispositivo ad eterogiunzione planare (b).  $m\text{-TiO}_2$  e  $c\text{-TiO}_2$  denotano rispettivamente gli strati di  $\text{TiO}_2$  mesoporoso e compatto, HTM è lo strato trasportatore di lacune e FTO è lo strato di ossido conduttivo trasparente (TCO).

Il processo standard di funzionamento nelle perovskiti include, in seguito alla illuminazione della cella, i seguenti passi (Figura 31):

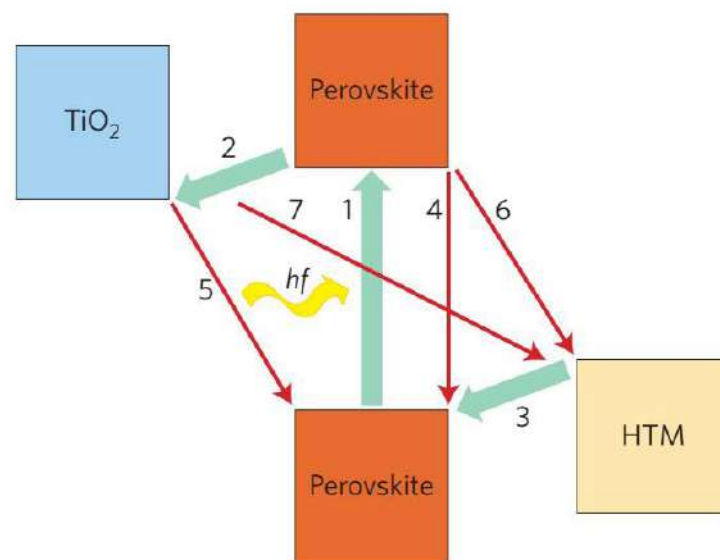
- 1) fotoeccitazione della perovskite, con l'assorbimento di un fotone ed il passaggio di elettroni alla banda di conduzione.
- 2) trasferimento degli elettroni all'ossido di titanio ( $\text{TiO}_2$ );
- 3) trasferimento delle lacune al corrispondente materiale trasportatore (HTM, tipicamente *Spiro-OMeTAD*) o, equivalentemente, il trasferimento degli elettroni dall'HTM alla perovskite.

Vi sono tuttavia anche dei processi indesiderati all'interno del dispositivo, in particolare:

- 4) la ricombinazione delle cariche fotogenerate;
- 5) il passaggio di elettroni all'interfaccia, da  $\text{TiO}_2$  a perovskite;
- 6) il passaggio di elettroni all'interfaccia, da perovskite ad HTM;

7) il trasferimento di elettroni tra  $TiO_2$  e HTM (questo avviene nel caso in cui la perovskite è assente in alcune aree del dispositivo – ad esempio quando sono presenti nanoparticelle o spazi vuoti).

Per avere delle buone prestazioni i processi di ricombinazione o trasferimento di carica indesiderato (processi da 4 a 7) devono operare su tempi molto più lenti di quelli di generazione ed estrazione della carica (passi da 1 a 3).

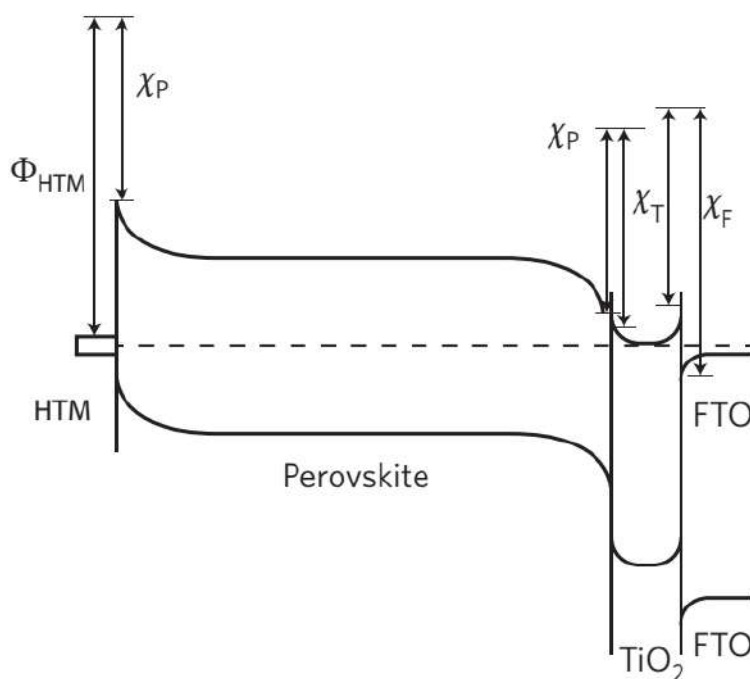


*Figura 31: Schema del processo di trasferimento di elettroni nelle celle solari a base di perovskite con nanoparticelle o ad eterogiunzione. Le larghe frecce verdi indicano i processi desiderabili per la conversione di energia (1 – assorbimento e fotoeccitazione; 2, 3 – trasferimento di elettroni e lacune agli strati di trasporto), le frecce rosse invece indicano i meccanismi associati alle perdite (4 – ricombinazione; 5, 6, 7 – trasferimento di carica indesiderato).  $hf$  indica l'energia di un fotone che incide sulla cella e viene assorbito.*

Il trasferimento di carica può essere compreso ancora meglio costruendo il diagramma a bande all'equilibrio termico del dispositivo (Figura 32), realizzato basandosi sui livelli di energia dal vuoto di Figura 32. All'equilibrio termico si ha un unico livello di Fermi comune lungo tutto il dispositivo. Una prima approssimazione di come le energie dei diversi materiali si allineano quando combinati assieme è

possibile grazie all'uso combinato della regola di Anderson<sup>2</sup> per le eterogiunzioni di semiconduttori, e la relativa regola di Schottky-Mott<sup>3</sup> per le interfacce tra metalli e semiconduttori.

Questa approssimazione ha sicuramente delle limitazioni, ma ha il vantaggio di poter essere applicata universalmente a differenza di approcci più complicati: ciò ci permette di descrivere e comprendere facilmente il funzionamento di questo dispositivo tramite la teoria delle bande.



*Figura 32: Diagramma a bande derivato dai livelli di energia di  $\chi_P$ ,  $\chi_T$  e  $\chi_F$  rappresentano rispettivamente le affinità elettroniche della perovskite, del  $\text{TiO}_2$  e dello strato di FTO, e  $\Phi_{\text{HTM}}$  rappresenta la funzione lavoro dello strato di HTM. La linea tratteggiata lungo tutto il diagramma rappresenta invece il livello di Fermi.*

2 A Secondo la regola di Anderson quando si costruisce un diagramma a bande i livelli del vuoto dei due semiconduttori che compongono l'eterogiunzione devono essere allineati (ovvero essere alla stessa energia).

3 La regola di Schottky-Mott prevede l'altezza della barriera che si forma alla giunzione tra un metallo e un semiconduttore, basandosi sulla funzione lavoro del metallo ( $\Phi_{\text{metallo}}$ ) e sull'affinità elettronica del semiconduttore ( $\chi_{\text{semicond}}$ ), secondo la formula:  $\Phi_B(n) \approx \Phi_{\text{metallo}} - \chi_{\text{semicond}}$  dove  $\Phi_B(n)$  indica l'altezza della barriera Schottky tra metallo e semiconduttore

In entrambe le regole citate, si assume che il livello di riferimento del vuoto sia continuo attraverso le interfacce tra i materiali; per i semiconduttori ciò significa che l'allineamento relativo della banda di conduzione attraverso le interfacce dipende dalla differenza tra le affinità elettroniche dei due materiali (ovvero la differenza di energia tra il bordo della banda di conduzione ed il livello del vuoto). Per l'interfaccia metallo semiconduttore l'estremità della banda di conduzione starà al di sopra del livello di Fermi del metallo di una quantità di energia uguale alla differenza tra funzione lavoro del metallo e l'affinità elettronica del semiconduttore (secondo la regola di Schottky-Mott riportata nella nota a piè di pagina). Applicando queste due regole e pensando all'HTM come metallo si realizza il diagramma a bande mostrato in Figura 32, considerando il caso in cui lo strato di perovskite sia abbastanza spesso. Le grandi variazioni di potenziali lungo lo strato di perovskite sono dovute alla bassa funzione lavoro dello strato compatto di ossido di titanio (*c-TiO2*) in confronto allo strato di HTM. Questo porta alla raccolta di lacune vicino all'HTM e di elettroni vicino all'ETM. L'inclinazione delle bande nel diagramma definisce l'entità del campo elettrico locale all'interno della cella, che risulta molto forte vicino alle interfacce della perovskite con HTM e ETM. Per dispositivi spessi, queste regioni di alto campo elettrico possono essere indipendenti tra loro, mentre per celle con uno strato perovskite più sottile tendono a creare un campo uniforme lungo tutto il dispositivo. Per le celle ad eterogiunzione planare la richiesta critica per un funzionamento efficiente è che le lunghezze di diffusione di elettroni e lacune (ovvero la distanza media che le cariche possono percorrere prima di ricombinare con una carica del tipo opposto) devono essere più alte dello spessore del film richiesto, per poter garantire un completo assorbimento della radiazione solare. È stato osservato che per questo tipo di celle la lunghezza di diffusione ha tipicamente valori attorno al micrometro (sia per elettroni che lacune) nel caso di film di MAPbIX o MAPbI<sub>3-x</sub>Cl<sub>x</sub> processati a partire da una soluzione. Valori tipici per questi dispositivi si aggirano attorno ad 1-2 $\mu$ m, con una profondità di assorbimento<sup>4</sup> di circa 400nm per una lunghezza d'onda  $\lambda = 700nm$ , questo valore di lunghezza di diffusione è adatto per un funzionamento efficiente nella configurazione a eterogiunzione planare.

---

<sup>4</sup> Si definisce *profondità di assorbimento* la profondità dalla superficie del materiale in cui si ha una attenuazione del 10% dell'intensità della radiazione incidente.

La grande lunghezza di diffusione deriva da un alto tempo di vita degli elettroni-lacune, tipicamente compreso nel range  $300ns-2\mu s$ .

Il tempo di vita dei portatori nella perovskite è anche fortemente dipendente dalla natura del film policristallino e dalla densità di difetti o di trappole presenti al suo interno. Nei film sottili di perovskite policristallina, realizzati utilizzando i più comuni metodi di produzione, vi è una densità di trappole pari a circa  $10^{16}cm^{-3}$ . Anche se questo valore non è molto elevato, gli stati di trappola influenzano significativamente le dinamiche di ricombinazione, le tensioni e l'efficienza dei dispositivi. Attualmente la ricerca su questo tipo di dispositivi si sta orientando anche verso il miglioramento dei materiali, per trovare dei metodi per prevenire la formazione di queste trappole, ad esempio riempiendole tramite doping selettivo o passivando chimicamente i materiali.

### **2.10.3 Caratteristiche**

La perovskite ha un determinato numero di proprietà uniche che lo rendono un materiale ideale per la realizzazione di celle solari e che offrono molti vantaggi. Innanzitutto i materiali utilizzati nelle PSC sono economici e i dispositivi sono relativamente semplici da realizzare: i film sottili di perovskite possono infatti essere depositati da una soluzione acquosa, rendendo il processo molto economico. Come già detto, la perovskite ha delle proprietà intrinseche molto interessanti: è caratterizzata infatti da una veloce separazione delle cariche, da una alta lunghezza di diffusione di elettroni e lacune; ha inoltre uno spettro della radiazione assorbita molto largo e che aumenta con la temperatura, il che la rende ideale per un utilizzo all'aperto. Una volta che la luce è assorbita e genera portatori nel materiale, solo pochi di questi sono persi, grazie ad un meccanismo di ricombinazione molto lento all'interno del materiale. Questo fenomeno ha la conseguenza di incrementare sia la corrente che la tensione estraibile dal dispositivo (parametri molto importanti per ottenere alte efficienze). Grazie a queste proprietà e alla bassa lunghezza di assorbimento di questi composti, si è potuto ridurre ulteriormente lo spessore della regione porosa a circa  $500nm$ , senza avere perdite nell'assorbimento. Per via dello

spessore raggiunto, questi dispositivi vengono anche chiamati celle solari meso-superstrutturate (MSSC). Un aspetto caratteristico delle celle a base di perovskite è la loro capacità di generare alte tensioni di circuito aperto sotto illuminazione solare. Questa tensione, moltiplicata per la carica dell'elettrone, dà una stima dell'energia massima che può essere estratta da ogni fotone assorbito. La differenza fra essa e l'energia di gap può essere considerata una semplice misura delle perdite fondamentali di energia in una cella solare. In Figura 33 e Figura 34 sono riportati dei grafici in cui è messo in evidenza il rapporto tra la tensione di circuito aperto e l'energy-gap di diverse celle realizzate con le più moderne tecnologie: il primo grafico in particolare indica in modo intuitivo quanta energia viene persa nel processo di conversione da luce a corrente elettrica. Per le celle solari organiche o le DSSC queste perdite sono pari a circa il 50% dell'energia assorbita, per le celle a base di perovskite invece le perdite sono molto minori (circa il 30%). Nonostante le PSC siano molto recenti, si può notare come le perdite fondamentali siano inferiori a quelle di tutti gli altri tipi di fotovoltaico di terza generazione, e superiori solo a quelle delle celle solari a base di *GaAs*, *Si* e *CIGS* (*di-seleniuro di rame indio gallio*). Dal secondo grafico a barre invece si può chiaramente vedere come le PSC sono molto vicine allo stesso livello conversione di energia delle attuali tecnologie predominanti nel settore fotovoltaico (come *Silicio* e *GaAs*), con il potenziale di avere però dei costi di realizzazione molto minori (7). A tutto ciò si aggiunge che le proprietà di questo materiale, come ad esempio il *band-gap* o lo spettro di assorbimento della radiazione solare, possono essere facilmente modificate cambiando gli elementi che compongono la struttura della perovskite (in un modo impossibile da ottenere con la stessa flessibilità nelle celle a base di silicio), potendo in questo modo realizzare delle PSC con determinate caratteristiche se richiesto dall'applicazione.

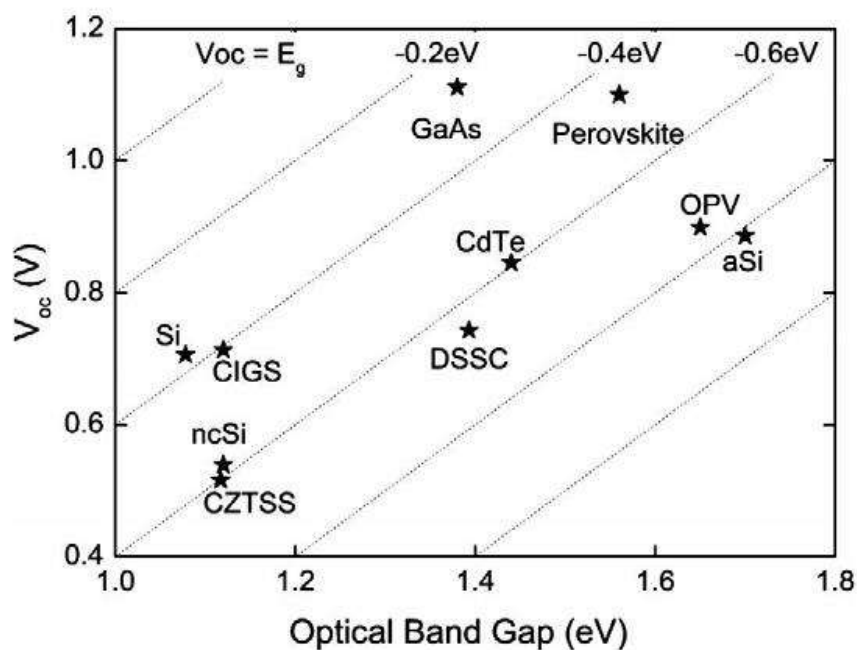


Figura 33: Tensione di circuito aperto ( $V_{oc}$ ) in funzione dell'energy-gap ( $E_g$ ) per le principali tipologie di celle fotovoltaiche. Le linee tratteggiate diagonali rappresentano differenti valori di perdite di energia (7).

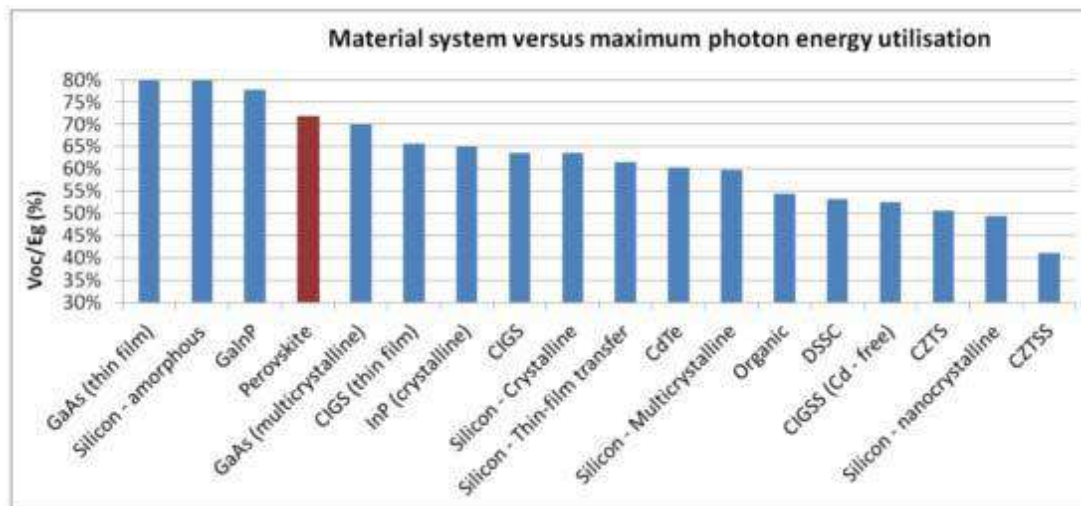


Figura 34: Il massimo utilizzo dell'energia fornita dai fotoni (definita dal rapporto tra la tensione di circuito aperto  $V_{oc}$  e l'energy-gap ottico dei dispositivi  $E_g$ ) per le più comuni celle solari a singola giunzione.

#### 2.10.4 Stabilità

Una questione problematica per le celle solari a base di perovskite è l'aspetto della stabilità a breve e lungo termine. La solubilità in acqua dei costituenti organici rende infatti questi dispositivi molto propensi alla degradazione in ambienti umidi e attualmente non è stata dimostrata nessuna tecnica di incapsulamento che eviti un degrado a lungo termine delle celle a base di perovskite (quando esposte all'aria e agli agenti esterni).

Nelle prime pubblicazioni emerse le PSC dimostravano una stabilità di molte centinaia di ore senza alcun incapsulamento. Tuttavia in quei casi le celle erano conservate al buio e solo misurate occasionalmente. Se queste celle solari vengono invece sottoposte ad una illuminazione solare continua, senza incapsulamento il risultato è che si deteriorano rapidamente; se invece sono incapsulate in un ambiente inerte, la stabilità delle celle è maggiore (9).

Si è visto, ad esempio, che i residui di *PbI2* nei film a base di perovskite hanno un effetto negativo sulla stabilità a lungo termine dei dispositivi (10). Oltre al deterioramento dovuta all'umidità, è stato anche dimostrato che la realizzazione di dispositivi con uno strato mesoporoso di *TiO2* a cui è ancorata la perovskite mostra anche un'instabilità ed una rapida diminuzione della fotocorrente, indotte dall'esposizione di questi materiali alla componente ultravioletta della radiazione solare. La causa della riduzione nelle performance di questi dispositivi è legata all'interazione tra le lacune fotogenerate nell'ossido di titanio e l'ossigeno presente sulla superficie del *TiO2* (9). Questo effetto può essere in parte risolto in parte con la rimozione dello strato mesoporoso di ossido di titanio, come ad esempio nelle celle mesostrutturate (*MSSC*) o nelle celle ad eterogiunzione planare, ma ciò non risolve completamente i problemi di instabilità di queste celle solari, che rimangono molto sensibili agli effetti dell'umidità. Inoltre le celle e i moduli a base di perovskite avranno comunque bisogno di essere incapsulate dagli agenti ambientali esterni, specialmente considerando le richieste tipiche per le celle solari. Per poter continuare a funzionare di fronte ad una prolungata esposizione alla luce solare è infatti richiesta la capacità di sopravvivere a tutte le temperature comprese nel range tra 85°C e -40°C e ad alti valori di umidità.

Ci sono ancora poche pubblicazioni e studi riguardanti la stabilità termica delle celle solari, a causa della facile degradazione a cui vanno incontro i composti a base di  $MAPbX_3$  quando sottoposti ad alte temperature. È ancora difficile capire con precisione il meccanismo della degradazione di tipo termica e causata dall'umidità negli assorbitori a perovskite, e ancora molti studi sono necessari per raggiungere e dimostrare una lunga durata di stabilità termica per una cella solare completa o un modulo. Si pensa che una soluzione per la stabilità a breve termine dei dispositivi risieda nella sostituzione dello strato trasportatore organico con uno strato di ossido metallico (11), ma molti studi devono ancora essere fatti.

### **2.10.5 Fenomeni di isteresi**

Le celle solari a base di perovskite mostrano spesso una anomala isteresi nelle caratteristiche tensione corrente e per questo motivo in alcuni casi sono riportati dei valori di efficienza che possono essere considerati ambigui o poco affidabili (12) (13). L'efficienza delle celle solari è infatti ottenuta realizzando la caratteristica IV sotto illuminazione solare simulata dei dispositivi ed estraendo i parametri fondamentali da questa. In contrasto con altre celle, si è osservato che le curve IV delle celle solari a base di perovskite mostrano un fenomeno di isteresi: a seconda delle condizioni di scansione infatti (come ad esempio la direzione, la velocità, il *bias* di tensione o di luce applicato) c'è una notevole differenza tra la curva IV di tipo *forward* (da *bias* di tensione negativo o nullo, fino a tensioni positive) e la curva IV *reverse* (dalla polarizzazione positiva a quella negativa) (12). Un numero di possibili cause che provocano questo fenomeno sono state proposte, come la presenza di specie ioniche mobili, la particolare polarizzazione applicata, la natura ferroelettrica del materiale utilizzato o il riempimento di stati trappola (14), tuttavia l'esatta origine di questo comportamento deve ancora essere determinata con precisione. Sembra che la principale responsabile di questo fenomeno sia la presenza di specie ioniche. Infatti sotto applicazione di un campo elettrico le specie ioniche negative migrano verso un elettrodo e le positive verso l'altro: questo fa in modo che si stabilisca una carica spaziale positiva vicino ad un elettrodo e negativa vicino all'altro elettrodo provocando i fenomeni di isteresi indicati (15) (16). Per un *bias*

positivo ciò provoca una estrazione della carica favorita ai contatti, ma per un *bias* negativo (o in corto circuito) questo va a creare dei contatti sfavorevoli all'estrazione della carica. Si è anche notato che dispositivi che utilizzano ossido di titanio mesoporoso mostrano un fenomeno di isteresi molto più ridotto: ciò è in accordo con la maggiore superficie di iniezione e di conseguenza la maggiore area di trasferimento disponibile per il passaggio dei portatori.

Determinare il valore dell'efficienza di queste celle dalle caratteristiche IV è accompagnato dal rischio di generare risultati sbagliati o sovradimensionati, se i parametri utilizzati per la misura non permettono alla cella di raggiungere uno stato stazionario. Due possibili soluzioni sono state proposte per ovviare a questo problema: la prima è utilizzare rampe di scansione in tensione molto lente, in modo tale da permettere al sistema di raggiungere uno stato stazionario (ovvero di stabilizzarsi) e quindi di eliminare qualsiasi differenza tra le due caratteristiche in forward e reverse (13). Una seconda soluzione proposta è l'utilizzo del *punto di massima potenza* (o *MPP = Maximum Power Point*) come metro per valutare l'efficienza della cella. Questo valore è ottenuto mantenendo il dispositivo ad una tensione costante vicino al punto di massima potenza (ovvero il punto in cui il prodotto tra la tensione e la fotocorrente raggiunge il massimo valore) e tracciare l'output di potenza finché questo non raggiunge un valore costante. È stato dimostrato che entrambi i metodi portano a valori di efficienza più affidabili e sicuramente più bassi rispetto a quelli ottenuti da IV effettuate con scansioni più rapide. Nell'analisi dei nostri dispositivi è stato utilizzato il primo metodo proposto, ovvero l'utilizzo di rampe di tensione molto lente nella caratterizzazione IV, per permettere alla cella di stabilizzarsi prima di ciascun campionamento della corrente in uscita dal dispositivo. Il secondo metodo è invece in fase di sviluppo nel laboratorio MOSLAB, per permettere una misura alternativa e più rapida di misura dell'efficienza delle PSC, e avere un metodo di confronto aggiuntivo nella verifica dei valori di rendimento delle celle.

L'osservazione del fenomeno di isteresi è stato, nonostante tutto, poco riportato fino ad oggi: solo una piccola parte delle pubblicazioni riconoscono questo comportamento nei dispositivi descritti, e pochi articoli mostrano caratteristiche IV realizzate lentamente e senza fenomeni di isteresi, oppure misure di efficienza

realizzate tramite il tracking del punto di massima potenza. È ormai noto che le efficienze riportate, basate su scansioni IV relativamente rapide, devono essere considerate come “non stabilizzate”. Questa ambiguità nella determinazione delle caratteristiche tensione-corrente, dovute agli effetti di isteresi osservati, ha coinvolto anche le certificazioni effettuate da laboratori accreditati (come *NREL*) che infatti riporta le efficienze record degli ultimi anni classificate come “non stabilizzate” (2).

### 2.10.6 Efficienza di conversione

L'interesse nelle perovskiti alogene organiche-inorganiche risale ad oltre un secolo fa, ma i risultati più significativi sono stati ottenuti solo da recenti studi su di esse, nel campo dei transistor a film sottile e dei *LED (Light Emitting Diodes)*, effettuati da Mitzi ed i suoi collaboratori (17). Già da allora il possibile utilizzo delle perovskiti nelle celle solari fu anticipato, ma a causa della tossicità del piombo utilizzato al loro interno questa possibilità non fu esplorata. Miyasaka e il suo gruppo di ricerca furono apparentemente i primi a riportare dei risultati fotovoltaici per le perovskiti: nel 2006 usarono un misto di materiali organici e inorganici per creare la prima cella solare a base di *CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>PbBr<sub>3</sub>* e con una efficienza pari al 2.2% (18).

Rimpiazzando il bromo con lo iodio gli stessi ricercatori in Giappone riuscirono nel 2009 ad incrementare l'efficienza fino al 3.8% (1), tuttavia questi dispositivi erano ancora instabili. Fu comunque immediatamente chiaro che questo valore poteva essere notevolmente aumentato perfezionando ancora il dispositivo. Applicando un trattamento alla superficie prima della deposizione dell'ossido di titanio (*TiO<sub>2</sub>*) fu realizzata nel 2011 una cella con efficienza del 6.5% (19). Queste prime celle usavano un elettrolita liquido (un materiale organico contenente litio e il corrispondente alogeno) come materiale trasportatore di lacune (HTM) ed erano molto simili nella struttura alle DSSC. Le nanoparticelle di perovskite dimostrarono fin da subito un miglior assorbimento rispetto ai sensibilizzatori a coloranti, ma si dissolvevano nell'elettrolita provocando un rapido degrado delle performance dei dispositivi. Ciò portò in breve tempo alla sostituzione dell'elettrolita con un trasportatore a stato solido: Park e Grätzel introdussero per primi lo *Spiro-OMeTAD (2,2',7,7'tetrakis-(N,N-di-p-methoxyphenylamine)-9,9(spirobifluorene)*. Utilizzato come HTM (era già stato sviluppato e testato per i LED di tipo organico) si dimostrò

molto efficiente in questo tipo di celle solari, e non solo ne incrementò la stabilità (come ci si aspettava) ma ne aumentò anche l'efficienza fino al 9.7% (20).

Miglioramenti nella struttura e nei materiali, come l'introduzione dello *Spiro-OMeTAD*, l'uso dell'argento o dell'oro come contatto di anodo, l'utilizzo di vetro trattato con biossido di stagno drogato con fluoro (*FTO – Fluorine Tin Oxide*) e la deposizione di *TiO2* compatta al catodo hanno in breve tempo portato le celle ad efficienze superiori al 10%. Sempre nel 2012 Snaith e collaboratori hanno riportato celle funzionanti con *Spiro-OMeTAD* e con diverse variazioni strutturali (21). Una di queste fu l'utilizzo di un composto ad alogeni misti come assorbitore, il  $CH_3NH_3PbI_{3-x}Cl_x$ , che portò ad una maggiore stabilità e migliorò il trasporto di carica nel materiale. Un'altra innovazione fu l'eliminazione della struttura a nanoparticelle ancorate al *TiO2* e l'introduzione di uno strato sottile di perovskite, realizzando per la prima volta delle PSC a film sottile (dette *ETA cells – Extremely Thin Absorber cells*). Si dimostrò anche il grande potenziale delle perovskiti, potendo queste essere sia assorbitori di luce che capaci di trasportare elettroni e lacune tra i terminali delle celle.

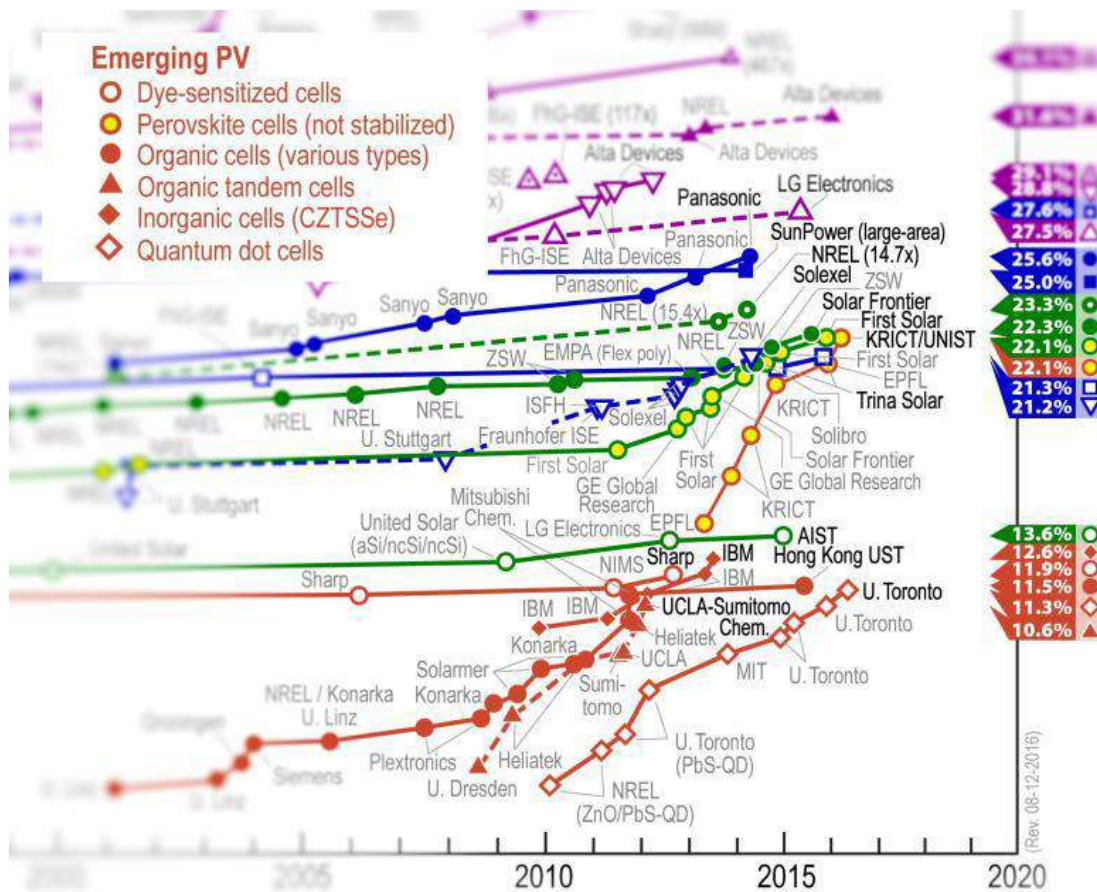


Figura 35: Incremento dell'efficienza nelle celle solari a base di perovskite nel corso degli ultimi anni: questa è cresciuta ad un rate molto elevato in confronto ad altri tipi di fotovoltaico e, nonostante questa carta riporti solo celle ottimizzate "da laboratorio", apre uno scenario molto promettente per questo tipo di celle (2).

Un salto ad efficienze attorno al 12% arrivò grazie agli sforzi combinati dei gruppi di ricerca di Seok e Grätzel, tramite l'utilizzo uno strato di perovskite ancorato all'ossido di titanio mesoporoso ( $m\text{-TiO}_2$ ). Un ulteriore progresso fu riportato nel 2013 con efficienze oltre il 15.4%, riportate dal gruppo di ricerca guidato da Grätzel (22) grazie all'utilizzo di una semplice struttura a base di  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3-x\text{Cl}_x$  ottenuta tramite evaporazione termale (23). Alla fine del 2013 il gruppo di Seok ha invece ottenuto un'efficienza del 16.2% utilizzando una perovskite ad alogeni misti utilizzando il bromo ( $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3-x\text{Br}_x$ , con 10-15% di Br), incrementata fino al 17.9% già all'inizio del 2014.

Nel seguito del 2014 sono state ottenute efficienze attorno al 20% e ad oggi l'efficienza è senza dubbio superiore all'alternativa con colorante (tecnologia ormai abbandonata in favore della perovskite), con valori record del 22,1% certificati nel 2016 (2), per celle da laboratorio non stabilizzate (come riportato nella carta NREL di Figura 35). Queste ultime efficienze record sono state riportate con diverse configurazioni, utilizzando sia la perovskite  $CH_3NH_3PbI_3$  cresciuta tramite un metodo di soluzioni sequenziali basati sull'ossido di titanio nanostrutturato, oppure utilizzando una configurazione di film sottile con una perovskite  $CH_3NH_3PbI_{3-x}Cl_x$  cresciuta da una deposizione ad evaporazione.

Tuttavia le ultime certificazioni sono basate su caratterizzazioni di celle PSC non stabilizzate (2), come descritto nel precedente paragrafo. Il grafico delle efficienze di NREL (Figura 35) mette in evidenza la crescita molto rapida dell'efficienza delle PSC rispetto alla maggioranza delle altre tecnologie, in un brevissimo periodo di tempo. La semplicità di fabbricazione combinata alle somiglianze con le celle solari organiche e sensibilizzate a colorante hanno fatto in modo che il numero di lavori di ricerca crescesse notevolmente negli ultimi anni, da solo pochi articoli pubblicati prima del 2013 a numerosi articoli di grande rilevanza in uscita ogni mese. Attualmente la ricerca sulle celle a base di perovskite sta continuando ad aumentare a ritmi molto alti e la loro efficienza sembra essere in continuo aumento.

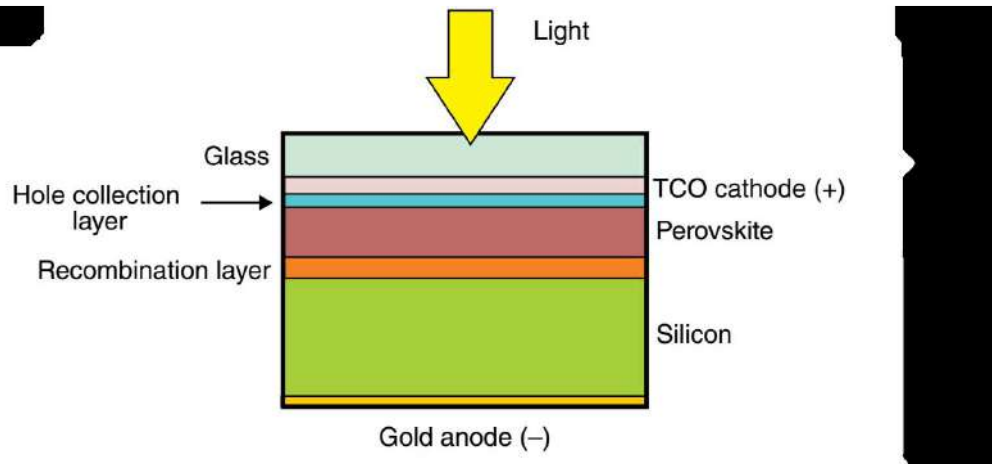
### **2.10.7 Sviluppi futuri**

Data l'alta flessibilità permessa da questo materiale molte modifiche sono ancora possibili e molte cose devono in particolare essere migliorate: gli strati di perovskite sono infatti molto sensibili al vapore acqueo e il cambio di umidità nell'aria è causa di una degradazione nelle proprietà e performance delle celle. È importante quindi che queste celle vengano sigillate al meglio contro l'umidità affinché possano avere una maggiore stabilità ed un tempo di vita più lungo. In quest'ottica lo sviluppo di un buon materiale precursore per la deposizione di perovskite in soluzione, associato ad avanzate tecniche di *coating*, porterebbe dei miglioramenti e un abbattimento dei costi nelle PSC. Ci si aspetta che in futuro le celle a base di perovskite risultino

molto facili da realizzare e che avranno dei costi per i materiali e per la realizzazione molto bassi. Come per le altre tecnologie a film sottile, incrementare l'efficienza delle celle è la soluzione primaria per diminuire i costi della tecnologia.

Senza dubbio futuri studi porteranno ad una ottimizzazione delle celle anche per quanto riguarda la conversione a specifiche lunghezze d'onda: già si è visto che la sovrapposizione di differenti tipi di celle solari permette di avere performance migliori. Una prospettiva interessante è l'utilizzo delle perovskiti combinate ad altri materiali per creare delle celle a multigiunzione, caratterizzate dalle proprietà migliori delle diverse tecnologie. La facile selezione del valore di *band-gap* e l'alta tensione di circuito aperto, che caratterizzano le PSC, le rendono ideali per essere combinate con il silicio in celle ad architettura tandem a multigiunzione. Questo tipo di celle potranno probabilmente raggiungere efficienze attorno al 30% nel prossimo futuro. Un esempio di struttura per una cella solare tandem perovskite/silicio è riportato in Figura 36.

Ci sono tuttavia alcuni svantaggi e problemi riguardanti questi nuovi materiali, che limitano ancora la diffusione e la commercializzazione di queste celle solari. Attualmente le PSC hanno un tempo di vita abbastanza limitato: infatti questi dispositivi si deteriorano molto rapidamente in presenza di umidità e i prodotti deteriorati attaccano gli elettrodi in metallo; un migliore incapsulamento potrebbe migliorare il tempo di vita, ma come già detto farebbe inevitabilmente lievitare il costo e il peso totale delle celle, e non risulta quindi conveniente. Anche l'uso dell'oro come elettrodo di catodo (attualmente presente nella maggior parte delle PSC) mantiene il costo totale per la loro realizzazione abbastanza alto, mentre la presenza del piombo nei composti non è la soluzione ideale, nonostante questo venga utilizzato solo in piccole quantità (è infatti un prodotto molto inquinante). Aumentare le dimensioni delle PSC è un altro problema: attualmente gli alti valori di efficienza riportati riguardano piccoli campioni adatti per i laboratori, ma inadatti ad un utilizzo su un grande pannello solare.



*Figura 36: Schema di una cella solare a multigiunzione a base di perovskite e silicio (architettura tandem).*

Per fare in modo che queste celle diventino una buona alternativa a basso costo è necessario quindi aumentare la loro efficienza di conversione, aumentarne le dimensioni, il tempo di vita e diminuirne i costi di realizzazione. Tutto ciò non è ancora stato ottenuto, ma le celle solari a base di perovskite hanno dimostrato un enorme potenziale per poter soddisfare queste richieste.

La sfida principale risiede nel realizzare delle celle di grande scala e di lunga durata, ovvero dei moduli che sopravvivano per almeno 25 anni in un ambiente esterno senza la necessità di metodi di incapsulamento troppo costosi. Il miglioramento dei materiali utilizzati e la passivazione delle superfici e dei difetti sembrano essere gli elementi chiave per portare ad un ulteriore avanzamento per queste celle.

## 2.11 Silicio Cristallino

Questo tipo di cella è la più diffusa nel mercato (copre oltre l'85% del mercato). La tecnologia è ormai consolidata ma è comunque piuttosto dispendiosa energeticamente per via delle alte temperature in gioco per cristallizzare il silicio. Inoltre il processo ha dei limiti nella scalabilità industriale dovuta al taglio e all'etching dei wafer.

A questo proposito si va diffondendo un nuovo metodo per produrre celle a silicio, la tecnologia a nastro di silicio ("ribbon"), che evita questi passaggi e che permette di produrre direttamente wafer dello spessore desiderato "tirando" il silicio in forma liquida lungo due bordi in metallo e facendolo solidificare, esistono già impianti produttivi di una certa portata come nel caso della Evergreen Solar.

Spesso parlando di moduli al silicio si sottolinea il fatto che la gran parte costituente il dispositivo è a base di silicio, un materiale diffusissimo in natura e assolutamente non tossico. Questo tipo di moduli contribuisce a circa il 90% dei sistemi fotovoltaici installati. In realtà bisogna fare alcune considerazioni, intanto il silicio che viene utilizzato per queste applicazioni è un materiale estremamente purificato e necessita, come accennato nell'introduzione, di impianti di produzione dedicati. Inoltre per quanto riguarda i materiali dobbiamo tenere in considerazione che nel metodo di preparazione dei moduli vengono utilizzati una serie di gas e materiali che invece sono tossici. In particolare si utilizzano: acidi come acido fluoridrico, acido nitrico e idrossido di sodio; silano ( $\text{SiH}_4$ ) altamente infiammabile e altri gas tossici usati come droganti quali bromuro di idrogeno, cloro,  $\text{POCl}_3$ . Inoltre alcune di queste sostanze e i loro sotto-prodotti sono gas serra ben più potenti del biossido di carbonio. Analogamente bisogna considerare anche l'utilizzo di saldanti a base di piombo, così come l'utilizzo di grandi quantità di agenti di lavaggio e solventi per quanto riguarda il taglio, l'etching e la lappatura delle celle. Questo per quanto riguarda i rischi di tossicità legati ai materiali utilizzati nell'ambiente produttivo. Come menzionato nell'introduzione bisogna considerare però le emissioni legate all'energia impiegata nel processo produttivo a questo fattore è strettamente collegato anche il pay-back time. Questi fattori vanno periodicamente aggiornati in virtù del fatto che le tecnologie produttive sono continuamente in miglioramento come il riciclaggio del liquido utilizzato nel taglio dei wafer (riciclaggio dell'80-90% del carburo di silicio e

del polietilene glicole). Un altro notevole miglioramento è legato all'uso di minore energia nel processo Czochralski per i lingotti monocristallini e alla riduzione dello spessore dei wafer. Nuovi dati sono stati collezionati da 11 aziende europee e americane, rappresentativi dello stato corrente della tecnologia produttiva per moduli di silicio cristallino. Questi dati coprono tutte le tecnologie di wafer commerciali (cioè mono e multi-cristallino e tecnologia "ribbon") e sono stati utilizzati per fare un'analisi dell'impatto ambientale per la generazione elettrica da fotovoltaico. I risultati mostrano energy pay-back time, di 1,6, 1,8 e 2,1 anni per silicio ribbon, multi- e monocristallino. Le emissioni per ciclo di vita sono di solo 35g/kWh di CO<sub>2</sub> per un impianto residenziale in sud-europa (1700 kWh/m<sup>2</sup>-yr di illuminazione e grado di performance di 0.75) di silicio monocristallino. Per il silicio a nastro e silicio multicristallino siamo, rispettivamente, su 30 e 32 grammi per kWh. Per tecnologie che evolvono velocemente come il fotovoltaico è possibile prevedere una ulteriore riduzione delle emissioni. Alsema e de Wild prevedono abbattimenti del 40-50% delle emissioni relative al ciclo di vita del fotovoltaico a silicio cristallino nei prossimi 5 anni basati sulla riduzione dello spessore del wafer e sull'aumento dell'efficienza della conversione elettrica (progetto Crystal Clear). Ci si aspettano grossi miglioramenti in termini di spessore dei wafer e di efficienza delle celle, anche spinti dai target prefissati sulle riduzioni di costo e dalle attuali scarse quantità di silicio. Tutto ciò assumendo una riduzione degli spessori tale da avere 150 micron per le future celle a silicio mono e policristallino e 200 micron per il silicio a nastro e, sempre secondo il progetto Crystal Clear, assumendo efficienze di 15%, 17% e 19% per i moduli a nastro, silicio multi cristallino e mono cristallino rispettivamente.

Ulteriori sviluppi della tecnologia che influenzeranno sensibilmente l'impatto ambientale nella produzione sono:

- Processi nuovi per la produzione del silicio fotovoltaico, specialmente riguardo la deposizione di silicio policristallino che potrebbero abbattere oltre il 70% del consumo di elettricità rispetto al processo Siemens che è quello attualmente più usato.
- Possibili miglioramenti nella efficienza energetica della cristallizzazione dei lingotti: questa considerazione è dovuta al fatto che monitorando mano a mano diversi tipi di impianti produttivi si è visto come ci possano essere differenze di efficienza energetica fino ad un fattore 3 e che negli impianti più recenti l'energia utilizzata va man mano riducendosi. Tutte e tre le tecnologie al silicio cristallino potranno avere energie di pay back time al di sotto di un anno ed emissioni gas serra di solo 15 g/kWh. La riduzione va di pari passo con l'abbattimento dell'energia impiegata nella produzione, con l'aumento dell'efficienza sia dell'impianto produttivo che della conversione energetica l'energia si riduce di quasi la metà.

## **2.12 II BOS**

Il BOS (Balance of System) corrisponde alla parte legata all'installazione e ai dispositivi accessori (come l'inverter, i dispositivi di controllo ecc...). Studi di qualche anno fa sul BOS che hanno peraltro preso in considerazione anche l'analisi di un grande impianto produttivo a Serre (I) mostrano che per un impianto fotovoltaico di produzione energetica l'energia impiegata era di circa 1900 MJ/m<sup>2</sup> mentre per i sistemi integrati nei palazzi l'energia scendeva a 600 MJ/m<sup>2</sup>. La differenza è data dall'impiego di grandi quantità di cemento e acciaio per queste applicazioni in spazi aperti, mentre per quanto riguarda l'applicazione nei palazzi viene sfruttata la struttura già esistente. Inoltre si calcola che l'energia per i moduli integrati nei palazzi verrà ridotta a 400 MJ/m<sup>2</sup> per i tetti e 200 MJ/m<sup>2</sup> per le facciate. Questi miglioramenti saranno dati dall'utilizzo di materiali di riciclo e di riduzione delle quantità di materiali. Un grosso contributo al consumo energetico nel BOS è dovuto all'applicazione della cornice sui moduli:

esso può oscillare a seconda della quantità di alluminio tra i 300 ed i 770 MJ/m<sup>2</sup>. I moduli a film sottile non fanno uso di cornice ed in futuro anche quelli a silicio cristallino ne saranno esenti.

### **2.13 Riciclaggio dei wafer**

Un ultimo parametro da tenere in considerazione per le celle solari a silicio cristallino è la possibilità di riciclare i wafer di silicio, risparmiando quindi molta energia ed abbattendo sia i costi sia l'impatto ambientale. Mueller, Wambach ed Alsema analizzano il processo di riciclaggio della Deuschte Solar. Il processo consiste nello smantellare il modulo per arrivare alle singole celle, che vengono trattate chimicamente per rimuovere la metallizzazione, il rivestimento anti-riflesso e la giunzione p/n. Il wafer completamente ripulito può essere quindi riutilizzato in un impianto di produzione. C'è chiaramente una certa quantità di energia consumata per il processo di riciclaggio, dovuto principalmente alla fornace, ai bruciatori e al sistema di pulizia. Quest'ultimo consuma acqua e sostanze chimiche, queste ultime sono usate anche per il trattamento di rimozione, vengono poi ritratte e gli scarti vengono immagazzinati.

In ogni caso per quanto ci sia una certa quota di impatto ambientale data dal processo di riciclaggio questo è diversi ordini di grandezza minore rispetto all'impatto dato da processi come l'incenerimento o trattamenti chimici. Con un processo di riciclaggio due terzi dell'energia necessaria per la produzione di wafer possono essere risparmiati, per cui il tempo di pay-back energetico di un modulo di wafer riciclati è molto più basso. Con queste assunzioni, l'energy pay-back time arriva a 1,6 anni in confronto con i 3,5 anni per un modulo standard della Deuschte Solar.

### **2.14 Silicio amorfo**

Le celle di silicio amorfo possono essere realizzate con diversi processi, inclusa la "glow discharge", chemical vapor deposition e reactive sputtering. Nei sistemi glow discharge il silicio amorfo viene depositato da silano o da misture silano/idrogeno. È un processo abbastanza inefficiente con efficienze di deposizione tipiche del 10% per cui vengono usati una gran quantità di questi gas pericolosi. Il maggior problema di

sicurezza per questa tecnologia è l'uso del silano, che è piroforico ed esplosivo e si infiamma con concentrazioni già del 4,5%. Questo comporta la necessità di istituire una zona perimetrale di sicurezza dai 15 ai 100 metri attorno all'impianto produttivo. Inoltre c'è l'idrogeno che viene usato sia per quanto riguarda il silicio amorfo e in quantità minori anche per il silicio cristallino. Infine ci sono i gas droganti come arsina e fosfina, usati per la verità in quantità molto basse, che possono creare problemi per la sicurezza dell'impianto di produzione. In ogni caso perdite di questi gas possono causare rischi significativi per i lavoratori e ci devono essere adeguati controlli e precauzioni sull'impianto.

Le tecnologie a film sottile per la fabbricazione di moduli fotovoltaici hanno comunque l'indubbio vantaggio di prestarsi a produzioni su larga scala, in cui il modulo rappresenta lo stato finale di processi in linea e non l'assemblaggio di celle di minor dimensioni come nel caso dei moduli basati sui wafer di silicio cristallino o policristallino. I più elevati tassi di produzione (in termini di metri quadri di moduli al minuto), insieme alle piccole quantità di materiale attivo necessarie fanno ritenere questo tipo di moduli come un passo importante nella strada della riduzione dei costi e della competitività con i combustibili fossili. La tecnologia al silicio amorfo ha però avuto un forte rallentamento dovuto alla degradazione delle celle nel tempo immediatamente successivo alla produzione. I moduli stabilizzati hanno quindi efficienze tendenzialmente più basse rispetto alle altre tecnologie. Le migliori efficienze stabilizzate sono dell'ordine del 9% in laboratorio (oltre 11% per dispositivi multigiunzione) e del 10% per il modulo (per quanto riguarda però solo i dispositivi multigiunzione) ma generalmente sul mercato si trovano dispositivi con efficienze attorno al 6%.

Studi approfonditi e aggiornati sull'energy pay-back time e sull'impatto dei gas serra per quanto riguarda i moduli a silicio amorfo sono pochi. Risultati interessanti si possono trovare nei dati riportati dal progetto europeo SENSE dove sono stati considerati i cicli di vita e l'energy pay-back time di diverse tecnologie a film sottile tra cui anche il silicio amorfo.

Da questi dati si evince che l'energy pay-back time per il silicio amorfo è molto più basso rispetto a quello del silicio cristallino (pur considerando la bassa efficienza delle celle). L'energia impiegata nella produzione può essere molto differente a seconda degli impianti produttivi, secondo Alsema è attorno ai 1200 MJIm<sup>2</sup>.

### **2.15 Altre tecnologie a film sottile**

I dispositivi fotovoltaici a film sottile che ora andiamo a considerare sono due: il CIS/CIGS (CuInSe<sub>2</sub>-CuInGaSe<sub>2</sub> JcDs) ed il CTS (CdTe/CdS). Questi tipi di moduli fotovoltaici hanno uno sviluppo tecnico- scientifico di poco più di 20 anni (contro i 50 del silicio cristallino) e sono entrati in produzione da meno di dieci anni. Il loro vantaggio rispetto alla così detta prima generazione (silicio) è il fatto di poter essere prodotti utilizzando processi altamente scalati con produzioni in serie, di utilizzare temperature di processo notevolmente più basse e di usare quantità di materiale irrisoria (per via dell'alto coefficiente di assorbimento di questi materiali anche solo qualche micron può bastare per catturare tutta la luce disponibile). Le efficienze record in laboratorio di questi dispositivi sono del 19.5% per il CIGS e del 16.5% per il CdTe, efficienze inferiori rispetto ai valori del silicio cristallino ma il divario si assottiglia quando si parla di moduli (11.5% per il CIGS e 9% per il CdTe) per via della maggiore scalabilità.

### **2.16 CIS-CIGS**

I film sottili di seleniuro di rame indio (CIS) e seleniuro di rame, indio e gallio (CIGS) possono essere formati da diversi processi compresi la co-evaporazione (physical vapor deposition) di rame, gallio indio e selenio e la selenizzazione di rame indio in atmosfera di H<sub>2</sub>S. Inoltre la giunzione viene formata con un film sottile di CdS. La maggiore preoccupazione per la sicurezza nella produzione di questo tipo di celle è relativa all'alta tossicità del seleniuro di idrogeno usato specialmente nello sputtering reattivo del CIS. Le tossicità di rame, indio e selenio vengono considerate moderate, il selenio può essere tollerato dall'organismo se rimane in quantità minori delle centinaia di microgrammi al giorno.

In ogni caso, fatto salvo la presenza di CdS di cui discuteremo nel paragrafo seguente, non ci sono particolari controindicazioni per la salute. I risultati di una ricerca di Steinberger di qualche anno fa in cui si considera il caso più sciagurato e molto improbabile, cioè la rottura del modulo in piccole frazioni (un incidente più comune come una frattura dovuta ad un impatto o ad uno stress meccanico danneggerebbe il modulo in modo molto più limitato). Ci sono pochi dati aggiornati relativi all'energia di pay-back e le emissioni di gas serra per i moduli di CIGS, in ogni caso alcuni studi (come il progetto SENSE) dimostrano che queste sono più contenute rispetto ai convenzionali moduli di silicio cristallino e analogo a quella del silicio amorfo. Anche in questo caso vale la regola che l'efficienza del processo di produzione (analogamente al silicio amorfo) abbatte notevolmente questi valori.

### **2.17 CTS (CdTe/CdS)**

Celle solari di tellururo di cadmio possono essere fabbricate con diverse tecniche di deposizione, come close-spaced sublimation, elettrodeposizione, sputtering, physical vapor deposition e spray pirolisi mentre il solfuro di cadmio viene depositato per bagno chimico, sputtering o semplice evaporazione. L'efficienza di utilizzo dei materiali per questi tipi di processi va dal 90% dell'elettrodeposizione fino a 5-10% per spray pirolisi. Attualmente la grande potenzialità nella scalabilità industriale e nel basso costo di produzione è dimostrata dalla forte crescita di First Solar che è il più grande produttore attuale di moduli CTS e che in pochi anni sta passando da una produzione pilota di 25 MWp per anno a nuovi impianti per complessivi 275 MWp per anno. Questo tipo di tecnologia è indubbiamente la più semplice e la più scalabile tra quelle a film sottile e questo comporta da una parte un forte abbattimento di costi e dall'altra risparmio energetico nella produzione e quindi, come vedremo, abbattimento dell'impatto ambientale.

Spesso l'obiezione maggiore che viene posta riguardo ai moduli CTS è l'uso del cadmio nel processo di produzione e la presenza di questo metallo nei dispositivi. È noto che il cadmio metallico sia un materiale tossico e cancerogeno e che tende, essendo un metallo pesante, ad accumularsi nella catena alimentare. In ogni caso va detto che il tellururo di cadmio non è tossico finché rimane nella forma di composto,

inoltre è un materiale stabile ed insolubile in acqua. La concentrazione di cadmio rimane sempre nei limiti consentiti di legge per l'acqua potabile e stiamo parlando di una situazione estrema, quindi generalmente si può parlare di un pericolo insignificante per quanto riguarda la salute umana. Un esperimento condotto da Steinberger è stato quello di porre il modulo danneggiato sul terreno e assumendo i seguenti parametri ha calcolato la quantità di elementi e li ha paragonati con la loro concentrazione naturale nella terra:

1. Il modulo difettoso rimane nello stesso posto in giardino per un anno intero;
2. Le sostanze che colano si distribuiscono nella terra fino a una profondità di 25 cm per un'area corrispondente a quella del modulo;
3. La densità del terreno è di  $1,2 \text{ kg l}^{-1}$ .

Un altro dei problemi spesso presentati riguardo i moduli CTS sono i potenziali effetti di eventuali altissime temperature sui moduli, come in caso di incendio. In realtà il punto di fusione del CdTe è di  $1050 \text{ }^\circ\text{C}$ , quindi più elevato delle temperature normalmente raggiunte negli incendi di stabili residenziali. Queste temperature sono quindi insufficienti perché ci sia rilascio di cadmio nell'atmosfera. La situazione è un po' più critica nel caso di incendi in stabilimenti industriali dove anche altri combustibili sono presenti. In quel caso le temperature in gioco potrebbero essere più elevate, tanto da far rilasciare CdTe (notevolmente meno tossico del cadmio metallico) nell'atmosfera. Comunque in test dove i moduli sono stati sottoposti a temperature di  $1100 \text{ }^\circ\text{C}$  è stato rilevato da Fthenakis che il tellururo di cadmio liquido viene catturato nel vetro sciolto del modulo, rendendolo innocuo.

In ogni caso la presenza di qualunque forma di cadmio sarebbe comunque molto meno grave di un incendio di tali proporzioni. Inoltre la quantità di cadmio utilizzata nei moduli è comunque bassissima. Un sistema da un 1kW conterrebbe tanto Cd come sette batterie C. Sulla base dei kW possiamo dire che siccome una batteria Ni-Cd può essere ricaricata da 700 a 1.200 volte nella sua vita produrrebbe in media  $0,046 \text{ kWh}$  per grammo del suo peso, che corrisponde a  $0,306 \text{ kWh}$  per grammo di Cd contenuto nella batteria. Questo risulta essere 2.500 volte meno di un modulo

fotovoltaico di CdTe a parità di energia prodotta. Inoltre le batterie contengono, a differenza dei moduli, cadmio in forma metallica.

È importante considerare, quando si parla di moduli contenenti cadmio, che il cadmio usato non viene mai prodotto specificatamente per il fotovoltaico ma è facilmente disponibile come scarto dall'industria mineraria (principalmente dalle miniere di zinco). Quindi se il cadmio non viene usato nell'industria fotovoltaica viene comunque prodotto e immagazzinato o addirittura utilizzato in modi che lo disseminano nell'ambiente come i pesticidi (che sono la prima fonte di dispersione di cadmio nell'ambiente seguita a ruota dai combustibili fossili). Ecco quindi che si può parlare di "sequestro del cadmio" cioè del meccanismo in base al quale il cadmio metallico viene tolto dall'ambiente ed il suo potenziale tossico viene notevolmente ridotto trasformandolo in CdTe.

Un'analisi dettagliata del ciclo di vita del CdTe è stata condotta basandosi sui dati di materiali ed energia dell'impianto di produzione di First Solar da 25 MWp per anno in Perrysburg, Ohio. L'energy pay-back time di un modulo di CdTe è di 0,8 anni e le emissioni relative al ciclo di vita totale sono 19 g di CO<sub>2</sub>-eq./kWh basata sulla attuale efficienza dei moduli del 9%, un grado di performance dell'80%, una illuminazione relativa alle condizioni dell'Europa del Sud ed un tempo di vita del sistema di 30 anni. Queste stime sono in effetti più alte di quelle presentate da Raugei et al. che erano basate sulla produzione di moduli di Antec Solar in Germania, con una EPBT di 0,6 anni ed emissioni di 12 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh. Da una parte questi dati sono destinati a migliorare con l'ottimizzazione dell'impianto di deposizione del CdTe (specialmente nei successivi più grandi impianti). Il pay back time sale a 1-1,25 anni e le emissioni a 19 -25 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh considerando anche il montaggio, il sistema integrato, ecc. La stima più bassa è relativa all'impianto tedesco mentre quella più alta all'impianto statunitense.

I rischi per i lavoratori concernenti l'uso di composti di Cd e Te in diversi step di processo variano con le tossicità dei composti, il loro stato fisico e i modi di esposizione. Processi in cui i composti di cadmio sono usati o prodotti sotto forma di fumi o particelle sono i più pericolosi. Allo stesso modo processi in cui sono

coinvolti composti di cadmio solubili o volatili (come  $\text{CdCl}_2$ ) devono essere più strettamente controllati. Altri tipi di rischi possono venire dalla preparazione dei materiali, da eventuali perdite nell'impianto, etching chimici e trattamento dei materiali di scarto.

Processi più innovativi dove etching chimici e l'uso di  $\text{CdCl}_2$  sono stati completamente eliminati, come propone Arendi S.r.L., comportano un forte abbattimento dei rischi per gli operai.

Va comunque detto che se nell'impianto produttivo si utilizzano i composti del cadmio, escludendo quindi cadmio metallico, i rischi per gli operatori sono molto bassi, anche considerando la totale assenza di materiali piroforici, e in linea con quelli di molti altri processi dell'industria elettronica.

Se andiamo a confrontare le emissioni di cadmio per ciclo di vita dei moduli di CdTe, con altri tipi di tecnologie energetiche compresi moduli fotovoltaici più tradizionali, abbiamo il sorprendente risultato che le emissioni di cadmio per il CTS sono più basse di quelle al silicio cristallino e tra le più basse in assoluto (solo l'idroelettrico ed il gas naturale fanno meglio) nucleare compreso. Questo è il risultato del fatto che le emissioni di cadmio sono strettamente dipendente dalla quantità di energia necessaria per la produzione dei moduli che per i moduli CTS è la più bassa.

Per quanto riguarda il riciclaggio dei moduli a film sottile ci sono diversi studi a proposito e alcuni processi pilota come quelli di First Solar. Anche recentemente sono stati presentati lavori che analizzano la possibilità di riciclare i moduli attraverso la separazione e l'estrazione dei singoli elementi attraverso l'uso di reagenti chimici come presentato da Fthenakis e Wang all'ultimo PVSEC. Il riciclaggio ha tre scopi principali: forte riduzione degli scarti pericolosi, recupero dei metalli rari (come Te per il CTS e In per il CIGS), riduzione dei costi di produzione. I risultati preliminari su questo tipo di tecnologia di riciclaggio con reagenti chimici ha dimostrato la possibilità di recuperare il 99,99% del cadmio. Considerando tutte le possibili situazioni di rischio e l'uso di materiali potenzialmente tossici, il fotovoltaico rimane una tecnologia estremamente sicura e pulita, sia per le celle più convenzionali sia soprattutto per le celle a film sottile. I moduli possono essere

facilmente nei dati e questo comporta un ulteriore risparmio energetico che abbatterebbe ulteriormente l'energy pay back time. Dal punto di vista ambientale i moduli CTS sono attualmente comparabili con le tecnologie più pulite per la produzione energetica, i dispositivi al silicio cristallino pur essendo un po' più inquinanti rimangono comunque ai livelli più bassi e hanno un grosso margine di miglioramento legato alle future riduzioni di energia impiegata nel processo di fabbricazione.

## CAPITOLO 3

### I CONCETTI CLASSICI PER L'ALTA EFFICIENZA

Lo scopo principale per chi studia, sperimenta e realizza celle fotovoltaiche è quello di migliorare sempre di più l'efficienza dei dispositivi nel convertire la radiazione solare in energia elettrica. Vediamo velocemente quali sono i concetti classici che vengono utilizzati per ottenere efficienze elevate.

#### 3.1 Beam splitting

La conversione fotovoltaica è fortemente dipendente dalla lunghezza d'onda della radiazione solare e dell'energia posseduta dai fotoni. I fotoni caratterizzati da un'energia minore del gap passano attraverso l'area attiva della cella senza essere assorbiti, quindi senza dare un contributo alla corrente generata, e dissipano la loro energia sottoforma di calore. I fotoni che possiedono un'energia superiore a quella del gap di banda, concorrono alla formazione della corrente di cella, ma il loro utilizzo è solo che parziale, infatti, l'energia in sovrabbondanza viene dissipata sempre sottoforma di calore.

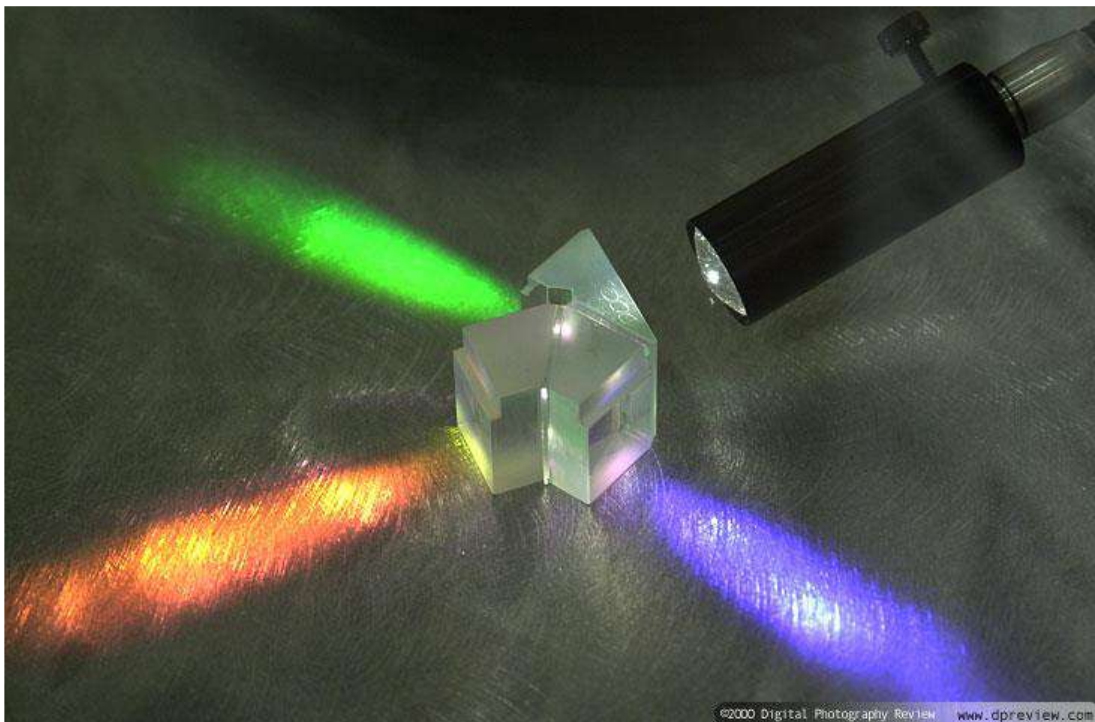


Figura 37: Dispositivo ottico di separazione dei raggi nei diversi colori [S]

Concettualmente, lo spettro solare può essere fatto passare attraverso un sistema ottico (ad esempio attraverso un prisma di vetro) che sia in grado di separare i raggi di diverso colore e inviare ciascun colore su una cella fotovoltaica fatta con un materiale semiconduttore particolarmente sensibile, in modo che la risposta della cella sia al massimo della sua efficienza. Così facendo sono in grado di sfruttare tutto lo spettro solare ai fini della conversione fotovoltaica e sopperire a quel difetto, in precedenza descritto, dovuto all'utilizzo di un solo materiale semiconduttore nella costruzione della cella. L'efficienza teorica complessiva calcolata per questa tecnica può raggiungere un valore superiore al 60%. Sono stati realizzati dispositivi di beam splitting che suddividono lo spettro solare in tre componenti indirizzate a una cella al germanio (0,6 eV) per catturare la componente rossa, a una cella con arseniuro d'indio-gallio (1,4 eV) per la componente verde e infine a una cella con fosforo d'indio-gallio (1,8 eV) per la componente blu - violetta. In questo modo è possibile ottenere efficienze di conversione del 30% circa, nettamente inferiori al limite teorico calcolato. Sono stati fatti, e sono ancora in corso, diversi studi in questo campo, sia per migliorare lo splitting dello spettro della radiazione solare sia per aumentare l'efficienza complessiva del sistema [16]. Gli esperimenti in laboratorio hanno dimostrato la validità della teoria che sta alla base di questa tecnologia, ma contemporaneamente hanno evidenziato grossi problemi realizzativi dei sistemi ottici di concentrazione e di beam splitting con un conseguente aggravio dei costi di realizzazione. Proprio per questi motivi c'è stato un forte rallentamento della diffusione di questa tecnologia che comunque continua a rappresentare uno dei concetti classici per l'alta efficienza. In pratica, anche se ho un incremento notevole dell'efficienza, esso non ripaga i maggiori costi che devo sostenere per realizzare un dispositivo che sfrutta questa tecnologia.

### **3.2 Celle a giunzioni multiple**

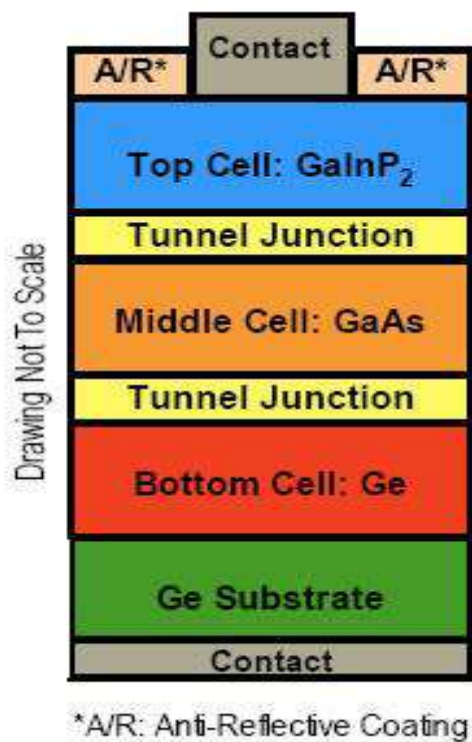
Come per il beam splitting, la teoria che sta alla base di quest'approccio per migliorare l'efficienza di conversione delle celle fotovoltaiche risiede nel concetto di riuscire a raccogliere e utilizzare l'energia dei fotoni dell'intero spettro solare. Le celle multigiunzione hanno trovato nel solare a concentrazione il modo per

aumentare notevolmente l'efficienza. In questi sistemi la luce solare viene raccolta da lenti o specchi e poi viene indirizzata a una cella di dimensione molto piccola, dove viene sfruttata la sua elevata efficienza. Questo tipo di celle sono state sviluppate per i pannelli fotovoltaici dei satelliti spaziali e hanno raggiunto i migliori risultati in termini di efficienza. L'unica cosa che cambia rispetto alla tecnica di beam splitting in questo caso è che non divido più lo spettro solare per dopo indirizzare i vari fasci di colore su tre celle, ma cerco di creare un dispositivo unico capace di massimizzare al massimo la conversione della radiazione solare attraverso più strati sensibili. Molto semplicemente si è pensato di formare un dispositivo composto da più giunzioni in grado di assorbire lo spettro di emissione del Sole sull'intero intervallo di luce visibile (350 – 800 nm).

Attraverso la deposizione di diversi strati di film sottili di materiali diversi, in modo che ciascuno strato assorba una determinata quota della radiazione solare incidente, determinata da una precisa banda di frequenza. La sovrapposizione dei vari strati viene realizzata in maniera tale che i fotoni che non sono assorbiti dal primo strato, attraversano la cella, che appare loro abbastanza trasparente, e per cui senza grosse perdite di energia vengono assorbiti dalla cella sottostante. In questo modo vado ad alterare, ampliando, la risposta spettrale della cella e di conseguenza la corrente generata risulta superiore al caso in cui avessi una singola giunzione. In questo modo vado a sfruttare in maniera più completa lo spettro solare.

La struttura classica con cui vengono realizzati questo tipo di dispositivi è costituito da tre celle sovrapposte:

- Cella "*bottom*" in germanio;
- Cella "*middle*" in arseniuro di gallio ;
- Cella "*top*" in arseniuro di gallio, indio e fosforo



**Figura 38: Esempio di cella multigiunzione [A]**

In quest'unico dispositivo, le diverse giunzioni vengono eccitate soltanto da una parte dello spettro solare convertendo una frazione dei raggi in elettroni. Il modo tradizionale, e forse più elegante, per realizzare questa configurazione è quello di impilare le celle con la giunzione avente il più elevato gap energetico posta in alto seguendo un ordine decrescente. Lo spettro viene via via assorbito dalle diverse giunzioni con un procedimento a cascata, i fotoni più energetici vengono assorbiti dalla prima cella mentre le altre due celle assorbono fotoni a minore energia. Il dispositivo è pensato per riuscire a raccogliere nel circuito elettrico esterno tutti gli elettroni prodotti da ogni singola giunzione. Solitamente, non si usano più di tre o quattro strati perché a ogni passaggio vi è una perdita di efficienza. L'industria spaziale fa uso di germanio monocristallino come materiale di partenza e ottiene celle di efficienza di conversione superiore al 37% usando tre strati. Purtroppo il germanio esiste in piccole quantità ed è molto costoso. Dal punto di vista teorico questa tecnologia potrebbe far pensare di riuscire a utilizzare tutta la radiazione solare nel caso avessimo a disposizione un elevato numero di materiali semiconduttori in grado di accoppiare tutte le componenti dello spettro solare. Ragionando in questi termini, la conversione fotovoltaica raggiungerebbe un valore

pari all'86,8%. Questo valore, ovviamente, non ha trovato riscontro nei risultati sperimentali i quali però hanno evidenziato notevoli progressi negli ultimi anni.

Per quanto riguarda le efficienze di conversione possiamo dire che l'efficienza massima certificata per una cella a singola giunzione, è quasi del 30%. Per le celle a multigiunzione, l'efficienza supera abbondantemente il 35% fino ad arrivare al valore record di 42,3% per una cella a giunzione tripla realizzata nel 2010 dalla Spire Semiconductor con fosforo d'indio-gallio, arseniuro di gallio e arseniuro d'indio-gallio sotto condizioni di concentrazione della luce solare pari a 406 volte [1]. È evidente come questo straordinario risultato sia stato possibile attraverso l'utilizzo di un sistema ottico di concentrazione della luce che però ha la colpa di appesantire ulteriormente la già complessa tecnologia necessaria per la realizzazione di celle a giunzioni triple. Teoricamente sembra che il superamento della soglia del 40% di efficienza permetta a questa tecnologia di conseguire la competitività, sul costo del kWh prodotto, rispetto le altre tecnologie avendo da una parte elevati costi dovuti alla realizzazione del dispositivo a tripla giunzione a concentratore e dall'altra un elevato valore dell'efficienza di conversione [16]. Nella realizzazione pratica di questi dispositivi, riesce molto difficile mantenere l'omogeneità delle caratteristiche chimico-fisiche dei diversi strati di materiale su superfici superiori al cm<sup>2</sup> e pertanto le celle hanno dimensione di quest'ordine. Questo impone il loro uso soltanto in connessione con i concentratori solari ad alta concentrazione e questo, a sua volta, costituisce un'effettiva limitazione per pensare a un uso diffuso su larga scala di tali dispositivi. Alla fine degli anni novanta erano state avviate ricerche sulla realizzazione di celle a quattro giunzioni sovrapposte proprio con lo scopo di ottenere efficienze di 40%, ma le difficoltà pratiche incontrate nella realizzazione di tale dispositivo, e i successi ottenuti con le celle a triple giunzione, sembrano aver fatto arenare definitivamente questo tipo d'ipotesi [11]. Resta il fatto che i risultati sperimentali ottenuti rappresentano un'ottima spinta allo sviluppo del fotovoltaico rafforzando la fiducia in questa tecnologia come fonte rinnovabile di energia elettrica.

## CAPITOLO 4

### I NUOVI CONCETTI PER L'ALTA EFFICIENZA

Una volta visti i concetti classici, vediamo quali sono le nuove teorie con le quali si pensa di raggiungere livelli di efficienza sempre maggiori.

#### 4.1 Super reticoli

Per super reticoli s'intendono strutture cristalline che non esistono in natura, formate da molti strati sottili di semiconduttori sovrapposti a formare una pila. In questo modo si va a creare un nuovo semiconduttore cristallino con proprietà completamente diverse da quelle possedute dai materiali con cui è stato formato. Questa particolarità è dovuta al fatto che i semiconduttori, una volta che vengono depositi in strati molto sottili di spessore dei nanometri, evidenziano caratteristiche elettriche e ottiche diverse da quelle che avevano prima della deposizione. Ed è proprio grazie a questa particolarità che nasce l'interesse per queste particolari strutture della materia e delle loro possibili applicazioni nel campo della conversione fotovoltaica.

Concettualmente, l'unico modo per riuscire a sfruttare a pieno la radiazione solare, è quello di avere un dispositivo sensibile a tutto lo spettro solare: la cosiddetta cella multicolore.

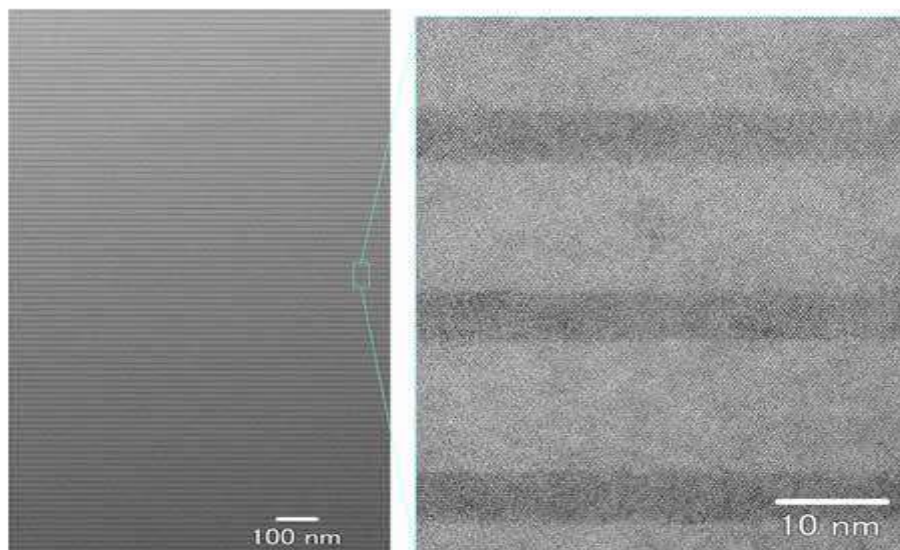


Figura 39: Ingrandimento al microscopio elettronico di un super reticolo [N]

Per creare una cella di questo tipo si è pensato di utilizzare i super reticoli in modo da creare nuovi semiconduttori aventi caratteristiche non possedute da quelli presenti in natura, e grazie a essi realizzare l'assorbimento completo della radiazione solare che inizialmente era sembrato impossibile a causa della limitatezza dei semiconduttori naturali utilizzabili per le celle multigiunzione, e per le difficoltà tecnologiche incontrate nel realizzare più di tre giunzioni sovrapposte. Dal punto di vista dell'implementazione pratica questa tecnologia non è andata oltre le prove in laboratorio, dove si è raggiunta un'efficienza del 10% circa.

Negli anni non si è stati in grado di realizzare un dispositivo monolitico con le caratteristiche auspiccate dall'avvento di questa tecnologia. Il fallimento di questo filone tecnologico è imputabile prevalentemente alle difficoltà tecniche nel realizzare fisicamente un elevato numero di strati nanometrici necessari ad assorbire, in tutto il suo spettro, la radiazione solare.

Ciò ha rappresentato, ovviamente, un ostacolo insormontabile all'implementazione dei processi produttivi necessari alla produzione su larga scala.

## **4.2 Nanocristalli**

Mentre l'interesse per i super reticoli è andato scemando verso la fine degli anni ottanta, proprio in quel periodo si sono intensificati gli studi sulle nanotecnologie dei materiali e delle loro possibili applicazioni sul campo della conversione fotovoltaica. Fin dagli anni Settanta, i ricercatori avevano individuato nelle celle polimeriche (o plastiche), grazie all'avvento dei polimeri conduttori, una valida alternativa alle celle solari tradizionali. Dagli esperimenti si notò che le caratteristiche optoelettroniche di questi polimeri erano inferiori a quelle dei classici materiali semiconduttori cristallini utilizzati nelle comuni celle fotovoltaiche. Grazie agli studi di ricerca sulle nanostrutture, e sui nanocristalli in particolare, le celle solari polimeriche attuali rappresentano un'ottima alternativa alle classiche celle al silicio. Come per i super reticoli, le aspettative per questa tecnologia riguardano lo sfruttamento completo dello spettro della radiazione solare unito all'utilizzo di tecniche di realizzazione più semplici in grado di abbassare i costi al fine di raggiungere la competitività con i sistemi tradizionali.

Per capire come nascono e cosa sono i nanocristalli bisogna avere chiare alcune nozioni di fisica dello stato solido:

- In tutti gli atomi, gli elettroni ruotano intorno al nucleo su delle orbite alle quali corrispondono livelli energetici discreti crescenti al crescere del raggio dell'orbita.
- Nei solidi, essendoci molti atomi si hanno un numero elevato di orbitali molecolari con livelli energetici molto prossimi tra loro tali che si formano delle vere e proprie bande continue di energia.
- Nei materiali solidi esistono tre bande di energia ben distinte: la banda di valenza, la banda di conduzione e la banda proibita.
- In un isolante o un semiconduttore, si definisce come banda di valenza quella a più bassa energia tra quelle occupate da elettroni.
- Si definisce banda di conduzione quella a più alta energia tra quelle che non sono occupate da elettroni.
- La banda proibita (gap o band gap) di un isolante o di un semiconduttore è l'intervallo di energia interdetto agli elettroni.

Una volta chiari questi semplici concetti, consideriamo una particella di un semiconduttore cristallino di forma sferica avente un diametro di misura nanometrica.

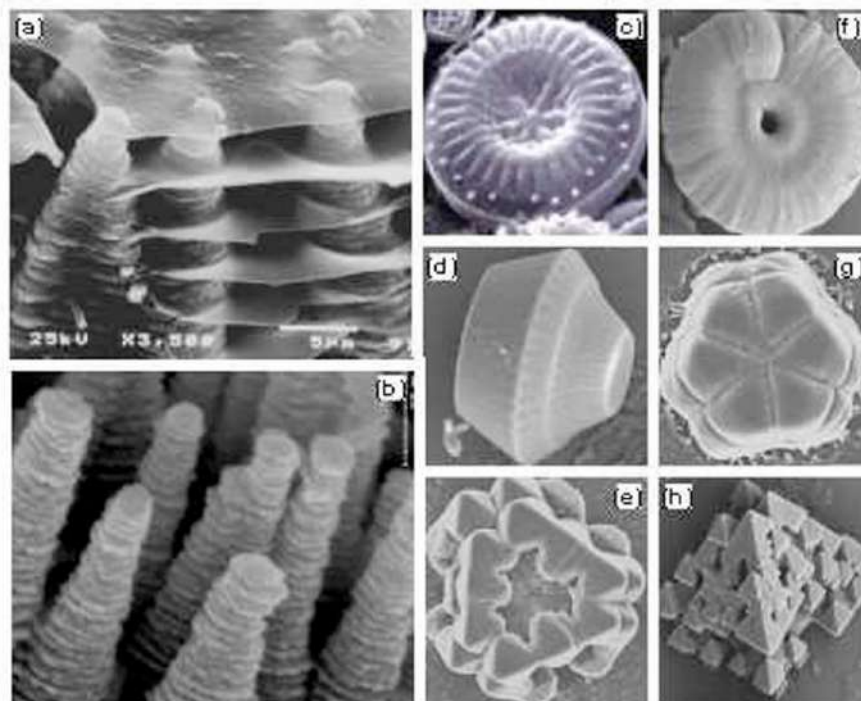


Figura 40: Ingrandimenti al microscopio elettronico di alcuni tipi di nanocristalli [D]

Al suo interno ipotizziamo siano contenuti da 10 a 100 atomi; a questo livello di dimensione esistono ancora le tre bande di energia. Esiste però, una sostanziale differenza tra le due strutture del semiconduttore: nella struttura nanoscopica i livelli all'interno delle bande sono associati a valori discreti di energia e la distanza tra i singoli livelli dipende dal numero di atomi presenti nell'aggregato. In pratica, anche se siamo sempre alla presenza di un semiconduttore allo stato solido, non ho più bande continue di energia ma torno ad avere una discretizzazione dei livelli energetici. In questo modo ho una modifica delle caratteristiche fisiche e optoelettroniche del semiconduttore che mi permettono di andare a settare i diversi livelli energetici e di conseguenza impostare le energie associate alle diverse bande. Infatti, a partire dal materiale di partenza e andando a settare le dimensioni dei nanocristalli, è possibile determinare diversi valori della banda proibita in modo da realizzare con lo stesso materiale diverse possibilità d'accoppiamento fotoelettrico con le varie frequenze dello spettro solare.

Teoricamente i nanocristalli possono essere disposti su strati all'interno di una giunzione n-i-p al posto della zona intrinseca i in modo da favorire la raccolta della corrente che essi generano quando vengono colpiti dalla radiazione solare.

Gli esperimenti svolti in quest'ambito hanno evidenziato un comportamento fotovoltaico molto deludente da parte di alcuni semiconduttori, mostrando un elevato numero di livelli di ricombinazione delle cariche fotogenerate. Questo problema è dovuto proprio alla condizione nanocristallina del sistema e per cui rappresenta un limite intrinseco della tecnologia [Figura 41].

Questo però non ha fermato gli studi di settore, portando a dei risultati molto interessanti e che sembrano presentare una buona prospettiva per il futuro di questo filone di ricerca. A testimoniare ciò, è di non molto tempo fa la notizia che la società norvegese EnSol AS ha brevettato delle celle fotovoltaiche "spalmabili" a film sottile, basate sulla tecnologia dei nanocristalli. Questo tipo di cella è stata realizzata grazie ad uno speciale materiale formato da nanoparticelle metalliche, "spalmabile" su tutte le superfici lisce e piate. Obiettivo del progetto è di arrivare alla fase di commercializzazione entro il 2016.

### 4.3 Quantum dots

In parole povere, il quantum dot (o punto quantico) è una nanostruttura formata da un'inclusione di un materiale semiconduttore, con una certa banda proibita, all'interno di un altro semiconduttore con banda proibita più grande. Questa struttura genera un pozzo di potenziale tridimensionale che confina i portatori di carica, elettroni e lacune, in una piccola regione di spazio in cui i livelli energetici divengono discreti. Si sono dimostrati di notevole interesse applicativo per la possibilità di sviluppare nanodispositivi il cui funzionamento è basato interamente sulla fisica quantistica. Avanti una grandezza che varia da 2 a 10 nanometri rappresentano una delle scoperte più sorprendenti fatte nel campo della nanotecnologia. Come per i nanocristalli, di cui è stato parlato in precedenza, le loro caratteristiche dipendono molto dalle loro dimensioni; infatti, sono in grado di intrappolare un certo numero di elettroni secondo la configurazione che assumono. In pratica, i quantum dots possiedono un energy gap la cui ampiezza è modulabile in funzione del numero di atomi che li compongono. In questo modo, dai vari semiconduttori esistenti in natura, ci viene data la possibilità pratica di ampliare, quasi a piacere, la gamma dei materiali disponibili per l'effetto fotoelettrico.

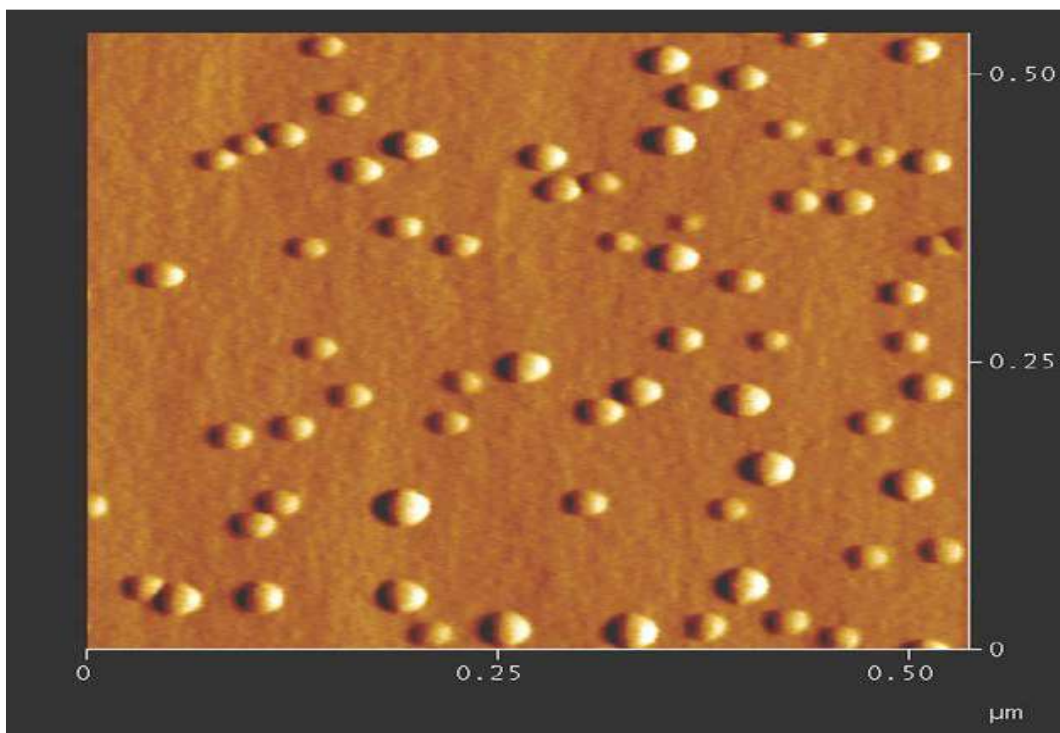


Figura 41: Immagine ad alta definizione di un quantum dots di InAs [T]

Con ciò diventa possibile progettare il materiale fotosensibile in funzione delle varie componenti dello spettro solare in modo da convertire l'energia solare in elettroni con la massima efficienza possibile. Da studi condotti di recente si è stimato che grazie a questa tecnologia si potrebbe portare l'efficienza delle celle solari convenzionali, fino addirittura al valore eccezionale del 66%. Ciò sarebbe possibile sfruttando gli "elettroni caldi" derivanti dalla luce solare ad alta energia: è risaputo che una parte dell'energia si presenta troppo calda per essere convertita in elettricità, e quindi viene smaltita come calore. Questa tecnica sarebbe in grado di condurre gli elettroni a caldo, con l'ausilio di punti quantici in grado di controllare la velocità con cui gli elettroni caldi si raffreddano. Esistono già delle celle solari a quantum dots, sono dispositivi che, nella loro forma più semplice, si basano su una struttura avente un substrato di silicio ricoperto da un sottilissimo strato di nanocristalli quantistici con lo scopo di assorbire la luce. Bisogna dire che, un dispositivo di questo tipo rappresenta una vera e propria rivoluzione dal punto di vista concettuale. I diversi studi sui quantum dots e sulle loro particolari caratteristiche optoelettroniche, hanno evidenziato un meccanismo di funzionamento molto particolare e che può essere suddiviso in due fasi temporali distinte. Ho una prima fase, dove avviene l'effetto fotoelettrico all'interno dei quantum dots: la radiazione solare è trasformata istantaneamente in cariche elettriche. In un secondo momento, avviene la raccolta delle cariche elettriche formatesi in precedenza, da parte del campo elettrico. Il fatto che queste due operazioni, che stanno alla base della conversione fotovoltaica, avvengano in due tempi diversi e non vincolati uno rispetto all'altro, rappresenta un enorme vantaggio nei confronti dei dispositivi a giunzione tradizionali. Si pensa che in futuro, il fotovoltaico basato sui nanocristalli potrà portare vantaggi sia in termini strutturali, dal punto di vista della flessibilità meccanica, sia in termini economici oltre a un miglioramento dell'efficienza fino a un valore superiore al 50% [Figura 39].

## **CAPITOLO 5**

### **NUOVE SOLUZIONI: CELLE SOLARI IN MATERIALI PLASTICI**

La principale barriera alla penetrazione nel mercato da parte del fotovoltaico è, attualmente, il suo costo elevato. L'energia fotovoltaica può diventare più competitiva attraverso lo sviluppo di nuovi materiali e tecnologie di processo per la produzione su ampia scala di moduli a bassissimo costo e dotati, possibilmente, di proprietà innovative, quali flessibilità e leggerezza. Oggi, tra le tecnologie emergenti, destano notevole interesse le celle solari a base di semiconduttori organici, cioè costituite da composti che si trovano negli organismi viventi, animali o vegetali (per definizione, un composto è detto organico se contiene atomi di carbonio con numero di ossidazione inferiore a 4). L'interesse, anche non scientifico, di questi materiali nasce dal rapido incremento delle loro prestazioni: da efficienze di conversione fv dell'ordine di  $10^{-3}$ -  $10^{-2}\%$ , tipiche degli anni '70-'80, si è passati agli attuali valori prossimi al 5%.

#### **5.1 Nuova classe di materiali**

I semiconduttori organici costituiscono una nuova classe di materiali, che combinano le proprietà meccaniche delle plastiche (sono materiali "plastici", dunque flessibili e leggeri) con quelle elettroniche dei semiconduttori inorganici, come il silicio. I semiconduttori organici possono essere facilmente depositati da soluzione su qualsiasi tipo di substrato, in forma di film ultra-sottile. Sono dunque candidati ideali per la realizzazione di dispositivi elettronici flessibili e leggeri e, per questa ragione, sono stati intensivamente studiati, soprattutto nell'ultimo decennio, per applicazioni nell'ambito dei pannelli di visualizzazione (display), delle celle solari, dei dispositivi laser e dei transistor. In effetti, display a base di materiali organici sono in commercio già da qualche anno.

Le proprietà ottiche ed elettriche dei materiali organici con proprietà di semiconduttori derivano dal caratteristico sistema di legami chimici che legano tra di loro gli atomi delle molecole, il cosiddetto sistema coniugativo. Tra i materiali organici

coniugati, i polimeri coniugati rivestono particolare rilievo, tanto da essere considerati i semiconduttori organici per eccellenza. I polimeri convenzionali sono da lungo tempo presenti nella nostra vita quotidiana: costituiscono i materiali plastici più comuni, caratterizzati dalle loro speciali proprietà meccaniche, dalla facilità di lavorazione e dal loro elevato grado d'isolamento elettrico.

Al contrario, i polimeri coniugati sono in grado di condurre corrente elettrica (per questo sono anche noti come polimeri conduttori), pur conservando le proprietà meccaniche tipiche dei polimeri convenzionali. La conducibilità elettrica nei polimeri coniugati può essere variata mediante processi di drogaggio, come nel caso del silicio. Un'ulteriore analogia con i semiconduttori inorganici si rintraccia nella struttura elettronica, caratterizzata da una banda di energia proibita (bandgap), la cui ampiezza dipende a sua volta dalla composizione chimica. Di conseguenza i polimeri coniugati possono emettere luce sotto l'effetto di un campo elettrico, oppure possono dare origine a una corrente elettrica qualora assorbano luce di lunghezza d'onda opportuna. La scoperta delle plastiche in grado di condurre corrente elettrica è stata ritenuta di tale rilevanza da attribuire il premio Nobel per la Chimica nell'anno 2000 ad Alan I. Heeger, Alan G. MacDiarmid e Hideki Shirakawa, per i primi studi sui polimeri conduttori risalenti alla fine degli anni '70.

## **5.2 Eccitoni e cariche libere**

Una differenza fondamentale tra semi- conduttori inorganici e organici è nel meccanismo della generazione di cariche elettriche indotta dall'assorbimento di radiazione luminosa: mentre nei primi l'assorbimento di luce genera direttamente coppie libere elettrone-lacuna, nei materiali organici sono invece generate coppie elettrone-lacuna fortemente legate, chiamate eccitoni. Ciò avviene a causa della forte interazione coulombiana tra cariche di segno opposto, tipica dei materiali organici. Gli eccitoni fotogenerati, cioè prodotti quando i fotoni di opportuna energia colpiscono il materiale, possono muoversi in qualsiasi direzione, con un percorso medio (lunghezza di diffusione) che può variare tra i 10 e i 70 nm ( $1 \text{ nm} = 10^{-12} \text{ m}$ ). Affinché l'assorbimento di luce possa generare una corrente elettrica, gli eccitoni,

mobili ed elettricamente neutri, devono comunque dissociarsi in coppie elettrone-lacuna libere di muoversi.

In relazione a questo, i differenti materiali sono classificati in elettrone-donatori (D) ed elettrone-accettori (A): i primi donano gli elettroni ai secondi allorché gli eccitoni si dissociano all'interfaccia *D/A*. Particolare attenzione, tra gli accettori, merita il fullerene  $C_{60}$  con i suoi derivati, solubili nei comuni solventi organici. Il  $C_{60}$  ha la forma di una gabbia "sferica" cava, formata da 60 atomi di carbonio uniti a formare una rete chiusa di 12 pentagoni e 20 esagoni, esattamente come un pallone da calcio. Questa struttura costituisce la molecola più simmetrica possibile nello spazio euclideo tridimensionale, essendo "la più rotonda" delle molecole rotonde. L'elevatissima simmetria conferisce al fullerene eccezionali proprietà nell'ambito dei materiali organici coniugati.

Fin dai primi studi condotti su miscele polimero elettrone-donatore/fullerene è stato chiaro come la scoperta del  $C_{60}$  abbia determinato una svolta decisiva nello sviluppo del fotovoltaico organico: per tale tipo di giunzione, infatti, la dissociazione degli eccitoni ha un'efficienza prossima al 100%, come dimostrato all'inizio degli anni '90. – I ricercatori che hanno scoperto i fullereni (Harold Kroto, Robert F. Curl e Richard E. Smalley) sono stati insigniti del premio Nobel per la Chimica nel 1996.

### **5.3 Eterogiunzione interpenetrata**

La fotogenerazione di cariche libere è dunque confinata all'interfaccia tra il materiale donatore e quello accettore: maggiore è la superficie d'interazione *DIA*, maggiore il numero di coppie di cariche libere generate. Il modo migliore di combinare i due materiali è quello di ottenere una superficie d'interazione più elevata possibile. Di qui nasce il concetto, semplice ma efficace, di eterogiunzione interpenetrata, che, a partire dalla metà degli anni '90, ha rimpiazzato la struttura a doppio strato organico, adottata in precedenza per le celle.

Nelle nuove celle a eterogiunzione interpenetrata è presente un singolo strato (film) organico, interposto tra due contatti elettrici, costituito da una miscela tra due

materiali, uno donatore, l'altro accettore, La miscelanza deve essere realizzata su scala nanometrica, cioè su una scala comparabile alla lunghezza di diffusione degli eccitoni. In tal caso, infatti, la probabilità che ciascun eccitone foto-generato si dissocia, raggiungendo l'interfaccia D/A, è molto elevata. La miscela tra i materiali elettron-donatore ed elettron-accettore, oltre a essere necessaria per la dissociazione degli eccitoni fotogenerati, ha una seconda funzione fondamentale: il trasporto delle cariche ai contatti elettrici della cella (anodo e catodo). Infatti le lacune devono essere trasportate nel materiale donatore e raccolte all'anodo della cella, mentre gli elettroni, trasportati all'interno del materiale accettore, sono raccolti al catodo. Per una raccolta efficace delle cariche agli elettrodi è necessario che, all'interno della miscela D/A, per ciascuno dei due materiali esistano dei percorsi continui (percolativi) fino ai rispettivi elettrodi. L'esistenza di domini isolati dei due materiali causa l'intrappolamento delle cariche e la loro ricombinazione con quelle di segno opposto: in definitiva si ha un calo dell'efficienza delle celle. È chiaro a questo punto che la scelta di una coppia di materiali, oltre a dover soddisfare determinati requisiti in termini di livelli energetici, è condizionata dall'obiettivo di ottenere un buon trasporto sia delle lacune (tramite il componente donatore) sia degli elettroni (da parte del componente accettore). La miscela D/A può essere realizzata mediante complesse tecniche di evaporazione sotto vuoto di molecole a basso peso molecolare (ad esempio, ZnPc come donatore, C<sub>60</sub> o MePtdi come accettore) oppure mescolando tra di loro due materiali solubili nel medesimo solvente. Questa seconda soluzione è ritenuta quella più interessante dal punto di vista tecnologico: è più semplice e consente la deposizione da soluzione su superfici estese, quindi presenta un costo molto più basso rispetto ad altre tecniche più sofisticate.

Sono state proposte sia miscele (blende) tra un polimero donatore e uno accettore (ad esempio PFB: F8BT o MDMOPPV: CN-MEH-PPV) sia tra un polimero donatore e un derivato fullerenico solubile (MDMO-PPV:PCBM, P3HT:PCBM, P3HT:FPYE). I risultati più promettenti sono stati ottenuti con le blende fullereniche, in particolare con quella P3HT:PCBM. Lo spessore dei film semiconduttori è tipicamente di circa 100 nm, essendo condizionato dalla bassa mobilità delle cariche nei materiali organici. Peraltro, la sottigliezza dello strato semiconduttore non pone una reale

limitazione alla quantità di luce assorbita, grazie agli elevati coefficienti di assorbimento (circa  $10^{-7}$  /cm) che caratterizzano i materiali organici. La morfologia delle blende è di fondamentale importanza per la fotogenerazione e per il trasporto delle cariche e può essere controllata mediante le condizioni di deposizione: solvente, atmosfera, temperatura del substrato, etc. Negli ultimi anni, i ricercatori di tutto il mondo si sono prevalentemente dedicati all'ottimizzazione della morfologia di blende a base di P3HT e di derivati fullerenici, mediante trattamenti termici eseguiti direttamente sulle celle finite (trattamenti di post-produzione). I primi studi sull'effetto di tali trattamenti sulle prestazioni di celle a base di polimero/fullerene sono stati condotti presso l'Istituto CNR-ISOF di Bologna: hanno dimostrato come un trattamento termico a soli 55 °C per 30 minuti possa aumentare drasticamente, anche di 4-5 volte, l'efficienza di conversione delle celle. L'intensa attività di ricerca a livello internazionale, avviata da tali studi, ha portato a una costante crescita dell'efficienza fino all'attuale valore record, prossimo al 5% .

#### **5.4 Prospettive di sviluppo**

I progressi conseguiti negli ultimi anni nel campo delle celle solari plastiche sono indubbiamente significativi, nonostante la comprensione dei meccanismi chimico-fisici che governano il funzionamento di questi dispositivi sia ben lungi dall'essere completa. Lo stato dell'arte attuale vede un'efficienza di conversione fotovoltaica intorno al 5%, valore dimostrato in laboratorio per piccoli prototipi. Molti ricercatori sono coinvolti in un'intensa attività di ricerca, con l'obiettivo di raggiungere efficienze dell'8-10% nel giro di pochi anni. L'attenzione sugli sviluppi del fotovoltaico organico è dimostrata peraltro dall'impegno di alcune compagnie (Nanosys, Konarka, Cambridge Display Technology, per citarne solo alcune) che stanno tentando di sviluppare un nuovo prodotto fotovoltaico leggero e flessibile, realizzato mediante i processi convenzionali di fabbricazione dei film plastici.

Le prime applicazioni dei moduli fotovoltaici plastici potrebbero essere nel settore dei prodotti di consumo a bassa potenza (elettronica portatile), ma sono attese

opportunità di mercato completamente nuove e finora inesplorate per il nuovo potenziale prodotto, che sarebbe estremamente più versatile delle celle solari convenzionali.

### **5.5 Vetro e fotovoltaico**

Il mondo del solare elettrico (fotovoltaico, FV) è stato fino ad oggi dominato dal silicio (Si). La ragione principale, oltre alla sua abbondanza nella crosta terrestre e alla sua non tossicità, fattore che ne facilita la lavorazione, è che la tecnologia del Si è già stata interamente sviluppata dall'industria microelettronica.

Un wafer di silicio (mono o multicristallino), ottenuto con gli scarti dell'industria elettronica, costituisce infatti il cuore di oltre il 90 % dei moduli fotovoltaici venduti oggi. Questa forte dipendenza dall'industria dei semiconduttori, insieme alla forte espansione del fotovoltaico a livello mondiale, ha fatto sì che la disponibilità di silicio sia oggi inferiore rispetto agli anni scorsi. Dopo un lungo periodo in cui il prezzo dell'energia fotovoltaica si è progressivamente ridotto, negli ultimi tempi si è verificato un temporaneo rialzo del prezzo della materia prima che si riflette sul prezzo finale dei dispositivi FV. Al fine di evitare un ulteriore rialzo del prezzo, è quindi importante trovare nuove soluzioni in grado di rivoluzionare le tecniche di produzione dei *wafer* di Si.

### **5.6 I vantaggi del FV a film sottile**

Una grossa potenzialità di riduzione dei costi del FV, risiede in quella che viene definita la *seconda generazione* del fotovoltaico: le tecnologie *a film sottile*. Le tecnologie fotovoltaiche a film sottile (a-Si, a-Si/ $\mu$ -Si, CIS, CdTe) presentano essenzialmente due vantaggi rispetto alla tradizionale tecnologia *wafer-based* (silicio, arseniuro di gallio, etc.). Il primo è la possibilità di realizzare dispositivi con spessori estremamente sottili di materiale attivo, tipicamente un paio di  $\mu\text{m}$  di materiale assorbitore, rispetto agli spessori di 200-300  $\mu\text{m}$  di un wafer di silicio. Ciò permette di risparmiare notevolmente sulla quantità di materiale impiegato e quindi potenzialmente di ridurre il costo finale del dispositivo.

L'altro grosso vantaggio è rappresentato dal fatto che tale tecnologia consente di ridurre le fasi di lavorazione, realizzando ed integrando tra loro più celle durante un unico processo su di un unico substrato (tipicamente vetro). Ciò permette di evitare i costosi processi di assemblaggio meccanico ed elettrico delle celle in un modulo, tipici della tecnologia basata sui *wafers*. Nell'ottica di una produzione su scala industriale, tale tecnologia si presta quindi ad un elevato grado di automazione con un conseguente risparmio dell'intero processo di produzione.

Inoltre tali dispositivi vengono realizzati su substrati a basso costo (tipicamente vetro, ma anche fogli di plastica e metallo) e hanno un più rapido tempo di restituzione dell'energia utilizzata per la loro produzione (*energy pay-back time*) rispetto al Si. Per poterne effettivamente ridurre il prezzo, è però necessario che tali tecnologie beneficino di una economia di scala con produzioni di almeno alcune decine di MWp all'anno, un obiettivo che potrebbe venire raggiunto nell'arco dei prossimi 5 - 10 anni.

### **5.7 Celle e moduli a film sottile**

Le tecnologie fotovoltaiche a film sottile ormai mature a livello di produzione industriale sono principalmente quelle del silicio amorfo (a-Si), le giunzioni *ibride* tra silicio amorfo e microcristallino (a-Si/ji-Si), il diseleniuro di indio e rame (CIS), e il telluriuro di cadmio (CdTe). Esistono quindi differenti materiali semi-conduttori e numerosi processi di deposizione di questi materiali, tuttavia la struttura di una cella o un modulo a film sottile è molto simile indipendentemente dalla tecnologia utilizzata. La tipica struttura di una cella a film sottile è composta da un substrato, generalmente del vetro sul quale vengono depositati in successione, nel caso di una struttura a *substrato*: 1) un contano posteriore metallico, 2) il materiale assorbitore, 3) uno strato *buffer*, 4) un contatto superiore trasparente, generalmente un ossido trasparente e conduttivo TCO (transparent conductive oxide). Lo spessore complessivo del dispositivo finale realizzato sul vetro è di pochi micron (generalmente 2 - 5  $\mu\text{m}$ ). Inoltre, durante un unico processo possono essere realizzate più celle sullo stesso substrato. Le celle vengono prima disegnate rimuovendo meccanicamente o mediante un laser parte dei

materiali precedentemente depositati e poi collegate in serie dallo strato di TCO. Tale processo, che prende il nome di *integrazione monolitica* delle celle, si presta ad un elevato grado di automazione nell'ottica di una produzione industriale (*nel riquadro in alto è mostrata la tipica struttura di una cella solare di CIS e la connessione in serie di due celle adiacenti in un modulo*).

Un aspetto notevolmente interessante di questo metodo è la possibilità di sviluppare sinergie tra le aziende produttrici di vetro e le aziende produttrici di macchinari per la deposizione su larga scala di strati semi- conduttori. Questo genere di macchinari è stato in alcuni casi già ampiamente sviluppato, per esempio nel caso del silicio amorfo per la fabbricazione di schermi piatti, un mercato attualmente in rapidissima espansione. Testimonianza di queste sinergie sono alcune recenti fusioni sul mercato europeo di aziende produttrici di vetro e aziende attive nell'ambito del FV a film sottile.

## **5.8 Tecnologie del film sottile**

Un notevole contributo nella riduzione dei costi del fotovoltaico risiede in quella che oggi viene definita la seconda generazione del fotovoltaico: la tecnologia a film sottile (thin film).

La tecnologia a film sottile presenta essenzialmente due vantaggi rispetto alla tradizionale tecnologia wafer-based.

Il primo è la possibilità di creare dispositivi con spessori molto sottili di materiale attivo, dell'ordine del  $\mu\text{m}$ . Il secondo è rappresentato dalla reale possibilità di ridurre il costo finale del dispositivo risparmiando sia sulla quantità di materiale attivo impiegato, che sulla riduzione delle fasi di lavorazione.

La realizzazione e quindi la successiva integrazione di più celle sun di un unico substrato a basso costo (tipicamente vetro, plastica o metallo) permette di ottenere una riduzione dei costi relativi all'assemblaggio elettrico e meccanico. Per ottenere un'effettiva riduzione del prezzo di mercato, è necessario che tali tecnologie beneficino di una vera e propria economia di scala con produzioni dell'ordine delle migliaia di MWp all'anno, in modo tale che sia un obiettivo raggiungibile nei prossimi 5-10 anni.

E principali tecnologie a film sottile che oramai sono mature a livello di produzione industriale sono le seguenti:

- Silicio amorfo (a-Si)
- CIS (diseleniuro di rame e indio)
- CGIS (diseleniuro di rame indio e gallio)
- CdTe (telluriuro di cadmio)
- Giunzioni ibride (a-Si/ $\mu$ -Si)
- Celle a eterogiunzione.

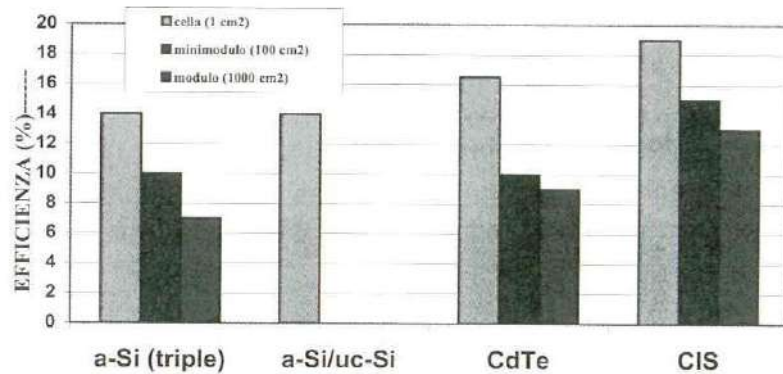
La tipica struttura di una cella fotovoltaica a film sottile, indipendentemente dalla tecnologia utilizzata è costituita essenzialmente da un substrato di vetro dello spessore di 3-4 mm sul quale vengono depositati in successione i vari strati di semiconduttori costituenti la cella, come il contatto metallico posteriore, lo strato di buffer e un contatto superiore realizzato con ossido trasparente e conduttivo (TCO).

Lo spessore complessivo del dispositivo realizzato sul vetro è compreso tra 2-5  $\mu$ m. A livello indicativo, un confronto tra la tecnologia convenzionale wafer-based e film sottile in termini di efficienze attuali e previste nel prossimo futuro, energy pay-back time e costi dei moduli, è riportato nella tabella seguente:

**Tab. 1** - Confronto tra tecnologie

	WAFER - BASED	FILM SOTTILE
<b>Efficienza</b>	oggi 11-17%,,	oggi 5-11%
<b>Energy pay-back</b>	3-8 anni	1-3 anni
<b>Costi</b>	oggi 3,1-5 €/Wp	oggi 2,2-11 €/Wp

**Tab. 2** – Efficienze a confronto tra le varie tecnologie a film sottile



## 5.9 Silicio Amorfo sue caratteristiche

Il silicio amorfo rappresenta la prima tecnologia a film sottile ad essere stata impiegata per ottenere dispositivi fotovoltaici. La peculiarità di non avere una struttura cristallina definita, fece intuire a molti ricercatori la possibilità di creare dispositivi fotovoltaici modificando la struttura atomica mediante deposizione controllata.

In genere il processo di produzione avviene integrando al silicio di partenza materiali come idrogeno, carbonio e ossigeno, in grado di aumentare l'assorbimento della radiazione luminosa e ottenere efficienze fino all'8%. V'è detto che nell'ambito della ricerca tecnologica, si punta a risolvere per la maggior parte due problemi, di cui uno legato al decadimento delle prestazioni nel breve periodo dovuto al cosiddetto effetto Staebler-Wronski (è un fenomeno questo che dà una marcata alterazione e degrado della struttura reticolare, che interviene nella fase di esposizione iniziale alla radiazione solare, dopo circa 200h), e sia lo sviluppo di nuovi moduli che consentano di facilitare l'integrazione da un punto di vista architettonico.

Il confronto che si evince dalle curve di "sensibilità" solare tra una cella in silicio cristallino ed una cella realizzata in silicio amorfo, mette subito in evidenza come le due tecnologie abbiano assorbimenti diversi al variare della lunghezza d'onda della radiazione. Si nota come il silicio amorfo sia più sensibile alle basse lunghezze

d'onda, tipiche della radiazione diffusa, mentre il cristallino sia più produttivo alle lunghezze d'onda più elevate, tipiche della radiazione diretta.

Al fine di aumentare l'efficienza complessiva della giunzione, alcuni produttori hanno commercializzato da poco le prime celle fotovoltaiche ottenute accoppiando ad una cella di silicio cristallino uno strato di silicio amorfo. Di seguito viene indicato nel grafico il confronto tra silicio cristallino e silicio amorfo in termini di sensibilità alle diverse lunghezze d'onda.

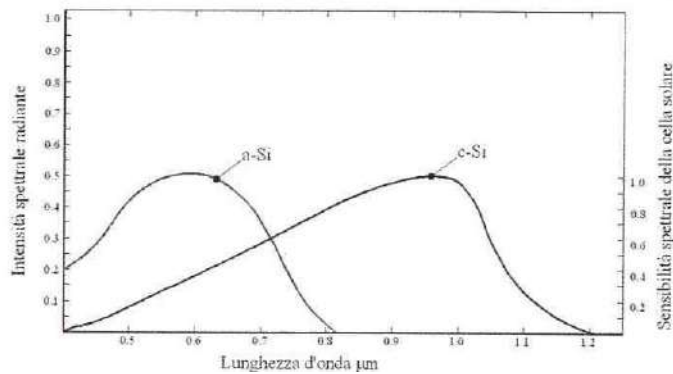


Figura 42

### 5.10 Quali tecnologie per il futuro dei film sottili?

È più che legittimo domandarsi quale tra le principali tecnologie a film sottile abbia le maggiori opportunità di affermarsi nel medio e lungo periodo in un mercato che diventa sempre più competitivo e che continua e continuerà ancora per molto ad essere dominato dal silicio cristallino.

Molto dipende dalle efficienze di conversione massime (stabili) raggiunte dalle principali tecnologie FV a film sottile: a-Si (tripla giunzione), a-Si/μ-Si, CIS e CdTe. Le efficienze sono espresse in funzione della dimensione del dispositivo (celle di piccole dimensioni, minimoduli e moduli provenienti da linee pilota). Le

informazioni relative a moduli e minimoduli *ibridi* o *micromorfi* non sono espresse, in quanto è difficile recuperare informazioni relative a dispositivi stabilizzati. Inoltre, si noti che le efficienze relative a moduli FV effettivamente presenti sul mercato corrispondono a valori in assoluto più bassi di circa l'1-3 %, se paragonati ai valori riportati nel riquadro. Da questi dati si conclude che generalmente le tecnologie del CIS e del CdTe hanno prestazioni maggiori sia in laboratorio che su scala industriale rispetto alle prestazioni stabilizzate dei dispositivi realizzati con gli altri materiali. Tuttavia la tecnologia del silicio amorfo nel suo complesso (singola, tripla giunzione e micromorfo) potrebbe risultare particolarmente promettente per il FV terrestre a basso costo. Nell'ottica di una produzione di massa, i potenziali vantaggi di questa tecnologia sulle altre tecnologie a film sottili sono costituiti principalmente dall'abbondanza della materia prima (il silicio) e dalla sua non tossicità, e dalla possibilità di utilizzare processi di fabbricazione a temperature generalmente più basse, con un conseguente consumo ridotto di energia per la produzione del dispositivo. È tuttavia difficile al momento fare delle previsioni affidabili su quale tra le principali tecnologie a film sottile ha maggiori opportunità di penetrare nel mercato del fotovoltaico, dominato dalla tecnologia wafer-based del silicio cristallino, e affermarsi nel medio e lungo periodo (10-20 anni). Il tutto dipende dalla capacità di queste "nuove" tecnologie di riuscire effettivamente a passare dalla realtà odierna, costituita da volumi di produzioni modesti, se non ancora in fase di produzione pilota, e ad adattarsi alle economie di scala con produzioni dell'ordine di alcune decine o centinaia di MWp all'anno.

### **5.11 La scommessa del futuro**

Il costo del silicio copre quasi la metà dei costi di produzione delle celle solari industriali in silicio attualmente in commercio. Per ridurre la quantità di silicio utilizzato l'industria fotovoltaica sta puntando su una serie di opzioni alternative attualmente in corso di sviluppo nei laboratori di ricerca. La soluzione più ovvia è adottare strati di silicio più sottili. Attualmente lo spessore del substrato di silicio per la produzione di celle solari è di poco superiore ai 200 pm ma sono in via di sviluppo tecnologie che possono coesistere con spessori di poco inferiori ai 100µm. Per fare in modo che si raggiunga uno spessore di silicio da 5 a 20 pm, è possibile depositare uno strato di silicio attivo al di sopra di un substrato a basso costo. Questo tipo di

approccio è definito come celle solari a film sottile di silicio cristallino. Per fare in modo che sia fattibile a livello industriale la sfida è trovare il compromesso ideale tra l'efficienza e la riduzione dei costi in un processo concepito per la produzione su larga scala. Per produrre strati attivi di silicio esistono varie possibilità. Tre sono attualmente in studio da parte dell'Imec, un centro di ricerca indipendente in nanoelettronica e nanotecnologie con sede a Lovanio in Belgio.

### **5.12 L'Abc dell'FV a film sottile**

La prima via da seguire è creare celle solari a film sottile epitassiali. L'idea è utilizzare wafer altamente dopati di silicio cristallino a basso costo (ad esempio dalla purificazione di silicio di grado metallurgico o da materiale di scarto). Su questi wafer viene depositato uno strato epitassiale con il procedimento della deposizione chimica da fase vapore (Cvd). Oltre al vantaggio del costo e della disponibilità, questo approccio consente una transizione graduale dalla tecnologia basata sui wafer a quella a film sottile. Dal momento che il processo è simile a quello classico per il bulk di silicio, questa tecnologia è più facile da implementare sulle linee esistenti di qualsiasi altra tecnologia a film sottile.

Inoltre nelle celle solari a film sottile basate sul trasferimento di strato è possibile depositare con processo epitassiale uno strato monocristallino su un film di silicio poroso che, a un certo punto del processo, viene separato dal substrato. L'idea è di riutilizzare molte volte il substrato di origine, in modo da ridurre il costo finale del wafer per cella solare. Un'interessante opzione in esame è la possibilità di processare il film freestanding separandolo dal film di silicio poroso prima dell'epitassia. Infine, per le celle solari a film sottile in polisilicio, si deposita uno strato di pochi  $\mu\text{m}$  di silicio cristallino su un substrato a basso costo di materiale diverso, come un vetro ceramico o un vetro ad alta temperatura. Il migliore candidato per questo tipo di applicazione sembra il film di silicio policristallino con una grana di dimensioni tra i e 100  $\mu\text{m}$ . Ricerche condotte all'Imec hanno dimostrato che celle solari in silicio policristallino di buona qualità si possono ottenere usando una cristallizzazione di silicio amorfo indotta con alluminio. Questo processo produce strati molto sottili, con una grana media di circa 5  $\mu\text{m}$ . Questi strati di partenza sono poi resi più spessi con epitassia e trasformati in strati assorbitori con uno spessore di svariati  $\mu\text{m}$  attraverso

un processo di deposizione chimica da fase vapore ad alta temperatura, con un tasso di deposizione che supera  $1\mu\text{m}$  al minuto. Come substrati si utilizzano alluminio ceramico e vetro ceramiche. Per la deposizione Imec ha scelto il processo di Cvd termico per l'elevata velocità di crescita e per l'elevata qualità dei cristalli che si può ottenere. Questa scelta però richiede a sua volta l'impiego di un materiale per il substrato esistente al calore, come la ceramica. Questa tecnologia non è ancora matura come le altre utilizzate per la produzione di film sottile, ma mostra un elevato potenziale di riduzione dei costi. Risultati di ricerche condotte sul film sottile, e non soltanto all'Imec, hanno già portato alla realizzazione di celle solari ad alta efficienza oppure più facili da produrre con conseguenti riduzioni dei costi. Per il momento nessuno è riuscito a combinare questi due aspetti. Ma alcuni recenti risultati hanno avvicinato i ricercatori a questo risultato.

### **5.13 Celle epitassiali migliorate**

Per quanto riguarda le celle solari in silicio a film sottile, la loro efficienza ridotta (circa il 12% per le celle semi industriali prodotte con stampa serigrafia) finora ha limitato l'attenzione riservata a questo tipo di celle da parte della comunità fotovoltaica. Rispetto alle celle in bulk di silicio si possono ottenere livelli simili di voltaggio a circuito aperto e di fattore di riempimento (77,8% per le celle in silicio monocristallino). La corrente di corto circuito ( $J_{sc}$ ) è tenuta bassa dal sottile strato otticamente attivo (con spessore inferiore ai 20  $\mu\text{m}$ ). La luce che attraversa lo strato epitassiale si disperde nel substrato di bassa qualità altamente drogato. Come conseguenza è normale registrare una differenza in  $J_{sc}$  di  $\text{mA}/\text{cm}^2$  tra le celle prodotte con le due tecnologie. Le celle solari di silicio cristallino hanno valori di  $J_{sc}$  intorno a  $33 \text{ mA}/\text{cm}^2$  quelle epitassiali a film sottile valori medi intorno a  $26 \text{ mA}/\text{cm}^2$ .

Due nuovi e diversi sviluppi a livello della cella hanno però modificato positivamente questa situazione. Aumentando la lunghezza del percorso ottico nello strato sottile attivo, Imec ha misurato celle epitassiali serigrafate con valori di  $J_{sc}$  vicini a  $30 \text{ mA}/\text{cm}^2$  e con efficienze del 13,8%. Il primo miglioramento che ha contribuito ad ottenere questi risultati è un adattamento della riflessione della luce in

superficie attraverso un procedimento di texturing con plasma a base di fluoro. Idealmente la superficie testurizzata dello strato attivo dovrebbe essere diffusiva al 100% (come un riflettore di Lambert). Questa situazione fa sì che i fotoni si muovano all'interno dello strato attivo a un angolo medio di  $60^\circ$ , che risulta nel miglioramento di un fattore due della lunghezza del percorso ottico. In altre parole uno strato di  $20\ \mu\text{m}$  si comporterebbe otticamente come se avesse uno spessore di  $40\ \mu\text{m}$ . Si è scoperto che questa situazione di rifrazione totale della luce si può ottenere rimuovendo uno strato di silicio di appena  $1,75\ \mu\text{m}$ . La texture al plasma produce non pochi vantaggi a livello della cella: riflessione minore (sotto il 10% partendo dal 35% prima della tesaurizzazione), accoppiamento della luce obliqua e resistenza di contatto inferiore (dovuta alla maggiore area di contatto tra il substrato in silicio e gli elettrodi in argento) È stato osservato un miglioramento assoluto da 1 a 1,5 Jsc, con un miglioramento dell'efficienza dallo 0,5 all'1%.

Un secondo miglioramento è stato ottenuto incorporando un riflettore di Bragg in silicio poroso per intrappolare la luce all'interno della cella. Per ridurre la trasmittanza all'interno del substrato di luce con ampia lunghezza d'onda, è stato posizionato un riflettore intermedio nel punto di interfaccia tra il substrato e lo strato epitassiale. I fotoni che raggiungono questa interfaccia possono ora essere riflessi e passare una seconda volta all'interno dello strato attivo. Siccome la luce è diffusa dal momento del suo ingresso nella cella (per la natura lambertiana della texture al plasma) gran parte dei fotoni colpirà la superficie frontale al di fuori dell'angolo di fuga. Per questo motivo la maggior parte dei fotoni sarà riflessa internamente una terza volta. La storia si ripete da questo momento in avanti tanto da rendere possibili passaggi multipli dei fotoni attraverso lo strato epitassiale. In pratica, il riflettore è realizzato con una crescita elettrochimica di strati alternati di silicone poroso sovrapposti gli uni sugli altri e caratterizzati da porosità diverse, alta e bassa (ottenendo così un riflettore di Bragg multiplo). Durante la crescita epitassiale dello strato attivo, lo stack di silicio poroso si trasforma automaticamente in una serie di strati alternati caratterizzati da vuoti grandi e piccoli. Questa struttura si è dimostrata ideale per realizzare un riflettore basato sul concetto di interferenza costruttiva. Per uno stack di silicio poroso costituito da 15 strati, i calcoli hanno dimostrato un

miglioramento della lunghezza del percorso ottico di 14. In altre parole uno strato di 15µm si comporterebbe otticamente come una piastra di silicio di 210 µm.

#### **5.14 Miglioramento del film sottile policristallino**

Per un altro tipo di celle solari, precisamente le celle solari policristalline a film sottile ottenute con cristallizzazione indotta da alluminio, l'Imec ha da poco ottenuto il record mondiale di efficienza con un valore del 7%, che è di gran lunga l'efficienza più elevata mai ottenuta con questo tipo di celle. Le celle sono state prodotte su substrati ad alta temperatura usando strati di crescita basati sulla cristallizzazione di silicio amorfo indotta da alluminio. Strati che sono stati ispessiti con epitassia alla temperatura di 1.130°C per ottenere strati assorbitori. È importante notare come in questo processo non si faccia uso della (ri)fusione del silicio. Fondere una seconda volta il silicio su un substrato ceramico è un approccio alternativo per ottenere celle solari policristalline. Ma a causa delle temperature estremamente elevate necessarie per questo metodo (oltre 1.400 °C) richiede substrati con una stabilità termica straordinaria e non mancano inoltre i rischi di contaminazione. Il segreto che sta dietro al risultato ottenuto dall'Imec è la progettazione dedicata e l'implementazione dei contatti delle celle combinata con una tesaurizzazione al plasma della superficie. Dal momento che gran parte dei substrati ad alta temperatura indicati per le celle solari a silicio policristallino sono isolanti è stato necessario sviluppare nuovi schemi per i contatti metallici evitando l'impiego di contatti sul retro della cella. Tenendo in considerazione l'obiettivo di costi bassi di produzione, l'approccio più conveniente sarebbe di integrare il processo di interconnessione della cella con quello della fabbricazione. L'approccio dell'Imec è un processo monolitico in cui l'interconnessione della cella è combinata con la realizzazione dei contatti. Tutti i contatti sono realizzati sulla parte superiore della cella secondo un pattern interdigitato. Per ottenere questa nuova struttura dei contatti possono essere utilizzate sequenze differenti. In questo momento viene utilizzato un processo di laboratorio semplice in due fasi, che combina la fotolitografia con l'evaporazione dei metalli. In vista di una produzione di massa, la metallizzazione dovrebbe invece essere condotta in una sola fase, ad esempio con serigrafia o mediante evaporazione attraverso una maschera d'ombra.

Il progetto dedicato dei contatti è stato implementato a livello della cella su celle con area attiva di  $i \text{ cm}^2$  e confrontato con celle che avevano i contatti con la base in periferia. I voltaggi di circuito aperto (Voc) erano paragonabili per entrambi i tipi di celle, ma le celle interdigitate si sono comportate molto meglio in termini di densità di corto circuito (Jsc) e di fattori di riempimento (FF). A seconda della dimensione della grana e dello spessore degli strati, sono state ottenute efficienze fino al 5,6% (3). Il lavoro è stato parzialmente finanziato dai programmi europei di ricerca Athlet, Meteor e Latecs.

Per migliorare ulteriormente la densità di corrente e, di conseguenza, l'efficienza delle celle, è stato applicato un concetto di cella innovativo, basato sulla testurizzazione al plasma. Finora le celle solari in silicio policristallino sono state prodotte configurando il substrato in modo tale da farlo funzionare come riflettore posteriore. Tesaurizzare la faccia anteriore della cella produce un sistema migliore di cattura della luce, riducendone la riflettività frontale e ottenendo un migliore accoppiamento della luce all'interno della cella. Il risultato è stato un aumento della densità di corrente di circa il 15% (risultato ottenuto per un substrato in alluminio). Questo aumento della densità di corrente ha fatto crescere l'efficienza della cella al risultato record del 7%.

Va comunque detto che mentre la Voc ottenuta (506 mV) e il fattore di riempimento (71%) sono in linea con lo stato dell'arte, le densità di corrente ( $19,7 \text{ mA/cm}^2$ ) e l'efficienza delle celle sono ancora troppo basse per pensare a una commercializzazione. Imec si aspetta però di aumentare l'efficienza ben al di sopra del 7% ottimizzando il processo di testurizzazione al plasma e riducendo lo spessore dello strato di campo di superficie posteriore (Bsf). Entro il 2010 le celle solari a film sottile di silicio cristallino su substrati non di silicio dovrebbero raggiungere, secondo le previsioni, costi di fabbricazione inferiori a 1 euro per  $W_p$ . A questo punto è difficile prevedere quale delle soluzioni di fabbricazione in sperimentazione condurrà a un processo industriale. Ognuno ha i suoi pro e contro. Per le celle solari epitassiali a film di silicio molti risultati recenti sono promettenti e incoraggianti, ma prima di pensare a una produzione di massa occorre raggiungere efficienze nell'ambito del 14-15%. Altri requisiti per uno sviluppo industriale sono il

miglioramento della strumentazione per la crescita degli strati epitassiali e lo sviluppo di sistemi a basso costo per la produzione di substrati in silicio. Anche per le celle solari policristalline a film sottile le efficienze prospettate del 7% vanno nella direzione della commercializzazione soprattutto per il costo veramente basso del substrato. I problemi principali da superare rimangono l'ottimizzazione dei processi produttivi e la loro conversione verso step di produzione più standardizzati.

## **CAPITOLO 6**

### **MODULI FOTOVOLTAICI**

La limitata potenza delle celle e la necessità di garantire loro una protezione dalle sollecitazioni esterne (in particolar modo dagli agenti atmosferici), sono le ragioni che conducono all'utilizzo dei pannelli fotovoltaici.

Un pannello fotovoltaico altro non è che l'insieme di più moduli assemblati tra loro al suo interno. Il modulo è costituito da più celle collegate elettricamente tra loro, mentre il pannello fotovoltaico è il risultato di un assemblaggio meccanico di uno o più moduli in un'unica struttura adatta ad essere esposta agli agenti atmosferici.

I moduli fotovoltaici in commercio si configurano esternamente come componenti a due terminali, con curva caratteristica I-V avente un andamento analogo a quello delle celle che lo compongono.

Le differenze tra i moduli in silicio cristallino e dei moduli a film sottile viene indicata in seguito.

#### **6.1 Moduli in silicio cristallino**

Da un punto di vista meccanico la struttura di un modulo fotovoltaico in silicio cristallino è mostrata nella figura 12.

E possiamo individuare nella struttura le seguenti parti costituenti:

- **Vetro anteriore** (spessore 3-4 mm): è un vetro a basso contenuto di ferro che assolve al duplice scopo di proteggere le celle aumentandone la resistenza meccanica del modulo.
- **E.V.A.:** è il dielettrico in acetato vinilileno, posto anche sul retro delle celle che evita l'ingiallimento, garantisce un contatto diretto tra celle e vetro, elimina gli interstizi ed isola elettricamente la parte attiva.
- **Celle fotovoltaiche:** le celle sono posate opportunamente e spaziate tra loro per mezzo di macchine automatiche. Il collegamento elettrico di queste avviene saldando dei collegamenti a nastro ai rebbi principali. In generale il numero standard di celle presenti in un pannello sono 32,64,72,96.
- **Tedlar o vetro posteriore:** aumenta l'impermeabilità all'ossigeno e all'acqua.

Il tutto viene posto all'interno di un forno di laminazione e sigillato ad alta temperatura. Solo successivamente vengono aggiunti: 1) la cornice di alluminio, che viene fissata attraverso un collante siliconico, aumentandone così la resistenza meccanica del modulo, 2) la scatola di giunzione, situata nel lato posteriore del modulo, è la scatola dove vengono eseguiti i collegamenti finali da cui si originano le due polarità del modulo.

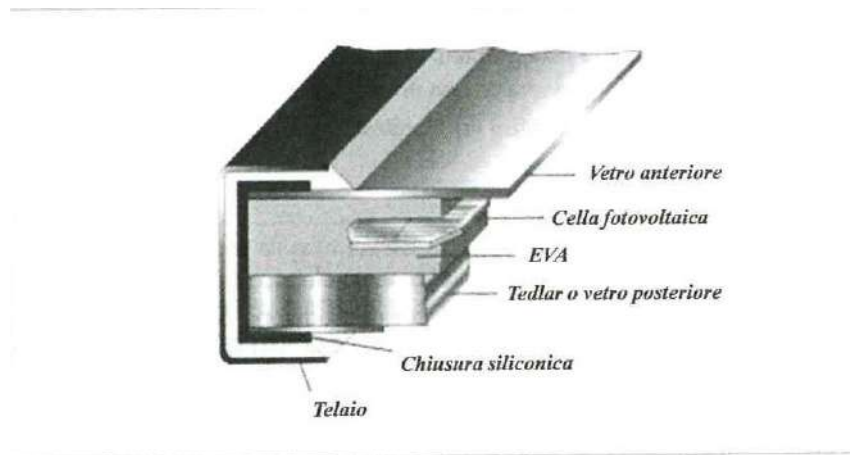


Figura 43 struttura di un modulo fotovoltaico cristallino

## 6.2 Moduli a film sottile

Nel caso dei moduli a film sottile, il collegamento elettrico tra celle per la creazione del modulo avviene durante le fasi di creazione della cella stessa. In sostanza il processo che porta alla realizzazione del modulo è identico a quello della cella, con l'unica variante che il materiale utilizzato come substrato dovrà essere delle dimensioni tali da raccogliere sufficiente materiale attivo per raggiungere il valore di potenza nominale richiesta. In base alla tecnologia a film sottile utilizzata il semiconduttore può essere posizionato al di sopra o al di sotto del substrato.

Nella fase successiva si provvede all'incapsulamento delle celle all'interno di un materiale trasparente (EVA, teflon o resina) e al fissaggio del vetro temperato esposto alla radiazione solare.

Tutte le tecnologie a film sottile sono caratterizzate da un ottimo assorbimento della radiazione solare diffusa rispetto al cristallino. Di conseguenza in siti con elevata

quota parte su base annuale di radiazione diffusa rispetto alla radiazione totale (es.: siti caratterizzati da nebbie frequenti), sia preferibile l'utilizzo della tecnologia a film sottile. In un sito caratterizzato da un elevato numero di ore equivalenti, da ridottissima umidità dell'aria, da un'adeguata ventilazione e dal basso indice di nuvolosità, la tecnologia cristallina in modo molto probabile si comporterà meglio. In fase di progettazione si devono considerare con molta attenzione le condizioni microclimatiche del sito di installazione, verificando che i dati in possesso siano riferiti normalmente a capoluoghi di Provincia, siano simili a quelle del luogo destinato all'installazione dell'impianto.

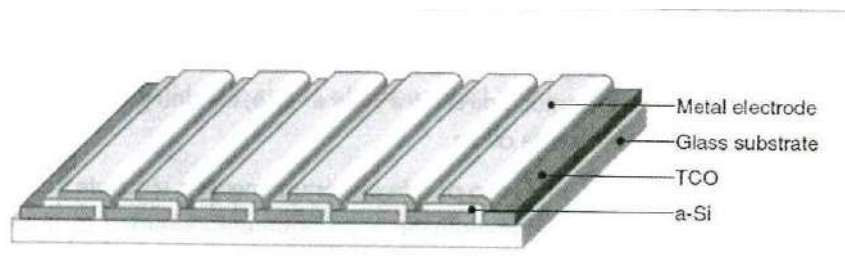


Figura 44 struttura di un modulo a film sottile

### 6.3 Scatola di giunzione

La scatola di giunzione, elemento posto nel retro di ogni modulo fotovoltaico, può essere fornita senza connessioni e con pressatavi standard (tipo PG11, M16), o con cavi a tenuta IP67 e connessione di tipo “plug & play”. La cassetta di terminazione, oltre a contenere le derivazioni dei cavi per la connessione dei pannelli, è anche il luogo in cui vengono alloggiati i diodi di by-pass.

Il diodo dato che non è altro che costituito da una giunzione p-n, la quale in funzione della tensione presente ai suoi capi, consente o impedisce il passaggio della corrente. Questo funzionamento di tipo on-off diventa fondamentale per ottemperare al problema degli ombreggiamenti parziali a cui il modulo potrebbe andare incontro durante il suo normale funzionamento.

Celle fotovoltaiche collegate in serie, e sottoposte allo stesso irraggiamento solare, producono all'incirca la stessa corrente elettrica. Quando però una parte di modulo viene ad essere ombreggiata, le celle coinvolte dall'ombreggiamento si trovano in una condizione penalizzante rispetto alle altre, in quanto non riescono a produrre lo stesso valore di corrente.

Ciò che accade è rappresentato nella figura

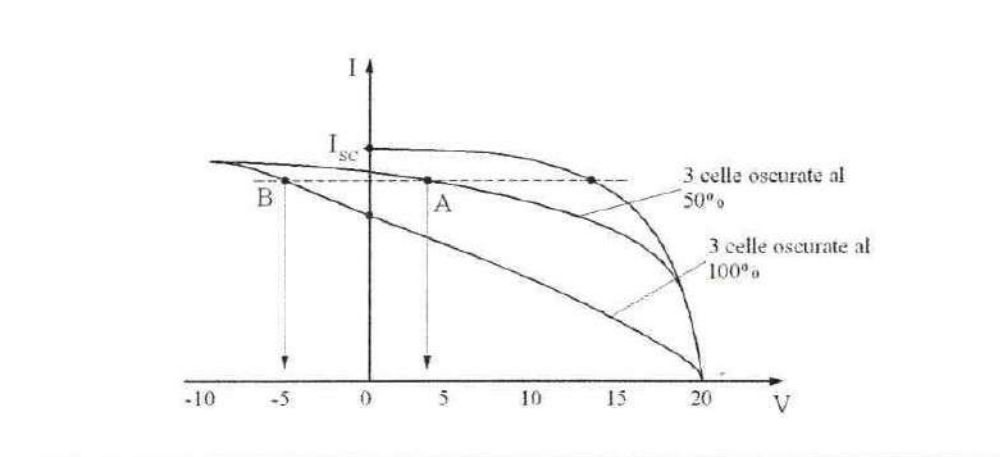


Figura 45 Effetto dell'ombreggiamento delle celle su un modulo

Le celle non ombreggiate forzano un passaggio di corrente nelle celle ombreggiate: fino a che il valore di corrente imposto si mantiene inferiore al valore di corrente di cortocircuito, come nel punto A della curva, si ha il solo svantaggio di una minor produzione energetica. Quando però siamo in presenza di un ombreggiamento totale delle celle, il punto di lavoro del sistema si sposta da A a B, dove le celle ombreggiate per fornire il valore di corrente imposto sono costrette ad operare a tensioni negative, con la conseguenza di perdita netta del sistema. Moltiplicando la corrente per la tensione, si ottiene un valore negativo di potenza, che in termini energetici tali celle lavorano dissipando in calore la potenza generata dalle altre con il rischio di provocare dei punti caldi dannosi.

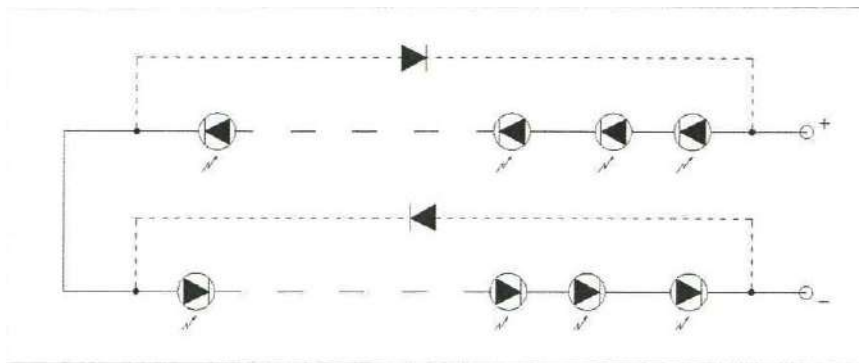


Figura 46 rappresentazione di un modulo con due diodi di by-pass

L'utilizzo dei diodi di by-pass fa sì che in presenza di ombreggiamenti, la corrente elettrica by-passi le celle che sono ombreggiate, salvaguardando le caratteristiche meccaniche ed elettriche del pannello, nonché parte della produzione energetica. Da un punto di vista circuitale la maggior parte dei pannelli fotovoltaici in commercio viene suddivisa in due parti (i moduli), ciascuna delle quali supervisionata da un diodo di by-pass in polarizzazione inversa come mostrato in figura

Qualitativamente un'ombra distribuita su molte celle ha effetti più contenuti rispetto ad un ombreggiamento marcato su una singola cella.

La quantità esatta di energia persa per effetto Joule dipende quindi dalla natura dell'ombreggiamento e dalla posizione del punto di lavoro del modulo sulla caratteristica I-V.

In termini quantitativi, il fenomeno dell'ombreggiamento non ha le stesse conseguenze prestazionali in tutte le tecnologie di moduli attualmente in commercio. Sperimentalmente, si osserva che le celle a film sottile ombreggiate, avendo una curva caratteristica I-V meno rettangolare, garantiscono una perdita di efficienza inferiore rispetto al cristallino. Oltre a questo, mentre nei moduli in silicio cristallino l'ombreggiamento di una cella porta nella migliore delle ipotesi all'esclusione di metà modulo, mentre nei moduli a film sottile la realizzazione di un numero maggiore di diodi di by-pass durante la creazione del film consente di ridurre ulteriormente le perdite di efficienza.

A parità di potenza e di ombreggiamento un modulo in film sottile sarà generalmente in grado di produrre più energia rispetto ad un modulo in silicio cristallino.

#### 6.4 Parametri caratteristici dei moduli fotovoltaici

In base alla Norma CEI EN 50380, i parametri caratteristici di un modulo fotovoltaico, riassunti nella sua scheda tecnica, devono essere i seguenti:

- Potenza nominale o di picco (STC) →  $P_{max}$  [W],[W<sub>p</sub>]
- Tolleranza sulla potenza nominale → %
- Tensione nel punto di massima potenza →  $V_m$  [V]
- Tensione a circuito aperto →  $V_{oc}$  [V]
- Corrente nel punto di massima potenza →  $I_m$  [A]
- Corrente di cortocircuito →  $I_{sc}$  [A]
- Coeff. di temperatura per la tensione →  $C_t$  [mV/°C]
- NOCT → NOCT [°C]
- Tensione massima di sistema →  $V_{max}$  [V]
- Garanzia di potenza

#### 6.5 Collegamento elettrico tra moduli

Al fine di raggiungere il valore di potenza di picco desiderato per il generatore fotovoltaico, occorre effettuare dei collegamenti elettrici in serie e/o in parallelo tra i moduli.

La figura seguente visualizza in termini di curva caratteristica come il collegamento in serie di moduli consenta di aumentare la tensione nominale del sistema, realizzando quella che viene comunemente definita stringa fotovoltaica.

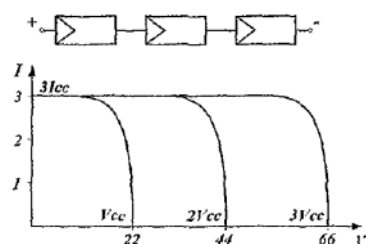


Figura 47 Moduli connessi in serie

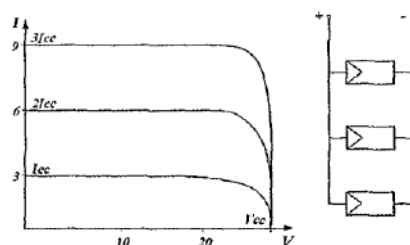


Figura 48 Moduli connessi in parallelo

Il collegamento in serie di moduli consente di ottenere ai capi della stringa una tensione pari alla somma di tutte le tensioni di uscita dei singoli elementi collegati. Nel collegamento in serie di più moduli la corrente viene limitata dal modulo che eroga la corrente più bassa.

Nel caso di connessione in parallelo è la tensione ad essere limitata dal modulo con la minore tensione di lavoro, mentre la corrente ai capi del parallelo risulta essere pari alla somma delle correnti dei singoli elementi.

Per motivi legati alla tensione di isolamento dei moduli stessi e di interfacciamento con l'inverter, solo un limitato numero di moduli può essere posto in serie; ne consegue, che per potenze rilevanti, è necessario lavorare con più stringhe in parallelo.

In ogni caso bisogna considerare che elevate correnti in gioco comportano necessariamente l'adozione di cavi a sezione maggiore e dispositivi di manovra più complessi; di contro abbiamo elevate tensioni che richiedono adeguate e costose protezioni. Condizione essenziale al fine di ottimizzare l'energia prodotta, con la realizzazione di stringhe di uguali caratteristiche, sia per tipo che per numero di moduli fotovoltaici connessi in serie. I moduli dovranno comunque avere uguale

esposizione ed applicazione (azimut, posizionamento, integrazione architettonica ed ombreggiamento). Così facendo si ha con un'opportuna scelta della configurazione del generatore o campo fotovoltaico in fase di progettazione, consentendo di limitare le perdite e di incrementare l'affidabilità del sistema.

## **6.6 Prove sui moduli**

A livello internazionale sono state codificate una serie di prove tipo, ossia da effettuare solo su alcuni campioni di moduli, finalizzate a valutare l'effettiva rispondenza dei moduli ai requisiti di robustezza e sicurezza elettrica attraverso prove elettriche, termiche e meccaniche.

Le specifiche condizioni richieste per l'attuazione di ogni singola prova sono riportate nelle norme:

- CEI EN 61215 (CEI 82-8) per moduli in silicio cristallino
- CEI EN 61646 (CEI 82-12) per moduli in film sottile.

## **6.7 Il campo fotovoltaico**

Con il termine campo o generatore fotovoltaico si va ad indicare un sistema costituito da una o più stringhe collegate fra loro al fine di ottenere la potenza desiderata. La protezione della singola stringa è realizzata mediante diodo di blocco o fusibile.

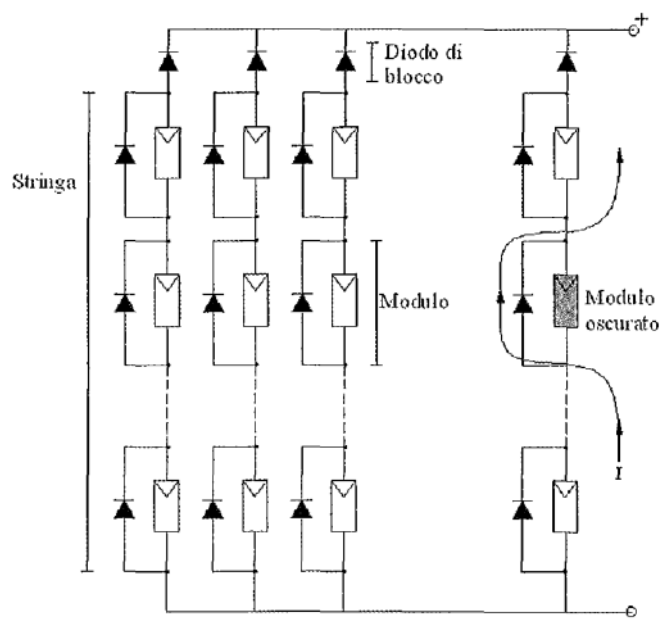


Figura 49 rappresentazione di un campo fotovoltaico

Parlando di diodi, in generale essi vanno ad essere raggruppati o all'interno del quadro di parallelo stringhe (quadro di campo) o all'interno dell'inverter, dove svolgono una funzione di protezione a livello di singola stringa sia nel caso di sistemi connessi in rete, sia nel caso di sistemi in isola. Negli impianti grid-connected (impianti collegati direttamente alla rete elettrica di distribuzione), lo scopo è quello di evitare ritorni di energia su una stringa penalizzata a causa di un ombreggiamento parziale, mentre nei sistemi in isola il diodo ha la funzione di evitare la dissipazione notturna dell'energia elettrica immagazzinata dall'accumulo. L'utilizzo solo dei diodi presenta degli inconvenienti, dovuti alla necessaria presenza di un dissipatore all'interno del quadro che li ospita, e ad una caduta di tensione non trascurabile qualora vengano impiegati in sistemi in isola (nell'ordine dello 0,5-2%).

## 6.8 Disposizione dei pannelli

La condizione ottimale, per una maggiore producibilità dell'impianto fotovoltaico è quella di avere a disposizione una superficie di installazione priva di ombreggiamenti.

Un buon risultato è per la maggior parte conseguibile tramite un collegamento mirato dei moduli fotovoltaici a formare una disposizione appropriata delle stringhe dell'impianto.

In generale, al fine di ridurre le perdite di efficienza del sistema è buona regola tener conto:

- limitare il numero di stringhe ombreggiate;
- prediligere la connessione parallelo rispetto alla connessione in serie.

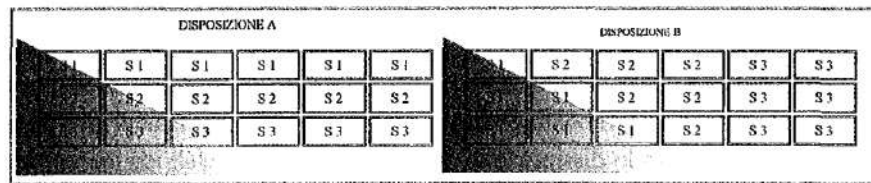


Figura 50 disposizione delle stringhe in funzione dell'ombreggiamento

### Ombreggiamento reciproco tra schiere

Per quanto concerne il problema relativo all'ombreggiamento vi è da considerare il fatto che l'installazione di impianti fotovoltaici su tetti inclinati non presenta problemi di ombreggiamento reciproco tra moduli, cosa invece che avviene su strutture portanti a cavalletto utilizzate in presenza di superfici piane. Disponendo i pannelli su più file parallele, ad esclusione della prima schiera tutte le altre avranno una porzione di cielo oscurata dalla fila precedente, con parziale riduzione della radiazione riflessa captabile. Ciò che è importante evitare è l'ombreggiamento reciproco tra le schiere che vada a ridurre anche la porzione di radiazione diretta giornaliera incidente sulla superficie dei moduli. Nella figura sottostante si mostra l'ombreggiamento sistematico creato da file parallele di moduli.

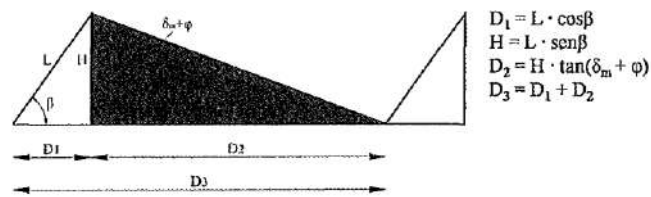


Figura 51 ombreggiamento sistematico creato da file parallele di moduli

Il montaggio dei moduli fotovoltaici con il lato lungo in posizione orizzontale consente ovviamente di ridurre la distanza reciproca tra le file, ma in questo caso occorre assicurarsi che il costruttore dia le sue garanzie per questa modalità di installazione.

### **Orientamento ed inclinazione dei pannelli**

L'orientamento e la relativa inclinazione che deve essere ottimale per i moduli in un impianto fotovoltaico installato in Italia è di  $30^\circ$  in direzione sud. Riducendo l'inclinazione è possibile orientare i moduli in direzione sud-est o sud-ovest, senza apprezzabili variazioni dell'energia prodotta dall'impianto. In ogni modo è essenziale orientare allo stesso modo tutte le sezioni di un generatore fotovoltaico collegate allo stesso inverter, oppure usare inverter multistringa in grado di bilanciare eventuali gap di produzione tra le stringhe di moduli che sono collegate ai suoi terminali di ingresso.

### **6.9 Strutture di sostegno**

I vari metodi e modi di installazione degli impianti fotovoltaici hanno determinato lo sviluppo di numerose soluzioni per l'ancoraggio dei moduli.

In base alle varie applicazioni dei moduli fotovoltaici le tipologie di installazione si suddividono sostanzialmente in tre tipi:

- strutture a cavalletto;
- strutture in retrofit o per l'integrazione;

- strutture per l'inseguimento solare

La progettazione di queste strutture deve avvenire nel rispetto delle leggi e della normativa di settore come il D.M. del 16 Gennaio 1996 e la Circolare del 4 Luglio 1996.



Figura 52 - Pannello amorfo



Figura 53 – Pannello in Silicio Cristallino

## CAPITOLO 7

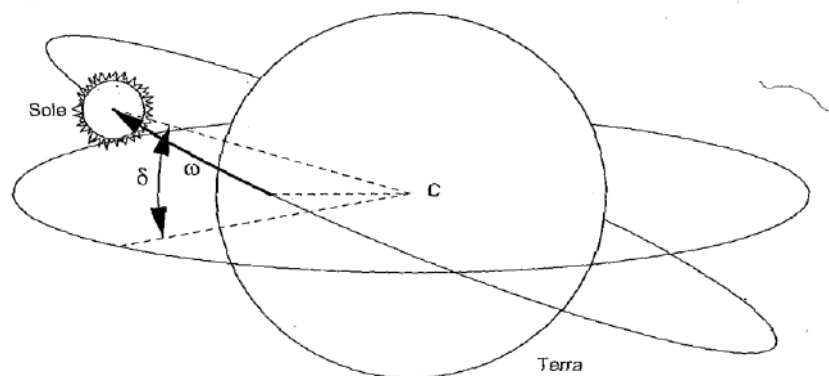
### ANALISI DI PRODUCIBILITA' DELL'IMPIANTO FOTVOLTAICO

#### 7.1 Calcolo della radiazione solare teorica sul piano dei moduli

La radiazione solare si presenta sulla fascia esterna dell'atmosfera terrestre con una potenza media di  $1367 \text{ W/m}^2$  (costante solare) e con una distribuzione spettrale che spazia dall'ultravioletto all'infrarosso termico secondo l'andamento della curva AM 0. Se ci si trovasse al di fuori dell'atmosfera terrestre sarebbe sufficiente posizionare i moduli fotovoltaici perpendicolarmente alla direzione di arrivo dei raggi solari per potere intercettare sempre tutta la potenza disponibile. Sulla superficie terrestre le cose vanno purtroppo in maniera po' differente: a causa della rotazione della terra sul proprio asse, l'inclinazione dei raggi solari incidenti su un piano posto sulla superficie e parallelo ad essa varia con l'ora del giorno ed inoltre, poiché l'asse di rotazione terrestre è inclinato di  $23,5^\circ$  rispetto al piano su cui giace l'orbita di rivoluzione della terra attorno al sole (1), l'inclinazione dei raggi solari dipende anche dalla posizione del globo terrestre su tale orbita e quindi dal giorno dell'anno.

#### 7.2 Calcolo dell'angolo orario $\omega$

Questi due concetti sono espressi matematicamente, in modo molto semplice, per mezzo di due angoli (figura 54). Figura 54



Il primo,  $\omega$ , è detto *angolo orario* e tiene conto della rotazione della terra attorno al proprio asse. Il suo valore, compreso tra  $0^\circ$  e  $360^\circ$ , può essere ricavato dalla seguente espressione:

$$\omega = 15(t_s - 12)$$

dove  $t_s$  è l'ora solare, compresa tra 0 e 24.

*Tuttavia*, non sempre l'ora convenzionale  $t$  (quella ufficiale, che si legge sull'orologio, identica per ogni fuso orario) coincide esattamente con l'ora solare e pertanto quest'ultima va calcolata tenendo conto della posizione del Sito all'interno del meridiano corrispondente.

A titolo di esempio, in particolari tabelle vengono riportate le differenze angolari per alcune località italiane ed estere, all'interno del fuso orario centrato sul meridiano di longitudine  $+ 15^\circ$  (avanti di un'ora rispetto al meridiano di Greenwich): il valore di  $A\omega$  è stato ottenuto dividendo per  $15^\circ$  (rotazione terrestre corrispondente ad 1 ora) il valore di  $A\omega$ .

Nel calcolo dell'ora solare è possibile poi tenere conto dell'effetto dovuto alla combinazione del moto della terra attorno al proprio asse con quello di rivoluzione attorno al sole che avviene su un'orbita ellittica. Questo effetto è in genere modesto in quanto non va oltre scostamenti di  $\pm 15$  minuti. Proprio per la loro lieve entità, questi scostamenti sono riportati come medie mensili, ricavate dalla cosiddetta *equazione del tempo*. In definitiva, l'ora solare  $t$  è ricavabile sommando all'ora convenzionale  $t$ , (attenzione all'ora legale!) il contributo dovuto alla variazione della longitudine del sito  $A\omega$  (rispetto al meridiano su cui è centrato il fuso orario corrispondente) e aggiungendo poi lo scarto dipendente dalla equazione del tempo  $\Delta t_t$ :  $t_s = t_c + \Delta t_\omega + \Delta t_t$

Per semplificare i calcoli conviene esprimere i tempi in ore e loro frazioni decimali. Analogamente, gli angoli saranno espressi in gradi sessagesimali e frazioni decimali di grado.

La parte frazionaria, sia delle ore che degli angoli si ottiene allora moltiplicando per  $5/3$  nel primo caso i minuti primi e nel secondo i primi di grado. I secondi, sia temporali che angolari, possono invece essere trascurati.

### 7.3 Calcolo della declinazione $\delta$

La declinazione  $\delta$  che, come si è detto, tiene conto dell'effetto dell'inclinazione dell'asse terrestre, può essere calcolata approssimativamente (2) per mezzo della seguente formula:

$$\delta = 23,5 \sin [360 (284+n)/365]$$

dove per  $n$  si intende il numero del giorno dell'anno considerato di 365 giorni.

### 7.4 Calcolo dell'angolo di incidenza $\theta$

Supponiamo di considerare un sito caratterizzato dall'aver una particolare latitudine  $p$  (positiva per l'emisfero Nord, negativa per quello Sud) e un proprio valore di longitudine che viene utilizzato per calcolare l'angolo orario  $w$ . Dovendo realizzare un impianto fotovoltaico, i moduli vengono allora posizionati con una inclinazione rispetto all'orizzontale pari a  $13^\circ$ , angolo questo da considerarsi positivo se rivolto verso l'equatore.

Se poi la normale al piano dei moduli non è contenuta nel piano del meridiano corrispondente, cioè l'impianto risulta rivolto anche verso ovest o verso est, occorre tenere conto di questo fenomeno per mezzo dell'angolo di azimut  $a$ , (scostamento azimuthale) positivo per rotazioni verso ovest, negativo verso est. A questo punto si dispone di tutti i dati necessari per potere calcolare l'angolo di incidenza  $\theta$ , esistente tra i raggi solari e la normale ai moduli. Se  $\theta = 0^\circ$  la radiazione solare è perpendicolare ai moduli e, viceversa, se  $\theta = \pm 90^\circ$  la radiazione solare è parallela al piano delle celle.

### 7.5 Radiazione diretta

Se si indica con  $I$  la radiazione diretta raccolta da un modulo orientato con angoli  $\alpha$  e  $\beta$  in un punto posto sulla superficie terrestre di latitudine  $\theta$ , in un particolare istante caratterizzato dai parametri  $\omega$  e  $\delta$  e intensità della radiazione misurata al suolo sul piano orizzontale pari a  $I_{OR}$ , questa avrà il valore:

$$I = I_{OR} \cos \theta / \cos \theta_h$$

Dove  $\theta_h$  è l'angolo di incidenza tra la traiettoria dei raggi solari e la normale al piano orizzontale. Considerando l'espressione analitica di  $\cos \theta$ , per  $\cos \theta_h$  si ha:  

$$\cos \theta_h = \sin \delta \cdot \sin \Phi + \cos \delta \cdot \cos \Phi \cdot \cos \omega$$
Il risultato ottenuto è generalmente valido solo per valori di  $\theta$  positivi. In caso contrario, la radiazione solare sarebbe orientata verso la faccia posteriore delle celle. In alcuni casi particolari (moduli *double face*) è previsto che la radiazione solare possa arrivare da entrambi i lati. Occorre tuttavia sempre verificare nei calcoli che ci si trovi in una condizione di effettiva esposizione, ossia non vi siano ostacoli interposti.

Benché l'equazione che permette di ottenere  $\cos \theta$  a partire dai dati prima visti possa apparire un po' complessa, va comunque osservato che, se utilizzata in un programma di calcolo consente di ottenere rapidamente risultati significativi sul comportamento di un dato impianto fotovoltaico in differenti condizioni operative. I calcoli possono riguardare particolari istanti di osservazione o essere ripetuti per periodi più o meno lunghi, consentendo così interessanti simulazioni di resa energetica.

La misura della sola componente diretta della radiazione solare, si effettua mediante uno strumento di forma cilindrica chiamato pireliometro. Il cilindro, mascherando la porzione di volta celeste, consente ai soli raggi provenienti dal disco solare di incidere su un sensore ottenendo così la misura dell'energia associata alla sola radiazione collimata. E' evidente che il pireliometro deve rimanere costantemente puntato verso il sole; per questo, lo strumento è montato su un inseguitore automatico.

## **7.6 Radiazione diffusa**

L'atmosfera terrestre, oltre ad attenuare la radiazione solare nelle sue varie componenti spettrali, ne provoca anche una parziale o totale diffusione sulla volta celeste. La radiazione solare a livello del suolo si trova pertanto suddivisa in una componente diretta e in una diffusa. Questa ripartizione è funzione delle condizioni meteorologiche: con cielo coperto la radiazione è quasi tutta diffusa, mentre se il cielo è sereno la componente diffusa non supera generalmente il 15 % del totale.

I moduli fotovoltaici sono sensibili a entrambe le componenti ma con modalità differenti: mentre la componente diretta è trattata facendo uso delle considerazioni geometriche e temporali precedentemente viste, la componente diffusa può essere, almeno in prima approssimazione, considerata isotropa, cioè distribuita uniformemente sulla volta celeste.

I moduli fotovoltaici sono in grado di vedere una maggiore o minore porzione di cielo a seconda della loro inclinazione rispetto al piano orizzontale e dalla conformazione dell'ambiente circostante; pertanto, la radiazione diffusa da essi raccolta è generalmente solo una parte di quella ottenibile in condizioni ideali (modulo orizzontale senza ostacoli alla radiazione sull'orizzonte). Se indichiamo con  $D_{OR}$  la densità di potenza della radiazione diffusa raccolta su un modulo orizzontale non contornato da ostacoli, la frazione  $D$  raccolta da un modulo con inclinazione pari a  $\beta$  rispetto all'orizzontale, è pari a:

$$D = D_{OR} (1 + \cos \beta) / 2$$

La radiazione solare diffusa viene misurata con un solarimetro posto sul piano orizzontale oscurando, con una opportuna fascia metallica fissa, il disco solare per tutto l'arco del suo moto. La radiazione diffusa oscilla tipicamente da 0 a  $250 \div 300 \text{ W/m}^2$ . In media la radiazione diffusa in Italia rappresenta circa il 25% della radiazione globale ed è maggiore nella fascia settentrionale.

## 7.7 Albedo

I moduli fotovoltaici raccolgono la radiazione solare, oltre che attraverso le già viste componenti diretta e diffusa, anche in un terzo modo costituito dalla riflessione sul suolo o da ostacoli prospicienti verso i moduli stessi.

Questa componente della radiazione è detta componente di albedo e dipende sia dalle caratteristiche dell'ambiente visto dai moduli fotovoltaici, che dall'inclinazione di questi ultimi rispetto all'orizzontale.

Il fattore di albedo viene generalmente ricavato da osservazioni sperimentali e può variare in dipendenza del periodo dell'anno: si pensi ad esempio all'effetto di un terreno che nei mesi invernali si ricopre di neve o ghiaccio. Se indichiamo con  $G_{OR}$  la radiazione totale sul piano orizzontale e  $\rho_g$  il fattore di albedo, la radiazione  $R$

raccolta da un modulo inclinato per effetto dell'albedo può essere espressa dalla seguente equazione:

$$R = G_{OR} \times \rho_g (1 - \cos \beta) / 2$$

Valori tipici del fattore di albedo per alcuni tipi di superfici sono riportati nella tabella 3

### 7.8 Soleggiamento di un sito: dati caratteristici

Sulla base di quanto visto nel paragrafo precedente, la radiazione solare complessivamente raccolta da un modulo fotovoltaico è formata dalla somma delle sue tre componenti, diretta, diffusa e di albedo:

$$G = I + D + R$$

Queste quantità, che la geometria solare ci aiuta a definire, dipendono essenzialmente dalla latitudine: più ci si avvicina all'equatore più aumenta l'energia.

Tabella 3 - Valori tipici del fattore di albedo

Superficie	Albedo
Neve (caduta di fresco con un film di ghiaccio)	0,75
Superfici d'acqua (con elevati angoli di incidenza)	0,70
Pareti di edifici chiare (mattoni chiari, ecc.)	0,60
Foglie secche	0,30
Pareti di edifici scure (mattoni rossi, pitture scure)	0,27
Foresta in autunno	0,26
Erba verde	0,26
Cemento	0,22

Erba secca	0,20
Superfici di rocce non omogenee	0,20
Terreni argillosi	0,14
Superfici di bitume e ghiaia	0,13
Foresta in inverno	0,07
Strade bianche	0,04

solare media che raggiunge il suolo. Fermo restando, comunque, che la reale disponibilità di energia solare captabile dipende dalle condizioni atmosferiche e quindi dalla loro aleatorietà.

Dalla latitudine dipende l'altezza media del sole sull'orizzonte e la massa di aria che i raggi solari devono attraversare per arrivare al suolo. Più basso è il disco solare sull'orizzonte, maggiore è la massa di aria attraversata dai raggi solari e maggiore è l'attenuazione della radiazione. Inoltre, la latitudine influenza la differenza di durata del giorno tra estate ed inverno: al nord Italia la differenza tra il giorno più breve e quello più lungo è di circa 6,6 ore mentre al sud è di 5,1 ore. Ne consegue che la distribuzione dell'energia solare durante i mesi dell'anno è leggermente più uniforme al sud che al nord. Infine, latitudine e territorio diventano alleati nel determinare le ombre che possono limitare l'esposizione all'irraggiamento nelle zone collinari o montane. Ma la regola della latitudine presenta importanti eccezioni. La presenza nel mondo di grandi aree desertiche all'altezza dei tropici, dove si raggiungono i valori massimi di insolazione, indica che la latitudine non è sufficiente da sola a spiegare la distribuzione dell'energia solare sulla superficie terrestre.

Sul territorio italiano, altre caratteristiche influenzano clima e radiazione solare: l'arco alpino, che protegge parzialmente l'area padana dai rigori continentali ed il mare "nostrum", che mitiga notevolmente le differenze termiche tra estate ed inverno riducendo la nuvolosità invernale lungo i litorali e i versanti appenninici. Scendendo

lungo lo stivale il mare domina sempre più la meteorologia dei litorali, in modo tale che il clima diviene via via più mediterraneo. Ma le anomalie si riscontrano anche a livello locale: il clima mite delle riviere liguri, specie quella di ponente, quello delle zone dei laghi ed in particolare della riviera meridionale del lago di Garda sono due esempi di anomalie territoriali. Queste zone dispongono d'inverno di un soleggiamento simile a quello che si ritrova nel centro-sud della penisola. Al contrario alcune aree risultano sistematicamente sfavorite: l'area appenninica della Garfagnana, ad esempio, è in genere più nuvolosa delle zone circostanti. Come pure alcune aree interne appenniniche del Mezzogiorno (il Potentino o il complesso della Sila) che hanno un profilo climatico e un ambiente naturale più simile a quello alpino che a quello mediterraneo, pur trovandosi a 39° di latitudine. O anche le isole minori dell'Italia centrale che godono di un clima che dipende più dalla presenza del mare che della latitudine geografica.

Con queste premesse, risulta indispensabile per il progettista che si accinge ad affrontare il dimensionamento dei componenti di un impianto ad energia solare (sia fotovoltaico che termico) raccogliere indicazioni quantitative sull'andamento dei dati storici di radiazione solare per il sito prescelto.

## **7.9 I dati di radiazione solare in Italia**

Una logica conseguenza della variabilità morfologica del nostro territorio e dei suoi microclimi è che non è sempre facile disporre di informazioni dettagliate ed affidabili sul valore della radiazione solare. Anche la *qualità* della radiazione e la sua continuità possono essere importanti. Le diverse tecnologie solari sono variamente sensibili alla continuità della radiazione solare. Gli impianti fotovoltaici, i collettori piani e i sistemi passivi sono meno sensibili alla nuvolosità rispetto agli impianti solari termici a concentrazione che utilizzano solo la radiazione diretta proveniente dal disco del sole.

Il profilo solare di una località è definito dalla quantità, dall'intensità e dalla distribuzione annuale della radiazione solare; questi dati permettono di valutare

preliminarmente la potenzialità di un sito e la produttività di un impianto, ed in definitiva il suo grado di economicità.

All'inizio degli anni '90, l'Aeronautica Militare Italiana — AMI ha provveduto ad informatizzare le sue stazioni di acquisizione dati indispensabili alle analisi meteorologiche ed alla sicurezza del volo (ora di competenza dell'ENAV — Ente Nazionale Assistenza del Volo). In quegli stessi anni il Ministero delle Politiche Agricole attraverso l'UCEA — Ufficio Centrale di Ecologia Agraria ha avviata una propria campagna di misure (Rete Agrometeorologica Nazionale - RAN) e diversi Enti Locali hanno dato vita a Servizi Territoriali di previsione meteo o di controllo dei parametri ambientali a sostegno delle attività agronomiche, difesa dell'ambiente e della salute pubblica. A questa massa di dati stanno contribuendo anche altre organizzazioni come le Università, l'ENEA, il Gruppo ENEL, aziende private, ecc. che acquisiscono i dati a scopo di studio e ricerca. In sintesi, è verosimile che attualmente, il dato di radiazione solare globale sul piano orizzontale, venga acquisito in 100 ÷ 200 siti diversi e per motivazioni fra le più svariate. Storicamente, i dati di radiazione solare acquisiti sul territorio sono stati elaborati dal CNR nell'ambito del *Progetto finalizzato Energetica* alla fine degli anni '70. In varie pubblicazioni, ormai quasi introvabili, venivano riportati i dati medi mensili acquisiti nei siti dell'AMI adeguatamente rielaborati. Nello stesso periodo veniva realizzata, sempre sotto il controllo del CNR, una ampia banca dati informatizzata con raccolti i dati meteo-climatici elaborati di 69 località italiane. Questa banca dati (Anni Tipo) è formata da dati orari annuali di temperatura, umidità, radiazione solare globale orizzontale, diretta e diffusa calcolati mediante algoritmi e ricostruiti da una base ventennali di dati. Nonostante alcuni dubbi sull'attendibilità dei valori delle radiazione calcolati, la banca dati ha avuto notevole diffusione grazie alla caratteristica unica, mai replicata finora, di disporre di dati medi orari, facilmente utilizzabili nei modelli di calcolo.

### **7.9.1 La norma UNI 10349**

Sulla base di queste acquisizioni ed elaborazioni nascono le prime normative UNI 8477 del 1983 dove la radiazione solare globale giornaliera media mensile sul piano orizzontale viene riportata per le sole 28 località dove il dato è effettivamente acquisito. Questa norma UNI è stata aggiornata ed ampliata nel 1994 con la pubblicazione della UNI 10349. Va osservato che questa normativa è finalizzata a fornire elementi di riferimento standard nel calcolo dei flussi energetici per il comfort in edilizia. Nella norma UNI 10349 attualmente in vigore sono riportati i dati standardizzati di radiazione solare per i 101 capoluoghi di provincia. In particolare, vi si trovano le medie giornaliere mensili di radiazione solare diretta e di radiazione solare diffusa rapportate al piano orizzontale (la componente di albedo può essere ragionevolmente stimata sulla base dei valori assunti da queste due componenti). Osserviamo che, in questa norma, la massa originale di dati realmente acquisiti è molto più contenuta di quella pubblicata: tutti gli altri numeri sono stati ricavati mediante elaborazione. Un'altra fonte di dati di radiazione solare sono le pubblicazioni biennali dell'ISTAT "Statistiche Ambientali" pubblicate dal 1991. In questi volumi si trova un capitolo che riporta i dati di radiazione solare globale e di eliofanìa per alcune delle località monitorate dall'ENAV. In definitiva, si osserva che una quantità contenuta di dati originali realmente acquisiti di radiazione solare ha dato origine a molte pubblicazioni non sempre coerenti tra loro. Le elaborazioni che estendono ai siti non controllati il dato di radiazione solare non sempre risultano attendibili. Pertanto la descrizione di dettaglio della distribuzione della radiazione solare sul territorio italiano non è ancora adeguata sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo. Come per tutta la normativa tecnica, il progettista deve considerare che i dati in essa contenuti risultano essere il riferimento progettuale.



Figura 55

### 7.9.2 L'Atlante Solare Europeo

Nella seconda metà degli anni '70, il lavoro svolto dall'Istituto di Fisica dell'Atmosfera del CNR — IFA —, sempre sulla medesima fonte di dati AMI, ma limitata al decennio 1966-1975, ha permesso la realizzazione delle mappe dell'Atlante Solare Europeo, che, con le sue versioni progressive, rimane uno dei riferimenti di base per conoscere la distribuzione della radiazione solare sul territorio italiano. La mappa di radiazione solare globale orizzontale media annuale (mappe

isoradiative) tratta dall'Atlante (figura 1.2) mostra una distribuzione della radiazione che riflette la forma della penisola italiana. Se si osserva l'andamento delle isopire (le linee a pari valore di energia da radiazione solare) si nota come la presenza del mare abbia un effetto positivo sull'insolazione, di modo che le coste liguri e ancor più quelle francesi beneficiano di valori di radiazione simili a quelli dell'Italia centro-meridionale, confermando che la latitudine non è l'unico parametro che determina la distribuzione dell'energia solare.

La mappa tuttavia ha una scala spaziale dell'ordine di 50 o 100 km e non tiene in considerazione gli effetti dei microclimi locali (ad esempio, la ridotta radiazione dei complessi del Gran Sasso e della Sua dove vige un clima semi-alpino). Pur con le stesse approssimazioni evidenziate, l'Atlante Solare Europeo riporta anche le mappe della distribuzione della radiazione solare ricalcolata per diversi piani variamente inclinati ed orientati. Queste mappe sono molto utili in quanto permettono di quantificare, in prima approssimazione, il valore dell'energia mensile disponibile che realmente può essere utilizzata da una superficie captante installata su un tetto o su una parete verticale di un edificio senza ricorrere a programmi di calcolo. Da notare che, analogamente alla norma UNI 10349, anche le mappe dell'Atlante estendono ai siti non monitorati i valori interpolati raccolti nelle stazioni: questa operazione non solo 'dimentica' gli effetti meteo locali al di sotto di una certa scala spaziale come per la norma UNI, ma non tiene conto della eventuale presenza di macrostacoli naturali e delle ombre che questi proiettano, dato invece essenziale per l'installazione in ambiente montano o collinare.

A beneficio del progettista solare, si osserva che i valori dell'Atlante Solare Europeo sono in genere inferiori da 5 a 15% rispetto a quelli presentati sulla norma UNI 10349. Si osserva inoltre che, a prescindere dalla normativa vigente UNI 10349, l'Atlante Solare è lo strumento comunque più usato dai progettisti solari che vi trovano riscontri più aderenti alla realtà dei dati di prestazione sul campo.

### 7.9.3 Mappe solari satellitari

Dalla metà degli anni '90 sono andate diffondendosi le tecniche che utilizzano le immagini da satellite per il calcolo della radiazione solare a terra. I satelliti meteorologici, in particolare quelli Meteosat per l'Europa, inviano a terra ogni mezzora immagini digitali dello stato del cielo, sempre dallo stesso punto di osservazione. Mediante l'analisi software delle loro immagini è possibile distinguere le nuvole dal suolo, ricostruendo così mappe di sola nuvolosità. Sommando un gran numero di immagini è possibile stimare statisticamente il grado di nuvolosità nel tempo di un dato territorio ed ottenere una mappa di nuvolosità media. Dato che la nuvolosità è correlata in modo inverso alla insolazione è possibile, utilizzando anche i dati di radiazione solare misurati al suolo, ricostruire una mappa statistica di radiazione solare. I vantaggi dell'utilizzo delle immagini da satelliti consistono nella possibilità di realizzare mappe ad alta definizione spaziale, in grado cioè di evidenziare i dettagli a piccola scala.

A seconda delle tecniche di elaborazione utilizzate, le mappe di radiazione solare ottenibili possono avere una risoluzione di 10-15 km con un notevole miglioramento rispetto alle mappe storiche ricavate dai dati al suolo. Per l'Italia, l'ENEA dal 1994 sta procedendo all'aggiornamento di una mappa statistica della radiazione solare globale orizzontale utilizzando le immagini Meteosat. Le mappe finora ottenute sono riportate in due pubblicazioni "La radiazione solare globale al suolo in Italia nel 1994" e quelle successive relativa agli anni 1995 e 1994-1999. Oltre alle mappe di distribuzione della radiazione media giornaliera mensile ottenute mediante elaborazioni e correlazioni con i dati misurati a terra, viene riportato il dato di radiazione solare per oltre 1600 Comuni. In figura 1.3 è riportato una delle mappe presentate nelle pubblicazioni ENEA che mostra un esempio del grado di dettaglio a cui oggi è possibile arrivare partendo dalle immagini satellitari. Si nota tra l'altro che sui Monti Nebrodi il livello di insolazione è circa il 20% inferiore a quello della Piana di Catania, un dato che non si evidenzia in nessuna delle carte o tabelle dati finora disponibili. E' interessante osservare che si trovano differenze tra i dati calcolati da ENEA e quelli precedentemente pubblicati in altri lavori. Non sempre queste differenze

sembrano giustificabili con la diversa base temporale dei dati originali. In generale, si ha una riduzione dei valori nel Mezzogiorno ed un aumento di quelli settentrionali. A prescindere dalla fonte dei dati, la valutazione del potenziale solare sul piano dei moduli (generalmente inclinato) potrebbe essere condotta con un approccio rigoroso matematico che necessita la conoscenza dei dati di irraggiamento sul piano orizzontale su base oraria (serie di 8760 valori) e richiede, per la mole e complessità di calcoli, l'applicazione di programmi di analisi piuttosto impegnativi. In alternativa, avendo disponibili i soli dati di irraggiamento sul piano orizzontale medi giomalieri su base mensile e non avendo disponibili altre elaborazioni già contenute in letteratura, si può utilizzare il metodo di analisi di Liu-Jordan valido per le sole superfici orientate a Sud. Per valutare altre esposizioni occorre integrare il metodo con osservazioni di carattere empirico: è evidente che, qualora risultino necessarie queste osservazioni empiriche, l'accuratezza di valutazione dipende dall'esperienza del valutatore.

#### **7.10 Metodo di Liu-Jordan**

A meno che il generatore fotovoltaico non sia posizionato sulla falda di un tetto o altra posizione che imponga una particolare inclinazione sul piano orizzontale e di azimuth rispetto a Sud, la superficie di captazione è bene sia esposta in maniera da raccogliere nel corso dell'anno la massima energia solare *utile* al carico elettrico previsto.

È perciò indispensabile passare dalla radiazione incidente su una superficie orizzontale, che un dato facilmente disponibile, alla valutazione della radiazione incidente su di una superficie comunque inclinata.

Diversi sono i metodi di calcolo: il più noto è quello di Liu-Jordan. Il metodo si basa sull'ipotesi che il tasso di nuvolosità giornaliera possa essere calcolato a partire dal rapporto fra la radiazione globale giornaliera raccolta su di una superficie posta orizzontalmente al suolo ( $G_{OR}$ ) e quella che invece verrebbe raccolta dalla stessa superficie fuori dall'atmosfera ( $G_0$ ).

D'altronde, la radiazione diffusa captata da una superficie orizzontale al suolo ( $D_{OR}$ ) è anch'essa correlata al grado di nuvolosità ed è quindi lecito aspettarsi una legge che

leggi  $D_{OR}$  a  $G_{OR}$ . Rilievi sperimentali hanno indicato a Liu e Jordan che la relazione che lega la componente diffusa a quella globale (giornaliera calcolata su dati mensili) è data dall'espressione:

$$D_{OR}/G_{OR}=1,39-4,027K_t+5,331K_t^2-3,108K_t^3$$

dove:

$$K_t=G_{OR}/G_0$$

$$G_0 = I_0 \cdot r [\cos \Phi \cos \delta \sin \omega_s + (\pi / 180) \omega_s \sin \Phi \sin \delta] 24/\pi$$

$r = 1 + 0,033 \cos (360 n/365)$  = quadrato del rapporto fra distanza media e distanza al giorno  $n$  tra Terra e Sole

$$I_0 = \text{costante solare pari a } 1367 \text{ W/m}^2$$

$\Phi$  = latitudine

$$\delta = 23,5 \sin [360 (284 + n)/365] = \text{declinazione}$$

$$\omega_s = \arcsin (- \operatorname{tg} \delta \operatorname{tg} \Phi) = \text{angolo orario al tramonto su superficie orizzontale}$$

$n$  = giorno progressivo dell'anno

Nota la radiazione diffusa sul piano orizzontale, la componente diretta si determina dalla:  $I_{OR}=G_{OR}-D_{OR}$

### 7.10.1 Dati caratteristici ed osservazioni empiriche

Come abbiamo ricordato, spesso l'applicazione del metodo di Liu-Jordan è superflua in quanto i dati su piani variamente inclinati si trovano già in forma di tabelle in letteratura. Le coordinate a cui si riferiscono i dati sono quelle della stazione meteo di acquisizione dei dati.

I dati riportati nelle tabelle o, in alternativa, l'applicazione del metodo di Liu-Jordan, esauriscono però solo in parte le richieste dei progettisti di impianti fotovoltaici in quanto:

— quasi sempre ci si trova di fronte ad impianti da realizzare in località di cui non sono disponibili dati;

— non sempre poi è possibile scegliere l'orientamento e l'inclinazione dei moduli sfruttando le informazioni delle tabelle, sia perché un'oculata scelta dell'inclinazione

dei moduli fotovoltaici consente di ottimizzare la resa dell'impianto in funzione delle condizioni ambientali al contorno e del tipo di applicazione richiesta (impianto isolato piuttosto che collegato alla rete) sia perché in alcuni casi (ad esempio moduli sulla falda di un tetto) l'inclinazione risulta obbligata.

È pertanto fondamentale poter estrapolare i dati di irraggiamento che interessano da quelli disponibili per le inclinazioni e gli orientamenti tabellati delle superfici. A tal fine viene proposto nel seguito un empirico criterio di stima che, pur non avendo la pretesa di fornire risultati precisi può essere ritenuto accettabile per buona parte dei dimensionamenti.

**Località senza archivio di dati storici di radiazione**

Per località poste nelle vicinanze di una della quale si conoscono i dati (distanza non superiore a 50 km) si possono adottare i valori riportati per questa ultima purché, ragionevolmente, non vi siano tra le due località evidenti differenze nel profilo climatico (per esempio, località su un rilievo montuoso che si trova immediatamente a ridosso della costa) dove sono disponibili i dati.

Qualora, invece, la distanza sia maggiore, ma la località prescelta sia posta in prossimità di una linea isoradiativa passante per una località con dati noti, i valori relativi a quest'ultima possono essere ragionevolmente adottati, purché la differenza di latitudine tra le due località non sia eccessiva ( $\leq 1 : 1,5$  gradi di latitudine) e la loro distanza sia contenuta in limiti ragionevoli ( $\leq 250$  km). In tutti gli altri casi si dovrà cercare di mediare, per quanto possibile, i valori disponibili per le località più prossime a quella prescelta.

**Moduli orientati a sud con inclinazione diversa da una di quelle tabulate**

In questo caso è possibile effettuare una media ponderale dei due valori più prossimi: quello immediatamente inferiore e quello immediatamente superiore. Qualora però l'inclinazione dei moduli sia prossima a una di quelle riportate in tabella ( $\leq 5^\circ$ ), è possibile adottare i valori di quest'ultima.

**Moduli posizionati verticalmente e con orientamento diverso da uno di quelli tabulati (tipico caso di facciata fotocoltaica)** Anche in questo caso, in modo analogo a quanto visto nel caso della diversa inclinazione, si potrà effettuare una

media ponderale dei due valori più vicini. Qualora però l'orientamento dei moduli sia prossimo a una di quelli riportati in tabella ( $\leq 10^\circ$ ) è possibile adottare i valori riportati per quest'ultimo.

**Moduli con inclinazione diversa da una di quelle tabulate e orientamento non a sud (tipico caso di tetto fotovoltaico)** Questo caso è più complesso dei precedenti e pertanto richiede considerazioni e calcoli aggiuntivi. Un possibile metodo per risolvere il problema, valido per inclinazioni  $0 \leq \beta \leq 90^\circ$  e per azimuth  $90^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$ , può essere il seguente:

#### *Passo 1*

Si ricava una prima serie di valori facendo la media ponderale tra le due inclinazioni più prossime a quella data, come se i moduli fossero rivolti a sud.

#### *Passo 2*

A questo punto si considera la somma tra l'inclinazione dei moduli  $\beta$  e lo scostamento del loro orientamento rispetto a sud  $\alpha' = |\alpha - 180|$ . Se risulta  $\beta + \alpha' \leq 90^\circ$  si può, in via approssimativa, considerare modesta l'influenza dell'orientamento non rivolto esattamente a sud e pertanto utilizzare i valori ricavati al passo 1 mediando unicamente i dati di inclinazione. Se, viceversa, risulta  $\beta + \alpha' > 90^\circ$ , è necessario procedere con il passo 3.

#### *Passo 3*

Si ricava una seconda serie di valori facendo la media ponderale tra i due orientamenti più prossimi, come se i moduli fossero posizionati verticalmente. Qualora poi l'orientamento dei moduli sia prossimo a uno di quelli riportati in tabella ( $\leq 10^\circ$ ) è possibile adottare i valori di quest'ultimo.

#### *Passo 4*

A questo punto si hanno due serie di valori da mediare tra loro. Si può osservare che quanto più i moduli sono orizzontali, tanto meno il risultato dovrà risentire dell'influenza dei dati relativi al posizionamento verticale dei moduli. Viceversa, quanto più i moduli sono *verticali*, tanto meno il risultato dovrà risentire dell'influenza dei dati relativi all'esposizione a sud, per lasciar spazio invece all'effetto preponderante dell'orientamento. Per non

complicare troppo i calcoli, questi fenomeni possono essere pesati linearmente e pertanto, chiamando  $d_{Si}$  il dato di irraggiamento relativo al mese  $i$ -esimo calcolato per una inclinazione  $\delta$  dei moduli immaginati rivolti a sud e  $d_{Vi}$  il dato di irraggiamento  $d_i$  relativo al mese  $i$ -esimo calcolato per un orientamento  $\alpha$  dei moduli supposti verticali, il risultato per ogni mese sarà pari a:

$$d_i = (1 - \beta/180 - \alpha'/180) d_{Si} + (\beta/180 + \alpha'/180) d_{Vi}$$

### **7.11 Parametri tecnici che influenzano la producibilità di un impianto**

Lo schema seguito per elencare le perdite parte dal modulo fotovoltaico fino ad arrivare all'uscita in alternata dopo la conversione statica.

*Perdita per scostamento delle condizioni di funzionamento dei moduli rispetto a quelle di targa.*

Ogni modulo fotovoltaico viene fornito dal costruttore con uno sticker incollato sul retro che riporta le prestazioni elettriche in termini di potenza, tensione e corrente. Questi valori sono riferiti, per qualunque modulo disponibile sul mercato, a condizioni di test standard dette STC (Standard Test Condition: 25 °C, 1000 W/m<sup>2</sup>) in modo da poter confrontare le prestazioni rese da un modulo rispetto ad un altro. È ovvio che le condizioni di funzionamento reali del modulo una volta installato risultano diverse rispetto a quelle di prova; all'aumentare della temperatura (vedi Parte A) le celle fotovoltaiche diminuiscono le prestazioni elettriche di potenza. Così in termini energetici, le perdite “per temperatura” nel corso dell'anno possono essere valutate per siti nel meridione d'Italia in una percentuale variabile tra il 5 e l'8%.

*Perdite per riflessione*

Le perdite per riflessione risultano intrinseche con la costruzione degli impianti fotovoltaici: solo particolari ambienti circostanti (per esempio, grandi superfici di colore chiaro) possono aiutare a ridurne il valore. La stima di una perdita di energia di circa il 3% in siti senza particolari condizioni favorevoli risulta del tutto ragionevole.

*Perdite di mismatch (non ottimale accoppiamento) tra le stringhe*  
Sono dovute alla non uniformità di prestazioni elettriche fornite dai vari moduli che

compongono ogni stringa fotovoltaica e conseguentemente alla non uniformità di una stringa con l'altra. Il risultato è che non si riesce a sfruttare completamente la potenza di targa.

E quindi un fattore di perdita che dipende dalla bontà del prodotto installato e, dalla capacità di saper accoppiare in modo efficiente i moduli. Le perdite di mismatch in termini energetici risultano così funzione dell'architettura elettrica del generatore fotovoltaico con un valore indicativo minimo dell'1% per piccole potenze (Wp), 3÷4 % medie potenze (kWp), 5÷6% grandi potenze (MWp).

#### *Perdite sui circuiti in corrente continua*

La resistenza dei cavi elettrici, la resistenza di contatto sugli interruttori e le perdite per caduta di tensione sui diodi di blocco di protezione delle stringhe sono alcune delle microperdite che compongono la voce. È una perdita intrinseca che si riesce a ridurre con l'utilizzo di componenti appropriati (ad esempio, diodi di tipo Schottky a bassa caduta) o valutazioni tecnico-economiche sulle sezioni di cavo da utilizzare. In genere, un buon progetto consente di contenere le perdite entro circa 1-2%, in relazione alla potenza installata,

#### *Perdite sul sistema di accumulato (solo per impianti isolati)*

Le batterie di accumulatori che garantiscono la continuità del servizio elettrico anche nelle ore meno soleggiate ed in quelle notturne, hanno anch'esse un rendimento legato al processo di carica e scarica dell'energia. La perdita di energia è generalmente dell'ordine del 10-12% quando si utilizzano accumulatori al piombo-acido del tipo a vaso aperto.

#### *Perdite sul sistema di conversione*

Sono dovute alla curva di efficienza dei convertitori in funzione della potenza in uscita e quindi, in prima analisi, dal progetto della macchina in funzione delle condizioni di soleggiamento del sito e di quelle del carico. La stima dipende dal tipo di convertitore utilizzato (commutazione da rete, autocommutato parallelabile ecc.) e risulta ben diversa a seconda del servizio che la macchina si trova a svolgere (alimentazione di utenze isolate piuttosto che iniezione di energia in rete).

Dati indicativi in termini di perdita sull'energia teorica producibile, si possono riassumere in:

- impianti collegati in rete, dal 4 al 10%;
- impianti in isola, 8 ÷ 15%.

*Perdite sui servizi ausiliari (solo per grandi impianti centralizzati)*

Si riferiscono alla necessità di disporre di fonti di alimentazione elettrica intrinsecamente sicure per i servizi di sistema (controllo, acquisizione dati, circuiti di emergenza ecc.) e, quando queste sono presenti, anche alle perdite sulle apparecchiature speciali (ad esempio, il sistema di filtraggio delle componenti armoniche).

Pur riconoscendo, in questo caso, che dare un valore percentuale alla stima della perdita non è certamente un metodo rigoroso, la perdita sull'energia producibile è di circa l'1 ÷ 2% con un punto percentuale in più in caso sia presente il filtraggio delle armoniche a livello centralizzato.

*Perdite per basso soleggiamento e per ombreggiamento reciproco*

Le perdite per basso soleggiamento si hanno solo in impianti collegati alla rete quando il sistema di conversione ha un autoconsumo superiore all'energia che si potrebbe produrre (tipicamente all'alba e al tramonto). In genere, in questi casi il sistema fotovoltaico viene scollegato dalla rete riducendo la producibilità teorica. Le perdite per ombreggiamento reciproco sono funzione della geometria di disposizione del campo fotovoltaico sul terreno e degli ostacoli all'orizzonte che possono ridurre anche sensibilmente le ore di sole nell'arco delle giornate soprattutto invernali. Gli indici di perdita per basso soleggiamento ed ombreggiamento reciproco sono, in genere, variabili tra il 2 ed il 5%.

*Perdite per inquinamento sui moduli*

Sono strettamente legate al sito di installazione e quindi alle condizioni meteorologiche. In genere, siti a bassa piovosità hanno perdite maggiori. Il dato si può comunque stimare in circa l'1%.

A titolo di esempio, la tabella 4 mostra la suddivisione ed i valori delle perdite descritte precedentemente rilevate elaborando i dati di esercizio di un impianto di grande taglia collegato alla rete elettrica di media tensione. Quindi, dai valori indicativi di 1700, 1500 e 1300 kWh/kWp producibili, la reale produzione di energia

elettrica da un impianto fotovoltaico costruito in Italia, collegato alla rete elettrica, con piano dei moduli fisso rivolto verso Sud ed inclinazione 30°, si può stimare in:

Nord: 950 kWh/kWp;

Centro: 1100 kWh/kWp;

Sud: 1275 kWh/kWp;

Tabella 4 - Stima delle perdite nella conversione fotovoltaica per un impianto fotovoltaico di grande taglia collegato alla rete.

a	Perdite per riflessione	3,1 %
b	Perdite per bassa radiazione e ombreggiamento	3,3 %
c	Mismatching	5,7 %
d	Perdite per effetto della temperatura	7,6 %
e	Perdite nei quadri in continua	1,2 %
f	Perdite nei convertitori <i>cclca</i>	4 %
g	Perdite nei filtri e nei servizi ausiliari	2 %
<b><math>1 - [(1 - a - b) \times (1 - c - d) \times (1 - e) \times (1 - f)] \div g</math></b>		<b>25,0%</b>

## CAPITOLO 8

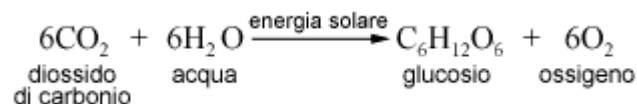
### LA FOTOSINTESI

A prosieguo di quanto detto fin'ora viene descritta la fotosintesi clorofilliana che stà alla base del principio di funzionamento dei pannelli in biosilicio, verranno descritti di seguito i processi elettrochimici che dimostrano i funzionamenti che stanno alla base della produzione di energia. I fenomeni elettrochimici che portano dai fotoni ricevuti alla stimolazione delle fibre vegetali alla generazione elettrochimica di energia (legge di Einstein sul principio dell'assorbimento della luce).

La funzione clorofilliana è il processo attuato dagli organismi autotrofi come le piante per produrre glucosio a partire da acqua e diossido di carbonio (anidride carbonica), utilizzando come fonte di energia la luce solare assorbita da un particolare pigmento fotosensibile, la clorofilla.

La fotosintesi si svolge all'interno dei cloroplasti (v. figura 56), nei quali si trovano due varietà del pigmento verde clorofilla, la clorofilla a e la clorofilla b, sensibili a due lunghezze d'onda leggermente diverse. Entrambi i tipi di clorofilla sono in grado di assorbire la luce blu e quella rossa, mentre non assorbono la luce verde e quella gialla, che vengono riflesse (è per questo che le cellule contenenti i cloroplasti appaiono di colore verde).

La reazione complessiva della fotosintesi è schematizzabile nella formazione di 1 molecola di glucosio (con legami ricchi di energia) e di 6 molecole di ossigeno a partire da 6 molecole di diossido di carbonio e 6 molecole di acqua:



Il meccanismo attraverso il quale si compie la fotosintesi può essere scisso in due fasi distinte (fase luminosa e fase oscura), ciascuna costituita da una complessa serie di reazioni catalizzate da enzimi. Queste fasi sono collegate tra loro e avvengono in due punti diversi del cloroplasto.

## **8.1 Reazioni della fase luminosa**

Nella fase luminosa la luce assorbita dalla clorofilla viene utilizzata come fonte di energia per rompere le molecole di acqua e per sintetizzare ATP (da ADP) e NADPH (da NADP<sup>+</sup>).

La clorofilla, alcuni pigmenti accessori e molecole trasportatrici di elettroni sono disposti sulle membrane dei tilacoidi a formare due raggruppamenti, il fotosistema I e il fotosistema II (v. figura 57). L'energia luminosa "catturata" dai pigmenti del fotosistema II viene trasferita a una particolare molecola di clorofilla, che costituisce il centro reattivo. La clorofilla-centro reattivo viene "eccitata" e perde un suo elettrone che entra nella catena dei trasportatori di elettroni. Il flusso dell'elettrone lungo la catena fornisce l'energia necessaria per la sintesi di ATP da ADP.

Anche il fotosistema I viene raggiunto dall'energia solare e la clorofilla-centro reattivo perde un elettrone; questo va alla catena dei trasportatori di elettroni del fotosistema I, il cui ultimo accettore è una molecola di NADP (nicotinammide-adenin-dinucleotide fosfato). Ciascuna molecola di NADP<sup>+</sup> si lega a due elettroni e a uno ione idrogeno (proveniente dalla dissociazione dell'acqua), formando NADPH, un trasportatore ricco di energia.

In seguito alla dissociazione dell'acqua, si libera ossigeno.

## **8.2 Reazioni della fase oscura**

Nella fase oscura, gli enzimi presenti nello stroma utilizzano l'energia chimica contenuta nell'ATP e nel NADPH per ridurre (o fissare) il diossido di carbonio a glucosio.

Le reazioni di questa fase, che possono avvenire anche in assenza di luce, costituiscono il ciclo di Calvin, dal nome dello scienziato statunitense M. Calvin (1911).

Durante il ciclo di Calvin, una molecola di ribulosio difosfato (RuBP), uno zucchero a 5 atomi di carbonio già presente nel cloroplasto grazie a precedenti reazioni, si lega con una molecola di diossido di carbonio, CO<sub>2</sub>, formando un composto a 6 atomi di carbonio molto instabile. Quest'ultimo reagisce con una molecola d'acqua, producendo due molecole di acido fosfoglicerico (PGA), un composto a 3 atomi di carbonio cui è legato un gruppo fosfato. Successivamente, il PGA viene trasformato in fosfogliceraldeide (PGAL) nel corso di una reazione che richiede NADPH e ATP provenienti dalla fase luminosa.

Iniziando il ciclo di Calvin con 6 molecole di RuBP, si ottengono 12 molecole di PGAL: di queste, 10 sono utilizzate per rigenerare il RuBP che verrà impiegato in un nuovo ciclo, mentre 2 si combinano a formare una molecola di glucosio.

Alla fine del ciclo i trasportatori ATP e NADPH si sono "esauriti", trasformati rispettivamente in ADP e NADP<sup>+</sup>, e tornano alle reazioni della fase luminosa per essere nuovamente "caricati".

Il glucosio può essere demolito nel corso della respirazione cellulare, oppure può essere convertito in lipidi o altri costituenti della cellula, o, ancora, immagazzinato sotto forma di amido o trasformato in cellulosa.

Nella figura 58 viene fornito uno schema riassuntivo delle reazioni della fase luminosa e della fase oscura della fotosintesi.

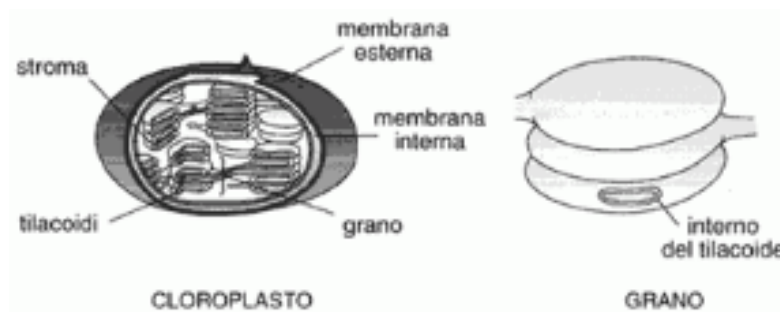


Figura 56

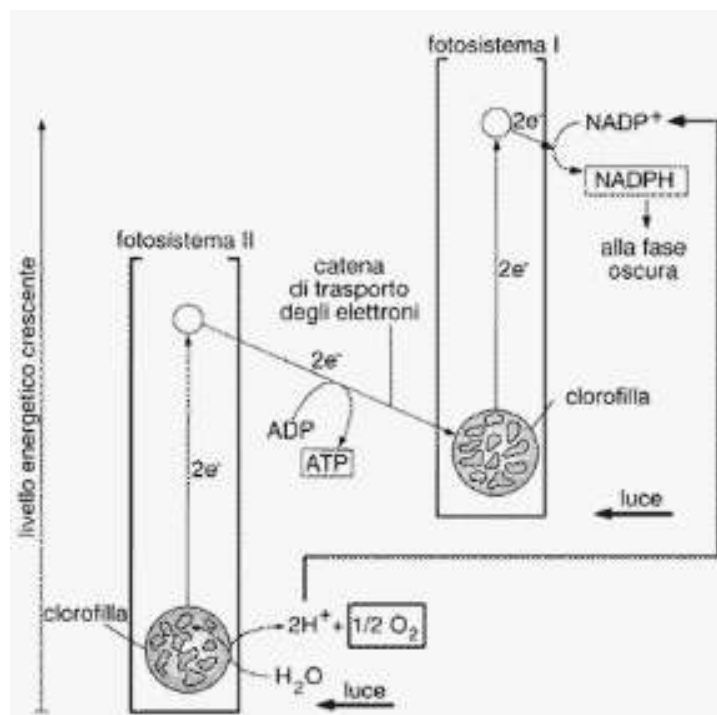


Figura 57 schema della fotosistemi I e II

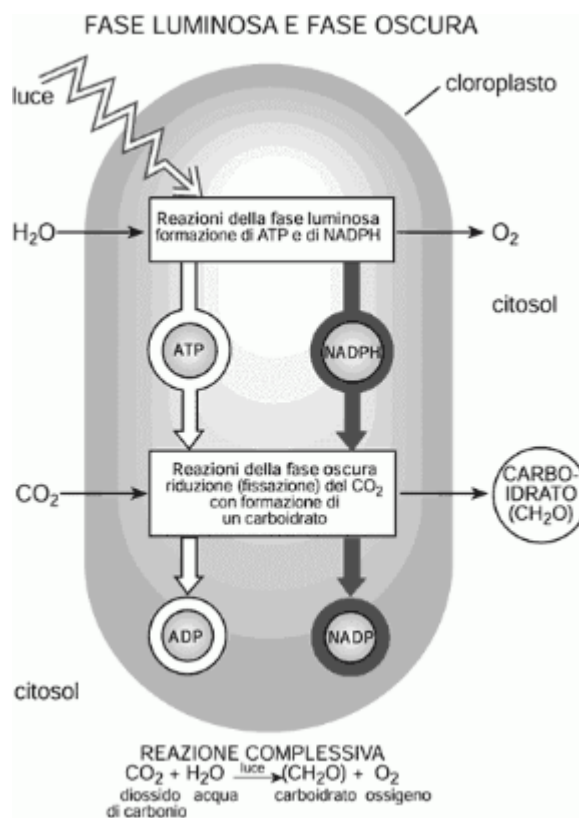


Figura 58 Schema riassuntivo delle reazioni della fase luminosa e della fase oscura della fotosintesi

Alcuni principi sull'assorbimento della luce da parte delle piante.

Per capire in quale modo la fotosintesi è determinata dalla luce, è necessario specificare che la luce ha una natura sia di onda che di particella; la luce rappresenta quella parte dell'energia radiante avente lunghezze d'onda visibili per l'occhio umano (approssimativamente da 390 a 760 nm) e comprende una regione molto ristretta dello spettro elettromagnetico. La natura di particella della luce viene di solito espressa con l'affermazione che essa arriva sotto forma di quanti o fotoni, pacchetti discreti di energia, ognuno avente una specifica lunghezza d'onda associata. L'energia che possiede ciascun fotone è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda, per cui le radiazioni nel violetto e nel blu contengono più energia di quelle a maggior lunghezza d'onda nell'arancio e nel rosso. Una mole ( $6,02 \times 10^{23}$ ) di fotoni viene indicata con il nome di Einstein.

Un principio fondamentale dell'assorbimento della luce, che viene spesso chiamato legge di Einstein, stabilisce che ogni pigmento (molecola colorata) può assorbire soltanto un fotone alla volta, e che questo fotone può provocare l'eccitazione di un elettrone. Gli elettroni specifici di valenza (di legame) che si vengono a trovare negli orbitali al livello energetico stabile più basso, sono quelli che di solito vengono eccitati, e ciascun elettrone può venire allontanato dal nucleo carico positivamente per una distanza corrispondente ad una energia esattamente eguale a quella del fotone assorbito.

La molecola del pigmento viene quindi a trovarsi in uno stato eccitato ed è questa energia (di eccitazione) che viene ad essere usata nella fotosintesi.

Le clorofille e gli altri pigmenti possono restare in uno stato eccitato soltanto per tempi brevi, anzi brevissimi, che sono equivalenti per lo più ad un milionesimo di secondo ( $10^{-9}$ ), o anche a molto meno.

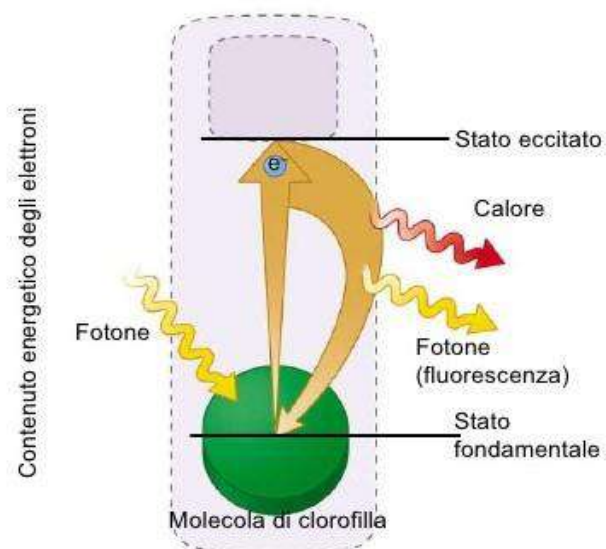


Figura 59

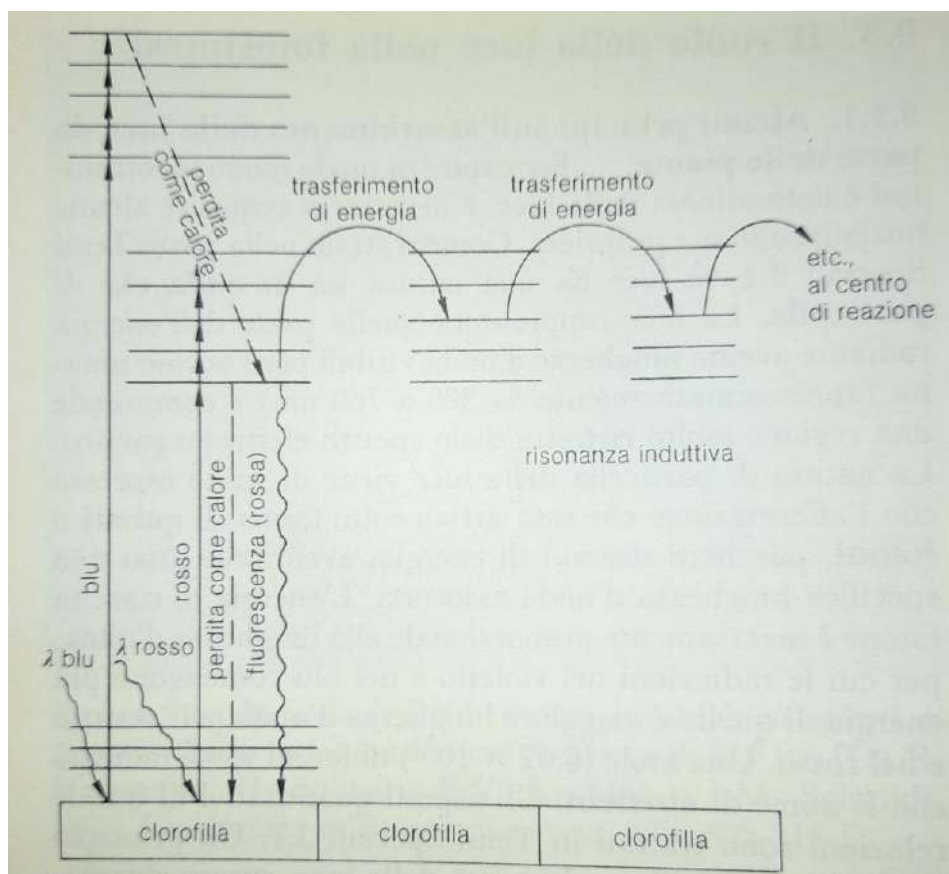


Figura 60 – modello semplificato illustrante in quale modo l'energia della luce che colpisce una molecola di clorofilla viene da questa ulteriormente trasmessa

Come si vede nella figura 60, l'energia di eccitazione può venir perduta totalmente per liberazione di calore quando l'elettrone ritorna nello stato iniziale; facendo un esempio ciò stà avvenendo in questo momento agli elettroni delle molecole dell'inchiostro con cui sono state scritte le parole che state leggendo.

Una seconda via, attraverso la quale alcuni pigmenti, compresa la clorofilla, possono perdere l'energia di eccitazione, è data dalla combinazione del calore e della produzione di fluorescenza (che porta sviluppo di luce in concomitanza con la rapida caduta di energia dell'elettrone). La fluorescenza della clorofilla produce solo luce rossa e questo colore rosso forte è facilmente visibile quando una soluzione concentrata di clorofilla a o b o una miscela di pigmenti di cloroplasti viene illuminata, specialmente con radiazioni ultraviolette o blu. Nella foglia la fluorescenza è fortemente ridotta, in quanto l'energia di eccitazione può venir usata nella fotosintesi. Nella figura 60 spiega perché la luce blu è sempre meno sufficiente della luce rossa per la fotosintesi: dopo l'eccitazione con un fotone blu, l'elettrone decade sempre in modo che è estremamente rapido, liberando energia sotto forma di calore, ad un livello energetico più basso, un livello questo che la luce rossa produce senza perdita di calore quando viene assorbita. Da questo livello energetico più basso può avere luogo una ulteriore perdita di calore, un'emissione di fluorescenza o la fotosintesi.

La fotosintesi richiede che l'energia degli elettroni eccitati dei vari pigmenti venga trasferita ad un pigmento di raccolta di energia, o diciamo centro di reazione.

In base ad un progetto condotto da ricercatori della Ruhr-Universität di Bochum (RUB) in Germania si cerca di integrare le proteine responsabili della **fotosintesi** dei vegetali con la tecnologia dei pannelli fotovoltaici per la **produzione di energia elettrica invece di biomassa**.



Figura 61

Seguendo il principio della **fotosintesi per la produzione di energia**, un gruppo di ricercatori dell'Università della Ruhr di Bochum (RUB) in Germania ha sviluppato una **cella solare su una base biologica** per integrarla in un impianto **fotovoltaico**.

Il team, guidato dal Prof. Dr. Wolfgang Schuhmann del Dipartimento di Chimica Analitica e Centro per la Ricerca elettrochimica (CES) e dal Prof. Dr. Matthias Rogner del Dipartimento di Biochimica, è riuscito ad isolare queste proteine fotosintetiche da **cianobatteri termofilici** (batteri fotosintetici, un tempo chiamate alghe azzurre) che vivono nelle aree calde del Giappone.

I ricercatori hanno poi sviluppato un **idrogel redox**, ovvero dei materiali elettroconduttori complessi, incorporando i fotosistemi e collegandoli agli elettrodi presenti nelle celle dell'impianto fotovoltaico. In questa maniera, hanno creato delle celle solari organiche, capaci di produrre **energia elettrica** anziché biomassa.

In questa fase del progetto, le celle solari bio vantano una efficienza di pochi nanowatt per centimetro quadrato, ma il professor Rögner afferma che *“Il sistema può servire come modello per lo sviluppo di dispositivi solari semi-artificiali e naturali in cui è usata la fotosintesi per la produzione di luce-driven di vettori energetici secondari come l'idrogeno”*.

### 8.3 Il tipo di forma della cella migliora la densità di potenza del bio-fotovoltaico

Negli ultimi 10 anni la componente “biologica” nella ricerca solare si è ritagliata uno spazio sempre maggiore, con l’obiettivo di fornire una soluzione energetica che possa essere ecologica e contemporaneamente economica. Nel tempo si è passati dalle **celle organiche con pigmenti vegetali** a dispositivi che sono in grado di replicare la fotosintesi. A questo filone scientifico appartiene il **bio-fotovoltaico**, tecnologia che sfrutta l’energia solare utilizzando microorganismi ingegnerizzati in laboratorio.

L’ultimo progresso in tal senso arriva dall’Università di Cambridge: qui un gruppo di chimici e fisici ha messo a punto delle “celle solari” a base di alghe che sono cinque volte più efficienti di qualsiasi dispositivo, per così dire, “vegetale” realizzato sino ad oggi.

La versione del team di Cambridge impiega delle alghe geneticamente modificate al fine di dissipare meno elettroni durante il processo fotosintetico. In realtà, anche se viene soprannominato bio-fotovoltaico, i dispositivi in questione funzionano come delle **celle a combustibile**. A differenza delle versioni precedenti di celle solari a base di alghe, la ricarica (ossia la raccolta della luce e la generazione di elettroni) e l’erogazione dell’energia (trasferimento al circuito elettrico) non sono collocate all’interno dello stesso comparto, ma in due camere differenti. “La carica e l’erogazione di potenza hanno spesso requisiti contrastanti”, spiega **Kadi Liis Saar**, del Dipartimento di Chimica dell’Università di Cambridge, in una nota stampa. La prima, infatti, “deve essere esposta alla luce solare per consentire una carica efficiente”, mentre la seconda “non richiede esposizione alla luce, ma dovrebbe essere efficace nel convertire gli elettroni in corrente con perdite minime.”

Il nuovo design centra esattamente l’obiettivo, migliorando le prestazioni e consentendo lo stoccaggio dell’energia. In questo modo l’elettricità creata durante il giorno può essere accumulata e utilizzata di notte o nei giorni nuvolosi.

I test effettuati dal gruppo dimostrano che il prototipo di cella bio-fotovoltaica realizzato possiede una **densità di potenza di 0,5 W / m<sup>2</sup>**, il valore più alto mai

raggiunto in questo specifico campo, sebbene sia solo un decimo rispetto a quello delle fuel cell solari convenzionali. Probabilmente la tecnologia non riuscirà mai a fornire una soluzione efficiente per i sistemi di rete, ma i ricercatori sono convinti che possa offrire dei vantaggi interessanti alle aree rurali che sono prive di rete elettrica. “Si tratta di un grande passo avanti nella ricerca di carburanti alternativi e più ecologici”; sono convinto che questi sviluppi renderanno i sistemi basati sulle alghe più vicini all’attuazione pratica.

#### **8.4 Efficienza maggiore con la cooperazione di piante e batteri**

Grazie all’assemblaggio di complessi proteici di specie diverse, un team di ricercatori è riuscito ad aumentare la capacità di assorbimento luminoso del bio-fotovoltaico, Ora le celle solari bio sfruttano anche la luce verde.

Mescolare i *‘trucchi evolutivi’* di Madre Natura per realizzare una nuova generazione di **celle solari bio**. Questo quanto realizzato da un gruppo di scienziati tra Germania e Israele, per dare una spinta allo sviluppo del **fotovoltaico organico**. Lo studio, condotto congiuntamente dalla Ruhr-Universität Bochum (RUB) e dall’Israel Institute of Technology di Haifa, ha come punto focale i **complessi proteici responsabili della fotosintesi**.

Da tempo ormai, la scienza sta tentando di replicare il processo chimico grazie al quale piante verdi e altri organismi producono **energia e sostanze utili a partire da CO<sub>2</sub>, acqua e luce**. Una delle applicazioni legate a questo filone di ricerca, è rappresentato dalle celle solari bio. Si tratta di **unità capaci di convertire la luce solare in energia elettrica, sfruttando componenti biologici** provenienti dagli stessi organismi fotosintetici.

Nel dettaglio, in questo tipo di studi è impiegato il **fotosistema II (PSII)**, complesso proteico presente in piante, alghe e batteri; grazie alla luce, questo elemento **attiva la fotolisi dell’acqua producendo ossigeno, protoni (H<sup>+</sup>) ed elettroni (e<sup>-</sup>)**. *“Tuttavia, per quanto unico sia il PSII, la sua efficienza è limitata, poiché può utilizzare solo*

*una percentuale della luce solare”, spiega il professor Marc Nowaczyk del RUB. Il problema principale è che questi complessi **non sono in grado convertire la luce verde in energia** (motivo per cui questa viene riflessa dando alle piante il loro colore).*

**Non per tutti gli organismi fotosintetici però esiste questo gap.** *“I cianobatteri hanno risolto il problema formando speciali proteine di raccolta della luce, ad esempio i **ficobilisomi**, che sfruttano anche questa luce. Questa cooperazione funziona in natura, ma non ancora nella provetta”, spiega Nowaczyk.*

Questo perlomeno fino a ieri, il team del RUB e quello israeliano hanno colmato con successo questo divario **creando e stabilizzando un super complesso multi-proteico di PSII e ficobilisomi**. Il passo successivo è stato inserirlo in nuove strutture di bioelettrodi. Si è superata questa sfida utilizzando elettrodi personalizzati, tridimensionali e trasparenti in combinazione con idrogel attivi redox.

Questo design ha permesso ai ricercatori di **utilizzare anche i fotoni della lunghezza d’onda compresa tra 500 e 600 nm** (luce verde). L’assemblaggio dei super complessi proteici è considerato uno stadio intermedio promettente nello sviluppo di celle solari bio. I vantaggi di diverse specie possono, infatti, essere combinati funzionalmente in sistemi semi-artificiali. In futuro, i ricercatori si concentreranno principalmente sull’ottimizzazione della produzione e della durata dei componenti biologici. La ricerca appare sul **Journal of Materials Chemistry A** (*testo in inglese*) dell’11 maggio 2020.

---

Le celle solari a base di semiconduttori fotosensibilizzati (Dye Sensitized Solar Cells, DSC, o celle di Grätzel), rappresentano una valida alternativa alle celle fotovoltaiche al silicio per la conversione diretta dell'energia solare in corrente elettrica: i dispositivi DSC sono caratterizzati dall'utilizzo di materiali e procedimenti a basso costo e ridotto impatto ambientale, che rendono tale tecnologia altamente promettente anche per finalità commerciali ed industriali. Tali dispositivi sfruttano un principio simile a quello utilizzato dalle piante nella fotosintesi: un colorante

sensibilizzante (la clorofilla nelle piante) è utilizzato per assorbire luce solare, che promuove il trasferimento di un elettrone ad un semiconduttore inorganico, tipicamente  $\text{TiO}_2$ , generando corrente elettrica. L'attività di ricerca svolta in questo ambito presso l'Istituto di Scienze e Tecnologie Molecolari del CNR di Perugia ha riguardato la modellizzazione e la simulazione computazionale di tali dispositivi: da un lato sono stati investigati vari coloranti organici, quali i fotosensibilizzatori, mettendo a punto una strategia computazionale di ausilio nella progettazione molecolare che ha permesso di effettuare uno *screening* predittivo delle proprietà elettroniche ed ottiche di vari coloranti; dall'altro sono state definite le relazioni tra proprietà strutturali, elettroniche ed ottiche dei componenti della cella stessa, con i parametri elettrici che definiscono l'efficienza fotovoltaica. Entrambi i lavori, condotti in collaborazione con l'ideatore e leader mondiale del settore Prof. M. Grätzel, rappresentano un esempio di come modelli teorici siano in grado di guidare la sintesi di nuovi e più efficienti dispositivi, contribuendo all'aumento del livello di conoscenza dei processi fondamentali, con conseguente impatto sull'efficienza e l'affidabilità a lungo termine. L'interesse industriale nelle DSC riguarda, tra l'altro, il loro utilizzo come elementi architettonici, quali facciate di edifici autonomi energeticamente, essendo esse fabbricate su supporto di vetro, quindi trasparenti, nonché realizzabili in diversi colori modificando le proprietà ottiche del colorante.

## 8.5 REALIZZAZIONE DI UNA CELLA SOLARE ORGANICA

Le celle solari organiche rappresentano il tentativo di emulare la fotosintesi clorofilliana dei vegetali, volta alla generazione di energia chimica (in forma di glucosio e ossigeno), a partire dall'assorbimento della luce solare. Un possibile processo di realizzazione di una singola cella solare organica comprende alcune semplici fasi (figura 62):

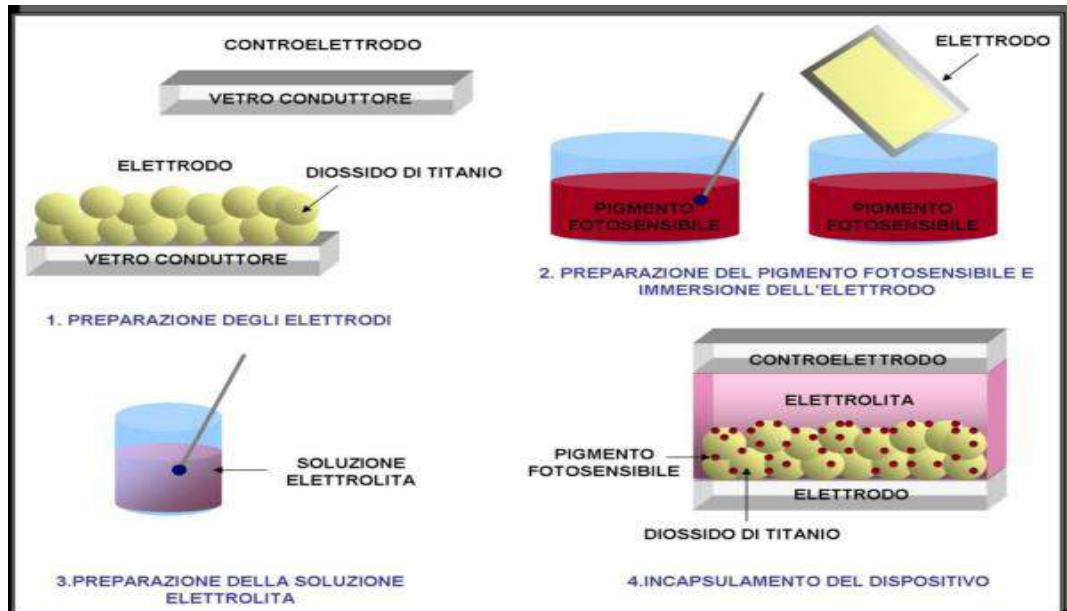


Figura 62

- realizzazione dei due contatti elettrici;
- scelta e applicazione del materiale fotosensibile alla luce;
- preparazione di una soluzione elettrolita;
- incapsulamento del dispositivo;

I due contatti elettrici, realizzati durante la prima fase del processo, sono costituiti da vetri conduttori trasparenti; su uno dei vetri (l'elettrodo) viene depositato uniformemente un film di ossido metallico ad elevata conducibilità (ad esempio diossido di titanio).

Durante la seconda fase del processo viene scelto il materiale organico fotosensibile, rappresentante il componente fondamentale del dispositivo fotovoltaico, in quanto

responsabile della conversione della radiazione solare in energia elettrica. Tra i pigmenti organici testati dai centri di ricerca che si occupano di fotovoltaico organico risulta particolarmente interessante quello ricavato dai frutti di bosco, in quanto esso possiede un elevato coefficiente di assorbimento della radiazione solare ed è in grado di effettuare un'ottima conversione della luce in elettricità.

Questa seconda fase termina con l'immersione di uno degli elettrodi all'interno del pigmento in fase liquida, cercando di massimizzare la superficie di interazione tra i due materiali (ad esempio microfiltrando il pigmento organico perché possa meglio essere assorbito dalle nanoparticelle del diossido di titanio).

La terza fase del processo consiste nella preparazione di una soluzione elettrolita di sali da frapporre tra gli elettrodi della cella solare, in modo da evitare che essi si trovino in cortocircuito fra loro. Inoltre, dato che il pigmento fotosensibile durante la conversione della luce in elettricità perde elettroni, l'introduzione della soluzione ha lo scopo di fornire al pigmento nuove cariche negative da impiegare nel processo.

Infine, durante l'ultima fase, si procede alla sigillatura dei due elettrodi, avendo cura di immettere tra essi la soluzione elettrolita precedentemente preparata.

Una volta sigillata, la cella solare è pronta per essere collegata ad un carico esterno, cui fornisce energia elettrica mediante un semplice principio di funzionamento (figura 63): i fotoni della radiazione solare, incidendo sul dispositivo, permettono agli elettroni del pigmento di effettuare il passaggio da uno stato energetico inferiore a uno stato energetico superiore; tali elettroni, poi, sono prelevati dal diossido di titanio e portati al carico esterno tramite l'elettrodo del dispositivo. Dopo aver fornito energia al carico gli elettroni, tramite il controlettrodo, sono raccolti dall'elettrolita e nuovamente forniti al pigmento fotosensibile.

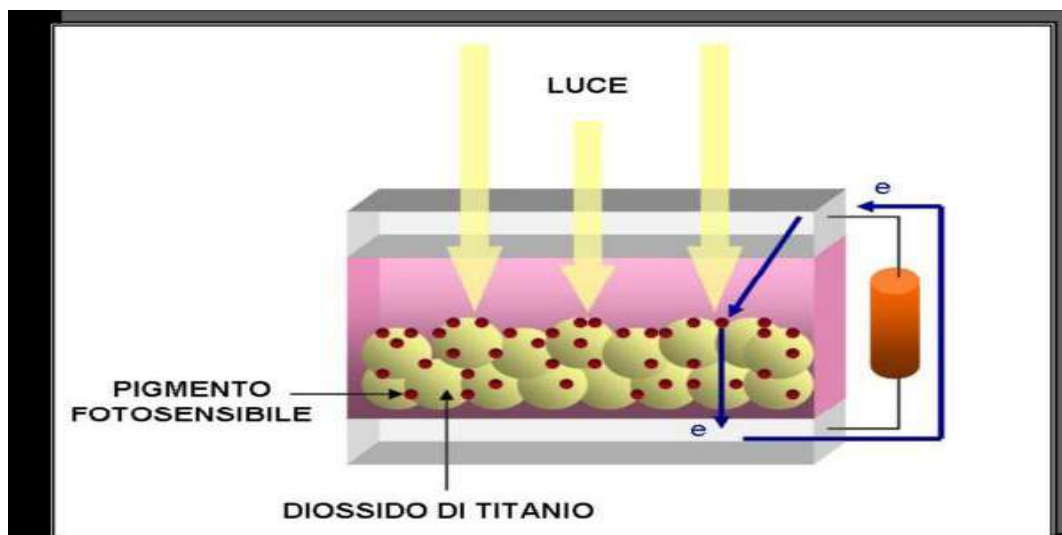


Figura 63

## 8.6 APPLICAZIONI E SVILUPPI FUTURI

Il primo vantaggio delle celle solari organiche è legato alle tecniche utilizzate per la deposizione dei materiali impiegati. Questi ultimi, infatti, possono essere applicati con metodologie tecnologiche tipiche della serigrafia e possono essere, quindi, depositati su superfici molto ampie con costi veramente contenuti. Inoltre, potendo essere trattati come inchiostri colorati, tali materiali consentono ai produttori di coinvolgere attivamente l'industria della stampa e del vetro per realizzare celle solari artistiche e rispondenti alle più svariate esigenze estetiche del mercato.

Sempre con riferimento ai materiali utilizzati, è importante constatare che essi sono adatti ad essere applicati anche su substrati flessibili e molto leggeri, rendendo facilmente prevedibile un possibile abbattimento dei costi legati al trasporto dei pannelli solari dal costruttore al cliente.

Nonostante siano fonte di guadagno per diversi settori industriali, però, le celle solari organiche presentano alcune problematiche ancora non completamente risolte e rappresentano, quindi, una sfida tecnologica ancora aperta per i numerosi centri di ricerca che se ne occupano.

Il primo problema da risolvere riguarda il valore dell'efficienza di conversione; tale valore, infatti, dato dal rapporto tra la potenza elettrica prodotta e la potenza della radiazione luminosa incidente, risulta prossimo all'11% se misurato in laboratorio, mentre cala drasticamente se rilevato all'aperto.

Una seconda considerazione riguarda la potenza fornita da questo tipo di celle solari in funzione del tempo di vita e della temperatura di esposizione del dispositivo (figura 64).

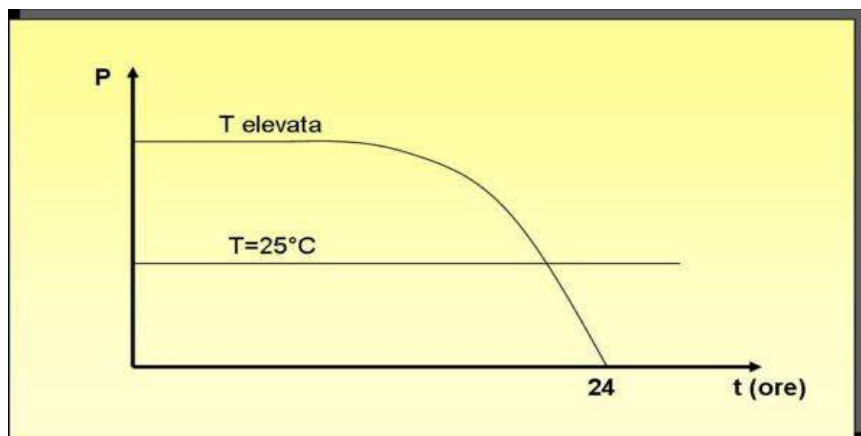


Figura 64

Dal grafico di figura 64 infatti, è possibile rilevare che a una temperatura di 25°C la potenza fornita dalla cella solare organica rimane costante con il trascorrere delle ore, mentre, a temperature più elevate, già dopo sole 24 ore, le prestazioni della cella solare sono drasticamente ridotte al minimo.

Anche l'incapsulamento della cella solare può comportare alcuni problemi relativi, soprattutto, all'ermeticità del dispositivo. L'evaporazione dell'elettrolita o l'ingresso di aria, infatti, potrebbero compromettere irrimediabilmente le prestazioni della cella solare, tanto da rendere necessario lo sviluppo di diverse tecniche di incapsulamento alla ricerca dell'alternativa migliore.

Inizialmente, infatti, nelle prime celle solari organiche gli elettrodi venivano posti uno di fronte all'altro frapponendo tra loro uno spaziatore e, successivamente, venivano sigillati tra loro sui quattro lati, avendo cura di lasciare aperti i fori per l'immissione dell'elettrolita. Una volta introdotto l'elettrolita, i fori venivano chiusi con pasta termosaldante. Questa tecnica di incapsulamento, però, non forniva garanzie di completa ermeticità, in quanto l'elettrolita poteva facilmente dissolvere la pasta utilizzata per chiudere i fori, consentendo all'aria di entrare nel dispositivo. Per risolvere tale problema si è cominciato a realizzare celle solari organiche monolitiche, cioè completamente sigillate e prive di foro per l'ingresso dell'elettrolita. Solo dopo aver incapsulato il dispositivo, si procedeva a forare superiormente il controlettrodo e ad immettere l'elettrolita in assenza di aria. Il foro

veniva poi sigillato con un patch in vetro e non introduceva più alcuna problematica relativa all'interazione della parte attiva del dispositivo con agenti esterni.

In ultima analisi, quindi, al fine di consentire la diffusione capillare delle celle solari organiche sarà necessario, in futuro, sia mettere in atto nuove strategie costruttive per migliorare l'efficienza di conversione del dispositivo sia, soprattutto, giungere alla realizzazione di un sistema automatico di produzione, indispensabile a rendere concretamente possibile la sostituzione del costoso fotovoltaico tradizionale con l'innovativa tecnologia fotovoltaica organica.

Presso il **MIT** (Massachusetts Institute of Technology), al **Center for Biomedical Engineering** di Boston è stato condotto uno studio teso ad effettuare ricerche nel campo delle celle che sfruttano i principi della fotosintesi.

La sperimentazione ha come oggetto le **celle biofotovoltaiche** ed è iniziata ad opera di **Shuguang Zhang**, scienziato e direttore associato del centro di ricerca. Inizialmente **non si sono avuti risultati rilevanti** perché la capacità di conversione di queste nuovissime celle era molto bassa, o comunque insostenibile rispetto ai comuni pannelli in silicio. La ricerca è stata poi ripresa dal fisico e ricercatore **Andreas Mershin**. Nel dettaglio, il dott. **Mershin** si occupa di tutto quello che concerne le **tecniche fotovoltaiche applicate alla bioelettronica e ai sistemi di rilevamento chimico di vari tecnologie** che utilizzano le proteine vegetali integrati ai semiconduttori elettrici. **Mershin**, seguendo le orme del suo predecessore, si è quindi applicato su **biofotovoltaico**.

Questa nuova disciplina **integra i processi della fotosintesi clorofilliana per la conversione dell'energia luminosa in energia elettrica per mezzo di un insieme di sostanze organiche**.

(Tipi di cellule biofotovoltaiche)

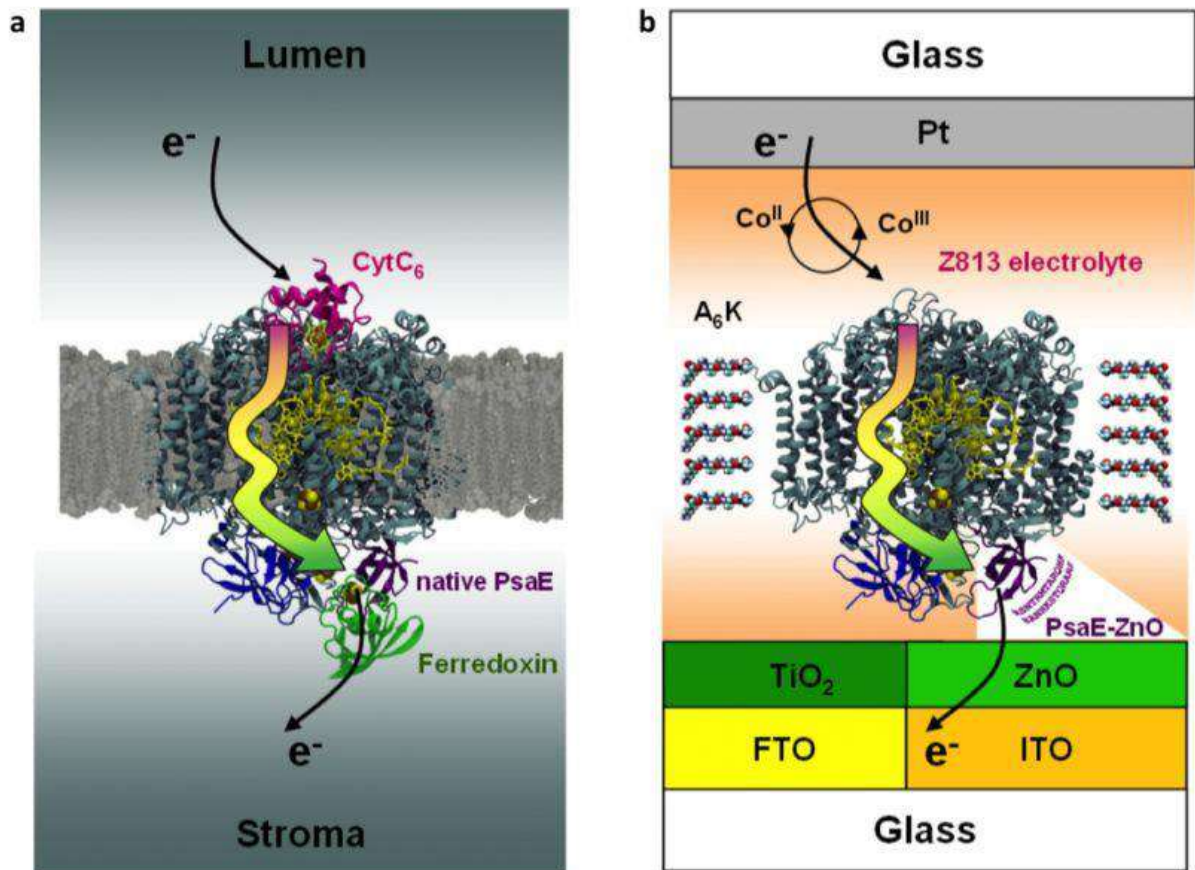


Figura 65

Nello specifico, il ricercatore si è basato sul **comportamento del Fotosistema-I (PS-I)**, un complesso di molecole che è responsabile della **seconda fase della fotosintesi**, ovvero la fase di fissazione del carbonio, o fase oscura cioè indipendente dalla luce. Per essere specifici, la **fotosintesi** è quel processo chimico che coinvolge piante verdi e altri organismi come alghe e batteri i quali producono carboidrati o sostanze chimiche in generale a partire dall'anidride carbonica dispersa nell'atmosfera e nell'acqua in presenza di luce solare.

Questo processo, consiste, quindi, in una **serie di reazioni chimiche anaboliche, ovvero di sintesi del carbonato**.

La fotosintesi si sviluppa principalmente in **due fasi**, una prima **luminosa** e una di **fissazione del carbonio** ed è proprio su questa che la ricerca del MIT si è concentrata perché nella seconda avviene il **massimo assorbimento della luce**.

(Struttura del fotosistema)

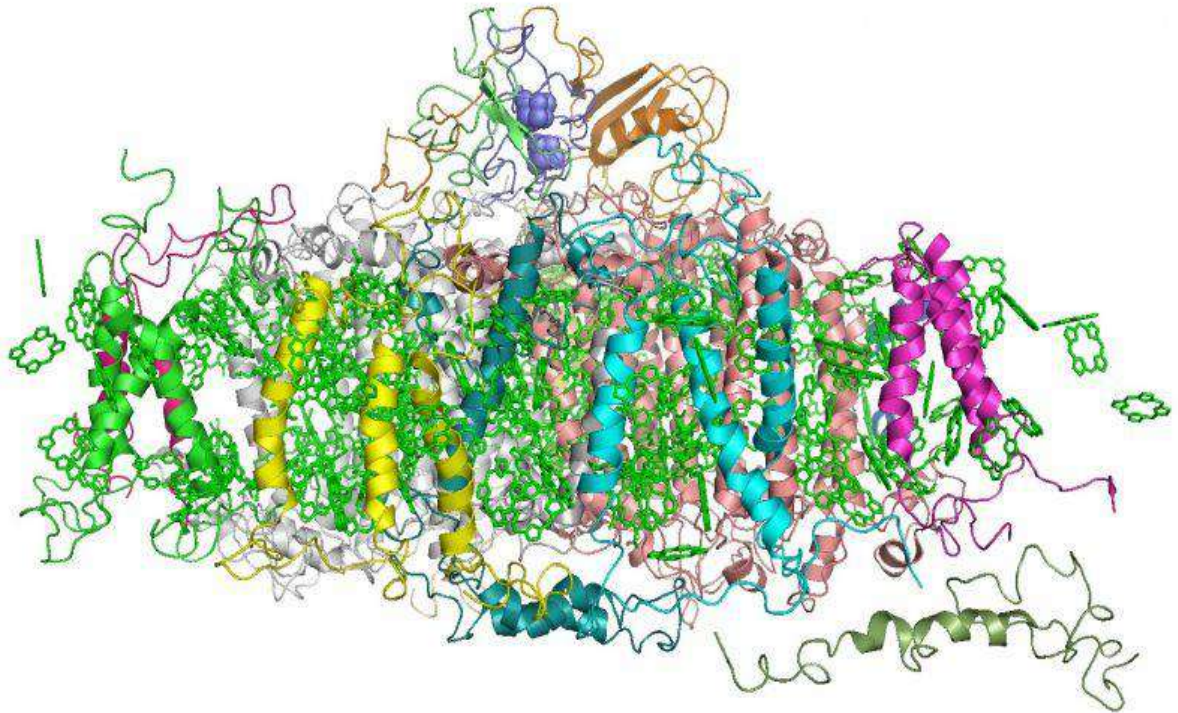


Figura 66

Durante la ricerca il **PS-I** è stato estratto da alcuni vegetali, in particolare alghe blu e verdi, ed è stato **deposto sul vetro della cella in modo da creare uno strato chimicamente stabile che avrebbe potuto produrre corrente elettrica quando esposto alla luce**, esattamente come in una cella fotovoltaica. Lo **strato di PS-I** è composto precisamente da **96 molecole di clorofilla con i donatori di elettroni e accettori tali da realizzare un passaggio coerente di energia.**

Per permettere la **trasmissione** dell'energia accumulata in superficie, sotto lo strato di vetro sono stati installati dei **nano-tubi** (tubicini di diametro incredibilmente ridotto) di **ossido di zolfo**. Questo crea un **substrato** completamente estraneo al complesso ma necessario al funzionamento del pannello, come accade per le molecole di **biossido di carbonio** distribuite sempre al di sotto del vetro.

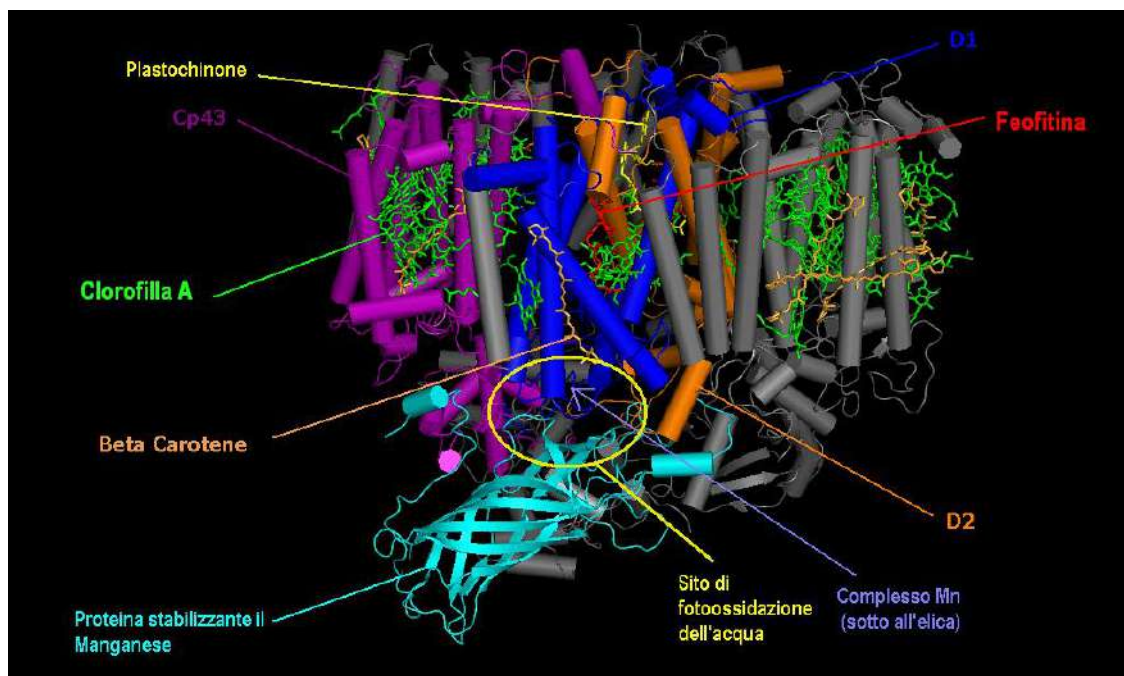


Figura 67 – Complesso evolvente ossigeno fotosistema PSII

Quando i raggi solari colpiscono la cella, il **processo di conversione avviene sia grazie alle molecole di biossido sia al concatenamento del PS-I con lo zolfo.** L'insieme di queste molecole **assorbe le radiazioni e le trasmette attraverso i nano-tubi**, che di conseguenza trasmettono il segnale alle strutture sottostanti. **Ricerche simili** erano state condotte anche sulle **celle fotovoltaiche organiche.**

(Fotovoltaico organico)

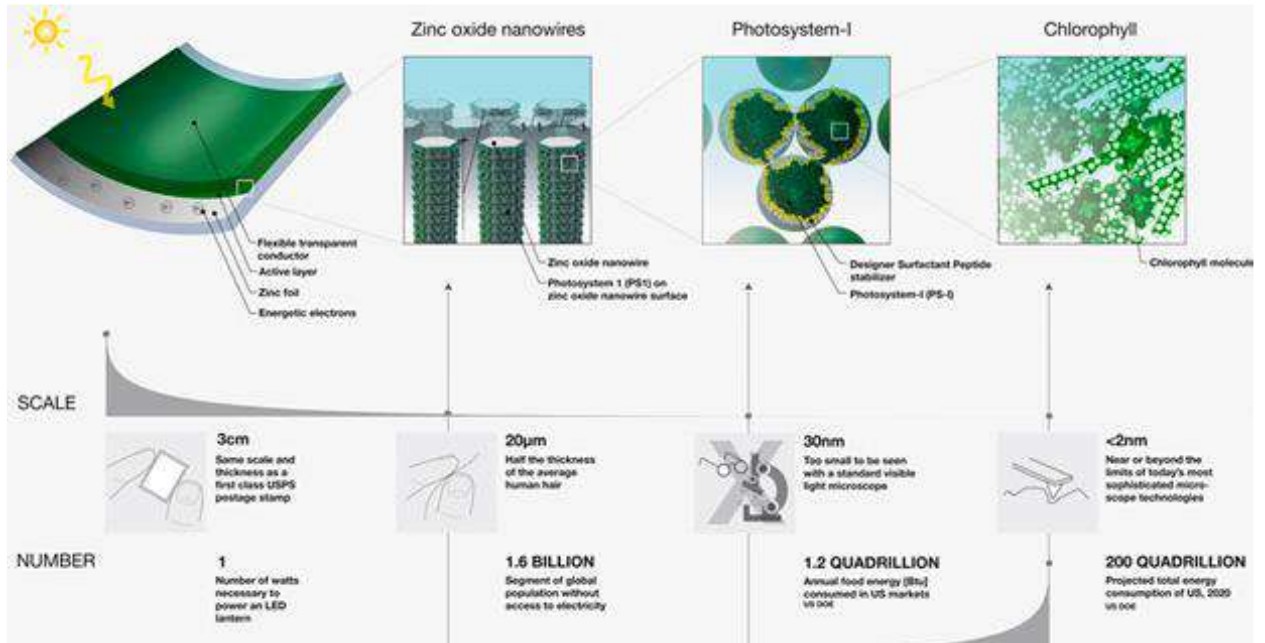


Figura 68

I **problemi** che sono sorti durante la sperimentazione dei pannelli biofotovoltaici sono, però, due. Il **primo** consiste nell'**essiccamento** e **una denaturazione dell'estratto di PS-I** a causa proprio delle molecole estranee che vengono aggiunte e questo comporta una rapida perdita della funzione, il **secondo** problema, invece, mette in evidenza una **scarsa potenza elettrica del biofotovoltaico** e, di conseguenza, uno scarso interesse per la sua produzione.

Le ricerche effettuate da Andreas **Mershin** e dal suo team hanno **innalzato questa soglia** fino a portare il nuovo sistema ad essere oltre 10 mila volte più efficiente del precedente e una delle **motivazioni** che il ricercatore ha addotto per valorizzare la sua ricerca è stata quella della **necessità di osservare la natura**, i pini in particolare, decidendo, quindi, di "**Creare una foresta su un microscopico chip**".

Inoltre il campo delle celle solari organiche comprende tutti quei dispositivi la cui parte fotoattiva è basata sui composti organici del carbonio. La struttura base di una

cella organica è semplice: essa è detta "a sandwich" ed è composta da un substrato, generalmente vetro ma anche plastica flessibile, e da una o più sottilissime pellicole, che contengono i materiali fotoattivi, frapposte tra due elettrodi conduttivi (vedere Figure 69/a e 69/b).

Le celle organiche più efficienti, ispirandosi al processo di fotosintesi clorofilliana, utilizzano una miscela di materiali in cui un pigmento assorbe la radiazione solare e gli altri componenti estraggono la carica per produrre elettricità. La gamma di pigmenti che possono essere impiegati include quelli a base vegetale, come le antocianine derivate dai frutti di bosco, i polimeri e le molecole sintetizzate in modo da massimizzare l'assorbimento dello spettro solare.



Figura 69/a

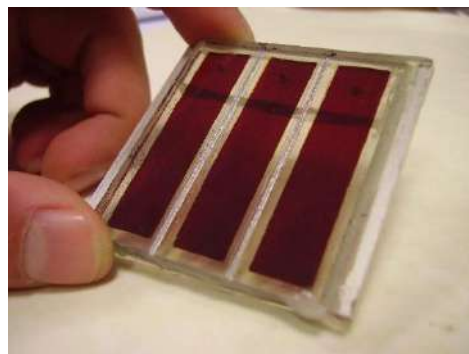


Figura 69/b

La gamma di celle solari organiche è ampia e si trova in diversi stadi di ricerca e di maturazione tecnologica e comprende, in sintesi, le celle “dye sensitized” (la cui parte fotoelettricamente attiva è costituita da un pigmento, da ossido di titanio e da un elettrolita), organiche (la cui parte attiva è totalmente organica o polimerica), ibride organico/inorganico e ibride biologico. In queste ultime, allo scopo di permettere l'utilizzazione di materiali biologici in dispositivi optoelettronici pratici, la ricerca punta a stabilizzare tali materiali, attraverso per esempio particolari surfactanti, e anche ad aumentare l'efficienza d'assorbimento della cella stessa (oggi le efficienze si avvicinano all'1%).

Questo tipo di cella è particolarmente interessante per la bio-compatibilità del materiale fotoattivo (la gamma utilizzabile va dalle antocianine fino a veri e propri complessi proteici fotosintetici estratti, per esempio, dalle foglie di spinaci) e per applicazioni dove questo aspetto è vantaggioso e desiderabile. Infatti un'altra componente importante che viene utilizzata frequentemente nella cella solare, per estrarre la carica generata nel pigmento dopo l'assorbimento della luce, è una pasta di ossido di titanio: un ingrediente comune e certamente eco-compatibile che si trova in innumerevoli prodotti, come dentifrici, vernici idrosolubili per interni e creme solari. L'ambizione della ricerca in questo tipo di cella è difatti proprio quella di sviluppare una cella solare all'insegna della bio-ecocompatibilità.

Le celle dye sensitized attualmente più vicine ad una maturazione tecnologica, e quindi ad uno sfruttamento commerciale per applicazione su larghe aree, sono quelle in cui il pigmento è stato sintetizzato attraverso i processi della chimica organica, anche dopo complessi studi di simulazione teorica, con lo scopo di aumentarne il più possibile la fotostabilità e l'assorbimento totale dello spettro solare. Efficienze massime del 10%-12% e tempi di vita di vari anni, valori comunque in costante aumento, sono stati misurati in laboratorio per questo tipo di cella.

Le celle fotovoltaiche invece completamente polimeriche sono recentemente arrivate al 4%-5% di efficienza massima. Per aumentarne ancora l'efficienza e specialmente il tempo di vita, rendendole quindi appetibili per applicazioni in cui la durata è importante, sono in atto grossi sforzi di ricerca e sviluppo, comprese nuove tecniche raffinate di incapsulamento del dispositivo e strategie quali l'introduzione di nano-cristalli inorganici nella matrice polimerica. Questo tipo di cella è molto interessante

in quanto le tecniche di fabbricazione sono le più semplici da attuare e quindi con costi di produzione ancor più ridotti.

Infatti, il grosso vantaggio dei materiali fotovoltaici organici o ibridi in generale risiede nel fatto che questi possono essere depositati, su larghe aree e a costi molto ridotti, in soluzione liquida come veri e propri inchiostri o paste. È possibile quindi usare metodi tipici dell'industria della stampa e applicarli nel campo del solare organico, eliminando così gli alti costi di materiale e di processo tipici dell'industria a semiconduttore in cui la purezza e le alte temperature richieste per la liquefazione, cristallizzazione e drogaggio del silicio provocano dispendio energetico ed economico e causano inoltre scarichi nocivi per l'ambiente.

I materiali organici o ibridi, invece, una volta depositati assumono la forma di vere e proprie pellicole, che sono da qualche decina di volte fino ad oltre mille volte più sottili dei wafer in silicio. I materiali sono anche compatibili con film o rotoli di plastica e depositabili su substrati trasparenti flessibili con sensibili vantaggi nei costi, trasporto, risparmio di materiale e facilità l'installazione.

Il programma tecnico d'innovazione nella costruzione del pannello è quello quindi di utilizzare, alcune tecniche a scansione a basso costo, quale per esempio l'ink jet printing (i.e. stampa a getto di inchiostro) e lo screen printing (tecnica simile alla serigrafia).

Nella costruzione delle celle verranno anche utilizzati nuovi contatti multistrato per aumentare la tensione e l'efficienza della cella.

I nuovi materiali e le nuove tecniche di fabbricazione previste presentano vantaggi notevoli. Innanzitutto sono processi additivi: cioè, solo il materiale che serve viene depositato, con risparmi in materiale di oltre il 90% rispetto ai metodi ordinari, riducendo così ulteriormente l'impatto ambientale. Inoltre, questi inchiostri sono sia utilizzabili su substrati di vetro rigidi, sia compatibili con metodi di produzione a nastro o a rullo, con ulteriore abbassamento di costi. Infine, i processi di fabbricazione da impiegare sono facilmente estensibili alla produzione di pannelli su larghe aree e su substrati flessibili o film di plastica. In futuro, attraverso anche lo sviluppo di tecniche di incapsulamento efficaci per substrati flessibili, ciò può aprire una vasta serie di nuove possibilità di integrazione, di applicazioni e di mercati

(immaginate un futuro in cui si possano rivestire, con delle pellicole fotovoltaiche, una gran varietà di superfici rendendole produttrici di energia al contatto con la luce). Si prevede che lo sviluppo dei vantaggi esposti in questo dossier e dei miglioramenti in efficienza e tempi di vita, attuabili nei prossimi anni, e necessari per rendere il fotovoltaico organico commerciabile, possano portare il costo del fotovoltaico dai circa 6-12 €/Wp dei pannelli in silicio odierni a circa 2 €/Wp o meno, rendendo finalmente competitivo il fotovoltaico con le fonti di energia odierne.

## CAPITOLO 9

### CELLE FOTOVOLTAICHE ORGANICHE

#### 9.1 CELLE FOTOVOLTAICHE ORGANICHE DSSC

Sono attualmente in fase di studio le celle solari organiche, o DSSC (Dye Sensitized Solar Cell). I **pannelli solari organici** (o pannelli solari naturali) sono pannelli formati da celle fotovoltaiche, in grado di **produrre energia elettrica sfruttando un principio simile a quello della fotosintesi clorofilliana**.

Queste celle organiche vengono anche chiamate **celle di Grätzel** (o Graetzel), o **celle fotoelettrochimiche, celle DSSc o DSC** (dall'inglese dye-sensitized solar cell).

La tecnologia DSC ha bassissimi costi di produzione, si basa sul **principio di funzionamento della fotosintesi clorofilliana** e si differenzia quindi moltissimo dalla tecnologia basata sul silicio, e avrebbe costi inferiori anche ai moduli cadmio-tellurio CdTe e grandi potenzialità applicative.

Tali celle organiche per realizzare dei pannelli solari naturali al posto del silicio utilizzano, sulla base del processo della fotosintesi clorofilliana, dei **vegetali (pigmenti) della frutta**. Ad esempio si utilizzano pigmenti di mirtilli.

In Italia, la sinergia tra l'Università di Tor Vergata di Roma e la Regione Lazio ha permesso di far nascere un Polo sperimentale all'avanguardia nella produzione dei pannelli naturali: si tratta del **Polo Solare Organico della Regione Lazio** (CHOSE da Center for Hybrid and Organic Solar Energy).

Queste celle organiche sono nate nel 1991. Inizialmente erano state concepite per mimare il processo di fotosintesi. Un film di ossido di titanio, sensibilizzato da un colorante o pigmento, agisce da materiale assorbente luce. Questo tipo di cella permette un uso più flessibile dei materiali e la tecnologia di produzione è molto conveniente. Tuttavia, i coloranti usati in queste celle soffrono problemi di degrado se esposti al calore o alla luce ultravioletta, ma nonostante questo problema è una tecnologia emergente con un impatto commerciale previsto entro 10-15 anni.

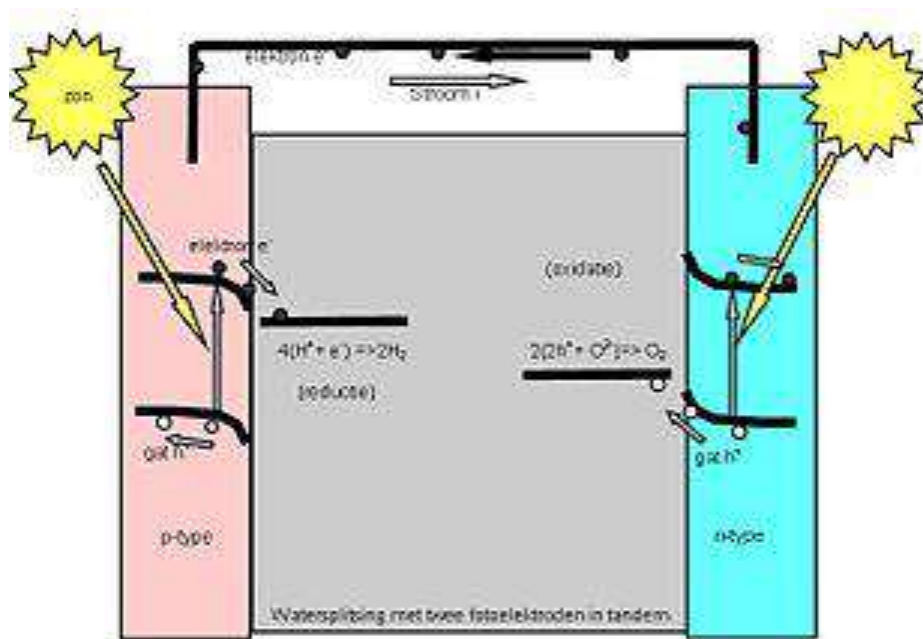
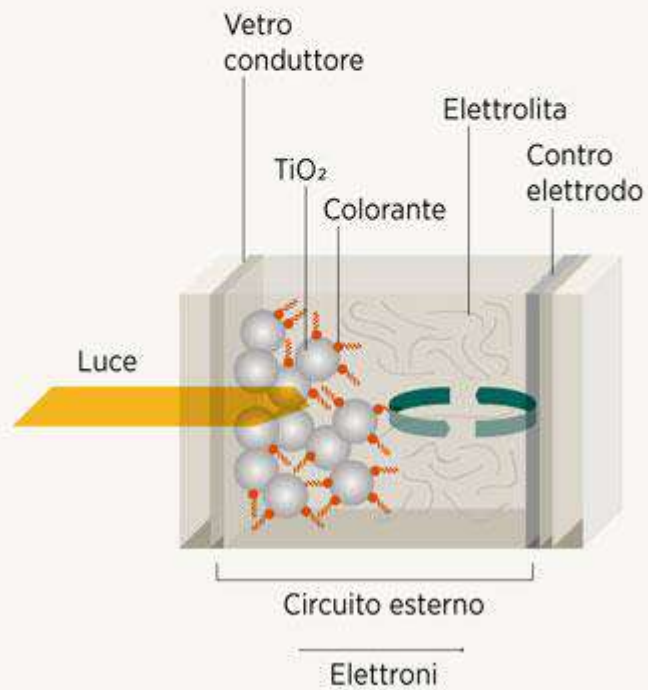


Figura 70 - Cella di Graetzel

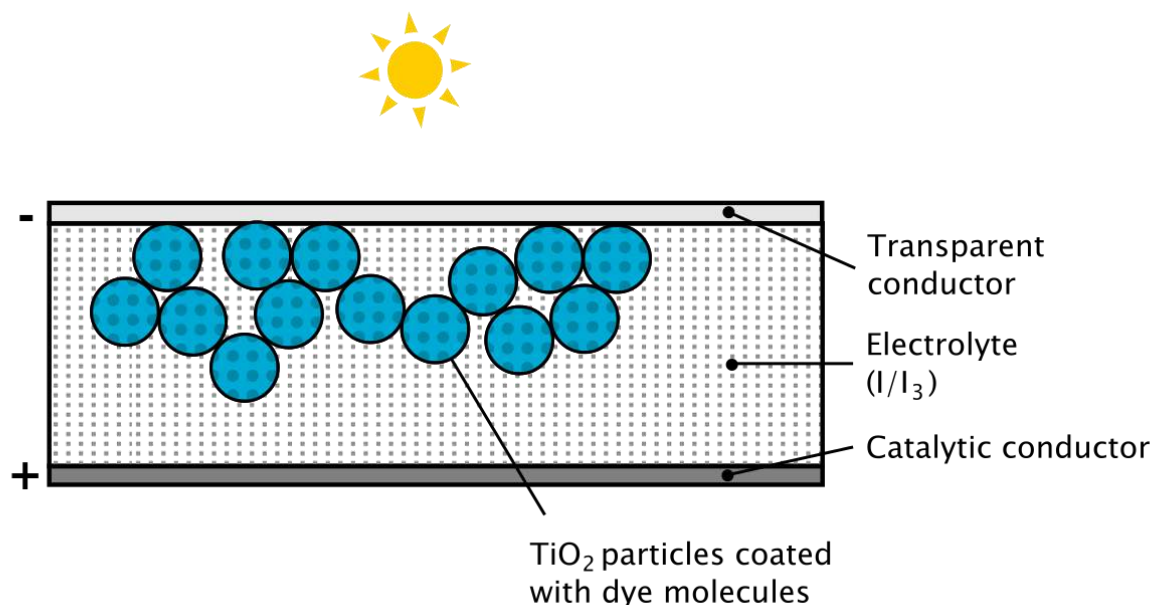
## COME FUNZIONA

# Cella di Grätzel

Le celle solari Dye-sensitized Solar Cell (DSC) sono composte da un pigmento, dall'ossido di titanio e da un elettrolita.



**Principio di funzionamento Cella di Grätzel**



### Schema di funzionamento di una cella di Grätzel

Le **celle di Grätzel** (o **DSSC** o **DSC**, dall'inglese *dye-sensitized solar cell*) sono delle particolari celle fotoelettrochimiche costituite da due vetri conduttori, che fungono da elettrodi, separati da uno strato di biossido di titanio ( $\text{TiO}_2$ ), dal materiale attivo e dalla soluzione elettrolitica. in Riferimento a ricerche dei dott.ri Michael Grätzel e Brian O'Regan (anno 1991)

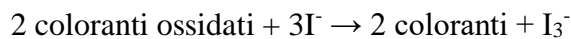
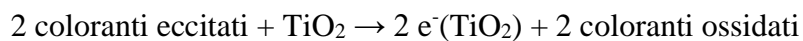
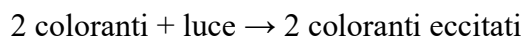
Il meccanismo di funzionamento è il seguente: il materiale attivo è costituito da un colorante (*dye*) che trasferisce elettroni al biossido di titanio in seguito all'assorbimento di fotoni. Per quanto concerne il colorante, sono state utilizzate molecole estratte dal succo di more e lamponi<sup>[21]</sup>, in particolar modo antocianine che, a seguito dell'assorbimento di radiazione luminosa, iniettano gli elettroni fotoeccitati in uno strato di  $\text{TiO}_2$ . Versioni più sofisticate ed efficienti di DSSC fanno uso di *dyes* basati su molecole organiche sintetiche.

Il  $\text{TiO}_2$  è un semiconduttore che permette il passaggio della luce, utilizzato come base su cui si legano un grande numero di molecole di colorante. Per migliorare il rendimento, si scalda lo strato di  $\text{TiO}_2$  in un forno per formare una struttura porosa,

in modo da creare una struttura con porosità nanometriche per aumentare la superficie cui si può fissare il colorante, incrementando l'area attiva.

La soluzione elettrolitica, in genere a base di iodio ( $I_2$ ) e ioduro di potassio (KI), ha il compito di permettere il trasporto della lacuna elettronica formatasi contemporaneamente all'emissione dell'elettrone quando la molecola di colorante viene colpita da un fotone, in direzione del controlettrodo. In questo modo viene restituito al colorante l'elettrone perso attraverso l'ossidazione e il ciclo si può quindi ripetere indefinitamente

Le reazioni del processo sono le seguenti:



Quando la cella è in funzione, la luce solare attraversa l'elettrodo trasparente superiore, colpendo il colorante depositato sulla superficie di  $TiO_2$ . I fotoni che colpiscono il colorante con sufficiente energia per essere assorbiti creano uno stato eccitato della molecola del colorante, da cui un elettrone può essere "iniettato" direttamente nella banda di conduzione del  $TiO_2$  e da lì si muove per un gradiente di diffusione chimica verso l'anodo. Nel frattempo, la molecola del colorante ha perso un elettrone e la molecola si decomporrà se non le viene fornito un altro elettrone. Quindi il colorante ne strappa uno dallo ioduro ( $I^-$ ) presente nella soluzione elettrolitica, ossidandolo in un triioduro ( $I_3^-$ ).

Questa reazione avviene piuttosto velocemente se paragonata al tempo che impiega l'elettrone iniettato nel  $TiO_2$  per ricombinarsi con la molecola di colorante ossidata. In questo modo si evita la reazione di ricombinazione tra colorante ossidato ed elettrone che abbasserebbe fortemente l'efficienza della cella solare. Il triioduro quindi recupera il suo elettrone mancante diffondendo verso il fondo della cella, dove

il controelettrodo reintroduce gli elettroni dopo che sono passati attraverso il circuito esterno.

Quindi il  $\text{TiO}_2$  funge da accettore di elettroni, il colorante organico è la pompa elettrochimica, mentre la soluzione elettrolitica agisce come donatore di elettroni.

### 9.1.1 Efficienza

Per confrontare tra loro due differenti celle fotoelettrochimiche, può essere utilizzata come cifra di merito l'efficienza di conversione solare, pari alla percentuale del rapporto della potenza elettrica prodotta rispetto alla potenza luminosa incidente sulla cella.

In una giornata limpida, la radiazione solare all'equatore raggiunge in media i  $1000 \text{ W/m}^2$ ,<sup>[3]</sup> perciò un modulo fotovoltaico di un metro quadrato con un'efficienza del 10%, riesce a produrre circa 100 W. L'efficienza delle attuali celle solari varia dal 6% per quelle basate su silicio amorfo fino al 30% per i prototipi di laboratorio a giunzioni multiple con silicio cristallino.<sup>[senza fonte][4]</sup>

Oltre all'efficienza, il confronto tra due celle fotoelettrochimiche va svolto sul costo dei materiali utilizzati; infatti celle basate su materiali esotici come arseniuro di gallio o seleniuro di indio producono una potenza elettrica maggiore (di 4 volte) rispetto ad una cella commerciale a silicio amorfo, ma presentano costi maggiori, anche di 100 volte.

La potenza elettrica è il prodotto tra corrente ( $J_{sc}$ ) e voltaggio ( $V_{oc}$ ), mentre l'efficienza quantica (*quantum efficiency*) è la probabilità che un fotone dotato di una certa energia provochi il rilascio di un elettrone.

In termini di efficienza quantica, le celle di Grätzel sono estremamente efficienti. Grazie allo spessore della nanostruttura c'è una probabilità molto alta che un fotone venga assorbito. Inoltre il colorante è molto efficiente nel convertire un fotone in un elettrone. L'efficienza quantica totale è intorno al 90%, dove il 10% è dovuto

principalmente alle perdite di conduzione tra il  $\text{TiO}_2$  e l'elettrodo, oppure dovute alle perdite ottiche nell'elettrodo frontale. L'efficienza quantica delle celle tradizionali varia in funzione del loro spessore, ma sono abbastanza simili a quelle delle DSSC.

Il massimo voltaggio generato da queste celle, in teoria, è semplicemente la differenza tra il livello di Fermi del  $\text{TiO}_2$  e il potenziale redox dell'elettrolita, cioè intorno a 0.7 V totali (Voc). Quindi, se una cella di Grätzel è connessa a un voltmetro in modalità circuito aperto, si leggerebbe un valore pari a 0,7 V. In termini di voltaggio le DSSC offrono una Voc leggermente maggiore delle controparti in silicio che si attestano su 0,6 V. Questa è una differenza molto piccola, quindi le differenze sostanziali sono date dalla produzione di corrente, cioè la Jsc.

Sebbene il colorante sia molto efficiente nel convertire fotoni in elettroni, solo quegli elettroni con abbastanza energia da superare il gap della banda del  $\text{TiO}_2$  porteranno a una produzione di corrente. Questo gap energetico è leggermente maggiore che nelle celle al silicio, ciò significa che meno fotoni nella luce solare sono utilizzabili per la generazione di corrente. Inoltre l'elettrolita limita la velocità alla quale le molecole del dye possono riguadagnare i loro elettroni e diventare nuovamente disponibili per la fotoeccitazione.

Questi fattori limitano la corrente generata da un DSSC. Una cella solare tradizionale basata sul silicio offre all'incirca  $35 \text{ mA/cm}^2$ , mentre la corrente offerta da una DSSC è intorno a  $20 \text{ mA/cm}^2$ .

Combinato con un *fill factor* (cioè il rapporto percentuale tra la potenza massima ottenibile in pratica e quella teorica) di circa 70%, il picco totale di produzione di potenza per le attuali DSSC rappresenta un'efficienza di conversione circa dell'11%, dove i comuni pannelli commerciali low-cost al Silicio operano tra il 12% e il 15%. Celle a film sottili flessibili sono tipicamente intorno all'8%.

Questo rende le celle di Grätzel estremamente attraenti come rimpiazzo delle tecnologie esistenti per le applicazioni "a bassa densità", come impianti solari sui tetti. Al momento non sono altrettanto interessanti per utilizzi in larga scala, dove vengono utilizzate celle più costose ed efficienti, ma basterebbero piccoli incrementi

nell'efficienza di conversione delle DSSC per renderle adatte anche per alcuni di questi ruoli.

Ad ogni modo c'è anche un'altra questione pratica da considerare. Il processo di iniezione di un elettrone direttamente nel  $\text{TiO}_2$  è qualitativamente differente di ciò che accade in una cella tradizionale, dove l'elettrone è promosso all'interno del cristallo originale. In teoria, dato un basso tasso di fotoni, nel silicio l'elettrone ad alta energia potrebbe ricombinare con la sua stessa lacuna, restituendo l'energia sotto forma di fotone, quindi senza generare corrente. Tale processo è però poco probabile, mentre più efficiente è la ricombinazione dell'elettrone fotoeccitato con la lacuna prodotta da un'altra fotoeccitazione. Questo è uno dei limiti maggiori all'efficienza delle celle tradizionali.

Al contrario, il processo di iniezione usato nelle DSSC non introduce una lacuna nel  $\text{TiO}_2$  ma solo un elettrone extra. Sebbene sia energeticamente possibile che l'elettrone si ricombini nuovamente con il colorante ossidato, la probabilità che ciò avvenga è piuttosto bassa rispetto alla probabilità che il colorante recuperi un elettrone dall'elettrolita. Questo perché la velocità del secondo processo è molto maggiore del primo. Inoltre la ricombinazione diretta dal  $\text{TiO}_2$  all'elettrolita non è possibile a causa delle differenze nei livelli energetici. Quindi la ricombinazione lacuna-elettrone che colpisce l'efficienza delle celle tradizionali non è presente nel DSSC.

Grazie a entrambe queste caratteristiche, cioè basse perdite e mancanza di ricombinazione, le DSSC funzionano anche in condizione di poca luce. Le DSSC sono quindi in grado di funzionare sotto cieli nuvolosi e non illuminate da luce diretta, quando invece le celle tradizionali soffrono di un "cutout" a un certo limite inferiore di illuminazione: in tal caso si ha una bassa mobilità del portatore di carica e quindi la ricombinazione diventa una questione importante. Il "cutoff" delle DSSC è così basso che sono state addirittura proposte per essere posizionate *indoor*, raccogliendo energia dalle luci della casa, fornendo così la corrente a piccoli dispositivi.

L'unico grande svantaggio di questo design è l'utilizzo del liquido elettrolita, che ha problemi di stabilità termica. A basse temperature l'elettrolita può congelare, bloccando la produzione di potenza e causando potenzialmente danni fisici. Al contrario, alte temperature provocano l'espansione del liquido, facendo sì che diventi un problema sigillare i pannelli. Sostituire il liquido elettrolita con un solido è stato finora uno degli aspetti principali della ricerca, poiché l'uso di un elettrolita solido elimina i suddetti problemi ma diminuisce drasticamente l'efficienza di conversione totale e rende la cella non pancromatica.

Riprendendo la ricerca sulla cella di **Graetzel** i coloranti usati nelle prime celle sperimentali DSSC (nel 1995 circa) erano sensibili solo alle alte frequenze, nell'ultravioletto e nel blu, cioè alla fine dello spettro solare.

Nuove versioni furono velocemente introdotte (intorno al 1999) che avevano una risposta in frequenza molto più ampia, chiamate "triscarboxy-terpyridine Ru-complex" [Ru(2,2',2''-(COOH)3-terpy)(NCS)3], efficienti anche nel campo a basse frequenze della luce infrarossa e rossa. L'ampia risposta spettrale ha come conseguenza che il colorante è caratterizzato dall'aver un colore marrone scuro-nero e viene chiamato semplicemente "black dye". Questi coloranti hanno un'eccellente probabilità di convertire un fotone in un elettrone: in origine era intorno all'80%, ma grazie ai miglioramenti nelle conversioni ormai quasi perfette dei coloranti più recenti, l'efficienza complessiva è intorno al 90%, con il 10% delle perdite dovute principalmente per le perdite ottiche all'elettrodo superiore.

Una cella solare deve essere in grado di produrre elettricità per almeno vent'anni, senza una diminuzione significativa nell'efficienza (arco di vita della cella). Il sistema con colorante "black dye" è stato sottoposto a 50 milioni di cicli, che equivalgono a 10 anni di esposizione al sole in Svizzera. Non sono state osservate diminuzioni significative durante l'esperimento. Ad ogni modo, questo colorante è soggetto al breakdown elettrico in condizioni con alta intensità di luce.

Nell'ultimo decennio, si è condotto un estensivo programma di ricerca (concluso nel 2007) per rimediare a questo problema. Durante questo lavoro, si è anche cercato di trovare una serie di nuove formulazioni di coloranti, mentre continuava lo sviluppo

sul "Ru-complex". Si sono così trovati l'1-etil-3 metilimidazolio tetracianoborato [EMIB(CN)<sub>4</sub>], che è estremamente leggero e stabile al variare della temperatura, il rame-diselenio [Cu(In,GA)Se<sub>2</sub>], che offre maggiori efficienze di conversione, e altri composti con proprietà diversificate per scopi specifici.

Le celle di Grätzel sono ancora all'inizio del loro ciclo di sviluppo, è quindi realistico attendersi un aumento dell'efficienza ed è recentemente iniziato uno studio molto più ampio riguardo alle possibili migliorie della cella di Grätzel. Questo include l'uso dei "quantum dots" per la conversione della luce a più alta energia (cioè a più alte frequenze) in più elettroni, l'utilizzo di elettroliti allo stato solido per una migliore risposta alla temperatura e la modificazione del drogaggio del TiO<sub>2</sub> per accoppiarlo al meglio con l'elettrolita specifico che viene utilizzato.

Nell'agosto 2006, si è svolto un esperimento per testare la resistenza chimica e termica della cella solare a 1-etil-3 metilimidazolio tetracianoborato. I ricercatori hanno sottoposto la cella a 80 °C al buio per 1000 ore, seguito da un bagno di luce a 60 °C per altrettanto tempo. Dopo questo processo, è stata ottenuta il 90% dell'efficienza fotovoltaica iniziale. È la prima volta che si ottiene una tale stabilità termica per un elettrolita liquido che offre una così alta efficienza di conversione. Contrariamente alle celle solari al Silicio, i cui rendimenti diminuiscono all'aumentare della temperatura, questo tipo di celle è stato influenzato in modo trascurabile quando si è aumentata la temperatura da quella ambientale a 60 °C.

Nell'aprile 2007, Wayne Campbell alla Massey University, in Nuova Zelanda, ha compiuto esperimenti su una vasta gamma di coloranti organici basati sulla porfirina. In natura, la porfirina è il blocco costruttivo base delle emoproteine, che includono la clorofilla nelle piante e l'emoglobina negli animali. Ha ottenuto efficienze dell'ordine del 7% usando questi coloranti a basso costo.

Nel giugno 2008 Michael Grätzel e colleghi all'accademia cinese delle scienze hanno raggiunto efficienze dell'8.2%, utilizzando un nuovo elettrolita completamente solido costituito dalla fusione di tre sali. Sebbene l'efficienza con questo elettrolita sia più bassa dell'11% di quella ottenuta con le soluzioni già esistenti basate sullo iodio, il

team è fiducioso che sia possibile migliorarne ulteriormente l'efficienza. Si noti che l'8.2% è già alla pari dell'efficienza della maggior parte delle celle a film sottile.

### **9.1.2 Industrializzazione della cella di Grätzel**

Si descrive nel seguito lo stato dell'arte di quello che l'industria nel mondo è in grado di proporre al mercato sull'argomento, sia che si tratti già di una produzione vera e propria sia che si tratti (e sono la maggioranza) di progetti di sviluppo dell'industrializzazione.

Attualmente, la posizione più avanzata sembra sia da attribuire dalla società australiana Dyesol, che ha già avviato la produzione dei moduli in Grecia e Turchia. In questo prodotto il materiale organico è integrato con biossido di titanio. Inoltre fino ad adesso la Dyesol ha prodotto "quantità sperimentali" di DSSC per diversi anni e vendendo al contempo anche i mezzi e i componenti chimici necessari per permettere agli altri di costruire le proprie DSSC.

Il progetto di produzione della Konarka Technologies prevede invece l'utilizzo di un sigillante per contenere il materiale elettrolitico liquido in un film sottile. Per la sua realizzazione si utilizza un processo simile a quello industriale per la pellicola fotografica, ottenendo anche in questo caso dei rotoli di materiale fotovoltaico. A questa soluzione collabora Arno Penzias, Premio Nobel per la fisica e vi partecipa anche la Siemens. Attualmente l'efficienza delle loro celle è bassa, circa 5% ma il prezzo di vendita dovrebbe essere compreso tra 1 e 0,5 €/Wp.

La Nanosolar ha sviluppato una cella composta da un substrato flessibile e a basso costo. Su questo substrato viene applicata una vernice semiconduttrice organica (in questo caso senza la necessità dell'elettrolita liquido) con un processo simile al processo di stampa. Le celle fotovoltaiche si presentano sotto forma di rotoli di materiale laminato. L'efficienza è del 10% e dichiarano di poter raggiungere il tempo di rientro della spesa (rimborso energetico) in 3 mesi; obiettivo dichiarato è un prezzo inferiore a 1 €/Wp.

La STMicroelectronics, società italo-francese, leader mondiale nella produzione di semiconduttori, ritiene sia possibile produrre sistemi fotovoltaici con semiconduttori organico-polimerici ad un costo di 200 €/kWp: 20 volte meno dei sistemi attuali al silicio. L'efficienza dovrebbe essere del 5-10% e quindi per avere 1 kW<sub>e</sub> di picco servono dai 20 ai 10 m<sup>2</sup> di superficie fotovoltaica.

Il progetto più recente è sviluppato al MIT, in collaborazione con altri centri di ricerca, e prevede l'utilizzo di cloroplasti e proteine fotosintetiche per la produzione di una cella fotovoltaica ad alta efficienza (teorica 70%, prove attuali 12%) e a basso costo (inferiore a 0,1 €/kWp). Il primo esperimento è del maggio 2004, la messa a punto di una cella commerciale è prevista a medio termine (10-20 anni).

In Italia una linea di ricerca sulla produzione di Dye solar cell è sviluppata dall'Università di Tor Vergata (Roma), utilizzando un pigmento, le antocianine, simile a quello che caratterizza il colore dei frutti di bosco.

Il padiglione austriaco all'Expo di Milano del 2015 ha presentato per la prima volta al mondo un'installazione dei pannelli sulla facciata basati sulle celle di Graetzel, 90 m<sup>2</sup> di pannelli producono circa 24 kWh al giorno di energia<sup>[5]</sup>.

## Note

1. <sup>^</sup> [\(EN\) Photoelectrochemistry of Semiconductors Archiviato il 6 aprile 2012 in Internet Archive.](#)
2. <sup>^</sup> [Characterization of anthocyanin based dye-sensitized organic solar cells \(DSSC\)](#)
3. <sup>^</sup> [Facoltà di Architettura Università di Genova, pp.6 \(PDF\)](#), su *arch.unige.it*.
4. <sup>^</sup> [Latest chart on record cell efficiencies](#), su *onlinelibrary.wiley.com* (archiviato dall'url originale).
5. <sup>^</sup> [Expo, il 'bosco' del Padiglione austriaco tra natura ed efficienza energetica - Panorama](#), su *panorama.it*. URL consultato il 30 luglio 2015 (archiviato dall'url originale il 29 giugno 2015).

## 9.2 Soluzioni tecnologiche e conclusioni

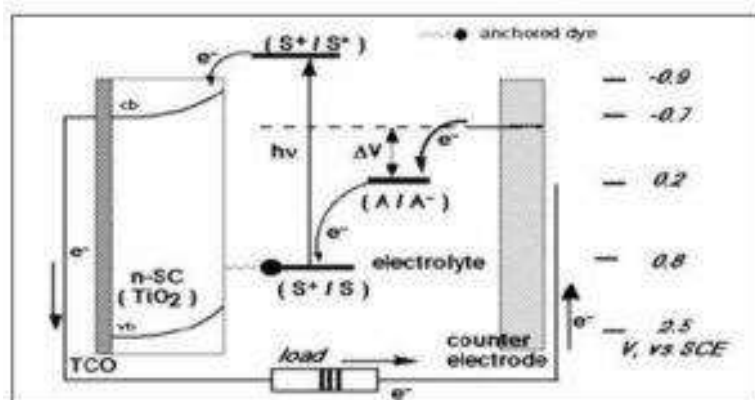
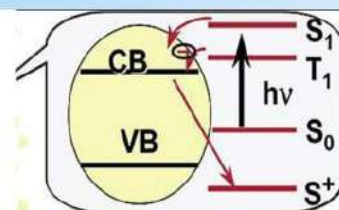
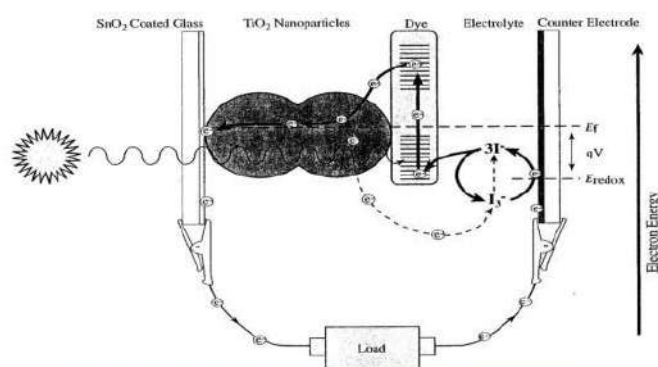


Figura 71 – diagramma schematico funzionamento cella elettrochimica fotovoltaica sensibilizzata con coloranti

### Il principio di funzionamento della cella di Graetzel e le reazioni coinvolte

#### Energy Diagram for Dye Sensitized Solar Cell



Lo stato eccitato del colorante si trova ad energia più alta della banda di conduzione del  $\text{TiO}_2$

1. colorante + luce  $\rightarrow$  colorante eccitato
2. colorante eccitato +  $\text{TiO}_2 \rightarrow e^-(\text{TiO}_2) + \text{colorante ossidato}$
3.  $e^-(\text{TiO}_2) + \text{C.E.} \rightarrow (\text{TiO}_2) + e^-(\text{C.E.}) + \text{energia elettrica}$
4.  $\frac{1}{2} \text{I}_3^- + e^-(\text{C.E.}) \rightarrow \frac{3}{2} \text{I}^- + \text{C.E.}$
5. colorante ossidato +  $\frac{3}{2} \text{I}^- \rightarrow \text{colorante} + \frac{1}{2} \text{I}_3^-$



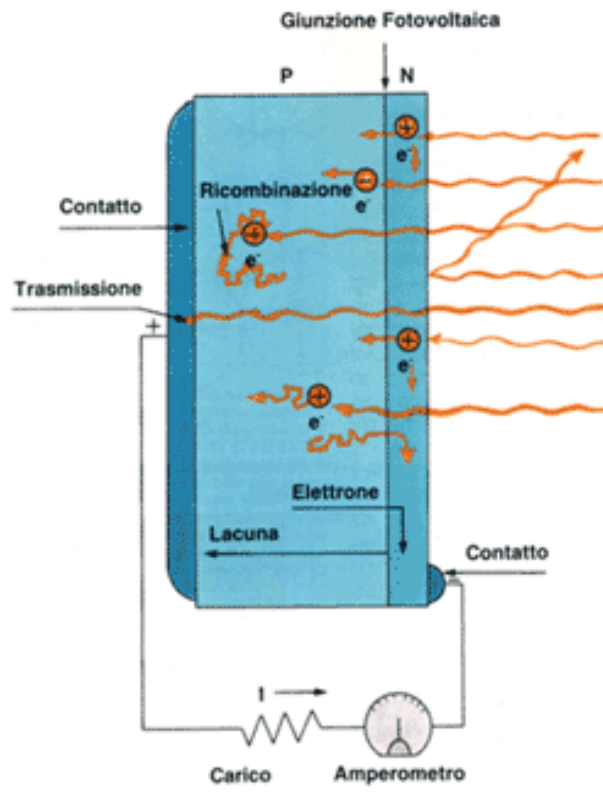


Figura 72

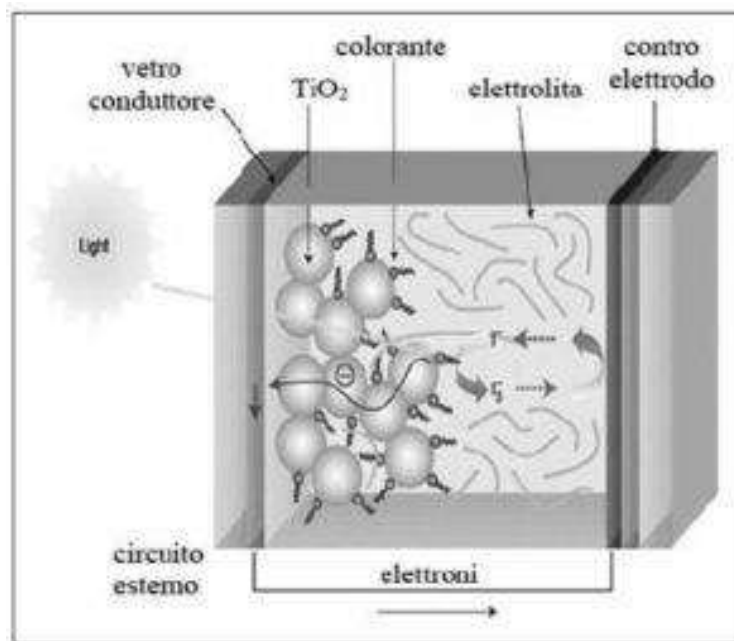


Figura 73 – schema di una cella tipo Grätzel

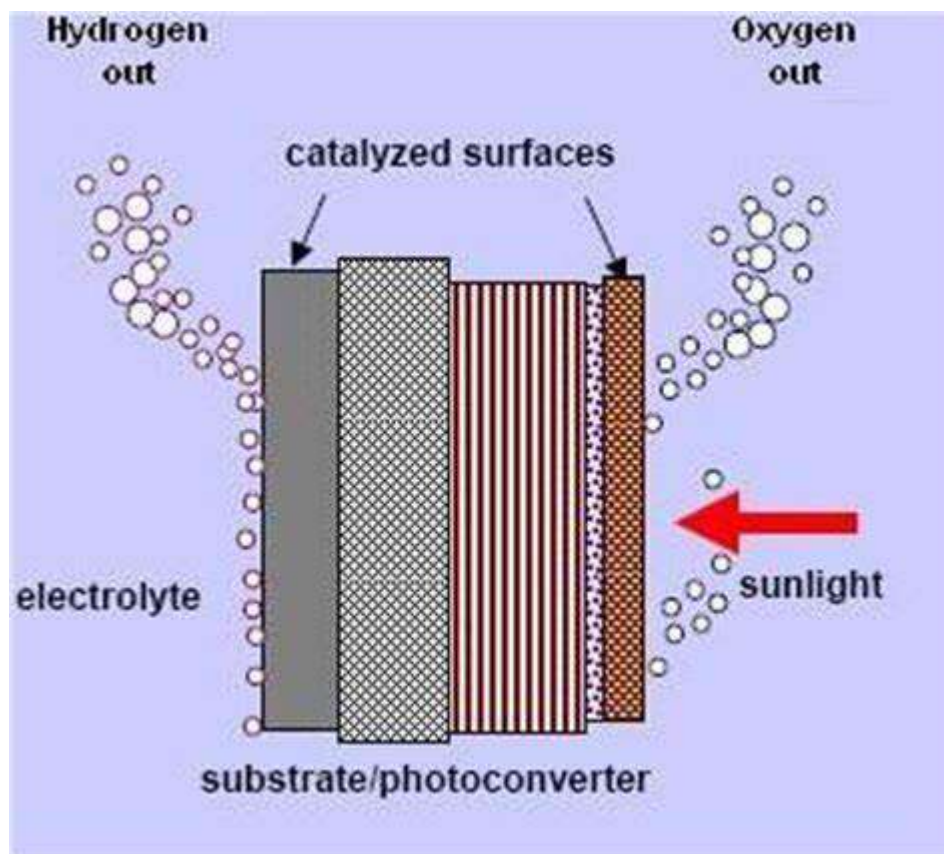


Figura 74

Anche l'incapsulamento della cella solare può comportare alcuni problemi relativi, soprattutto, all'ermeticità del dispositivo. L'evaporazione dell'elettrolita o l'ingresso di aria, infatti, potrebbero compromettere irrimediabilmente le prestazioni della cella solare, tanto da rendere necessario lo sviluppo di diverse tecniche di incapsulamento alla ricerca dell'alternativa migliore.

Inizialmente, infatti, nelle prime celle solari organiche gli elettrodi venivano posizionati uno di fronte all'altro frapponendo tra di loro uno spaziatore e, successivamente, venivano sigillati tra loro sui quattro lati, avendo cura di lasciare aperti i fori per l'immissione dell'elettrolita. Una volta introdotto l'elettrolita, i fori venivano chiusi con pasta termosaldante. Questa tecnica di incapsulamento, però, non forniva garanzie di completa ermeticità, in quanto l'elettrolita poteva facilmente

dissolvere la pasta utilizzata per chiudere i fori, consentendo all'aria di entrare nel dispositivo.

Per risolvere tale problema si è cominciato a realizzare celle solari organiche monolitiche, cioè completamente sigillate e prive di foro per l'ingresso dell'elettrolita. Solo dopo aver incapsulato il dispositivo, si è proceduto a forare superiormente il controlettrodo e ad immettere l'elettrolita in assenza di aria al fine di evitare ossidazioni pericolose che si verrebbero a creare. Il foro viene poi sigillato con un patch in vetro, così facendo non introduce più alcuna problematica relativa all'interazione della parte attiva del dispositivo con agenti esterni, come monossidi o biossidi presenti in atmosfera.

In ultima analisi, si può dire che al fine di consentire la diffusione capillare delle celle solari organiche sarà necessario, in futuro, mettere sia in atto nuove strategie costruttive per migliorare l'efficienza di conversione del dispositivo e sia cosa più importante giungere alla realizzazione di un sistema totalmente automatico di produzione (a camera bianca), indispensabile a rendere concretamente possibile la sostituzione del costoso fotovoltaico tradizionale con l'innovativa tecnologia fotovoltaica organica.

## BIBLIOGRAFIA

- Califano F., *La progettazione dei sistemi fotovoltaici*, 1988
- Cirillo E., *Gli impianti fotovoltaici: le celle solari*, 1988
- CNR, *Dati climatici per la progettazione edile ed impiantistica*, 1982
- Colombo U., *Energia*, 1996
- Cucumo M.A., Marinelli V., *Ingegneria solare, principi ed applicazioni*, 1994
- Dekker A.J., *Fisica dello stato solido*, Milano, 1965.
- Di Giovanni D., *La sicurezza degli impianti elettrici*, Milano, 2005.
- ENEA, *La radiazione solare globale al suolo in Italia negli anni 1996-1997*, 1999
- Falk A., *Il fotovoltaico per professionisti*, 2006
- FV Fotovoltaici elettricità dal sole – rivista bimestrale luglio-agosto anno 2007
- Gambarelli L., *Elettrotecnica industriale*, Padova, 1970
- Green M.A., *Solar cells*, 1986
- Groppi F., *Impianti solari fotovoltaici*, Redecesio di Segrate (MI), 2000.
- Hamakawa Y., *Energia elettrica dal sole*, Le Scienze Giugno 1987
- Hans R., *Energia solare*, Milano, 1976.
- John Eggert, *Trattato di chimica fisica ed elettrochimica*, 1946
- Journal: J. Am. Chem. Soc.; Nano Lett., *Molecular Engineering of Organic Sensitizers for Dye-Sensitized Solar Cells applications; High Open-Circuit Voltage Solid-State Dye-Sensitized Solar Cells with Organic Dye*, 2009
- ISES Italia, *Energia elettrica dal sole*, 1998
- Lasnier F., *Photovoltaic Engineering Handbook*, 1990
- Liu B.Y. e Jordan R.C., *The interrelationship and characteristic distribution of direct, diffuse and total solar radiation*, Vol.4, 1960
- Makvart T., *Practical andbook of Photovoltaics*, 2003

- Millmann , *Microelettronica*, Torino, 1990  
Mohan N., *Power Electronics*, 1989
- Morris M. Noel, *Elementi di elettronica teorica e pratica*, Milano, 1981
- NASA Solar Energy Panel, University of Maryland, 1972
- PV Tecnology – rivista quadrimestrale anno 1 nn.1 e 2, 2007
- Quaderni di elettrificazione, *elettricità da celle fotovoltaiche*, 1982-1983
- Quaderni di elettrificazione, *l'energia solare*, 1984
- Ray Peter M., *La vita delle piante*, 1985
- Robotti A., *Conversione diretta dell'energia solare in elettricità*, 1984
- Salisbury Frank B., *Fisiologia vegetale*, 1990
- Silvestri M., *Il futuro dell'energia*, Torino, 1988
- Zweibel K., *Harnessing SolarPower, the photovoltaics challenge*, New York, 1990
- Y.L. Hall, T.J. Flowers, R.M. Roberts, *La cellula vegetale: struttura e metabolismo*, 1984
- Immagine delle celle fotovoltaiche organiche DSSC, Fonte immagini:*  
<http://www.chose.uniroma2.it/research/celle-organiche-ibride-dssc/celle-fotovoltaiche-organiche.html>
- Photon il mensile del fotovoltaico [...] [Italienische Ausgabe] - 2012,11

## SITOGRAFIA

<https://www.rinnovabili.it/energia/fotovoltaico/celle-solari-alghe-bio-fotovoltaico/>

<https://www.rinnovabili.it/energia/fotovoltaico/celle-solari-bio-efficienti/>

<http://www.nature.com/srep/2012/120202/srep00234/full/srep00234.html>

<http://www.epia.org>

<http://www.uni-solar.com>

<http://www.enea.it>

<http://www.nrel.gov>

<http://www.sharp.it>

<http://www.decaservice.net>

<http://www.sanyo-component.com>

<http://www.esaenergie.it>

<http://www.schueco.it>

<http://www.spectrolab.com/prd/space/cell-main.asp>

Photoelectrochemistry of Semiconductors Archiviato il 6 aprile 2012 in Internet Archive.

Characterization of anthocyanin based dye-sensitized organic solar cells (DSSC)

Latest chart on record cell efficiencies, su *onlinelibrary.wiley.com* (archiviato dall'url originale).

Expo, il 'bosco' del Padiglione austriaco tra natura ed efficienza energetica - Panorama, su *panorama.it*. URL consultato il 30 luglio 2015 (archiviato dall'url originale il 29 giugno 2015).

---

# Metodologia e Tecnologie per la Trasformazione Digitale e la Transizione Ecologica nella Progettazione e Pianificazione delle Infrastrutture

Foria Federico<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Facoltà classe in Rischio e sostenibilità nei sistemi complessi dell'Ingegneria Civile*  
*Indirizzo: Doctor of Philosophy (Dottorato di Ricerca)*

---

## **Parole Chiavi**

*Infrastrutture,  
sistema, territorio,  
priorità, rischio*

## **Relatori**

Prof. Natale Vito

## **Candidato/a**

Foria Federico  
Matricola: 76129091989  
UNITOSCANA/IT

## **Introduzione**

Il territorio e la sua antropizzazione vivono un dinamismo che è diventato cruciale nella necessità di trovare nuovi equilibri nei sistemi economici, sociali e ambientali. Gli eventi estremi sempre più frequenti (pericolosità), la globalizzazione (esposizione) e la fragilità delle comunità (vulnerabilità) hanno mutato notevolmente i rischi a cui sono soggetti questi sistemi e, di conseguenza, gli strumenti e i processi per poterli gestire. In questo scenario assumono un ruolo prioritario gli elementi che permettono, da un lato, la comunicazione e il collegamento degli individui, delle comunità e degli ambienti, ovvero le infrastrutture, e, dall'altro, le opere civili per la difesa e la salvaguardia del territorio.

La complessità sopraesposta richiede approcci sempre più connessi (IoT), digitalizzati (trasformazione digitale, e.g. GIS, BIM) e quantitativi, nel breve-medio termine, e integrati (olistici), intelligenti (IA, Smart data) e automatici (Edge), nel lungo termine. La gestione di tale complessità non può prescindere da uno sforzo di visione e di innovazione da inserire in un quadro strategico sistemico-relazionale.

La limitatezza, la distribuzione non bilanciata e la previsione di sfruttamento delle risorse naturali, tecnologiche e intellettuali, richiede un'attenzione prioritaria, e non più rimandabile, verso i valori di sostenibilità, nei pilastri sociali, economici e ambientali.

# Capitolo 1

## INFRASTRUTTURE E TERRITORIO: IL SISTEMA

### 1.1 Introduzione

Qualsiasi disastro naturale — che sia alluvione, terremoto, incendio, epidemia o effetti del cambiamento climatico — è anche un disastro umano. La natura è sempre più lo specchio del comportamento dell'uomo, del modo in cui si relaziona con i suoi simili, in cui guarda a se stesso e al futuro. Per questo è necessario innanzitutto ripensare il ruolo di chi con la natura ha un rapporto privilegiato, insieme al ruolo e agli strumenti che permettono la gestione delle relazioni tra gli stessi.

Sommersi da analisi allarmanti e appelli accorati sull'ambiente, i disastri naturali e gli impatti antropici, non li ascoltiamo; schiacciati sul presente, prediligiamo il qui e ora, non riusciamo a prendere impegni etici e tecnici che riguardino soggetti lontani nello spazio e nel tempo: numeri e dati non bastano per farci immedesimare davvero nel processo; abbiamo un problema di immaginazione.

La scienza deve fornire certezze e quantificazioni, non alibi. Quello che bisogna esigere più di tutto, però, è la capacità di immaginare, lo sguardo ampio e lungo sul futuro, la costruzione etica e di strumenti della responsabilità umana, individuale e collettiva, verso la Terra di tutti i suoi abitanti. La sostenibilità per le future generazioni delle specie viventi, degli elementi inerti e dell'intero sistema passa attraverso un grande sforzo di innovazione che deve permettere una gestione e valorizzazione delle risorse con politiche e decisioni che tendano alla rigenerazione del sistema Terra.

In questo scenario ricoprono un ruolo fondamentale le infrastrutture e la loro manutenzione, come elementi di collegamento delle comunità, degli ambienti, delle economie e delle specie viventi. In particolare, questo lavoro si focalizza sull'analisi di alcune innovazioni, piuttosto che focalizzarsi sullo stato dell'arte, ovvero la gestione digitale e integrata delle infrastrutture esistenti per poter determinare le priorità di

decisioni con strumenti di analisi dinamici che tengano in conto diversi scenari e la possibilità di inserire livelli di complessità ulteriori (e.g. cambiamento climatico) in un unico ambiente di collaborazione e lavoro. La gestione digitale e integrata serve allo scopo di efficientare le risorse, ridurre gli impatti antropici, aumentare la collaborazione e la sicurezza degli utenti, fornire elementi di sintesi chiari e oggettivi con l'obiettivo di permettere alla persona giusta di affrontare e risolvere il problema giusto. In particolare, questo lavoro si concentra sulle infrastrutture di trasporto con occasionali richiami ad altre tipologie in aspetti di inquadramento.

L'approccio alla resilienza e alla sostenibilità dell'infrastruttura, della manutenzione e dei relativi sistemi di gestione deve fondarsi su un approccio di tipo olistico, come mostrato in Figura 1-1. Le componenti essenziali del sistema (ecologica, finanziaria, sociale e istituzionale, e fisica) si interfacciano in un complesso flusso sistemico-relazionale che richiede un'analisi degli elementi e delle loro complesse relazioni. Questo lavoro si concentra sull'analisi quantitativa della componente fisica dell'infrastruttura e del territorio, fornendo gli elementi per permettere ad altre figure specialistiche di effettuare la valutazione qualitativa sulle relazioni con le altre componenti. Inoltre si concentrerà, tra le diverse tipologie presenti, sulle infrastrutture di trasporto e, in particolare, di quelle ferroviarie per la natura intrinseca maggiormente sostenibile.



**Figura 1-1: Approccio olistico alla Resilienza (Asian Development Bank, 2021)**

## 1.2 Le infrastrutture di trasporto

In questo scenario, il valore imprescindibile delle infrastrutture emerge sempre più forte come elemento per unire le persone, i luoghi e le economie. Questa è la storia di come i “giganti lineari” diventano, da elemento di disparità, soluzioni strategiche cruciali per l’unione.

L’infrastruttura è l’insieme delle parti necessarie ad articolare un ambiente per adeguarlo a particolari esigenze. Nei trasporti terrestri riguardano l’insieme di strade, ferrovie e canali, e cioè il complesso di opere che consentono i movimenti di passeggeri e trasferimenti di merci. Le infrastrutture di trasporto sono costituite dall’insieme dei sistemi e delle opere civili idonei e necessari all’esercizio di un modo di trasporto che si svolge su un determinato territorio, e possono essere distinte in: infrastrutture stradali, che includono i sistemi autostradali, le strade di grande comunicazione, la viabilità regionale e comunale; infrastrutture ferroviarie, composte dalle reti nazionali, dalle ferrovie locali e dalle reti metropolitane; infrastrutture aeroportuali per il trasporto aereo, portuali per il trasporto marittimo, idroviarie per il trasporto fluviale. Le i. stradali e ferroviarie, denotate in seguito infrastrutture viarie, costituiscono le opere di maggior rilievo, sia per gli aspetti realizzativi e gestionali, sia per la loro incidenza sullo sviluppo economico e sociale. Questo lavoro si concentrerà principalmente sulle infrastrutture stradali e ferroviarie, con particolare attenzione per queste ultime nel caso studio, data la loro rilevanza per la sostenibilità dei trasporti.

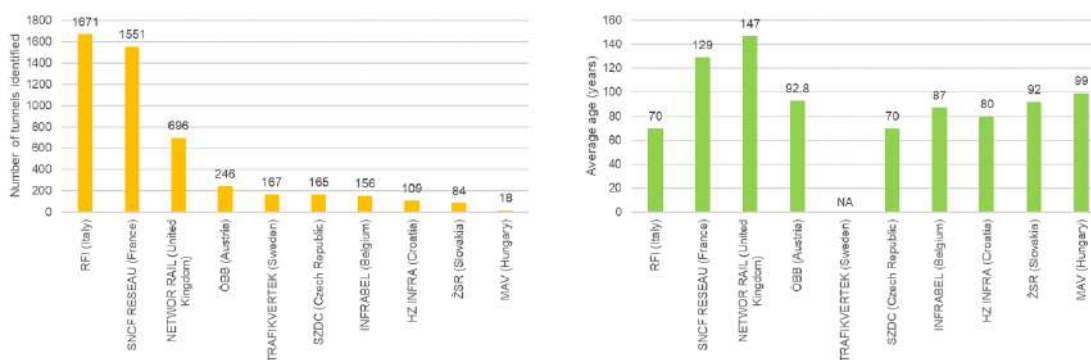
ANSFISA - Agenzia Nazionale per la Sicurezza delle Ferrovie e delle Infrastrutture stradali e autostradali, aperta dal Ministro delle infrastrutture e della mobilità sostenibili ha constatato che le si conoscono in modo esaustivo le condizioni di meno del 10% di queste opere.

Date le sue caratteristiche storiche, geologiche e geomorfologiche uniche, le infrastrutture di trasporto in Italia constano di un sistema di rete molto complesso. In particolare:

- 840.000 km di strade, di cui 8.006 km di autostrade e 27.259 km strade statali (Anas) con 2.179 gallerie, 21.072 ponti e viadotti, 6.320 cavalcavia;
- 17.530 km di ferrovie nazionali e regionali con 5.443 passaggi a livello, 18.847 ponti, viadotti e gallerie, 3.236 stazioni, 30.818 scambi o intersezioni (ANSFISA, 2021);

- 1.130 km di ferrovie isolate con 944 passaggi a livello, 1529 ponti, viadotti e gallerie, 288 stazioni e 225 km di impianti di trasporto rapido di massa (metropolitane), di cui 131,6 km in galleria (ANSFISA, 2021).

La stessa situazione si può estendere, con le dovute eccezioni, al patrimonio infrastrutturale dei paesi industrializzati. A titolo di esempio, si mostra nell'immagine sottostante uno studio sull'età e le caratteristiche delle gallerie delle infrastrutture ferroviarie delle principali reti Europee. Non solo si nota la rilevanza dei dati italiani nel contesto Europeo, ma soprattutto della loro età. Infatti l'età media di 70 anni presenza anche l'influenza delle linee alta velocità che si sono diffuse negli ultimi 20 anni, condizionando il dato al ribasso.



**Figura 1-2: Numero di asset ed età media delle gallerie delle principali reti ferroviarie Europee (AFTES, 2021)**

### 1.2.1 Manutenzione e gestione

In questo scenario con il patrimonio infrastrutturale presentato, la chiave di volta risiede nei meccanismi di gestione dei sistemi e la manutenzione degli asset. La trasformazione digitale, la diagnosi integrata e multidisciplinare ad opera di specialisti di alto profilo, e l'impiego di tecnologie avanzate sono pietre miliari necessarie nella direzione di città resilienti.

Il rapporto del Gruppo Banca Mondiale “Well Maintained: Economic Benefits from more Reliable and Resilient Infrastructure”, documenta in modo efficace come una manutenzione tempestiva e di qualità sia in grado di accrescere la prosperità, favorendo crescita e benessere delle persone, delle imprese e dei sistemi economici nel loro complesso. Stimando i costi diretti imposti alle imprese, in paesi a medio-basso reddito, le perdite di fatturato dovute all'interruzione di corrente ammontano a 82

miliardi di dollari l'anno; il malfunzionamento delle infrastrutture di approvvigionamento idrico gravano per circa 6 miliardi di dollari l'anno; mentre i costi per interruzione o inagibilità dei trasporti dovuti ammontano a circa 107 miliardi di dollari l'anno. Tali stime escludono i costi indiretti, come la perdita di competitività e la ridotta capacità di attrarre investimenti. Sebbene distinguere e misurare l'impatto di molteplici cause di malfunzionamento (disastri naturali, obsolescenza, cattiva gestione, ecc.) rimane una sfida, emergono evidenze che investire in una maggiore resilienza delle infrastrutture sia efficace in termini di costi/benefici. Una delle analisi riportate stima che per ogni dollaro speso per rendere le infrastrutture esposte più resilienti, vi è un ritorno maggiore di 1 dollaro (con benefici crescenti se lo scenario include i danni del cambio climatico).

Il report OECD "Building Resilience - New Strategies for Strengthening Infrastructure Resilience and Maintenance", illustra invece come i sistemi di infrastrutture siano sempre più esposti ad una molteplicità di sfide vecchie e nuove. Gli eventi meteorologici estremi che si verificano con maggiore frequenza sono una preoccupazione crescente (nubifragi, inondazioni, terremoti e altre calamità naturali sono responsabili per una quota dal 10 al 70 per cento di tutte le interruzioni, a seconda del paese e del settore), ma vanno affrontate anche la negligenza nella manutenzione passata, la mancanza di preparazione al rischio, o l'inadeguatezza di strutture desuete sottoposte allo stress di volumi di utilizzo molto accresciuti. Inoltre, differenti modelli di domanda e catene di approvvigionamento a crescente complessità stanno rendendo i sistemi infrastrutturali sempre più interdipendenti (e.g. la digitalizzazione e la decarbonizzazione stanno aumentando la dipendenza dall'economia delle reti di telecomunicazione e di elettricità).

### *1.2.2 Verso infrastrutture sostenibili*

L'impero delle costruzioni (World Bank Group, 2019), la potenza grigia, è tra i più impattanti settori produttivi in termini di carbon footprint (circa 11%), di cui il 60% "solo" tra calcestruzzo e acciaio, contando l'estrazione di materie prime, la produzione e il trasporto. La CO<sub>2</sub> prodotta dall'industria dei cementi (5.0%) impatta, ad esempio, quasi quanto l'agricoltura (5.2%) e poco meno dell'intera produzione di Oil and Gas (6.4%).

L'impatto non cambia se si parla di nuove costruzioni o manutenzione ad opere esistenti, per questo la chiave di volta risiede nei meccanismi di gestione dei sistemi. La trasformazione digitale, la diagnosi integrata e multidisciplinare ad opera di specialisti di alto profilo, e l'impiego di tecnologie avanzate sono pietre miliari necessarie nella direzione di ambienti resilienti.

### **1.3 Inquadramento normativo della sostenibilità**

Nel seguito si focalizzano alcuni punti chiave nel quadro di normative Europee, degli standard regolamentati e delle linee guida in materia di ESG (Environment, Social and Governance) applicabili alle infrastrutture. Infatti, qualsiasi strumento successivamente menzionato e sviluppato nell'ambito di questo lavoro, deve essere inserito concettualmente in un contesto di sostenibilità, continuamente in evoluzione, ma con aspetti normativi consolidati.

#### *1.3.1 Quadro internazionale ed europeo*

La cornice di riferimento che orienta lo sforzo planetario per migliorare le condizioni di sostenibilità dello sviluppo economico è costituita dall'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile ossia di un programma d'azione per le persone, il pianeta e la prosperità sottoscritto nel settembre 2015 dai governi dei 193 Paesi membri dell'ONU. Essa ingloba 17 Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile - Sustainable Development Goals – in un grande programma d'azione per un totale di 169 'target' o traguardi. L'avvio ufficiale degli Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile ha coinciso con l'inizio del 2016, guidando il mondo sulla strada da percorrere nell'arco dei prossimi 15 anni: i Paesi, infatti, si sono impegnati a raggiungerli entro il 2030.

Gli Obiettivi per lo Sviluppo danno seguito ai risultati degli Obiettivi di Sviluppo del Millennio (Millennium Development Goals) che li hanno preceduti, e rappresentano obiettivi comuni su un insieme di questioni importanti per lo sviluppo: la lotta alla povertà, l'eliminazione della fame e il contrasto al cambiamento climatico, per citarne solo alcuni. 'Obiettivi comuni' significa che essi riguardano tutti i Paesi e tutti gli individui: nessuno ne è escluso, né deve essere lasciato indietro lungo il cammino necessario per portare il mondo sulla strada della sostenibilità. Al settore "Industria, Innovazione e Infrastrutture" è direttamente indirizzato l'obiettivo 9

“Costruire un’infrastruttura resiliente e promuovere l’innovazione ed una industrializzazione equa, responsabile e sostenibile”.

In aggiunta agli obiettivi generali delle Nazioni Unite non bisogna dimenticare quelli più specifici di agenzie riconducibili all’ONU, come per esempio l’ILO (International Labour Organization) che ha intensificato la pubblicazione di raccomandazioni e linee guida sul tema della sicurezza dei luoghi di lavoro.

Nella cornice dell’ONU anche l’OCSE (Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico) ha iniziato a svolgere, nell’ultimo decennio, un’intensa attività di stimolo verso i governi, le Associazioni e le imprese per adottare politiche e strumenti sempre più efficaci nel sostegno a un modello di sviluppo economico sempre più responsabile e sostenibile.

La “OECD Due Diligence Guidance for Responsible Business Conduct” (2018) costituisce il documento di riferimento generale per fornire alle imprese un modello da implementare per ridurre i rischi che possono causare impatti avversi sulle organizzazioni e i loro Stakeholders. La Guida si propone infatti di aiutare le imprese a comprendere e applicare il dovere di diligenza (due diligence) per la Responsible Business Conduct.

La linea guida OCSE fissa i principi fondamentali di una Due Diligence per la condotta responsabile di business:

- *carattere preventivo* (l’obiettivo è di evitare di causare impatti avversi su persone, ambiente e società e di cercare di prevenire impatti avversi direttamente correlati alle operazioni, prodotti o servizi attraverso relazioni economiche con terzi (fornitori e clienti);
- *scopo esteso a processi e obiettivi* (la due diligence è parte dei processi decisionali dell’azienda e del sistema di risk management e consiste in un insieme di processi interconnessi per identificare gli impatti negativi, prevenirli e mitigarli, monitorare l’attuazione e i risultati e comunicare in che modo gli impatti negativi vengono affrontati all’interno dell’impresa e lungo le filiere di fornitura e commerciali;
- *focus sulla doppia materialità* ossia alla probabilità di impatti negativi sulle persone, sull’ambiente e sulla società, che le imprese causano, a cui contribuiscono o a cui sono direttamente collegate (oltre ai rischi provenienti dal contesto esterno

che possono impattare sull'azienda; • *orientamento alla valutazione predittiva dei rischi* di eventi attuali o potenziali che possono causare impatti avversi futuri;

- *dinamicità*: l'attuazione del dovere di diligenza è continuativo, reattivo e mutevole e comprende cicli di feedback che permettono all'impresa di trarre insegnamenti da ciò che ha funzionato e da ciò che non ha funzionato in una logica di miglioramento continuo;

- *non consente il trasferimento di responsabilità*;

- *riferimento a linee guida e standard internazionali* di Responsible Business Conduct;

- *informata e guidata dal coinvolgimento degli stakeholder*;

- *comunicazione continua* (come parte integrante del processo di Due Diligence)

L'Europa è il blocco politico-economico nel mondo che per primo, e in modo sempre più convinto, ha avviato un processo di implementazione di politiche e normative sempre più stringenti con l'obiettivo di alzare la soglia delle obbligazioni per le imprese rispetto ai temi della responsabilità per lo sviluppo sostenibile. Uno dei cardini del Green Deal Europeo, il programma di investimento comunitario a sostegno delle politiche economiche degli Stati membri per la resilienza e il rilancio prevede in pochi anni la mobilitazione di oltre 1000 miliardi di euro che si aggiungono a quelli previsti in altri piani già approvati in passato per azioni che si propongono di coniugare la crescita economica con lo sviluppo sostenibile.

Sulla scia delle linee guida OCSE, l'Unione Europea ha avviato una strategia finalizzata a introdurre obblighi e impegni crescenti sulle imprese al fine di tutelare sempre meglio i legittimi interessi dei suoi Stakeholders.

Per le finalità di questo documento ci limitiamo soltanto a fornire un quadro sintetico dei Regolamenti e Direttive comunitarie già in vigore, escludendo quelle di recente o imminente entrata in vigore (da metà 2022).

### 1.3.2 *Direttiva 2014/95/EU*

La Direttiva 2014/95/EU nota come “Non Financial Reporting Directive – NFRD” (recepita in Italia con il D.Lgs. 254/2016) è stato il primo atto significativo adottato dall'Unione Europea a tutela di investitori e risparmiatori. La Direttiva 2014/95 ha introdotto per la prima volta l'obbligo di una valutazione e comunicazione da allegare

al bilancio basata sulla valutazione dei rischi di impatti avversi futuri sulle imprese e i suoi stakeholder relativi ad aspetti non finanziari (Governance, Sociale, Ambientale, Business Ethics).

La direttiva richiede alle imprese che rientrano nel suo campo di applicazione (dimensione con almeno 500 dipendenti) di predisporre un rendiconto da allegare al bilancio di esercizio nel quale è presente una dichiarazione relativa alla valutazione dei “... d) i principali rischi connessi a tali aspetti legati alle attività del gruppo anche in riferimento, ove opportuno e proporzionato, ai suoi rapporti, prodotti e servizi commerciali che possono avere ripercussioni negative in tali ambiti, nonché le relative modalità di gestione adottate dal gruppo.

La Direttiva è importante perché estende il perimetro dell’informazione di sostenibilità dal (relativamente) ristretto confine della legal entity dichiarante all’intera filiera di fornitura.

Attualmente è in fase avanzata di elaborazione la proposta di Direttiva CSRD che emenda alcuni precedenti atti normativi europei (Direttiva contabile, Direttiva e Regolamento sull’audit, la «Transparency Directive»).

La nuova Direttiva rinomina il termine “reporting non finanziario” (scomparirà quindi presumibilmente l’espressione «informazione non finanziaria») e lo trasforma in “reporting di sostenibilità”. Non si tratta ovviamente di un semplice cambio di denominazione ma di un ben più profondo intervento nel segno della consistenza, credibilità e trasparenza del Corporate Sustainability Reporting.

In primo luogo la proposta di Direttiva estende il campo di applicazione del reporting di sostenibilità (rispetto alla Direttiva 94/2015) a tutte le grandi imprese, le banche e le assicurazioni europee quotate o non quotate, nonché a tutte le società quotate, con la sola eccezione delle micro-quotate. La soglia dimensionale delle imprese rientranti nel campo di applicazione della Direttiva scende da 500 a 250 addetti medi annui superiore a 250 e la platea delle imprese europee direttamente interessate passerà dalle circa 11.000 odierne a oltre 49.000. I gruppi, inoltre, dovranno produrre un report di sostenibilità consolidato (una sub-holding sarà esentata dal Report di sostenibilità consolidato, se la sua controllante produce tale documento secondo le regole e gli standard europei).

Alle imprese che rientrano direttamente nel campo di applicazione della proposta di Direttiva occorre aggiungere quelle imprese che saranno indirettamente interessate ossia le imprese che si trovano lungo la filiera di fornitura delle aziende direttamente interessate alle quali sarà richiesto di fornire a queste delle informazioni altrettanto credibili e affidabili.

In un settore come quello delle infrastrutture questo significa che il Corporate Sustainability Reporting non si limita per esempio al perimetro delle società di progettazione e/o ai main contractors ma si estende anche alla filiera sempre più complessa e frazionata di fornitori di materiali, sub-contractors e loro sub-contractors.

Le nuove regole sul reporting di sostenibilità, infine, si applicheranno in modo volontario alle PMI non quotate. Verranno emanati degli standard europei di reporting differenziati e semplificati per le PMI quotate, i quali saranno comunque applicabili dopo tre anni rispetto alle altre imprese. L'informativa di sostenibilità dovrà essere inserita nella Relazione sulla Gestione, e non in un fascicolo a parte, divenendo così parte integrante e sostanziale del reporting aziendale (cosiddetto "One Report").

L'informazione di sostenibilità avrà natura sia quantitativa che qualitativa e dovrà contenere sia informazioni di carattere retrospettivo che di tipo prospettico (forward-looking), focalizzata sulla valutazione del livello di esposizione a impatti avversi futuri.

L'aspetto di fondamentale importanza introdotto nel testo della proposta di direttiva riguarda l'introduzione dell'obbligo di certificazione di terza parte indipendente del Corporate Sustainability Reporting che potrà essere effettuato soltanto da revisori contabili e società di revisione (dal momento dell'approvazione della Direttiva).

### *1.3.3 Regolamento 2019/2088*

All'evoluzione della Direttiva 2014/95 in materia di comunicazione societaria sulla sostenibilità si accompagnano altri Regolamenti entrati in vigore nel 2021 a tutela degli investitori: il Regolamento 2019/2088 "Sustainable Finance Disclosure Regulation" (SFDR) entrato in vigore a marzo 2021 e il Regolamento 2020/852 "Relativo all'istituzione di un quadro che favorisce gli investimenti sostenibili e recante modifica del regolamento (UE) 2019/2088" (conosciuto come Regolamento della Tassonomia).

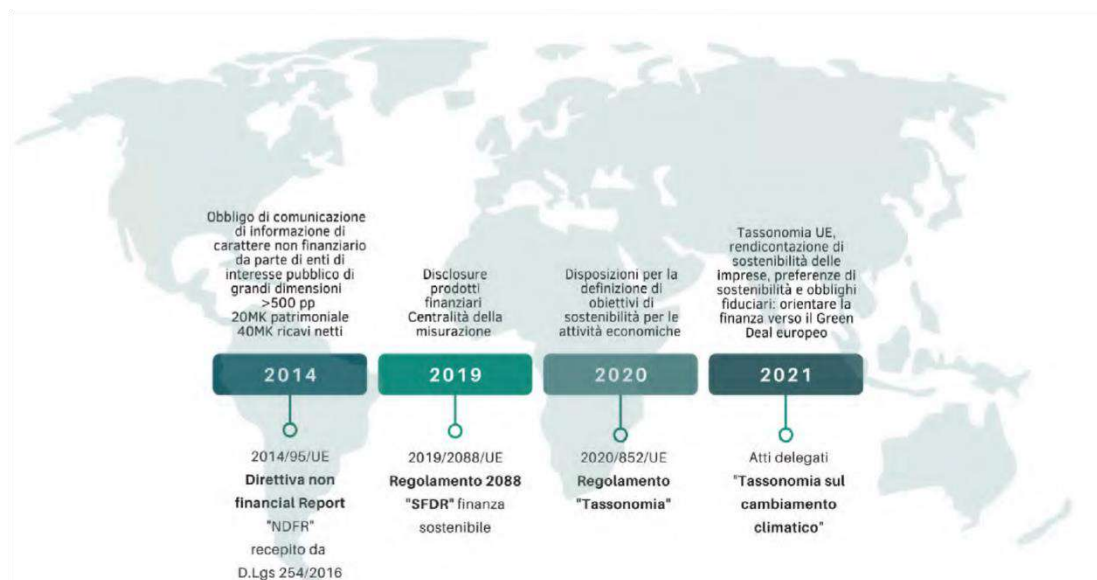
Il Regolamento 2019/2088 si applica a tutti i partecipanti dei mercati finanziari; insieme agli RTS ad esso collegati stabilisce norme armonizzate sulla trasparenza per i partecipanti ai mercati finanziari e i consulenti finanziari per quanto riguarda l'integrazione dei rischi di sostenibilità e la considerazione degli effetti negativi per la sostenibilità nei loro processi e nella comunicazione delle informazioni connesse alla sostenibilità relative ai prodotti finanziari. Il regolamento 2019/2088 introduce l'obbligo di descrivere le seguenti informazioni nell'informativa precontrattuale dei prodotti finanziari:

- a) in che modo i rischi di sostenibilità sono integrati nelle politiche di investimento;
- b) i risultati della valutazione dei probabili impatti dei rischi di sostenibilità sul rendimento dei prodotti finanziari offerti alla clientela.

In aggiunta ai Regolamenti e Direttive comunitarie già emanati, rileva in prospettiva anche la proposta di Direttiva “Corporate Due Diligence and Corporate accountability” che introduce l'obbligo di Due Diligence in materia di sostenibilità. Questa direttiva mira a garantire che le imprese che operano nel mercato interno adempiano al loro dovere di rispettare i diritti umani, l'ambiente e la buona governance evitando di causare o contribuire all'emersione di rischi ESG, anche in riferimento alle loro relazioni d'affari. A tal fine, essa stabilisce obblighi minimi (minimum requirement) applicabili alle imprese in virtù dei quali queste ultime sono tenute a individuare, prevenire, controllare, riferire internamente, affrontare e correggere, divulgare (terzo pilastro) i rischi che le loro attività possono comportare in tema di rispetto dei diritti umani, di tutela dell'ambiente e di buona governance. La direttiva mira a garantire che le imprese siano responsabili per gli eventuali effetti negativi che esse dovessero provocare in forza delle loro attività in ordine ad aspetti ESG, lungo tutta la loro catena di valore. L'aspetto più rilevante di questa proposta di Direttiva è l'ambito di applicazione che comprende:

- tutte le imprese soggette al diritto di uno Stato membro o stabilite nel territorio dell'Unione;
- le imprese a responsabilità limitata disciplinate dal diritto di uno Stato non membro e non stabilite nel territorio dell'Unione quando operano nel mercato interno vendendo beni o prestando servizi. Gli effetti combinati

delle direttive sulla rendicontazione dei rischi non finanziari e di quelle sull'introduzione dell'obbligo di due-diligence di tali rischi, possano incentivare la diffusione di metodologie di rilevazione dei rischi ESG sempre più orientate alla stima quantitativa dei rischi e a un maggiore livello di credibilità, grazie anche alla certificazione di terza parte indipendente.



**Figura 1-3: Evoluzione normativa europea (2014-2021).**

#### 1.3.4 Regolamento 2020/852 “Tassonomia”

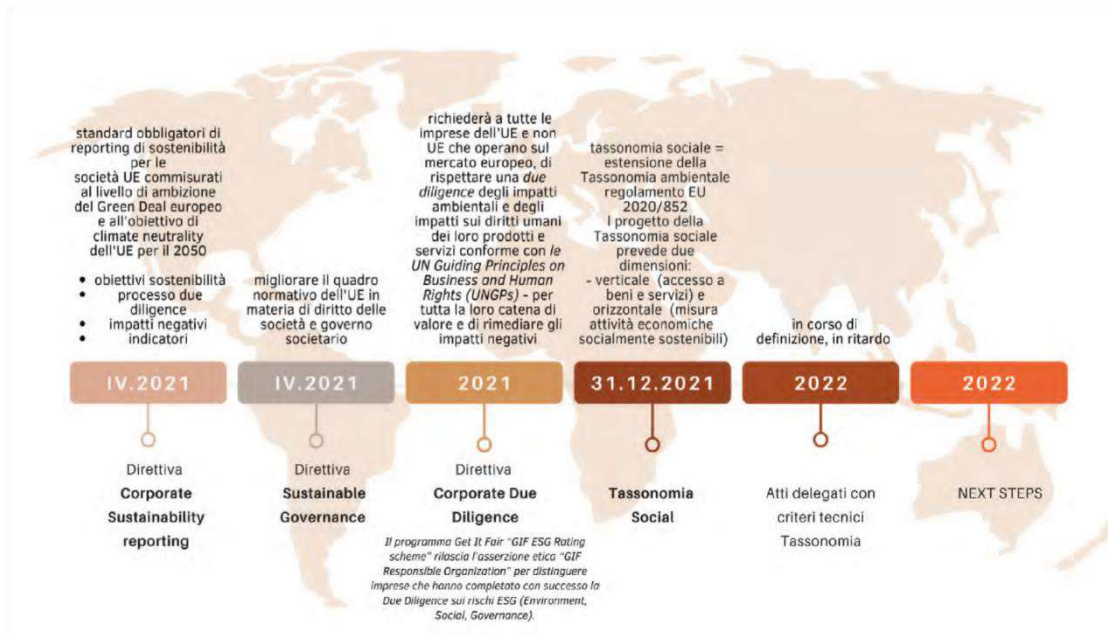
È in questo scenario e percorso che si colloca il varo del Regolamento europeo 2020/852 approvato dal Parlamento e dal Consiglio il 18 giugno 2020 con il quale si definiscono le regole per garantire investimenti sostenibili. Il regolamento stabilisce i criteri per determinare se un'attività economica possa considerarsi ecosostenibile, al fine di individuare il grado di ecosostenibilità di un investimento; e si applica sia all'Unione che ai singoli Stati membri che stabiliscono obblighi per i partecipanti ai mercati finanziari, a questi ultimi e alle imprese soggette all'obbligo di pubblicare una dichiarazione di carattere non finanziario.

Il regolamento contribuisce a definire un'attività economica ecosostenibile in quanto contribuisce in modo sostanziale al raggiungimento di uno o più dei seguenti obiettivi ambientali (elencati all'articolo 9):

- a. la mitigazione dei cambiamenti climatici;
- b. l'adattamento ai cambiamenti climatici;
- c. l'uso sostenibile e la protezione delle acque e delle risorse marine;

- d. la transizione verso un'economia circolare;
- e. la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento;
- f. la protezione e il ripristino della biodiversità e degli ecosistemi.

A ciascun obiettivo è dedicato un articolo di dettaglio nel quale vengono individuati i principali contributi per il loro raggiungimento e i relativi criteri di vaglio tecnico (articoli da 10 a 16). Vengono altresì definite le garanzie minime di salvaguardia a cui ci si deve attenere (articolo 18). Ed è nel regolamento 2020/852 che viene richiamato il principio che un'attività economica può considerarsi ecosostenibile se non arreca un danno significativo a nessuno degli obiettivi ambientali sopra richiamati, dedicando a questo argomento l'articolo 17, nel quale vengono indicati per ciascun obiettivo comportamenti e pratiche in contrasto con il principio del DNSH (“do no significant harm” = “non arrecare un danno significativo”).



**Figura 1-4: Evoluzione normativa europea in materia sostenibilità (2021-2022)**

Ad esempio, la produzione di acciaio è considerata dal Regolamento della tassonomia un'attività economica di transizione, per quanto riguarda l'obiettivo di mitigazione al cambiamento climatico, purché soddisfi i criteri di vaglio tecnico che verranno aggiornati con cadenza regolare negli anni futuri, per adeguarsi anche all'evoluzione delle tecnologie presenti sul mercato e agli obiettivi EU di decarbonizzazione al 2050. Oggi, questi criteri prevedono che il settore siderurgico per essere allineato alla tassonomia da un lato produca con una quantità ridotta di emissioni di CO<sub>2</sub>e per tonnellata di prodotto finito e dall'altra, in riferimento alla

produzione con forno elettrico, mantenga il rapporto tra i rottami di acciaio in ingresso e il prodotto in uscita non è inferiore al 70% per la produzione di acciaio alto legato e al 90% per la produzione di acciaio al carbonio. In altre parole, il settore siderurgico viene considerato sostenibile a fronte di una produzione a emissioni ridotte e che utilizza come materia prima una materia di recupero (il rottame). In aggiunta all'obiettivo di mitigazione al cambiamento climatico, la Tassonomia richiede di non arrecare un danno significativo agli altri 5 obiettivi di sostenibilità. Oltre alle richieste normative, a sollecitare nello specifico il settore, è il mercato dell'edilizia, così come il mercato finanziario: sempre più frequenti sono le richieste di compliance a determinati parametri ambientali e sociali a cui la Tassonomia fa riferimento. È quindi fondamentale adeguarsi a queste richieste in continua evoluzione, sia sul lato della mera compliance quindi in termini di rendicontazione ma anche a un livello precedente, che è quello di valutazione, raccolta e catalogazione delle informazioni affinché esse siano in linea con la Tassonomia ambientale.

Negli ultimi stanno fiorendo certificazioni specifiche in ambito di sostenibilità e prime linee guida per l'applicazione del DNSH all'ambito delle infrastrutture (ICMQ, 2021). Tali principi, in genere comuni a prescindere dal framework, sono fondamentali per qualsiasi attività.

### 1.3.5 Linee Guida EBA

Nel 2020 l'EBA (*European Banking Authority*)<sup>1</sup> ha pubblicato un documento di fondamentale importanza per il sistema del credito Europeo: le *Guidelines on Loan Origination and Monitoring*<sup>2</sup>. Il 30 Giugno 2022 è la data ultima fissata dall'EBA (European Banking Authority) in cui le banche dovranno ricevere l'autorizzazione, da parte delle Banche Centrali del paese (da noi Banca d'Italia) sulle modalità di integrazione delle valutazioni dei rischi ESG nei modelli di definizione del merito creditizio e quindi, in ultima analisi, nella determinazione del tasso d'interesse nei prestiti a medio – lungo termine.

La valutazione del merito di credito è l'elemento principale dell'approccio globale della European Banking Authority (EBA) all'erogazione dei prestiti, che riunisce i requisiti prudenziali, di governance e di protezione dei consumatori *negli orientamenti dell'EBA sull'erogazione e il monitoraggio dei prestiti*.

L'obiettivo degli orientamenti è migliorare le pratiche di concessione del credito e i dispositivi di governance delle banche al fine di garantire che dispongano di standard di prestito solidi e prudenti. Ciò a sua volta dovrebbe garantire che i prestiti di nuova origine siano di elevata qualità creditizia e contribuiscano in futuro a livelli più bassi di crediti deteriorati. Gli orientamenti mirano inoltre a garantire che le pratiche di concessione del credito siano allineate alle norme di tutela dei consumatori e rispettino un trattamento equo dei consumatori.

Al fine di conseguire tali obiettivi, gli orientamenti dell'EBA specificano i dispositivi di governance interna per il processo decisionale in materia di credito, la gestione del rischio di credito nel punto di origine del credito e il monitoraggio del rischio di credito, sulla base dei requisiti degli *orientamenti dell'EBA sulla governance interna*.

Le linee guida chiariscono l'uso di modelli automatizzati nel processo decisionale in materia di credito e nella valutazione del merito creditizio e stabiliscono requisiti specifici di governance del modello per tali modelli.

L'EBA fornisce anche orientamenti sulla valutazione delle garanzie reali al momento dell'erogazione del prestito, nonché per il monitoraggio e la rivalutazione. In questi requisiti, l'EBA chiarisce anche l'uso di modelli statistici avanzati.

Le linee guida EBA sul Loan Origination and Monitoring riflettono le recenti priorità di vigilanza e gli sviluppi politici relativi alla concessione di crediti, compresi i fattori ESG (Environmental, Social and Governance), la lotta al riciclaggio di denaro e al finanziamento del terrorismo e l'innovazione basata sulla tecnologia.

Per le imprese di ogni settore diventerà sempre più importante ottenere rating ESG affidabili e in grado di soddisfare le linee guida stabilite dall'EBA per ottenere nel tempo condizioni di accesso al credito sempre più vantaggiose.

### 1.3.6 Rating ESG: ISO e UNI

La norma volontaria internazionale ISO 26000 “*Guidance for Social Responsibility*” (2020) costituisce il punto di riferimento contenente l'elenco degli elementi da valutare ai fini di determinare la responsabilità sociale (Governance e sistema di gestione, sociali, ambientali e di etica di impresa) e indirizza le modalità e

gli approcci per integrare il comportamento responsabile nelle strategie, sistemi, pratiche e processi organizzativi esistenti.

Questa norma, raccordata con le linee guida OCSE, non è certificabile tuttavia fornisce alle imprese un riferimento fondamentale per implementare la Responsible Business Conduct e lo sviluppo sostenibile.

Poiché, negli ultimi anni, si è registrata una proliferazione incontrollata di marchi e certificazioni di prodotto, processo e organizzazione aventi per oggetto le caratteristiche etiche l'ISO ha ritenuto opportuno (nel 2019) definire due norme fondamentali, con l'intento di limitare il confuso mondo delle asserzioni etiche:

- *ISO/TS 17033 “Ethical claims – principles and supporting information”*
- *ISO/IEC 17029 “Conformity Assessment – General principles requirements for verification and validation bodies”*

La norma ISO/TS 17033 stabilisce i principi e i requisiti per sviluppare e dichiarare un'asserzione etica e per fornire le informazioni di supporto. La norma si applica a tutti i tipi di organizzazione ed è applicabile a tutti i tipi di asserzioni etiche relativa a prodotti, servizi, processi o organizzazioni. La norma costituisce un riferimento anche per programmi per specifiche asserzioni etiche. La norma ISO/TS 17033 definisce il termine “asserzione etica” come “un'affermazione, un simbolo o una grafica che dichiara una o più aspetti etici di un prodotto, processo, servizio o organizzazione” e specifica che “gli aspetti etici possono includere un ampio spettro di questioni sociali, giustizia economica e di sostenibilità ... Molti aspetti etici sono descritti in documenti internazionali e programmi identificati nella bibliografia”.

Un'asserzione etica può essere un rapporto, una dichiarazione, un piano di progetto o come dati consolidati. Un “rapporto di sostenibilità” rientra tra le possibili forme di “asserzione etica”. Un'asserzione etica può essere auto-dichiarata dall'organizzazione (come nel caso di un Sustainability Reporting conforme a standard), sottoposta al controllo di seconda parte (Es.: un auditor, un buyer, una banca) oppure al controllo di una terza parte indipendente in possesso di determinati requisiti.

Come si effettua la conferma di affidabilità delle informazioni dichiarate in un'asserzione etica definita dalla norma ISO 17033? Quali sono i requisiti dei “programmi” citati nella ISO 17033, e quali sono i requisiti degli organismi che possono svolgere tali controlli?

La norma ISO/IEC 17029 stabilendo i principi e requisiti generali per la competenza, il regolare e coerente funzionamento e l'imparzialità di organismi che eseguono attività di validazione/ verifica (di asserzioni etiche) fornisce una risposta a tutte queste domande.

La norma ISO/IEC 17029 definisce requisiti relativi al processo di conferma di un'asserzione etica, i requisiti che deve possedere un organismo di terza parte che esegue tali controlli e i requisiti di un programma di conferma.

La norma ISO/IEC 17029 è applicabile a qualsiasi settore, in combinazione a programmi specifici che contengono requisiti per i processi e le procedure di validazione/verifica. La norma contiene requisiti generali ed è neutra rispetto a programmi di validazione/verifica in corso. I requisiti dei programmi applicabili sono aggiuntivi rispetto ai requisiti della norma.

La norma può essere utilizzata come base per l'accreditamento di organismi in combinazione con i requisiti di un programma valutato idoneo per le finalità di accreditamento. In altre parole, non può essere effettuata una valutazione di asserzione etica (basata su uno score sui rischi ESG) se non all'interno di un Programma. La norma ISO 17029 definisce "Programma" un insieme di regole, procedure e gestione delle attività di validazione e, nell'Annex A, i requisiti che deve possedere tra cui:

- campo di applicazione;
- criteri di competenza per il gruppo e l'organismo di validazione;
- processo di validazione;
- attività di raccolta delle evidenze ai fini della validazione;
- reporting della validazione.

A questi criteri base se aggiungono altri da soddisfare e tra questi ve ne sono alcuni importanti dal punto di vista di chi deve utilizzare i risultati delle valutazioni:

1. il livello di assicurazione in una scala che per esempio comprende "limitato – ragionevole - assoluto". Un programma di validazione basato su un rating dei rischi ESG non potrà fornire, per definizione, un livello di assicurazione "assoluto" (significherebbe assicurare che un evento non accadrà mai in futuro) ma non avrà grande valore se offre un livello di assicurazione "limitato". Il livello "ragionevole" è adeguato a programmi di rating ESG che determinano lo score in base alla verifica di plausibilità delle assumptions;

2. il grado di materialità, ossia il livello di confidenza dello score, rispetto agli obiettivi, che tiene conto del grado di copertura dei criteri, della robustezza della metrica e dell'affidabilità del processo di valutazione.

Tutte le informazioni relative a un programma devono essere disponibili al pubblico in modo da assicurare la massima trasparenza. La valutazione di un programma per scopi di accreditamento rispetto alla norma ISO 17029 costituisce un elemento fondamentale per fornire alle parti interessate l'evidenza che tutti i suoi elementi siano conformi ai requisiti e che vi sia un continuo monitoraggio e verifica sui cambiamenti ad esso apportati nel tempo.

La norma richiama due termini, verifica e validazione, apparentemente sinonimi, ma in realtà intrinsecamente diversi. Nelle primissime righe dell'introduzione alla norma ISO/IEC 17029 si specifica che "la validazione e verifica, come attività di valutazione della conformità, sono intese essere una conferma dell'affidabilità di informazioni dichiarate in asserzioni (claim). Altri termini in uso per gli oggetti di valutazione mediante validazione e verifica sono "dichiarazione" (Statement, declaration), "asserzione" (claim, assertion), "predizione" (prediction) o rapporto (report). Entrambe le attività in esame si distinguono in funzione della sequenza temporale dell'asserzione sottoposta a valutazione". Per le finalità di questo documento, la distinzione tra i termini "verifica" e "validazione" assume un'importanza fondamentale per chiarire l'approccio alla valutazione di un rapporto di sostenibilità.

La verifica è definita come la "conferma di un'asserzione (etica) attraverso la fornitura di evidenza oggettiva che i requisiti specificati sono stati soddisfatti. La verifica è considerata essere un processo per valutare un'asserzione sulla base di dati storici e informazioni al fine di determinare se l'asserzione stessa è materialmente corretta e conforme ai requisiti specificati. La verifica si applica ad asserzioni riguardanti eventi che sono già accaduti o risultati che sono già stati raggiunti (conferma della veridicità)."

La validazione è definita invece come la "conferma di un'asserzione (etica), attraverso la fornitura di evidenza oggettiva che - per uno specifico utilizzo o applicazione futuro previsto - i requisiti sono soddisfatti. L'evidenza oggettiva può provenire da fonti reali o simulate. La validazione è considerata essere un processo per

valutare la ragionevolezza di assunzioni, limitazioni e metodi che supportano un'asserzione etica circa l'esito di attività future.

La validazione si applica ad asserzioni (etiche) riguardanti un utilizzo futuro previsto sulla base di informazioni prospettiche (conferma di plausibilità)".

In Italia l'UNI, primo ente normatore al mondo, ha pubblicato (in convenzione con Accredia – Ente di Accreditamento Nazionale) un documento tecnico denominato Prassi di Riferimento UNI/Pdr 102:2021 "Asserzioni etiche di responsabilità per lo sviluppo sostenibile" che chiarisce alcuni punti fondamentali per la corretta applicazione della ISO 17033 e ISO 17029 relativi a:

1. programmi di validazione di asserzioni etiche basati sulla valutazione dei rischi ESG;
2. accreditamento di organismi di validazione rispetto a programmi positivamente valutati per fini di accreditamento.

Dall'analisi degli scopi e delle definizioni incluse nelle norme ISO 17033 e ISO 17029 si può riassumere che:

- a. un Rapporto di sostenibilità è un tipo di asserzione etica e come tale soggetto ai requisiti della norma ISO 17033;
- b. un Rapporto di sostenibilità non può contenere solo dati e informazioni relativi a eventi che sono già accaduti o risultati che sono già stati raggiunti ma deve contenere informazioni sul livello di esposizione ai rischi di eventi che possono causare impatti avversi futuri sull'organizzazione e i suoi stakeholder dovuti a tutti gli aspetti della responsabilità sociale (in accordo con le linee guida OCSE sulla Responsible Business Conduct, i dettami della proposta di direttiva CSRD e le esigenze degli stakeholder). Un Rapporto di sostenibilità deve infatti contenere ragionevoli "assunzioni, limitazioni e metodi che supportano un'asserzione etica circa l'esito di attività future";
- c. la valutazione di conformità di un rapporto di sostenibilità rientra nel campo di applicazione di una "validazione di asserzione etica" e non di una "verifica" (ora è chiaro perché l'assurance su un rapporto conforme allo standard GRI o a qualsiasi standard focalizzato sulla presentazione di dati relativi a fatti già accaduti o a risultati già raggiunti sia considerato una verifica);

d. la ISO/IEC 17029 è la norma per l'accreditamento di organismi di validazione di asserzione etica rispetto ai requisiti indicati nella norma ISO 17033 da parte di Enti di accreditamento riconosciuti;

e. la validazione di un'asserzione etica di terza parte indipendente può avvenire soltanto nell'ambito di un programma che soddisfi determinati requisiti e sia stato positivamente valutato per fini di accreditamento;

f. un organismo di validazione di asserzione etica può essere accreditato solo ed esclusivamente con riferimento alla ISO 17029 più i requisiti di un programma conforme alla stessa norma;

g. i requisiti del processo di validazione descritti dalla ISO 17029, se combinati con un programma adeguato allo scopo, consentono il rilascio di una validazione con un livello di assurance "ragionevole". A questo punto è possibile confrontare la gamma di approcci che si possono utilizzare a supporto della valutazione dei fornitori e del Corporate Sustainability Reporting per divulgare informazioni sempre più credibili e robuste dei rischi ESG agli stakeholder.

**Tabella 1-1: Approcci alternativi per la valutazione dei rischi ESG.**

Elemento	Auto-dichiarazioni	Indagini basate su Questionari	Rating ESG di Agenzie	Validazione di rischi ESG
Riferimenti a linee guida e norme internazionali	Basso	Basso	Basso	Alto
Iniziativa multistakeholder	No	No	No	Si
Completezza di tutti gli aspetti ESG	Limitata	Media	Alta	Alta
Bilanciamento dei criteri di valutazione	Nessuno	Poco	Medio	Alto
Analisi di materialità nella valutazione	No	No	No	Si
Focus sui rischi futuri (looking forward)	Molto basso	Poco	Nessuno	Alto
Metrica orientata al risk scoring quantitativo	No	No	Si	Si
Processo valutazione conforme a standard	No	No	No	Si
Assessment presso l'azienda	No	No	No	Si
Programma conforme a norme internazionali	No	No	No	Si
Accreditamento di organismi di verifica	No	No	No	SI

Grado di verifica e assurance	Nessuno	Poco	Nessuno	Alto
Sorveglianza periodica	No	No	No	Si
Affidabilità	Molto bassa	Bassa	Media	Alta

Nel quadro di norme internazionali pubblicate nel 2019 (ISO 17033 e ISO 17029) esiste anche un riferimento attuativo italiano nella norma nazionale UNI/Pdr 102:2021 “Asserzioni etiche di responsabilità per lo sviluppo sostenibile” che favorisce l’applicazione degli Enti di Accredimento di regolamenti tecnici per l’approvazione di programmi di validazione di asserzioni etiche e per organismi di validazione in conformità alla norma ISO 17029.

#### 1.4 Sostenibilità e resilienza delle infrastrutture

La sostenibilità e la resilienza dell’infrastruttura e del territorio si inseriscono nel quadro normativo precedentemente esposto, ma devono essere inclusi anche in una visione etica del ruolo dell’ingegneria e delle scienze più ampio. L’insieme di questi elementi costituisce l’inquadramento di analisi in cui inserire l’impiego e la ricerca di nuove tecnologie e processi. Questo lavoro si concentra sulle infrastrutture di trasporto e in particolare quelle ferroviarie, per la natura intrinseca maggiormente sostenibile.

Si ritiene utile partire dall’introduzione ad una disciplina che unisce diversi di questi concetti nel campo delle scienze della terra, ovvero la Geotetica. I riferimenti sotto riportati sono tratti principalmente dal libro manifesto (Peppoloni, 2021).

##### 1.4.1 *Geoetica*

Il fatto che le azioni umane lascino profonde tracce sul pianeta è un dato inconfutabile (Rockstrém e altri 2009; Ripple e altri 2019; Frederikse e altri 2020; Jouffray e altri 2020). L’impatto antropico sui sistemi socio-ecologici è profondo e induce modifiche spesso irreversibili a questi complessi insiemi di interrelazioni adattative, in cui gli elementi naturali e antropici sono strettamente connessi (Berkes - Folke 1998; Ostrom 2009) e le cui dinamiche restano difficili da valutare e prevedere per le numerose variabili in gioco (fisiche, chimiche, biologiche, a evoluzione non-lineare) e le interazioni e retroazioni tra le loro parti costituenti (Preiser e altri 2018; De Vos e altri 2019). La scienza sta proponendo strumenti sempre più avanzati ed efficaci per trovare soluzioni agli attuali problemi ecologici globali, ma scienza e

tecnologia da sole non sono in grado di garantire soluzioni socialmente accettabili e rispettose dell'ambiente. È quindi necessario che i progressi scientifici e le applicazioni tecnologiche siano accompagnati da una discussione sulle loro implicazioni etiche e sociali, finalizzata a definire i confini di un'azione antropica capace di confrontarsi responsabilmente con la qualità della vita umana attuale e futura e con la conservazione degli altri elementi biotici e abiotici che costituiscono la Terra.

In questa prospettiva, lo sviluppo sostenibile delle società moderne richiede scienziati esperti delle dinamiche della Terra (i geoscienti), che siano anche consapevoli degli aspetti etici e sociali delle loro attività e che sappiano suggerire nuove, prudenti e lungimiranti modalità di interazione con la natura (Peppoloni e altri 2019).

Da alcuni anni nella comunità delle geoscienze sta crescendo la consapevolezza che al sapere tecnico-scientifico debba affiancarsi una riflessione filosofica e una prassi (individuale e sociale) che consideri l'interazione tra essere umano e sistema Terra come specifico oggetto di un'analisi in grado di definire le migliori modalità attuative di questa relazione, alla luce di valori condivisi che superino le differenze dei diversi contesti socio-ecologici e culturali.

Capire come funziona la Terra, in che modo intervenire sui suoi sistemi e processi naturali o come utilizzare le sue risorse sono attività che implicano grandi responsabilità, non solo di coloro che materialmente operano sul territorio, ma anche dell'intera comunità che vive su quel territorio e ne beneficia. I modi in cui sentiamo nostra una simile responsabilità condizionano anche la possibilità di individuare le azioni più efficaci per convivere con i rischi naturali da cui tutti siamo minacciati (terremoti, alluvioni, eruzioni vulcaniche, cambiamenti climatici, innalzamento del livello dei mari) e per far fronte ad altre emergenze globali quali l'inquinamento, la distruzione degli habitat e la riduzione della biodiversità, la degradazione e il consumo del suolo, lo sfruttamento incontrollato delle risorse naturali non rinnovabili, e non ultime le zoonosi. Del resto, la pandemia da Sars-CoV-2 è solo uno dei tragici effetti della crescente compromissione di equilibri già alquanto instabili tra le comunità umane e l'ambiente (Allen e altri 2017; Gibb e altri 2020; Morens – Fauci 2020). L'urbanizzazione e la deforestazione aumentano la prossimità, le possibilità di contatti e le occasioni di promiscuità tra le specie viventi, favorendo il salto di specie di agenti

infettivi (Quammen 2017; Morens - Fauci 2020). A quel punto virus e batteri cominciano a diffondersi anche tra gli esseri umani, soprattutto in situazioni di accresciuta vulnerabilità sociale dovuta a condizioni sanitarie precarie, incuria e ignoranza, o laddove le disuguaglianze sociali ed economiche sono più marcate.

Storicamente gli agenti patogeni infettivi (batteri e virus in particolare) hanno sempre rappresentato una delle maggiori minacce alla vita umana e i cambiamenti antropogenici globali accrescono questa minaccia. È indubitabile che le epidemie abbiano ucciso milioni di persone anche in tempi in cui l'impatto antropico sul pianeta e la numerosità della popolazione mondiale erano molto minori rispetto a quanto osservato negli ultimi 150 anni, ma è pur vero che nei secoli passati la medicina non poteva avvalersi dei moderni strumenti di prevenzione, contrasto e cura delle infezioni tra cui vaccini e antibiotici (Gallavotti 2019).

Tuttavia, se da un lato l'emergenza planetaria causata dalla pandemia Sars-CoV-2 ha forse indebolito la percezione comune dell'importanza delle questioni ambientali e della necessità di una transizione verso un'economia mondiale più sostenibile ed eco-compatibile, dall'altro lato ha accresciuto la consapevolezza dell'importanza dei comportamenti individuali nell'affrontare le minacce globali e della responsabilità personale nell'attuazione di qualsiasi strategia volta a ridurre l'impatto di tali minacce, come pure del bisogno di rafforzare istituzioni e accordi internazionali per far fronte a pericoli globali. A causa della chiusura delle industrie e delle attività commerciali in molte nazioni e dell'arresto del commercio internazionale durante le fasi più critiche della pandemia, l'economia globale è entrata in una fase di crisi dalle conseguenze più gravi di quelle sofferte durante la grande crisi economica del biennio 2008-2009!, con effetti devastanti sulle catene di approvvigionamento e sulle economie dei paesi in via di sviluppo, oltre ad aver determinato un forte aumento delle disuguaglianze?. Gli effetti negativi della pandemia hanno mostrato chiaramente fino a che punto le comunità umane siano interconnesse a livello planetario e quanto questo ci imponga di rispondere alle minacce globali con linguaggi, strategie e azioni comuni, attraverso organismi internazionali capaci di una visione a 360 gradi delle sfide da affrontare, in grado di pianificare interventi sulla base di dati e conoscenze provenienti da diverse parti del mondo, di aiutare ciascun paese nella definizione di specifici processi decisionali locali e delle migliori strategie di risoluzione dei problemi in base alle

proprie peculiarità sociali e culturali. Senza la creazione di organi decisionali internazionali che si occupino delle emergenze planetarie, l'umanità corre il rischio di trovarsi in futuro in nuove grandi crisi sistemiche, eventualità più probabile se le generazioni attuali non saranno in grado di prendere decisioni drastiche ed efficaci nel ridurre gli impatti antropici globali.

La geoetica nasce e si sviluppa per identificare i valori e i criteri etici che possono guidare la relazione che ci lega alla Terra, attraverso azioni in grado di garantire un equilibrio tra la conservazione dell'abitabilità del pianeta e lo sviluppo economico e sociale delle nostre società (Peppoloni e altri 2019; Peppoloni - Di Capua 2020), individuando uno spazio operativo sicuro per l'umanità (Rockström e altri 2009).

La geoetica è presa di coscienza che l'agente umano è un modificatore, solo in parte consapevole, degli ambienti naturali e dei territori in cui opera e vive, delle loro caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche, come anche dei tratti sociali e culturali che li connotano. L'azione antropica si compie oggi attraverso l'utilizzo di un imponente sviluppo tecnologico, che da un lato pone ulteriori problemi, dall'altro offre possibili soluzioni. I cambiamenti antropogenici sul pianeta influenzano a loro volta lo sviluppo economico e le prospettive sociali delle persone, e ci pongono di fronte alla necessità di considerare da differenti prospettive questioni cruciali come l'uso accorto delle risorse naturali e dell'energia, la difesa dai rischi naturali e antropogenici, la riduzione dell'inquinamento, la conservazione del suolo, la mitigazione del cambiamento ambientale globale e l'adattamento che tale cambiamento richiede. Ne discende la necessità di ampliare l'orizzonte scientifico attraverso una riflessione filosofica e sociologica, che approfondisca le questioni relative all'equità, alla giustizia intra- e intergenerazionale, all'accesso a un'istruzione di qualità, e che solleciti un'azione sul piano politico basata sull'ascolto, la prudenza, la saggezza e la lungimiranza.

Cambiamenti locali e globali antropogenici, rischi naturali, transizione verso nuovi paradigmi economici, sviluppo sostenibile sono temi che hanno travalicato l'ambito scientifico entrando nel dibattito pubblico mondiale. Nella sua enciclica *Laudato si'* anche papa Francesco sottolinea la necessità di una «conversione ecologica» dell'umanità, che porti ciascuno ad assumersi la responsabilità della «cura della casa comune» (Francesco 2015), dove per cura si intende quell'insieme di azioni

improcrastinabili sul piano ambientale, sociale e giuridico, volte ad accrescere l'attenzione verso i temi delle disuguaglianze, della povertà, della disponibilità condivisa delle risorse naturali, della necessità di una governance internazionale dei beni comuni globali che modifichi gli attuali modelli di sviluppo insostenibili.

I valori della geoetica possono essere sintetizzati in:

- Dare concretezza al sentire ecologico;
- Patrimonio biologico, geologico e bio-geo-conservazione;
- Sostenibilità;
- Adattamento;
- Prevenzione;
- Educazione ambientale.

#### 1.4.2 *Rischi naturali: stanno aumentando?*

I cambiamenti climatici e la sensibile discrasia tra uomo e natura, confrontano i tecnici, i pianificatori e i politici con uno scenario diverso e in evoluzione per i territori (Re, 2020).

Secondo i dati dell'Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), se da un lato le precipitazioni medie annue non sono molto variabili, a cambiare invece è l'intensità dei singoli eventi di pioggia, con un aumento negli ultimi 100 anni nelle regioni del nord-ovest, nord-est e centro-est della penisola. Il rovescio della medaglia è rappresentato da un contemporaneo aumento dei fenomeni di siccità. La relazione tra il cambiamento climatico e l'aumento del rischio geo-idrologico e delle alluvioni in Europa è stata evidenziata da uno studio della Vienna University of Technology, pubblicato nel 2019 sulla rivista Nature, in particolare per l'Europa nord-occidentale. I danni a livello europeo sono stimati a oltre 100 miliardi di dollari ogni anno. Secondo i dati del Climate Risk Index di Germanwatch, per l'Italia si parla di 19.947 vittime dal 1999 al 2018 per eventi meteorologici estremi (sesto posto a livello mondiale). Si calcola che questi eventi, che includono alluvioni, tempeste e ondate di calore, hanno procurato in quel periodo un danno economico di 32,92 miliardi di dollari, pari al 2% del PIL.

### 1.4.3 Sostenibilità e resilienza dell'infrastruttura

Eventi catastrofici come frane e alluvioni possono avere un impatto significativo sulla società, in termini di pericolo per la vita, incidendo sulle attività umane e sull'operatività delle infrastrutture che ne sono alla base. Per far fronte a queste problematiche è fondamentale disporre di strumenti che possano consentire una corretta gestione e individuazione delle priorità in ragione della loro potenziale manifestazione.

In particolare, nel mondo delle infrastrutture e dell'ingegneria civile si sta prendendo coscienza della necessità di strutturare meglio una rete di mantenimento delle opere e della prevenzione di eventi di grande portata, come dimostrato dai numerosi fondi stanziati per il rilancio dell'economia dei Paesi Europei. Questi possono causare ingenti danni non solo di tipo tecnico, ma anche di impatto sociale ed economico; danni che possono essere evitati o resi più gestibili da un corretto sistema di segnalazione e programmazione dell'allertamento e della manutenzione, sia essa ordinaria o straordinaria, nel rispetto dell'ambiente e del valore storico e sociale che le infrastrutture rappresentano.

La sostenibilità nella costruzione di nuove infrastrutture si concentra sulla ricerca e sull'applicazione di principi di economia circolare e riduzione degli impatti rispetto agli obiettivi ambientali della Tassonomia (i.e. principio DNSH). La sostenibilità di infrastrutture esistenti si basa principalmente sulla ricerca di processi di rilievo, ispezione e analisi, finalizzati a realizzare interventi di gestione che riducano gli impatti rispetto agli obiettivi ambientali della Tassonomia (principio DNSH e principio del Rischio Residuo).

La valutazione e l'attuazione della resilienza passa attraverso l'analisi del sistema complesso e della modularità dei principi di sostenibilità sovraesposti. La complessità dell'analisi per le infrastrutture è schematizzata in Figura 1-5 per l'obiettivo ambientale della Tassonomia di Adattamento e Mitigazione ai Cambiamenti Climatici richiamandone alcune aspetti base:

- Erosione ed erosione: più infrastrutture e opere d'arte avranno un rischio maggiore di essere tracimate a causa delle piogge più pesanti e intense (i.e. bombe d'acqua) e l'aumento del livello del mare;

- Bombe d'acqua: con l'aumento di eventi meteorici estremi e l'incremento di acqua meteorica in intervalli più brevi, i rilevati delle infrastrutture e le scarpate ivi interagenti avranno un rischio maggiore di collasso;
- Incremento delle temperature estreme: ferrovie, strade, telecomunicazioni e linee elettriche saranno più vulnerabili con l'esposizione a temperature estreme più alte e differenziali di temperatura sempre più alti;
- Venti più forti: tempeste più potenti potrebbero aumentare la vulnerabilità delle infrastrutture di rete ed energetiche, così come le linee di contatto elettrico e di telecomunicazione.



**Figura 1-5: Evoluzione normativa europea in materia sostenibilità (2021-2022).**

## Capitolo 2

### LE COMPONENTI ANALIZZATE DEL SISTEMA

#### 2.1 Introduzione

L'infrastruttura di trasporto è composta da molti elementi complessi e aleatori tra cui gli impianti, le telecomunicazioni, il segnalamento, l'armamento, l'elettrificazione. Le infrastrutture di trasporto possono essere classificate principalmente in infrastrutture stradali (trasporto su gomma) o ferroviaria (trasporto su rotaia). Questo lavoro si concentra sulle infrastrutture ferroviarie, ma le stesse considerazioni sono trasponibili alle infrastrutture stradali con le dovute differenze di sistema. Inoltre questo lavoro si concentra su alcune opere civili di linea ed alcuni elementi del territorio interferenti con l'infrastruttura, ovvero le componenti su cui poggiano o potenzialmente interagiscono gli elementi sopramenzionati e che sono fondamentali per garantire la sicurezza di lavoratori e utenti. Gli elementi che saranno presi in considerazione saranno:

- le gallerie;
- unità geomorfologiche, ovvero i versanti (naturali) e le scarpate (antropiche).

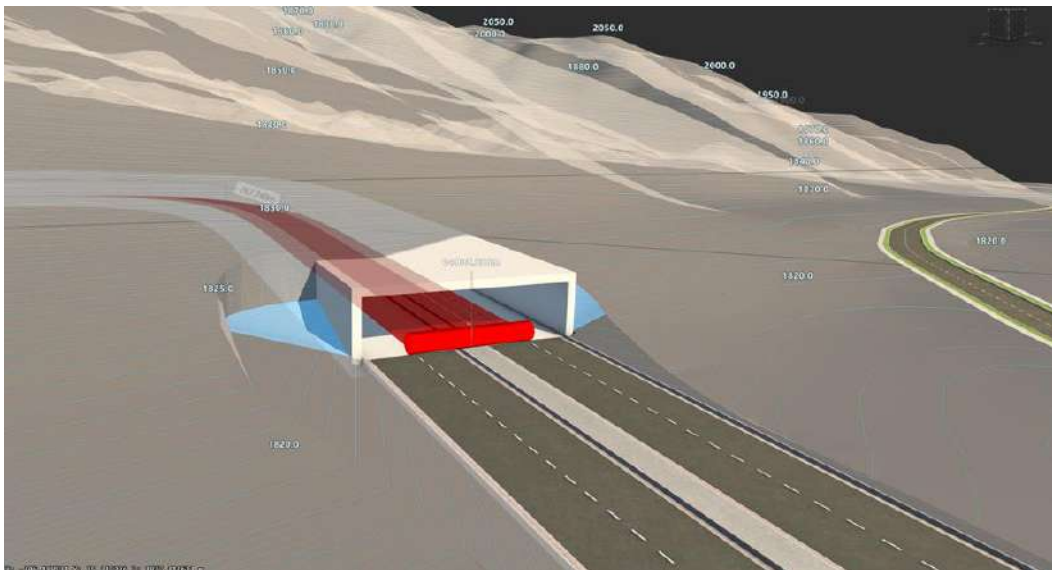
#### 2.2 Le gallerie

Tra le opere d'arte maggiori, oggetto del seguente lavoro sono le gallerie, che sono descritte nel seguito con maggiore dettaglio.

##### 2.2.1 Introduzione

Nel campo della ingegneria civile, una galleria è una perforazione del suolo approssimativamente orizzontale, nella quale domina la lunghezza sulle altre due dimensioni, e che mette in comunicazione due luoghi tra di loro. Le gallerie sono opere in sotterraneo, come tali possiedono un elevato grado di sicurezza verso eventi estremi, ma hanno anche una aleatorietà intrinseca che rende complesse le operazioni di

manutenzione, potenziamento o intervento in caso di eventi estremi impattanti o incidenti.



***Figura 2-1: Esempio di rappresentazione 3D di una galleria infrastrutturale con la rappresentazione del modello della superficie. Nell'immagine è raffigurata una galleria autostradale di forma scatolare (Autodesk, 2022).***

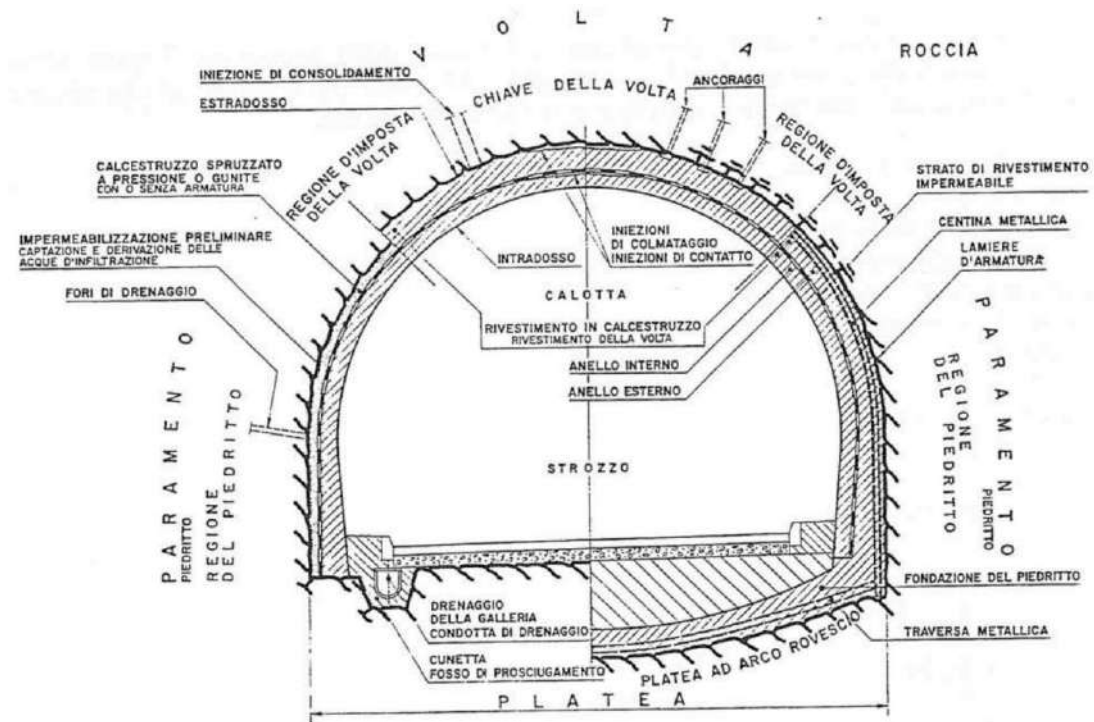
Alla loro realizzazione si ricorre, generalmente, quando lungo un tracciato si rinvencono rilievi morfologici il cui superamento attraverso opere esterne risulta particolarmente complesso e/ o oneroso, oppure quando vi sono preferenze di carattere ambientale e urbanistico allo sviluppo del tracciato in sottosuolo, oppure, ancora, quando il tracciato deve avere un andamento il più possibile rettilineo affinché si possano raggiungere elevate velocità (autostrade, alta velocità ferroviaria, etc.).

Le gallerie vengono suddivise in gallerie naturali e in gallerie artificiali.

Nelle prime, le rocce e/o i terreni inglobano completamente la sagoma della galleria appena scavata (scavo a foro cieco); nelle seconde, invece, la realizzazione della galleria è caratterizzata dal preliminare scavo di una trincea, da una successiva fase di esecuzione delle opere strutturali (scavo a cielo aperto), a cui può far seguito una terza fase di ricopertura completa dell'opera stessa.

Con il termine traforo vengono denominate quelle gallerie che attraversano uno spartiacque generalmente di una certa importanza, mentre con il termine cunicolo si intende uno scavo ausiliario di luce più ridotta rispetto a quella dell'opera principale, avente, in genere, finalità esplorativa o drenante. Questi cunicoli possono inoltre essere

utilizzati per eseguire interventi di consolidamento atti a migliorare le caratteristiche geomeccaniche dei materiali interessati dalla galleria principale.



**Figura 2-2: Sezione tipo e termini indicanti le varie parti di una galleria. Nell'immagine l'esempio di una galleria stradale (Castelli, 2012).**

Il progresso nella costruzione di gallerie ha ovviamente subito una grandissima accelerazione negli ultimi 300 anni, a causa dei progressi tecnologici raggiunti nel campo delle costruzioni. La costruzione di gallerie conobbe, tuttavia, solo verso la metà del 1800 una prima larga diffusione passando da pratica pressoché artigianale ad una vera e propria concezione industriale come in altri settori della tecnologia. Ciò fu causato dalla nascita del trasporto ferroviario che richiedeva di superare i rilievi montuosi con pendenze modeste. Furono così realizzati i primi trafori alpini di notevole lunghezza (oltre i 10 km), alcuni a sezione trasversale notevolmente più ampia delle gallerie tradizionali del passato (con area di superficie superiore ai 40 m<sup>2</sup>), la cui realizzazione fu possibile grazie agli apporti di nuove tecnologie (prima perforatrice ad aria compressa, usata per lo scavo della galleria del Fréjus nel 1861, invenzione della dinamite nel 1867, introduzione dell'abbattimento con dinamite nel 1872).

Ancora al 1800 si deve l'ideazione dello scudo per lo scavo di gallerie in terreni sotto falda, con particolare riguardo all'uso dell'aria compressa per il sostegno del fronte, nonché del primo tentativo di creare una macchina di scavo continuo ed integrale a testa rotante (macchina di Beaumont per lo scavo della galleria della Manica, 1884).

Negli anni sessanta del 1900 si riprende l'idea di Beaumont ed è sviluppata la pratica dello scavo meccanizzato mediante macchine di scavo continuo ed integrale (macchina Robbins in scisti teneri nel 1954) che oggi si sta sempre più diffondendo con successo in alternativa al classico e tradizionale scavo con esplosivo, mentre negli anni '70 è introdotto l'uso delle perforatrici idrauliche.

Per ciò che riguarda lo scavo in terreni, lo sviluppo dei metodi di consolidamento o pre-rinforzo e degli scudi meccanizzati in grado di sostenere il fronte con fluidi di versi dall'aria compressa, offre al progettista una vasta scelta, per quanto concerne sia i metodi sia i mezzi, anche nelle situazioni più difficili.

Altro sviluppo importante è costituito dall'apertura di gallerie sottomarine di grande lunghezza: il primo esempio è costituito dalla galleria ferroviaria del Seikan (Giappone), di circa 53 km (1964-1983) e dalla galleria ferroviaria della Manica recentemente costruita. Un esempio del progresso che si è attuato nel campo è visibile

confrontando la galleria ferroviaria, scavata nel 1872-78, e la galleria autostradale del S. Gottardo aperta nel 1969-80.

**Tabella 2-1: Evoluzione dei principali parametri di costruzione delle gallerie tra il 1872 e il 1980 (Castelli, 2012).**

Anno	Lunghezza (km)	Sezione (m <sup>2</sup> )	avanzamento (m/d)	N. Operai	Incidenti mortali
1872-81	14,9	45	3,5-4 (1)	2500-4000	177 (5,4 %)
1969 -80	16,3	82-96	6 (2)	700	12 (1,7 %)

(1) Lavoro su due turni di 12 ore per 7 giorni la settimana

(2) Lavoro su due turni di 10 ore su 5 giorni la settimana.

### 2.2.2 Tracciato

Di norma il tracciato delle gallerie è stabilito in relazione allo scopo.

I punti di imbocco e sbocco sono spesso determinati in relazione al complesso operativo di cui la galleria è parte (strada, impianto idroelettrico, miniera etc.).

Talvolta i punti di imbocco (portali) possono essere scelti in base a considerazioni geologiche, quali:

- la presenza sul tracciato di zone difficili in rapporto alla statica;
- l'imbocco e sbocco in zona di frana o valanghe;
- l'imbocco in zone di difficile sistemazione dei cantieri e dei servizi.

Il tracciato di una galleria è quindi il risultato di un compromesso tra le esigenze legate all'uso della galleria e quelle legate alla costruzione. Generalmente prevalgono le prime. Vi è la tendenza attuale a non subordinare sempre le esigenze costruttive a quelle dell'utilizzazione e ciò per evidenti problemi di tipo economico. In particolare:

- Gallerie stradali. Sono ammesse curve nei limiti consentiti dalla classe della strada e quindi dalla velocità massima dei veicoli: per esempio per le strade di I categoria (secondo le norme) curve da 4.000 ÷ 6.000 m di raggio e pendenze ammesse non superiori al 6 per cento e, generalmente, non superiori a quelle delle strade di classe corrispondente all'aperto. L'esecuzione di apposite curve permette di superare le pendenze non accettabili;

- Gallerie ferroviarie. Le curve hanno il raggio definito in funzione della velocità dei convogli. La pendenza è minore rispetto al corrispondente tracciato all'aperto a causa della possibile minore aderenza dei convogli dovuta all'umidità. Non è questo tuttavia in generale il problema delle ferrovie metropolitane che possono subire una migliore manutenzione in confronto a quelle ordinarie. Lo sviluppo dei metodi di impermeabilizzazione dei rivestimenti delle gallerie riduce poi notevolmente il problema. Nelle gallerie ferroviarie occorre anche tener conto della resistenza dell'aria per cui la pendenza superabile dovrebbe essere ridotta. Molto diffuse in passato furono le così dette gallerie ferroviarie a spirale, atte a superare notevoli dislivelli tra gli imbocchi.

### 2.2.3 Sezione trasversale

Per ciò che riguarda la forma e la superficie della sezione trasversale delle gallerie la scelta è dominata dai seguenti fattori:

- scopo della galleria (per esempio: ingombro dei mezzi di passaggio);
- statica (profondità sotto la superficie del suolo, carichi geostatici rilevanti od eccentrici);

- mezzo di scavo.

Si distingue la sezione utile (od interna) che deriva dalla destinazione della galleria, dalla sezione di scavo (od esterna) che consegue dalla sezione utile, a seconda del tipo e caratteristiche geometriche dei sostegni o rivestimenti utilizzati. Talvolta, ma raramente, la sezione utile e la sezione di scavo coincidono: ciò avviene specialmente per piccole gallerie temporanee che non richiedono l'armatura per la buona stabilità (alcune gallerie di miniera, o gallerie di servizio vario che, terminata la loro funzione in breve tempo, sono abbandonate).

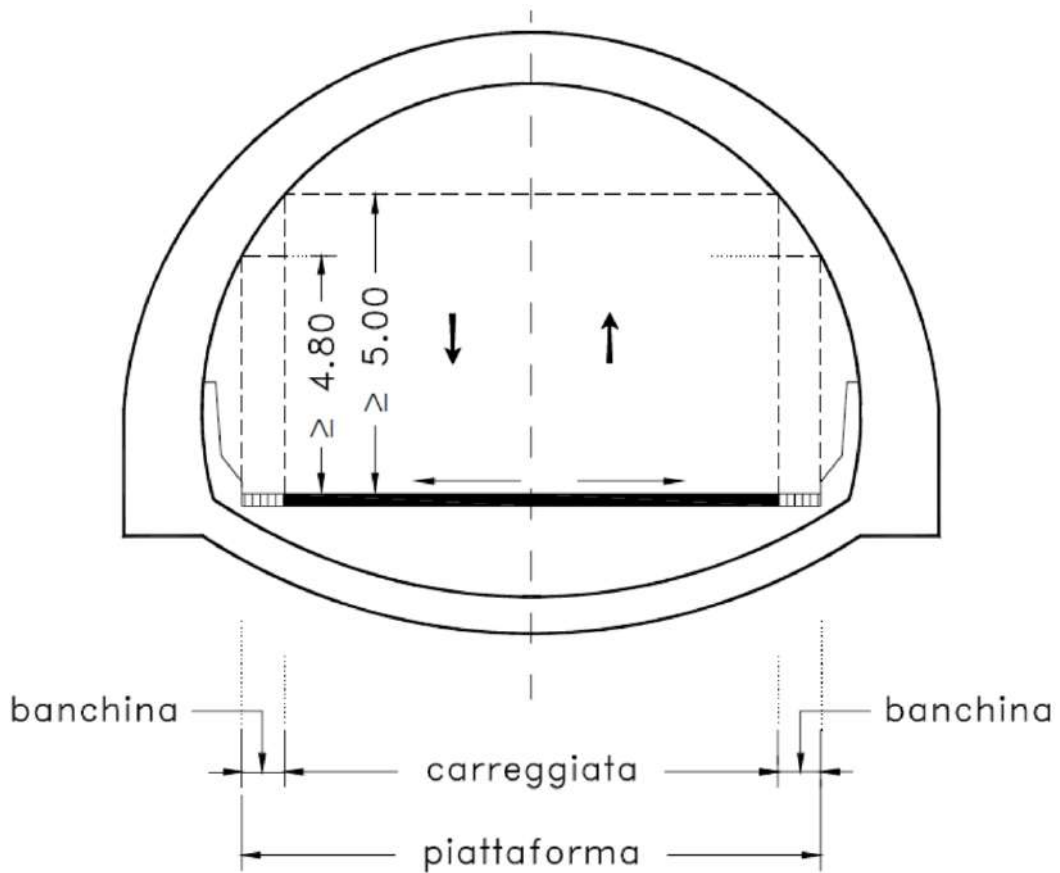
In alcuni casi le sezioni sono normalizzate da alcuni enti; il fattore dominante è comunque quello relativo allo scopo della galleria da cui deriva l'interesse economico (mediante il quale si paga la costruzione della medesima). Gli altri fattori risultano di norma subordinati.

- Gallerie stradali (Figura 2-3). Le sezioni sono normalizzate secondo le “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade, 2001): le dimensioni delle sedi stradali in funzione della classe della strada. La sezione di una galleria stradale dipende dunque dalla classe della strada, quindi dalla sua larghezza e dall'altezza della sagoma limite, oltre che dagli spazi destinati ai servizi. Le forme più efficaci per sfruttare adeguatamente la sezione sono quelle a ferro di cavallo o policentriche (Figura 2-3). Per le strade a carreggiate indipendenti o separate da spartitraffico (tipo A, B e D) devono prevedersi gallerie a doppio foro. In tutti i casi l'altezza libera nella galleria, misurata sulla verticale a partire da qualsiasi punto della piattaforma, non deve essere inferiore a metri 4.80. Nel caso di controsoffitto o di intradosso piano (galleria in artificiale) o di presenza di apparecchi sospesi, il franco libero in corrispondenza alla carreggiata non deve essere inferiore a metri 5.00. Ciò, salvo il caso di strade a traffico selezionato con altezza di sagoma limite ridotta. Gli schemi di sezione illustrati nelle figure individuano lo spazio minimo necessario in corrispondenza della piattaforma; il progettista dovrà adeguare la sagoma in relazione alle esigenze connesse alla dislocazione di elementi marginali necessari (segnaletica stradale, marciapiedi di servizio protetti, canalizzazioni, etc.). Le dimensioni delle banchine laterali in destra ed in sinistra, richiamate nel presente paragrafo per i diversi tipi di strada, si intendono come valori minimi, eventualmente da

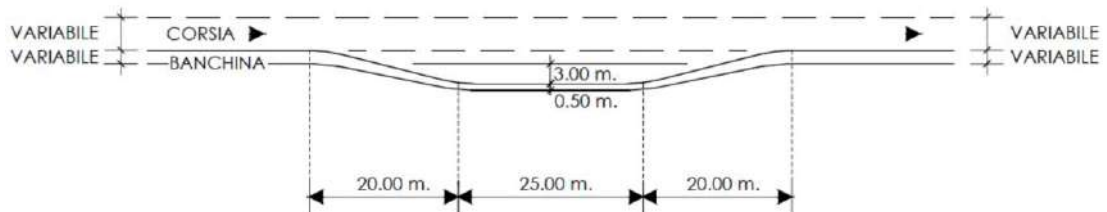
incrementare qualora le verifiche di visibilità ne dimostrino la necessità. Le superfici aggiuntive rispetto i valori minimi devono essere trattate per scoraggiarne l'utilizzo da parte degli utenti. Per gallerie di lunghezza superiore a 1.000 m devono essere previste piazzole di dimensioni minime 45 x 3 m con interdistanza di 600 m per ogni senso di marcia (Figura 2-4); nel caso di galleria a doppio senso di marcia le piazzole sui due lati devono essere sfalsate. Per gallerie a doppio fornice devono essere previsti collegamenti pedonali ogni 300 m e collegamenti per il passaggio di veicoli di soccorso o di servizio ogni 900 m. Sono rinviati ad apposita normativa specifica tutti gli apprestamenti ulteriori di sicurezza attiva e passiva (illuminazione, ventilazione, sorveglianza, impianto antincendio, uscite di emergenza, cavedi di servizio, ecc.).

- Galleria ferroviaria (Figura 2-5). Per quanto concerne la progettazione della sezione la Società RFI ha redatto il “Manuale progettazione gallerie” che costituisce una documentazione di riferimento nell'attività di progettazione delle gallerie ferroviarie italiane. Nel manuale vengono specificati tutti gli elaborati che bisogna predisporre a seconda del livello progettuale che si intende raggiungere (preliminare, definitivo, esecutivo). Le indicazioni presenti nel manuale vengono applicate per la progettazione di gallerie nuove sia naturali che artificiali. Per quanto riguarda la scelta dello schema di configurazione delle gallerie, il progettista, fino a 1000 m, potrà scegliere di realizzare gallerie a singolo foro e doppio binario o gallerie a doppio foro e singolo binario; per gallerie comprese fra 1000 e 2000 m potrà scegliere se realizzare la galleria a singolo o a doppio foro con la raccomandazione di preferire la soluzione a doppio foro; per gallerie di lunghezza superiore a 2000 m dovrà prevedere la soluzione a doppio foro. Il piano di calpestio deve avere una pendenza dell'1% verso l'interno della galleria. Nelle gallerie ferroviarie sono presenti le nicchie, i nicchioni e le camere di deposito. Le nicchie sono adibite al ricovero del personale della manutenzione, devono avere un interasse di circa 25 m senza, però, superare i 30 m; devono possedere una larghezza di 2.40 m, un'altezza di 2.20 m ed una profondità di 0.80 m. Le camere di deposito vengono realizzate nel caso di tunnel superiori ai 2 km se richieste dal committente ed hanno una distanza che solitamente varia fra 1 e 1.5 km; hanno una lunghezza di 12 m, una sezione ad ovoide con larghezza di

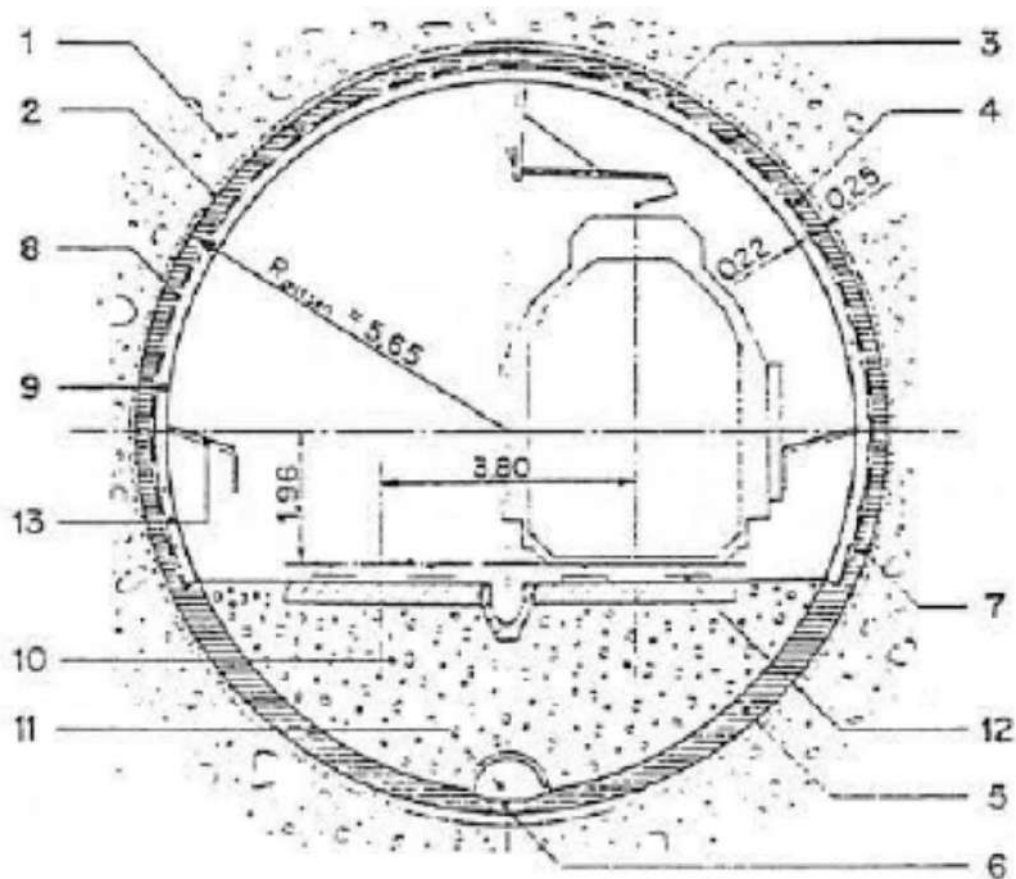
3,80 m alla base e altezza di 4.50 m alla chiave. Le camere di deposito vengono utilizzate per il deposito di materiali, apparecchiature meccaniche, etc.



**Figura 2-3: Sezione tipo di galleria stradale di tipo A con gli elementi principali che la compongono (Castelli, 2012).**



**Figura 2-4: Piazzole di sosta e dimensioni minime. Esse devono essere distanziate l'una dall'altra in maniera opportuna ai fini della sicurezza della circolazione ad intervalli di circa 1.000 m lungo ciascuno dei due sensi di marcia (Castelli, 2012).**



*Figura 2-5: Sezione tipo di gallerie ferroviaria e principali elementi che la compongono (Castelli, 2012). 1)roccia sciolta; 2) iniezioni; 3) rivestimento in volta; 4) rivestimento in piedritto; 5) rivestimento alla suola; 6) filtro di ghiaia; 7) bandella; 8) impermeabilizzazione; 9) rivestimento interno; 10) ballast e sub-ballast ovvero ghiaia di riempimento; 11) drenaggio; 12) binari; 13) cunicolo protetto.*

#### 2.2.4 Cenni delle opere non analizzate

Come menzionato precedentemente, il seguente lavoro si concentra principalmente sulle gallerie, tralasciando altri elementi Maggiori dell'infrastruttura, come i ponti, i viadotti, le grandi opere di sostegno e/o contenimento, etc. che risultano comunque trattati nell'attuale letteratura tecnico-scientifica e normativa.

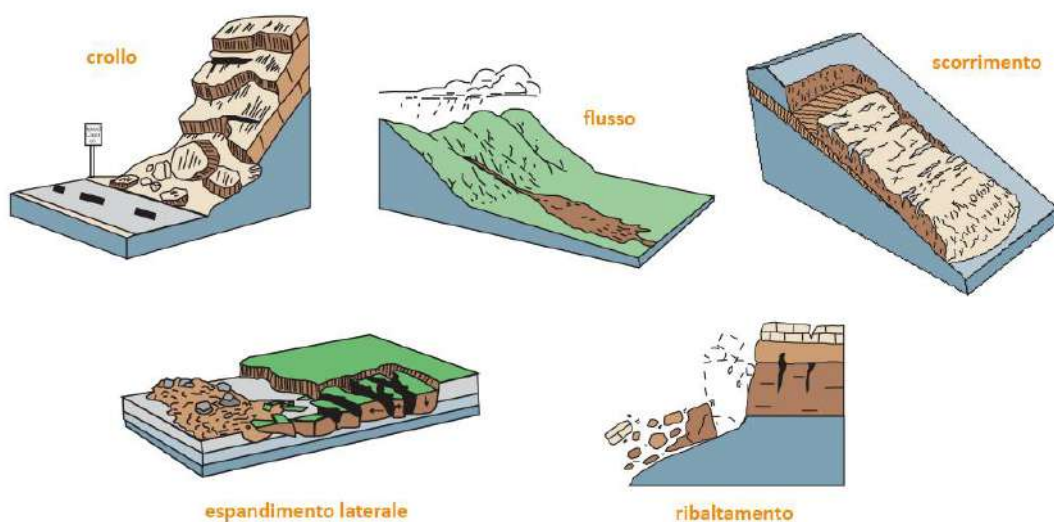
### 2.3 Il dissesto idrogeologico

Il dissesto idrogeologico è l'insieme dei processi geomorfologici che producono la degradazione del suolo e l'instabilità o la distruzione delle costruzioni che sono

localmente presenti; esso comprende tutti i processi naturali e antropici che corrompono un territorio, a partire dall'erosione superficiale o sotterranea, fino agli eventi più impattanti quali frane e alluvioni. Questo lavoro si concentra sul rischio geomorfologico (frane) e, per limitazione della trattazione, non tratta i rischi idraulici. Per questo motivo gli elementi presi in considerazione sono i versanti (naturali) e le scarpate (antropiche).

### 2.3.1 Versanti e Scarpate

I versanti (naturali) e le scarpate (antropiche, e.g. versanti naturali soggetti a scavi/tagli per la realizzazione di un corridoio infrastrutturale) sono i principali elementi potenzialmente in frana come elemento del territorio lungo l'infrastruttura (dissesto idrogeologico). Una frana è uno spostamento naturale verso il basso, più o meno rapido, di cospicue masse di materiali terrosi e rocciosi; anche, la cavità prodotta da tale spostamento sulla superficie di distacco e il cumulo del materiale al basso. Questo materiale può interferire spesso con la linea causandone l'impatto con convogli (trasporto ferroviario) o veicoli (trasporto stradale) con rischio per la vita umana, di cospicue perdite economiche e complicazioni nella gestione della linea.



**Figura 2-6: Principali tipi di movimento delle frane (Landslide type e process. USGS 2004).**

Le cause di una frana possono essere varie e complesse, in genere causate da un incremento degli sforzi agenti sul versante o da una riduzione della resistenza del

sottosuolo. Per una corretta visione d'insieme, nel seguito si riassumono i principali fattori di influenza che rientreranno nelle formule di analisi (Dalla Fontana, 2013):

- Fattori litologici: versanti in roccia si comportano in modo differente rispetto a quelli costituiti da materiale sciolto. I primi sono maggiormente soggetti a fenomeni di distacco localizzato, in serie o globale (crollo, ribaltamento), mentre i secondi sono soggetti a fenomeni di espansione, scorrimento e flusso;
- Fattori strutturali: la disposizione nello spazio degli strati determina la maggior o minore possibilità di instabilità;
- Fattori morfologici:
  - Acclività: minore è la pendenza del versante, maggiore è la sua stabilità;
  - Conformazione: una pendenza uniforme rende il versante maggiormente dilavabile dall'acqua;
  - Altezza: più è alto il versante, minore è la sua stabilità;
- Fattori idrogeologici:
  - Permeabilità: maggiore è la permeabilità, maggiore potrebbe essere la stabilità del versante;
  - Vegetazione: un versante vegetato è più stabile di uno nudo;
- Fattori antropici:
  - Disboscamento;
  - Scavi su versante;
  - Sovraccarico dovuto alla presenza di edifici, costruzioni o variazioni del territorio;
  - Variazione del regime idrogeologico del territorio.

### *2.3.2 Cenni delle componenti non analizzate*

Come menzionato precedentemente, non sono oggetto del seguente lavoro le opere d'arte minori, le opere idrauliche, le opere ambientali, se non nella misura di elementi minori contenitivi per le unità geomorfologiche.

## Capitolo 3

### GESTIONE DELLE PRIORITÀ E DEL RISCHIO

#### 3.1 Asset Risk Management

In questo capitolo si descrivono i principi, dapprima generali di sistema, e poi specifici per la gestione degli asset (componenti) infrastrutturali introdotti al capitolo precedente.

##### 3.1.1 Asset Management

Gestione del patrimonio infrastrutturale è un processo strategico e sistematico per esercitare, mantenere, migliorare ed espandere una rete di infrastrutture di trasporto in modo efficace durante tutto il suo ciclo di vita e ingloba molti più aspetti di quelli richiamati nel seguito, quali il Sistema di Gestione della Sicurezza (SGS), sistemi integrati e altri processi organizzativi e procedurali non strettamente tecnici nella valutazione delle prestazioni di sicurezza. Esso si basa su procedure ingegneristiche ed economiche per l'allocazione e l'utilizzo delle risorse con la finalità di migliorare il processo decisionale facendo riferimento da un lato ad informazioni di qualità e dall'altro a ben definiti obiettivi [NCHRP Report 632].

Molti gestori hanno già sviluppato diversi elementi del processo di gestione del patrimonio, che formano parte integrante delle procedure di gestione utilizzate, pertanto lo scopo di questa guida è quello di fornire ai gestori un indirizzo per l'ulteriore sviluppo ed il miglioramento delle procedure per la gestione del patrimonio infrastrutturale già utilizzate.

Nello schema rappresentato nella figura sottostante, sono rappresentate tutte le attività ed i processi che sono necessari allo sviluppo dei documenti di pianificazione e programmazione ed all'implementazione ed al miglioramento delle pratiche di gestione del patrimonio di infrastrutture viarie. È importante che le attività svolte e l'approccio scelto dal gestore per lo svolgimento dell'attività stessa siano chiaramente

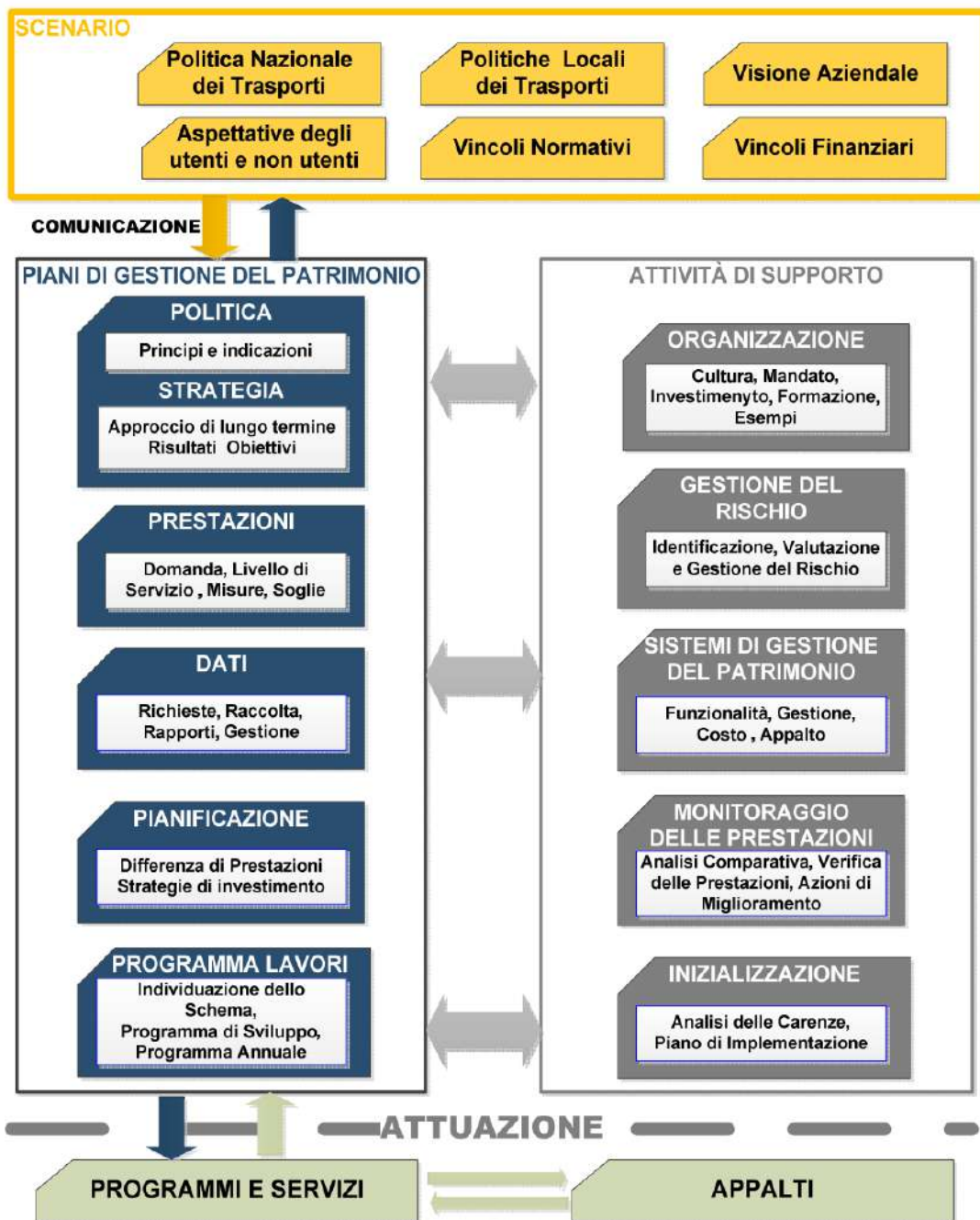
documentate e accessibili a tutti i soggetti interessati e coinvolti dalle attività di gestione.

Un sistema di gestione degli asset può essere sviluppato in riferimento alla norma BS ISO 55000 ed alla guida sviluppata nel Regno Unito [HMEP 2013] e articolato in tre macro-sezioni:

- il contesto: descrive gli scenari infrastrutturali, organizzativi e territoriali all'interno dei quali si svolgono le attività di gestione della rete di infrastrutture;
- la Pianificazione: descrive le attività ed i processi fondamentali per la pianificazione e fornisce indicazioni su come tali attività possano essere svolte ai fini della gestione del patrimonio infrastrutturale;
- gli elementi di supporto: descrive gli aspetti e gli elementi che supportano la corretta attuazione delle procedure di gestione del patrimonio di infrastrutture descritte nello schema.

La gestione dell'asset di una infrastruttura richiede a livello dell'intera rete e della singola componente, dei seguenti milestones minime:

- Anagrafica gerarchizzata delle opere georeferenziate anche su modello digitale:
- Schede difettologiche conformi alle linee guida del Ministero delle Infrastrutture che rappresentano tutte le anomalie riscontrate nel corso dell'ispezione e dell'analisi degli elementi in tutte le loro componenti;
- Ispezioni fisiche registrate dal sistema ed effettuate da operatori in linea;
- Monitoraggio dinamico, grazie alla raccolta e classificazione dei dati acquisiti da droni, sensori, pese dinamiche, accelerometri ed ogni altra tecnologia di campo;
- Attivazione combinata ed integrata dei lavori di manutenzione ordinaria e straordinaria;
- Reportistica per il management, le funzioni aziendali e AINOP (Archivio Informatico Nazionale delle Opere Pubbliche).



*Figura 3-1: Quadro sinottico schematico delle attività e delle fasi della gestione del patrimonio di infrastrutture viarie (Convegno Nazionale AIPCR, CT 4.1 Gestione patrimonio stradale, 2014)*

Nella gestione degli asset assumono un ruolo fondamentale le ispezioni periodiche, che sono le visite di controllo effettuata ai sensi degli art. 11 e 12 del D.Lg.vo 264/06 (e successivi decreti), al fine di verificare le conformità dell'opera e di riscontrare la situazione reale rispetto a quanto risulta dalla documentazione agli atti e verificare il

mantenimento o meno delle condizioni di sicurezza accertate nella precedente visita ispettiva. Tale ispezione viene ripetuta con cadenza regolare in base alla classe di rischio associata e viene suddivisa in:

- Ispezione ordinaria: effettuata con frequenza di 3-6 mesi con rischio Medio-Alto, Alto e annualmente con rischio Medio, Medio-basso, l'ispezione ha lo scopo di determinare le condizioni e la funzionalità di tutte le componenti;
- Ispezione principale: eseguita con frequenza da 1 a 3 anni per tutte le classi di rischio, l'ispezione consistente in un esame visivo di tutte le parti ed evidenzia l'eventuale necessità di ulteriori approfondimenti;
- Ispezione generale: svolta ogni 6 anni, questa ispezione viene eseguita da ingegneri qualificati eventualmente assistiti da specialisti esterni ed è eseguita con l'ausilio di mezzi adeguati;
- Ispezione straordinaria: visita specialistica o a seguito di eventi eccezionali, svolta ai sensi degli art. 11 e 12 del D.Lg.vo 264/06. L'ispezione straordinaria specialistica viene associata alla visita ordinaria, nel caso in cui durante quest'ultima vengano rilevate anomalie o pericolosità che necessitano maggiori approfondimenti; l'ispezione straordinaria a seguito di eventi eccezionali viene effettuata dopo eventi quali sismi, alluvioni, urti. Entrambi i tipi di ispezione straordinaria devono rilevare le condizioni reali della galleria e verificare le condizioni di sicurezza.

### 3.1.2 *Analisi di rischio e di priorità*

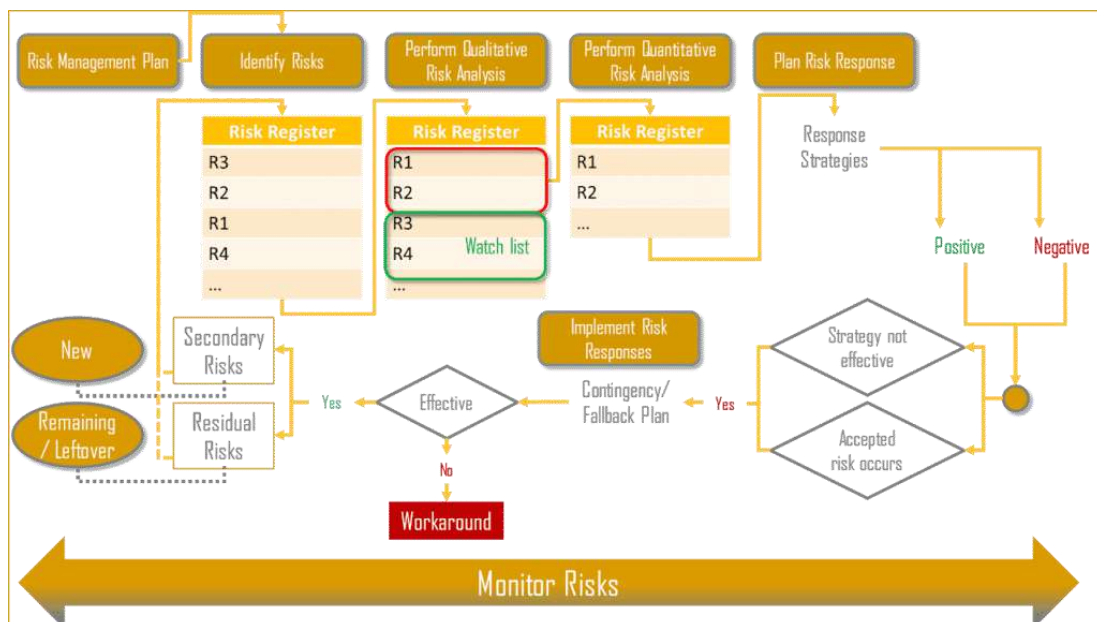
La gestione del rischio è un elemento a supporto dei processi decisionali pianificatori, essa costituisce una disciplina a sé stante i cui principi sono contenuti nella norma Risk Management [ISO 31000]. Questa guida non si prefigge l'obiettivo di fornire gli strumenti di attuazione delle procedure di analisi del rischio, ma ha come finalità quella di illustrare come essa possa integrarsi e sostenere il processo di pianificazione della gestione patrimoniale delle infrastrutture.

Un rischio può essere definito come un evento incerto, che, se dovesse accadere, avrebbe un effetto sulle prestazioni desiderate di uno o più elementi della rete di infrastrutture stradali. Il rischio è costituito da una combinazione della probabilità che si verifichi un evento negativo o positivo (pericolosità), e dell'entità delle conseguenze che esso può avere (danno = vulnerabilità x esposizione). Si definiscono:

- Minaccia un evento incerto che potrebbe avere un impatto negativo sui livelli di servizio;

- Opportunità un evento incerto che potrebbe avere un impatto favorevole sui livelli di servizio.

Le Amministrazioni ed i Gestori delle reti sono chiamati a gestire una varietà di rischi a livello strategico, tattico e operativo. La probabilità di accadimento e le conseguenze di questi rischi possono essere utilizzati per impostare la strategia di gestione delle infrastrutture e per definire le decisioni fondamentali riguardo alle prestazioni, agli investimenti e all'attuazione di programmi di lavoro. Quindi, per garantire un quadro di gestione efficace, si richiedono una valutazione ed una comprensione approfondite dei rischi e delle conseguenze.

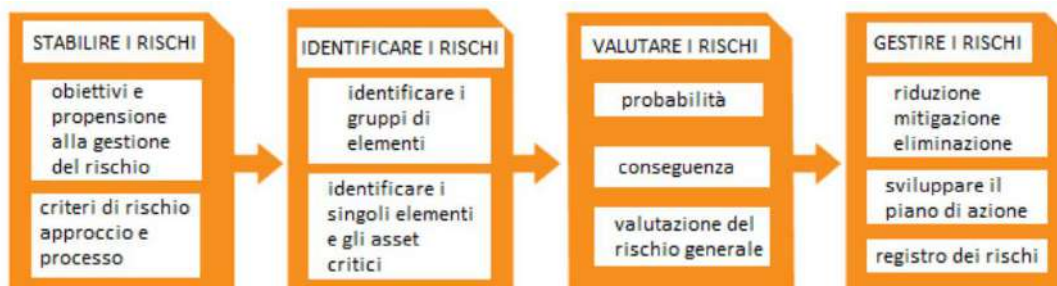


**Figura 3-2: Panoramica sulla gestione del rischio (PMI, 2017; ISO 31000)**

La sicurezza rappresenta sicuramente il rischio più usualmente percepito per le reti di infrastrutture, tuttavia esiste una vasta gamma di altri rischi e la loro identificazione e valutazione è una parte cruciale del processo di gestione. I rischi possono comprendere:

- Sicurezza;
- Reputazione;
- Perdita o danno al patrimonio;
- Riduzione o perdita del servizio;

- Continuità dell'esercizio;
- Ambiente;
- Aspetti finanziari;
- Aspetti contrattuali.



**Figura 3-3: Processo di gestione del rischio (Convegno Nazionale AIPCR, CT 4.1 Gestione patrimonio stradale, 2014)**

L'analisi dei rischi può essere qualitativa o quali-quantitativa (Perform Qualitative Risk Analysis), che assegna le priorità ai rischi per ulteriori analisi (Indice di Priorità), o quantitativa (Perform Quantitative Risk Analysis), che valuta nel dettaglio l'esposizione al rischio del progetto quantificando numericamente gli effetti dei rischi identificati. La valutazione qualitativa parte da una valutazione quantitativa, numerica o per classi, che vengono raccolte in categorie di priorità. Oltre a queste definizioni, si affianca la definizione della Classe di Attenzione (CdA) che rappresenta una stima preliminare dei fattori di rischio e si instaura, in genere, precedentemente alle analisi di rischio.

Il rischio può essere gestito a diversi livelli attraverso consistenti procedure di analisi (Risk Framework) che permettano il confronto dei rischi presenti in infrastrutture, o parti dell'infrastruttura, differenti. I rischi possono essere raggruppati in:

- Aziendali, ovvero Alto livello di rischio per l'intero Ente: tali rischi includono la reputazione aziendale, la protezione civile, le emergenze; la continuità delle attività, la salute e la sicurezza, il rischio politico, giuridico e finanziario. La gestione di tali rischi è di solito affidata ai decisori, ai vertici dell'organo di gestione ed è fuori dagli obiettivi di questo lavoro, che propone tecnologie e metodologia per la definizione delle Priorità a supporto delle decisioni degli organi gestori e della catena attuativa delle stesse;

- Strategici e tattici: sono i rischi che riguardano le attività di gestione dell'infrastruttura;
- Operativi: rischi da considerare quando si intraprendono le attività operative legate alla gestione e alla manutenzione.

È consigliabile applicare criteri e procedure di gestione del rischio uniformi in tutti gli ambiti in cui l'Amministrazione, o il Gestore, sono coinvolti compreso quello della gestione del patrimonio di infrastrutture. Questo soprattutto per permettere la registrazione dei rischi in un unico ambiente e permetterne raffronti e proiezioni per impostare le strategie future, e non solo per la valutazione complessive delle performance. Nell'analisi del rischio si dovrebbero considerare i seguenti aspetti:

- Natura del servizio – L'evento può influenzare l'approccio alla gestione del patrimonio stradale?
- Legislazione – Quali aspetti di gestione del rischio sono determinati da norme cogenti (p.e. salute, sicurezza pubblica, impatto ambientale, etc.)?
- Costo – Lo sforzo impiegato nella valutazione e nella gestione del rischio è proporzionale alle conseguenze eventualmente prodotte dall'evento?

Per supportare la gestione dell'infrastruttura, gli Enti Gestori dovrebbero avere una visione di:

- Quali attività sono fondamentali per il funzionamento della rete;
- Cosa potrebbe influenzare il raggiungimento delle prestazioni richieste, comprese le aspettative degli stakeholder;
- Livello di finanziamento;
- Livello di rischio accettabile;
- Opzioni per mitigare tutti i rischi ritenuti inaccettabili.

### 3.2 Definizione rischio-specifica

Nella gestione dei rischi, risulta fondamentale definire gli eventi e la loro pericolosità per gli elementi analizzati. In questo capitolo si definiscono tali eventi e la successiva razionalizzazione negli indicatori di rischio da impiegare nelle analisi per gli elementi oggetto di questo studio.

### 3.2.1 Gallerie

Con emanazione del decreto del MIMS del 1° agosto 2022 e l'uscita in GU del 23 agosto 2022, sono state rilasciate le LLGG per la Classificazione del Rischio delle Gallerie, che saranno prese a riferimento a livello metodologico e poi connotate con metodologie e strumenti innovativi. Anche se riferite a gallerie stradali, le attuali LLGG sono in corso di estensione anche per il caso ferroviario, per cui si considera l'applicazione in oggetto ancora più rilevante. Nel seguito sono richiamati i principi base delle LLGG.

Le Linee guida illustrano una procedura per la gestione delle attività finalizzate alla sicurezza delle gallerie stradali esistenti al fine di prevenire livelli inadeguati di danno, tali da incidere sulla sicurezza dell'opera e, in senso più generale, dell'intera infrastruttura, rendendo accettabile il rischio.

L'impostazione vuole perseguire una condotta di prevenzione rispetto all'emergere di situazioni potenzialmente pericolose, per programmare l'adozione di interventi di manutenzione preventiva senza incorrere in condizioni di intervento in urgenza.

Quanto riportato nel presente documento è riferito alla adozione di condotte di consapevolezza e prevenzione per l'intero ambito delle gallerie stradali in esercizio, restando inteso che qualora già si riconoscano condizioni che richiedono l'adozione di interventi immediati, il gestore darà corso alla individuazione ed attuazione degli interventi riconosciuti necessari indipendentemente dall'applicazione delle procedure previste dalle Linee guida.

Il documento è composto da tre parti:

- il censimento associato alla valorizzazione delle conoscenze pregresse già disponibili;
- la classificazione preliminare del rischio stimato in modo convenzionale attraverso la definizione di una classe di attenzione;
- la valutazione della sicurezza, di tipo preliminare e accurata, e la sorveglianza e monitoraggio, comprese le tipologie di prove eseguibili.

I programmi delle indagini e degli interventi che si riconoscessero necessari saranno graduati per ciascuna galleria, fornendo criteri di priorità e distinguendo, nell'ambito di una stessa galleria, interventi semplici e di efficacia nel breve termine da quelli più complessi e di attuazione più lontana nel tempo.

Come per le “Linee guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti”, anche per le gallerie la classificazione del rischio o, meglio, la classe di attenzione si inquadra in un approccio generale multilivello che dal censimento delle opere d’arte da analizzare associato al livello di conoscenza, che scaturisce dall’esame preventivo e sintesi di tutte le informazioni già disponibili, perviene alla determinazione di una classe di attenzione sulla base della quale si perverrà, nei casi previsti dalla metodologia stessa, alla valutazione della sicurezza, sia essa limitata ai possibili dissesti di carattere locale o riferita al comportamento globale dell’opera, cui dovrà seguire la programmazione degli interventi e dei piani di sorveglianza che si riconoscessero necessari.

Sono approfondite nel dettaglio le metodologie da adottare per sviluppare l’approccio proposto a livello territoriale, quali il censimento delle opere, la raccolta dei dati già disponibili a partire dai dati di progetto, della realizzazione e della gestione e adozione di interventi di manutenzione già attuati in fase di esercizio.

Seguono le ispezioni iniziali, anche ai fini della redazione delle schede di difettosità dell’opera nonché la valutazione della classe di attenzione in funzione dei possibili rischi rilevanti, strutturale (strutturale “globale” e geotecnico), sismico, idraulico, geologico, stradale, strutturale “locale” e determinati da cause non direttamente strutturali.

Tali rischi, inizialmente analizzati separatamente in termini di pericolosità, vulnerabilità e esposizione, sono poi riuniti in un’unica classificazione generale della classe di attenzione, che è comunque qualificata in relazione alla diffusione nell’ambito dello sviluppo della galleria ed in relazione a particolari rischi, quali l’idraulico ed il geologico, che richiedono una specifica e distinta considerazione negli approfondimenti riconosciuti necessari.

L’indice di diffusione rispetto allo sviluppo totale della galleria descrive in forma sintetica quale sia la tratta di galleria interessata dalla Classe di attenzione più alta attribuita.

La Classe di attenzione così definita individua le condizioni più critiche ai fini della sicurezza presenti lungo la tratta in peggiori condizioni della galleria, diversamente da come desumibile da valutazioni con indici pesati sullo sviluppo della galleria, meno rappresentative di condizioni locali di sicurezza e che forniscono un indice di severità

complessivo dell'intera opera indicativo in genere per previsioni di fabbisogni economici complessivi.

L'articolazione delle linee guida mantiene distinte nelle varie fasi le attività ispettive da quelle di valutazione del livello delle conoscenze e delle valutazioni sullo stato di conservazione delle opere.

Fatta salva la necessaria qualifica degli incaricati delle ispezioni, le valutazioni che prendono in esame lo stato delle conoscenze e gli esiti di ispezioni e di indagini saranno sviluppate in ambito di giudizio esperto, cui potranno concorrere specialisti di più discipline secondo le specifiche tematiche di interesse per ciascuna galleria, con il coordinamento di un responsabile della galleria designato dal gestore.

L'approccio si sviluppa su sei livelli differenti, aventi grado di approfondimento e complessità crescenti. Sinteticamente:

- Il Livello 0 prevede il censimento di tutte le opere e delle loro caratteristiche principali nonché la raccolta delle informazioni e della documentazione disponibili, anche in relazione a rilievi e prove già effettuati, con giudizio esperto sul grado delle conoscenze disponibili e individuazione preliminare degli indicatori di pericolosità di maggiore interesse per ciascuna galleria;

- Il Livello 1, esteso alle opere censite a Livello 0, prevede l'esecuzione di ispezioni iniziali della struttura, rivestimento ed altri elementi di rilevanza strutturale e non strutturale, e delle caratteristiche geomorfologiche, idrogeologiche ed idrauliche dell'area, tese a individuare lo stato di conservazione e le principali caratteristiche strutturali e geometriche di tutte le opere, nonché potenziali condizioni di rischio associate all'interazione con le formazioni naturali che ospitano la galleria, secondo le caratteristiche geotecniche/geomeccaniche e l'assetto del contesto geologico. Le ispezioni iniziali saranno condotte a partire dal quadro di conoscenze già disponibili, eventualmente integrate con specifiche indagini, come ricostruito nell'ambito del Livello 0;

- Il Livello 2 consente di giungere alla classe di attenzione di ogni galleria, sulla base dei parametri di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione, determinati elaborando i risultati ottenuti dai livelli precedenti. In funzione di tale classificazione, si procede quindi con uno dei livelli successivi. La Classe di attenzione è qualificata secondo un indice di diffusione, espresso quale percentuale della lunghezza della

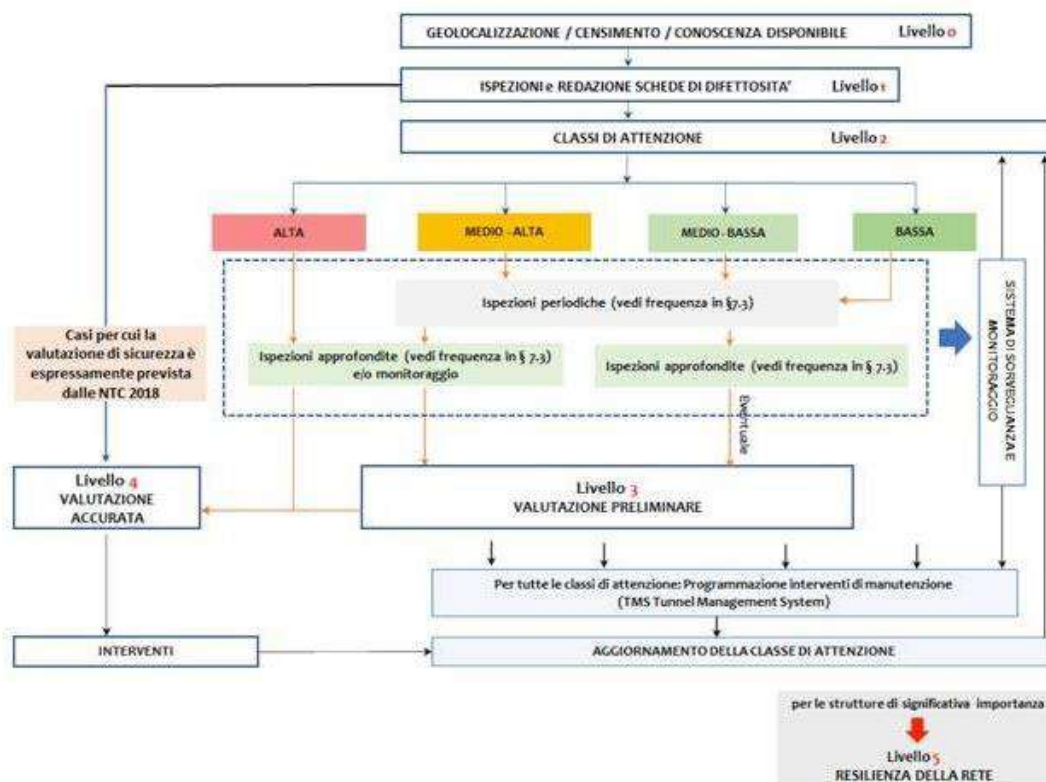
galleria caratterizzata dalla classe attribuita. Vengono altresì riportati quali caratteri qualificanti i fattori di pericolo che determinano la classe di attenzione sia riferiti alla struttura di galleria, sia riferiti a fattori esterni all'ambiente galleria in senso stretto, quali le classi associate ai rischi geologico geotecnico lungo la galleria ed agli imbocchi e al rischio idrologico idraulico;

- Il Livello 3 prevede l'esecuzione di valutazioni preliminari atte a comprendere, unitamente all'analisi della tipologia ed entità dei dissesti rilevati nelle ispezioni eseguite al Livello 1, il livello di sicurezza nei confronti dei possibili dissesti locali che interessano il rivestimento, più o meno diffusi nella galleria, e dei dissesti correlati all'interazione del rivestimento con le formazioni naturali attraversate. Quando ne ricorrano le condizioni, vengono sviluppate specifiche valutazioni per le possibili interazioni con instabilità di insieme delle formazioni naturali attraversate o in corrispondenza degli imbocchi, nonché delle condizioni di salvaguardia idraulica;

- Il Livello 4 prevede l'esecuzione di valutazioni accurate della sicurezza della galleria nei confronti delle azioni agenti e di fattori esterni all'ambiente galleria in senso stretto, tenendo in debito conto quanto indicato dalle Norme Tecniche per le Costruzioni vigenti;

- Il Livello 5, non trattato esplicitamente nelle presenti Linee Guida, si applica a gallerie considerate di significativa importanza all'interno della rete. Per tali opere è utile svolgere analisi più sofisticate quali quelle di resilienza, valutando la rilevanza trasportistica, analizzando l'interazione tra la struttura e la rete stradale di appartenenza e le conseguenze di una possibile interruzione dell'esercizio della galleria sul contesto socioeconomico in cui essa è inserita.

Dal Livello 0 al Livello 5, la complessità, il livello di dettaglio e l'onerosità delle indagini e delle analisi aumentano, ma il numero di infrastrutture su cui applicarle, così come il livello di incertezza dei risultati ottenuti, si riduce. Il flusso logico che complessivamente definisce le relazioni tra un livello e l'altro è mostrato in Figura 3-4.



**Figura 3-4: Approccio multilivello e relazioni tra i livelli di analisi (LLGG Classificazione del Rischio delle Gallerie, 2022)**

Come si evince dalla Figura 3-4, il fulcro centrale dell'approccio, sui cui risultati si basano le valutazioni successive, è il Livello 2, ossia la definizione delle classi di attenzione.

Come esposto nel documento, essa consiste nel determinare, per ogni galleria, una Classe di Attenzione (CdA), funzione di fattori di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione, e classificata in alta, medio-alta, medio-bassa e bassa, riferita alla tratta nelle peggiori condizioni e qualificata secondo le specifiche tipologie di potenziale pericolo. Ad ogni classe di attenzione corrispondono determinate conseguenti azioni, in termini di indagini/monitoraggio/verifiche, graduate in relazione all'indice di diffusione e agli eventuali caratteri speciali. In particolare:

- Per le gallerie con classe di attenzione Alta è previsto l'immediato avvio di valutazioni accurate, sia in termini di valutazioni di sicurezza sia di approfondimenti sulle caratteristiche idrauliche, geologiche, geotecniche e/o strutturali, stradali, laddove necessario, in relazione in particolare alla Classe di attenzione ed alla specifica tipologia di potenziale rischio che ha concorso alla sua

attribuzione. Le ipotesi, i criteri e le modalità di esecuzione delle valutazioni accurate, previste dal Livello 4 dell'approccio multilivello, sono discusse nel § 5. Per le gallerie di Classe di Attenzione Alta è prevista l'esecuzione delle ispezioni approfondite con le modalità e frequenza di cui al § 7.3 e con eventuale installazione di sistemi di monitoraggio come descritto nel § 6;

- Per le gallerie con classe di attenzione Medio-Alta è prevista l'esecuzione di ispezioni ordinarie e approfondite con le modalità e frequenze di cui al § 7.3 con esecuzione di indagini specialistiche e, ove si rendesse necessario, l'installazione di sistemi di monitoraggio come descritto nel § 6. Sulla base delle ispezioni è previsto l'impiego di valutazioni preliminari di Livello 3 e qualora necessaria, l'esecuzione della valutazione approfondita secondo le modalità discusse nel § 5;

- Per le gallerie in CdA Medio-Bassa e Bassa è prevista l'esecuzione di ispezioni periodiche (si veda al proposito la parte ad esso dedicata nelle presenti linee guida). Sono comunque da prevedere ispezioni approfondite ad intervalli regolari, secondo le frequenze indicate nel § 7.3, valutando la conferma della Classe di attenzione e la necessità di dare corso a valutazioni preliminari della sicurezza. Le ispezioni periodiche ordinarie e periodiche indipendenti saranno graduate secondo frequenze rapportate alla Classe di attenzione attribuita alla singola galleria.

Nel seguente lavoro, si illustrano strumenti innovativi e metodologie per applicare tale approccio per raggiungere in modo speditivo valutazioni fino al secondo livello e impostare un sistema oggettivo e affidabile per le analisi di livello successivo.

### 3.2.2 *Versanti e Scarpate*

I riferimenti principali per la definizione rischio-specifico di versanti e scarpate, ove disponibili, sono i piani di governo del territorio, quali Autorità di Bacino/Distretto, Piani Regolatori, Piani Urbani, etc.

Nel seguente lavoro, si illustrano strumenti innovativi e metodologia per contestualizzare gli strumenti di governo del territorio lungo l'infrastruttura con un dettaglio elevato di analisi che permette di entrare nella fase di progettazione delle strategie e degli interventi.

### 3.2.3 *Cenni a impatti non analizzati*

Gli hazard e i possibili shocks a cui può essere sottoposta la linea sono di varia natura, quali esondazioni, desertificazione non indotte da cambiamento climatico, oltre ai parametri esogeni al sistema alla scala del territorio nazionale, quali terremoti, guerre, gestione delle risorse, immigrazione.

## 3.3 **Metodologia e tecnologie innovative**

Nel seguente lavoro, si illustrano strumenti innovativi e metodologie per applicare tale approccio per raggiungere in modo speditivo valutazioni di dettaglio (secondo livello per le gallerie; progettazione per i versanti e le scarpate) e impostare un sistema oggettivo e affidabile per le analisi di livello successivo.

### 3.3.1 *MIRET*

Quanto esposto nel 3.1, è connotato in carattere pratica attraverso la metodologia MIRET (Foria, 2019; Foria, 2021; Foria, 2022) presentata nell'ambito di questo lavoro. La metodologia è stata concepita per le gallerie, ma i suoi principi si estendono anche ad altri elementi dell'infrastruttura e del territorio. Il processo combina innovativi sistemi di rilievo multidimensionale mobile mapping, analisi geotecniche e strutturali, intelligenza artificiale e analisi di rischio, in uno spazio comune di lavoro a servizio del tavolo tecnico e gestionale, per puntare ad un sistema trasparente, smart e sostenibile, per la pianificazione, la progettazione e la manutenzione delle gallerie. L'approccio generale è incentrato in un flusso di lavoro integrato in grado di collegare e manipolare i dati di indagine-ispezione nel tempo, standardizzando i processi e i linguaggi. Le milestones sono:

- Rilievo e Ispezione (S);
- Analisi dei difetti/rischio (DA);
- Digitalizzazione (DI);
- Pianificazione e Progettazione (PD);
- Lavori e Manutenzione (WM);
- Monitoraggio (MO).



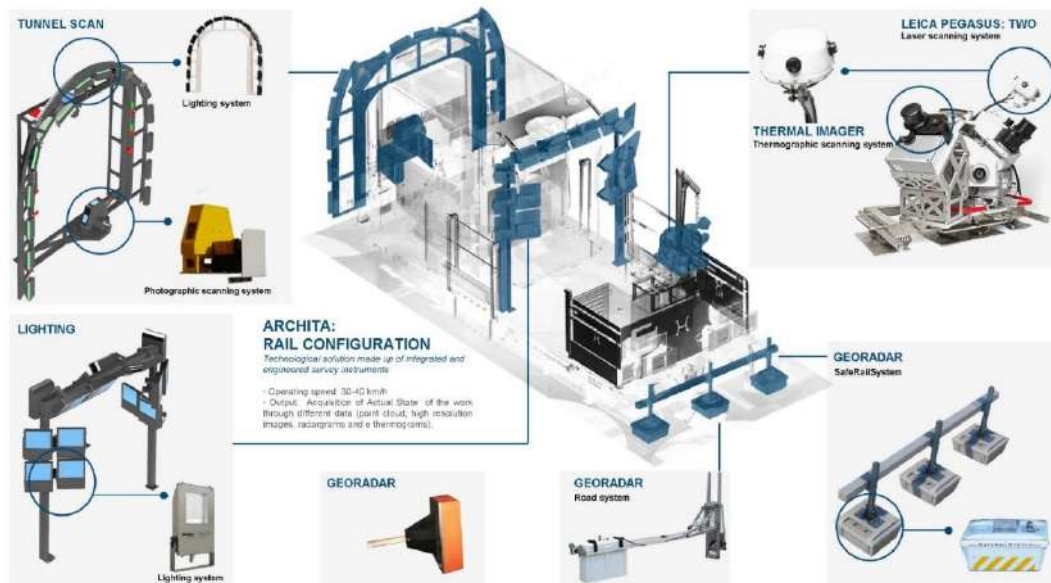
**Figura 3-5: Puzzle-chart della metodologia e delle milestones del MIRET (Foria, 2021).**

L'attuale sistema di sorveglianza delle infrastrutture si basa su ispezioni visive, normalmente condotte a piedi o su carrello in regime di interruzione, parziale o totale, della circolazione. Questo, da un lato comporta una maggiore attenzione nei confronti dell'opera, dall'altro crea una situazione di disagio, per gli utenti che sono esclusi dall'utilizzo dell'infrastruttura, per gli operatori, con rischio elevato per la propria sicurezza, ed infine per i gestori, che devono affrontare un elevato dispendio di risorse.

Le tecnologie più recenti consentono il rilevamento e l'ispezione di infrastrutture e infrastrutture con Mobile Mapping. Tali sistemi possono funzionare a diverse velocità, a seconda della precisione e dell'accuratezza che si vuole ottenere e in base alle finalità ingegneristiche e gestionali. Il Mobile Mapping può contare su grandi vantaggi in termini di velocità, efficienza e sicurezza, riducendo i tempi di stazionamento sulla linea e spostando l'attività in back-office.

ARCHITA (Foria, 2019) è un sistema multidimensionale, ideale per il rilievo di infrastrutture lineari, che permette di acquisire informazioni simultanee e integrate con l'impiego di diverse tecnologie, quali: laser scanner, georadar, termocamere e fotografie ad alta definizione. L'acquisizione dei dati avviene con limitato disturbo della circolazione del traffico, in quanto il sistema permette di rilevare l'intera infrastruttura, e le opere al contorno (comprese le unità geomorfologiche di

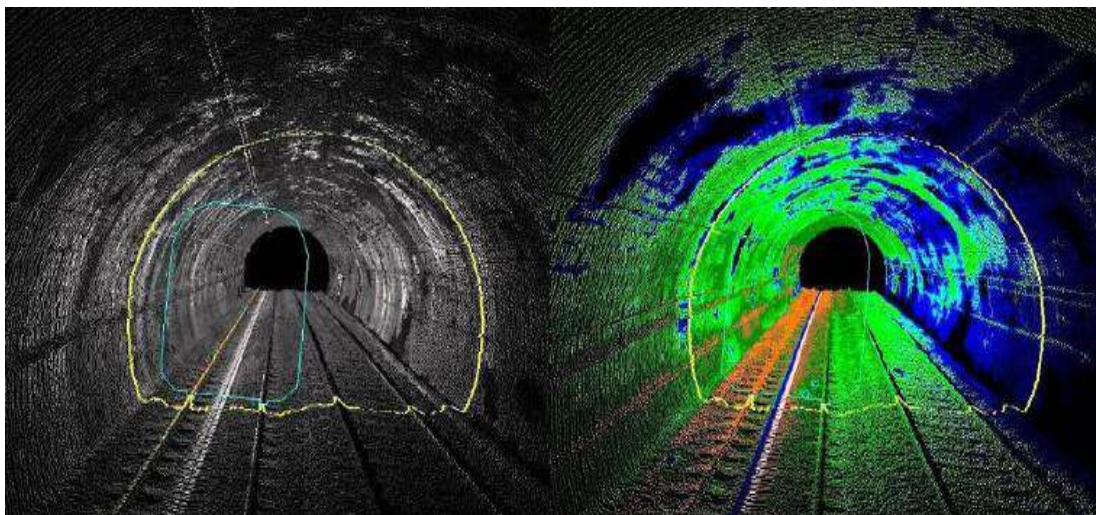
Versanti/Scarpate) a velocità sostenuta (i.e. 15-30 km/h) con un unico passaggio o un numero ridotto di passaggi.



**Figura 3-6: Sistema ARCHITA (Foria, 2019).**

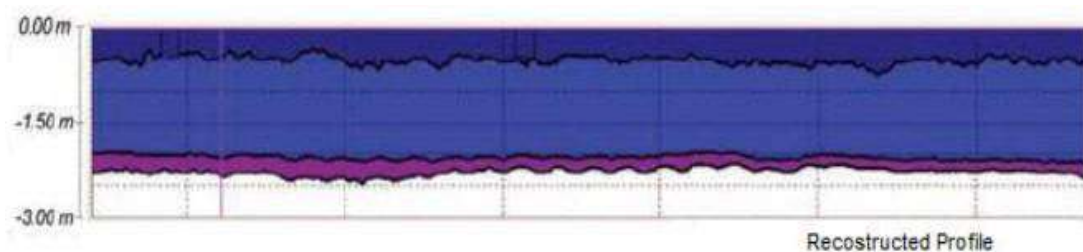
Gli strumenti installati cambiano nel corso degli anni per l'aggiornamento tecnologico e in funzione delle configurazioni specifiche che dipendono dalle finalità del lavoro da svolgere. Nel dettaglio, gli strumenti di rilevamento installati su Archita per la maggior parte dei lavori qui presentati sono:

- Laser Scanner (Leica Pegasus:Two): nella configurazione di n.8 camere digitali, n.1 piattaforma inerziale IMU, n.2 profiler Z+F 9012, n.2 antenne GPS, n.1 odometro ottico e n.4 termocamere. Tale strumentazione permette di ottenere una nuvola di punti 3D georeferenziata per una completa e precisa ricostruzione delle opere rilevate. A partire dalla nuvola di punti infatti è possibile ricavare le informazioni di natura geometrica dell'infrastruttura e delle relative componenti e creare un modello digitale dell'infrastruttura. Attraverso software specifici è possibile eseguire analisi di dettaglio tra cui l'analisi di transitabilità per le sagome limite in ambito ferroviario (clearance analysis). Le immagini termiche possono essere integrate alla nuvola di punti per fornire una rappresentazione dei gradienti di temperatura riscontrati all'intradosso del rivestimento della galleria utili per la valutazione dello stato di conservazione dell'infrastruttura.



**Figura 3-7: Nuvola di punti da ARCHITA.**

- Ground Penetrating Radar (I.D.S. GeoRadar) nella configurazione di n.1 antenna radar con frequenza centrale 600 MHz. Questo strumento permette di eseguire un'indagine non distruttiva del rivestimento delle gallerie (o di qualsiasi altro elemento con sviluppo in profondità tra 1 e 1,5 m) al fine di ottenere informazioni sugli spessori e sulla presenza di eventuali vuoti a tergo del rivestimento.



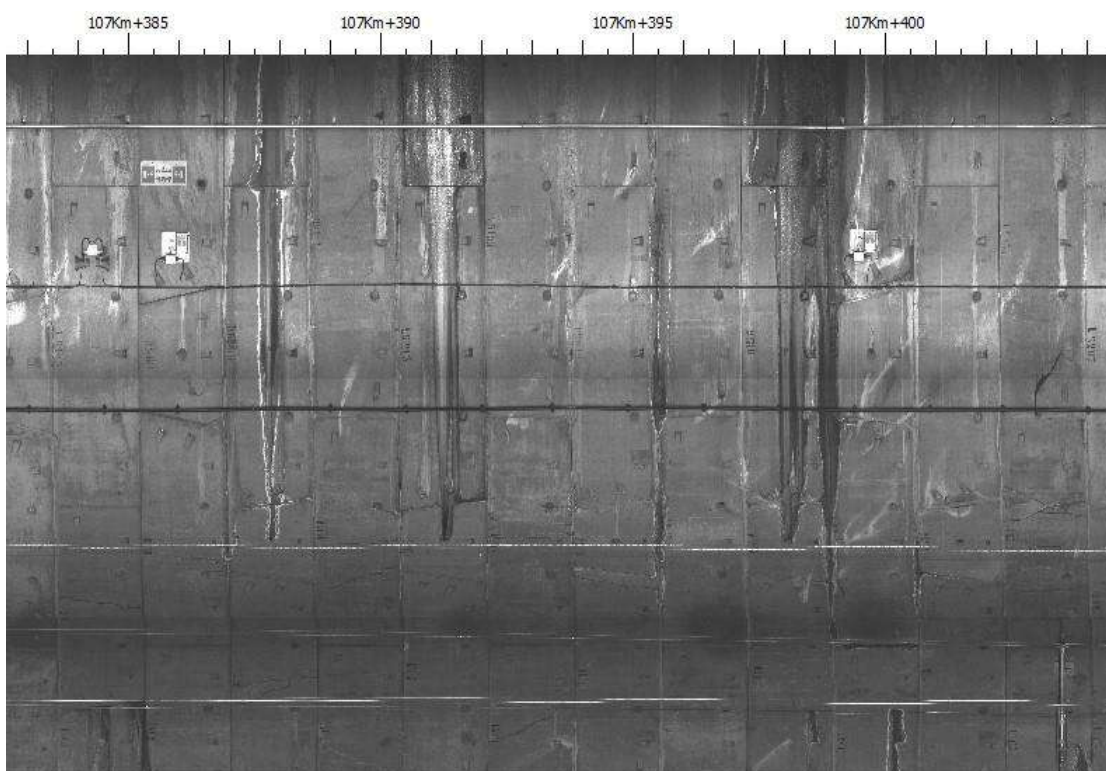
**Figura 3-8: Indagine georadar per la ricostruzione degli spessori strutturali. In particolare in figura è rappresentate il tipico output di elaborazione del radagramma estratto da ARCHITA.**

- Ground Penetrating Radar (I.D.S. GeoRadar) nella configurazione di n.3 antenne radar (SRS SafeRailSystem) con frequenza centrale 40 MHz. Il sistema SRS, utilizzato in modalità RAIL, consente di rilevare gli spessori e lo stato di conservazione del ballast ferroviario attraverso l'individuazione di eventuali vuoti o zone di depressione.

- Ground Penetrating Radar (I.D.S. GeoRadar) nella configurazione di n.1 antenna radar (Hi Pave System) con frequenza centrale 2 GHz e n.1 antenna radar (Hi Pave System) con frequenza centrale 400/900 MHz. Il sistema Hi Pave, utilizzato

in modalità ROAD, consente di rilevare gli spessori degli strati che compongono la pavimentazione stradale ed individuare la presenza di eventuali cavità.

- Immagini ad alta definizione con sistema Tunnel Scan (ADTS e customizzato per ETS su ARCHITA) nella configurazione di n.3 camere lineari ad alta risoluzione, n.1 profiler Z+F 9012 e sistema di illuminazione composto da n.16 luci LED ad alta efficienza disposti a raggiera ed allineati con le camere. Tale dispositivo viene utilizzato per analizzare lo stato di conservazione del rivestimento delle gallerie. Le immagini rilevate, post-processate con specifici software, restituiscono un campo visivo di circa 210° con la possibilità di ispezionare elementi fino ad una distanza di 10m dal punto di ripresa con una risoluzione longitudinale e trasversale millimetrica.



***Figura 3-9: Esempio di immagine HD del rivestimento della galleria visualizzata con il software di analisi.***

L'analisi dei diversi input di ARCHITA avviene grazie a MIRET in specifici ambienti software che mirano ad integrare il più possibile le informazioni del modello della gallerie e.g. le immagini HD e le immagini termiche. A partire da questi modelli, MIRET impiega analisi multicriterio spaziale a supporto delle decisioni (Spatial Multi Criteria Decision Analysis, SMCDA) (Spackman, 2009) ogni qual volta bisogna combinare parametri, qualitativi e quantitativi, per sintetizzare complessi set di

informazioni e ottenere la valutazione della Priorita/CdA secondo le LLGG. Con l'impiego di strumenti spaziali, i criteri possono essere rappresentati attraverso primitive geometriche (punto, linea, arco, raster) a cui sono associati i valori dei criteri di valutazione, memorizzati come attributi alfanumerici. L'analisi multicriterio per scopo decisionale è una disciplina orientata a supportare il decisore qualora si trovi a operare con valutazioni numerose e conflittuali, consentendo di ottenere una soluzione di compromesso in modo trasparente. I metodi di analisi multicriterio supportano il decisore nella fase di organizzazione e sintesi di informazioni complesse e spesso di natura eterogenea.

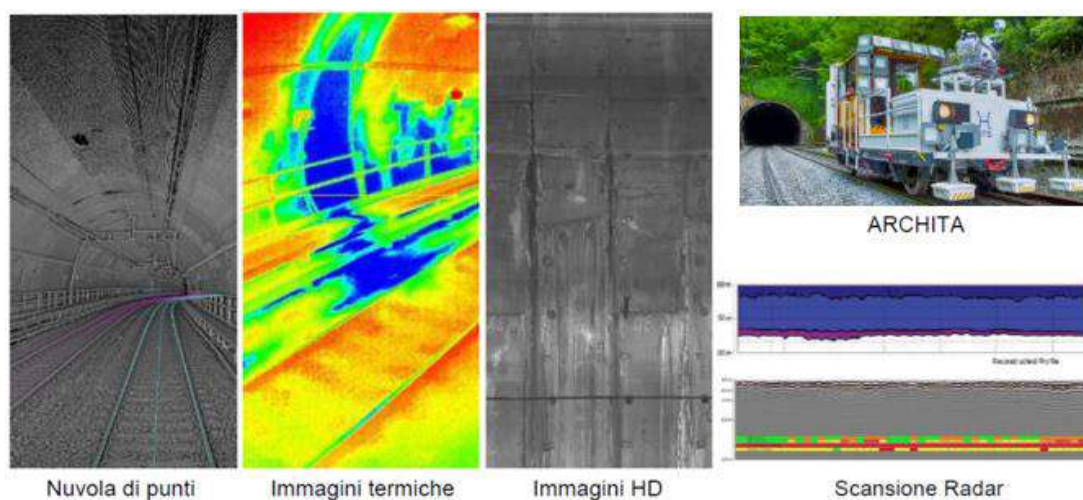
Tale metodologia permette al decisore di analizzare e valutare diverse alternative, monitorandone l'impatto sui differenti attori del processo decisionale. Esistono vari metodi per l'analisi multicriterio (Spackman, 2009) e la SMCDA viene ormai utilizzata in vari campi applicativi (e.g. costruzioni, finanza, pianificazione, ecologia). In linea di massima, la SMCDA viene utilizzata in tutti quei domini in cui non è possibile applicare direttamente un metodo di ottimizzazione, essendo presenti numerosi criteri di decisione.

Qualsiasi ciclo di manutenzione o intervento sull'opera d'arte passa attraverso la fase di Lavori e Manutenzione, dove si attuano le specifiche scelte determinate dalla fase di PD. Dalla realizzazione di interventi strutturali, alla semplice sigillatura di fessure, in questo blocco sono presenti tutte le soluzioni di intervento in infrastruttura. L'intervento contribuisce al sistema Infrastruttura, riducendone il rischio e definendo un ulteriore istante di analisi della sua storia. Difatti, questo ci restituisce un nuovo punto di analisi da cui riprendere le fasi di SI, DA e far convergere la fase di PD euristicamente.

Collante di tutte le milestone è un efficace sistema di Monitoraggio (MO). Esso fornisce una risorsa continua di dati permettendo un input costante attraverso le diverse fasi. Il monitoraggio consente una valutazione in continuo, portando il sistema di analisi verso una struttura dinamica per la gestione degli asset da parte del Committente e delle scelte da effettuare nella fase di PD. Questa milestones permette di poter aggiornare nel tempo i parametri presi in considerazione per il calcolo del Rischio e di implementare modelli di analisi predittiva (fase PD) e manutenzione predittiva (fase PD-WM).

### 3.3.2 Gallerie

Grazie ad ARCHITA e MIRET, la ricostruzione di geometria e stato di consistenza delle gallerie e dell'infrastruttura avviene con dati più oggettivi, chiari e ripetibili. Questi presupposti sono fondamentali per la fase di rilievo e ispezione, spesso all'apice nel processo MIRET e di qualsiasi sistema di sorveglianza delle Opere d'Arte, in quanto ripetibile con ciclicità, o in fase di post-operam, per raccogliere e analizzare i dati in diversi istanti temporali. Questa operazione è particolarmente rilevante anche ogni volta che ci sono delle modifiche all'interno della galleria o sull'infrastruttura i.e. manutenzione straordinaria, potenziamento della linea, aggiornamento normativi. Solo in questo modo l'ispezione riesce a diventare uno strumento di monitoraggio dello stato dell'Opera d'Arte per attuarne un'analisi predittiva e oggettiva.

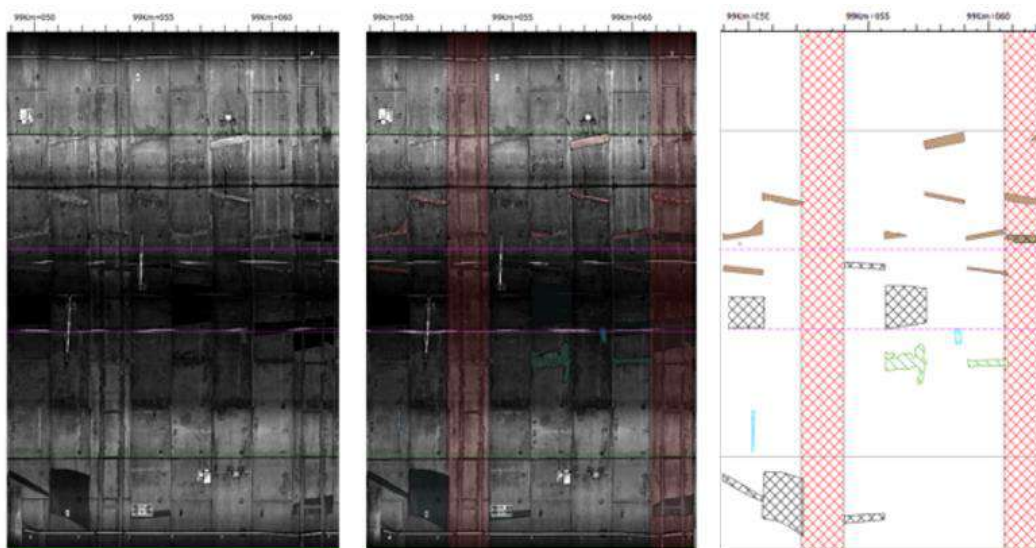


**Figura 3-10: Acquisizione con sistema ARCHITA (Foria, 2019; Foria, 2021).**

Il sistema di acquisizione fotografico installato su ARCHITA, costituito da n.3 camere lineari ad alta risoluzione e sistema di 16 luci LED, consente di ottenere una ricostruzione fotografica ad alta risoluzione del rivestimento della infrastruttura e di effettuare, a posteriori, un'analisi dei difetti di dettaglio.

Strumenti chiave di tale processo sono i cataloghi dei difetti ed il relativo algoritmo di combinazione dei parametri considerati, al fine di giungere ad indici sintetici rappresentativi dello stato di fatto dell'opera secondo la SMCDA. Al giorno d'oggi c'è una grande varietà di cataloghi e metodi tra i Committenti, nonostante i recenti sforzi normativi (e.g. LLGG Classificazione Rischio delle Gallerie). Si riscontrano molte differenze nelle scelte decisionali e più in generale nel sistema di gestione e pianificazione delle infrastrutture.

Nel MIRET gli strumenti chiave sono gli stessi, ma i diversi cataloghi e metodologie adottate dai Committenti sono unificati in uno standard unico, che si pone come sistema di ordine, piuttosto che come ulteriore strumento in aggiunta a quelli disponibili. Successivamente i difetti sono digitalizzati attraverso uno specifico ambiente software in modo da ottenere output in formati digitali standard (Figura 3-11), pronti per essere integrati nelle fasi successive.



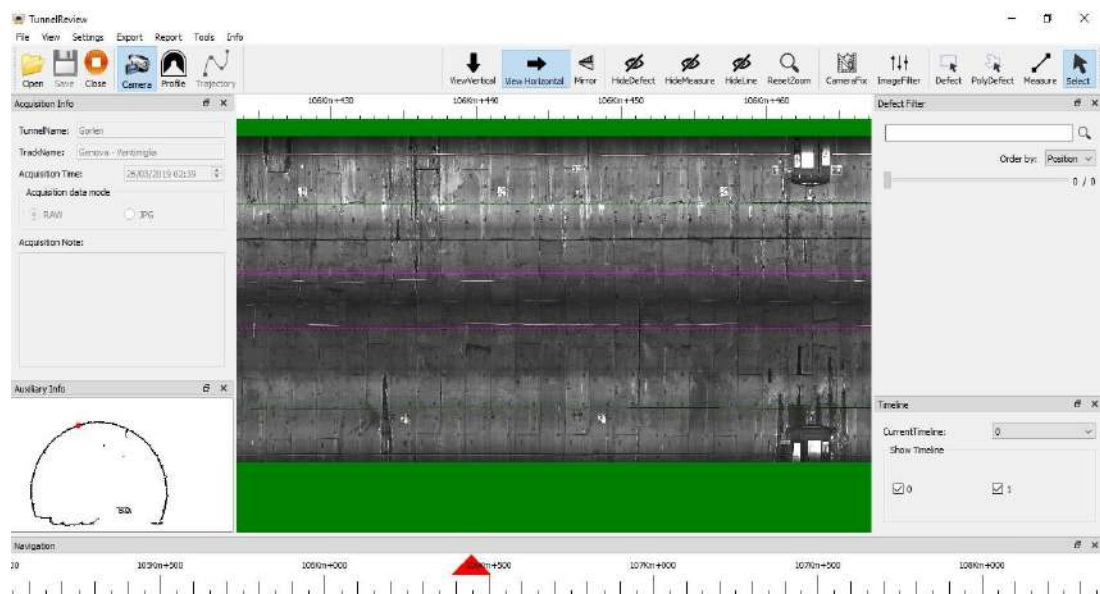
**Figura 3-11: Processo di analisi dei difetti e relativo output grafico di un settore della infrastruttura (Foria, 2021).**

Il dato digitalizzato può essere integrato con quello delle prove puntuali e delle ispezioni tradizionali. I difetti sono elaborati statisticamente e combinati per ottenere indici di facile lettura, sia per l'intera infrastruttura, sia per settori della stessa.

L'acquisizione delle immagini fotografiche e dei dati georeferenziati per mezzo dei dispositivi installati su ARCHITA permette l'impiego di opportune tecniche di post-processing per ottenere un numero consistente di informazioni rappresentative dello stato di fatto delle opere (Figura 3-12).

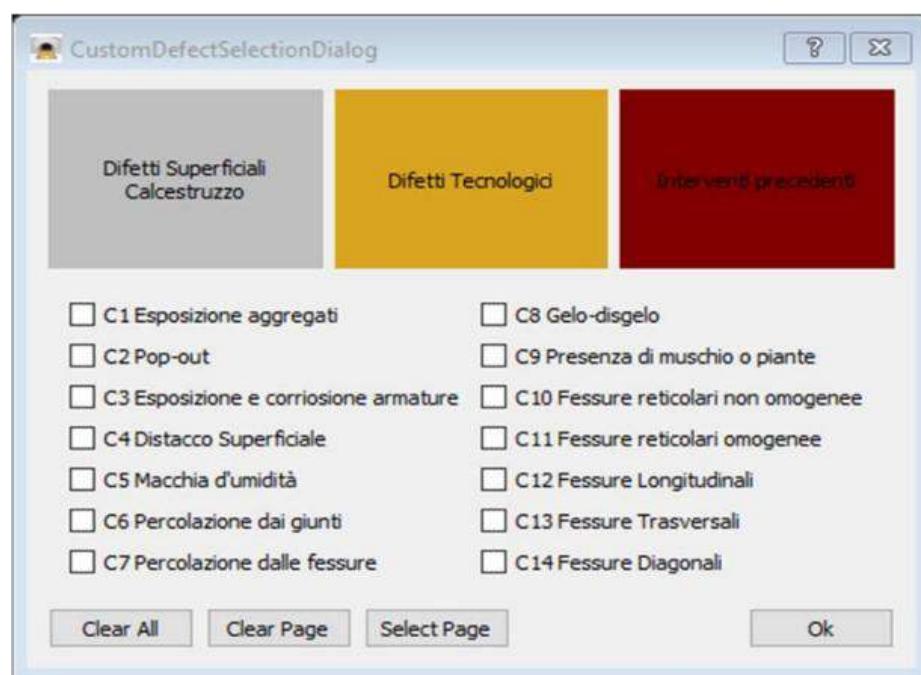
In particolare, grazie allo specifico ambiente software prodotto da ETS Srl in collaborazione con l'azienda ADTS Srl, è stato possibile associare alle immagini fotografiche ad alta risoluzione, acquisite con le tre fotocamere lineari montate su ARCHITA, la geometria della galleria rilevata per mezzo del laser scanner al fine di rendere le immagini misurabili. L'output di questa operazione, che viene visualizzato mediante il software, è una rappresentazione fotografica piana e rettilinea del

rivestimento della galleria con una risoluzione longitudinale e trasversale di 1 mm che consente di digitalizzare i difetti di tipo lineare e areale individuati sull'infrastruttura.



**Figura 3-12: Schermata iniziale del software.**

La fase preliminare alla diagnostica delle difettosità nel tunnel è la definizione e l'implementazione nel software di un catalogo dei difetti. L'importanza di creare un catalogo delle difettosità specifico per le infrastrutture sotterranee è quella di permettere all'operatore un più facile ed oggettivo processo di riconoscimento e classificazione dei fenomeni di degrado tipici delle gallerie (Figura 3-13).



**Figura 3-13: Finestra catalogo difetti implementato nel software.**

Ad esempio, nel seguito si mostra un catalogo difetti creato da ETS relativamente alle gallerie realizzate con tecnica di scavo meccanizzato, che si presenta strutturato nelle tre seguenti macro-categorie:

- Difetti superficiali del calcestruzzo (C): riguardano tutti i difetti visibili sulla superficie del rivestimento indipendentemente dalla struttura ma peculiari del materiale.

- Esposizione aggregati (C1);
- Pop-out (C2);
- Esposizione e corrosione armature (C3);
- Distacco superficiale (C4);
- Macchia di umidità (C5);
- Percolazione dai giunti (C6);
- Percolazione dalle fessure (C7);
- Gelo-disgelo (C8);
- Presenza di muschio e piante (C9);
- Fessure reticolari non omogenee (C10);
- Fessure reticolari omogenee (C11);
- Fessure longitudinali (C12);
- Fessure trasversali (C13);
- Fessure diagonali (C14);

- Difetti tecnologici (T): riguardano i difetti propri dei tunnel realizzati con tecnica di scavo in meccanizzato quali fessure nelle parti tipiche dei conci come giunti, iniettori e connettori, sbeccature d'angolo, sfalsamento degli anelli, etc.

- Fessure longitudinali (T12);
- Fessure trasversali (T13);
- Fessure d'angolo (T14);
- Sbeccature (T15);
- Inserti danneggiati (T16);
- Sfalsamento tra anelli (T17);

- Interventi precedenti (I): riguardano i vari interventi di manutenzione effettuati in fasi precedenti quali iniezioni, sigillature, centinature, etc.

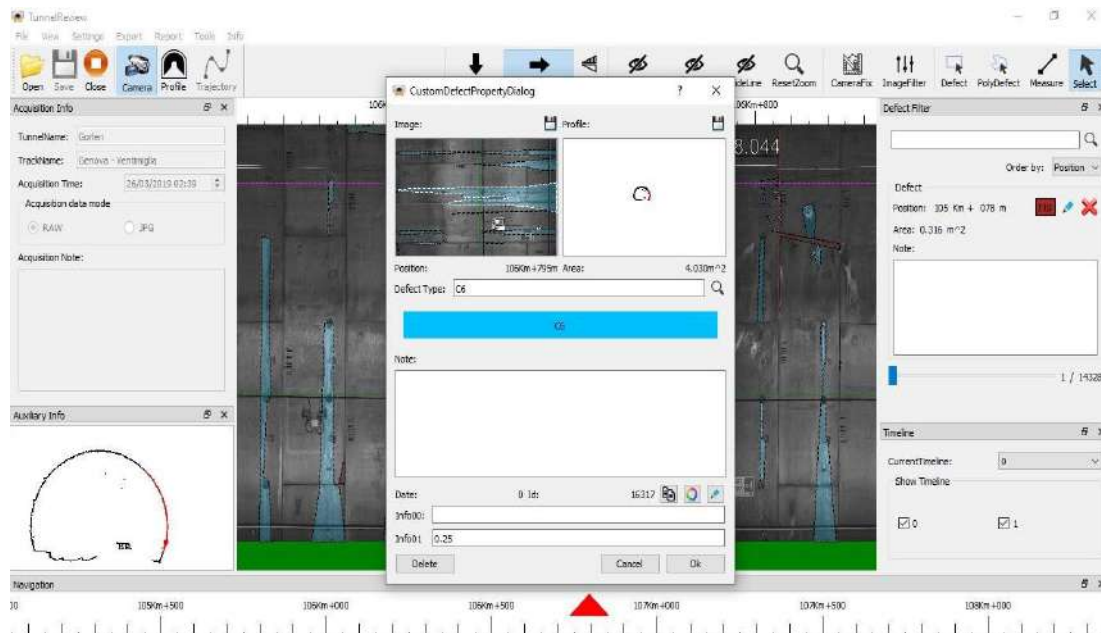
- Interventi precedenti strutturali lineari (I18);

- Interventi precedenti strutturali areali (I19);
- Interventi precedenti superficiali lineari (I20); – Interventi precedenti superficiali areali (I21).

Il catalogo difetti illustrato si basa su un'operazione di raccolta dei cataloghi difetti dei principali Gestori di infrastrutture di trasporto in Italia. Questo documento pone particolare attenzione ai difetti legati alle caratteristiche intrinseche del processo di costruzione e del materiale adottato (categoria T) ed introduce contestualmente la categoria relativa agli interventi precedenti (I). Infatti un intervento di manutenzione, seppur consente di ripristinare un difetto segnalato in altre ispezioni, allo stesso tempo costituisce un elemento che può essere soggetto a fenomeni di degrado e che deve essere monitorato nel tempo.

Attraverso l'utilizzo del software è possibile quindi digitalizzare la geometria dei diversi tipi di difetti che si individuano sul rivestimento, assegnargli la specifica categoria ed attribuirgli le informazioni legate alla loro intensità da catalogo come per esempio l'apertura di una fessura, la gravità di una percolazione, etc.

Allo stesso tempo, il programma assegna a ciascun difetto digitalizzato un codice ID, la progressiva chilometrica della sua posizione ed un'indicazione rispetto alla timeline nella quale è stato digitalizzato (Figura 3-14).



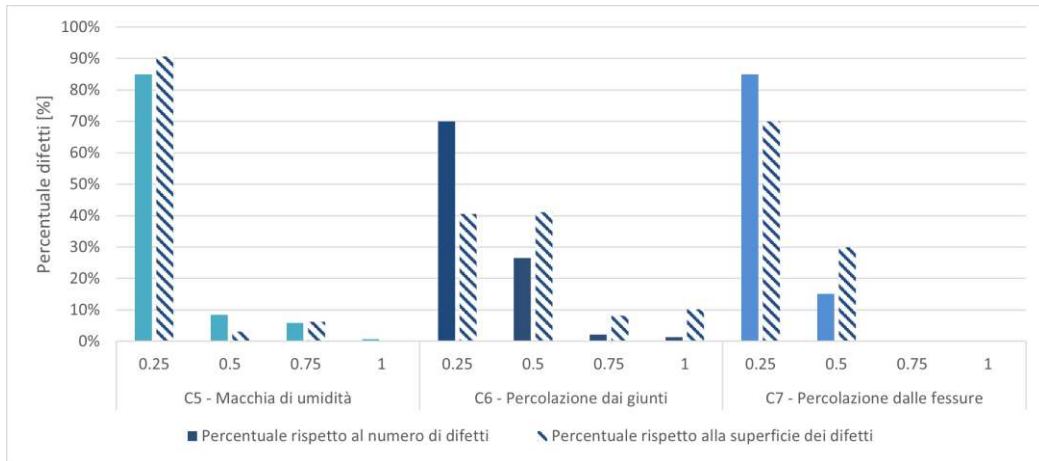
**Figura 3-14: Esempio di digitalizzazione di un difetto nel software.**

Il software permette di mappare i difetti di due ispezioni differenti della stessa galleria all'interno di un unico file. Le digitalizzazioni vengono salvate su due timeline differenti, che possono essere attivate o spente a discrezione dell'utente, permettendo di eseguire analisi temporali dello stato di evoluzione delle difettosità presenti nel tunnel attraverso il confronto dei singoli difetti rilevati.

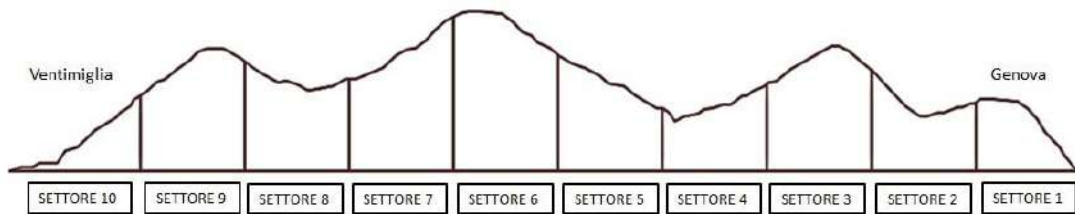
Al termine della fase di analisi e digitalizzazione manuale dei difetti è possibile esportare le informazioni geometriche e non geometriche degli ammaloramenti digitalizzati in formato .dxf e .xlsx. L'export in formato .xlsx rappresenta un report nel quale viene riportato l'elenco completo delle difettosità riscontrate lungo la galleria. Per ognuno di essi viene indicata l'ubicazione in termini di progressiva chilometrica e di posizione nella sezione, la categoria, l'estensione, l'intensità, il codice ID e la relativa timeline. L'export in formato .dxf permette invece di visualizzare una mappatura schematica dei difetti in ambiente CAD, utile a comprendere la distribuzione planimetrica dei difetti presenti sulla superficie cilindrica del rivestimento della galleria sviluppata su un piano. Ogni tipologia di difetto è esportata in automatico con un layer dedicato relativamente al catalogo difetti utilizzato.

La capacità del software di esportare le informazioni legate alla diagnostica in questi formati risulta fondamentale per eseguire analisi e produrre elaborati tecnici.

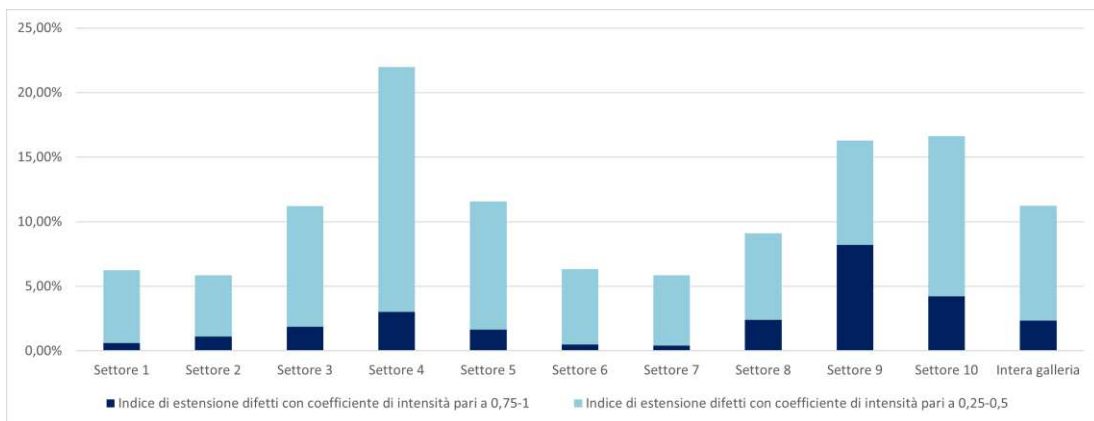
Nell'esempio in Figura 3-17 e Figura 3-18, l'operazione di digitalizzazione manuale dei difetti ha evidenziato la presenza sul rivestimento della galleria di circa 9.000 ammaloramenti legati all'acqua (C5, C6, C7 del catalogo) a cui corrispondono circa 7.300 m<sup>2</sup> di superficie di rivestimento. Di questi difetti il 97 % costituisce segni di percolazione dai giunti mentre la rimanente parte è ripartita in quantità uguali tra macchie d'umidità e percolazioni da fessure. Come si può osservare dall'istogramma, la maggior parte dei difetti rilevati rappresenta difettosità di piccole dimensioni con coefficiente di intensità basso (0.25-0.5), cioè segni di percolazioni e umidità con modesto deposito di sali e cloruri. Una più piccola percentuale invece riguarda superfici bagnate e grondanti (0.75-1) (Figura 3-17).



**Figura 3-15: Istogramma del numero e dell'estensione dei difetti legati all'acqua divisi per tipologia e per coefficiente di intensità.**



**Figura 3-16: Ricostruzione del profilo della galleria con i settori di analisi. Nell'esempio, In particolare, avendo la galleria una lunghezza di 3.076 metri (imbocchi esclusi), considerando di percorrerla nella direzione della progressiva chilometrica, sono stati definiti 9 settori di estensione pari a 300 metri ed il decimo di lunghezza pari ai rimanenti 376 metri.**

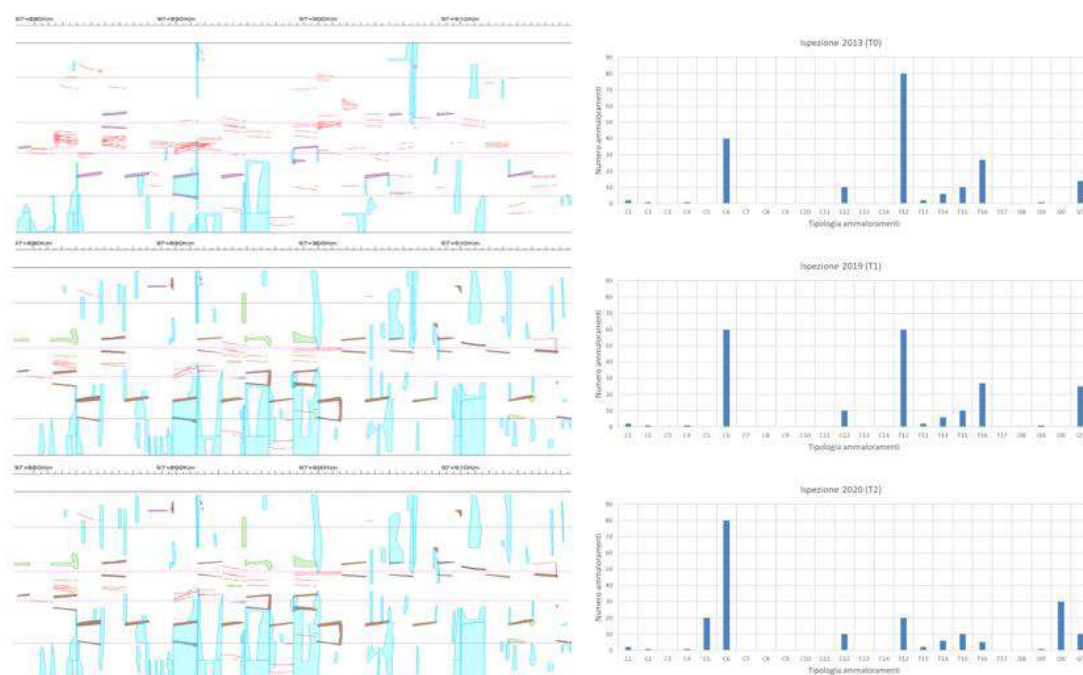


**Figura 3-17: Istogramma dell'indice di estensione dei difetti legati all'acqua (C5, C6 e C7). Si riportano i risultati del calcolo dell'indice di estensione dei difetti, in particolare si evidenziano i difetti classificati con alta intensità (0.75-1).**

Al fine di analizzare lo stato di conservazione della galleria in modo più dettagliato l'infrastruttura può essere suddivisa in settori (Figura 3-16) di uguale lunghezza e per ognuno di essi può essere determinato l'indice di estensione dei difetti. Per ognuno dei settori definiti si può quindi determinare l'indice di estensione dei difetti per i settori e per l'intera galleria mettendo in evidenza la quota rispetto alla superficie totale di rivestimento.

Con le tradizionali tecnologie, un'analisi come mostrata nel breve esempio sopramenzionato avrebbe richiesto un tempo di rilievo, digitalizzazione ed elaborazione di settimane/mesi, a differenza della durata in giorni/settimana grazie all'impiego di ARCHITA e MIRET. Inoltre, in quest'ultimo caso, abbiamo anche un modello completamente digitalizzato della galleria e del processo ispettivo.

L'acquisizione dello stato di fatto e la mappatura digitale dei difetti rientrano, nel processo MIRET, nel flusso di lavoro standardizzato, ripetibile e oggettivo che consente un confronto temporale. Tali confronti consentono, inoltre, di generare modelli su cui basare una manutenzione predittiva fondamentale nell'ottica della pianificazione e della gestione delle risorse.



**Figura 3-18: Confronto del numero di ammaloramenti, di un settore della infrastruttura, delle ispezioni effettuate (Foria, 2021).**

Il processo diagnostico diventa così ripetibile e automatizzabile. ETS ha scelto di investire nello sviluppo di algoritmi di Intelligenza Artificiale (IA) per il rilevamento

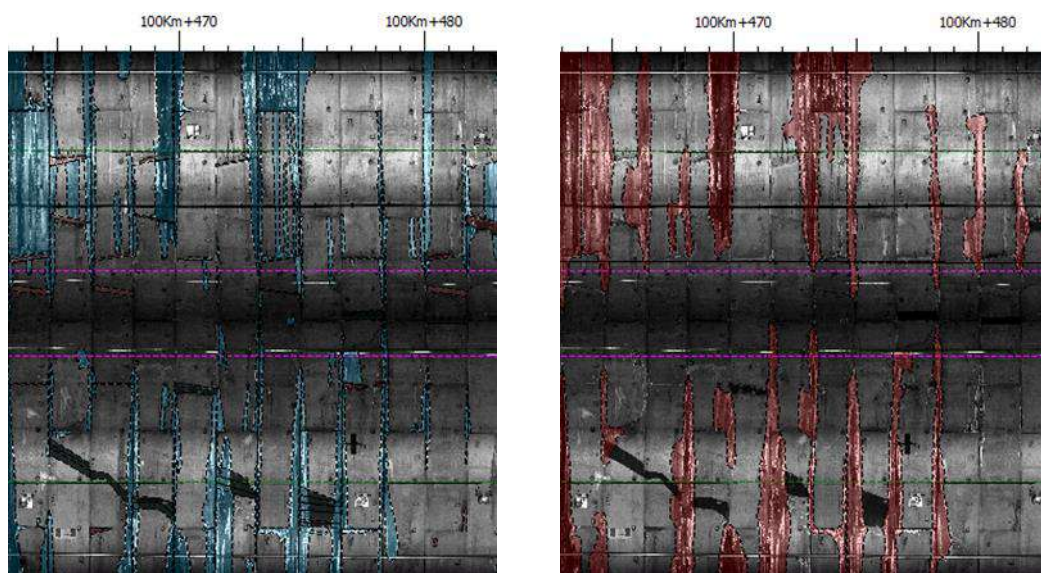
dei difetti (Foria, 2021; Foria, 2022). Ad oggi, tale algoritmo è in grado di rilevare e segmentare i difetti legati alla presenza di acqua, di fessure e di distacchi nelle infrastrutture scavate in meccanizzato con rivestimento in conci prefabbricati.

Lo sviluppo parte dall'implementazione *Crack SegNet*, con una Rete Neurale Convoluzionale (CNN) in grado di rilevare automaticamente e segmentare alcuni difetti a partire dall'analisi delle immagini.

L'implementazione è stata effettuata in Python e C++ utilizzando la libreria software Tensorflow di Google che, tra le librerie a disposizione, aveva tempi di elaborazione migliori. Il training dell'algoritmo è stato svolto su un dataset di 100-1000 immagini.

La validazione e i test su immagini non utilizzate nella fase di training mostrano una leggera sovrastima dei difetti da parte dell'IA, del 10% in più (in media) rispetto al rilevamento manuale. Tale sovrastima è stata volutamente calibrata per ottenere valutazioni che, a vantaggio di sicurezza, non vadano a sottostimare le problematiche della infrastruttura.

La Figura 3-19 mostra il rilevamento manuale dei difetti dovuti alla presenza di acqua, mentre a destra il rilevamento per la stessa tipologia di difetto è stata condotta con l'utilizzo dell'Intelligenza Artificiale.

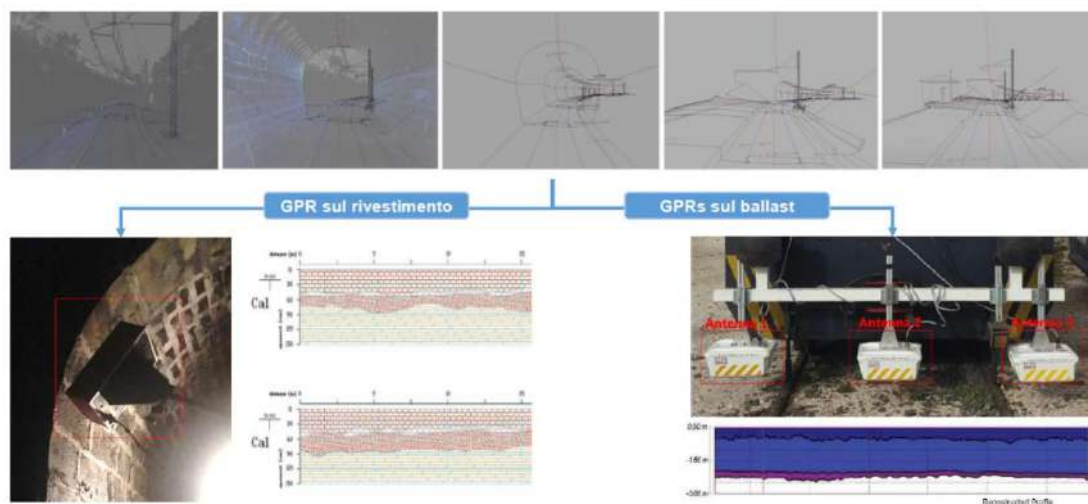


**Figura 3-19: Rilevamento manuale (a sinistra) vs. rilevamento con l'utilizzo dell'AI (a destra) (Foria, 2020).**

Per Digitalizzazione si intendono tutti quei processi che, partendo dalla fase di SI, portano alla creazione di un modello digitale dell'opera in esame. Attraverso la

combinazione di laser scanner e georadar di ARCHITA è possibile creare un modello 3D della infrastruttura e associare le relative informazioni per impostare il gemello digitale in BIM (Foria, 2019; Foria, 2021), con le caratteristiche fisiche e funzionali dell'opera<sup>6</sup>. In questo modo è possibile instaurare una stretta relazione tra la rappresentazione grafica del modello e le informazioni tecniche che il modello è in grado di immagazzinare e riportare con varie scale di definizione e informazione.

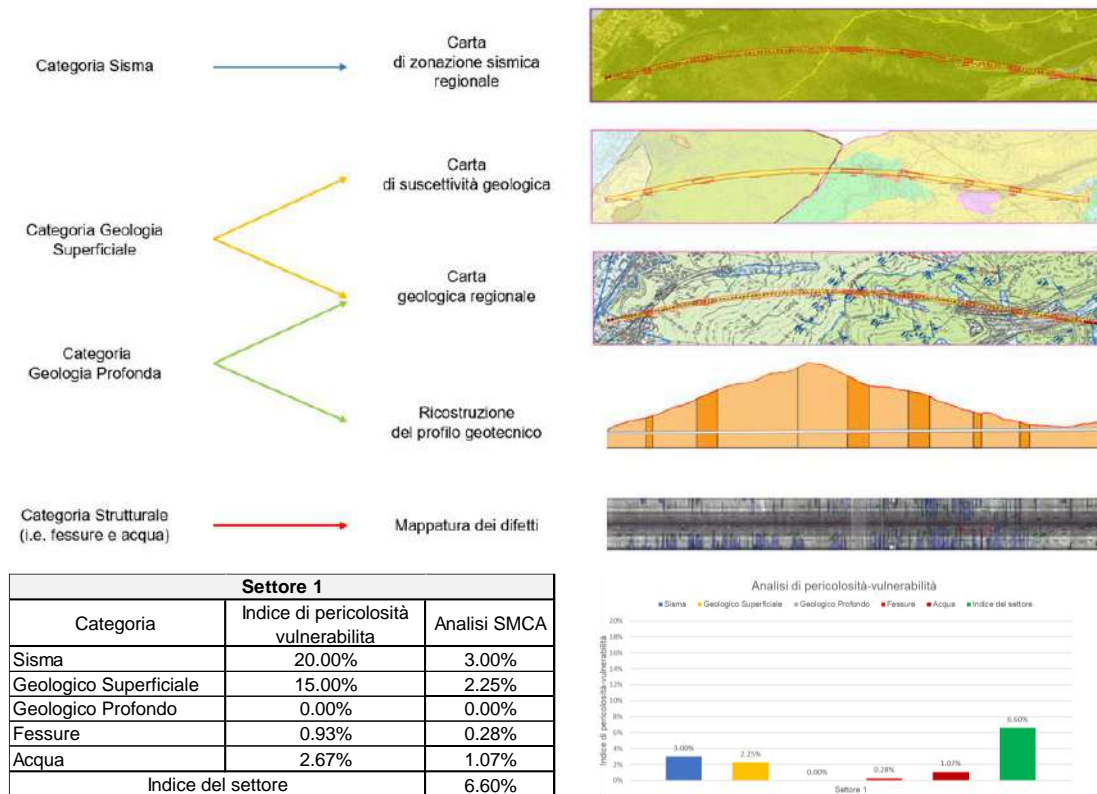
La ricostruzione geometrica è utilizzata come strumento di supporto alle milestones della metodologia MIRET, ma anche come strumento di verifica a sé stante (i.e. verifiche di transitabilità per le sagome limite in ambito ferroviario).



**Figura 3-20: Ricostruzione 3D da dati acquisiti (Foria, 2021).**

Sulla base dei dati disponibili e/o delle milestones di DA-DI-WM, si passa sempre attraverso la fase cruciale di Pianificazione e Progettazione (PD). In questa fase, si aggiornano le strategie decisionali e progettuali ai fini della manutenzione o della gestione ad opera dei Committenti in un ambiente informatizzato<sup>6</sup>.

Anche in questo caso, ciascun gestore di linea si avvale di un proprio flusso che individua le priorità di intervento in funzione di considerazioni tecnico-economiche. Nel MIRET, dopo aver statisticamente elaborato i dati difettologici e considerando ulteriori parametri che forniscono informazioni descrittive ed analitiche sulle condizioni al contorno nelle quali l'opera è calata, si calcolano gli indici delle classi considerate<sup>7</sup>. Successivamente gli indici di Priorità vengono combinati tra loro attraverso un'Analisi Multicriteria Spaziale (SMCA) per combinare i fattori di pericolosità e vulnerabilità dell'opera (Figura 3-21), estendendo quanto trattato nelle LLGG. L'obiettivo finale è la gestione e l'identificazione del rischio per le infrastrutture esistenti (MIRET).



**Figura 3-21: Fattori di pericolosità e vulnerabilità combinati per un settore di una galleria dell'infrastruttura (Foria, 2021).**

Gli Indici di Priorità ottenuti possono essere classificati in categoria di CdA, così come spiegato rispetto alle LLGG. Nell'approccio MIRET gli stessi valori, basati su un approccio quantitativo, vengono suddivisi anche in quattro Classi di Priorità che consentono di rendere confrontabile tale valore con quello di altri elementi della linea ferroviaria e stabilire quali elementi/settori hanno priorità maggiore rispetto ad altri. Nello specifico, i limiti delle Classi considerati sono:

- Non prioritaria (verde), non devono sussistere indicazioni di possibili eventi;
- Priorità 3 (gialla), rientrano le aree dove almeno un parametro riporta condizioni di possibili eventi;
- Priorità 2 (arancione), rientrano le aree in cui due parametri riportano condizioni di possibile evento;
- Priorità 1 (rosso), rientrano le aree in cui si sommano almeno due indicazioni principali di evento.

### 3.3.3 Focus IA

Per ulteriori approfondimenti fare riferimento alle tesi (Lottini, 2021; De Vita, 2022) che rappresentano la raccolta tecnica e bibliografica di riferimento in merito a quanto svolto per il framework del seguente lavoro.

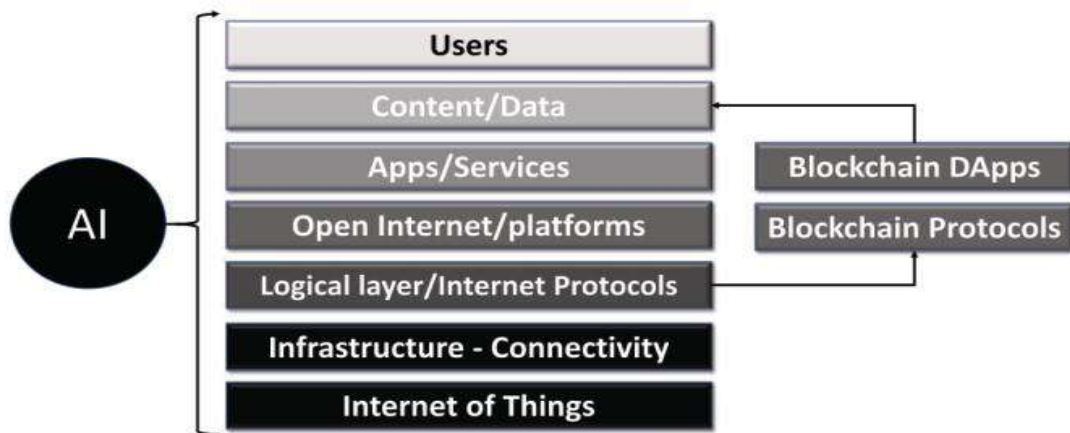
“The Gartner hype cycle” è un grafico pubblicato annualmente dalla società di ricerca e consulenza Gartner, essenzialmente il concetto descrive che cosa accade dopo che le nuove tecnologie entrano nella sfera pubblica. Le aspettative e il fervore che vengono generati sono spesso ineguagliati dalle capacità iniziali della tecnologia, come descritto dai ricercatori di Gartner, lo stadio di "innovazione" cede a quello di "aspettative gonfiate." Poco dopo, quando la tecnologia non soddisfa le aspettative, cade nella "depressione della disillusione". Con il tempo, la tecnologia matura raggiungendo la sua promessa e cede alla "fase dell'illuminazione" e alla fine al "plateau della produttività". Sono proprio le tecnologie associate all'Intelligenza Artificiale che attualmente stanno al top del Gartner hype cycle.

Ma quindi cos'è l'Intelligenza Artificiale? Vengono proposte varie definizioni, tutte però piuttosto ambigue in quanto si fa ancora fatica a dare una corretta definizione di “intelligenza umana”. Il termine “Intelligenza Artificiale” si riferisce alla disciplina che si occupa dello sviluppo di software che dato un obiettivo complesso, sono in grado di agire nella dimensione fisica o virtuale, in modo da percepire l'ambiente che li circonda, di acquisire e interpretare i dati, ragionare sulle competenze acquisite e formulare decisioni in modo tale da raggiungere l'obiettivo prefissato. L'AI è una tecnologia che potrebbe porre le basi per una rivoluzione di interi settori industriali, nonché migliorare l'interazione tra le imprese e i cittadini.

Gli esperti concordano nel considerare l'AI come un'opportunità senza precedenti per incrementare la produttività del lavoro e fare passi avanti verso lo sviluppo sostenibile. Inoltre, è importante precisare che l'AI non è intelligente in maniera assoluta. È necessario che le competenze umane siano complementari a quelle delle macchine, e che gli individui si specializzino in tutte quelle attività nelle quali l'essere umano è ancora superiore alla macchina, nonché nelle attività che permettono di saper utilizzare la macchina al meglio. Il potenziale dell'AI è tanto maggiore quanto più

sviluppato è l'ecosistema tecnologico e umano nella quale essa viene sviluppata e implementata, analizzare l'AI senza tener conto delle tecnologie ad essa associate sarebbe riduttivo.

Le applicazioni dell'Intelligenza Artificiale stanno progredendo molto nell'ultimo periodo non solo per gli ottimi risultati ottenuti dalla ricerca nel campo specifico dell'AI, ma anche per il progresso ottenuto nello *High Performance Computing* (più in particolare nello sviluppo dell'unità di elaborazione grafica, GPU), nelle tecnologie di banda larga, fissa e mobile, nella nanotecnologia e nell'internet delle cose (IoT).

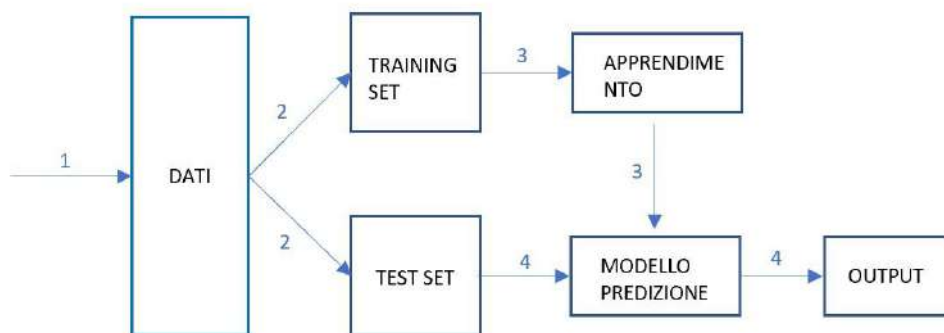


**Figura 3-22: Ecosistema delle tecnologie digitali.**

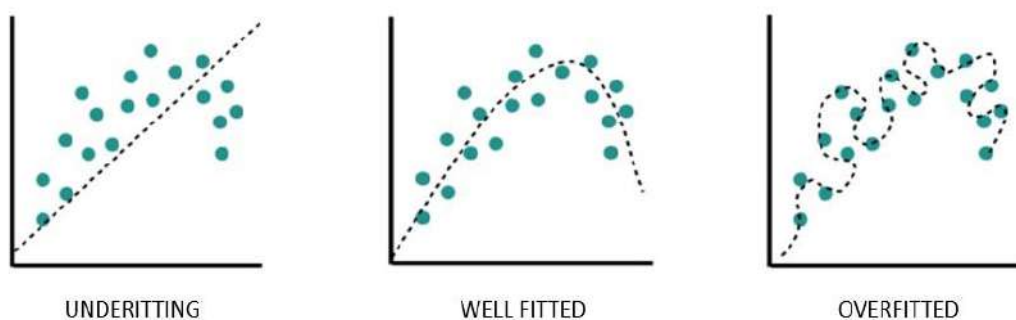
Il Machine Learning è considerato un sottoinsieme dell'AI e permette di creare software che “imparano come fa un bambino”, tramite gli esempi di input e corrispondente output riescono infatti a ricavare le regole per calcolare il risultato. Inoltre, le regole apprese vengono usate per migliorare il processo decisionale quando vengono immessi nuovi dati di input. Il Machine Learning viene definito più formalmente nella maniera seguente: “Dato un insieme di addestramento di N esempi definiti come coppie di dati input e output associato  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_N, y_N)$  dove  $y_i$  è stato generato da una funzione non nota  $y = f(x)$ , trovare una funzione  $h$  che approssimi la funzione sconosciuta  $f$ ”. Il Machine Learning troverà una funzione  $h$  capace di giustificare meglio i dati in uscita e che, opererà bene su nuovi dati mai forniti precedentemente. È importante sottolineare che l'utilizzo del ML necessita di una visione statistica; infatti, una soluzione che approssima il risultato reale in buona percentuale non deve essere necessariamente considerata errata, se si dimostra abbastanza efficiente da risultare utile.

Le modalità di “addestramento”, ovvero il processo tramite il quale l’algoritmo di Machine Learning impara, sono classificabili in quattro categorie:

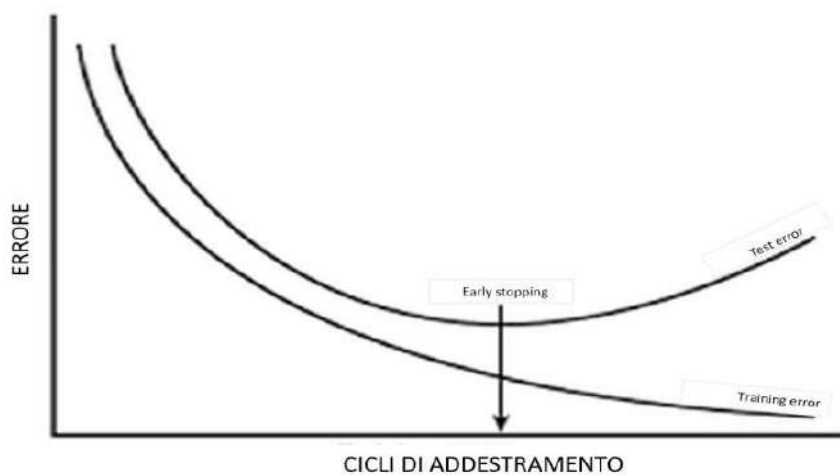
- Apprendimento supervisionato (Supervised learning) (Figura 3-23). In questa forma di apprendimento vengono mostrati all’algoritmo due set di dati cioè il dataset di input e il relativo set di output desiderato, per esempio un’immagine e un’etichetta (label) per descrivere l’oggetto contenuto, come se ci fosse realmente un maestro che supervisioni lo studente. Le coppie di dati vengono divise in maniera casuale in due gruppi distinti: training set (80% del totale) e test set (restate 20%). A seconda del modello scelto possono verificarsi alcuni problemi di apprendimento, può capitare infatti che nel caso in cui il modello sia troppo semplice l’algoritmo non riesca a comprendere bene la relazione input-output. In tal caso si parla di sotto-apprendimento (under fitting). Al contrario se il modello scelto è troppo complicato, quindi con troppi parametri, potrebbe presentarsi la possibilità che l’algoritmo comprenda una versione più complessa della realtà e che spieghi accuratamente la relazione input-output solo nel momento del training, dunque il modello non sarà in grado di generalizzare e non risponderà correttamente a dati diversi da quelli forniti durante l’addestramento. In questo caso si parla di sovra-apprendimento (over fitting). Un modello si dice ben addestrato se viene creato con il giusto compromesso tra semplicità e complessità, infatti si può accettare un errore maggiore nella fase di training set in cambio di un errore minore nel test. Una tra le tecniche utili ad evitare l’over fitting consiste nell’early stopping (arresto anticipato) (Figura 3-25), come si può notare dal grafico sottostante il modello si adatta meglio ai dati ad ogni ciclo di training fino ad un certo punto in cui l’errore sul validation test comincia ad aumentare. È opportuno dunque fermare l’allenamento dell’algoritmo prima che l’errore aumenti.



**Figura 3-23: Flusso delle informazioni, 1-2-3-4 (apprendimento), 1-2-4 (test).**



**Figura 3-24: Under fitting, well fitted e over fitting.**

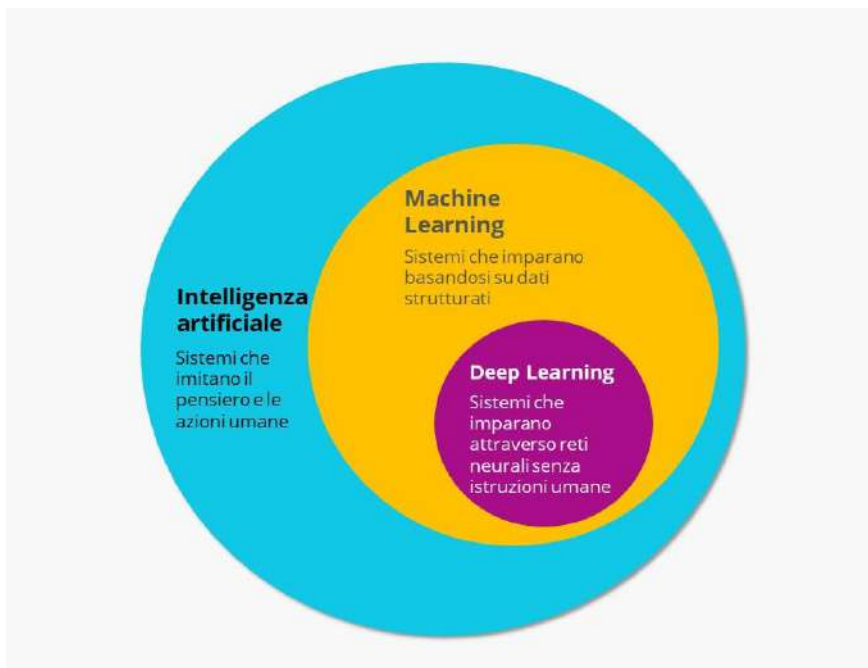


**Figura 3-25: Effetto dell'early stopping sulle funzioni di perdita nei set di training rispetto l'evoluzione dei cicli di training.**

- Apprendimento non supervisionato (Unsupervised learning). In questo caso vengono forniti all'algoritmo soltanto i dati di input, senza nessun relativo output, in modo tale che l'algoritmo crei in maniera automatica una qualche struttura dai dati in ingresso. Questo metodo è molto utilizzato nei problemi di clustering in cui bisogna trovare gruppi di dati in base alle caratteristiche simili.

- Apprendimento semi supervisionato (Semi-supervised learning). Consiste nella combinazione dei due approcci con una prima fase di supervised e una seconda fase di unsupervised.

Al giorno d'oggi le tecniche di Machine Learning sono usate in moltissimi ambiti tra cui, ad esempio, lo sviluppo di sistemi per il riconoscimento dei segnali e dei pedoni per i veicoli a guida autonoma, i sistemi di riconoscimento ed elaborazione del linguaggio, filtraggio dei contenuti sui social network etc. Queste applicazioni fanno uso di una sottoclasse del ML chiamata Deep Learning (DL), questa tecnica si sta sviluppando molto anche nell'ambito dell'ingegneria civile per lo sviluppo di algoritmi di rilevamento dei fenomeni di degrado. Il Deep Learning è una sottocategoria del Machine Learning e indica quella branca dell'Intelligenza Artificiale che fa riferimento agli algoritmi ispirati alla struttura e alla funzione del cervello, chiamati reti neurali artificiali (Figura 3-26).



**Figura 3-26: Suddivisione in sottoclassi.**

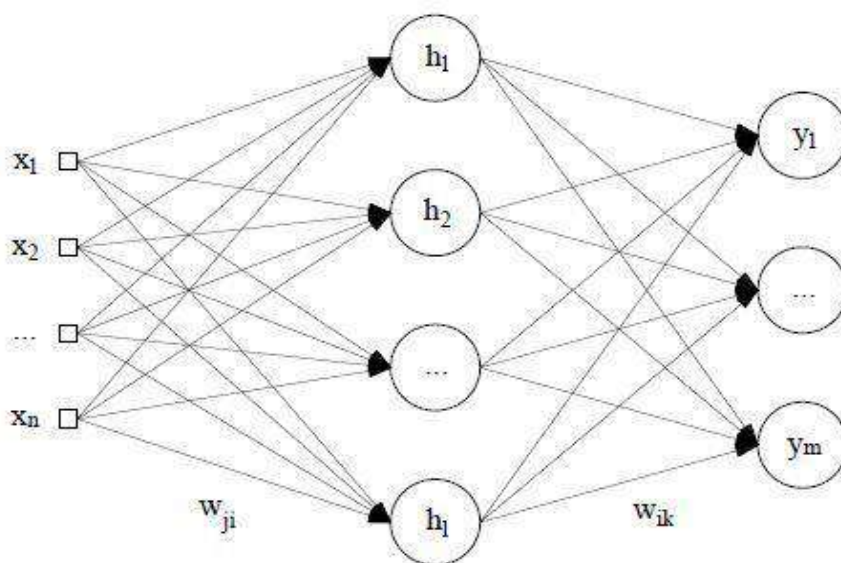
L'intelligenza umana è una proprietà dei neuroni che formano il cervello, per cui riproducendo le connessioni tra i neuroni che abbiamo nel nostro cervello tramite formule matematiche, si può creare una forma molto potente di AI. I neuroni biologici sono costituiti principalmente da tre elementi: il corpo centrale (soma), i dendriti e l'assone. La sinapsi è il punto di collegamento con i dendriti provenienti da altri neuroni, essa può favorire o ostacolare il collegamento tra i neuroni a seconda

dell'azione di sostanze chimiche dette neurotrasmettitori e solo al raggiungimento di una determinata soglia di attivazione dell'impulso elettrico. Il neurone artificiale, similmente a quello biologico può essere suddiviso in tre parti: un insieme di collegamenti caratterizzati da un determinato peso ( $w$ ), un raccordo che calcola la combinazione lineare di input e pesi dei collegamenti e una funzione di attivazione ( $g$ ) che produce un output in funzione del risultato che gli viene fornito. Inoltre, il bias ( $b$ ) consiste in un peso modificabile secondo la propensione del neurone di attivarsi in relazione agli input ricevuti.

L'algoritmo esegue i seguenti passi per simulare il neurone biologico:

- 1) Carica tutti i valori di input  $x_i$  e dei pesi  $w_i$  e  $w_o$ ;
- 2) Calcola la somma pesata dei valori di input;
- 3) Con il risultato della somma calcola in valore della funzione di attivazione  $g$ ;
- 4) Si ottiene l'output finale che rappresenta la risposta;

L'apprendimento nel Deep learning è di tipo "profondo" il che significa che sono presenti un numero di layer nascosti nella rete neurale chiamati hidden layer (le reti neurali profonde arrivano a contenere più di 150 hidden layer) (Figura 3-27).



**Figura 3-27: Rete neurale multistrato.**

L'addestramento della rete avviene attraverso la procedura di retro-propagazione dell'errore conosciuta anche con il termine "backpropagation". I valori dei pesi delle connessioni della rete neurale vengono inizializzati con opportuni valori, successivamente vengono forniti al modello i dati di training e viene calcolata la misura dell'errore commesso tra la previsione ed il target. La funzione errore ( $E(w)$ )

che si vuole minimizzare viene quindi derivata rispetto ai pesi e ciascun peso viene aggiornato per mezzo della seguente formula:

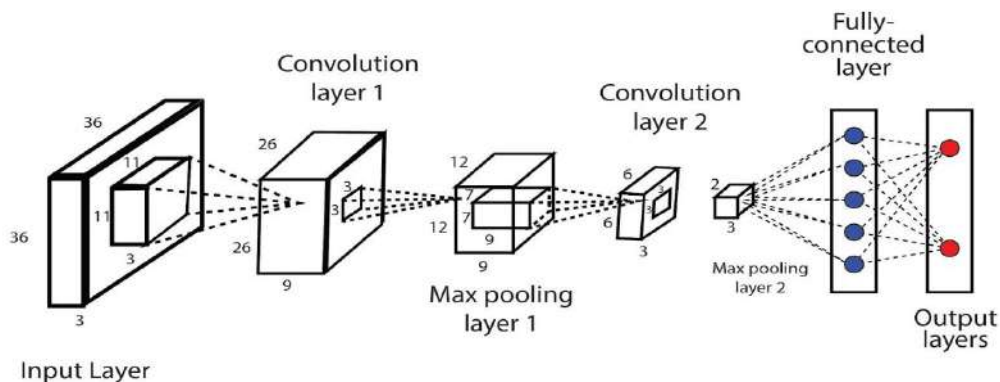
$$w_{t+1} = w_t - \alpha * \frac{\partial E(w)}{\partial w}$$

dove il parametro  $\alpha$  rappresenta il tasso di apprendimento (learning rate) che permette di regolare la modifica dei pesi rispetto all'andamento del gradiente. Questa procedura viene reiterata molte volte fino a quando la rete ha acquisito una prestazione accettabile.

Le reti neurali convoluzionali denominate anche come Convolution Neural Network (CNN) sono diventate molto note grazie alle ottime performance nella computer vision e nell'imgae processing. Questa tipologia di reti rientra nel gruppo del Deep Learning in quanto viene usata una grande quantità di neuroni organizzati in layer con elevate profondità. Le CNN che si occupano di segmentazione delle immagini considerano i dati secondo la loro organizzazione spaziale e l'input viene gestito come una matrice, i neuroni invece di essere collegati a tutti i neuroni dello strato precedente sono collegati soltanto ai neuroni vicini e hanno tutti lo stesso peso.

Le reti convoluzionali sono formate da una sovrapposizione di moduli computazionali suddivisi in due parti come mostrato in Figura 3-28:

- Estrazione di feature direttamente dall'immagine, tramite una combinazione di layer denominati convolutional, normalization e pooling;
- Algoritmo di Machine Learning per la classificazione finale, prende in input le informazioni estratte che a questo punto sono poche rispetto a tutti i pixel dell'immagine iniziale.



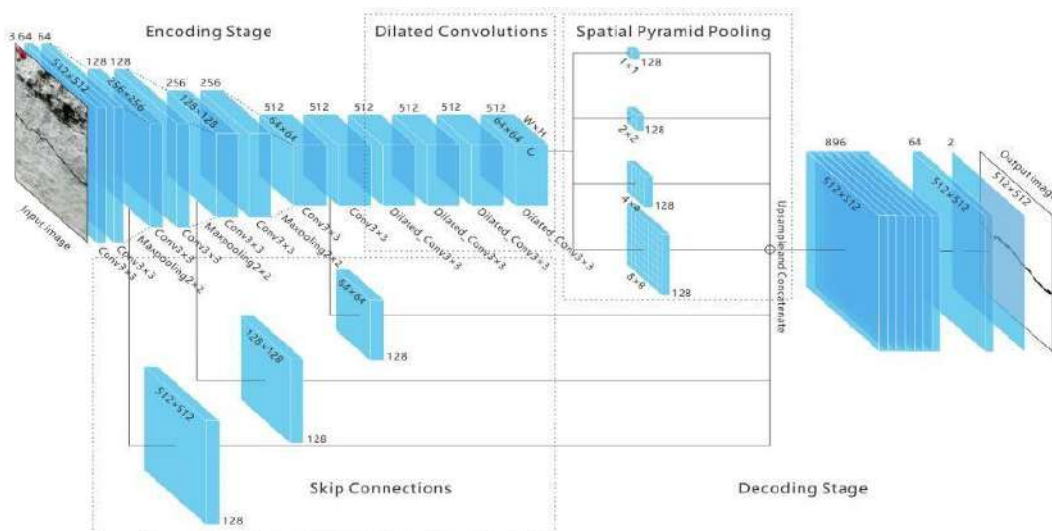
**Figura 3-28: Architettura di una CNN per la classificazione di immagini.**

Ogni hidden layer nella prima parte esegue queste operazioni:

- 1) Riceve un input dal precedente layer, esso può essere l'immagine iniziale oppure la feature map, ovvero la rappresentazione visuale delle informazioni caratteristiche estratte dal layer;
- 2) Esegue il filtraggio delle informazioni;
- 3) Fornisce la feature map generata al layer successivo.

Il *WaterSegNet* è l'algoritmo di Intelligenza Artificiale sviluppo dall'azienda ETS Srl con la consulenza di RMT Srl. L'algoritmo mira a riconoscere le macchie d'umidità e gli ammaloramenti causati dalle infiltrazioni d'acqua presenti sul rivestimento in calcestruzzo. L'algoritmo è stato sviluppato a partire dalla rete *CrackSegNet* utilizzata per la segmentazione delle fessure nelle gallerie (Figura 3-29).

L'architettura dell'algoritmo *CrackSegNet* è costituita principalmente da cinque moduli: encoder path, decoder path, dilated convolution, spatial pyramid pooling e skip connection (Figura 3-29). Quattro moduli di convoluzione estraggono le caratteristiche dalle immagini di input e successivamente trasferiscono le informazioni rilevate a quattro moduli di convoluzione dilatata per l'estrazione di features aggiuntive senza produrre un effetto di riduzione della dimensione delle immagini (down-sampling). L'output generato viene inviato al decoder attraverso un modulo di pooling spaziale piramidale che raccoglie i pattern presenti in sotto regioni delle feature Maps e le combina con le mappe caratteristiche dell'encoder trasferite dalle skip connection. Il decoder ricostruisce l'immagine generando la previsione di output.



**Figura 3-29: Architettura CrackSegNet.**

Nel *WaterSegNet* le caratteristiche originali sono state modificate come segue [8]:

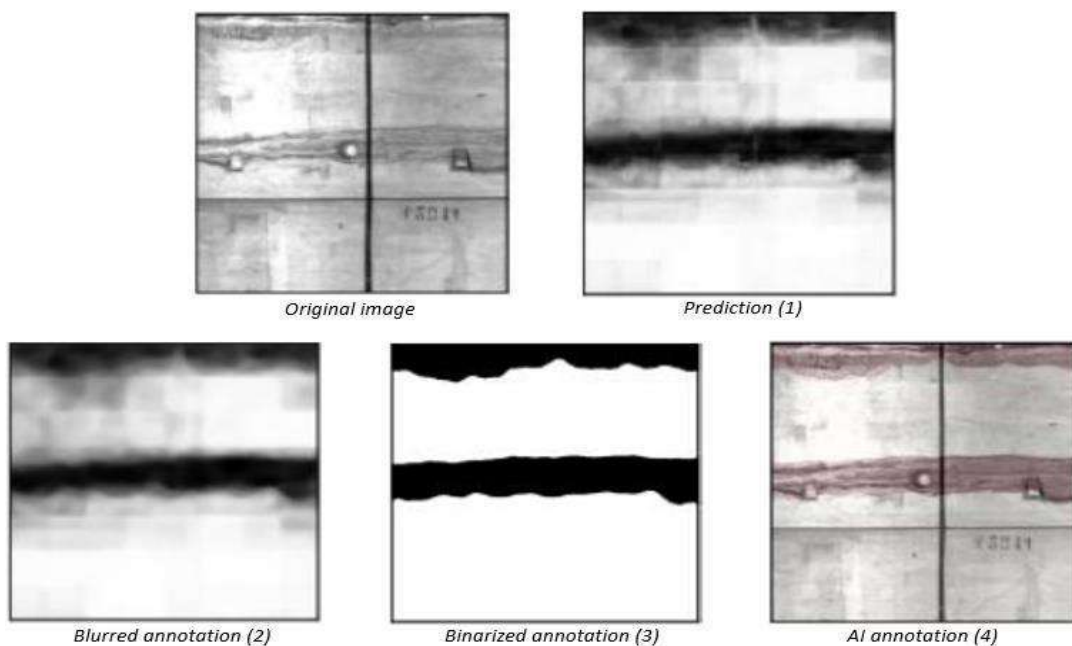
- L'input del WaterSegNet è costituito da immagini in scala di grigi di dimensione 512x512 acquisite tramite il Tunnel Scan di Archita, a differenza della rete originale che invece utilizzava immagini a colori RGB;

Numero di epoche di training diverso a causa della dimensione diversa del dataset a disposizione.

L'allenamento della rete è stato eseguito in una galleria in calcestruzzo di circa 500 metri tramite la tecnica della retro-propagazione dell'errore. La scelta delle immagini di addestramento e di validazione è stata eseguita scartando le immagini con difetti dubbi o con estensione piccola rispetto alla grandezza dell'immagine. Inoltre, alcune immagini sono state modificate per migliorare la luminosità, il contrasto e la rotazione. Il dataset ottenuto è stato successivamente suddiviso in sottoinsiemi di training e validation test con una proporzione di circa 75% e 25%. L'algoritmo è stato inserito all'interno di un programma dedicato alla digitalizzazione dei difetti, in una prima fase l'algoritmo esamina la galleria e predice la segmentazione, successivamente sono state introdotte due operazioni denominate thresholding e blurring la cui calibrazione è a discrezione dell'operatore in funzione delle caratteristiche del dataset analizzato.

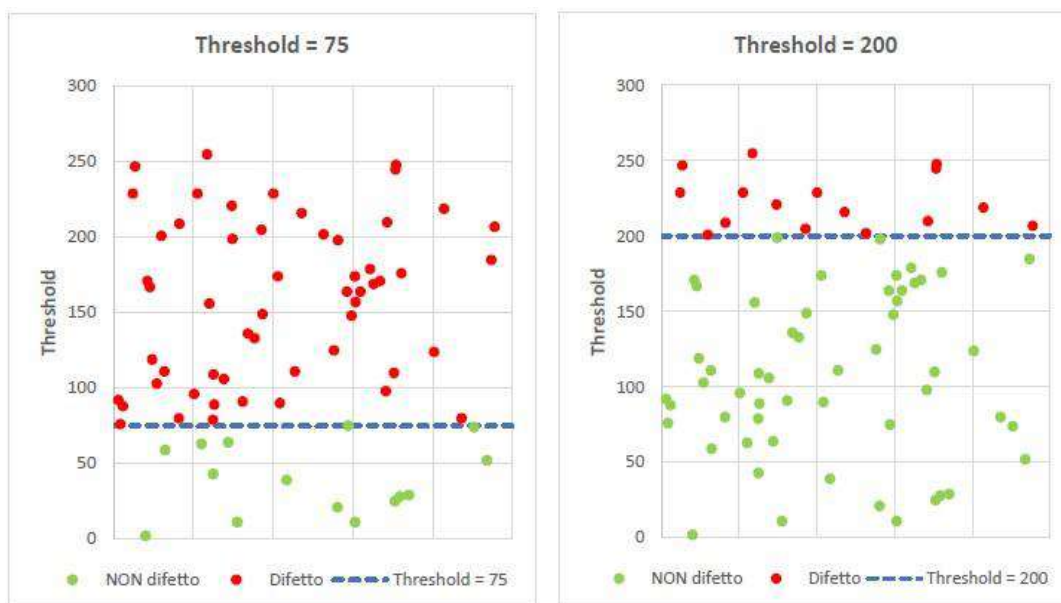
L'algoritmo esegue la segmentazione delle immagini nel modo seguente (Figura 3-30):

- Effettua una predizione sulla base dell'allenamento ricevuto. Ciascun pixel dell'immagine assume un valore pari alla probabilità che quel pixel possa rappresentare un difetto;
- Media i valori dei pixel della predizione in funzione del parametro Blur size (Blurred annotation);
- Esegue la binarizzazione dei pixel dell'immagine sulla base dei valori impostati dal parametro Threshold (Binarized annotation). Questa viene eseguita assegnando ai pixel maggiori della soglia la classe 1 (presenza del difetto), mentre ai pixel con valore minore della soglia viene assegnata la classe 0 (assenza del difetto);
- Restituisce la digitalizzazione dei difetti (AI annotation).



**Figura 3-30: Schema delle fasi di elaborazione dell'algorithm.**

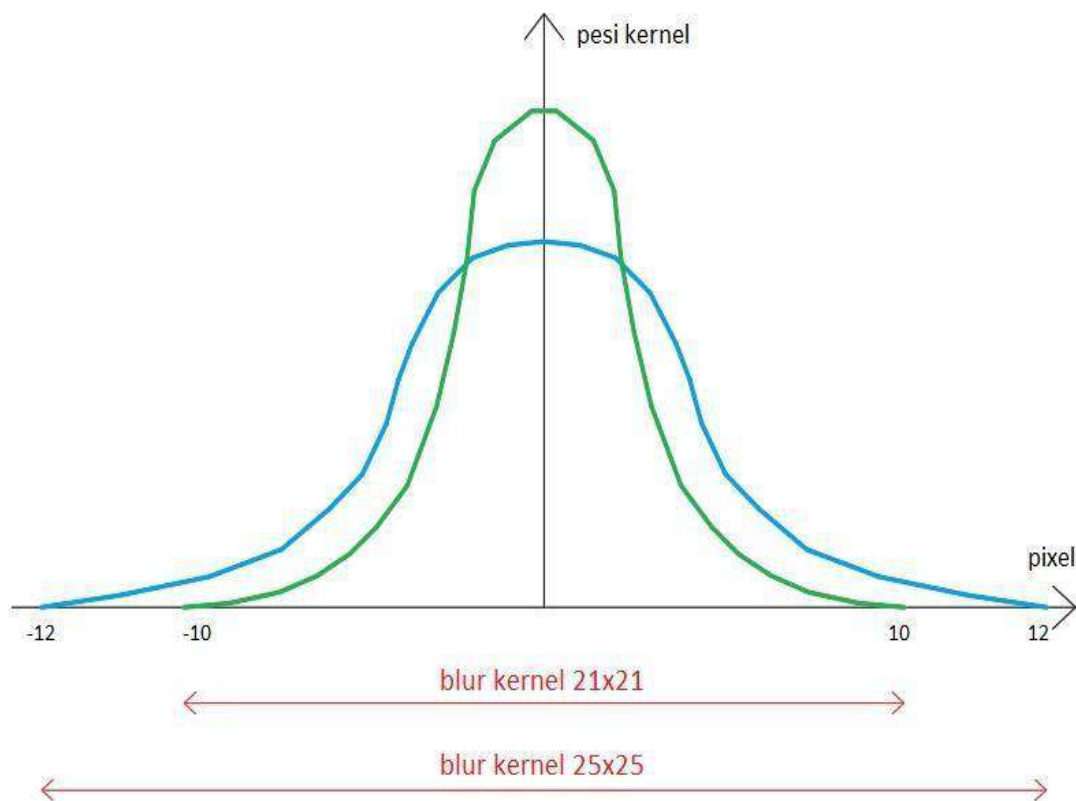
Il parametro Threshold rappresenta il limite (soglia) di riconoscimento del difetto. Questo parametro può variare dal valore 0 a 255, impostando il valore 0 l'algorithm cataloga ogni pixel come difetto, al contrario impostando la soglia su 255 non viene riconosciuto nessun difetto (Figura 3-31).



**Figura 3-31: Catalogazione difetti con Threshold = 75 (sinistra) e 200 (destra).**

Il parametro Blur size rappresenta il grado di sfocatura del contorno e può assumere valori compresi tra 0 e 31 che rappresentano la dimensione del kernel di sfocatura. Tramite l'operazione di blurring il valore di ogni pixel viene mediato con quelli del suo intorno con lo scopo di ridurre i rumori dell'immagine. L'operazione di blurring

può essere vista come un filtro (kernel) applicato all'immagine, i valori dei pixel sui quali è centrato il filtro assumono un peso elevato mentre i pesi dei pixel più lontani diminuiscono via via che ci si allontana dal centro del filtro. Il kernel può essere rappresentato tramite una gaussiana (Figura 3-32), incrementando la dimensione del kernel aumenta la grandezza della regione considerata nell'operazione di convoluzione ma allo stesso tempo diminuisce il peso del pixel centrale in quanto l'area sottesa dalle distribuzioni gaussiane deve essere sempre unitaria. Aumentando la dimensione del kernel i pesi al centro del filtro acquistano sempre meno importanza mentre quelli più lontani saranno caratterizzati da valori maggiori.



**Figura 3-32:** Rappresentazione monodimensionale dei pesi del kernel di sfocatura al variare del parametro *Blur size*: in verde *Blur size=21*, in azzurro *Blur size=25*.

### 3.3.4 Versanti e Scarpate

Il principio del MIRET è applicabile anche ad altri elementi dell'infrastruttura, con le relative differenze di sistema, compresi i versanti e le scarpate (Foria, 2020; Foria, 2021). La fase iniziale dell'Analisi di Priorità dei versanti e delle scarpate è definita dalla raccolta dei dati con lo scopo di ottenere il quadro sinottico dello stato di fatto in

cui versa l'infrastruttura. La raccolta dei dati (Figura 3-34) è organizzata su quattro livelli, come descritto nelle sezioni seguenti.

Il primo livello è l'analisi bibliografica che consiste nella raccolta di dati esistenti sull'area interessata: carte geologiche, inventari ufficiali delle frane, dati di spostamento superficiale (InSAR) dal Geoportale Nazionale e altre fonti di GeoData aperte. Lo sfruttamento di questi archivi può supportare l'esecuzione di studi di frana sia su larga che su piccola scala, supportando:

- Valutazione dell'estensione areale delle frane;
- Rilevamento di fenomeni non mappati;
- Valutazione dell'attività franosa.

Il secondo livello è rappresentato da un volo Lidar (Figura 3-33) effettuato lungo tutta la linea ferroviaria, su un corridoio largo circa 400 m, da cui è possibile ottenere un DTM (Digital Terrain Model) e DSM (Digital Surface Model) ad alta risoluzione dell'area (pixel di 50 cm) e un'ortofotografia dettagliata (pixel di 10 cm).

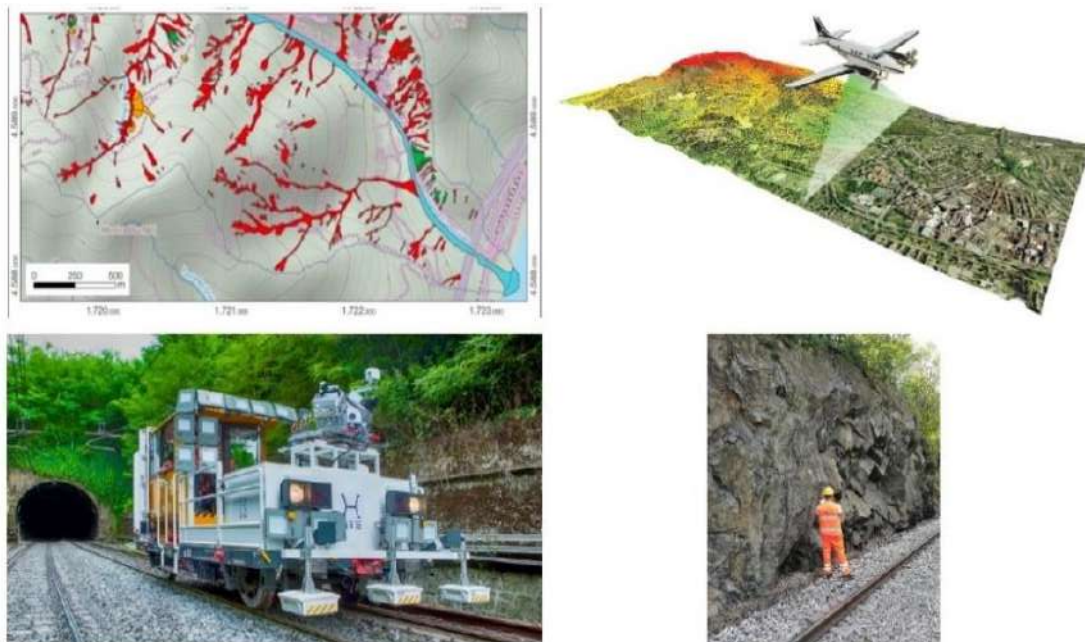
Dopo l'analisi effettuata sui dati bibliografici e l'acquisizione dei dati topografici, viene utilizzato un sistema mobile mapping sviluppato da ETS per il rilievo delle pendenze delle trincee, generalmente visibili solo dalla linea: ARCHITA (Fiora, 2019; Figura 3-33). Come descritto in precedenza, l'acquisizione dei dati avviene con limitato disturbo della circolazione del traffico, in quanto il sistema permette di rilevare l'intera infrastruttura a velocità sostenuta (i.e. 15-30 km/h) con un unico passaggio. I dati ottenuti da rilievo laser scanner e Lidar possono essere integrati/sovrapposti grazie al metodo di georeferenziazione ad alta precisione adottato per i sistemi di rilevamento.

L'ultimo livello è l'ispezione lungo la linea (Figura 3-33), che è complementare ai precedenti, ed è finalizzata alla raccolta di dati diretti su:

- Geologia e geomorfologia locale, compresa la caratterizzazione geotecnica e geomeccanica dei materiali delle trincee, eseguendo prove in loco;
- Opere/strutture di bonifica dei pendii esistenti e loro condizioni;
- Evidenza di instabilità, fenomeni erosivi, etc.

Inoltre, alcuni campioni di terreno/roccia rappresentativi di ciascun litotipo vengono raccolti durante le indagini sul campo e vengono utilizzati per le prove di

laboratorio di suolo e meccanica delle rocce per definire i parametri costitutivi per l'analisi preliminare di stabilità dei pendii su ogni porzione considerata.

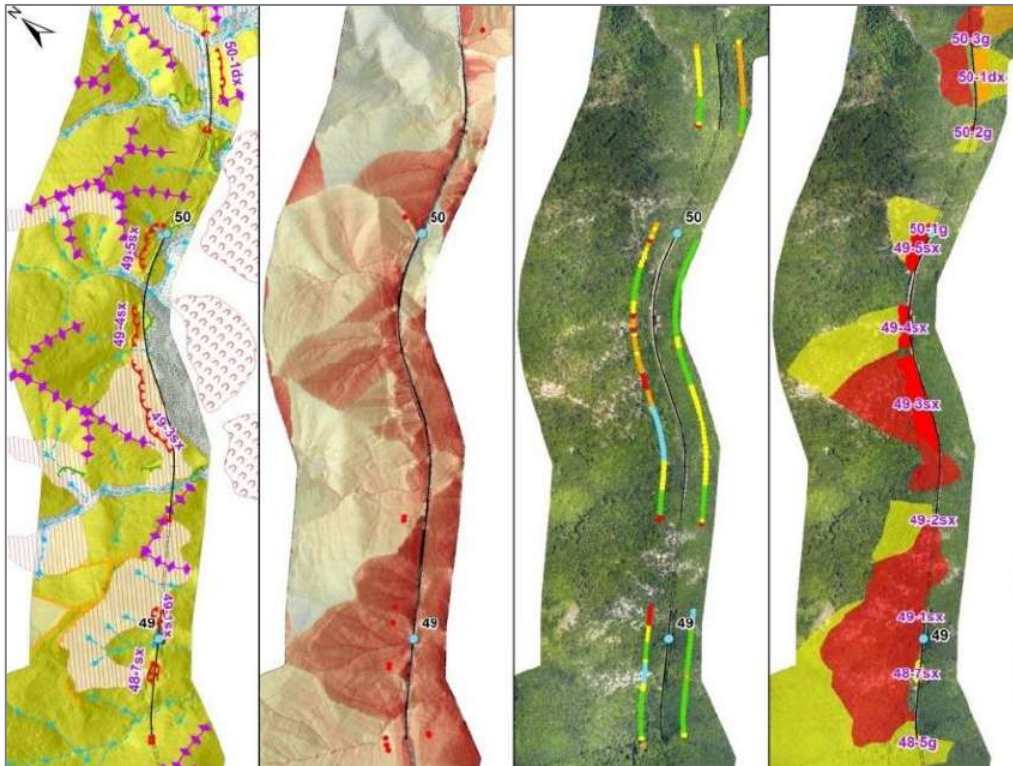


**Figura 3-33: Raccolta dati. In alto a sinistra l'analisi bibliografica, in alto a destra rilievo con Airbone Lidar, in basso a sinistra rilievo mobile mapping, in basso a destra ispezioni in linea (Foria, 2020; Foria, 2021).**

I dati vengono digitalizzati e combinati in complesse analisi che consentono la mappatura dei versanti e delle scarpate lungo la linea ferroviaria attraverso l'identificazione della probabilità spaziale di accadimento delle frane e di altri eventi critici con una Analisi Spaziale Multi-criteriata (SMCA) (Foria, 2021b). Al fine di effettuare l'SMCA, il tratto di linea ferroviaria indagato viene suddiviso in segmenti della lunghezza di 10 metri ciascuno, analizzando separatamente il lato destro da quello sinistro. L'indicatore viene calcolato con parametri calibrati sui casi studio disponibili. L'Indice di Priorità definisce il livello di attenzione o condizione che determina l'ordine di gestione degli elementi infrastrutturali in base alla loro importanza relativa. Tale valutazione mira a gestire e identificare il rischio per le infrastrutture esistenti per la gestione strategica delle risorse e degli asset infrastrutturali. Gli Indici di Priorità ottenuti rientrano in quattro Classi di Priorità che consentono di stabilire quali settori della linea ferroviaria hanno priorità maggiore rispetto ad altri. Nello specifico i limiti delle Classi considerate:

- Non prioritaria (verde), non devono sussistere indicazioni di possibili dissesti;

- Priorità 3 (gialla), rientrano le aree dove almeno un parametro riporta condizioni di possibile instabilità;
- Priorità 2 (arancione), rientrano le aree in cui due parametri riportano condizioni di possibile instabilità;
- Priorità 1 (rosso), rientrano le aree in cui si sommano almeno due indicazioni principali di dissesto.



**Figura 3-34: Un esempio di Analisi di Priorità per la gestione dell'infrastruttura ferroviaria. La figura mostra un'applicazione per le frane. Da sinistra a destra: Carta Geomorfologica, Carta dell'Indice di Connettività (i punti rossi indicano il superamento di un valore di soglia), Valore dell'Indice finale, calcolato ogni 10 m lungo la linea, su entrambi i lati, e Carta di Priorità (Foria, 2021b).**

Questo processo è importante per evidenziare immediatamente le criticità e intervenire tempestivamente individuando le cause dei danni e per pianificare gli interventi di manutenzione in modo efficace ed efficiente (Foria, 2021b). Al fine di rendere più fruibili i risultati è stato sviluppato uno strumento WebGIS che consente di consultare i risultati delle analisi senza la necessità di utilizzare software dedicati di gestione e rappresentazione dei dati geografici, con possibilità di utilizzo da parte di qualsiasi utenza abilitata.

### 3.3.5 *Cambiamento climatico*

Questo progetto si propone di trattare preliminarmente anche il tema della vulnerabilità dell'infrastruttura al cambiamento climatico, come modulo ed estensione della metodologia MIRET. Il progetto è strutturato in diversi modelli a seconda del tipo di analisi (ad es. ispezione, allerta precoce, pianificazione) e dell'elemento considerato (ad es. pendii, alveo, gallerie). Il modulo sui cambiamenti climatici mira a sviluppare indicatori e servizi co-creati per assistere il processo decisionale nella gestione del rischio delle infrastrutture. Lo sviluppo del cambiamento climatico porterà a un modulo con informazioni sul cambiamento climatico per gestire le infrastrutture considerando diversi scenari futuri basati sugli RCP ad una scala di dettaglio delle opere analizzate (Bucchignani, 2016; MATTM, 2017).

Gli indicatori di cambiamento climatico saranno progettati sulla base della co-creazione e del coinvolgimento degli utenti per raccogliere informazioni sulla vulnerabilità delle infrastrutture, su come le variabili meteo-climatiche interessano le infrastrutture e su come definire azioni strategiche di adattamento e mitigazione per affrontare le sfide derivanti dagli impatti del cambiamento climatico. Gli indicatori saranno calcolati in diversi scenari a seconda delle esigenze degli utenti. La co-creazione di indicatori sui cambiamenti climatici è una metodologia complessa che comprende il coinvolgimento degli stakeholder, la co-costruzione e la verifica delle esigenze degli utenti in materia di informazioni sul clima e fornisce ai decisori strategie di adattamento alla resilienza climatica (Barnet., 2021). Questo rapporto si riferisce alla prima parte del processo di co-costruzione degli indicatori: i workshop in cui gli stakeholder hanno contribuito con i loro punti di vista e le loro informazioni allo sviluppo degli indicatori necessari per il processo decisionale (Figura 3-35).

Tali appuntamenti sono stati analizzati successivamente da un team di specialisti composti dall'Universitat Rovira I Virgili (Barnet, 2021) ed ETS Srl (Foria, 2022) per l'individuazione e la quantificazione dei parametri di vulnerabilità al cambiamento meteo-climatico per le infrastrutture. Tale approccio quantitativo non è oggetto del presente studio, che si concentra sull'aspetto tecnico metodologico esposto.



***Figura 3-35: Workshop ETS-URV-Stakeholders, Roma 2022.***

Tutti i tipi di mobilità e trasporto di persone, merci e risorse sono caratteristiche essenziali delle società contemporanee. Pertanto, le infrastrutture che lo rendono possibile hanno un valore sociale e la loro gestione del rischio è fondamentale per il funzionamento ottimale dei flussi di mobilità. Tuttavia, fino ad ora, la gestione del rischio nelle infrastrutture di mobilità non ha considerato gli effetti dei cambiamenti climatici sulle strutture. Ora che l'impatto del cambiamento climatico è sempre più evidente, è necessario considerarlo come un possibile fattore di rischio per le infrastrutture di mobilità e gli utenti. L'obiettivo finale di questo progetto è quello di fornire informazioni ai gestori per prendere decisioni intelligenti dal punto di vista climatico per la gestione del rischio nelle infrastrutture di mobilità, sviluppando strategie efficienti ed efficaci per ridurre l'impatto dei cambiamenti climatici sulle infrastrutture esistenti.

L'esplorazione dei dati necessari per coadiuvare il processo decisionale deve essere trasversale: coinvolge la partecipazione delle parti interessate e mescola tutte le conoscenze della società con la scienza, per ottenere gli indicatori co-creati.

Gli indicatori sono dettagliati all'interno dell'infrastruttura (ponti, gallerie, stazioni ed elementi lineari), calibrati con dati passati e scenari da analisi climatiche multi-fisiche e implementati in software.

Gli indicatori co-creati vengono testati e validati con dati passati ad alta risoluzione temporale e spaziale, per proiettarli negli scenari dei modelli CIMP6.

I dati climatologici grigliati dell'ERA5 (Hersbach et al., 2020) con una risoluzione spaziale di 0,250x0,250 (~ 30 kmx30 km), i dati acquisiti localmente di almeno un decennio e la discretezza temporale di 1 ora vengono utilizzati per estrarre il risultato più alto. Con questo approccio supportiamo e diamo risultati ai clienti per prendere decisioni su misura e intelligenti dal punto di vista climatico.

```
669     x3<-1
670     }else if(cd_windDay >= b & cd_windDay < c){
671     x3<-2
672     }else if(cd_windDay >= c & cd_windDay <= d){
673     x3<-3
674     }else{
675     x3<-0}
676 }
677 CD_windDay<-sapply(cd_windDay,FUN=cons_windDay)
678
679 #WIND BASED
680 Wind_Df<-cbind.data.frame(day,DailyWS,ismindyday,CD_windDay)
681
682 WindBased<-rowSums(Temp_Df[2:4])
683
684 plot (IRI_ROAD_v1)
685
686
687
688 #SKY BASED###
689 tcc<- read_csv("tcc_2010-2020.csv")
```

**Figura 3-36: Analisi ei dati con il software Climate Data Operators.**

### 3.3.6 Integrazione dati

Gli elementi gallerie, versanti e scarpate sono analizzati con approcci qualitativi comparabili tra di loro, rendendo possibile l'integrazione degli indici sintetici per una visione integrata lungo l'infrastruttura.

Il modulo del Cambiamento Climatico è integrato nell'approccio generale e nella piattaforma, per la gestione di tutti i rischi delle principali opere civili; infatti le informazioni risultanti da questo processo vengono visualizzate e interrogate lungo l'infrastruttura considerata per tutti gli elementi in un sistema del tipo WebGIS.

## Capitolo 4

### APPLICAZIONE A CASO REALE: INFRASTRUTTURA FERROVIARIA E STRADALE

#### 4.1 Introduzione

Nel seguito si illustra un'applicazione pratica di quanto esposto nel capitolo 3, secondo i concetti e i principi esposti nel capitolo 1 e 2, su un progetto pilota di diverse linee ferroviaria in Italia e di un focus specifico sull'IA per una rete stradale del Lazio. I dati sono sintetizzati allo scopo del presente studio o rappresentativi di campagne di acquisizione svolte. In nessun caso hanno lo scopo o la pretesa di analizzare situazioni reali lungo le aree rappresentate, e sono al solo scopo del presente studio. Per ulteriori approfondimenti fare riferimento, ove disponibile, alle pubblicazioni e alle tesi richiamate nel corso del testo.

#### 4.2 Applicazione MIRET: focus Rischio

Nel seguito si illustrano i risultati dell'applicazione di MIRET e ARCHITA per le gallerie, i versanti, le scarpate e il cambiamento climatico di una linea ferroviaria tra Roma e Napoli. I dati sono sintetizzati allo scopo del presente studio o rappresentativi di campagne di acquisizione svolte. In nessun caso hanno lo scopo o la pretesa di analizzare situazioni reali lungo le aree rappresentate, e sono al solo scopo del presente studio. Questa applicazione si focalizza sulla valutazione quali-quantitativa del Rischio attraverso la definizione degli Indici di Priorità. Per ulteriori approfondimenti fare riferimento, ove disponibile, alle pubblicazioni richiamate nel corso del testo.

##### 4.2.1 Gallerie

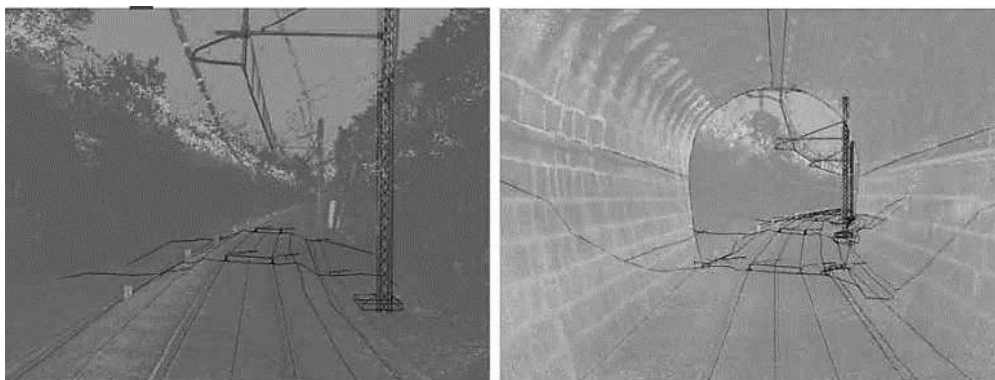
Le metodologie e le tecnologie esposte in precedenza permettono di svolgere il rilievo e l'ispezione anche di centinaia-migliaia di km con impatto minimo sulla linea. In quest'area si sono analizzati 170 km ca. di gallerie (costruite nei primi del '900) con rivestimento principalmente in muratura ed elettrificate.



**Figura 4-1: Foto di gallerie rappresentative dell'area analizzata.**

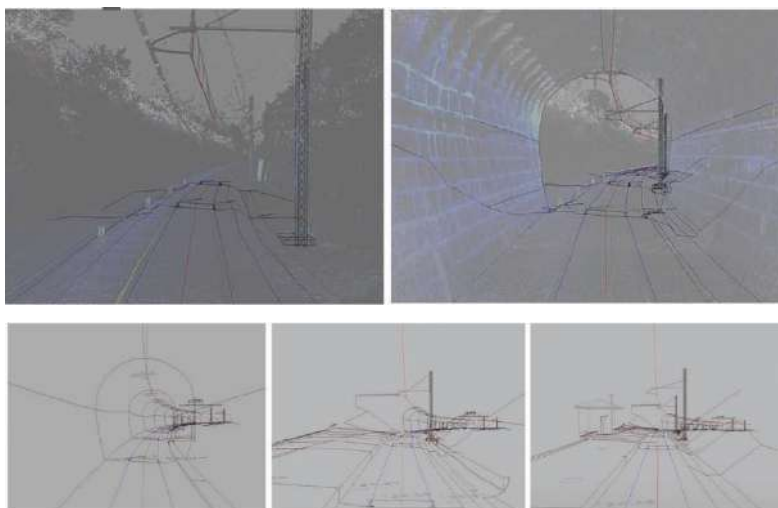
Al fine di poter fornire gli strumenti di supporto ai processi decisionali, si parte dalla ricostruzione geometrica dell'infrastruttura, e la valutazione delle interferenze geometriche, Figura 4-2 (in accordo con le norme attualmente vigenti).

L'approccio digitale è stato eseguito con Workflow OpenBIM *ad-hoc* con l'obiettivo di: avere un migliore controllo sui processi di analisi, sfruttare a 360° i dati acquisiti per restituire fedelmente l'Opera ed avere una Base Dati coerente per affrontare le fasi successiva di pianificazione e progettazione.



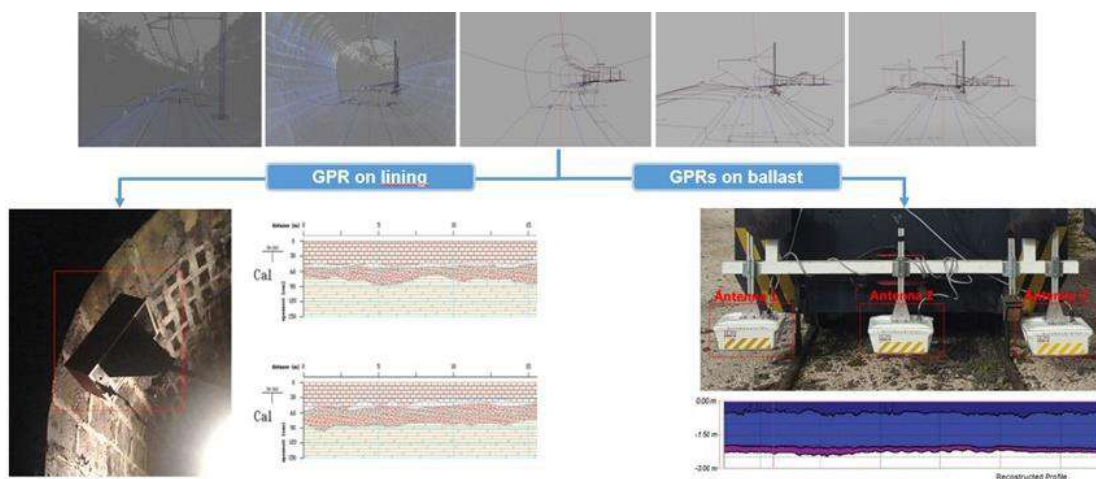
**Figura 4-2: Ricostruzione geometrica da nuvola di punti a digitalizzazione 3D (Foria, 2022).**

Il processo è raffigurato in Figura 4-3 e Figura 4-4. Partendo dalle geometrie (Nuvola di Punti e CAD 3D) e dai dati qualitativi (che caratterizzano stratigrafie e spessori) ricavati tramite ARCHITA, sono costruite delle sezioni parametriche relative allo stato di fatto del rivestimento e della massicciata che poi vengono estruse seguendo l'andamento della galleria. Si impiega come guida le polilinee 3D caratteristiche estratte dalla Nuvola di Punti.



**Figura 4-3: Raffigurazione della transizione da nuvola di punti (rilievo ARCHITA) a digitalizzazione CAD 3D (Foria, 2022).**

Qualora possibile, i dati del GPR sono integrati e/o tarati con informazioni puntuali, come micro-carotaggi strutturali e/o carotaggi geognostici.

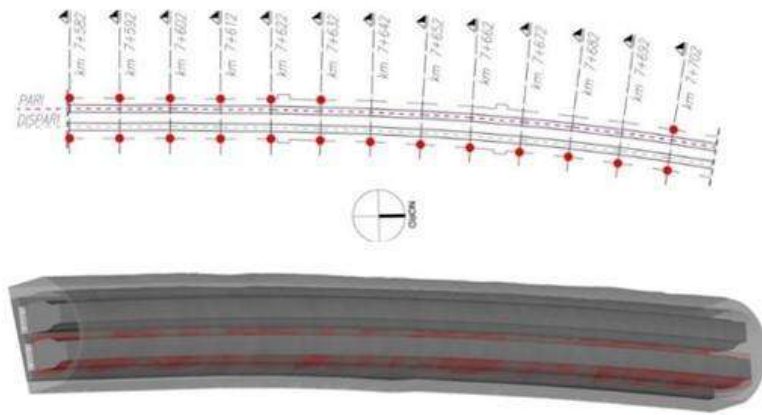


**Figura 4-4: Processo di digitalizzazione 3D integrando laser scanner e GPR (Foria et al., 2019).**

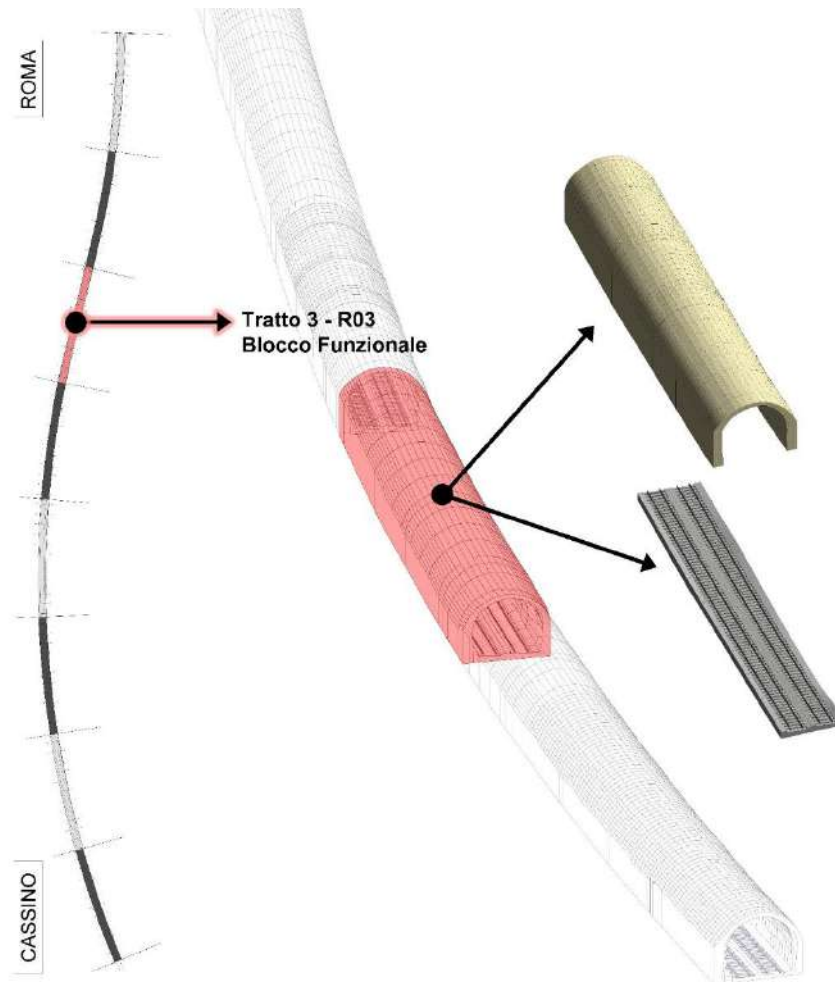
I singoli Modelli Informativi seguono una scomposizione dell'opera secondo Blocchi Funzionali, a loro volta suddivisi in Discipline, affidati a singoli tecnici e coordinati tramite un Modello Federato sito nell'ACDat proprietario. Tale metodologia permette di creare un vero e proprio ufficio virtuale, dove una rete di autori parla la stessa lingua e interviene in misura controllata sul processo.

Nell'approccio MIRET, gli output di ARCHITA sono stati integrati in un flusso di lavoro open BIM per ottimizzare la gestione del dato e delle analisi di interferenze. Il

modello è così impiegato per verificare anche eventuali aspetti di interferenza geometrica con l'esercizio ferroviario in automatico (Figura 4-5 e Figura 4-3).

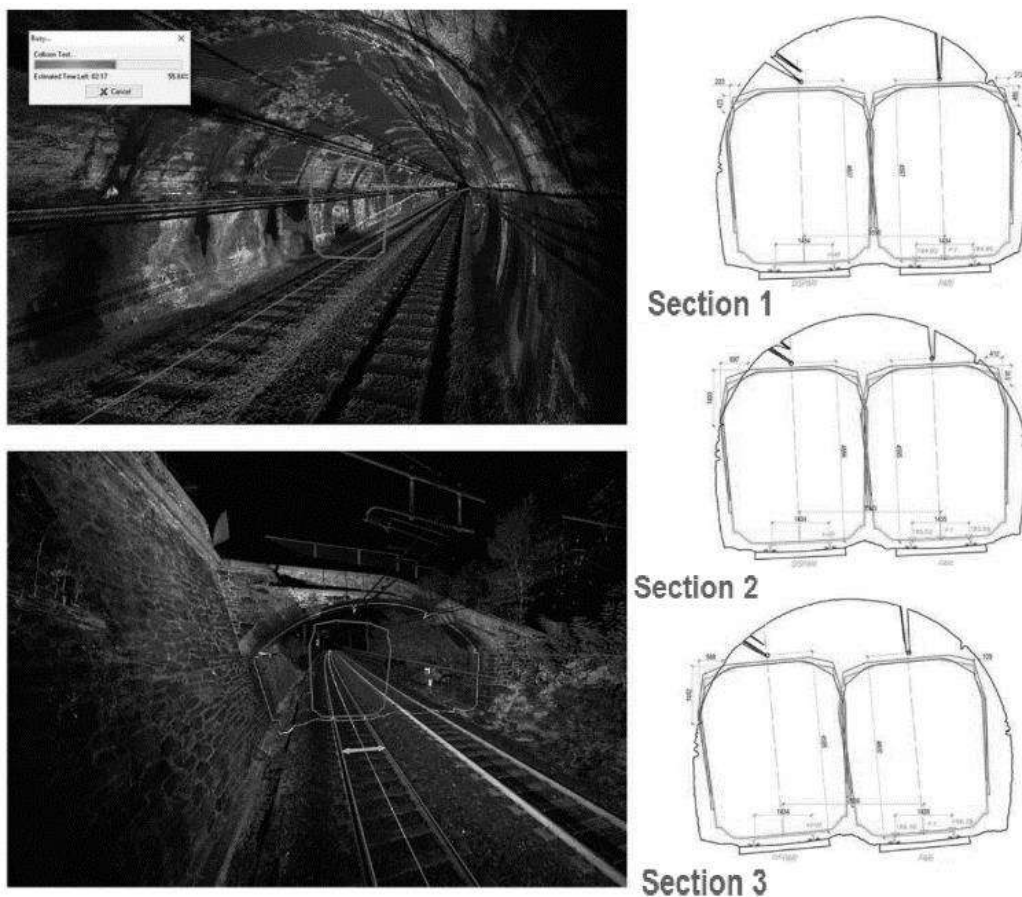


**Figura 4-5: Modello dello Stato di Fatto generato con flusso open BIM per una galleria con la rappresentazione dei convogli per l'analisi di sagoma (Foria, 2021).**



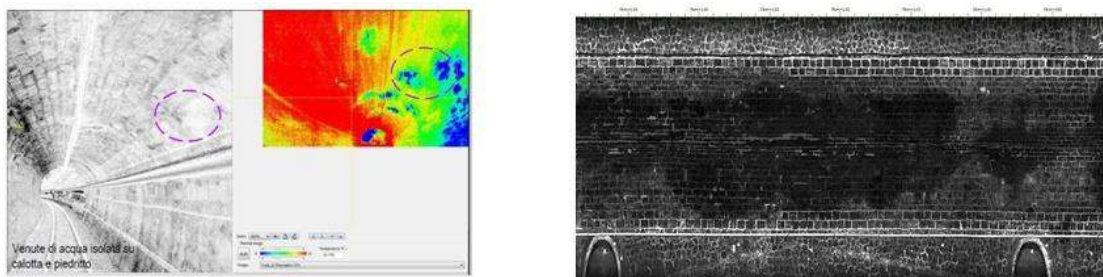
**Figura 4-6: Scomposizione dei modelli dello Stato di Fatto in Blocchi Funzionali e Discipline (Foria, 2019).**

Questa analisi è particolarmente rilevante per verificare l'adeguatezza della linea ferroviaria rispetto alle esigenze di traffico veicolare, all'adeguamento per nuovi standard di trasporto (e.g. impianti, sicurezza) o per esigenze di interfaccia tra diversi sistemi di trasporto. Ad esempio, per le linee ferroviarie oggetto di analisi, è stata assunta la codifica dell'unità di carico P/C80 (P= carri Poche, C= casse mobili e container). Inoltre, tra la sagoma limite del materiale trasportabile e qualsiasi ostacolo fisso presente lungo la linea ferroviaria deve essere garantito un franco minimo che, aggiunto alla sagoma limite del materiale rotabile, determina il "Profilo Minimo degli Ostacoli" (PMO).



**Figura 4-7: Analisi di transitabilità lungo il tracciato (Foria, 2019).**

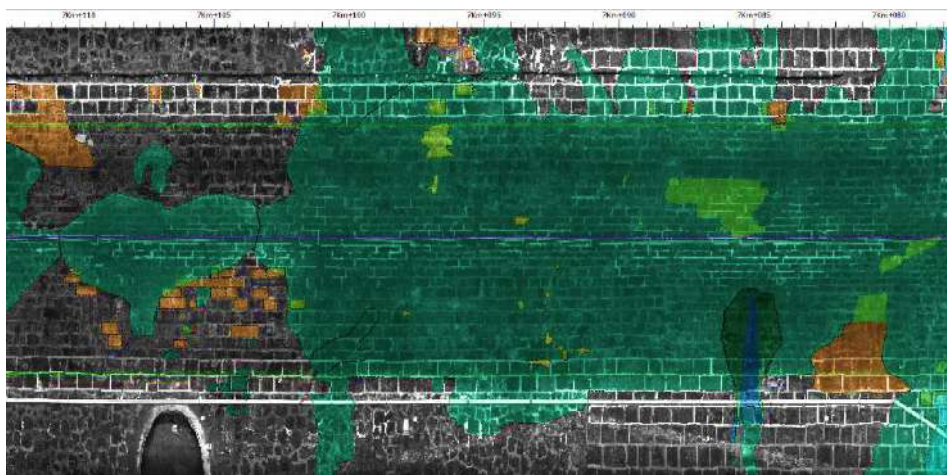
Il rilievo ha permesso di avere informazioni anche sullo stato di conservazione dei rivestimenti (immagini ad alta risoluzione e termocamere), oltre che su informazioni qualitative di tipo più profondo nei rivestimenti e nella massicciata grazie al GPR.



**Figura 4-8: Diagnostica della galleria attraverso immagine termiche (sinistra) e foto ad alta risoluzione (destra) (Foria et al., 2019).**

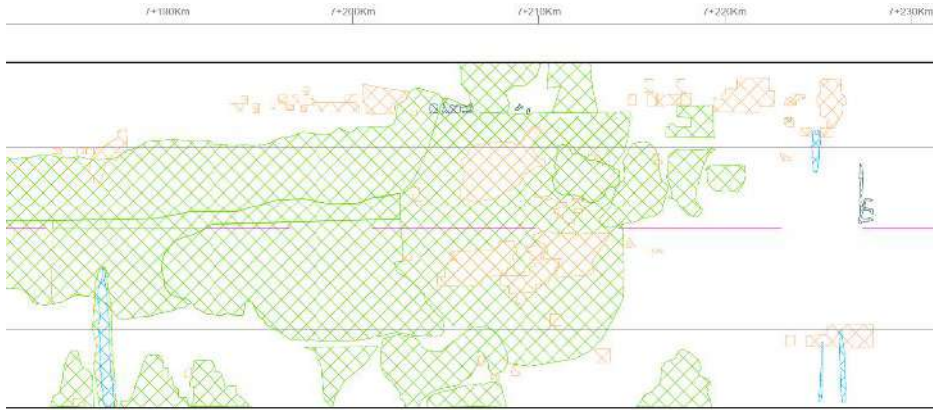
Nello specifico ambiente digitale, è possibile mettere a sistema le immagini termiche e le foto ad alta risoluzione per identificare le anomalie. All'interno di una galleria, a prescindere dal materiale da cui è costituito il rivestimento, le problematiche strutturali che si possono riscontrare sono molteplici, e qualsiasi sia la dimensione non devono mai essere sottovalutate, in quanto sono sintomo di un possibile degrado della struttura che con il passare del tempo può risultare pericoloso in termini di servizio e di sicurezza.

Per poterle meglio gestire si ha la necessità di identificare e catalogare tali problematiche rispetto a un'opera costruita a regola d'arte. Da questa procedura di identificazione e catalogazione nascono i cosiddetti "Cataloghi dei difetti". La mappatura delle anomalie costituisce il parametro di vulnerabilità della struttura di galleria. Ad esempio, in Figura 4-9, si evidenziano principalmente fenomeni di infiltrazioni d'acqua, distacchi e lesioni lungo i giunti di muratura, che rappresentano le problematiche principali in questi tipi di gallerie.



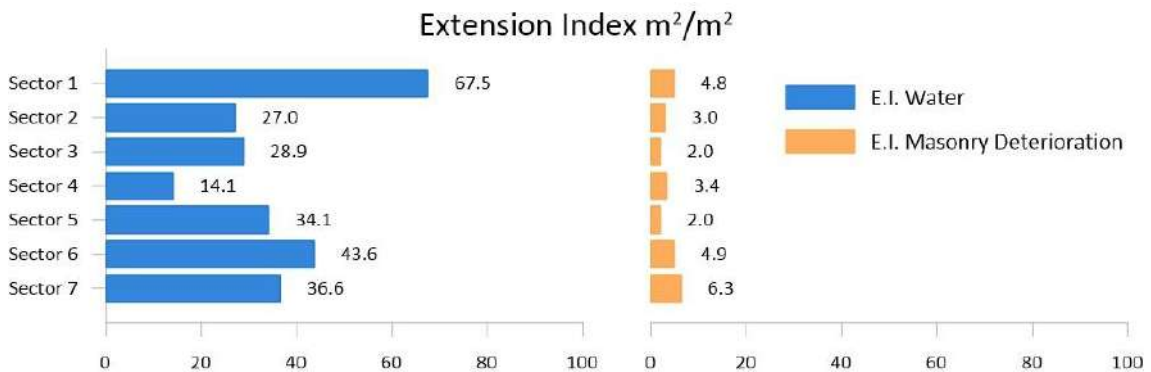
**Figura 4-9: Mappatura dei difetti sulla struttura della galleria (Foria, 2022).**

Come si evince da Figura 4-10 e Figura 4-11, l'ambiente digitale permette di manipolare ed esportare facilmente le informazioni in diversi formati consolidati e interscambiabili. Questo approccio digitale semplifica la relazione tra le informazioni per la determinazione dell'Indice di Priorità (Figura 4-12).



**Figura 4-10: Mappatura dei difetti esportata in ambiente CAD (Foria, 2022).**

L'utilizzo di un approccio basato sull'analisi multicriteria permette di individuare un Indice di Priorità sintetico combinando i parametri esposti al capitolo precedente, rappresentativo di ogni settore. La visione degli indici, sia delle classi di anomalie, sia di Priorità, permette di visualizzare subito le aree più critiche, classificarle e adottare le strategie decisionali.



**Figura 4-11: Indici di estensione per classi di anomalie (Foria, 2022).**

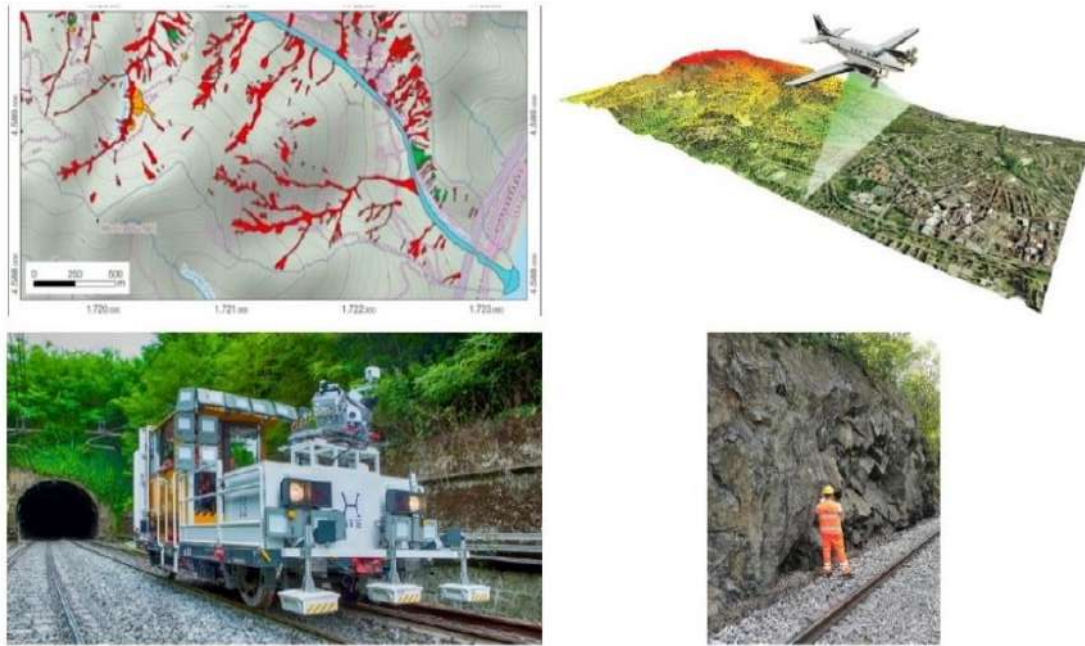
Inspection 2019 (T1)		
Sector 1		
Category	Category Index	SMCA
Seism	20.00%	3.00%
Superficial Geology	15.00%	2.25%
Deep Geology	0.00%	0.00%
Cracks	0.93%	0.15%
Water	2.67%	3.00%
Priority Index		8.40%



**Figura 4-12: Esempio di calcolo di Indici di Priorità per un settore di una galleria (Foria, 2021).**

#### 4.2.2 Versanti e Scarpate

A seguito della raccolta dati e della generazione del database, come illustrato nella figura seguente, per avere un quadro completo dei fenomeni di instabilità si effettuano due diverse analisi, rispettivamente per le scarpate ferroviarie e per i versanti sovrastanti queste ultime.

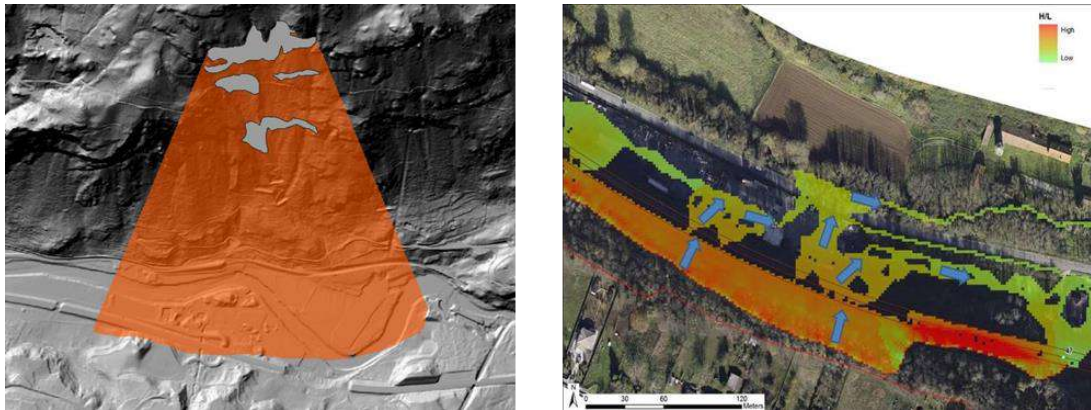


**Figura 4-13: Raccolta dati. In alto a sinistra l'analisi bibliografica, in alto a destra rilievo con Airbone Lidar, in basso a sinistra rilievo mobile mapping, in basso a destra ispezioni in linea (Foria, 2020; Foria, 2021).**

In entrambi i casi, al fine di effettuare l'analisi multicriteria, il tratto di linea ferroviaria indagato è suddiviso in segmenti della lunghezza di 10 metri ciascuno, analizzando separatamente il lato destro da quello sinistro. Gli indici di stabilità sono calcolati tenendo conto dell'effettiva morfologia degli elementi in termini di pendenza e altezza all'interno delle verifiche di stabilità che vengono svolte considerando sia un contesto di frana e scivolamento sia un contesto di crollo.

Per i versanti, caratterizzati da morfologie e geometrie molto variabili, nonché da una distanza variabile dalla linea ferroviaria, è stato utilizzato un approccio differente; questo è basato sul calcolo della possibilità che il materiale mobilizzato sulla scarpata e/o versante possa geometricamente raggiungere la massicciata. Il modello di mobilizzazione impiegato dipende dalla natura del materiale, che sarà differenziato e

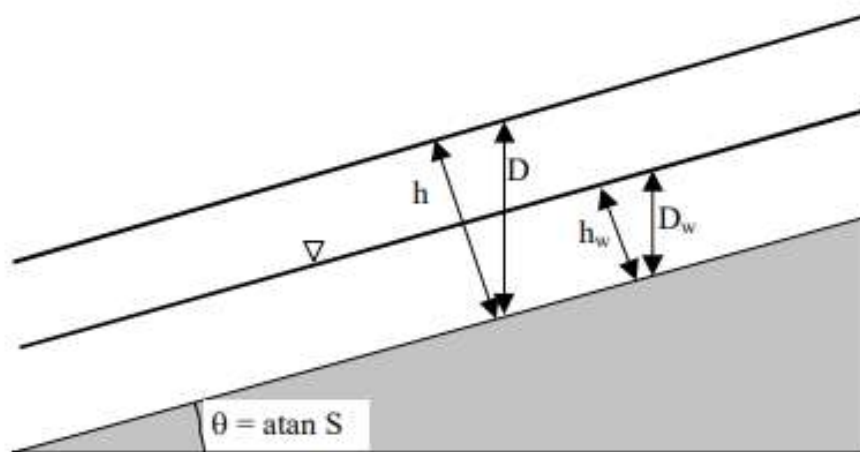
spiegato nel dettaglio di seguito, ovvero geotecnico (terre sciolte o ammassi rocciosi molto fratturati) o geomeccanico (rocce massive o poco fratturate) (Figura 4-14).



**Figura 4-14: Modello di propagazione del materiale mobilizzato per materiali geotecnici (a destra, modello di flusso ad espansione) e materiali geomeccanici (a sinistra, propagazione del cono d’ombra) (Foria, 2021).**

Per i materiali geotecnici (terreni sciolti o ammassi rocciosi molto fratturati), la definizione delle aree sorgente da utilizzare per le simulazioni di runout è effettuata applicando un modello fisicamente basato appositamente sviluppato per applicazioni a carattere regionale (SINMAP), che implementa il calcolo e la mappatura di un “indice di stabilità” basato su informazioni geografiche e geologiche.

La metodologia SINMAP è basata sul metodo della stabilità sul pendio infinito, dove sono contrapposte le forze dovute alla pendenza con le componenti di frizione e coesione su un piano di scivolamento parallelo alla superficie.



**Figura 4-15: Schema del modello di stabilità sul pendio infinito.**

I dati di input per l'utilizzo del SINMAP sono il modello digitale di elevazione, la geologia e i parametri di calibrazione. Il principale output è l'indice di stabilità con il quale si identificano le porzioni di versante più propense al dissesto secondo l'attribuzione ad una delle 6 classi di seguito descritte.

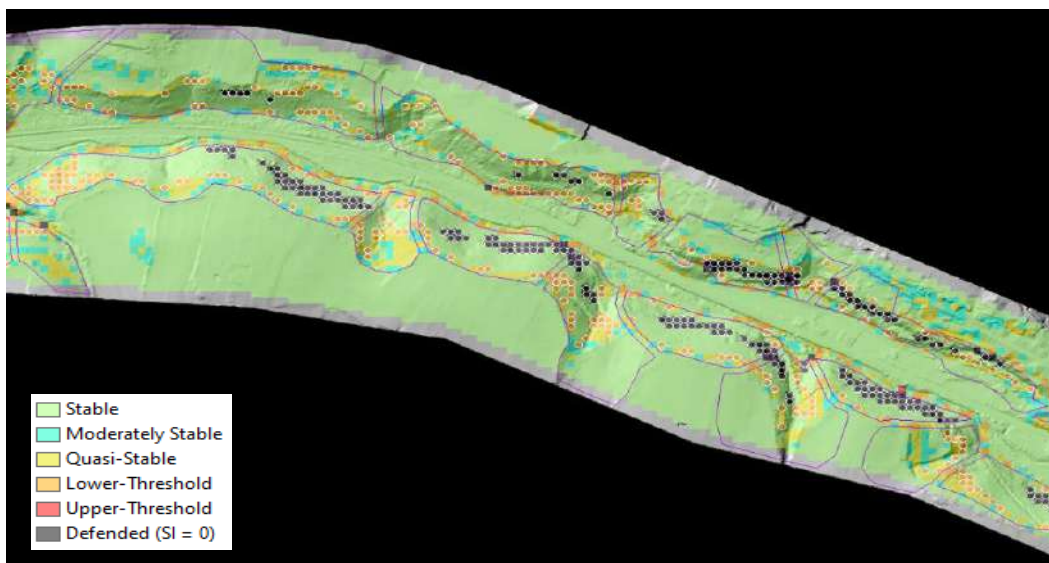
Condition	Class	Predicted State	Parameter Range	Possible Influence of Factors Not Modeled
$SI > 1.5$	1	Stable slope zone	Range cannot model instability	Significant destabilizing factors are required for instability
$1.5 > SI > 1.25$	2	Moderately stable zone	Range cannot model instability	Moderate destabilizing factors are required for instability
$1.25 > SI > 1.0$	3	Quasi-stable slope zone	Range cannot model instability	Minor destabilizing factors could lead to instability
$1.0 > SI > 0.5$	4	Lower threshold slope zone	Pessimistic half of range required for instability	Destabilizing factors are not required for instability
$0.5 > SI > 0.0$	5	Upper threshold slope zone	Optimistic half of range required for stability	Stabilizing factors may be responsible for stability
$0.0 > SI$	6	Defended slope zone	Range cannot model stability	Stabilizing factors are required for stability

**Figura 4-16: Classi di stabilità secondo il modello SINMAP.**

Dal modello di elevazione vengono ricavate le aree di alimentazione di ciascuna cella del DEM e la pendenza. L'area di calibrazione invece rappresenta la suddivisione del territorio in aree con set omogenei di parametri, che nel caso in esame coincide con la suddivisione in classi litologiche eseguita durante il rilievo. I parametri di calibrazione sono dunque l'ID del materiale, il rapporto fra trasmissività e piovosità efficaci (T/R) minimo e massimo, la coesione minima e massima, l'angolo di attrito minimo e massimo, il peso di volume. I valori sono presi da prove di laboratorio disponibili lungo linea.

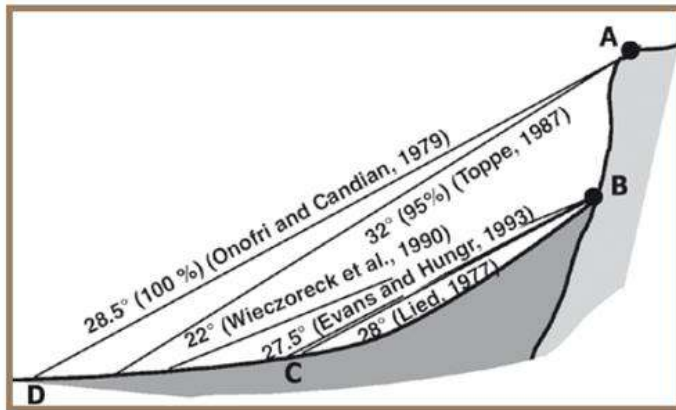
L'indice di stabilità così ottenuto è suddiviso in 6 classi, dove alle ultime 3 (lower threshold, upper threshold, defended) corrisponde indice di stabilità  $< 1$ .

L'assunto da cui si parte è che se una cella non risulta predisposta al dissesto (cioè ha indice di stabilità maggiore o uguale a 1) non è considerata come potenziale area sorgente; pertanto, soltanto le porzioni più critiche di un versante sono prese in considerazione.



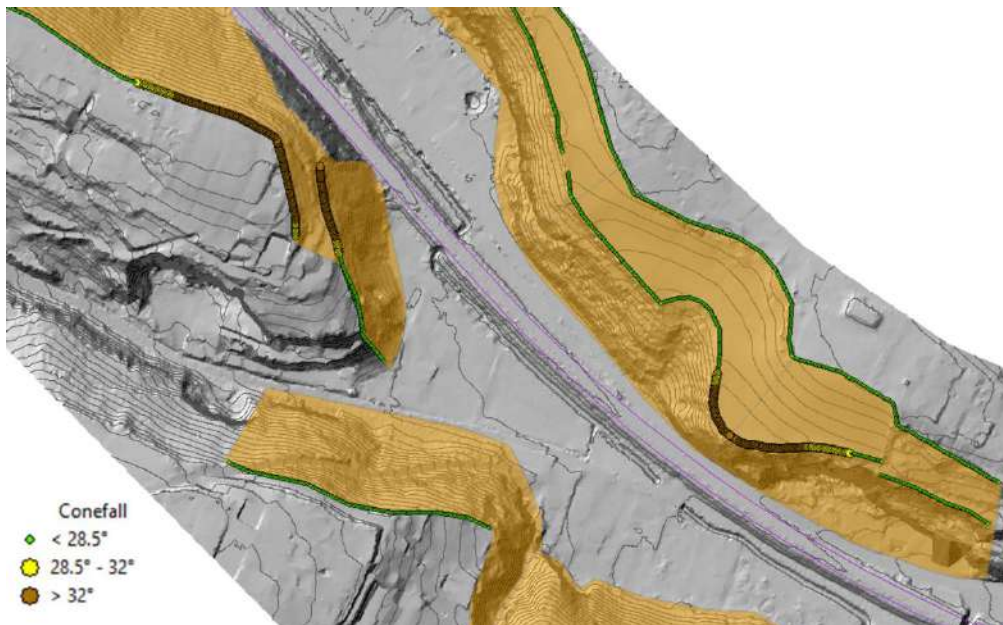
**Figura 4-17: Un tratto della linea con output di SINMAP. Alle celle evidenziate nelle 3 classi inferiori corrisponde un indice di stabilità inferiore a 1.**

Per i materiali geomeccanici (rocce massive o ammassi rocciosi poco fratturati) viene utilizzato un approccio basato sul cosiddetto “cono d’ombra”, definito mediante il valore dell’angolo rispetto all’orizzontale costruito a partire dal limite superiore del pendio. L’angolo serve a stabilire, in modo speditivo ma calibrato su dati reali, se sussistono le condizioni geometriche perché un blocco staccandosi dal versante in un determinato punto possa raggiungere la massicciata. Si tratta di un approccio del tutto preliminare, propedeutico all’effettuazione di simulazioni traiettografiche 2D e 3D in caso di approfondimento. Queste ultime potrebbero essere necessarie già in fasi preliminari, soprattutto nel caso di geometrie di tracciato e della morfologia che si interfacciano in modo articolato tra loro. In questo caso approcci semplificati potrebbero far perdere informazioni nel valutare l’esposizione della linea agli eventi di distacco.



**Figura 4-18: Valori angolari derivanti da analisi in cima o al piede del pendio (Crosta et al., 2001).**

I punti di distacco considerati sono gli orli di scarpata e gli elementi geomorfologici come orli di terrazzo, orli di scarpate fluviali recenti o antiche, testate di strato. Di ciascun punto viene calcolato l'angolo di cono che lo collegherebbe al punto sulla massicciata più vicino. In base al delta di quota fra punto sorgente e limite della massicciata e la distanza da essa: per valori di angolo conefall maggiori o uguali a  $28.5^\circ$ , l'indice di conefall sarà pari a 1; per valori di angolo conefall maggiori o uguali a  $32^\circ$ , l'indice di conefall sarà pari a 2. A ciascuna scarpata è assegnato l'indice di conefall (0, 1, 2) in base all'angolo di conefall massimo.

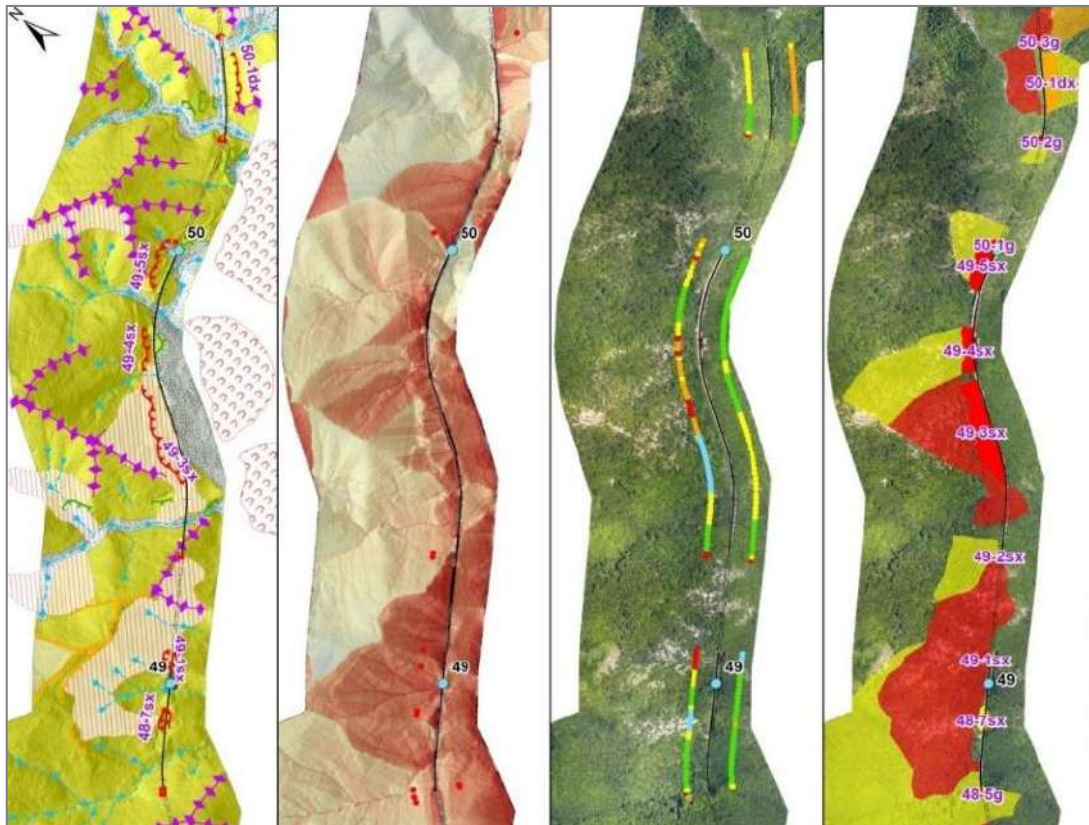


**Figura 4-19: Punti considerati per il calcolo dell'angolo conefall rispetto al limite della massicciata (viola). Nel versante di sinistra è evidente che i punti a "ridosso" della massicciata e messi in cima alla parete rocciosa siano superiori a  $32^\circ$ .**

L'analisi multicriterio combina i risultati delle analisi sopraesposti con gli elementi di vegetazione, idraulici di contorno, distanza dalla linea, etc. ciò permette di ottenere un quadro generale delle problematiche riguardanti la linea, mediante il calcolo di una Priorità che esprime la propensione al dissesto per ciascun tratto elementare di linea rendendo possibile definire un elenco di interventi prioritari e progettare opere di protezione più appropriate.



**Figura 4-20: Stralcio Carta delle Priorità lungo la linea ferroviaria.**



**Figura 4-21: Un esempio di Analisi di Priorità per la gestione dell'infrastruttura ferroviaria. La figura mostra un'applicazione per le frane. Da sinistra a destra: Carta Geomorfologica, Carta dell'Indice di Connettività (i punti rossi indicano il superamento di un valore di soglia), Valore dell'Indice finale, calcolato ogni 10 m lungo la linea, su entrambi i lati, e Carta di Priorità (Foria, 2021b).**

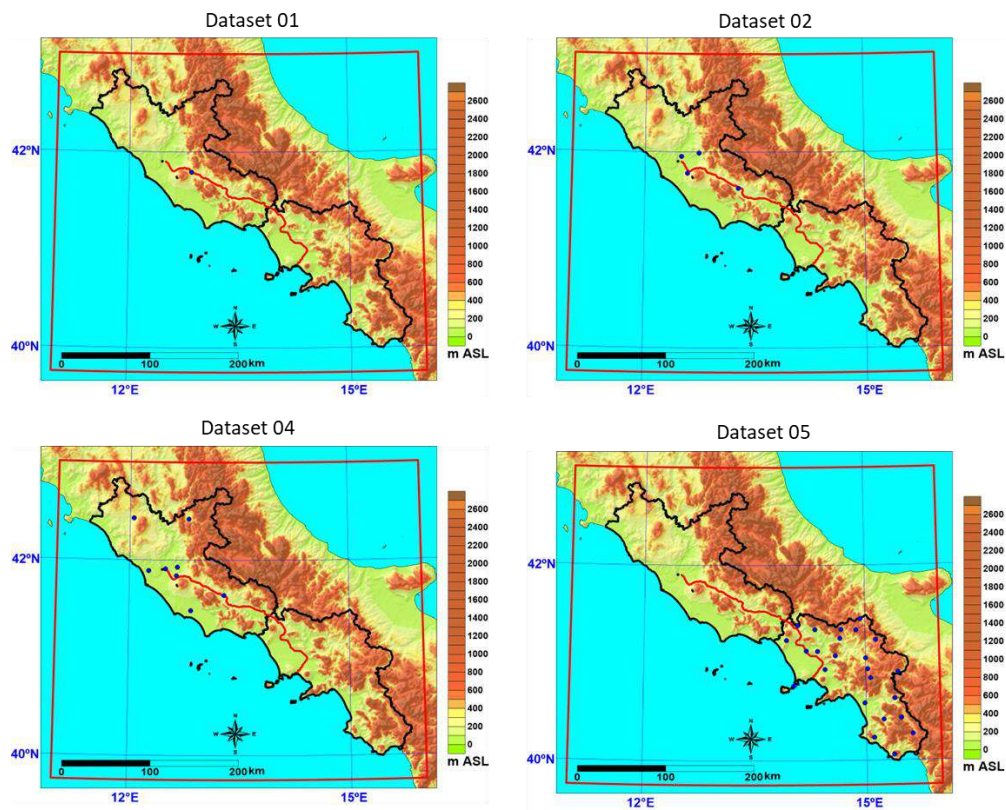
#### 4.2.3 Cambiamento climatico

Per analizzare la vulnerabilità e il rischio al cambiamento climatico, è fondamentale avere dati e modelli che, partendo da scale piccole (nazionale), siano in grado di scendere al dettaglio dell'opera tenendo in conto delle caratteristiche locali del sito (antropiche, microclimatiche, morfologiche).

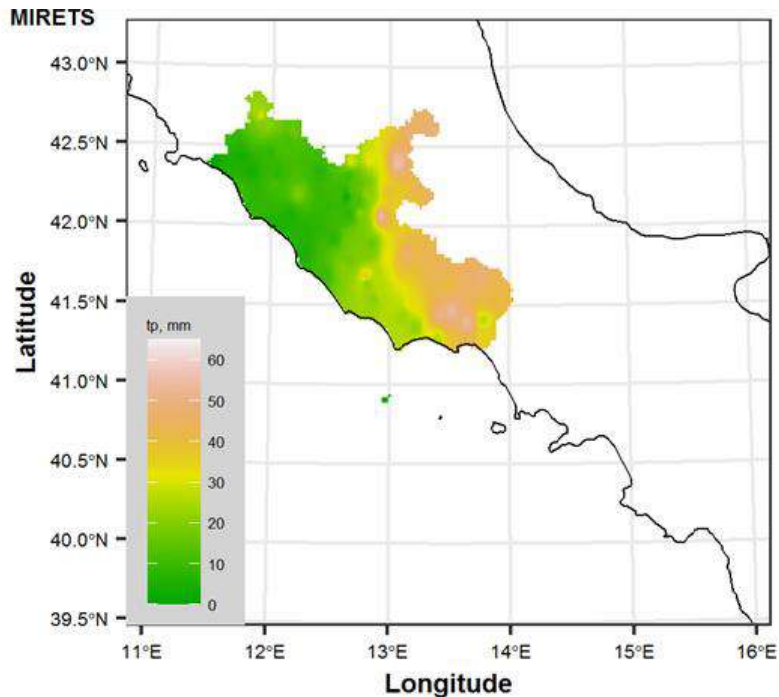
Per tale motivo, i modelli esposti al capitolo precedente, richiedono una procedura di downscaling di tipo statistico per contestualizzarli all'area dell'infrastruttura ferroviaria analizzata. Per fare ciò, sono impiegati i dati di stazioni meteo di varie reti regionali e dati messi a disposizione da strumentazione di ETS. In totale si individuano 14 stazioni per la regione Lazio e 24 per la regione Campania (Figura 4-22). A questo bisogna aggiungere i dati storici meteo-climatici acquistati e messi a disposizione da

ETS, per gli anni dal 2010 al 2020 per le aree analizzate. La procedura di downscaling viene poi verificata con i dati acquisiti in continuo dalle stazioni meteo.

Questo modello di calcolo permette di proiettare i dati per gli scenari futuri di cambiamento meteo-climatico tenendo in conto degli effetti locali. Questa procedura è soggetta a deriva del dato, ma permette una stima verosimile e locale delle variabili in gioco, altresì impossibile con altre procedure.



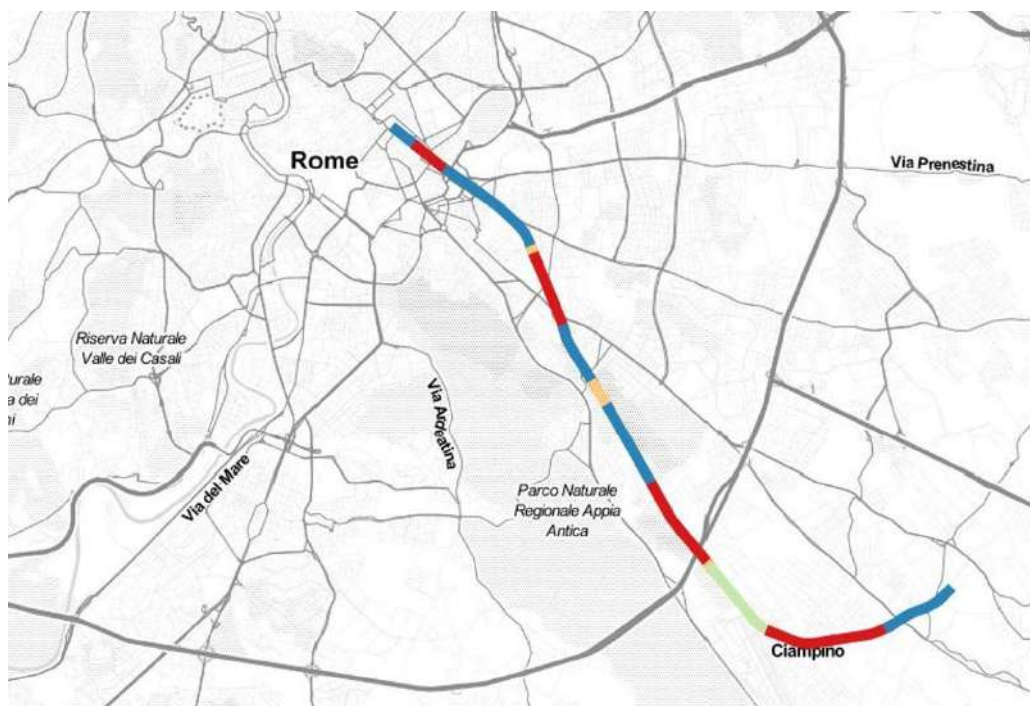
*Figura 4-22: Stazioni meteo impiegate per la validazione dei dati nei diversi domini analizzati tra Lazio e Campania.*



**Figura 4-23: Dati di precipitazione a seguito di downscaling per un periodo (Gennaio, Febbraio 2010) esemplificativo del tempo di validazione (2010 – 2020).**

I valori di tali scenari futuri sono mediati e restituiti in forma di Carta di Priorità, analogamente ai punti precedenti, applicando le variabili meteo-climatiche previste dal modello sull'infrastruttura specifica con i modelli di vulnerabilità ricavati con la procedura descritta al capitolo precedente.

L'applicazione preliminare di tale metodo innovativo è mostrata in Figura 4-24. La visione degli indici di Priorità, permette di visualizzare subito le aree più critiche, classificarle in funzione delle variabili meteo-climatiche singole e/o accorpate e adottare le strategie decisionali per soddisfare l'obiettivo della tassonomia ambientale Europea di mitigazione del rischio al cambiamento climatico grazie al supporto di una procedura quantitativa.




**Figura 4-24:** *Stralcio della Carta delle Priorità media della vulnerabilità al cambiamento climatico per scenari meteo-climatici futuri lungo la linea ferroviaria.*

### 4.3 Applicazione MIRET: focus IA


Nel seguito si illustrano i risultati dell'applicazione di MIRET su una galleria al fine del riconoscimento automatico tramite Intelligenza Artificiale (IA) di anomalie del rivestimento, ovvero la vulnerabilità di superficie della struttura, di una linea stradale nel Lazio. I dati sono sintetizzati allo scopo del presente studio o rappresentativi di campagne di acquisizione svolte. In nessun caso hanno lo scopo o la pretesa di analizzare situazioni reali lungo le aree rappresentate, e sono al solo scopo del presente studio. Per ulteriori approfondimenti fare riferimento alle tesi (Lottini, 2021; De Vita, 2022) e, ove disponibile, pubblicazioni richiamate nel corso del testo.

#### 4.3.1 Digitalizzazione manuale dei difetti dovuti all'acqua


Per una comprensione più dettagliata del metodo di classificazione dei difetti in funzione dell'intensità si riportano di seguito le schede di C5, C6 e C7 estratte dal catalogo difetti implementato (in Figura 4-25, Figura 4-26 e Figura 4-27).

<i>Difetti dovuti alla presenza di acqua</i>		
<b>C5</b>	<b>Macchia di umidità</b>	
<p>Definizione: presenza di umidità sulla superficie del cls. Il difetto, generato dal ripetuto passaggio d'acqua sulla superficie dell'elemento interessato, è reso visibile anche dagli effetti dell'azione chimica dei sali in essa disciolti, visibili dalle macchie presenti sul calcestruzzo asciutto.</p>		
Unità di misura: m <sup>2</sup>		
Corrispondenza Cataloghi Committenti		
RFI		Autostrade:
C4		1-acq
ITA-AITES		ANAS
SU-5.		ND
IQOA-Ministero Manuale ispezione gallerie		Ministero Linee guida ponti
HY-2, HY-4		c.a./c.a.p._1, c.a./c.a.p._2, c.a./c.a.p._3
Valutazione Intensità	0,25	Macchie superficiali di deposito di Sali e cloruri (Piccole variazioni di tonalità del cls)
	0,5	Macchie profonde di deposito di Sali e cloruri (Grandi variazioni di tonalità del cls presenza di muschi)
	0,75	Percolazione importante con deposito (Superficie grondante)
	1	Percolazione importante senza deposito (Superficie grondante)
Valutazione Estensione	0,25	% ( Area tot / Area settore )
	0,5	% ( Area tot / Area settore )
	0,75	% ( Area tot / Area settore )
	1	% ( Area tot / Area settore )

*Figura 4-25: C5 - Macchia d'umidità.*

<i>Difetti dovuti alla presenza di acqua</i>		
<b>C6</b>	<b>Percolazione dai giunti</b>	
<p><b>Definizione:</b> infiltrazione di acqua attraverso i giunti (longitudinali, trasversali, fori iniezione malta, connettori concii). Presenza di umidità o acqua nel cls a seguito di infiltrazione. Il fenomeno si manifesta in presenza di un'impermeabilizzazione imperfetta, se non addirittura assente, in corrispondenza dei giunti costruttivi.</p>		
Unità di misura: m <sup>2</sup>		
<b>Corrispondenza Cataloghi Committenti</b>		
<b>RFI</b>		<b>Autostrade:</b>
<i>C5, C6</i>		<i>31-acq, 77-G, 111-G</i>
<b>ITA-AITES</b>		<b>ANAS</b>
<i>ID-1, WL-2, WL-4</i>		<i>ND</i>
<b>IQOA-Ministero Manuale ispezione gallerie</b>		<b>Ministero Linee guida ponti</b>
<i>HY-1, HY-2</i>		<i>c.a./c.a.p._3, Dif. Gen_1</i>
<b>Valutazione Intensità</b>	<i>0,25</i>	Macchie superficiali di deposito di Sali e cloruri (Piccole variazioni di tonalità del cls)
	<i>0,5</i>	Macchie profonde di deposito di Sali e cloruri (Grandi variazioni di tonalità del cls)
	<i>0,75</i>	Superficie bagnata
	<i>1</i>	Superficie grondante
<b>Valutazione Estensione</b>	<i>0,25</i>	% ( Area tot / Area settore )
	<i>0,5</i>	% ( Area tot / Area settore )
	<i>0,75</i>	% ( Area tot / Area settore )
	<i>1</i>	% ( Area tot / Area settore )

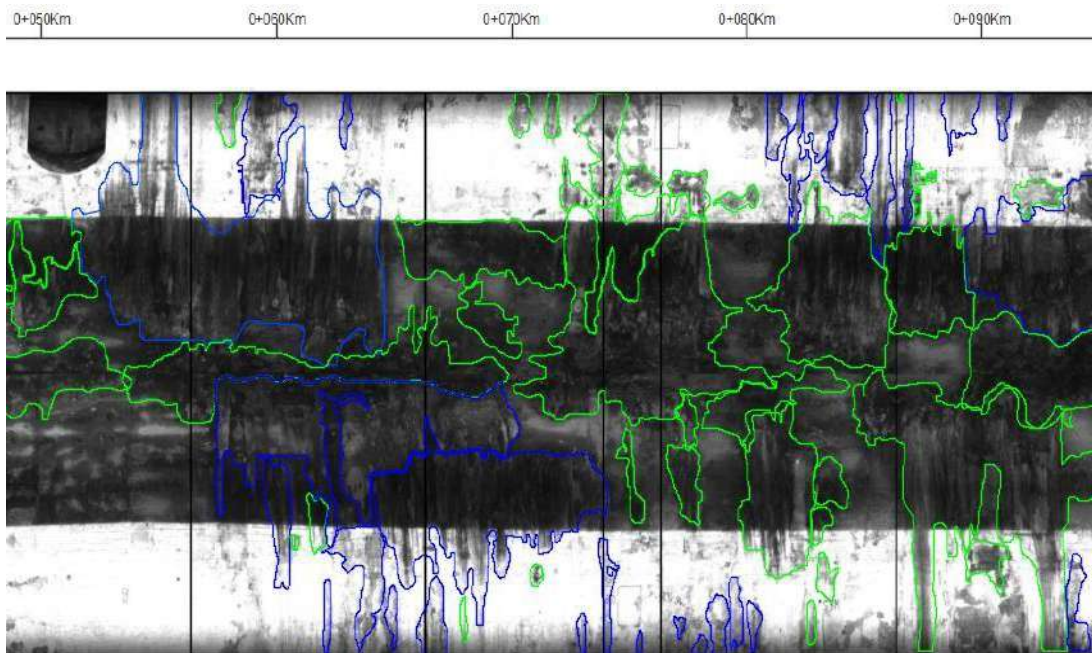
**Figura 4-26: C6 - Percolazione dai giunti.**

<i>Difetti dovuti alla presenza di acqua</i>		
<b>C7</b>	<b>Percolazione dalle fessure</b>	
Definizione: passaggio di acqua attraverso fessure che non comportino un danno alle guarnizioni (gasket), ai connettori, ai fori di iniezioni della malta.		
Unità di misura: m <sup>2</sup>		
Corrispondenza Cataloghi Committenti		
RFI		Autostrade:
C6		31-acq
ITA-AITES		ANAS
WL-3		ND
IQOA-Ministero Manuale ispezione gallerie		Ministero Linee guida ponti
HY-1, HY-2		c.a./c.a.p._3, Dif. Gen_3
Valutazione Intensità	0,25	Macchie superficiali di deposito di Sali e cloruri (Piccole variazioni di tonalità del cls)
	0,5	Percolazione modesta con deposito (Superficie bagnata)
	0,75	Percolazione importante con deposito (Superficie grondante)
	1	Percolazione importante senza deposito (Superficie grondante)
Valutazione Estensione	0,25	% ( Area tot / Area settore )
	0,5	% ( Area tot / Area settore )
	0,75	% ( Area tot / Area settore )
	1	% ( Area tot / Area settore )

**Figura 4-27: C7 - Percolazione dalle fessure.**

L'operazione di digitalizzazione manuale dei difetti ha evidenziato la presenza di più di 190 ammaloramenti originati dall'acqua a cui corrispondono circa 1470m<sup>2</sup> di superficie di rivestimento, si ha così una percentuale di superficie ammalorata rispetto al totale di circa il 49%. Nella Figura 4-28 si riporta una porzione della digitalizzazione manuale, in cui a ciascun difetto è stato assegnato il rispettivo layer che indica la categoria a cui appartiene. Questi difetti sono suddivisi in due categorie: macchie d'umidità (C5) rappresentate in verde e percolazioni (C6) rappresentate in blu, circa il

51% della superficie ammalorata è costituito da macchie di umidità mentre il restante 49% da percolazioni.



**Figura 4-28: Stralcio Porzione dell'esportazione manuale dei difetti.**

Come si può notare dalla figura, il caso studio analizzato in questo lavoro versa in uno stato molto ammalorato, i difetti si presentano con una frequenza elevata e presentano dei contorni di difficile identificazione, essendo diffusi e spesso sovrapposti a prima vista.

Al fine di rendere il processo di analisi più dettagliato e conforme a quanto riportato nelle Linee guida ministeriali l'infrastruttura è stata suddivisa in settori di eguale lunghezza. In particolare, sono stati definiti 8 settori da circa 19 metri ciascuno, in maniera tale che per ogni concio si possano effettuare delle analisi specifiche.

#### 4.3.2 Digitalizzazione automatica dei difetti dovuti all'acqua

La digitalizzazione manuale dei difetti lungo il rivestimento della galleria è stato un processo oneroso per quanto riguarda i tempi, infatti, per la digitalizzazione completa della galleria sono state impiegate poco meno di due settimane.

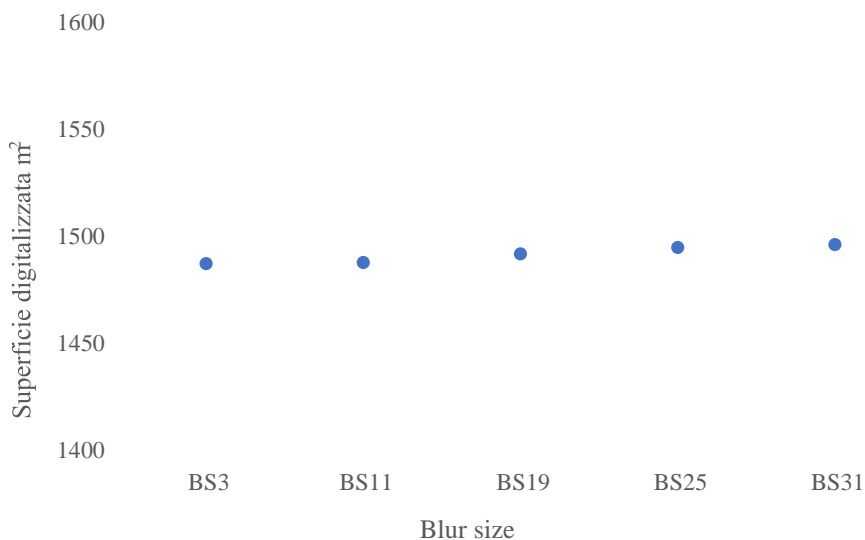
Tramite la digitalizzazione automatica dei difetti si vuole andare a analizzare l'algoritmo sopraesposto nel caso di gallerie in scavo meccanizzato e ne avevano valutato la robustezza. In questo caso si andrà a valutare in una prima fase la prestazione dell'algoritmo in termini di aree digitalizzate e successivamente si faranno

delle considerazioni sull'effettiva utilità dell'algoritmo e su come poterlo utilizzare nel caso di un'ispezione preliminare di una galleria in scavo tradizionale rivestita in calcestruzzo.

L'analisi di sensitività dei parametri threshold e blur size nella prima fase di test serve per capire la sensitività dell'algoritmo al variare dei parametri Threshold e Blur size. La sensitività dell'algoritmo è stata valutata in termini di variazione di superficie riconosciuta come ammalorata.

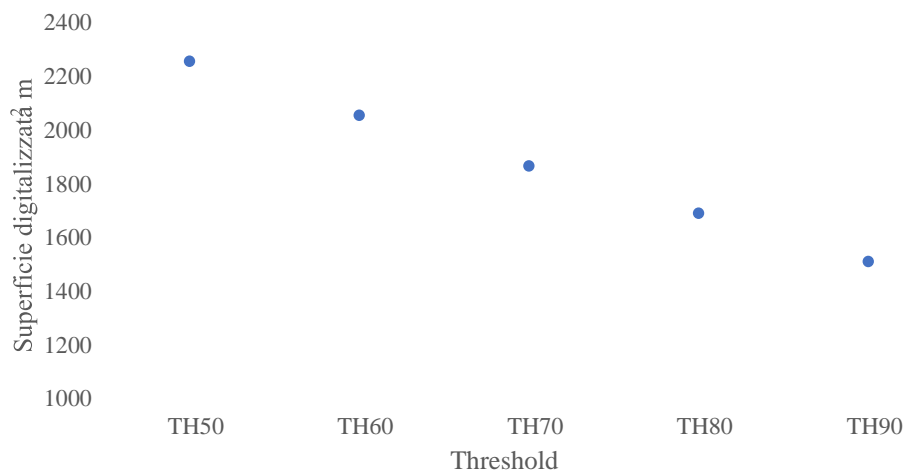
- 5 test con parametro Threshold fisso pari a 90 variando il parametro Blur size sui seguenti valori: 3,11,19,25,31;
- 5 test con parametro Blur size fisso pari a 3 variando il parametro Threshold sui valori: 50,60,70,80,90.

I primi cinque test evidenziano la bassa sensitività del parametro Blur size, come si può notare dalla Figura 4-29, dove la variazione dell'area ammalorata al variare del parametro è pressoché nulla.



**Figura 4-29: Analisi di sensitività del parametro Blur size (Threshold=90).**

I successivi cinque test hanno invece permesso di valutare la sensitività dell'algoritmo rispetto al parametro Threshold mantenendo il Blur size fisso pari al valore 3. Nella Figura 4-30, si può notare come sia presente una correlazione diretta tra la diminuzione dell'area digitalizzata e l'aumento del parametro Threshold.



**Figura 4-30: Analisi di sensitività del parametro Threshold (Blur size=3).**

Da questa analisi si nota come il parametro che influenza maggiormente il risultato finale sia il valore di Threshold. Si ritiene che il valore di Blur size abbia poca rilevanza e pertanto nelle prossime analisi sarà mantenuto sul valore fisso pari a 3, ovvero il minimo. I risultati sono coerenti con quanto ci si potesse aspettare date le definizioni dei parametri.

#### 4.3.3 Manuale vs. automatico

Il primo metodo di valutazione dell'algoritmo di Intelligenza Artificiale è stato quello di confrontare il totale delle aree digitalizzate settore per settore con quelle della digitalizzazione manuale. Il confronto viene effettuato tra le seguenti digitalizzazioni:

- 5 digitalizzazioni automatiche con Threshold pari a 70, 80, 90, 100, 110;
- Digitalizzazione manuale.

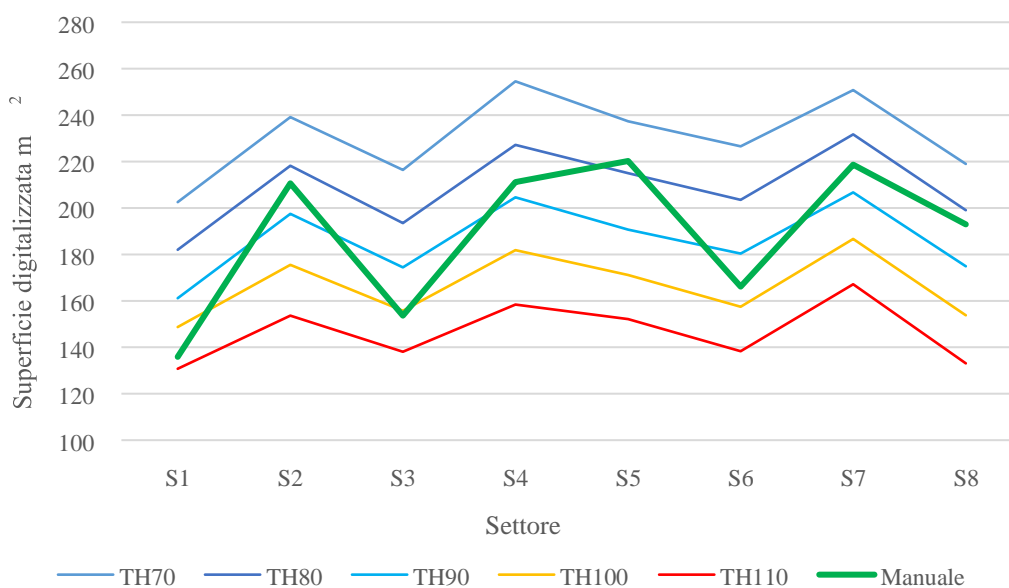
Attraverso l'esportazione in ambiente CAD la superficie della galleria è stata suddivisa in 8 settori di egual lunghezza (circa 19m). Successivamente è stato assegnato un layer a ciascun settore di ogni digitalizzazione automatica testata per un totale di 40 layer, sono stati poi creati altri 8 layer per la digitalizzazione manuale avendo cura di spezzare le polilinee nel momento in cui una porzione di un difetto si trovasse tra due settori differenti.

Avendo ormai compreso che il parametro Blur size ha una sensitività modesta ai fini del risultato finale, che in questo caso è rappresentato dalla somma delle aree ammalorate, si è deciso di tenerlo fisso sul valore minimo pari a 3.

Nella Figura 4-31 e Tabella 4-1 vengono riassunti i risultati.

**Tabella 4-1: Superficie difetti (% rispetto alla manuale), si riportano le aree ammalorate rilevate tramite il WaterSegNet e nell'ultima colonna quelle relative alla digitalizzazione manuale suddivise per settori.**

BS=3	TH70	TH80	TH90	TH100	TH110	Manuale
S1	149%	134%	119%	109%	96%	100%
S2	114%	104%	94%	83%	73%	100%
S3	141%	126%	114%	101%	90%	100%
S4	121%	108%	97%	86%	75%	100%
S5	108%	98%	87%	78%	69%	100%
S6	136%	123%	109%	95%	83%	100%
S7	115%	106%	95%	85%	76%	100%
S8	113%	103%	91%	80%	69%	100%



**Figura 4-31: Rappresentazioni per settori della superficie dei difetti AI e Manuali (m<sup>2</sup>).**

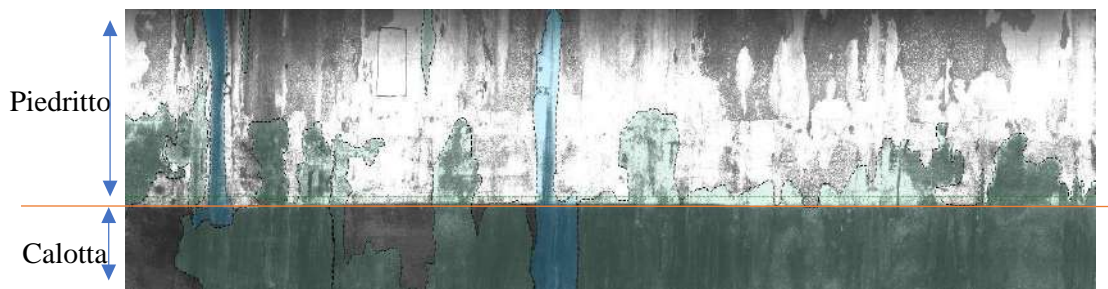
Come si evince dalla Figura 4-31 non si può identificare nessun valore di soglia che approssimi il risultato fornito dalla digitalizzazione manuale. Esistono valori di Threshold che per alcuni settori rilevano la stessa superficie ammalorata che viene digitalizzata manualmente, ma è altrettanto vero che questi stessi valori di Threshold

commettono errori grossolani negli altri settori, rendendo impossibile l'utilizzo di un solo valore del parametro di soglia per l'intera galleria. A parte per il settore 5, il trend viene comunque rilevato da tutti i valori testati.

Inoltre, se si analizzano visivamente le due digitalizzazioni (Figura 4-32 e Figura 4-33) si può facilmente notare come l'algoritmo di Intelligenza Artificiale sovrastimi l'area ammalorata in prossimità delle zone dei piedritti. Questo potrebbe essere dovuto alla differenza di colorazione tra calotta e piedritti, tipica delle gallerie stradali. Di norma le gallerie stradali devono essere verniciate di bianco da 0m a 4m dal piano viabile, la parte della calotta invece assume la classica colorazione scura a causa delle polveri e dello smog che viene accumulato. Nelle seguenti immagini viene rappresentata una porzione della galleria (piedritti di altezza 4m con sfondo chiaro), dove la linea arancione identifica la separazione tra piedritti e calotta.



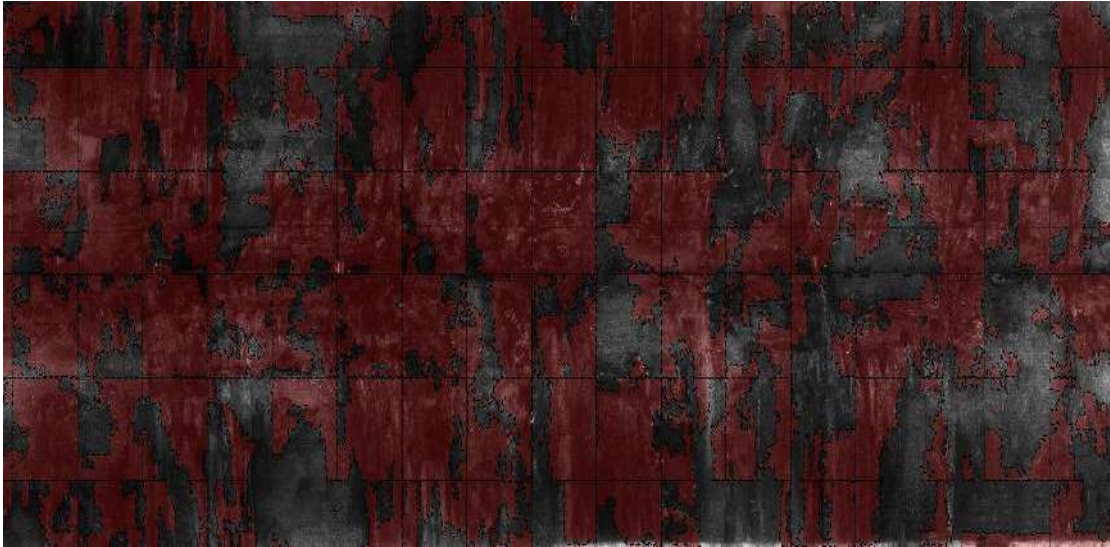
**Figura 4-32: Digitalizzazione di una porzione del piedritto destro della galleria in esame (Threshold=90, Blur size=3).**



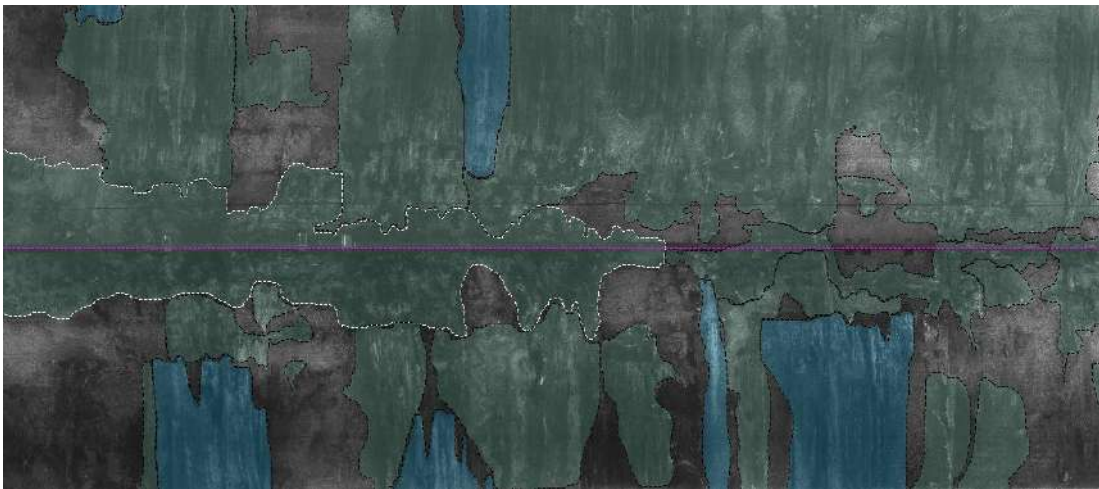
**Figura 4-33: Digitalizzazione manuale di una porzione del piedritto destro della galleria in esame.**

Dalle due immagini precedenti si nota come l'algoritmo riesca a rilevare abbastanza grossolanamente le macchie dovute alle percolazioni e all'umidità. Inoltre, vengono considerati molti difetti non derivanti dalla presenza di acqua, come la moltitudine di distacchi presenti sul rivestimento della galleria. Per quanto riguarda la calotta invece, nelle immagini (Figura 4-34 e Figura 4-35) si può notare come l'algoritmo digitalizzi un'area leggermente inferiore rispetto alla manuale, questo è correlato all'utilizzo di

un valore di Threshold troppo basso che non consente di individuare la totalità dei difetti.



**Figura 4-34: Digitalizzazione automatica di una porzione di calotta (Threshold=90, Blur size=3)**



**Figura 4-35: Digitalizzazione manuale di una porzione di calotta.**

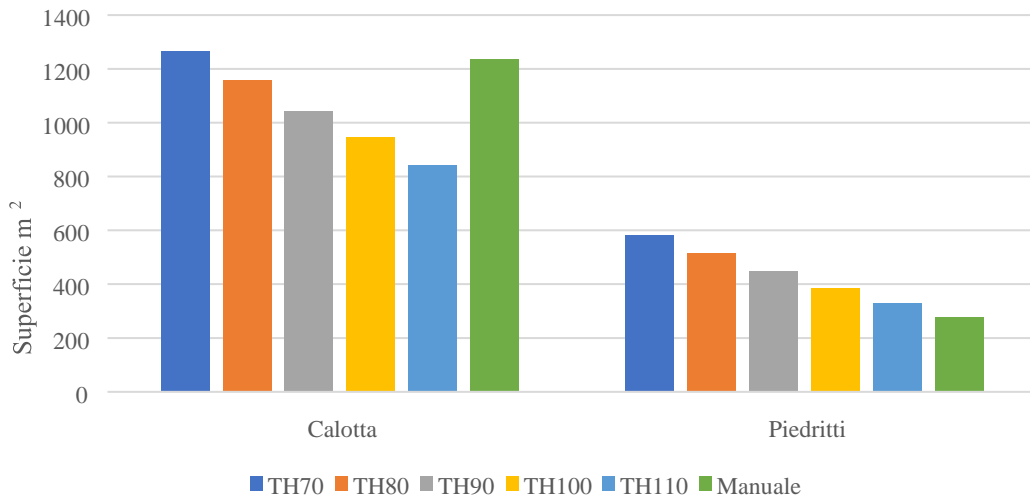
Per completezza viene adesso riportato un confronto in cui, anziché suddividere il tunnel in settori vengono considerate le aree digitalizzate dividendo la galleria in piedritti e calotta, testando ancora una volta i risultati in termini di aree identificate differenziando il parametro Threshold. Con l'ausilio di programma di disegno digitale si va a definire, per ogni valore di Threshold, un layer specifico per tutte le polilinee chiuse presenti sui piedritti e un layer per quelle presenti in calotta, successivamente con il comando *estrai dati* si esportano in un file Excel i dati relativi alle aree totali.

La Figura 4-36 e la Tabella 4-2 riassumono i risultati ricavati da questa analisi.

**Tabella 4-2: Differenza in termini di superficie (%) tra calotta e piedritti confrontate con la digitalizzazione manuale.**

BS=3	TH70	TH80	TH90	TH100	TH110	Manuale
Calotta	102%	94%	85%	77%	68%	100%
Piedritti	206%	181%	158%	136%	116%	100%

Dovendo scegliere un valore fisso di Threshold, saremmo portati a scegliere un valore compreso tra 80 e 100 circa, tuttavia dalla Figura 4-36 si evince che questi valori sovrastimerebbero la reale superficie ammalorata per i piedritti e al contrario sottostimerebbero la superficie ammalorata in calotta.



**Figura 4-36: Rappresentazione grafica delle superfici totali digitalizzate sui piedritti e in calotta.**

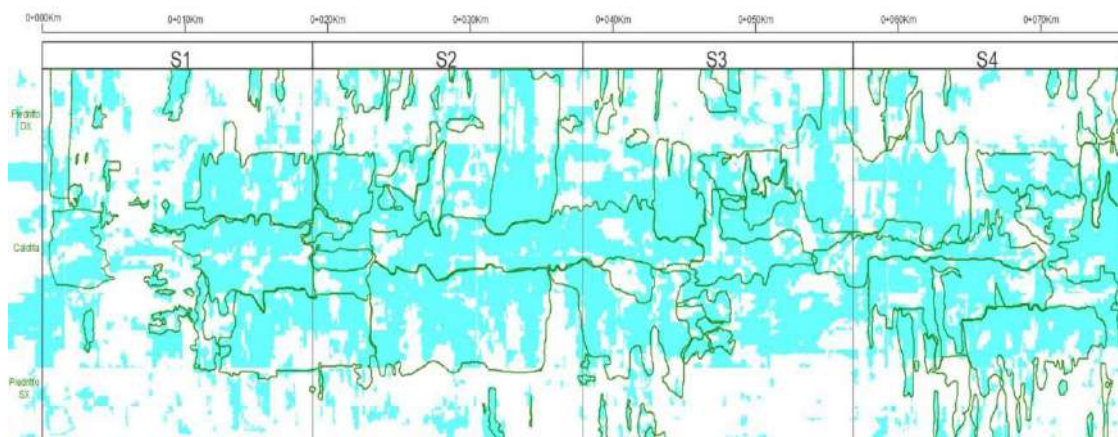
Da queste analisi appare una criticità non trascurabile, rappresentata dalla scarsa capacità di analizzare correttamente le aree ammalorate tramite l'utilizzo di un solo valore di Threshold per tutta la superficie della galleria. I test effettuati suddividendo la galleria in piedritti e calotta ci suggeriscono di utilizzare dei valori di Threshold differenti per queste due aree strutturali. In particolare, un valore compreso tra 70 e 80 in calotta e maggiore di 110 per i piedritti.

Al fine di individuare le cause che hanno prodotto le prestazioni discusse precedentemente, in questo paragrafo si riportano gli otto settori facendo un confronto qualitativo tra le digitalizzazioni generate con il metodo di diagnostica manuale dei difetti e quelle prodotte applicando l’algoritmo di Intelligenza Artificiale.

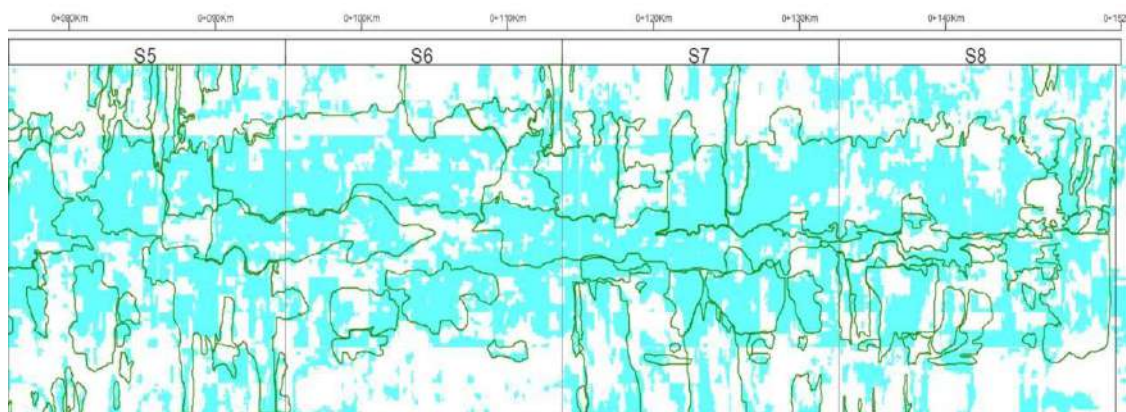
Si utilizzano i valori di Threshold che meglio hanno saputo approssimare l’area totale sia nei piedritti che in calotta:

- Calotta: *Threshold=75*;
- Piedritti: *Threshold=120*.

Vengono riportati tutti i settori suddivisi in piedritti e calotta. Il contorno delle digitalizzazioni prodotte dal metodo manuale viene riportato con il colore verde, mentre le digitalizzazioni effettuate tramite il metodo automatico sono rappresentate tramite una maschera color ciano.



**Figura 4-37: Manuale vs automatico per i Settori 1-2-3-4 della galleria.**



**Figura 4-38: Manuale vs. automatico per i Settori 5-6-7-8 della galleria.**

Queste immagini ci mostrano che sia nei piedritti che in calotta l’algoritmo digitalizza un numero maggiore di difetti ma con area minore. In calotta spesso il

difetto digitalizzato automaticamente presenta dei vuoti all'interno, queste aree rappresentano falsi negativi che però si vanno a bilanciare con la grande quantità di falsi positivi presenti, rendendo il confronto in termini di aree equilibrato. Allo stesso modo nei piedritti il difetto manuale viene digitalizzato solo in parte e di contro sono presenti molti falsi positivi che spesso rappresentano distacchi.

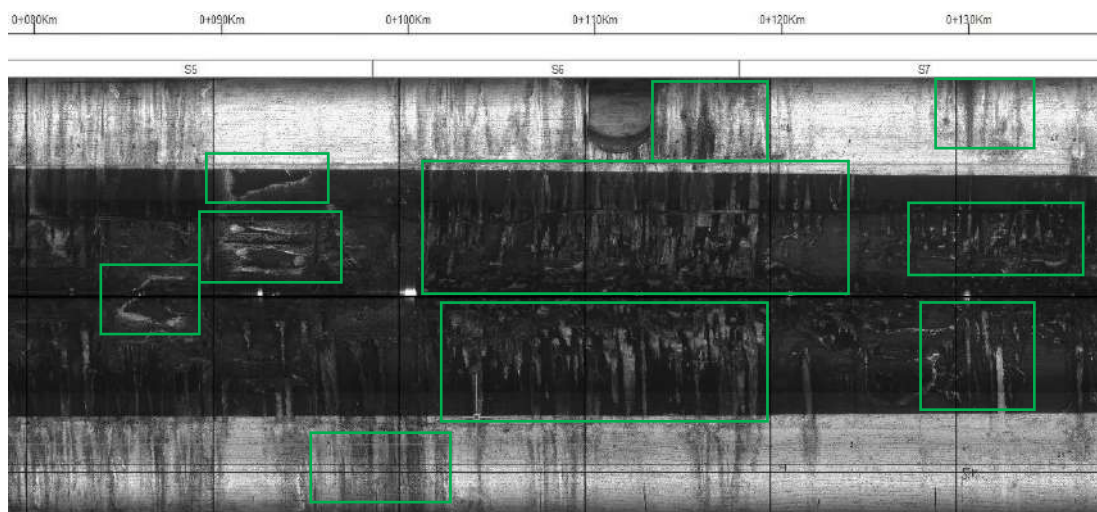
È proprio per queste problematiche che il confronto in termini di aree digitalizzate appare fuorviante. La metodologia che prevede l'analisi distinta di piedritti e calotta, seppur apparentemente con una maggiore precisione rispetto alle classiche analisi non fornisce una digitalizzazione precisa in termini di localizzazione del difetto sul rivestimento, ma si limita a riportare una stima corretta dell'area ammalorata totale di ciascun settore. Tramite questa metodologia, seppur con non poche imprecisioni, si riesce a porre rimedio alla criticità che è stata individuata all'inizio del percorso di analisi. È stato constatato che usare lo stesso valore di Threshold per calotta e piedritti porta ad un inevitabile comparsa di falsi positivi (soprattutto nei piedritti) e di falsi negativi (soprattutto in calotta) a causa delle caratteristiche diverse delle due zone strutturali. Con la separazione dell'algoritmo ci si può avvalere di un unico valore di Threshold per tutti i settori. È altrettanto vero che l'algoritmo rimane ancora impreciso, come evidenziato dal confronto qualitativo, questo tipo di imprecisione deve però necessariamente essere contestualizzata in base alle finalità per le quali si utilizza un metodo automatico di riconoscimento difettologico per scopi di monitoraggio e diagnostici.

L'algoritmo non può essere impiegato in un'analisi approfondita dello stato di ammaloramento di una galleria; tuttavia, può essere un valido strumento nel caso in cui venga usato al fine di valutazioni preliminari in cui si considera accettabile un certo tasso di incertezza nei risultati. L'algoritmo se implementato all'interno di un software, riesce a restituire una panoramica della condizione dei vari settori della galleria in maniera corretta, a patto che all'interno del software sia presente una specifica tecnica che permetta di suddividere la galleria in piedritti e calotta e di effettuare due analisi distinte.

#### 4.3.4 Estensione ad un'altra galleria di linea

In questo paragrafo vengono eseguite le stesse analisi effettuate nei capitoli precedenti, su una galleria diversa della stessa rete stradale. L'obiettivo è quello di testare la robustezza e l'affidabilità del nuovo metodo di analisi proposto.

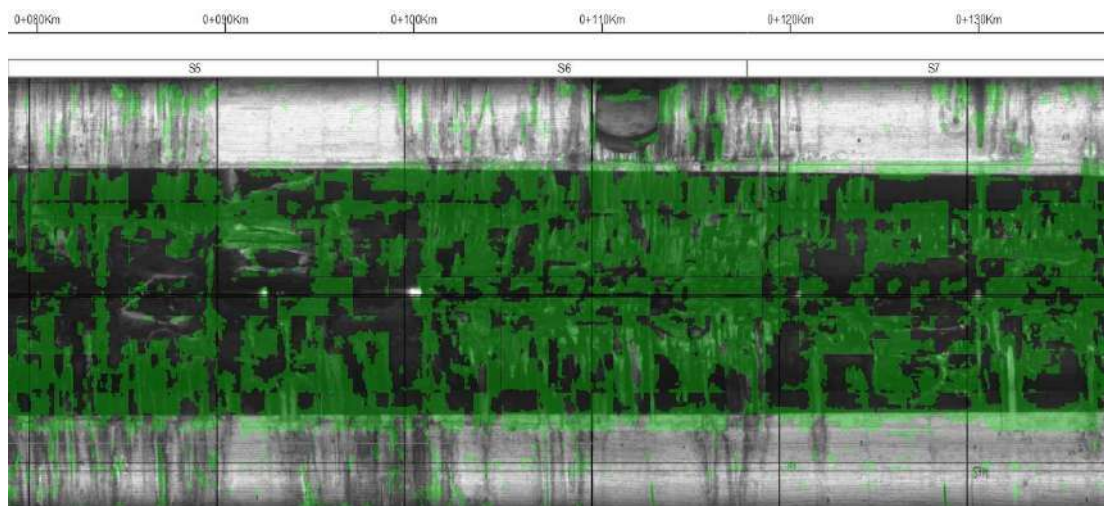
La galleria che si prende in considerazione appartiene alla stessa linea del precedente caso studio, anche in questo caso lo scavo è stato effettuato secondo il metodo tradizionale e anch'essa è rivestita in calcestruzzo. La galleria è alta circa 21m, lunga circa 255m ed è stata suddivisa in 13 settori di lunghezza circa uguale a 19.5m. In Figura 4-39, l'immagine di alcuni settori della galleria



**Figura 4-39: Inquadratura fotografica dei settori 5-6-7 di un'altra galleria della stessa linea stradale.**

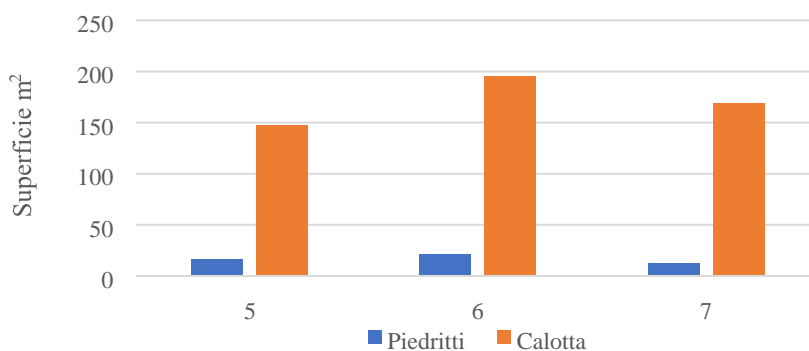
Considerando la Figura 4-39, si prevede che nel settore 6 sia presente una regione estesa con una densità di ammaloramento elevata rispetto ai settori 5 e 7 che appaiono meno degradati, in cui si prospettano ammaloramenti modesti.

Inizialmente, si effettua un'analisi automatica in cui viene usato lo stesso valore per il parametro Threshold che è risultato ottimale precedentemente. Dunque, il valore usato per l'analisi della calotta è 75 mentre quello usato per i piedritti 120. Nella Figura 57 viene riportato il risultato della digitalizzazione esportato in programma di disegno digitale per gli stessi settori 5-6-7.



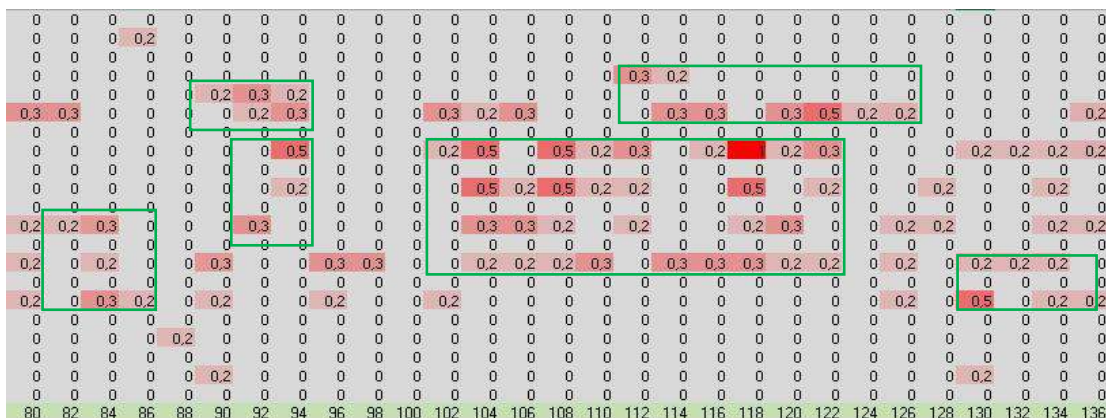
**Figura 4-40: Digitalizzazione automatica dei settori 5-6-7, Threshold=75 in calotta e Threshold=120 per i piedritti.**

Dall'analisi si nota come in questo caso un valore di Threshold pari a 120 pare essere troppo elevato per i piedritti, in quanto le aree digitalizzate non rispecchiano il reale ammaloramento. Tuttavia, l'indicazione che si ottiene considerando la somma delle aree ammalorate nei diversi settori sembra confermare le aspettative in quanto il settore 6 risulta maggiormente ammalorato rispetto agli altri due (Figura 4-40 e Figura 4-41).



**Figura 4-41: Istogramma in cui viene riportata la somma delle aree ammalorate nei settori 5-6-7.**

Per quanto riguarda la mappatura della densità degli ammaloramenti, prendendo come riferimento la Figura 4-39 ci si aspetta che nel settore 5 siano presenti alcuni ammaloramenti puntuali nelle vicinanze della chilometrica 90 e che successivamente sia presente una regione con una densità di ammaloramento maggiore per tutto il settore 6.



**Figura 4-42: Mappatura dei settori 5-6-7 tramite valore di Threshold pari a 220.**

Dalla Figura 4-42 si può notare come siano state rispettate le previsioni basate su un riconoscimento manuale in Figura 4-39. La mappatura mostra infatti un'ampia zona con una densità di ammaloramento elevata nel settore 6 e degli ammaloramenti più modesti negli altri settori.

#### 4.3.5 Approfondimenti puntuali

Alla luce delle considerazioni fatte nel capitolo precedente, vengono effettuati alcuni approfondimenti e test utili a comprendere le funzioni dell'algoritmo.

Il primo aspetto riguarda se la digitalizzazione mediante l'utilizzo di valori differenti di Threshold per piedritti e calotta possa portare all'individuazione di due valori di Threshold che approssimino correttamente l'area totale e possano quindi sostituire la digitalizzazione manuale.

Sono stati effettuati i seguenti test:

- 3 test per la calotta con *Threshold* pari a 80,75 e 70;
- 7 test per i piedritti con *Threshold* pari a 160,150,140,130,125,120 e 115.

Tramite la funzione export in programma di disegno digitale si esportano tutte le digitalizzazioni e si dividono in settori. Infine, tramite l'estrazione dati si ottengono i risultati seguenti.

I primi tre test sulla calotta indicano che il parametro di Threshold che meglio riesce a rilevare un'area totale di difetti settore per settore più simile a quella manuale è il valore 75, in quanto presenta una media di area digitalizzata di circa il 100%. Di seguito è riportata la Tabella 4-3 con le percentuali di area digitalizzata in calotta rispetto alla manuale.

**Tabella 4-3: Confronto digitalizzazione manuale e automatica in calotta.**

TH	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	Media
80	108%	90%	112%	86%	88%	119%	93%	73%	96%
75	114%	93%	119%	89%	92%	127%	97%	76%	100%
70	120%	96%	125%	93%	96%	131%	100%	81%	102%

Per quanto riguarda i piedritti, invece, dalla Tabella 4-4 il valore di Threshold, che sembra comportarsi meglio se messo a confronto con la digitalizzazione manuale è il valore 120.

**Tabella 4-4: Confronto digitalizzazione manuale e automatica sui piedritti.**

TH	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	Media
160	65%	51%	51%	33%	39%	36%	53%	97%	52%
150	82%	62%	63%	42%	49%	46%	63%	115%	63%
140	99%	73%	76%	51%	55%	59%	73%	130%	74%
130	125%	84%	92%	61%	64%	73%	83%	148%	88%
125	137%	90%	101%	68%	70%	83%	88%	160%	94%
120	145%	96%	109%	73%	74%	101%	90%	170%	104%
115	162%	101%	119%	79%	80%	102%	99%	184%	111%

I risultati mostrano che i due valori di Threshold selezionati approssimano correttamente l'area *totale* ammalorata sia sui piedritti che in calotta, con una differenza di pochi punti percentuali rispetto all'area totale manuale. Se invece si considera la prestazione dell'algoritmo sui singoli settori notiamo che per quanto riguarda la calotta i risultati presentano percentuali molto vicine al 100%, tuttavia il risultato è differente per i piedritti. Nel primo e nell'ultimo settore l'algoritmo sovrastima molto la superficie dei difetti, ma il problema sembra limitato solamente a questi due settori. Questa problematica potrebbe essere causata dal fatto che durante la digitalizzazione manuale sia stato usato un metodo di giudizio diverso oppure che

questi settori presentino tipologie di difetti che vengono riconosciute come difetti causati dall'acqua ma che in realtà non lo sono.

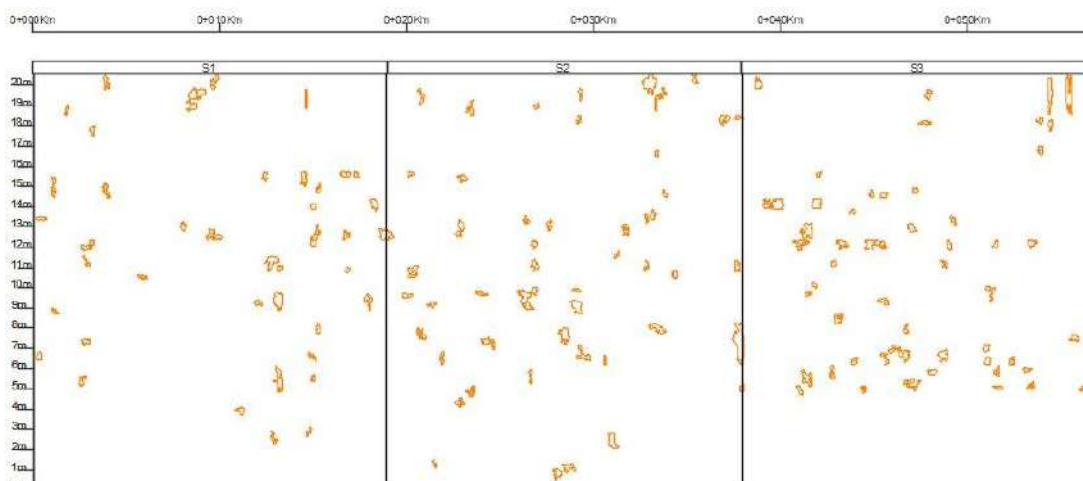
Tramite questo tipo di analisi, i risultati ottenuti dall'algoritmo di AI appaiono più concordi con quelli della digitalizzazione manuale, infatti quasi in ogni settore e in ogni area strutturale è stata digitalizzata un'area molto simile a quella digitalizzata manualmente, tuttavia rimangono alcune criticità.

In una tipologia di test in cui si effettua un confronto tra le aree non si dà importanza all'effettiva individuazione della localizzazione degli ammaloramenti sul rivestimento della galleria; pertanto, la congruenza tra la superficie prodotta dal modello e quella manuale di riferimento può essere presente anche se l'algoritmo considera come difetto una porzione di rivestimento diversa da quella effettivamente ammalorata ed allo stesso tempo non ne individua altre soggette ad ammaloramenti reali.

Altro aspetto volge lo sguardo verso alcune criticità delle modalità di analisi effettuate nel paragrafo precedente:

- La veridicità delle analisi è fortemente legata al parametro di Threshold utilizzato, abbiamo visto infatti come spesso nei piedritti sia necessario diminuire il valore di soglia per evitare la comparsa di molteplici falsi positivi;
- La determinazione della linea separatrice tra piedritti e calotta nelle analisi precedenti è stata inserita ad una quota fissa per semplicità di calcolo, ma in molti casi sono presenti oscillazioni nella quota di separazione delle due zone strutturali;
- Il risultato che otteniamo in termini di area totale digitalizzata non può considerarsi affidabile, bensì è da considerarsi come un mero indicatore dei settori più ammalorati.

Alla luce di queste considerazioni si propone una modalità di applicazione e interpretazione dei risultati dell'algoritmo di Intelligenza Artificiale differente, un'analisi slegata dal valore di Threshold senza l'esigenza di suddividere la galleria in piedritti e calotta. L'analisi viene condotta utilizzando un parametro Threshold molto elevato così da digitalizzare solo le porzioni di rivestimento a cui l'algoritmo assegna una probabilità alta di costituire un difetto. Il risultato generato è rappresentato da un insieme di difetti con un'area generalmente di circa  $0,2\text{m}^2$ . In questo modo si limita, per quanto possibile, la comparsa di falsi positivi. In Figura 4-43 vengono raffigurate le esportazioni su programma di disegno digitale dei Settori 1-2-3 a titolo d'esempio.

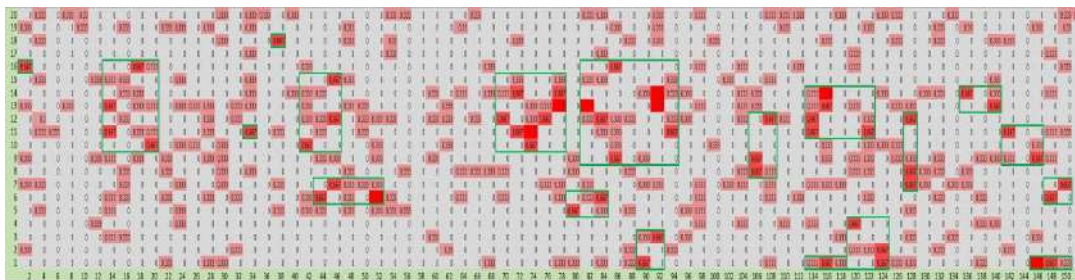


**Figura 4-43: Settori 1-2-3 digitalizzati mediante valore di Threshold pari a 220.**

Dalla Figura 4-43 in cui i settori 1-2-3 sono stati analizzati con un valore di Threshold pari a 220 è facile constatare la diversa distribuzione dei difetti, l'area maggiormente ammalorata risulta essere la calotta. In questo paragrafo si ricerca un metodo analisi e interpretazione dei risultati che renda possibile localizzare agevolmente le aree maggiormente ammalorate.

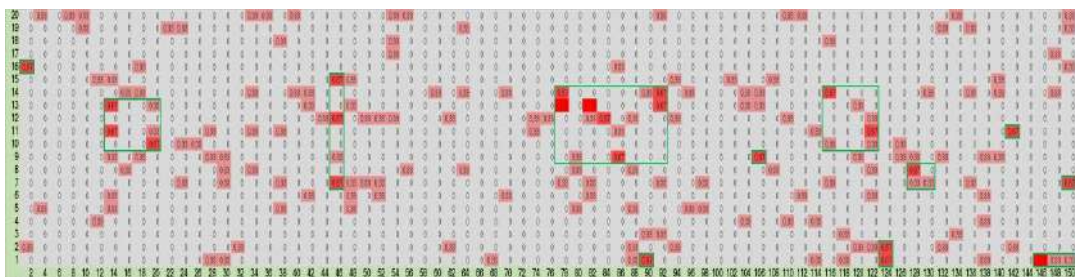
I diversi settori sono stati suddivisi in griglie di dimensioni  $2m \times 1m$  al cui interno è stata "quantificata" la densità dei difetti riscontrati. Se il valore all'interno di ogni cella rappresenta il numero di difetti presenti all'interno della cella stessa, si possono considerare questi valori come indicatori dell'intensità di ammaloramento. È infatti ragionevole pensare che più difetti si trovino in una stessa area più intenso sia l'ammaloramento di quella porzione di rivestimento, in quanto l'algoritmo in cui viene impostato un livello di soglia molto elevato digitalizza solo difetti con area molto ridotta, ed è quindi la loro concentrazione a determinarne l'intensità.

In Figura 4-44, si riporta la griglia ricavata usando valore di Threshold pari a 220 in cui vengono evidenziate in verde le zone maggiormente ammalorate. I valori sono normalizzati rispetto al valore maggiore riscontrato lungo l'intera griglia. Mediante la formattazione condizionale sono state evidenziate in rosso le celle con una maggiore densità di ammaloramento. Questa rappresentazione fornisce dunque un'indicazione sulla distribuzione degli ammaloramenti e rende possibile stabilire la posizione delle aree maggiormente ammalorate. Questo tipo di analisi non necessita quindi della suddivisione della galleria in piedritti e calotta.



**Figura 4-44: Mappatura della densità degli ammaloramenti effettuata con valore di Threshold pari a 220.**

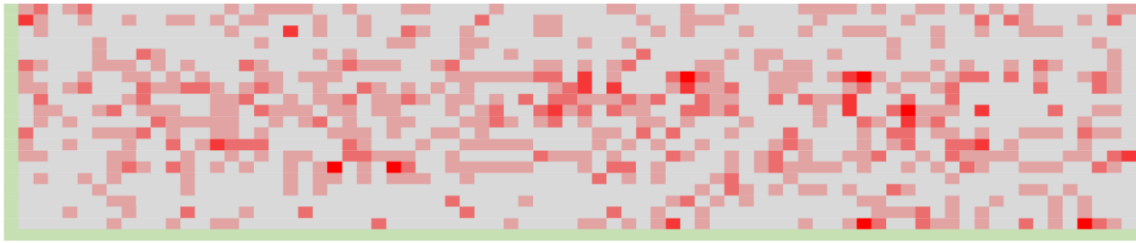
L'elemento chiave di questo tipo di analisi è rappresentato dal fatto che si identificano le medesime regioni ammalorate utilizzando valori di Threshold univoci, a patto che essi siano sufficientemente alti da far sì che l'algoritmo non digitalizzi un numero elevato di falsi positivi. Inoltre, è fondamentale che il valore di Threshold non sia troppo elevato in quanto si necessita della digitalizzazione di una quantità ragionevole di difetti che conferiscano robustezza all'analisi. Nella Figura 4-45 si riporta la mappatura effettuata tramite il parametro Threshold pari a 230.



**Figura 4-45: Mappatura della densità degli ammaloramenti effettuata con valore di Threshold pari a 230.**

Dall'immagine si può notare come le regioni con densità di ammaloramento elevate possiedano un'estensione minore rispetto a quelle mappate con il parametro Threshold pari a 220. Questo è dovuto al fatto che aumentando il valore di Threshold diminuisce il numero totale dei pixel considerati come difetto. Tuttavia, è la posizione di queste regioni che fornisce l'informazione desiderata e che induce l'operatore a porre l'attenzione sulle medesime aree selezionate tramite la mappatura precedente.

Il valore di Threshold pari a 210 invece viene identificato come valore di Threshold minimo utile in un'analisi di questo tipo, in quanto una mappatura con valori minori risulta essere poco chiara a causa dall'elevato numero di difetti (Figura 4-46), sebbene si riesca ancora a riconoscere le aree maggiormente ammalorate.



**Figura 4-46: Mappatura con valore di Threshold pari a 210 .**

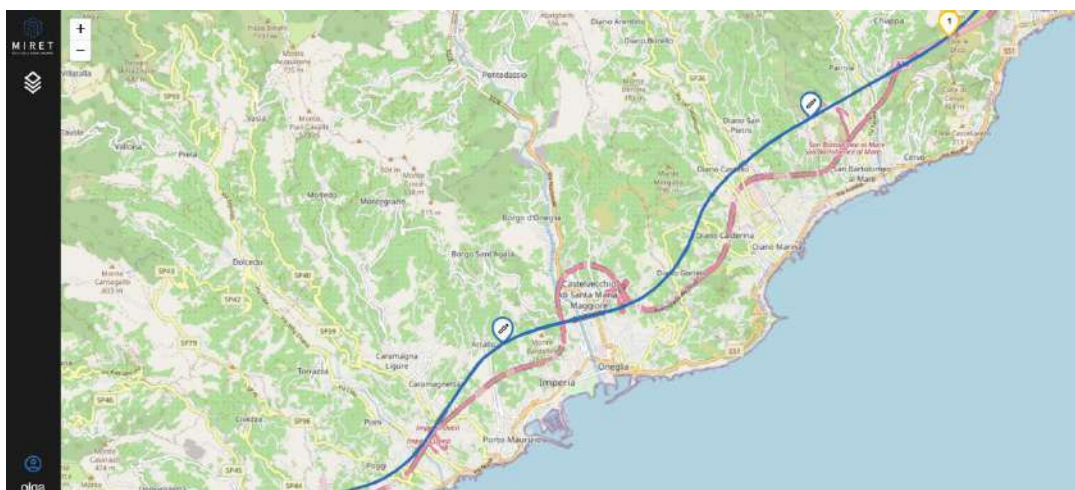
Con questo approccio “empirico”, è possibile dunque svincolarsi dalla sensitività del parametro Threshold a patto di avere come obiettivo l’identificazione solo qualitativa delle aree che richiedono maggior attenzione.

#### **4.4 Piattaforma e integrazione dati**

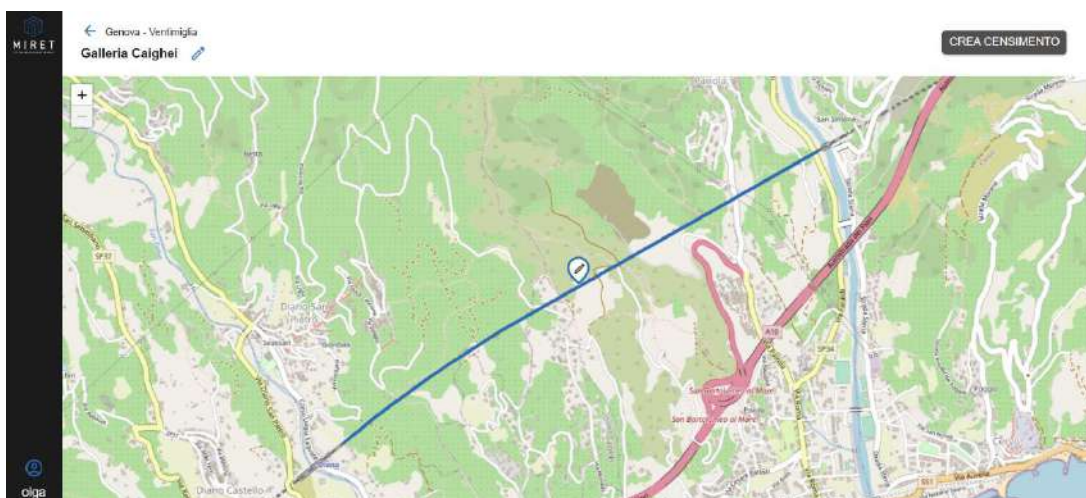
Il flusso di lavoro MIRET, con mappatura delle Priorità-Rischio e approccio pianificatorio-progettuale integrato può garantire un uso più efficiente ed efficace delle risorse in tutte le fasi di programmazione e l’esecuzione di tutte le fasi di realizzazione nel rispetto della linea di lavoro, dei problemi di progettazione e delle restrizioni causate da eventi eccezionali. Per permettere ciò, i dati esposti ai paragrafi precedenti devono essere caricati in un sistema comune di Asset Management, che permette poi di visualizzare il dettaglio dei singoli Moduli/Elementi dell’infrastruttura. Il sistema dovrebbe essere sempre di facile lettura, sfruttando ambienti Open per permettere un’integrazione con strumenti esterni e API (Application Programming Interface). Nel seguito si mostra il lavoro e le caratteristiche principali del sistema oggetto del presente studio, che può e deve avere connotazioni specifiche, spesso anche sostanziali, in funzione dell’Ente gestore degli Asset secondo i principi esposti ai capitoli precedenti.

Il lavoro di raccolta ed analisi dati territoriali, e delle loro interazioni con strutture ed infrastrutture, ha una valenza pianificatori e progettuale e si basa su dati geografici, ossia con una componente informativa legata alla loro posizione nello spazio. Tale approccio esprime al meglio le proprie funzionalità se organizzato in una banca dati territoriale che può venire mantenuta ed aggiornata con cadenza regolare, sulla base delle modifiche che vengono apportate dalla realizzazione di opere di messa in sicurezza, o più in generale da variazioni naturali o antropiche che coinvolgono le opere e le aree analizzate.

La Piattaforma ha come obiettivo la digitalizzazione, gestione e analisi dei dati provenienti dai diversi Moduli o Elementi dell'infrastruttura. La piattaforma permette di digitalizzare l'infrastruttura (Figura 4-47) ed effettuare manipolazione e analisi dei dati pianificatori del singolo elemento (Figura 4-48) in un unico ambiente di lavoro.



**Figura 4-47: Esempio di visualizzazione Infrastruttura su piattaforma MIRET.**

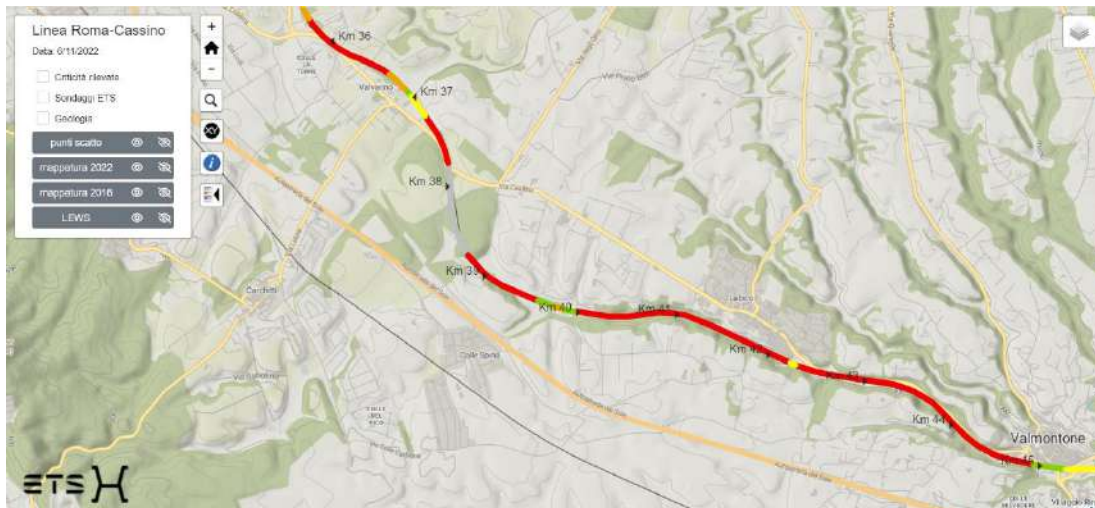


**Figura 4-48: Esempio di visualizzazione Galleria su piattaforma MIRET.**

L'utilizzo di una piattaforma web offre molteplici vantaggi, quali la possibilità di accedere agevolmente a dati open source, di gestire gli accessi web e di far fronte ad una mole elevata di informazioni e dati provenienti da diversi ambienti (interni ed esterni) e gestibili in un unico ambiente.

La piattaforma si interfaccia con altri strumenti web per gestire aspetti specifici propri di alcuni elementi. Nello specifico si mostra l'esempio della piattaforma WebGIS specifica che, a partire dalla piattaforma precedente, permette il dettaglio per

la gestione del rischio geomorfologico (Figura 4-49). La piattaforma permette di digitalizzare le analisi delle priorità per i versanti e scarpate e incidenti con l'infrastruttura ferroviaria.



**Figura 4-49: Esempio di visualizzazione in piattaforma delle Priorità specifica per i Versanti/Scarpate.**

I livelli informativi che possono essere accesi o spenti dalla legenda possono essere interrogati cliccando su ogni singolo elemento con il tasto sinistro del mouse. In funzione del layer che viene interrogato si otterrà una diversa risposta e verranno visualizzate informazioni relative a quel singolo elemento: immagini, link a documenti che possono essere aperti e scaricati, o qualsiasi altro elemento in formato digitale.

A seconda delle informazioni associate, la risposta sarà differente: alcuni oggetti restituiscono solo informazioni, altri restituiscono anche link a documenti che riguardano, per esempio, approfondimenti o studi particolari: tali documenti possono essere aperti e letti nel browser, oppure scaricati in locale.

Per rispondere all'esigenza di poter intervenire ed aggiornare la banca dati con informazioni nuove, in ogni WebGIS si permette l'invio di segnalazioni fatte durante le ispezioni. Per le infrastrutture lineari, ad esempio una linea ferroviaria, è possibile inserire informazioni direttamente dal sito mediante smartphone o tablet (e.g. crolli, frane, situazioni di degrado delle strutture), indicando la/le chilometriche di riferimento, una descrizione e allegare un documento o fotografia descrittiva della modifica. Tali dati vengono inviati ai server oltre che via mail ad operatori abilitati che si occuperanno della verifica, validazione ed eventuale modifica dei dati ed aggiornamento della banca dati.

Per permettere la visualizzazione di output complessi, la piattaforma incorpora un sistema di gestione e sovrapposizione degli output, su livelli e per anno di acquisizione/elaborazione, su base progressiva.

In questo modo l'utente può navigare nei singoli output senza bisogno di software specifici. Oltre alla semplice navigazione, all'utente è permesso anche di fare misure di distanze ed aree, visualizzare i dati ed eventualmente scaricarli.

## CONCLUSIONI

Il flusso di lavoro MIRET, con mappatura delle Priorità-Rischio e approccio pianificatorio-progettuale integrato può garantire un uso più efficiente ed efficace delle risorse in tutte le fasi di programmazione e l'esecuzione di tutte le fasi di realizzazione nel rispetto della linea di lavoro, dei problemi di progettazione e delle restrizioni causate da eventi eccezionali.

Contestualizzato e spiegato il framework di rischio, sostenibilità, tecnologia (e.g. BIM, IA, Mobile mapping) ed elementi analizzati (i.e. infrastruttura di trasporto ferroviaria), si è mostrato con un caso applicativo come sia possibile interfacciare le analisi di Priorità e Rischio di elementi diversi dell'infrastruttura con un approccio metodologico comune che permetta un ambiente digitale e integrato per le decisioni e le strategie. In particolare:

- Gallerie: l'utilizzo di un approccio basato sull'analisi multicriteria permette di individuare un Indice di Priorità sintetico combinando i parametri esposti al capitolo precedente, rappresentativo di ogni settore. La visione degli indici, sia delle classi di anomali, sia di Priorità, permette di visualizzare subito le aree più critiche, classificarle e adottare le strategie decisionali. Le tecnologie mobile mapping sono molto promettenti per le gallerie, così come la possibilità di digitalizzare tutti gli aspetti del sistema di Asset Management e in particolare le ispezioni. La gestione digitale con un modello unificato o un insieme di modelli georiferiti/sovrapponibili, permette un'integrazione più agevole delle informazioni. L'Intelligenza Artificiale sarà particolarmente utile per la scrematura dei Big Data che questi sistemi rilevano, sia nella loro accezione manuale, sia in quella automatica. In quest'ultimo caso è possibile avere maggiore oggettività e ripetibilità dei dati, potendo sfruttare al massimo questi algoritmi informatici e ingegneristici come MIRET;
- Versanti e Scarpate: l'analisi multicriteria permette di ottenere un quadro generale delle problematiche riguardanti la linea, mediante il calcolo di una Priorità che esprime la propensione al dissesto per ciascun tratto elementare di linea rendendo

possibile definire un elenco di interventi prioritari e progettare opere di protezione più appropriate;

- Cambiamento climatico: la visione degli indici di Priorità, permette di visualizzare subito le aree più critiche, classificarle in funzione delle variabili meteo-climatiche singole e/o accorpate e adottare le strategie decisionali per soddisfare l'obiettivo della tassonomia ambientale Europea di mitigazione del rischio al cambiamento climatico grazie al supporto di una procedura quantitativa.

Nei prossimi anni si prevede di lavorare maggiormente sui seguenti aspetti aperti:

- Valutazione quantitativa del rischio e procedura di valutazione sempre più integrata con tutti i sistemi della resilienza;

- Integrazione di sistemi di Early Warning (Allertamento) con il rischio e le procedure di gestione;

- Integrazione dei sistemi di gestione del rischio specifici e generali con il Sistema di Gestione della Sicurezza degli Enti gestori;

- Maggiore usabilità delle tecnologie e dei processi già consolidati (e.g. BIM);

- Maggiore implementazione delle tecnologie che richiedono banche dati e ulteriore sviluppo sperimentale (e.g. IA);

- Maggiore automatizzazione nell'integrazione dei dati dei diversi elementi dell'infrastruttura e delle componenti fisiche con le altre caratterizzanti la resilienza.

Le pietre miliari del MIRET sono varie e complesse, così come le connessioni tra i suoi elementi. Si richiede esperienza, tecnica, multidisciplinarietà, innovazione e, soprattutto, equilibrio. L'approccio sistemico-relazionale del MIRET attinge le soluzioni da tecnologie, strutture informatiche e processi all'avanguardia, legandoli ad un'unificazione dell'approccio dei Committenti, i veri e necessari leader del cambiamento resiliente.

Il MIRET non è la risposta alla domanda di equilibrio, ma uno dei mezzi principali per veicolarla. La profonda conoscenza e l'uso consapevole delle risorse possono fare la differenza nell'impatto di un'opera o della sua manutenzione. Infrastrutture, ponti, opere di sostegno, dissesto idrogeologico e infrastrutture sono solo alcuni degli elementi dove l'ingegneria e il valore tecnico devono essere l'equilibratore tra il grigio e il verde, applicando soluzioni flessibili che mirano alla resilienza dell'opera e alla

sua perfetta integrazione con l'ambiente circostante per la durata del ciclo di vita (e oltre).

L'obiettivo sarà quello di avere un sistema digitale e automatizzato, sempre meno incline a processi manuali, ma sotto il dominio dell'essere umano, soprattutto del suo know-how tecnico e della sua sensibilità di sistema, per cui potrà essere sempre e solo l'unico responsabile. Questa transizione è fondamentale per allinearsi in tempi brevi agli obiettivi nazionali e internazionali per garantire la sostenibilità della vita e delle nostre attività con il sistema pianeta in tempi brevi, come richiede l'urgenza delle attuali fragilità che stiamo vivendo e destinati a crescere con gli attuali squilibri nazionali e mondiali.

## BIBLIOGRAFIA

- AIPCR, 2014. *Convegno Nazionale AIPCR, CT 4.1 Gestione patrimonio stradale*. Roma, Associazione Mondiale della Strada.
- ANSFISA, 2021. *Relazione annuale sulla sicurezza delle ferrovie 2021*, Roma: ANSFISA.
- Barnet, A. F. et al., 2021. Climate services for tourism: An applied methodology for user engagement and co-creation in European destinations. *Climate Services*, 23(-), pp. -.
- Bucchignani, E., Montesarchio, M., Zollo, A. L. & Mecogliano, P., 2015. High-resolution climate simulations with COSMO-CLM over Italy: performance evaluation and climate projections for the 21st century. *International Journal of Climatology*, 36(2), pp. 735-756.
- Castelli, E., 2012. *Infrastrutture viarie in sotterraneo: approccio progettuale*, Trento: Università degli Studi di Trento.
- D.Lg.vo 264/06 "Sicurezza per le gallerie della rete stradale transeuropea" (2006) Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.
- Dalla Fontana, G., 2013. *Sistemazione dei versanti: cause di instabilità e interventi di consolidamento*, Padova: Università di Padova.
- De Vita, A., De Gaetani, C. I., Foria, F. & Calicchio, M., 2022. *Utilizzo di algoritmi basati sull'Intelligenza Artificiale nel monitoraggio di tunnel rivestiti in CLS: verifica e possibile integrazione nelle procedure ispettive*, Milano: Politecnico di Milano (Tesi Magistrale).
- Direttiva 2014/95/EU "Non Financial Reporting Disclosure" (2014) Unione Europea.
- European Banking Authority, 2020. *Guidelines on Loan Origination and Monitoring*, Parigi: EBA.

- Foria, F., 2013. Creare cartografia digitale grazie al GIS e al Remote-Sensing. *GEOMedia*, 10 Ottobre, p. 4.
- Foria, F. et al., 2019. *ARCHITA: an innovative multidimensional mobile mapping system for tunnels and infrastructures*. Lille, MATEC Web Conf..
- Foria, F. et al., 2022. *Deep Learning Based Detachment Segmentation: the MIRET Approach*. Roma, IEEE.
- Foria, F. et al., 2022. *Obiettivo Carbon Neutrality: ruolo, stato e prospettive delle osservazioni ambientali*, Roma: ICOS.
- Foria, F. et al., 2021. *Artificial intelligence and image processing in the MIRET approach for the water detection and integrated geotechnical management of existing mechanized tunnels: Methodology, algorithm and case study*. Londra, Taylor & Francis.
- Foria, F. et al., 2021. *Modélisation des défauts et maintenance des tunnels existants avec une approche novatrice ( MIRET ): l ' étude de cas de la ligne de chemin de fer Gênes - Vintimille et du métro de Rome*. Parigi, AFTES.
- Foria, F., Giordano, R., Avancini, G. & Miceli, G., 2021. *Mitigation measures for the protection of coastal railways in the Flysch of Western Liguria*. Londra, IOP Publishing Ltd.
- Foria, F., Giordano, R., Tommasi, D. & Miceli, G., 2021. *Galleria Olmata, from survey to construction: an integrated design approach for the renewal of railway tunnels*, Kuala Lumpur: ITA-AITES.
- Foria, F. et al., 2022. *Digital transformation in the visual inspection of heritage railways tunnels: Technology, artificial intelligence and methodology*. Londra, CRC Press.
- Foria, F. et al., 2021. *Application of Spatial Multi-Criteria Analysis (SMCA) to assess rockfall hazard and plan mitigation strategies along long infrastructures*. Londra, IOP Publishing.

- Foria, F. et al., 2021. *La rénovation des tunnels sur la ligne Rome – Naples : planification stratégique avec le système de modélisation mobile ARCHITA et approche intégrée pour le projet du Tunnel Olmata*. Parigi, AFTES.
- Foria, F. et al., 2022. *Mappatura dei rischi idrogeologici e del rischio al cambiamento climatico per le infrastrutture*. Roma, SIGEA.
- Hallegatte, S., Rentschler, J. & Rozenberg, J., 2019. *Lifelines: The Resilient Infrastructure Opportunity*, Washington: International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank.
- ICMQ, 2021. *La valutazione DNSH per le infrastrutture e il protocollo Envision*, Milano: ICMQ.
- ISO 26000 “Guidance for Social Responsibility” (2020) International Organization for Standardization.
- ISO 31000 “Risk Management” (2018) International Organization for Standardization.
- ISO 55000 “Asset management” (2014) International Organization for Standardization.
- ISO/IEC 17029 “Conformity Assessment – General principles requirements for verification and validation bodies” (2019) International Organization for Standardization.
- ISO/TS 17033 “Ethical claims – principles and supporting information” (2019) International Organization for Standardization.
- Linee guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio delle gallerie esistenti lungo le strade statali o autostrade* (2022) Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibile.
- Linee guida per la classificazione e gestione del rischio* *Linee guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti* (2022) Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibile.

- Lottini, D., De Gaetani, C. I. & Foria, F., 2021. *Analisi di sensitività di algoritmi per il riconoscimento automatico di ammaloramenti in tunnel ferroviari*, Milano: Politecnico di Milano (Tesi Magistrale).
- Manuale di progettazione gallerie* (2022) Rete Ferroviaria Italiana.
- NCHRP, 2009. *An Asset-Management Framework for the Interstate Highway System*, Cambridge: National Cooperative Highway Research Program.
- OECD, 2018. *Due Diligence Guidance for Responsible Business Conduct*, Parigi: OECD.
- OECD, 2021. *Building Resilience - New Strategies for Strengthening Infrastructure Resilience and Maintenance*, Parigi: OECD.
- Peppoloni, S. & Di Capua, G., 2021. *Geoetica: Manifesto per un'etica della responsabilità verso la Terra*. 1a a cura di Roma: Donzelli Editore.
- Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC)* (2017) Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.
- Regolamento 2019/2088 "Sustainable Finance Disclosure Regulation"* (2019) Unione Europea.
- Regolamento 2020/852 "Tassonomia"* (2020) Unione Europea.
- Re, S., 2020. *Acque italiane: fact-checking su fiumi e torrenti nel nostro Paese*. [Online]  
Available at: <https://www.queryonline.it/2020/09/24/acque-italiane-fact-checking-su-fiumi-e-torrenti-nel-nostro-paese/>  
[Consultato il giorno 7 Aprile 2023].
- Spackman, M., Philips, L. & Pearman, A., 2009. *Multi-Criteria Analysis: A Manual*. 1a a cura di Londra: Department for Communities and Local Government.
- U.S. Geological Survey, 2004. *Landslide Types and Processes*, Golden: U.S. Geological Survey.
- UNI/Pdr 102:2021 "Afferzioni etiche di responsabilità per lo sviluppo sostenibile"* (2021) Ente Nazionale Italiano di Unificazione.

World Bank Group, 2021. *Well Maintained: Economic Benefits from more Reliable and Resilient Infrastructure*, Washington: International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank.



# UNIVERSITA' POPOLARE DELLA TOSCANA

ASSOCIAZIONE PROFESSIONALE - LEGGE 4/2013 (artt. 4, 7 e 8)

Sedi di Milano, Firenze, Genova, Roma, Napoli, Caserta e Telematica

## DICHIARAZIONE ORIGINALITA' TESI

Io sottoscritta/o FORIA FEDERICO, matr. 76129091989 iscritta/o al PhD in Rischio e Sostenibilità nei Sistemi Complessi dell'Ingegneria Civile, laureanda/o nel mese di Maggio 2023

dichiaro che il presente lavoro dal titolo  
METODOLOGIA E TECNOLOGIE PER LA TRASFORMAZIONE DIGITALE E  
LA TRANSIZIONE ECOLOGICA NELLA PROGETTAZIONE E  
PIANIFICAZIONE DELLE INFRASTRUTTURE

è un elaborato prodotto da me e che tutto il materiale riportato (pubblicato o non pubblicato) è esplicitamente citato con riferimento alle fonti originali.

Sono consapevole delle conseguenze giuridiche che subentrerebbero, ai sensi della normativa vigente, se ai controlli sull'originalità del lavoro dovessero risultare parti non originali e di cui non è citata la fonte.

(Luogo e data)

Firma

11/04/2023, Pomigliano D'arco

---

# Pesca Ecosostenibile nell'Alto Adriatico e in Ambienti di Transizione: Studio, Sviluppo e Perfezionamento di Antichi Metodi di Pesca attraverso l'Utilizzo di Specifiche Nasse e Reti da Posta

Alberani Alberto<sup>1</sup>

*<sup>1</sup> Facoltà classe in Scienze, Ambiente e Territorio  
Indirizzo: Doctor of Philosophy (Dottorato di Ricerca)*

---

## **Parole Chiavi**

*Sostenibilità,  
società, pesca  
sostenibile, nasse,  
protocollo  
sperimentale*

## **Relatori**

Prof. Natale Vito

## **Candidato/a**

Alberani Alberto  
Matricola: 125612061975  
UNITOSCANA/IT

## **Introduzione**

Con il lavoro di tesi di dottorato che elaborerò di seguito sarà marcata in maniera evidente l'importanza del concetto di sostenibilità nel mondo odierno, nonché il pilastro fondamentale della pesca sostenibile, fulcro per una salvaguardia degli ecosistemi marini, lagunari e altresì delle acque interne. Questi ambienti sono minacciati e sfruttati in maniera impropria da tecniche di pesca non sostenibili e sistemi economici della filiera della pesca non sempre consoni con gli obiettivi dell'Agenda 2030. Utilizzare tecniche di pesca, ritenute dai più "obsolete", ma invece dimostrate fruibili ed economicamente efficaci anche al giorno d'oggi ci invita a sviluppare e divulgare a terzi questi concetti legati alla pesca sostenibile. Ciò porterebbe oltretutto a salvaguardare l'ambiente marino e lagunare diminuendo lo sforzo di pesca divenuto purtroppo insostenibile e inadeguato con lo sviluppo della società odierna. L'utilizzo e il performare le tecniche antiche di pesca, quali le nasse, non salvaguarda soltanto il folclore di un territorio, ma ci porta in una dimensione di pesca innovativa migliorando la qualità del pescato e salvaguardando gli ecosistemi marini. Sarà analizzato questo concetto traslandolo sulla pescosità del mare Adriatico coadiuvandolo altresì con progetti di valenza internazionale quali sono il Prizefish e Adrion dai quali prenderemo spunto per amplificare e rendere duttile questo lavoro.

## **Capitolo 1 : Concetto di sostenibilità e interazione con la società**

### **1.1 Il concetto di sostenibilità**

Il concetto di legato alla sostenibilità ha genesi recente, nonostante si possano ritrovare spunti ed approcci molto simili già a partire dal XVIII nella scuola di pensiero italiana dell'economia civile, sviluppatasi nel contesto dell'illuminismo napoletano. Infatti, già allora personaggi come Genovesi, Filangieri e Dragonetti sottolineavano la necessità di orientare le imprese a perseguire non solo la soddisfazione personale, rappresentata dalla massimizzazione dei profitti, bensì a migliorare il benessere dell'intera Comunità di cui sono parte. L'idea moderna di sostenibilità si afferma a partire dagli anni Settanta inizialmente con un'accezione prettamente ecologica, tuttavia tale ristrettezza al campo ambientale pare oggi ampiamente superata attribuendo al termine carattere più ampio. Tra le definizioni più quotate rientra sicuramente quella emersa dal rapporto Brundtland del 1987 pubblicato dal World Commission on Environment and Development. Nel report "Our Common Future" lo sviluppo sostenibile è definito come "development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs" (United Nations General Assembly, 1987, p. 43)<sup>3</sup>. Si tratta di una definizione piuttosto generale che lega il concetto di sostenibilità ad un principio: l'equità intergenerazionale. Obiettivo di tale tipologia di sviluppo non è meramente la crescita e la soddisfazione dei bisogni del presente ma impone anche la condizione che questi vengano acquisiti senza danneggiare e compromettere la capacità delle generazioni future di provvedere ai propri. In senso lato, adottare un approccio sostenibile può essere considerato come la vittoria del collettivismo e del solidarismo sull'individualismo e sull'egoismo. Si tratta di un orientamento lungimirante volto a promuovere una tipologia di crescita che assicuri alle generazioni successive una qualità di vita non inferiore alle precedenti. È bene sottolineare, soprattutto in riferimento alle crescenti criticità ambientali, che quando si parla di generazione successive ci si riferisce alle prossime immediate: se non si interviene tempestivamente e decisamente si rischia di comprometterne il futuro in maniera irreversibile. L'attenzione alla sostenibilità sta via via crescendo e sta attirando l'interesse della maggior parte dei Paesi anche con manovre globali volte a

promuoverne la diffusione. In tal senso, il 25 settembre 2015 è stata approvata dai 193 paesi costituenti delle nazioni unite l'Agenda Globale per lo sviluppo sostenibile nella quale sono individuali 17 SDGs “sustainable development goals”, articolati in 169 target e 240 indicatori, da raggiungere entro il 2030 : **(Fig 1)** . Si tratta di obiettivi con carattere universale che riguardano tutti i Paesi coinvolti ed in particolare le popolazioni povere del sud del mondo. L'approvazione dell'Agenda è stata accolta con grande entusiasmo: essa rappresenta un significativo passo avanti nel modo di trattare lo sviluppo sostenibile promuovendo un senso di responsabilità globale nella sua attuazione. È emerso un chiaro giudizio sull'insostenibilità dell'attuale modello e dei seri rischi che esso comporta per il presente e soprattutto per il futuro. L'Agenda costituisce una risposta decisa alla necessità di un intervento integrato per affrontare la sfida della sostenibilità nelle sue tre dimensioni: economica, sociale ed ecologica Tuttavia, vi è la consapevolezza che raggiungimento degli SDGs sarà una sfida tutt'altro che semplice e che ciò richieda il coinvolgimento di tutte le componenti delle società: delle imprese, istituzioni, università e soprattutto dei singoli cittadini. Il concetto di sostenibilità permea in tutti i settori, primario, secondario e terziario ed è fondamentale che il concetto non attraversi la popolazione marginalmente ma in maniera efficace tutta la popolazione va informata e istruita sul concetto del sostenibile e della sostenibilità come mattoni per creare un mondo migliore e più fruibile a tutti. <sup>[1]</sup>

---

<sup>3</sup>The concept of sustainable development: definition and defining principles  
United Nations General Assembly 1987 pag.4

**Fig. 1:** Sustainable Development Goals proposti dall' Agenda 2030.



**Fonte:** [https://tse3.mm.bing.net/th?](https://tse3.mm.bing.net/th?id=OIP.5uRvZ1jNCRnK30aZxScEKgHaHa&pid=Api&P=0)

[id=OIP.5uRvZ1jNCRnK30aZxScEKgHaHa&pid=Api&P=0](https://tse3.mm.bing.net/th?id=OIP.5uRvZ1jNCRnK30aZxScEKgHaHa&pid=Api&P=0) <sup>[2]</sup>

## 1.2 La sostenibilità possiede tre dimensioni interconnesse

Possiamo fornire un peso alla definizione e importanza strategica della sostenibilità analizzando e sviscerando la citazione dell'economista Boulding :

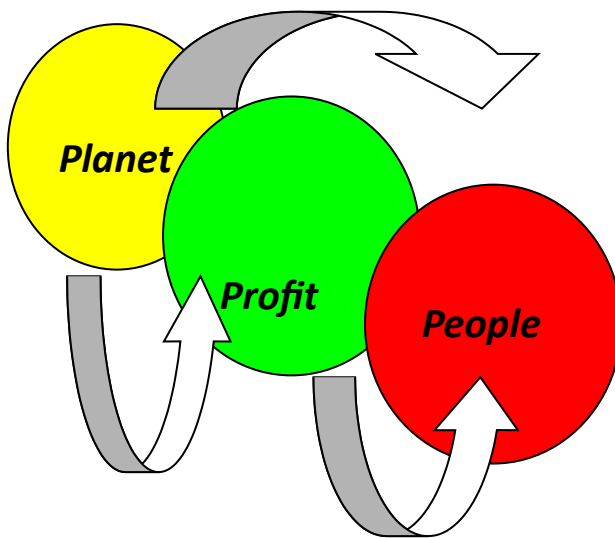
*«The Earth has become a single spaceship, without unlimited reservoirs of anything, either for extraction or for pollution, and in which, therefore, man must find his place in a cyclical ecological system in which is capable of continuous reproduction of material form even though it cannot escape having inputs of energy»<sup>4</sup>*

---

<sup>4</sup> **Boulding, K. E. (1966)** 'The Economics of the Coming Spaceship Earth', in Jarrett, H. (ed) *Environmental quality in a growing economy: Saggio dal Sesto Forum RFF*, New York, RFF Press, pp. 3-14

Lo sviluppo sostenibile si realizza nel perseguimento della sostenibilità lungo tre dimensioni strettamente interrelate: dimensione economica, sociale ed ambientale. Tale concetto fu proposto per la prima volta nel 1997 da John Elkington nel ormai famoso articolo *“Partnerships from cannibals with forks: the triple bottom line of 21st-century business”*. Con l’espressione “the triple bottom line” Elkington intende promuovere la misurazione della performance di un’azienda in relazione non solo al risultato economico bensì includere anche i risultati sociali ed ambientali. Lo sviluppo sostenibile pertanto comprende il costante miglioramento delle prestazioni aziendali lungo le tre dimensioni. Nell’articolo Elkington, individua tre aspetti su cui indirizzare il focus aziendale in linea con l’approccio TBL: profit, people e planet, strettamente interconnessi tra di loro con attraverso un feed-back positivo (**fig.2**)

**Fig 2** : Connessione dei concetti : profit, people, planet



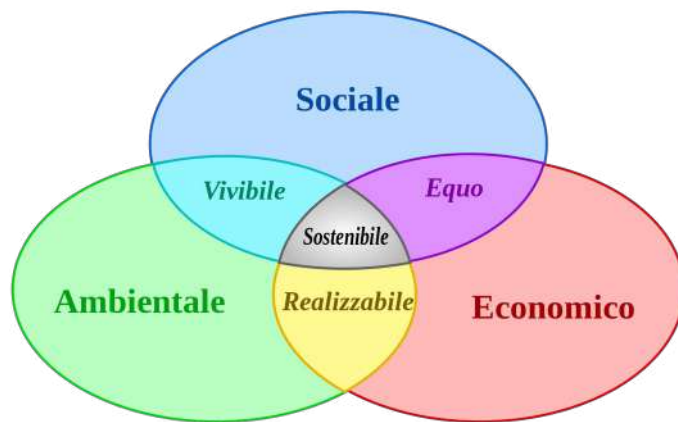
**Fonte : propria** (Alberto Alberani)

1. **Profit:** è la misura tradizionale per valutare la performance economica dell'azienda. L'assunto a base di tale aspetto è semplice: se l'impresa non è capace di produrre profitti non è destinata a sopravvivere nel tempo. È utile precisare, che per profitti si intende la creazione di valore nel lungo periodo.
2. **People:** è importante per l'azienda valutare il proprio impatto sulle persone e quindi sulla società con cui interagisce. Al riguardo, è promossa la figura aziendale socialmente responsabile.
3. **Planet:** riguarda l'impatto che l'azienda ha sull' ambiente e come questo rapporto biunivoco si protrarrà nel lungo periodo.

### **1.3 La sostenibilità un'interazione tra l'ambiente, l'economia e la società**

Il concetto delle tre dimensioni segna da un lato il superamento della misurazione della performance aziendale solo in riferimento ai risultati economico-finanziari, dall'altro il superamento del concetto di sostenibilità legato unicamente alla dimensione ambientale. Per quanto riguarda quest'ultimo aspetto, ciò non va a discapito della dimensione ambientale bensì si traduce nell'adozione di un approccio integrato. Tuttavia, il fattore ambientale rimane quello a cui sono rivolte più attenzioni in quanto presenta i rischi maggiori ed urge di risposte concrete ed immediate. Al riguardo, negli ultimi anni si sono sviluppati diversi trend economici a favore dell'eco-sostenibilità, in particolare ha acquisito molto rilievo quella che è definita green economy. Con green economy si intende un concetto ampio che comprende una diversità di fenomeni accomunati dallo scopo di fondo perseguito: migliorare l'impatto ambientale delle attività economiche. La green economy, pertanto, risulta essere una rappresentazione concreta della propensione allo sviluppo sostenibile, promuovendo al contempo la realizzazione di valore economico e della tutela dell'ambiente. Alla base di tale approccio economico vi è il principio di "fare meglio con meno".

**Fig. 3** : Sinergia tra ambiente sociale, economico e ambientale



**Fonte:**<https://www.verbumpress.it/2021/07/20/sviluppo-sostenibile-ed-economia-circolare-significato-ed-esempi/><sup>13</sup>

Ciò implica, realizzare una maggior efficienza dei processi produttivi mediante l'utilizzo di tecnologie e processi innovativi che assicurano la produzione di un maggior output utilizzando la stessa o minore quantità di input e che allo stesso tempo riducano e migliorano l'impatto ambientale. La diffusione della green economy è favorita dalla crescente sensibilità dei consumatori rispetto ai problemi ed i rischi ambientali. Ciò si traduce in un cambio dei comportamenti dei consumatori in direzione di una maggior propensione all'acquisto di prodotti eco-sostenibili. Tale fenomeno, detto anche green *consumerism*, unito alle maggiori pressioni normative costituiscono un importante punto di lancio di tali iniziative economiche. Se prendiamo in considerazione in concetto di green economy, negli ultimi anni è emersa l'importanza di promuovere un approccio circolare, la così detta economia e sviluppo circolare. Con economia circolare si intende un modello economico che si incentra sulle modalità di produzione e consumo promuovendo la capacità del sistema di rigenerarsi e garantire l'eco-sostenibilità. Tale approccio si contrappone all'approccio lineare tradizionale, composto dalle seguenti fasi: estrazione, produzione, consumo e rifiuto. L'approccio lineare si caratterizza per una dispersione

di risorse, stimata tra il 60% e l'80 % dei fattori input impiegati. L'approccio circolare mira a ridurre drasticamente lo spreco mediante l'introduzione nel sistema produttivo di due fasi: riciclo e riutilizzo. In tal modo, si crea un circolo virtuoso tra monte e valle del processo produttivo: le materie perse come i rifiuti e gli scarti vengono, per quanto possibile, riutilizzate e reintrodotte nel ciclo economico. L'approccio circolare mira ad estendere il ciclo di vita dei prodotti migliorandone, quindi, l'impatto ambientale in termini di riduzione degli scarti e di riutilizzo di risorse. L'economia circolare rappresenta uno strumento unico per il raggiungimento degli obiettivi di uno sviluppo sostenibile in quanto, con essa, la stessa tutela dell'ambiente si traduce in driver di valore economico. (Fig. 4): economia circolare.

**Fig 4 :** *L'economia circolare*



**Fonte:** <https://www.verbumpress.it/2021/07/20/sviluppo-sostenibile-ed-economia-circolare-significato-ed-esempi/><sup>[4]</sup>

#### **1.4 Sostenibilità: multi disciplina e multi dimensione del concetto stesso**

La multidisciplinarietà è un tratto inscindibile alla base della sostenibilità: il concetto, eclettico per definizione, può essere affrontato da diverse sfaccettature e adottando approcci multi e inter-disciplinari. Per questo motivo risulta difficile figurarne i confini a causa dell'ampiezza del suo potenziale contesto applicativo che può spaziare dalla crescita economica al rispetto della natura, interessando le più diverse discipline: l'economia, l'ecologia, la politica, la filosofia e via dicendo. Il concetto di sviluppo sostenibile rivela poi una forte prerogativa solidaristica sia intergenerazionale che intra-generazionale, ovvero presuppone uno slancio verso il futuro e quindi ad un orientamento di lungo periodo. Secondo l'ecologista Ehrenfeld<sup>5</sup> : “la sostenibilità, ed i termini che da essa derivano (sviluppo sostenibile), appartengono alla medesima classe di quei pochi concetti chiave che stanno alla base di ogni democrazia liberale, come uguaglianza e libertà, che sono scritti esplicitamente nei documenti fondatori degli Stati Uniti. Termini come questo sono chiamati “nozioni essenzialmente controverse”, intendendo con ciò che esistono continue ed interminabili dispute circa il significato ed il grado per il quale si può ottenere tutto ciò che viene indicato dal concetto” . Una possibilità per raggiungere l'obiettivo di chiarificazione del concetto di sostenibilità ci è forse offerta dalla sua etimologia: il termine «trova la propria origine nel verbo francese souvenir, “sostenere o supportare”» aspetto formale della sostenibilità (esiste un'entità da sostenere). Per molti studiosi che “il concetto di sostenibilità si riferisce alla capacità di mantenimento di uno stato di un certo sistema, ad opera di alcuni soggetti” riferendosi sicuramente alla specie umana, l'unica in grado di prestarsi ad una riflessione critica sulle condizioni dell'ecosistema e di agire di conseguenza. Per Bosselmann<sup>6</sup> “il concetto di sostenibilità ha il patrimonio storico, la qualità concettuale ed etica tipica di un principio fondamentale del diritto” e, per questo, “come gli ideali di giustizia e dei diritti umani, la sostenibilità può essere vista come un ideale di civiltà, sia a livello nazionale che internazionale” . Egli ritiene che riscoprire, spiegare, definire e applicare il principio di sostenibilità sia il percorso più esatto per farlo diventare il paradigma generale del diritto e della governance internazionale anche se come dice egli stesso “abbiamo solo una vaga idea di ciò che

la sostenibilità coinvolge o come questo obiettivo potrebbe essere raggiunto”sottolineando così la complessità del termine e come attuarlo. Altri economisti stilano un'altra visione sulla sostenibilità e la descrive come un concetto di “giustizia estesa al futuro”dandone una definizione in termini di utilizzo razionale delle risorse naturali, secondo cui: • *il consumo di risorse rinnovabili non supera il relativo tasso di rigenerazione;*

• *il consumo di risorse non rinnovabili è compensato dalla produzione di una pari quantità di risorse rinnovabili che a lungo termine siano in grado di sostituirle;*

• *l'immissione di inquinanti nell'ambiente non supera la capacità di assorbimento dei recettori naturali.*

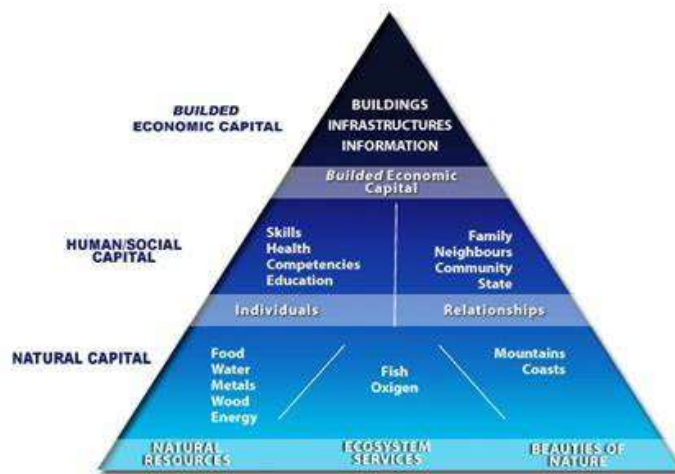
Partendo dalla nota definizione di sviluppo sostenibile (evoluzione del concetto di sostenibilità) che discende dai lavori della Commissione Mondiale sull'Ambiente e Sviluppo del 1987, ovvero dal “Rapporto Brundtland”, secondo cui lo sviluppo sostenibile è “lo sviluppo che risponde ai bisogni del presente senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare i loro”, si evoca l'idea che vi siano altre componenti, oltre quella ambientale, da non trascurare. Considerando l'ambiente una prerogativa per soddisfare qualsiasi altro bisogno (è dalla terra, intesa come comunità di vita, che traiamo gli elementi fondamentali per la nostra sussistenza e per il soddisfacimento dei “bisogni fisiologici”), non possiamo dimenticare che la soddisfazione di qualsiasi bisogno “superiore” dipende dal capitale umano/sociale e dal capitale economico “costruito”.

---

<sup>5</sup> **David Ehrenfeld** è un professore americano di biologia alla Rutgers University ed è autore di oltre una dozzina di pubblicazioni, tra cui *The Arrogance of Humanism*, *Becoming Good Ancestors: How We Balance Nature, Community, and Technology* e *Swimming Lessons: Keeping Afloat in the Age of Tecnologia*

<sup>6</sup> **Klaus Bosselmann** has been teaching in the areas of public international law, international environmental law, comparative law and environmental

**Fig 5 :** Piramide della sostenibilità



**Fonte :** Sogesid <sup>7</sup>

La “*Piramide della sostenibilità*” viene costruita ponendo alla base la dimensione ambientale che attraverso la fornitura di risorse naturali, di servizi all’ecosistema e di benessere alla società, svolge un ruolo fondamentale di supporto sia alla dimensione economica che sociale. Per questi motivi rappresentati, proprio per la sua triplice dimensione ambientale sociale ed economica, lo sviluppo sostenibile necessita di sostanziali mutamenti nei comportamenti individuali e del diverso approccio sia morale che decisionale, che legislativo di coloro che operano nei vari livelli, internazionale, nazionale, locale-territoriale. Se i concetti posti alla base della stessa non hanno fondamenta solide tutto ciò che verrà posto sopra sarà fallimentare ed effimero e non trasmesso né reso fruibile alle generazioni future.<sup>[5]</sup>

---

<sup>7</sup>La **Sogesid** è una società di ingegneria e assistenza tecnica specialistica interamente partecipata dallo Stato Italiano

## 1.5 La sostenibilità è sostenuta da tre colonne portanti

Il concetto di sostenibilità coinvolge la capacità di un processo di sviluppo di sostenere nel corso del tempo la riproduzione del patrimonio mondiale composto dal capitale economico (quello “costruito” dagli individui), umano/sociale (composto dagli individui di una società) e naturale (ovvero l'ambiente naturale e le risorse naturali della società). La nozione di sviluppo sostenibile è quindi composta da una pluralità di entità: sostenibilità ambientale: si intende la capacità di mantenere nel tempo qualità e riproducibilità delle risorse naturali, di preservare la diversità biologica e di garantire l'interezza degli ecosistemi. Si fa riferimento alla capacità di mantenere nel tempo tre funzioni dell'ambiente, la funzione di:

- *distributore di risorse naturali;*
- *di contenitore di rifiuti e ;*
- *di fornitore delle condizioni necessarie al mantenimento della vita.*

Come scrive Boff<sup>8</sup> “sostenibilità ambientale è qualsiasi azione destinata a mantenere le condizioni energetiche, informazionali e fisico-chimiche, che reggono tutti gli esseri, specialmente la Terra viva, la comunità di vita e la vita umana, tenendo presenti la loro continuità e anche la soddisfazione dei bisogni delle presente generazione e di quelle future, in modo tale che il capitale naturale sia mantenuto e arricchito nella sua capacità di rigenerazione, riproduzione e coevoluzione” .

sostenibilità economica: definita come la capacità di un sistema economico di avviare una crescita permanente degli indicatori economici, attraverso la creazione di reddito e lavoro per il sostentamento delle popolazioni e tramite un'efficace combinazione delle risorse. Essa può essere conseguita governando il capitale (naturale, umano, sociale e culturale), facendo attenzione a non farlo diminuire per non compromettere il benessere delle future generazioni. In base a quello che scrivono Vecchiato, Crivellaro e Scalco (2013) “è sempre più diffusa la convinzione che non solo la sostenibilità economica e quella ambientale possano convivere, ma anzi che dalla loro integrazione possano nascere vantaggiose opportunità” . Questo

comporta due obblighi ben precisi in campo alle imprese che puntano alla sostenibilità :

1) *l'efficienza, intesa come eliminazione degli sprechi;*

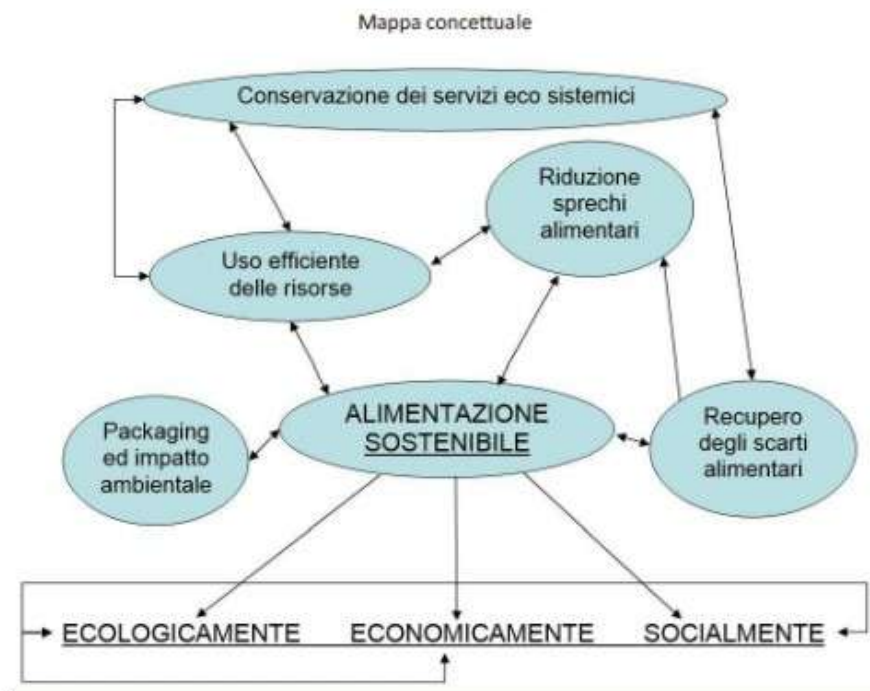
2) *l'innovazione intesa come cambiamento sia a livello di processo produttivo sia a livello tecnologico.*

Ora ci possiamo porre una domanda : “ *Cosa rappresenta la sostenibilità sociale?*” La sostenibilità sociale è intesa come la capacità di sostenere condizioni di benessere umano (sicurezza, salute, istruzione) egualmente distribuite per classi e per genere, cosicché esso “possa crescere, ma mai peggiorare”. In questo modo la categoria del benessere conduce a una definizione più appropriata di sostenibilità sociale: “la soddisfazione continuata dei bisogni umani basilari (quali cibo, acqua, riparo) e delle necessità sociali e culturali di più alto livello come sicurezza, libertà, occupazione e svago. Di recente, è stata individuata anche una quarta dimensione, o pilastro, esso è la dimensione istituzionale, ovvero l'abilità di assicurare condizioni di stabilità, democrazia, partecipazione, informazione, formazione e giustizia, che ha come obiettivo lo sviluppo di forme di coordinamento e cooperazione inter-istituzionale capaci di plasmare programmi condivisi, impegni vincolanti e tempi certi di attuazione, nel rispetto del principio di sussidiarietà. In conclusione, nelle diverse accezioni, l'aspetto comune tra i pilastri dello sviluppo sostenibile è la trasmissione di un patrimonio alle generazioni future. Il venir meno di una di esse minerebbe il significato stesso di sviluppo sostenibile, che si basa sull'equilibrio tra queste dimensioni e sulla loro auspicabile unione nel corso del tempo. Promuovere lo sviluppo sostenibile significa infatti ricercare l'equilibrio fra queste diverse componenti. In altre parole lo sviluppo sostenibile implica un'attenzione volta in egual misura ai bisogni economici, sociali ed ambientali.

---

<sup>8</sup>*Leonardo Boff, al secolo Genésio Darci Boff, è un ex frate francescano ed ex presbitero, teologo e scrittore brasiliano. È uno dei più importanti esponenti della Teologia della Liberazione*

**Fig. 6** : Ecologicamente, Economicamente e Socialmente : le tre dimensioni del sostenibile



**Fonte : internet wikipedia**

I fattori ecologico, economico, e sociale devono operare in maniera sinergica in un determinato territorio, solo la loro sinergia può creare un connubio che può portare ad un perpetuare di un'economia sostenibile anche per i posteri. Se un elemento di questa triade presenta problematiche attuative anche le altre fonti verranno meno, generando un concetto effimero non perpetuabile alle generazioni future.

## 1.6 Obiettivi UE inerenti la sostenibilità ambientale

Obiettivi Europei sono iniziative europee a favore della sostenibilità è rappresentata dalla strategia “Europa 2020”<sup>9</sup> relativa al modello di crescita di lungo periodo europeo Sono individuate tre priorità su cui basare lo sviluppo europeo, le quali si rafforzano reciprocamente:

1. Crescita intelligente: sviluppare un'economia basata sulla conoscenza e sull'innovazione
2. Crescita sostenibile: promuovere un'economia più efficiente sotto il profilo delle risorse, più verde e più competitiva.
3. Crescita inclusiva: promuovere un'economia con un alto tasso di occupazione che favorisca la coesione sociale e territoriale.

A tal fine, sono individuati i seguenti target da raggiungere:

- -il 75% delle persone di età compresa tra 20 e 64 anni deve avere un lavoro;
- -il 3% del PIL dell'UE deve essere investito in R&S;
- -i traguardi "20/20/20" in materia di clima ed energia devono essere conseguiti, compreso di un incremento del 30% della riduzione delle emissioni se le condizioni lo permettono;
- -il tasso di abbandono scolastico deve risultare inferiore al 10% ed almeno il 40% dei giovani deve essere in possesso di un titolo di laurea;
- - 20 milioni di persone in meno devono essere a rischio di povertà

---

<sup>9</sup> “Europa 2020” *La strategia Europa 2020 mira a fare in modo che la ripresa economica dell'Unione europea (UE) in seguito alla crisi economica e finanziaria si accompagni a una serie di riforme che stabiliscano fondamenta solide per la crescita e la creazione di occupazione da qui al 2020. Se da un lato affronta le debolezze strutturali dell'economia dell'UE e le questioni economiche e sociali, la strategia tiene anche conto delle sfide a più lungo termine quali la globalizzazione, la guerra delle risorse e l'invecchiamento*

## Capitolo 2: Pesca sostenibile

### 2.1 Che cosa è la pesca sostenibile e cos'è il pesce sostenibile

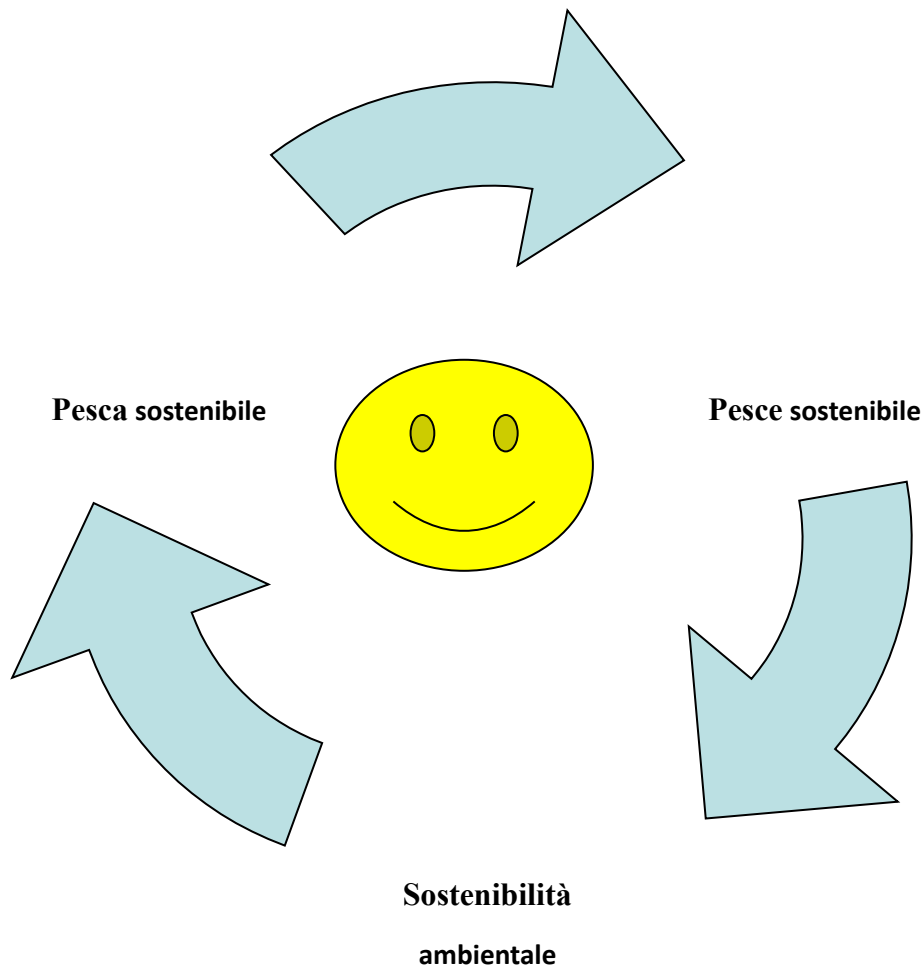
La prima domanda che ci poniamo è : “*Cosa intendiamo veramente per pesca sostenibile?*” .....La risposta è immediata, cioè rispettare gli ecosistemi marini e lagunari, proteggere la biodiversità, come previsto da uno degli obiettivi dell’Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile, e lasciare in mare un numero sufficiente di pescato da permettere lo sviluppo delle nursery e mantenere degli stock ittici tale da non intaccare l’ecosistema : ciò la possiamo definire pesca sostenibile. In termini più semplici vuol dire “*prelevare dal mare solo ciò che serve*” e usare soltanto “*attrezzi artigianali a basso impatto sull’ambiente e la fauna marina*”. Insieme al concetto di vertical farm\_(che si occupa di ridurre al minimo lo sfruttamento del suolo) è una pratica fondamentale per uno sviluppo sostenibile attento all’ambiente e rispettoso delle specie che abitano il nostro pianeta salvaguardano gli ecosistemi di transizioni, per antonomasia i più vulnerabili ma con spiccata biodiversità. La pesca sostenibile è la risposta necessaria all’industrializzazione eccessiva del settore, che negli anni ha portato ad uno sfruttamento delle risorse ittiche, complice il bisogno di rispondere a una domanda crescente, senza rispettare i naturali ritmi di un ecosistema e con il conseguente impoverimento delle risorse marine. Pratiche di pesca spesso illegali, non regolamentate o non sostenibili, come quelle che ad esempio causano la cattura accidentale anche di specie non desiderate (non oggetto di pesca), sono una delle maggiori criticità del mondo della pesca. Il pesce sostenibile è il pesce che viene pescato o allevato in modalità da conservare e preservare la vitalità a lungo termine degli stock ittici e di conseguenza il benessere degli oceani e mari nella loro totalità, possiamo dire che :” *La pesca sostenibile genera pesce sostenibile il quale mantiene efficiente la sostenibilità ambientale perpetuandola ai posteri* ” . cit .Alberto Alberani

Se volessimo parlarne in maniera più approfondita, applicare al settore ittico il concetto di sviluppo sostenibile introdotto dal “Rapporto Brundtland”<sup>10</sup> significa “mantenere inalterate tutte quelle funzioni ambientali che, a loro volta, contribuiscono al benessere umano e assicurano la sopravvivenza dell’attività garantendo la salute degli ecosistemi interessati”, e quindi “assicurare che le capacità produttive e la biodiversità degli ecosistemi siano mantenute a un livello elevato e non siano sacrificate in favore di interessi di breve termine” (Castellini, Devenuto, Ragazzoni, 2007).

---

<sup>10</sup>Il **rapporto Brundtland** (conosciuto anche come *Our Common Future*) è un documento pubblicato nel [1987](#) dalla Commissione mondiale sull'ambiente e lo sviluppo (WCED) in cui, per la prima volta, venne introdotto il concetto di sviluppo sostenibile. Il nome venne dato dalla coordinatrice Gro Harlem Brundtland, che in quell'anno era presidente del WCED e aveva commissionato il rapporto. La sua definizione era la seguente: «lo sviluppo sostenibile è uno sviluppo che soddisfi i bisogni del presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri»<sup>n</sup> tale definizione, come si può vedere, non si parla propriamente «lo sviluppo sostenibile è uno sviluppo che soddisfi i bisogni del presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri» dell'ambiente in quanto tale, quanto più ci si riferisce al benessere delle persone, e quindi anche la qualità ambientale; mette in luce quindi un principale principio etico: la responsabilità da parte delle generazioni d'oggi nei confronti delle generazioni future, toccando quindi almeno due aspetti dell'ecosostenibilità: ovvero il mantenimento delle risorse e dell'equilibrio ambientale del nostro pianeta. In relazione al turismo, secondo tale rapporto le attività turistiche si possono considerare sostenibili quando non alterano l'ambiente, non ostacolano lo sviluppo di altre attività sociali ed economiche e nel contempo riescono a mantenersi vitali in un territorio turistico per un periodo di tempo illimitato. Tutto ciò mira a garantire la redditività del territorio nel lungo periodo con obiettivi di compatibilità ecologica, socio-culturale ed economica.

**Fig. 7** : Circolo della sostenibilità (loop of the sustainability)



**Fonte : propria** (Alberto Alberani)

Le pratiche che riguardano il pesce e la pesca sostenibile sono nate attraverso un movimento che incominciò negli anni '90, ma ha radici antiche poiché sta nella consapevolezza dell'uomo nel salvaguardare l'ambiente. Questa operazione ha messo in luce la pesca eccessiva e i metodi di pesca distruttivi dell'ambiente definiti *non sostenibili*. Attraverso una serie di iniziative il movimento ha aumentato la consapevolezza e ha fatto crescere preoccupazioni sui metodi con i quali vengono prelevati gli stock ittici, concentrandosi sovente sulla quantità del prelievo e dimenticandone la qualità intrinseca. Sebbene implichi la caccia e quindi una riduzione di pesce, non danneggia l'ambiente marino in modo grave e permanente, i

metodi invece ad alta impatto ambientale spesso gravano sulla flora, fauna ed ecosistema marino, sovente in maniera irreversibile. E' un'attività responsabile nei confronti del mare e dei suoi abitanti sotto vari punti di vista. Nella pesca sostenibile devono essere assolutamente evitate le seguenti pratiche ritenute improduttive e dannose:

- *mancato rispetto delle zone e periodi di pesca indicate dalla legge*
- *prelevamento eccessivo di specie marine*
- *tecniche di pesca invasive e distruttive per i fondali*
- *pesca di specie protette ed a rischio estinzione*
- *inutili sprechi di pesci, attraverso la cattura di specie diverse da quelle cercate.*

## **2.2 Metodi e tecniche di pesca sostenibile**

I metodi di pesca principalmente utilizzati dalla pesca sostenibile derivano da un rigoglioso passato, dalla storia della nostra pesca, e sono quindi:

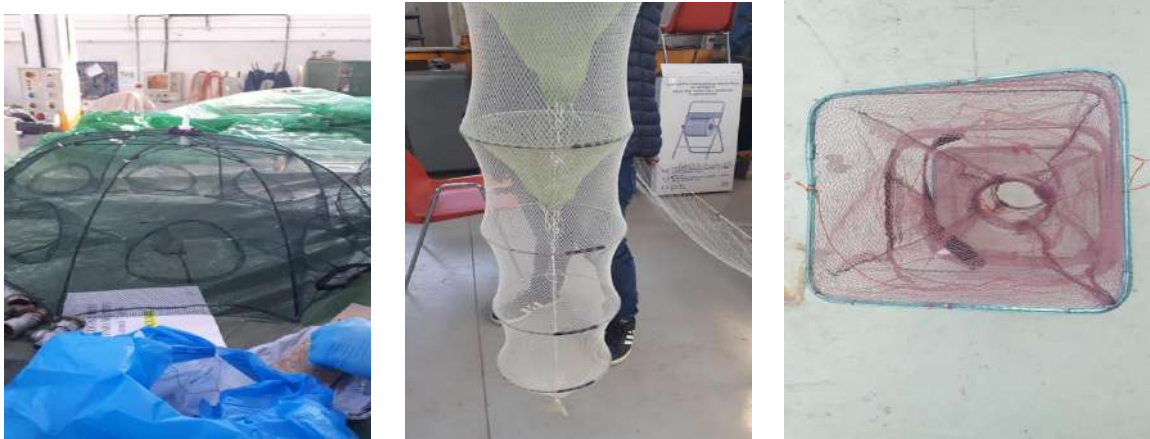
- *nassa*
- *reti da posta*
- *canna*
- *traino a mezz'acqua*

in quanto definiti più *selettivi* e *rispettosi* dell'ambiente. Sono invece evitati quelli più invasivi, come il traino di fondo ed il palangaro derivante, usati dalle multinazionali. Altra caratteristica della pesca sostenibile è il rispetto dei diritti e la tutela delle condizioni lavorative di coloro che dipendono da tale attività. Come è stato citato nel capitolo 1, la sostenibilità non deve soltanto riguardare la salvaguardia dell'ambiente, esso rappresenta soltanto un mattoncino dell'economia circolare e un punto cardine della pesca sostenibile.

### 2.3 Perché la selettività?

Il concetto di selettività è il centro di gravità della sostenibilità, ciò che mantiene inalterati gli stock ittici e ciò che permette il prosperare di una corretta e coerente biodiversità in quel determinato ecosistema. In generale un attrezzo da pesca possiamo decretarlo selettivo quando produce una cattura *monospecifica* e *monotaglia*, cioè riesce a pescare quasi esclusivamente la specie bersaglio a cui è destinato. La conoscenza delle caratteristiche di selezione degli attrezzi da pesca sulle diverse specie ittiche riveste un ruolo molto importante nei riguardi delle scelte indispensabili per evitare un sovra sfruttamento delle risorse biologiche marine. La regolamentazione della maglia sia delle nasse che delle reti da posta è una pratica fondamentale e sancita da leggi specifiche sia dell'UE che italiane per salvaguardare le forme giovanili (nursery), evitandone il degrado in termini di calo del numero di individui di quella popolazione ittica. Una buona gestione della pesca richiede che gli attrezzi catturino gli individui adulti (taglia grande) e permettano ai giovani (taglia piccola) di fuggire. L'attrezzo ecosostenibile dovrebbe quindi essere in grado di selezionare la cattura in funzione della taglia (lunghezza o circonferenza) ottimale del pesce catturato. Ciò è determinato poiché è la taglia del pesce che possiede la possibilità di fuga attraverso le maglie della rete., oppure nuotando attraverso l'"enca" dell'attrezzo di pesca. Molti attrezzi da traino purtroppo non possiedono una spiccata selettività e in quelle situazioni è la rete del sacco che possiede la maglia con una determinata dimensione minima.

**Fig 8 :** Nasse specifiche selettive che saranno utilizzate durante la sperimentazione. Ogni nassa è specifica per una nicchia trofica ed ecologia particolare essendo iperselettive per quella tipologia soltanto di organismo.



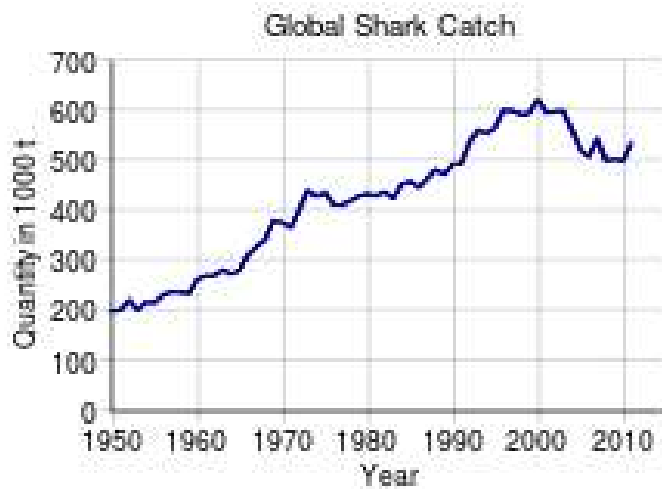
**Fonte : propria** (Alberto Alberani)

#### **2.4 Il concetto di sovra pesca un concetto cardine**

Viene definito con il termine **sovra pesca** (dall'inglese *overfishing* il depauperamento delle risorse ittiche causato da un'eccessiva e non razionale attività di pesca protratta nel tempo e in modo insostenibile per l'ecosistema. Questo fenomeno può verificarsi in qualsiasi ecosistema acquatico, dai torrenti ai laghi, lagune mare e purtroppo negli ecosistemi di transizione da sempre i più pescosi ma anche i meno resilienti dal punto di vista ecologico. Una specie è oggetto di sovrapesca quando viene pescata più velocemente di quanto riesca a riprodursi. Non è sempre facile determinare i ruoli giocati rispettivamente dalla pesca e dai fattori ambientali (specialmente climatici o legati all'inquinamento) nella diminuzione delle dimensioni degli stock ittici. All'ultimo stadio, la sovrapesca ha già provocato in alcuni casi la diminuzione dei ritmi biologici di crescita e condurre verso livelli critici tali da compromettere la ripresa delle popolazioni ittiche con ripercussioni ecologiche sugli ecosistemi nonché economiche sulle industrie ittiche. In particolare al sovrasfruttamento degli squali è dovuta la situazione di dissesto di interi ecosistemi marini. Secondo la teoria del bottom up, il cambiamento interviene ai

livelli trofici più bassi spesso mediato da cambiamenti ambientali e di predazione o prelievo di specie (vedi la sovra pesca), che si riflette dal basso verso l'alto nella rete trofica, perturba tutto l'ecosistema, creando un dissesto trofico e di crescita. Questo fenomeno è stato studiato in molti ecosistemi marini mondiali, desta preoccupazione per gli studiosi poiché innesca sia problematiche ambientali-ecologiche, che economiche.

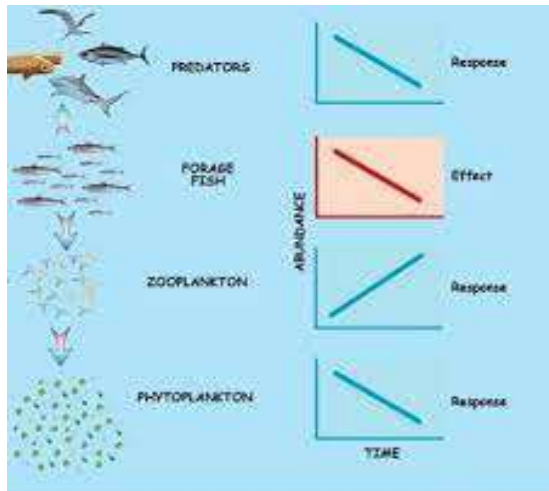
**Fig.9 : Andamento della cattura di squali**



**Fonte : wikipedia**

Il grafico (**fig 9**) sopra esposta dimostra che agendo con un prelievo incontrollato di una specie vi è un cambiamento drastico in tutta la rete trofica come dimostrato dalla (**fig 10**)

**Fig 10. :** Azione bottom-up



**Fonte:** [https://moodle2.units.it/pluginfile.php/360946/mod\\_resource/content/1/9\\_Ecosistemi%20e%20reti%20trofiche.pdf](https://moodle2.units.it/pluginfile.php/360946/mod_resource/content/1/9_Ecosistemi%20e%20reti%20trofiche.pdf):

## 2.5 I livelli accettabili di pesca secondo il punto di vista biologia ed economico

La nozione di sovrapesca si basa su quello che viene definito come livello accettabile di prelievo attraverso la pesca. Termini biologici e bioeconomici più precisi definiscono il **livello accettabile** in questa maniera:

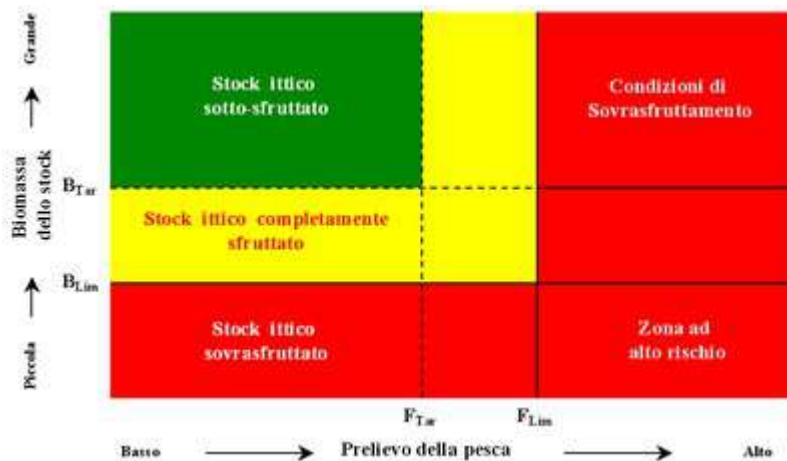
- Dal punto di vista **biologico**, una situazione di sovrapesca si verifica quando la mortalità della specie direttamente indotta dalle attività di pesca ha raggiunto quel livello per cui la biomassa degli stock ha una crescita marginale negativa (crescita di biomassa che diminuisce lentamente). In queste condizioni i pesci vengono prelevati dal loro ambiente così rapidamente che il rifornimento degli stock prodotto attraverso il processo produttivo diminuisce. Se tale rifornimento continua a diminuire per un periodo di tempo sufficientemente lungo ad un certo punto il suo andamento si inverte e in pratica la dimensione della popolazione ittica diminuisce.
- Dal punto di vista **economico** o **bioeconomico**, il termine sovrapesca tiene in considerazione anche il costo delle attività di pesca e definisce una situazione in cui la crescita marginale della rendita della risorsa è negativa. In pratica, i pesci

vengono pescati così rapidamente che la crescita della redditività delle attività di pesca diminuisce. Se le condizioni di sovrapesca persistono sufficientemente a lungo, la redditività comincia a ridursi. Questo fenomeno riguarda tutta la filiera ittica e può incidere in maniera significativa sul PIL di un territorio, diminuendo drasticamente, fino ad estinguersi, le risorse primarie di un territorio.

## 2.6 Regola del prelievo

Attualmente un modello ampiamente utilizzato per stabilire livelli accettabili di prelievo è la Regola di Controllo del Prelievo (HCR, dall'inglese *Harvest Control Rule*). Questa rappresenta una variabile sulla quale i processi di gestione hanno qualche controllo diretto come funzione di alcuni indicatori dello status degli stock ittici. La cattura costante e la mortalità costante dovuta alle attività di pesca sono due tipi di semplici regole di controllo del prelievo, questa regola se applicata coerentemente in maniera puntiforme in ecosistemi specifici ci fornisce una regola che permetterebbe di non entrare nel loop della sovra pesca, innescando un processo irreversibile.

**Figura 11 :** Regola del prelievo



**Fonte :** Coad BW, McAllister DE (2008). Dictionary of Ichthyology. Archiviato il 20 luglio 2011 in Internet Archive.

## 2.7 Il fenomeno della sovra pesca al giorno d'oggi

Il fenomeno della sovrapesca si sta amplificando a livello mondiale ha cominciato a manifestarsi con l'avvento dell'industria ittica moderna: con lo sviluppo di navi e reti sempre più grosse, con tecnologie più sofisticate che permettono di trovare i banchi di pesci e pescare in fondali anche scogliosi dove un tempo sarebbe stato impossibile, con la corsa concorrenziale a racimolare in ogni angolo del globo tutto il pescabile, con normative e controlli facilmente elusi. Sovente le navi fattoria pescano sottocosta con tecnologie così avanzate da preleva stock ittici impensabili il secolo scorso.

**Fig 12** : Pesca non sostenibile delle acciughe in Atlantico attraverso navi fattoria



**Fonte** : <https://www.danireef.com/2016/08/29/la-pesca-non-sostenibile-delle-acciughe-engraulis-encrasicolus/>

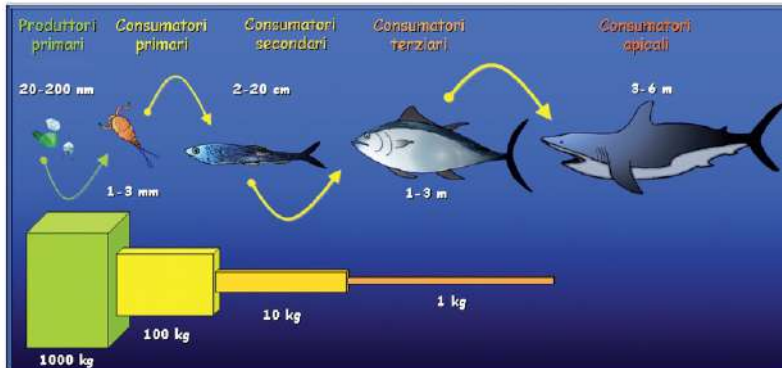
**Fig 13** : Particolare di rete a volante gigantesca applicate ad peschereccio fattoria



**Fonte** : <https://notizie.tiscali.it/scienza/articoli/Nei-mari-plastica-che-pesci/>

Le navi fattoria permangono in mare anche 1-3 settimane e possiedono a bordo tecniche di conservazione degli stock ittici tali da mantenere fresco un prodotto per tempi molto lunghi, sono delle vere industrie galleggianti atte sia alla conservazione che alla lavorazione del pescato. Raggiunti i porti il pescato è già pronto per essere inserito nella GDO locale e nazionale. Il problema legato all'utilizzo indiscriminato delle navi fattoria ci trasla in una dimensione futura nella quale verranno depauperate le risorse ittiche a scapito di una scarsa qualità del pescato e ad una riduzione della biodiversità ecologica. Questo porterà ad un “appiattimento” trofico dell'ecosistema marino con una riduzione e/o eradicazione di talune catene trofiche.

**Fig 14 :** Rete trofica di un ecosistema marino con relativi trasferimenti di energia



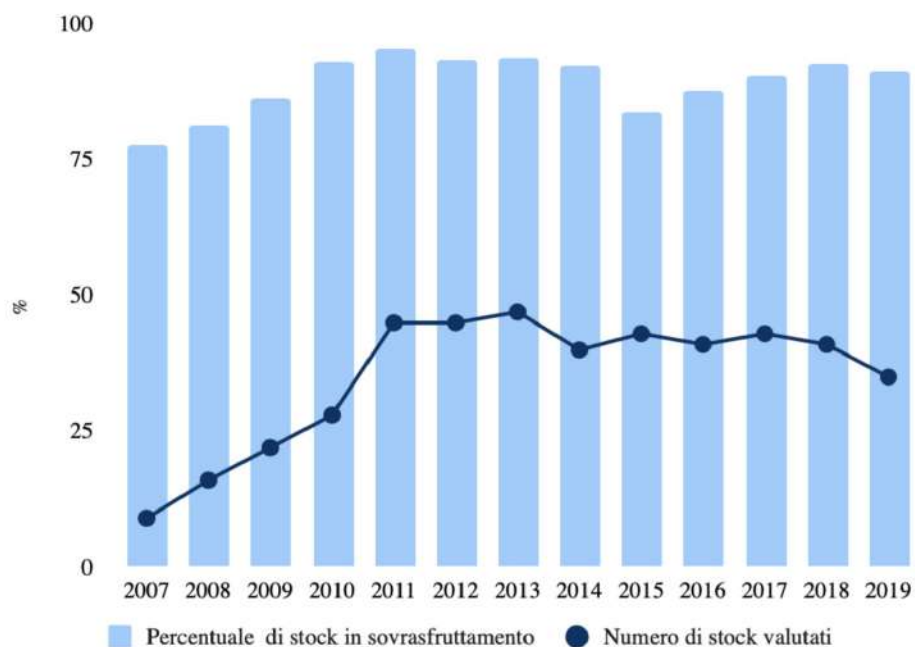
Fonte : **Illustrazione di Franco Gambale**

I predatori mantengono in equilibrio le popolazioni delle prede, e la loro perdita può causare fenomeni trofici, cioè nutritivi, a cascata in diverse reti alimentari che perturbano tutto l'ecosistema intaccando habitat e popolazioni. Tutti i mari sono soggetti ad attività antropica sia in maniera diretta che indiretta, e purtroppo la pesca industriale, attraverso grandi flotte e/o navi fattoria rischia di mutare per sempre la pescosità dei nostri mari, ciò è dovuto sovente a :

- a) *Tecnologie di prelievo evolute*
- b) *Controlli scarsi o poco incisivi*
- c) *Regolamenti non sempre consoni con il tipo di pesca*

La pesca industriale riesce a sfruttare intere aree e zone di pesca prima che sia possibile valutarne il vero impatto ambientale sull'ecosistema. Stime della FAO<sup>11</sup> ci dicono che dagli anni 50' del secolo scorso, periodo in cui è iniziata la pesca industriale, tali tecniche hanno ridotto di più di due terzi la biomassa dei pesci predatori, generando un processo ecologico definito di estinzione a catena. La lista rossa delle specie a rischio curata dall'associazione *International Union for Conservation of Nature* stima che siano minacciati di estinzione molte specie di Tonno, Squali e Cernie tutti all'apice della catena alimentare.

**Fig15:** Sfruttamento degli stock ittici

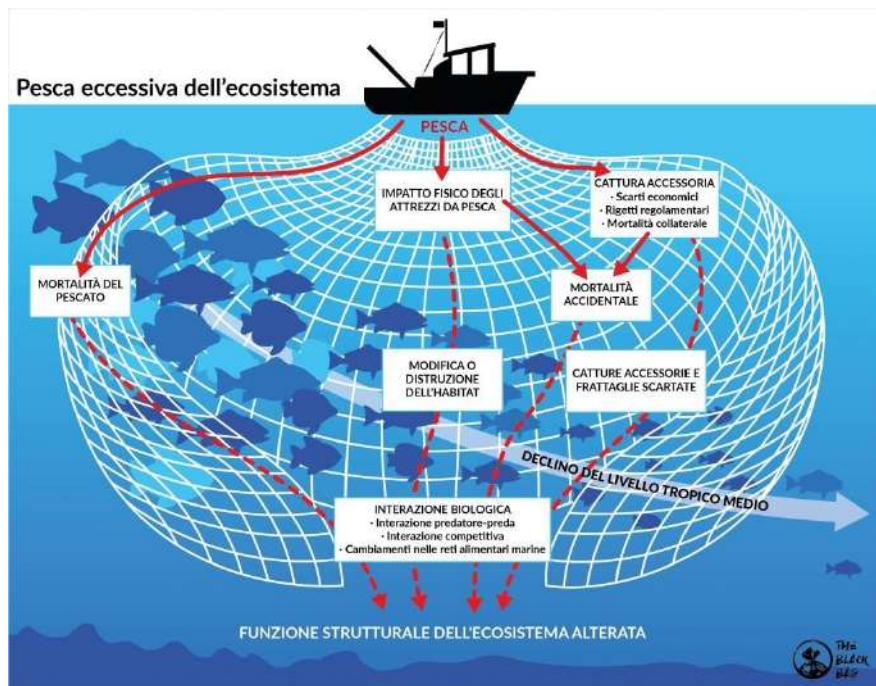


**Fonte :** [https://annuario.isprambiente.it/sys\\_ind/711](https://annuario.isprambiente.it/sys_ind/711)

---

<sup>11</sup>L'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'alimentazione e l'agricoltura, in sigla **FAO** (dall'inglese Food and Agriculture Organization of the United Nations), è un istituto specializzato dell'Organizzazione delle Nazioni Unite, creato con lo scopo di contribuire ad accrescere i livelli di nutrizione, aumentare la produttività agricola, migliorare la vita delle popolazioni rurali e contribuire alla crescita economica mondiale nel territorio.

**Fig 16** : Sistema perturbato dalla sovrappesca



**Fonte** : <https://www.theblackbag.org/sovrappesca/>

Un importante studio scientifico internazionale pubblicato nel novembre 2006 sulla rivista *Science* ha messo in evidenza come un terzo delle risorse ittiche mondiali abbiano subito un collasso, intendendo con quest'ultimo termine una diminuzione fino a meno del 10% della loro abbondanza massima osservata. Inoltre lo studio avverte che se l'attuale andamento dovesse continuare, tutte le risorse ittiche distribuite sul pianeta collasserebbero nell'arco dei prossimi 50 anni. Il rapporto compilato dalla FAO nel 2004 sullo stato mondiale delle industrie ittiche e di acquacoltura (*FAO State of World Fisheries and Aquaculture*), riferendosi ai maggiori stock ittici per i quali esistono stime di abbondanza attendibili, afferma che nel 2005 approssimativamente un quarto di tali risorse risultavano sovrasfruttate, esaurite o in fase di ripresa da situazioni di esaurimento (rispettivamente 16%, 7% e 1%) e presentavano necessità di recupero.

La minaccia della sovrapesca non incombe solamente sulle specie di interesse commerciale. Dal momento che nelle reti finiscono anche specie indesiderate che vengono spesso ributtate morte inoltre i motopescherecci commerciali con reti a strascico con le nuove strumentazioni attingono in acque sempre più profonde per riempire le loro reti, cominciando a minacciare delicati ecosistemi di acque profonde e le specie ittiche che vi abitano, come il celacanto. Myers e Worm in un articolo pubblicato sulla rivista *Nature* nel maggio 2003 stimavano che l'attuale biomassa dei grandi pesci predatori presenti negli oceani di tutto il mondo rappresenti solamente il 10% di quella presente nel periodo precedente lo sviluppo dell'industria ittica. Alcuni esperti di biologia della pesca tuttavia considerano esagerata questa affermazione qualora ci si riferisca alle popolazioni di tonno. Dal 1959 al 1969 la produzione di pescato è cresciuta di circa 5% ogni anno passando da 18 a 56 milioni di tonnellate; dal 1969 in poi la produzione è cresciuta annualmente dell'8%. Ci si attende che la domanda di prodotti ittici continui ad aumentare e nel 2002 la compagnia *MariCulture System* ha previsto che entro il 2010 la produzione dovrebbe crescere di oltre 15.5 milioni di tonnellate per soddisfare i bisogni della crescente popolazione umana del pianeta<sup>[9]</sup>. È probabile che questo faccia aggravare ulteriormente il problema della sovrapesca, a meno che l'espansione delle tecnologie di acquacoltura non riesca a soddisfare, almeno in parte questa richiesta. La sovrapesca ha impoverito le popolazioni ittiche fino al punto che le attività di pesca in tutto il mondo attualmente non sono più in grado di sostenersi senza l'assistenza dei governi. Gli economisti hanno stimato che dagli anni 1980, per ogni dollaro guadagnato attraverso le attività di pesca, sono stati spesi 1.77 dollari per catturare e commerciare il pescato. Alcuni stock ittici sono così impoveriti che specie meno appetite vengono contrassegnate e vendute col nome di altre più richieste e costose. Questo fenomeno viene definito *sostituzione delle specie*. Ad esempio, attraverso analisi genetiche, è stato dimostrato che circa il 75% del pesce venduto come *red snapper* (*Lutjanus campechanus*), che ha un prezzo molto alto, in realtà è costituito da altre specie.

Di fronte alla crescente domanda e in seguito ai prodigiosi progressi tecnologici del settore, la pesca si è trasformata in una colossale industria mondiale. Negli ultimi

dieci anni, grazie ai sempre maggiori finanziamenti e investimenti, la tecnologia e l'efficienza nei metodi di pesca sono aumentate costantemente, mentre la produzione globale è rimasta stagnante o, in alcuni casi, è diminuita, con un crollo negli stock di pesce in tutto il mondo. Allo stesso tempo, i pesci di piccola taglia (compresi gli esemplari non adulti) e le specie all'inizio della catena alimentare, spesso rigettati perché di scarso interesse commerciale, costituiscono una parte crescente del pescato, mascherando il fatto che molte delle specie più pregiate sono in condizioni peggiori di quanto potrebbe sembrare. Ciononostante, i governi (soprattutto asiatici ma anche europei), continuano sostenere con ingenti sovvenzioni, fino ai limiti dell'assurdo, le flotte industriali le quali spesso agiscono senza controlli, sempre più lontane dalle acque territoriali. Alcuni di questi pescherecci sono vere e proprie industrie in mare aperto: utilizzano sonar, aerei e piattaforme satellitari per individuare i banchi di pesce, su cui calano poi reti derivanti lunghe parecchi chilometri o lenze dotate di migliaia di ami. Il pescato può essere congelato e imballato direttamente a bordo. I pescherecci più grandi, che arrivano a 170 m di lunghezza, hanno una capacità di stoccaggio equivalente a diversi Boeing 747. Il problema della sovrapesca nasce dal fatto che, al di fuori delle prime 200 miglia nautiche che si estendono lungo il litorale di un paese (zona di esclusività economica di quel paese), l'accesso alle risorse non è regolamentato. Così, chiunque disponga di un'imbarcazione adatta può andare a pescare e sfruttare le risorse marine. La Convenzione delle Nazioni Unite sul diritto del mare (entrata in vigore nel 1994) condiziona la libertà di pesca in alto mare alla disponibilità degli Stati a cooperare tra loro per garantire la conservazione e una sana gestione degli stock ittici, ma attualmente queste disposizioni sono poco più che buoni propositi. Le conseguenze sulla biodiversità marina sono già evidenti: se la gestione della pesca non cambierà radicalmente, la biodiversità marina subirà un considerevole e irreversibile impoverimento.

Il saccheggio industriale dei mari minaccia direttamente le zone di pesca artigianale delle comunità costiere, fortemente dipendenti dalle risorse ittiche. Sarà impossibile invertire la tendenza, se non si ridurrà l'attuale intensità della pesca interrompendo le operazioni di gran parte della flotta globale, e se non si introdurrà il principio di

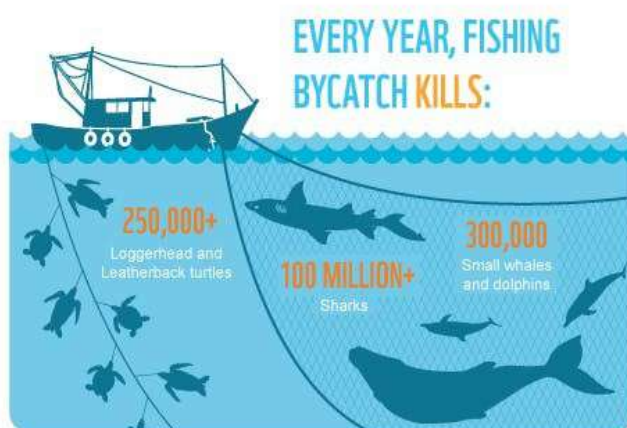
precauzione nelle norme che disciplinano questa attività. La FAO ha stabilito un Codice di condotta per una pesca responsabile, ma manca la volontà politica per applicarlo. Questa riluttanza è sempre più difficile da comprendere, dato che le imprese del settore falliscono a un ritmo incessante, mentre il pescato continua a diminuire.

## **2.8 Un problema bio-economico : il bycatch**

Il fenomeno dei *bycatch*, definibile in italiano come scarto del pescato, non è trascurabile. Questo scarto, è costituito da tutti quegli organismi che vengono catturati involontariamente assieme alla specie definite (specie target), riferite ad una attività di pesca professionale e in maniera meno preponderante sportiva. Il termine può essere applicato anche ad altri individui della specie oggetto dell'attività di pesca che vengono degradati, rovinati dal tipo di prelievo. Prendiamo come esempio la pesca a strascico, non certo sostenibile, dove il bycatch è rappresentato dai pesci di taglia troppo piccola, rispetto alla taglia fissata per legge, oppure troppo grande per poi non essere commercializzati nelle filiera ordinaria. Non sempre il bycatch è una perdita per i pescatori; infatti talvolta è composto da specie commercializzabili anche per mangimistica, in casi estremi perfino di valore superiore a quello della specie target. Si parla in questo caso di bycatch *commerciale*. La gran parte del bycatch viene comunque scartata. I detriti animali, vegetali, minerali o antropici come conchiglie, pietre, tronchi o rifiuti prendono il nome di *debris* e non fanno parte del bycatch. La pesca non sostenibile svolta senza controllo alcuno è la principale fonte del fenomeno. Il bycatch è composto in prevalenza di pesci, crostacei molluschi, echinodermi ed altri invertebrati. Suscita particolare interesse e preoccupazione. La riduzione dell'incidenza del bycatch sul totale del pescato è importante sia da un punto di vista ecologico che da quello economico: i dispositivi in grado di far diminuire le catture accessorie vengono denominati nel complesso BRD (Bycatch Reducer Devices (meccanismi per la riduzione del bycatch). I BRD sono molto diversificati in base alla tecnica di pesca a cui vengono applicati, variano dal divieto di utilizzare reti con maglia inferiore a una certa misura a griglie di selezione che impediscono ad individui più piccoli o più grandi di una determinata taglia di finire

nel sacco di una rete a strascico ad ami per palamiti studiati per non essere inghiottiti dalle tartarughe a dissuasori acustici che allontanano i cetacei dalle reti da posta. Il bycatch è composto in prevalenza di pesci, crostacei, molluschi, echinodermi ed altri invertebrati. Suscita particolare interesse e preoccupazione tra i biologi della conservazione il bycatch di specie rare come uccelli marini, e tartarughe marine i quali in genere muoiono per annegamento quando vengono intrappolati nelle reti o restano allamati ad un palamito oppure gli squali. Molto dannoso per la consistenza degli stock della specie target è naturalmente il bycatch di individui giovanili della stessa specie. Spesso gli individui immaturi di una data specie costituiscono il bycatch di tecniche di pesca diverse da quelle che insidiano gli adulti. Ad esempio i giovanili di tonno rosso.

**Fig 17 :** Il fenomeno del by-catch



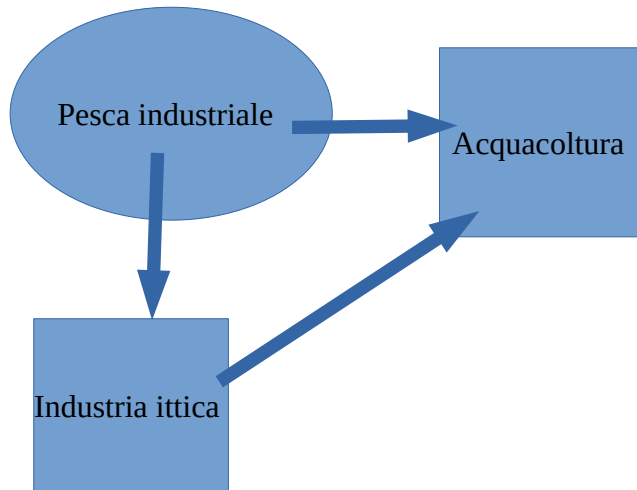
**Fonte:** <https://reefci.com/2018/02/16/overfishing-what-is-bycatch/>

## 2.9 L'acquacoltura e le false speranze inerenti la sostenibilità

Quando si pose il problema della sostenibilità nel settore pesca, circa 30 anni fa, molti biologi proposero l'acquacoltura come sistema alternativo per diminuire lo sforzo di pesca e quindi la pesca industriale. Analizzando il problema dal punto di vista ecologico e ambientale nel lungo termine non è così. Il mangime ottenuto per alimentare tali allevamenti (semintensivi, intensivi e iperintensivi) si configurano gli

oli e farine ottenuti da stock ittici ottenuti dalla grande pesca industriale, che non è certo sostenibile.

**Fig .18a:** Sistema chiuso non sostenibile



**Fig .18b :** Allevamento intensivo di pesce



**fonte :** <https://www.essereanimali.org/2021/06/allevamenti-intensivi-pesci-nostre-immagini-rai-3/>

Secondo studi recenti per ogni kg di pesce allevato viene utilizzato da 1,8 a 2,4 kg di mangime ottenuto da stock prelevati industrialmente. Quindi tradotto possiamo affermare che 1/3 della catture inerenti la pesca industriale viene utilizzato come mangime destinato all'acquacoltura. L'agricoltura attuale presenta purtroppo queste problematiche :

**Tabella 1 : Problemi ecologici dell'acquacoltura**

	<b>Problemi ambientali</b>
ACQUACOLTURA	Uso degli antibiotici indiscriminato
	Feci e inquinanti azotati
	Rilascio di sostanze chimiche
	Fughe di specie invasive

### **2.10 Esistono delle soluzioni tecnologiche sostenibile : l'acquaponica**

L'acquaponica è una tipologia di agricoltura mista ad allevamento sostenibile basata su di una combinazione di acquacoltura e coltivazione idroponica. Questo ci permette di creare un loop ecosistemico sostenibile e simbiotico.

**Fig 19 :** Esempio di sistema acquaponico

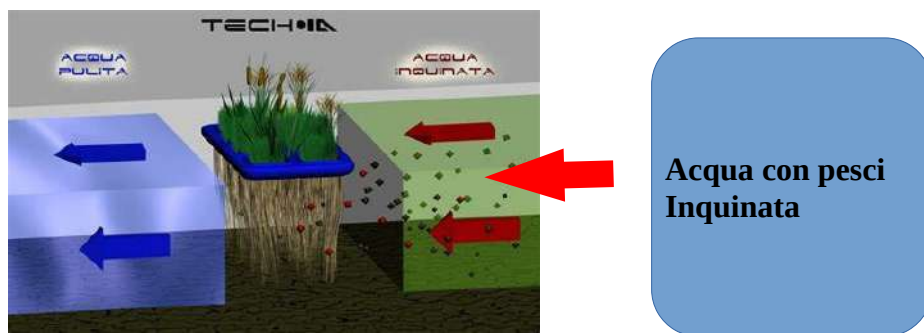


Fonte : <https://www.pinterest.it/pin/841258405372180755/>

In un sistema acquaponico l'acqua delle vasche per acquacoltura viene pompata in quelle idroponiche, in modo tale che le piante che vi si trovano possano filtrarla sottraendo diverse sostanze di scarto dei pesci, traendone contemporaneamente nutrimento. L'acqua così filtrata potrà quindi essere reimpressa nelle vasche per acquacoltura e riprendere il suo ciclo. L'impianto di acquaponica è concettualmente semplice: i suoi costituenti sono la vasca di allevamento dei pesci, pompe per il

ricircolo dell'acqua, sistemi di filtraggio colonizzati da batteri nitrificanti che trasformano le deiezioni animali in soluzione fertilizzante che poi viene immessa in ambienti di coltivazione fuori suolo. Questi ultimi possono essere vasche riempite con substrati minerali di pomice o polistirolo, o organici, vasche su cui sono posizionati elementi flottanti per il sostegno delle colture che sviluppano le radici direttamente in acqua, o circuiti in cui viene fatta circolare l'acqua sui quali si inseriscono piccoli contenitori per la coltivazione delle piante. Possono essere allevati pesci d'acqua dolce per consumo alimentare, ma anche con valore ornamentale o con finalità di ripopolamento faunistico e piante ed ortaggi per consumo alimentare. I sistemi acquaponici rispetto alla catena alimentare dell'acquacoltura aggiunge un sistema idroponico che consuma la parte azota delle deiezioni. Questi sistemi acquaponici rappresentano una vera e propria catena del detrito innescando un sistema biologico-ecologico chiuso e sostenibile. L'acquaponica è una tecnica di agricoltura che funziona in sinergia con l'allevamento. Le piante in pratica fungono da agente fitodepuratore.

**Fig 20** : Concetto teorico della Acquaponica



fonte: <http://fitodepurazione.blogspot.com/2012/12/la-fitodepurazione-flottante-i-primi.html>

## Capitolo 3 : Studio sperimentale di metodi di pesca alternativi e sostenibili a basso impatto ambientale

### 3.1 Perché del progetto : amplificare la pesca sostenibile

L'idea della sperimentazione nasce da due duplici fattori che di primo acchito sembrano slegati, ma invece sono assai interconnessi sinergicamente cioè :

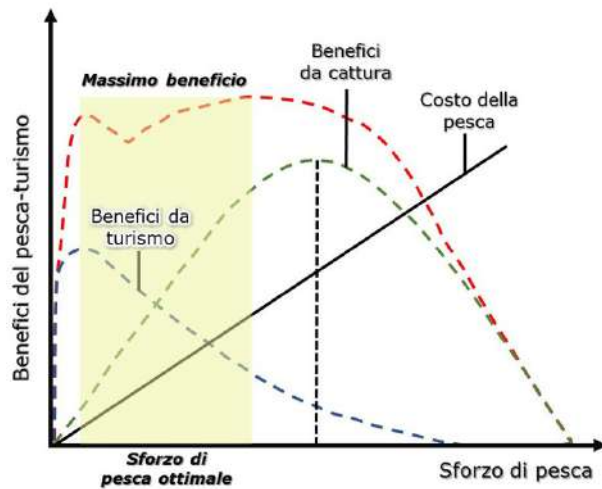
- a) *Il concettosi sforzo di pesca*
- b) *La sostenibilità della pesca*

Il grafico sottostante in **(Fig 21)** ci mostra proprio come si dovrebbe agire in un determinato territorio e quindi in un dato ecosistema marino per evitare di comprometterne la funzionalità. Se viene superato lo sforzo di pesca intrinseco spesso è dovuto all'utilizzo di mezzi di pesca non sostenibili. Se la sostenibilità viene meno significa che lo sforzo di pesca aumenta. Questi concetti sono direttamente proporzionali.

Concetti cardine sui quali dobbiamo lavorare :

- a. **Sovrapesca** : e' definita come un eccesso della sforzo di pesca che si manifesta quando le catture totali diminuiscono all'aumentare di Sforzo di pesca. Si tratta della **pesca intensiva**, quel meccanismo di raccolta del pesce che non tiene conto della necessità degli stock ittici di riprodursi per non spopolare le zone di mare. Un sistema che raccoglie tutto, butta via tanto, spreca troppo e che presto potrebbe estrarre tutta la vita dal mare
- b. **Sforzo di pesca** : E' l'insieme degli attrezzi pesca per il tempo/spazio del loro impiego in una determinata area. Sono intesi sia attrezzi di pesca professionali e non.

**Fig 21:** Concetto dello sforzo di pesca



Fonte : **wikipedia**

### **3.2 Descrizione dell'attività sperimentale**

L'attività sperimentale due mesi e saranno testate, visto la particolarità del territorio, sia le nasse che le reti da posta, nello specifico il tramaglio adatto a catturare il pesce azzurro. Le maglie presenti nelle nasse e quelle delle reti a tramaglio sono dimensionate secondo normativa Europea vigente. Essendo il sito di pesca situato in zona di transito natanti ogni giorno di sperimentazione verrà inviata una PEC alla capitaneria di Porto Garibaldi, per coglierne l'autorizzazione alla pesca. Utilizzeremo le nasse e il tramaglio in vari ambienti :

- 1) Valli di acqua salmastra
- 2) Porto Canale e darsena
- 3) Anse vallive di acqua dolce

### *3.2.1 Sperimentazione 1 : reti da posta “il Tramaglio”*

Rete a tramaglio posizionata per 24 ore in tre giornate differenti durante la settimana (lunedì, mercoledì, venerdì) dalle ore 6:00 AM e salpata il giorno successivo. Raccolta ed elaborazione dei dati biologici quantitativi e qualitativi, e modificheremo le caratteristiche tecniche della rete stessa agendo sulla sua posizione nel fronte d'acqua, quindi variando i pesi dei piombi.

### *3.2.2 Sperimentazione 2 : nasse con forma geometrica differente*

Testare tre tipologie di nasse con forma geometrica differente ed “enca” diverse per determinare la performance intrinseca di ognuna di esse utilizzando lo stesso quantitativo di esche (200 gr. di sardine), gli stessi ecosistemi, quindi con le stesse caratteristiche e lo stesso tempo di permanenza in acqua 24 ore (posizionare alle 6:00 AM). Raccolta ed elaborazione dei dati biologici quantitativi e qualitativa. Altre nasse saranno posizionate in ambienti vallivi sia salmastri sia di acqua dolce per testare in ogni ecosistema la performance.

### *3.2.3 Sperimentazione 3 : food variation*

Testare, scegliendo una nassa particolare modifica ad hoc in modo artigianale, tipologie di cibo (esca) differenti ottenuti da impasti diversi di prodotti diversi. Andremo alla ricerca del miglior staging utilizzando boiles eterogenee messe a dimora in condizioni identiche sia ambientali che chimico fisiche.

## **3.3 Storia delle pesca attraverso nasse**

Con nassa si intende un antico attrezzo da pesca, l'uomo ha da sempre costruito questi attrezzi per pescare e selezionare il pescato, puntando soprattutto sulla qualità dello stesso e non prettamente sulla quantità . Tuttora impiegato nella pesca tradizionale, ve ne sono diversi tipi, a seconda delle zone e del tipo di preda. Le principali sono due: *a campana* e *a barile*. La nassa è costituita da una rete metallica o di plastica con, all'estremità, un "imbuto". L'esca appesa all'interno costringe il pesce, attirato dall'esca, ad entrare forzando le maglie posizionate sulla bocca della

strozzatura. In questo modo la preda non è poi più in grado di lasciare la Nassa. Le nasse sono generalmente posizionate al largo la sera, e recuperate la mattina seguente per sostituire l'esca e scaricare il pescato. Le esche più usate sono le sarde per il forte odore che emanano, il formaggio e il pane. In alcune parti del mondo/fiumi è illegale pescare con le nasse, tipo il martavello utilizzato nelle acque interne o nelle lagune interne.

**Fig. 22 :** Nassa per la pesca delle canocchie (cicale di mare)



**Fonte : wikipedia**

### *3.3.1 Utilizzo della nasse nell'antichità*

Gli attrezzi da pesca passivi includono quegli attrezzi da pesca che vengono posizionati in mare e acque interne catturano passivamente il pesce, sfruttandone i movimenti o attirandolo con esche. Nel corso della storia molti popoli hanno prodotto nasse diverse, con scopi differenti rispettando ecologia, rete trofiche e biodiversità. Esistono essenzialmente due tipi di nasse, una struttura permanente o semipermanente posizionata in un'area fluviale o di marea e una nassa a bottiglia o vaso che di solito, ma non sempre, viene usata come esca per attirare la preda e viene periodicamente sollevata fuori dall'acqua. Il Mar Mediterraneo, con una superficie di circa 2,5 milioni di km<sup>2</sup> (970.000 miglia quadrate), è modellato secondo il principio di una nassa a bottiglia. È facile per i pesci dell'Oceano Atlantico nuotare nel

Mediterraneo attraverso lo stretto collo di Gibilterra e difficile per loro trovare la via d'uscita. È stata descritta come "la più grande nassa per pesci del mondo."

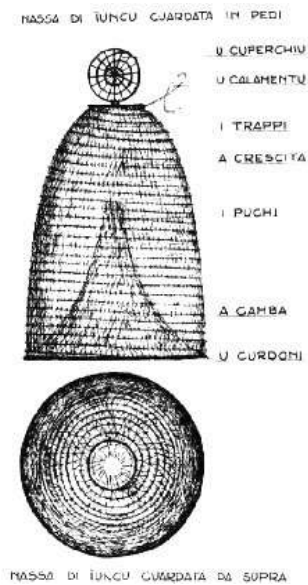
**Fig. 23** : Nassa per pesci, epoca romana; trovato a Valkenburg, nei Paesi Bassi



**Fonte** : [wikipedia](#)

Probabilmente gli Etruschi, poi successivamente i Romani costruirono nasse specifiche di legno utilizzabili nelle acque interne, alla foce dei fiumi e negli specchi d'acqua di transizione, questo ha riscontro negli antichi reperti ritrovati, oppure parti di esse, ovviamente la selettività non era così spiccata come quelle attuali ma pur sempre sostenibili.

**Fig. 24 :** Antiche nasse Sarde XVIII secoli



**Fonte :** <https://lamaddalena.info/la-pesca-le-nasse/>

Le antiche nasse erano performanti e venivano costruite con accorgimenti peculiari, destinati sia all’ambiente ecologico tipico e anche alla tipologia di pescato. Per questo motivo la loro selettività era spiccata e addirittura ogni nucleo familiare aveva la sua “ricetta” per costruire tali nasse.

### *3.3.2 Tecnica della costruzione delle nasse*

La realizzazione delle nasse in giunco costituisce un caso esemplare della relazione tra intreccio e mare. Esse si configurano come preziosi strumenti per la pesca in Italia, diffusi in tutte le aree costiere dedite a quest’attività . Le nasse si costruiscono ancora oggi con varie forme, differenti dimensioni e misure delle maglie, specifica distribuzione dello spessore dei giunchi in base al tipo di pesce da catturare. Tradizionalmente i pescatori costruivano personalmente le loro nasse nei mesi invernali, nel momento in cui il cattivo tempo impediva la navigazione in mare. Fra i materiali scelti per la costruzione delle nasse il più utilizzato è certamente il giunco (*Juncus Acutus*) che i pescatori raccoglievano nel mese di giugno lungo le coste o nelle zone sabbiose ed umide. La fibra si essiccava al sole, in luoghi ventilati e poi

conservata in mazzi nei magazzini. Per la struttura portante delle nasse si utilizzavano le verghe (dei polloni di olivastro, mirto o canna) ben ripulite, levigate e rese elastiche, il tutto legato con lino o altre fibre. Gli attrezzi erano essenziali: ciotola d'acqua per idratare la fibra di giunco ed inumidirla durante le fasi di intreccio, roncola e coltello affilato a serramanico per il taglio della fibra, aghi e filo per la cucitura. Tre gli elementi compositivi delle nasse: una parte esterna a forma di campana; parte interna a forma di imbuto denominata porta d'inganno ("ingannu" in castellanese), che termina con punte in giunco non intrecciate che impediscono la fuga del pesce imprigionato definita "enca". La costruzione delle nasse è simile in tutta Italia con differenti relegate allo antico folcore e differisce nelle dimensioni in base al tipo di pescato (aragosta, anguille e altre specie). Il punto di partenza è la costruzione di una spira portante fatta di piccoli rami di fibra di mirto, o altri polloni vegetali, che costituirà l'imboccatura della nassa. I rami della spira sono tenuti insieme dai fili di cucitura. All'imboccatura si legano, sempre con l'ausilio del filo di nylon, i mazzetti di giunco che seguiranno una determinata angolatura in modo da conferire la forma desiderata alla tramatura della campana. Si prosegue poi, secondo la medesima tecnica e medesimi materiali vegetali, alla costruzione della porta di inganno, che sarà al suo termine cucita alla gabbia a campana. La fase finale è la costruzione del coperchio, strutturato in cerchi concentrici e appena più largo del cerchio della campana, in modo da garantire una chiusura perfetta dell'imboccatura della nassa. La chiusura ermetica, la forma corretta, l'enca giusta e l'esca performante sono una garanzia per il pescato di qualità.

**Fig 25** .Tipologie di intreccio per ottenere “enche” differenti

Variando la tipologia di intreccio si ottengono sagomatura dell’imbocco e dell’”enca” trappola differenti, legati al tipo di pescato e all’ambiente adiacente, nonché alla taglia legale dello stesso

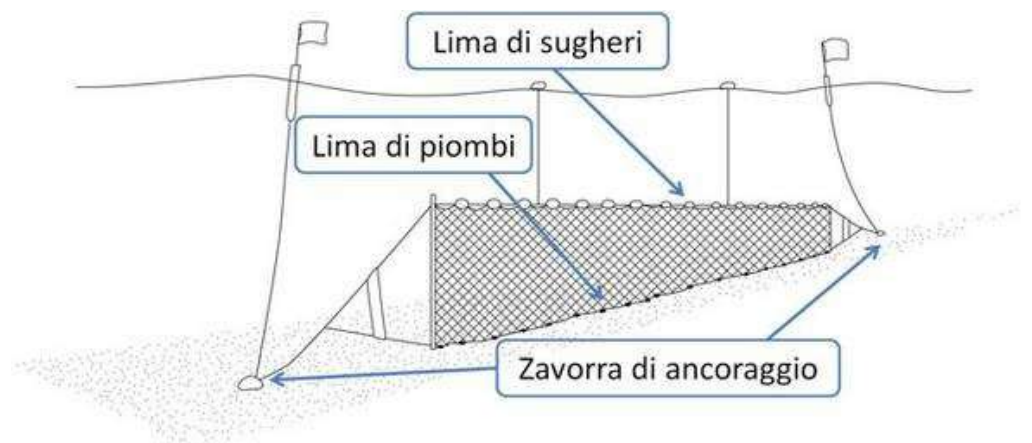


**Fonte:** <http://www.mimcastelsardo.it/it/museo/lacqua-e-lintreccio/nasse/index.html>

### 3.3.3 Storia struttura e materiali utilizzati nelle reti da posta

La rete da posta invece è un attrezzo da pesca professionale costituito da una rete disposta verticalmente e spesso molto lunga che viene lasciata in mare o in acque interne o lagunari lasciando che siano le prede a raggiungerla ed a rimanervi impigliate.

**Fig 26 :** Struttura di base di una rete da posta



**Fonte :** <https://chioggia.biologia.unipd.it/banche-dati/banca-dati-della-flotta-peschereccia/le-tecniche-di-pesca/>

La struttura di una generica rete da posta è molto semplice: si tratta generalmente di una rete rettangolare portante dei galleggianti di plastica o sughero nella parte superiore (*lima dei sugheri*) e dei piombi (*lima dei piombi*) in quella inferiore. Per poter pescare efficacemente una rete da posta deve rimanere ben tesa verticalmente in acqua per cui è fondamentale il corretto bilanciamento tra la lima da sugheri e quella da piombi. In passato le reti da posta erano realizzate soprattutto di cotone oggi è di uso quasi universale il nylon che ha il pregio di essere praticamente invisibile nell'acqua, e di durata maggiore alla corrosione marina, nonché problema inquinante vista la lunga biodegradabilità. La principale suddivisione delle reti da posta è tra reti fisse o derivanti: le prime vengono ancorate al fondo mentre le seconde sono libere di spostarsi seguendo le correnti. Le reti derivanti sono in genere

utilizzate per la cattura di pesci pelagici, spesso in alto mare, mentre quelle fisse sono gli attrezzi più utilizzati nella cosiddetta "piccola pesca" strettamente costiera. Il più comune e diffuso tipo di rete da posta fissa è il *tramaglio o tremaglio* (tre maglie) la cui etimologia ha trovato ispirazione nella tipica struttura di questa diffusa rete da pesca, composta appunto da tre strati di maglie, i più esterni a maglie larghe (*pezze o pareti*) ed il più interno (*mappa*) a maglie strettissime e di superficie maggiore degli altri due (in maniera che sia meno tesa delle pezze). La preda penetra attraverso le maglie molto larghe della pezza più esterna ma rimane inesorabilmente avviluppata (*ammagliata*) nella mappa, formando un "sacchetto" all'esterno della parete dal lato opposto da quello di entrata. Questo rende assai più agevole estrarre (*smagliare*) la preda, perché basta rinfilare il sacchetto di mappa all'interno della pezza ed il pesce si "smaglia" da sé. Questa rete viene utilizzata soprattutto nei pressi di fondi rocciosi o nei pressi delle foci. Il *tramaglino* è una modificazione del tramaglio che ha un'altezza delle pezze molto minore per cui pesca solo nelle immediate vicinanze del fondale. Viene utilizzata per la cattura delle triglie dei crostacei come la mazzancolle. La mugginara o saltarello è una rete simile al tramaglio, ma porta sulla parte superiore, al di sopra dei sugheri, una pezza supplementare di rete disposta parallelamente al pelo dell'acqua. Questa rete viene utilizzata per la cattura di cefali in acque lagunari e viene utilizzata spaventando i pesci colpendo l'acqua con bastoni; i cefali, molto agili, saltano fuor d'acqua per scavalcare la rete e restano ammagliati nella pezza orizzontale. Viene chiamata per questo motivo anche rete a battere. Questo attrezzo viene disposto circolarmente attorno a banchi di pesci previamente individuati come, su scala più ampia, viene fatto con le reti da circuizione. L'imbrocco o menaida o menaide è un tipo di rete fissa simile al tramaglio, ma costituito dalla sola mappa, a maglie molto fitte, spesso usata per la cattura di pesci di piccola taglia. Le reti incastellate, imbardate o combinate sono ibride tra tramaglio ed imbrocco, di solito tramaglio nella parte vicina al fondo ed imbrocco nella parte superiore, il che consente di ampliare lo spettro operativo dell'attrezzo. Queste reti comunque sono poco usate ad eccezione di alcune situazioni locali. La palamitara e la spadara sono due tipi di rete adatte alla cattura di grosse prede come tonni e pesci spada; la prima è ancorata al fondo, mentre la seconda è derivante. L'uso di queste

due reti è proibito in tutta l'Unione Europea dal Regolamento CE 894/97 per la moria di cetacei che producono

**Fig 27** : Tipica rete da posta : il Tramaglio



**Fonte** : <https://www.istockphoto.com/it/foto/rete-da-pesca-sottacqua-una-rete-da-posta-fisse-mar-mediterraneo-gm1141063216-305550948>

### 3.3.4 Funzionamento delle reti da posta

Il funzionamento delle tipologie di reti da posta è direttamente correlato alla forma della stessa e alle modalità con le quali agisce su specifiche parti anatomiche del pescato e dal punto ecologico di posizionamento. Esse devono garantire :

1. *Selettività del pescato più elevata possibile*
2. *Mantenimento della qualità del pescato ottimale*
3. *Inquinamento ambientale e visivo (ridotto e/o mitigato)*

**Tabella 2 : tipologia di reti da posta**

<b>Tipologia di utilizzo</b>	<b>Descrizione</b>
<b>IMBROCCO</b>	Il pesce si infila con la testa nella maglia della rete e vi rimane bloccato per gli opercoli branchiali non riuscendo più a liberarsi. È tipico delle reti a imbrotto (che infatti in inglese vengono chiamate <i>gillnets</i> ovvero reti da branchie). È fondamentale che la misura della maglia sia proporzionata alla taglia della specie ittica insidiata.
<b>AMMAGLIAMENTO</b>	Il meccanismo è molto simile all'imbrotto ma il pesce viene bloccato a metà del corpo e non per gli opercoli
<b>IMPIGLIAMENTO</b>	In questo metodo il pesce rimane impigliato per le sporgenze del corpo come denti o raggi delle pinne.
<b>INSACCAMENTO</b>	È tipico del tramaglio, la preda penetra attraverso le maglie molto larghe della pezza più esterna ma rimane inesorabilmente avviluppata ( <i>ammagliata</i> ) nella mappa, formando un "sacchetto" all'esterno della parete dal lato opposto da quello di entrata. Questo rende assai più agevole estrarre ( <i>smagliare</i> ) la preda dalla rete

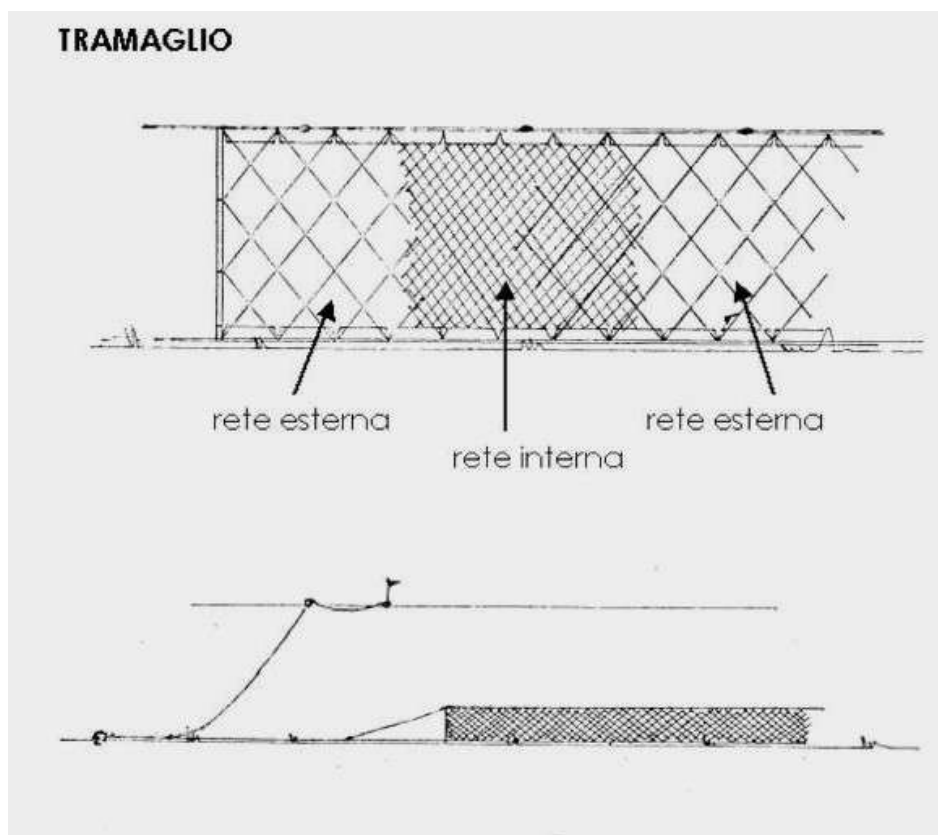
Di solito questi attrezzi vengono calati sul finire del giorno e salpati in mattinata. Alcune specie ittiche però richiedono cale diurne o strettamente notturne. Dato che una rete da posta non segnalata può costituire un pericolo per la navigazione il DPR 1639/1968 prevede che questi attrezzi vengano segnalati con galleggianti portanti una bandiera gialla di giorno e un fanale sempre giallo di notte. La legislazione europea vieta espressamente le reti da posta derivanti considerando tra l'altro che "le attività... di pesca con reti da posta derivanti praticate per catturare tonno, pesce spada e talune altre specie presentano un difetto di selettività, sicché, comportano catture accessorie e rischi per le popolazioni di specie diverse da quelle bersaglio" (tra cui delfini, balene ecc.). La maglia minima di una rete da posta deve misurare 20 mm o più..

### 3.3.5 Selettività specifica delle reti da posta

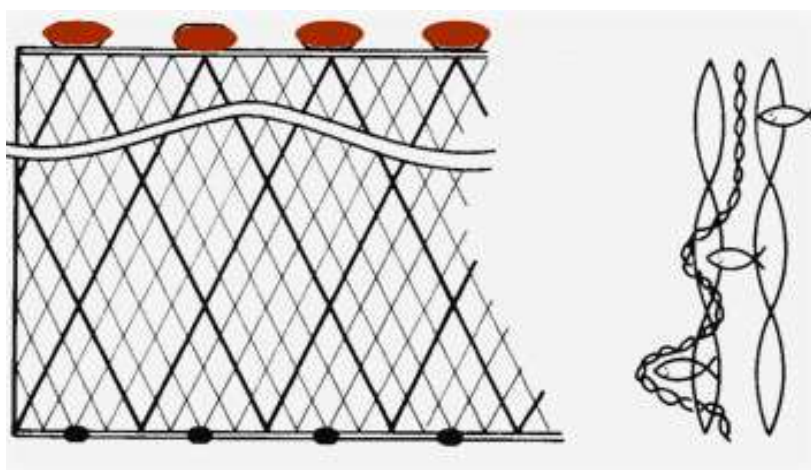
Il tramaglio è la rete da posta più nota, ed è formata da tre pezze (pannelli) di rete sovrapposte ed armate con diverso rapporto di armamento sulle stesse due linee da sughero e piombo. Le due pezze esternamente identiche e formate da maglie molto grandi sono armate sulle lime con un rapporto di armamento abbastanza alto (0,6-0,7), mentre la pezza intermedia ha maglie piccole e rapporto di armamento basso (0,4-0,5). I filamenti sono generalmente multifilamento o multimonofilamento. Ciò permette una sovrabbondanza di rete nella pezza a maglia piccola. Questo meccanismo permette al pesce di incontrare nel suo cammino la rete e cerca di superarla. Da qualunque parte esso provenga, supera abbastanza agevolmente la maglia grande inerente la pezza esterna (il maglione) e preme sulla pezza a maglia piccola che essendo sovrabbondante fa una sacca delimitata dalla maglia grande della terza parte di rete. In questa sorta di sacca il pesce resta imprigionato senza poterne uscire. Il prelievo verrà eseguito durante la salpata della rete, ottenendo un prodotto di qualità eccelsa. Il tremaglio è generalmente è calato sul fondo per la cattura delle specie pregiate. Le dimensioni delle maglie e dei maglioni variano a seconda della zona di prelievo. Questo tipo di rete è confezionato con filato molto sottile e questo agevola l'ammagliamento del pesce, appena avviene il contatto con le pinne, per questo motivo spesso vengono eseguite modifiche per aumentarne la capacità selettiva. Come esempio di performance abbiamo due varianti usati nelle marinere italiane :

1. *Semitramaglio* : due pannelli uno a magli strette e uno a maglie larghe
2. *Tramaglio incastellato* : tramaglio nella parte inferiore, rete ad imbocco nella superiore.

Fig 28 : Particolare del Tramaglio tradizionale, semitramaglio e incastellato



Fonte : <http://www.nonnodondolo.it/content/rete-tramaglio>





Fonte : <http://www.nonnodondolo.it/content/rete-tramaglio>

### 3.3.6 Perché una sperimentazione mirata

La sperimentazione è mirata in un peculiare territorio e in un sito ben preciso in maniera da rilevare sia dati quantitativi che qualitativi. Scegliere un sito adatto dal punto di vista logistico, paesaggistico e ambientale è importante dal punto di vista della sperimentazione poiché le condizioni meteo ed ecologiche insisteranno e incideranno sull'elaborazione dei dati finali. La sperimentazione svolta riprende la tecnologia testata da secoli sulle reti da posta, coadiuvata da un peculiare lavoro di messa a punto di miglie inerenti due sostanziali ambiti :

- a. *Conformazione e struttura del design della rete stessa*
- b. *Tipologia quantitativa e qualitativa dell'esca utilizzata*

La sperimentazione verrà portata avanti temporalmente con un protocollo sperimentale ben preciso per mantenerne l'oggettività sperimentale.

### 3.4 Ubicazione del sito di sperimentazione

**Fig 29:** Ubicazione del Sito di sperimentazione



**Fonte :** Google maps

Il sito sperimentale è ubicato nel porto canale di Porto Garibaldi, adiacente all'Istituto Remo Brindisi. Verrà preso in considerazione il lato sinistro del porto canale contiguo all'Istituto stesso, dove sono ubicate delle “bitte” che utilizzeremo come punti di appiglio per le prove sperimentali inerenti le nasse e le reti da posta. Il sito è ritenuto adatto anche perché non è una zona di pesca attiva, non è frequentata da natanti né professionali né da diporto. Abbiamo ottenuto uno speciale permesso della capitaneria di Porto Garibaldi per utilizzo del sito per prove sperimentali di interesse scientifico.

### 3.4.1 Descrizione fotografica del sito di sperimentazione

Le fotografie sotto stanti rappresentano il Porto Canale di Portogaribaldi (Fe) nel quale abbiamo sperimentato sia le reti da posta che le nasse.

**Fig 30 a** : Particolari specifici del sito di sperimentazione



Fonte : propria (Alberto Alberani)

**Fig 30 b : Particolare delle “Bitte” di attracco**



Le bitte in ghisa sono ad una distanza di 45 metri l'una dalle altre e ancorate con quattro bulloni da 32 al muretto di contenimento del canale stesso

**Fonte : propria** (Alberto Alberani)

Le “bitte” di attracco sono state utilizzate per agganciare le nasse e le reti da posta, ovviamente è stato chiesto l'utilizzo e quindi i permessi alla Capitaneria di Porto Garibaldi. La dislocazione delle stesse ci permette di posizionare più nasse nello stesso momento e la capacità di pesca non viene minata poiché sono distanti 45 metri l'una dalle altre.

**Fig 31:** Sito di ubicazione della sperimentazione : punto specifico di posizionamento delle nasse



**Fonte : propria** (Alberto Alberani)

**Fig 32 :** Sito di sperimentazione fotografie specifiche (**fonte Alberto Alberani**)



**Fonte : propria** (Alberto Alberani)

Le nasse verranno ubicate lungo il porto canale di Porto Garibaldi . La scelta del sito di ricerca non è casuale ma è stata dettata da una valutazione attenta dal punto di

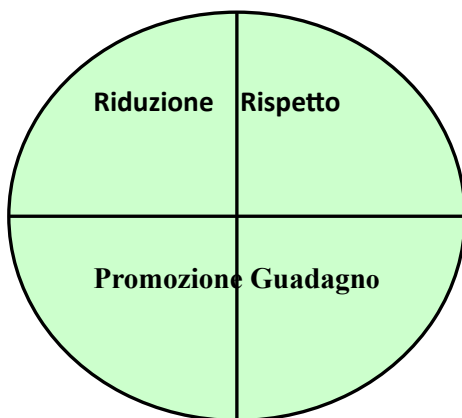
vista ecologico e ambientale. La zona presenta determinate caratteristiche di marea, di moto ondoso e risulta protetta altresì dal percorso dei natanti.

Caratteristiche geografiche del sito :

- a. Batimetria da 2,60 m a 4,10 m
- b. Salinità : 32 per 1000
- c. Temperatura da 8-19 ° C
- d. Moto ondoso medio-basso

*3.4.2 Attività sperimentale : Protocollo inerente la pesca sostenibile :*

Il protocollo si base su concetti cardine che possiamo riassumere in con questo “slogan “ :



Ci siamo posti la faticosa domanda “*Perché le nasse sono definite tecnica di pesca sostenibile?*”

Tra le tecniche più popolari troviamo la cattura con le nasse e i cestelli, metodo che prevede che queste vengano calate nelle acque al tramonto, per poi essere recuperate alle prime ore dell'alba. Le nasse vengono legate spesso a coppie, lanciate in acqua con una zavorra in modo da garantire più profondità e dei galleggianti di sughero o

bandierine ne segnalano la posizione. Calato in prossimità della riva, è questo un attrezzo tipico delle valli di Comacchio e dell'alto Adriatico e degli ambienti lagunari, anche se attualmente è caduto in disuso, con questa sperimentazione vogliamo riportare in auge tale tecnica di pesca. Questo ci ha fatto pensare e ci siamo di nuovo chiesti “ *Quali sono i vantaggi di queste tecniche e quali specie possiamo catturare? Possiamo catturare dai piccoli crostacei, ai pesci di fondale, all’anguilla in base al territorio i cui viene calato lo strumento di pesca.*”

### *3.4.3 La pesca con le trappole e il suo attuale utilizzo*

Grazie anche alle scelte di acquisto dei consumatori è tuttavia possibile sostenere la piccola pesca e chi ne mantiene la tradizione, oltre a tutelare l’ambiente con delle tecniche non invasive e che rispettano gli habitat marini. Ci siamo chiesti perché passare ad una pesca sostenibile, la pesca a strascico genera svariati problemi tra questi :

- Desertificazione dei fondali
- Diminuzione alle nursery e riduzione dello stock giovanile
- Danni alla biocenosi bentonica
- Conflittualità economica con la piccola pesca ecosostenibile

Esistono tecniche di pesca sostenibili, quali :

- a. Nasse (metodo studiato durante la ricerca)*
- b. Reti da posta (metodo utilizzato durante la ricerca)*
- c. Palangaro di fondo
- d. Reti a circuizione

#### *3.4.4 Importanza delle nasse nella pesca sostenibile*

Le nasse sono sovente trappole che vengono utilizzate per rendere la pesca più selettiva e sostenibile e per contenere lo sforzo di pesca. Il nostro scopo è utilizzare nasse storiche e nasse di nuova concezione rendendole più performanti. Renderle più perforanti significa agire sulla forma, sul materiale, sulla struttura e posizionamento della trappola e sul cibo utilizzato come esca.

### **3.5 Protocollo sperimentale**

Di seguito sarà descritto il protocollo sperimentale utilizzato per testare l'attività di pesca di questi strumenti nella pesca ecosostenibile. Possiamo definire il progetto con il titolo che segue :

**Titolo : *Testare la performance di varie tipologie diverse di nasse utilizzando esche differenti :***

- a. Nasse a diversa imboccatura*
- b. Nasse con forma diversa*
- c. Nasse con tipologia di esca diversa*
- d. Diverse tipologie di "boilies"*

Raccolta ed elaborazione dei dati ottenuti per verificarne la performance relativa di pesca e conclusioni finali. I dati che ricaveremo sono assai innovativi poiché questo studio comparativo in Adriatico non è mai stato svolto, soprattutto per quanto concerne la tipologia di esche utilizzate. Questo studio può servire ai produttori di nasse poiché potranno prendere spunto dalle performance intrinseche per ricavare nasse assai duttili per ogni tipo di ecosistema.

### 3.5.1 Posizionamento delle nasse

**Fig 33 :** Nasse in opera



**Bitte** in opera utilizzate come ancoraggio per le nasse durante le prove sperimentali. Abbiamo utilizzato una fune di nylon per ancorare le nasse altamente resistente, diametro 10 mm e posizionato un'iscrizione con il timbro del MIUR per sperimentazione in atto.

Fonte : Nassa specifica in fase di preparazione (fonte Alberto Alberani)

**Fig 34 :** particolare del progetto sperimentale



Fonte : propria (Alberto Alberani )

### 3.5.2 Nasse con “bocca conica”

**Fig.35** : Nasse con “Bocca a forma conica”

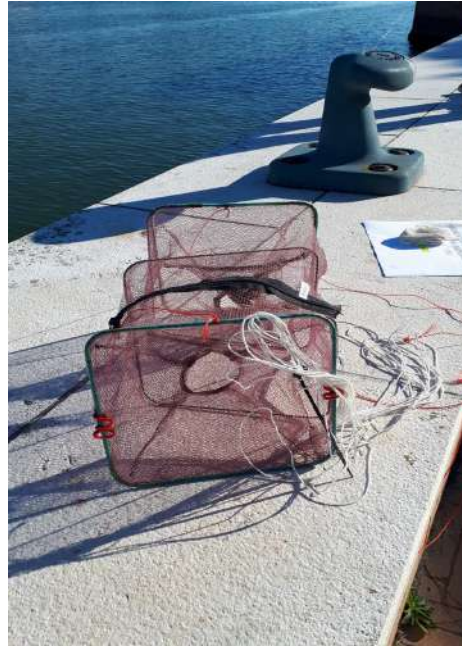


**Fonte : propria** (Alberto Alberani)

La forma conica dovrebbe permettere una maggior efficacia visto che l’animale una volta entrata, con ma maggior fatica potrà ritornare indietro rimanendovi intrappolato.

### 3.5.3 Nasse con “bocca circolare”

**Fig. 36 :** Nasse con “bocca” circolare



**Fonte : propria** (Alberto Alberani)

Sia la bocca conica che quella circolare sono tipiche delle nasse dell’alto Adriatico la forma è legata alla tipologia di pescato che vogliamo prelevare. La specificità delle nasse è tale per cui ogni nucleo familiare si è costruito arbitrariamente la propria nassa con caratteristiche peculiari in base alle proprie esigenze.

**Fig 37 :** Particolare della struttura delle nasse “circolare”

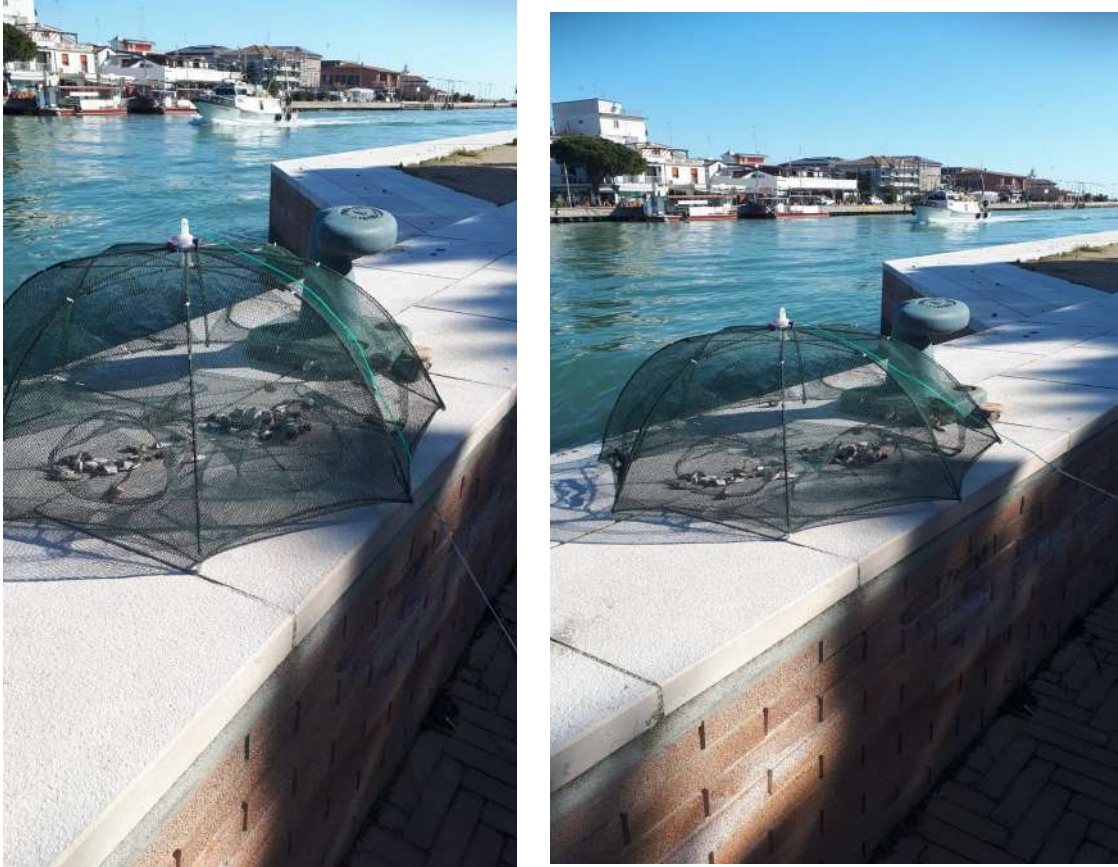


**Fonte : propria** (Alberto Alberani)

La forma circolare, molto ampia, permetterebbe un minor performance ma consente l'entrata di tipologie di pescato di maggiore taglia, sempre rispettando le normative vigenti dell'UE. Il mastro retiere specializzato attraverso l'utilizzo del “gugello” e del codino di nylon o cotone apporta delle modifiche specifiche all'apertura della nassa. L'utilizzo del “gugello” permetterebbe di apportare modifiche anche più radicali, per esempio creare delle paratie interne alla nassa.

### 3.5.4 Nasse a “forma ad ombrello”

**Fig 38 .:** Nasse a “forma ad ombrello”



**Fonte : propria** (Alberto Alberani)

Le nasse ad ombrello sono molto performanti poiché possiedono più imboccature e sono munite di tre caratteristiche peculiari :

- a) Base di appoggio ampia e quindi stabilità superiore alle altre
- b) Trappole dislocate su tutta la superficie laterale
- c) Enche (esche) diverse su tutta la superficie laterale

### 3.5.5 Prove di pesca con tipologie di nasse differenti :

**Fig 39** : Tipologie di nasse utilizzate nelle prove sperimentali :



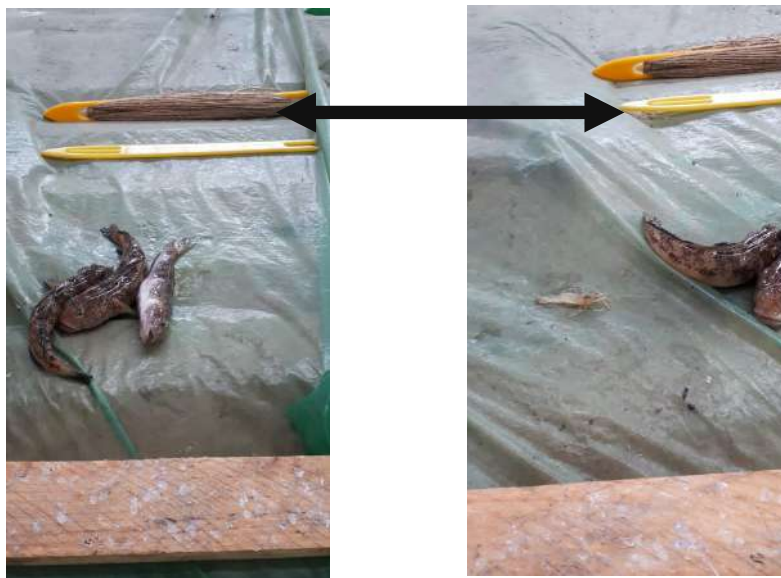
Variabilità delle nasse utilizzate:

- a. Imboccatura della trappola**
- b. Materiale**
- c. Forma**
- d. Tipologia di esca utilizzata**

**Fonte : propria** (Alberto Alberani)

### 3.5.6 Modificare le nasse e le reti con strumenti antichi

**Fig 40** : Particolare del “gugello”



**Fonte : propria** (Alberto Alberani)

Le reti e le nasse durante la sperimentazione sono state rammendate e modificate da un mastro retiere specializzato, che ha utilizzato uno strumento particolare definito Gugello fig (gùgel in Comacchiese), cioè un ago per reti. Rappresenta un rocchetto nel quale alloggiare il filo di nylon oppure altro materiale che servirà al rammendo dell'attrezzo di pesca. Un tempo il gugello era fatto di legno ora per motivi pratici si utilizzano gugelli in plastica, raramente in alluminio. Tabella 2 tipi di rocchetto.

**Tabella 3** : “Gugello” e rocchetti usati

Filo diametro	Materiale	Tipi di attrezzo
3 mm	Nylon	Nasse
1,5 mm	Nylon + cotone	Rete da posta e una tipologia di nassa

### 3.5.7 Tipologie e lavorazione di esche utilizzate

Le prove sperimentali utilizzando varie tipologie di nasse con varie tipologie di cibo, ci permettono di valutare quali sono i metodi di pesca più efficaci e che rendano la pesca del territorio veramente sostenibile, generando una qualità intrinseca maggiore. Ciò porterebbe nel medio periodo ad un aumento dei guadagni relativi al pescato. Se si utilizza esca viva, nel caso specifico sardine, è fondamentale seguire la procedura sotto elencata per creare la così definita appetibilità trofica :

L'esca deve essere :

- a. *Fresca*
- b. *Tagliata a pezzettini*
- c. *Pesce azzurro di piccola taglia*
- d. *Posizionata nel fondo della nassa*

**Fig 41** : Esca viva (sardine) taglio e preparazione delle stesse

La preparazione dell'esca è di vitale importanza, non c'è un metodo sancito a livello di protocollo sperimentale in bibliografia, noi abbiamo seguito un metodo utilizzato da sempre nel quale le interiora dell'esca vengono mantenute in loco.



**Fonte : propria** (Alberto Alberani)

**Fig. 42 :** Posizionamento e preparazione dell'esca viva



**Fonte : propria** (Alberto Alberani)

L'esca viva è stata posizionata dopo averla trattata adeguatamente e inserita sia alla base della nassa sia in appositi sacchetti, ove presenti, situati in punti strategici dell'attrezzo stesso. Ci aspettiamo che ciò implichi una maggior efficacia nel attirare le prede verso l'attrezzo di pesca.

**Fig 43** : Nasse con esca prima della calata in acqua nel sito sperimentale



Posizionamento dell'esca all'interno delle nasse, si può vedere la modalità con la quale il pescato viene sminuzzato e inserito nelle nasse.

**Fonte : propria** (Alberto Alberani)

**Fig 44** :Tecnico navale e operatore delle pesca Mastro retiere Prof. Scarpa Pietro



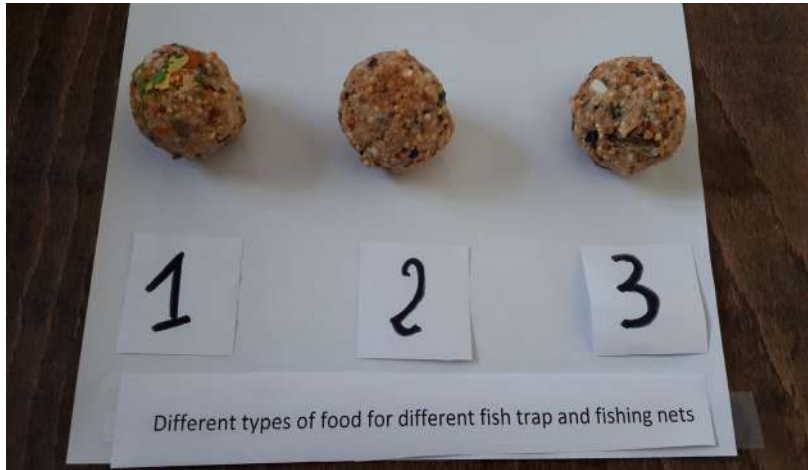
**Fonte : propria** (Alberto Alberani )

In queste fotografie possiamo visionare il docente e mastro retiere prof. Pietro Scarpa intento a posizione (calata) e successivamente salpare le nasse nel sito di sperimentazione. Diviene fondamentale la lunghezza del filo di nylon utilizzato per la calata della nassa., esso deve avere una lunghezza tale da posizionare l'attrezzo do pesca sul fondo e avere una resistenza tale da resistere anche alle correnti e movimento ondoso. Il filo (codino) è di nylon spessore 3 mm lunghezza variabile dai 12 ai 16 metri e viene legato alla bitta con un nodo di bitta dette anche nodo alla galloccia in grado di resistere a trazione, ma anche facile da slegare.

### 3.5.8 Utilizzo e preparazione delle esche artificiali : “boilies”

**Fig 45 : Particolari delle “boilies” utilizzate**

Prove con diverse tipologie di “boilies” allestite con tipologie di cibo differenti



**Fonte : propria (Alberto Alberani)**

**Tabella 4 : Formulazione delle “boilies”**

<b>Formulazione 1 *</b>	<b>Formulazione 2 *</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Formaggio</i></li><li>• <i>Pane grattato</i></li><li>• <i>Miglio, grano e semola</i></li><li>• <i>Bianco d'uovo</i></li><li>• <i>Cibo artificiale per pesci</i></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Formaggio</i></li><li>• <i>Pane grattato</i></li><li>• <i>Miglio, grano e semola</i></li><li>• <i>Bianco d'uovo</i></li><li>• <i>Gamberetti e granchi triturati</i></li></ul>

\* Le “boilies” sono state preparate il giorno prima utilizzando le formulazioni presenti nella tabella sopra stante e messe a dimora in frigorifero a 2 °C. Mettere a dimora le boilies in frigorifero né consentono la miglior performance il giorno successivo quando verranno poi utilizzate come esca. Si pensa in futura di sperimentare altre tipologie di boilies con caratteristiche strutturali e organolettiche peculiari in base alla nicchia trofica dell’organismo da prelevare.

### 3.5.9 Il pescato del giorno con l'utilizzo delle nasse

Di seguito le tipologie di pescato che abbiamo prelevato attraverso metodi di pesca sostenibili :

**Fig 46** : Le tipologie di pescato



Le tipologie di pescato vengono posizionate in sacchetti alimentari dopo essere state classificate tassonomicamente. Poi saranno posizionate in frigorifero in attesa di essere lavorati.

**Fonte : propria** (Alberto Alberani)

In queste fotografie possiamo notare le tipologie di “pescato del giorno” si evince la presenza del :

a) Granchio comune ssp

b) Gamberetti ssp

c) Ghiozzi ssp

Le tipologie di pescato (crostacei e pesci bentonici) sono prettamente legate alla tipologia di nassa e alla nicchia ecologica e trofica dove essa viene posizionata. Il pescato verrà collocato in sacchetti alimentari per frigo a (2 °C) e freezer per poi essere lavorato e cucinato nelle ore successive. Da qui il nome del progetto-ricerca “*Dal mare alla tavola a cm 0*”.

#### 3.5.10 Classificazione tassonomica dei Brachiuri

**Fig 47 :** Tipologie di crostacei (brachiuri) classificati dal punto di vista tassonomico (fonte Alberto Alberani)



*Carcinus aestuarii*



*Carcinus pagurus*

La classificazione avviene attraverso chiavi dicotomiche specifiche utilizzate prettamente per i crostacei. Nel caso specifico vi è anche una importante valenza

scientifico poiché abbiamo pescato due specie ecologicamente differenti con nicchie trofiche simili ma capacità predatoria completamente diverse. Il *Carcinus pagurus* è un organismo alloctono per le nostre zone quindi utilizzando la pesca sostenibile possiamo avvalerci anche di un insieme di dati quantitativi che posso fornirci informazioni sulla diffusione e quindi controllo di tale specie.

### 3.5.11 Raccolta dei dati

**Tabella 5** Tabella qualitativo-quantitativo inerente il pescato settimanale attraverso l'utilizzo delle nasse specifiche con cibo differente.

<b>Progetto: “Dal mare alla tavola a cm 0”</b>						
<b>DATA</b>	<b>12/03/2023</b>	<b>13/03/2023</b>	<b>14/03/2023</b>	<b>15/03/2023</b>	<b>16/03/2023*</b>	<b>17/03/2023</b>
<b>TIPOLOGIA DI ESCA UTILIZZATA</b>	<b>Esche vive</b>	<b>Esche vive</b>	<b>Esche vive (sminuzzate)</b>	<b>Esche vive (sminuzzate)</b>	<b>Esche * vive (sminuzzate) + boilies</b>	<b>Esche vive + (sminuzzate) boilies</b>
<b>Anguilla</b> <i>(Anguilla Anguilla)</i>	0	67 gr	250 gr	198 gr	0*	86 gr +
<b>Granchi</b> <i>(Carcinus aestuari - Cancer pagurus)</i>	1275 gr	1413 gr	1879gr	1855 gr	40 gr *	2073 gr
<b>Ghiozzo</b> <i>(Zosterisessor ophiocephalus)</i>	346 gr	456 gr	878 gr	569 gr	75 gr *	945 gr

)						
<b>Sogliola</b> <i>(Solea solea)</i>		25 gr	33gr	67 gr	0*	146 gr
<b>Gamberetti</b> <i>(Crangon Crangon )</i>		30 gr	55 gr	24 gr	7 gr*	91 gr
NOTE					Boilies con varie tipologie di cibo	Boilies con varie tipologie di cibo

\* la giornata del 16/03/2023 è stata contraddistinta da condizioni meteo avverse quindi ci siamo aspettati un pescato inferiore, visto i movimenti verticali e orizzontali subiti dalla nassa stessa.

### 3.6 Valutazione ed elaborazione dei dati raccolti

La tabella sopra esposta ci mostra evidentemente il pescato giornaliero abbiamo eseguito delle pesate senza valutarne il dimorfismo sessuale, poiché non era lo scopo peculiare della nostra ricerca. Il pescato tutte le mattine sarà poi traslato nelle cucine per poi essere trattato, lavorato e cucinato a “cm 0” per mantenere il più omogenee le caratteristiche ecologico-biologiche ottenendo un prodotto di elevatissima qualità definito “freschissimo”.

Dai dati raccolti e quindi dalle pesate ottenute si evince che :

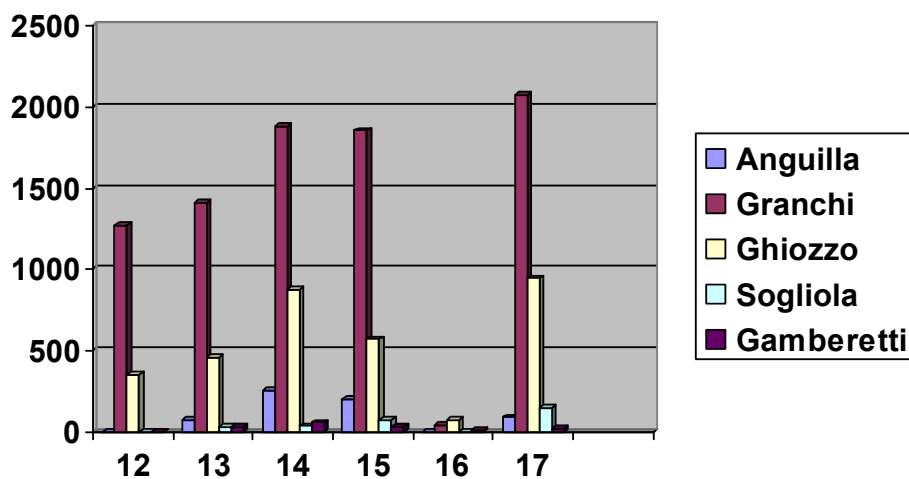
- a. le *condizioni meteo incidono sul pescato* (questo di conosceva già da dati del passato)
- b. La *tipologie di esca è fondamentale* per quanto concerne sia il tipo di pescato ma anche il quantitativo rilevato
- c. La *modalità con la quale l'esca viene trattata* è fondamentale per quanto riguarda l'appetibilità della stessa

+ Soltanto il dato relativo all'anguilla tende a diminuire, questo potrebbe essere legato alla nicchia trofica dell'animale e dal fatto che le "boilies" potrebbero avere una appetibilità minore poiché mescolato con cibo per gatti sminuzzato che conferisce al prodotto finale un odore più pungente, sovente non adatto a pesci di fondo come le anguille.

### 3.6.1 Rappresentazione grafica del pescato settimanale

Grafico ad istogrammi che ci mostra l'andamento del pescato nel periodo considerato.

**Grafico : 1 Istogramma delle catture**



Dal grafico si evince come sia netto l'aumento del pescato con la performance dell'esca utilizzata, quindi le boilies contenenti pesce e altri addensanti sono le migliori questo è dovuto sostanzialmente a due fattori :

- a. **maggiore appetibilità** poiché il pesce sminuzzato è coadiuvato e mescolato ad altri prodotti alimentari che ne aumentano la appetibilità con costi di realizzo rispetto all'esca originaria del 10-15 %
- b. **aumenti del tempo di permanenza** dell'esca in acqua circa del 70 % in più rispetto ad un'esca trattata in modo standard con soltanto il pesce sminuzzato.

### *3.6.2 Classificazione del pescato settimanale*

Fotografie che mostrano la tipologie di pescato effettuato con le nasse utilizzate con l'utilizzo di cibo specifico. In sequenza, Ghiozzi, Granchi verdi, Gamberetti.

**Fig 48** : Pescato giornaliero (ghiozzi e granchi e gamberetti)



taglia minima dei Ghiozzi 12 cm, per questo gli esemplari più piccoli se presenti vanno liberati e le nasse sono dimensionate per queste dimensioni minime.

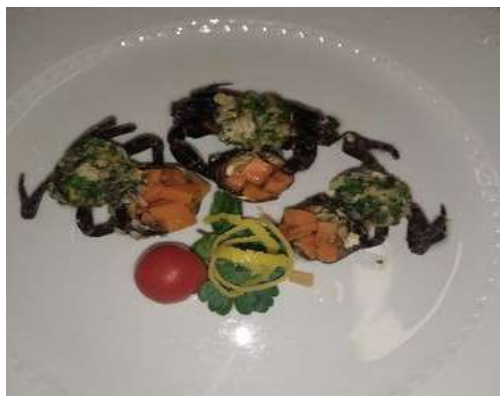


**Fonte : propria** (Alberto Alberani)

### *3.6.3 Utilizzo del pescato per produrre piatti specifici con ricette del territorio*

Prodotti finali ottenuti in cucina utilizzando il pescato a “ Cm 0”, la lavorazione è stata effettuata utilizzando delle ricette dell’alto Adriatico, rivisitate da chef professionisti con prodotti del territorio. Lo scopo di queste lavorazioni è ottenere un prodotto di altissima qualità senza che necessiti una conservazione, che seppur a normativa di legge, ne altererebbe anche se di poco l’aspetto organolettico e quindi qualitativo. Lo scopo è traslare questa esperienza a ristoratori del territorio creando con la ricerca una sinergia tale da mutare gli Agriturismi in Ittiturismo di nicchia dove vengono serviti prodotti culinari di elevatissima qualità, ottenendo nel contempo un rispetto dell’ambiente e un guadagno superiore. “*La qualità del pescato ripaga sempre il pescatore*” Cit .Alberto Alberani

**Fig. 49** : Fasi della cottura dei piatti



**Fonte : propria (Alberto Alberani)**

**Fig 50** : Risotto al granchio con crema di crostacei profumato al pompelmo



**Fonte : propria** (Alberto Alberani)

#### **Ricetta**

- riso carnaroli 120 gr
- granchi verdi sbollentati al vapore 100 gr
- crema di pompelmo (riduzione)
- olio
- guarnizioni di carote

Questa ricetta è stata presentata dagli allievi al Slow food di Ferrara, manifestazione nella quale vengono presentati piatti ottenuti con pescato di altissima qualità. In questo caso abbiamo un prodotto definito freschissimo a cm 0 pescato con tecniche di pesca sostenibili secondo normativa UE.

**Fig 51:** Spaghetti alla chitarra al prezzemolo con polpa e crema di granchio, concassea di pomodoro ramato e pan gratin al basilico.



**Ricetta :**

- Spaghetti alla chitarra 120 gr
- Polpa di granchio 80 gr
- Pistacchio 30 gr
- Pomodori (concassea) 50 gr
- Pan gratinato 10 gr
- Basilico

**Fonte : propria** (Alberto Alberani)

Questa ricetta è stata presentata dagli allievi ad un concorso organizzato a Bologna per quanto concerne gli alberghieri dell'Emilia Romagna, dove venivano presentati prodotti del territorio.

### 3.6.4 Ulteriori ricette innovative utilizzando il pescato a “Cm 0”

**Fig 52** : Ghiozzo con polenta, salicornia, peperone saltato e timo (fase preparatoria)



**Fonte : propria** (Alberto Alberani )

**Fig. 53** : Piatto cucinato al forno a 180 °C per 20 minuti



**Fonte : propria** (Alberto Alberani )

**Fig. 54 :** Preparazione ghiozzo con ripieno di patate



**Fig 55 :** Ghiozzo al forno con tortino di patate e ripieno di patate



**Fonte :** propria (Alberto Alberani )

### **3.7 Una ricetta ricercata e antichissima a base di Gò (ghiozzo)**

Il ghiozzo è un pesce bentonico, che vive sul fondale sia sabbioso che roccioso si ciba di microrganismi, alghe, piccoli invertebrati, piccoli crostacei e molluschi, per questa sua peculiare nicchia trofica le sue carni a livello culinario sono molto ricercate e saporite. Il Ghiozzo si può trovare sempre in commercio, ma per un acquisto sostenibile si consiglia di consumarli nei mesi che vanno da giugno a ottobre. Per riconoscere la freschezza di questa specie quando si vuole acquistare, occorre prestare attenzione a quelle che sono le caratteristiche di freschezza comuni a tutti i prodotti ittici: in primis le carni sode e compatte, l'odore gradevole, il colore brillante e l'occhio convesso. Dal punto di vista nutrizionale il Ghiozzo gò avendo medie dimensioni ha anche delle caratteristiche interessanti: è ricco di proteine ad alto valore biologico e ha un apporto calorico per 100 gr piuttosto basso. Per quanto concerne la presenza di grassi essi sono pressoché inesistenti, e ciò non fa altro che bene alla salute dell'organismo per tanto si può consumare un piatto di ghiozzi senza sensi di colpa. Inoltre possiede vitamine e Sali minerali e le sue carni essendo magre risultano essere anche digeribili. Nell'antichità questa specie era considerata come il pesce dei poveri e utilizzata prevalentemente come merce di scambio. Al giorno d'oggi invece ha assunto un ruolo importante nell'alimentazione, soprattutto per quanto riguarda le ricette tipiche veneziane, come ad esempio il risotto di gò o la frittura di alici e ghiozzi. Tuttavia è un pesce che può anche essere preparato semplicemente alla griglia o in umido<sup>191</sup>

**Fig 56 :** Risotto di Gò piatto veneto e comacchiese



**Fonte :** <https://www.chioggiapesca.it/ricette/risotto-di-go-ghiozzo>

**Ricetta: Risotto di Ghiozzo gò tipico della Laguna Veneta e Valli di Comacchio**

Ingredienti per 4 persone:

320 gr di riso tipo vialone

600 gr di ghiozzi gò

Scalogno

Sedano

Carota

Prezzemolo

Alloro

Sale

Pepe

½ bicchiere di vino bianco

q.b. grana grattugiato

### **Preparazione del piatto :**

Dapprima di eviscera il pesce, facendo attenzione a non rompere la vescica natatoria, che conferirebbe un pessimo sapore di acido urico alle carni. Successivamente va lavato in acqua corrente per eliminare sangue e eventuali resti di viscere. Mettere in una pentola l'acqua, lo scalogno, il sedano, la carota, la foglia di alloro, qualche rametto di prezzemolo, un po' di sale e i ghiozzi precedentemente puliti. Far cuocere a fuoco basso per 40 minuti. Dopodiché filtrare il brodo ottenuto setacciando anche il pesce avendo cura di non far passare le lisce. In un'altra pentola far soffriggere un po' di scalogno con l'olio di oliva extravergine. Unire il riso e lasciarlo tostare qualche minuto per poi aggiungere il vino sfumando il tutto. Aggiungere un mestolo di brodo caldo precedentemente preparato ogni qual volta il riso si sarà asciugato mescolando spesso. Portare a cottura, ci vorranno circa 18 minuti, regolando di sale e pepe. Una volta cotto, a fuoco spento, spolverizzare con prezzemolo tritato e mantecare con il grana grattugiato. Tra la ricetta Comacchiese e della laguna Veneta vi sono molte similitudini il ghiozzo presente nella laguna Comacchiese è leggermente più piccolo infatti spesso viene chiamato Ghiozzetto o piccolo Go, nella laguna veneta è chiamato "Guato".

### 3.8 Sperimentazione attraverso l'utilizzo delle reti da posta "tramaglio"

Nella sperimentazione attuata presso il nostro Istituto nella prima settimana di Marzo 2023 abbiamo testato una rete da posta con maglie a norma "tramaglio" tipico delle zone lagunari con profondità delle acque superiori 1,30 m. Il sito di sperimentazione è lo stesso delle nasse però abbiamo posizionato le reti 400 m più ad ovest in una darsena libera concessa con permessi dalla Capitaneria di Porto Garibaldi.

**Fig 57 :** Tramaglio in opera per controllo visivo prima della calata ed eventuali ripassi e rammendi sia alla maglie che alla "resta" (corda).

**Fonte : propria** (Alberani Alberto)

#### 3.8.1 Peculiarità del Tramaglio

Essendo il tramaglio una rete molto performante ma delicata sia la calata, che la salpata e la messa in dimora devono essere eseguite da personale specializzato.

**Fig 58 :** Rete tramaglio durante la fase preparatoria





**Fonte : propria** (Alberani Alberto )

Per distendere la rete è necessario se possibile procedere con due operatori, mentre un operatore tiene la resta e in tensione le magli l'altro operatore svolge la rete in maniera da eliminare eventuali nodi. Esistono tramagli con nodi giapponese, molto facili da calare e salpare ma la tipologia di nodo non la rende performante in tutti i luoghi di pesca, per questo motivo abbiamo scelto un tramaglio tradizionale fatto artigianalmente.

### 3.8.2 Programma sperimentale

Il tramagli funziona bene in acque con moto ondoso limitato e con una profondità tale da permanere perpendicolare al fondale. Abbiamo testato la stessa rete per 4 giornate variando i pesi, posti nella resta sottostante, per creare le condizioni di pesca adatte. I galleggianti invece sono rimasti invariati, e posizionati sulla resta superiore. I pesi sottostanti e i galleggianti sono molto importanti poiché determinano il posizionamento ottimale della rete durante la fase di pesca.

**Fig 59** : Fase preparatoria della rete da posta

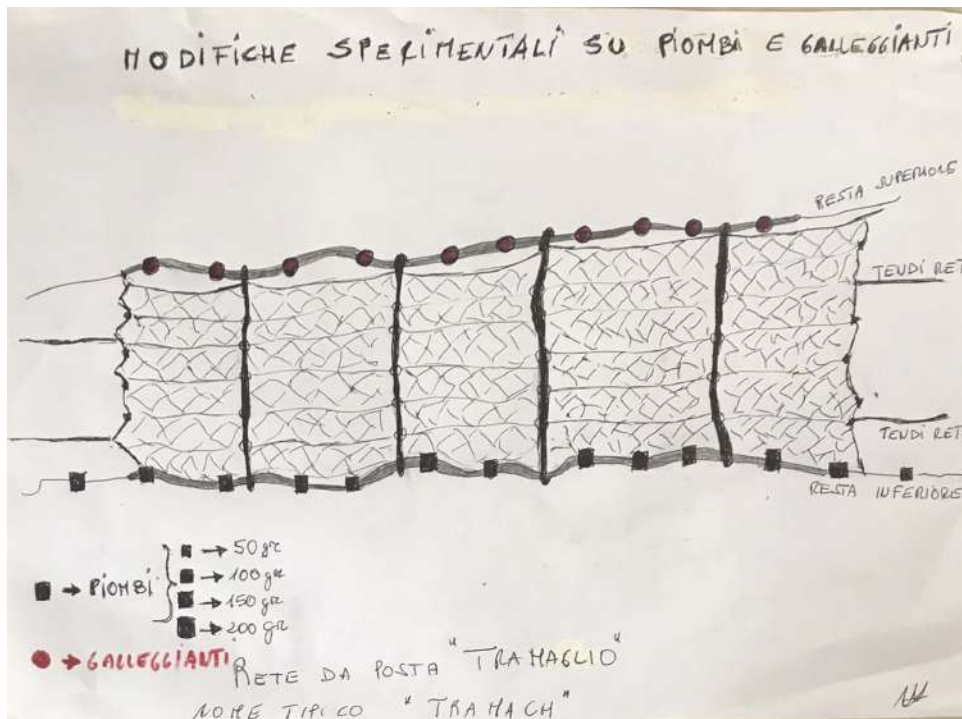


Fonte : propria (Alberto Alberani )

### 3.8.3 Sperimentazione

La sperimentazione è durata 4 giorni dal 1 di Marzo al 4 di marzo e abbiamo testato nello stesso luogo (darsena adiacente la scuola superiore Remo Brindisi) la rete da posta definita “tramaglio”.

**Fig 60** : Disegno specifico a cura di Alberto Alberani sulla tipologia di sperimentazione



**Fonte : propria** (Alberani Alberto)

Lo schema mostra nel dettaglio la posizione dei piombi (variabili) e dei galleggianti sovrastanti la resta. Vi sono due “codini” mediani che servono per posizionare la rete in tensioni quasi perpendicolare alla massa d’acqua. La tensione deve essere tale da permettere la cattura per impigliamento del pescato.

3.8.4 Dati Sperimentali raccolti con le 4 tipologie di galleggianti utilizzati

**Tabella 7 A : Day 1 : mercoledì 1 marzo 2023**

<b>Peso Galleggianti 50 grammi</b>		Note : Condizioni meteo
Specie classificate	Cefalo (2), Suro (2), Sardina (5), Sgombro (4)	16 °C Umidità 55 % soleggiato Vento 1,5 m/s
Peso totale prelevato	<b>Kg 1,438</b>	

**Tabella 7 B : Day 2 : giovedì 2 marzo 2023**

<b>Peso Galleggianti 100 grammi</b>		Note : Condizioni meteo
Specie classificate	Cefalo (5), Suro (3), Sardina (6), Sgombro (3), Sogliola (2)	17 ° C Umidità 48 % nuvoloso Vento 3 m/s
Peso totale prelevato	<b>Kg 1,879</b>	

**Tabella 7 C : Day 3 : Venerdì 3 marzo 2023**

<b>Peso Galleggianti 150 grammi</b>		Note : Condizioni meteo
Specie classificate	Cefalo (4), Suro (9), Sardina (4), Sgombro (9) Ghiozzo (2) Sogliola (4)	19 ° C Umidità 57 % Variabile Vento 2,4 m/s
Peso totale prelevato	<b>Kg 2,345</b>	<b>Modalità migliore!!!</b>

**Tabella 7 D : Day 4 : Sabato 4 marzo 2023**

<b>Peso Galleggianti 200 grammi</b>		Note : Condizioni meteo
Specie classificate	Cefalo (4), Suro (4), Sardina (3), Sgombro (2)	14 ° C Umidità 43 % nuvoloso Vento 3,1 m/s
Peso totale prelevato	<b>kg1,398</b>	

### *3.8.5 Valutazione e conclusioni finali*

Valutando i dati rilavati possiamo visionare che la rete più performante risulta la rete a tramaglio con il peso di 150 grammi. Le motivazioni potrebbero essere insite nelle tensione della rete stessa e batimetria generata dalla presenza dei piombi. In questa circostanza abbiamo catturato anche delle sogliole, pescato tipico delle nasse ma vista la posizione particolare del tramaglio probabilmente è divenuto performante anche per i pesci di fondale. La rete con 200 grammi di peso probabilmente ha aumentato troppo la tensione delle maglie diminuendone le caratteristiche performanti. In futuro si prevede una revisione della sperimentazione variando anche la posizione sia dei galleggianti e dei piombi installati nella resta sommersa.

## Capitolo 4 : L'importanza dei progetti internazionali inerenti le filiera della pesca sostenibile : come promuovere il sostenibile!

### 4.1 Progetti internazionali e ricaduta socio-economica

Fig. 61 : Programmi interreg Italia-Croazia Prizefish



Fonte : <https://fondieuropei.regione.emilia-romagna.it/cooperazione-territoriale-europea/italia-croazia>

I programmi Interreg di cooperazione Italia-Croazia sono un trampolino di lancio economico e sociale per garantire un rapporto sinergico con prospettive di notevole sviluppo sociale tra due Stati UE come l'Italia e la Croazia, entrambi affacciati sul

Mare Adriatico. Saranno analizzati nello specifico il progetto *Adrion* e *Prizefish* con una nota di riguardo a quest'ultimo progetto di cooperazione nel quale viene tutelata prioritariamente una pesca sostenibile nel Mare Adriatico. Il progetto è di fondamentale importanza perché sostenuto da tre pilastri molto solidi che sono :

- c. Pescare meglio con tecniche sostenibili*
- d. Guadagnare di più*
- e. Salvaguardare il Mare Adriatico*

Pescare meglio significa utilizzare tecniche di pesca ecosostenibili capaci di limitare i danno ambientali ed ecologici creati da uno sforzo di pesca eccessivo. Guadagnare di più poiché la qualità del pescato e la sua biodiversità devono andare di pari passo precludendo la quantità eccessiva che non ripaga i pescatori anzi non ne trarranno nessun beneficio pescando pesci di taglia eterogenea. Salvaguardare l'Adriatico significa garantire una maggiore biodiversità evitando che le tecnologie di pesca non sostenibili danneggino in maniera irreversibile l'ecosistema marino e l'economia delle zone stesse.

## **4.2 Il progetto Prizefish : importanza strategica**

### **Obiettivo del Progetto Prizefish**

L'obiettivo di PRIZEFISH è di attuare un cambiamento di sviluppo transfrontaliero, territoriale e socio-economico nello sfruttamento cooperativo rinnovabile delle risorse ittiche adriatiche e, di conseguenza, avere un beneficio a lungo termine sugli ecosistemi marini dell'Adriatico. Le risorse della pesca adriatica sono condivise e sfruttate dalle comunità economiche costiere e soffrono di una pesca eccessiva e di un grave sfruttamento. La politica comune della pesca raccomanda di attuare una strategia a medio termine per la sostenibilità, basata su solide analisi

scientifiche/socioeconomiche e azioni innovative che possano consentire di adottare metodi di pesca a basso impatto. PRIZEFISH affronta la duplice sfida territoriale per le PMI e le Organizzazioni di Produttori (OP) italiane e croate della pesca dell'Adriatico per favorirne la sostenibilità e l'aumento della loro competitività economica nei mercati ittici, sviluppando e sperimentando prodotti della pesca innovativi con valore aggiunto dato dai marchi di qualità ecologica che soddisfino i requisiti di sostenibilità ambientale, economica e sociale. La spiccata originalità ed efficacia del progetto sta nella eterogeneità e specificità degli stakeholder partecipanti, per la prima volta vengono sinergicamente coinvolti soggetti pubblici, Istituzioni Pubbliche, Istituti scolastici e aziende private sia Italiane che Croate. Di seguito i partner coinvolti nel Progetto Intereggi Italia-Croazia

**Partner:**

1. Alma Mater Studiorum – Università di Bologna – (CIRSA) lead partner (Ravenna, IT)
2. Zadar County (Zadar, HR)
3. Institute of marine science - CNR ISMAR (Ancona, IT)
4. ASSAM - Agency for Agrofood Service Sector of Regione Marche (Ancona, IT)
5. CESTHA Experimental centre for habitat conservation (Ravenna, IT)
6. Secondary School Remo Brindisi (Lido degli Estensi, Ferrara, IT)
7. Institute of Oceanography and Fisheries (Split, IT)
8. National Institute of Oceanography and Applied Geophysics (OGS, Trieste, IT)
9. Fishermen's Cooperative OMEGA3 (Kali, HR)
10. Fishing Cooperative ISTRIA (Porec, HR)
11. Organization producers of bivalve mollusc of the Veneto Sea (Venezia, IT)

12. Advisory service public institution for advisory activities in agriculture, rural development, fisheries and forest management (Zagreb, IT)
13. Public institution RERA SD for coordination and development of Split-Dalmatia County (Split, HR)
14. Emilia Romagna Region (Bologna, IT)

**Fig 62 :** La figura mostra che vengono coinvolte attivamente 25 province Italiane e 8 counties Croate



Fonte : <https://www.italy-croatia.eu/cooperation-area>

I lands interessati in pratica si affacciano geograficamente sul Mare Adriatico e hanno in comune un interesse attivo, economico, folcloristico sul mare.

### 4.3 Obiettivi a lungo termine

Obiettivi di questo tema sono quantificare l'overfishing, promuovere l'utilizzo sostenibile delle risorse biologiche nei mari e negli oceani e produrre migliore conoscenza sullo stato degli stock ittici, sia in termini di pressione di pesca che di abbondanza in mare. Tali obiettivi sono perseguiti studiando la struttura di popolazione, connettività e distribuzione delle risorse di pesca, realizzando valutazioni dello stato degli stock più accurate, sviluppando metodi per simulare gli effetti di diverse misure gestionali (ad esempio, l'identificazione e mappatura degli Essential Fish Habitats), acquisendo maggiori conoscenze sulla biologia ed ecologia delle specie sfruttate, ed integrando metodologie tradizionali (osservazioni dirette, analisi di dinamica di popolazione, survey acustici) con metodologie innovative (–omics e DNA-based). Per conciliare l'utilizzo e la conservazione delle specie e degli habitat, senza compromettere i beni ed i servizi forniti dagli ecosistemi marini, le ricerche sono anche orientate alla valutazione delle dinamiche degli stock multi-specifici, alla gestione spaziale della pesca multi-specifica, alle Aree Marine Protette ed alle Fishery Restricted Areas per comprendere i benefici derivanti dalle attività di protezione e conservazione, alla definizione di unità di gestione basate su processi di produzione ecosistemici (produttività biologica e profitti socio-economici), ed allo studio degli impatti della pesca su specie non target e sugli ecosistemi, incluso l'impatto diretto e indiretto di certe tipologie di pesca sui fondali marini, sulla loro complessità e sul biota bentonico.<sup>[6]</sup>

#### 4.4 Importanza strategica e obiettivi a lungo termine

1. **Rendere competitiva** la pesca in Adriatico attraverso lo sviluppo delle tecnologie innovatrici, ponendo l'attenzione alla sostenibilità ambientale ed economica.
2. **Aumentare l'efficienza** delle PMI e delle OP italiane e croate dell'Adriatico nella produzione e nel commercio dei prodotti ittici eco-certificati ad alto valore aggiunto.
3. **Migliorare la competitività** delle PMI e delle OP all'interno dei mercati ittici sia in Europa che a livello internazionale.

**Fig. 63 :** Particolare della cooperazione tra Italia e Croazia,

Come possiamo osservare le province che partecipano ai progetti Interregg sono in stretto contatto con il Mare Adriatico, le coste sono bagnate da questo pescoso mare fondamentale per la cooperazione tra le due Nazioni.



**Fonte :** <https://www.canaleenergia.com/rubriche/efficienza-energetica/parte-susport-per-lefficienza-energetica-nei-porti-delladriatico/>

I Partner sono di differenti Regioni costiere adriatiche e appartengono a due nazioni confinanti - Italia e Croazia. I Partner condividono il fine di aumentare la sostenibilità economica, ambientale e sociale nei territori costieri dell'Adriatico.

#### 4.5 Il finanziamento del Progetto

Il progetto PRIZEFISH è parte del Programma Interreg Italia - Croazia CBC ed è all'interno dell'Asse di Priorità "Blue Innovation" con l'obiettivo specifico di potenziare le opportunità di innovazione nei settori di rilievo dell'economia blu nell'area di cooperazione internazionale. Il progetto in questione ha una durata complessiva di 30 mesi coinvolgendo un pool di aziende e enti, compresi le scuole tra Italia e Croazia.

#### 4.6 Perché Prizefish?

**Fig 64 :** Logo del Progetto Prizefish



Fonte : <https://www.italy-croatia.eu/web/prizefish>

Ha il principale obiettivo di affrontare la duplice sfida in capo alle imprese ittiche Italiane e Croate medio-piccole (PMI) e le Organizzazioni di produttori ittici (OP) di essere più sostenibili e di aumentare la loro competitività nei mercati dei prodotti ittici, sviluppando e testando prodotti ittici innovativi con un valore aggiunto dato da marchi di qualità ambientale rispondendo pienamente a requisiti di sostenibilità ambientale, economica e sociale. Questo obiettivo sarà raggiunto attraverso un approccio basato su tre elementi chiave: :

*a) Alto contenuto di ricerca ed innovazione nello sviluppo*

*b) Sviluppo dei prodotti delle imprese*

*c) Prodotti di qualità con alta penetrazione nei mercati*

I risultati attesi da PRIZEFISH impatteranno su molteplici caratteristiche delle filiere della pesca dell'Adriatico. Aumenteranno la consapevolezza dei pescatori e dei consumatori verso il beneficio di produzioni ittiche e prodotti ittici sostenibili e certificati attraverso una loro formazione mirata. Questa tendenza indurrà un cambiamento nella produzione ittica verso strumenti di pesca e specie pescate in modo più sostenibile sia per aspetti ambientali che economici. Una nuova generazione di prodotti alimentari ittici sarà resa disponibile nei mercati internazionali e regionali, con anche una certificazione ambientale associata. Grazie a metodi e strumentazioni di lavorazione e confezionamento più efficienti, i prodotti innovativi incontreranno sia gli standard dei consumatori e gli standard di qualità necessari per le certificazioni, ottenendo un valore aggiunto di mercato associato. La commercializzazione sarà potenziata da una nuova rete di imprese, la quale sfrutterà strategie di branding e di etichettatura dei prodotti unitamente a nuovi canali di distribuzione e nuove opportunità di mercato. Indicazioni e raccomandazioni per una migliore politica della pesca saranno portate all'attenzione delle istituzioni pubbliche per migliorare/aumentare nella autorità la consapevolezza del potenziale necessario per il miglioramento futuro delle filiere di alto valore aggiunto in Adriatico.

#### **4.7 Dal mare alla tavola a cm 0 : un riscontro importante scientifico all'interno del Prizefish**

Gli Istituti scolastici coinvolti nel progetto hanno collaborato in maniera attiva con le autorità marittime e con le aziende del territorio, altresì con le Università e ed enti Regionali presenti. La sperimentazione deve fornire una nuova verve anche ai pescatori, così si è scelto di puntare sia sulla vision del progetto che sulla communication verso i singoli pescatori e le cooperative sia italiane che croate creando una rete di pesca sostenibile dell'alto adriatico traslabile anche in altri sistemi ecologici del mediterraneo.

#### 4.8 Non solo Prizefish siamo partner anche di Sealogy

Il progetto svolto presso l'Istituto Remo Brindisi è stato esportato e divulgato presso il salone delle pesca ecosostenibile, Sealogy situato presso Ferrara fiere. Sperimentare, divulgare e convincere attraverso la scienze sono i tre elementi fondamentali per far sbocciare negli operatori del settore l'ecosostenibilità come garanzia per un futuro migliore.

Fig 65 : .Logo del progetto Sealogy



Fonte : <http://www.a-m-a.it/2019/10/30/sealogy-678-marzo-2020-ferrara/>

Fig 66 a : Operatori della pesca sostenibili presso Sealogy



**Fig 66 b** : La divulgazione : un'arma in più verso la pesca ecosostenibile



**Fonte : propria (Alberani Alberto)**

Divulgare attraverso la nostra esperienze diretta è un primo passo verso una pesca sostenibile che rispetti i parametri prefissati dall'agenda 2030. Un goccia nel mare ma un primo mattone verso un mondo migliore.

**Fig 67** : Studenti durante uno dei Meeting organizzati

Durante la manifestazione internazionale Sealogy, gli studenti di tutti gli indirizzi della scuola partecipano a meeting sia sulla pesca sostenibile sia sullo slow food. Durante i meeting gli chef hanno preparato assaggi (cicchetti) con ricette tipiche del territorio a base di pesce.



**Fonte : Propria ( Alberto Alberani )**

**Fig.68 a:** Corsi per retaiolo promosso presso Sealogy

Durante la manifestazione Sealogy, la scuola ha operato attivamente proponendo corsi per retaioli e corso per costruttori di nasse. Importante anche il corso inerente i nodi marinareschi utili in ogni circostanza in mare. Gli allievi hanno proposto anche un corso avanzato per produrre impiombature su reste di dimensioni differenti.



**Fig 68 b :** Mastro retiere che spiega ai partecipanti le prime infarinature inerenti il corso da retaiolo



**Fonte : propria** (Alberto Alberani)

**Fig 69** : Finger food prodotti dagli Chef per eventi Sealogy

Durante le giornate Sealogy gli allievi del nostro Istituto insieme agli Chef hanno prodotto dei finger food per il pubblico presente coadiuvati dai ragazzi di Sala per quanto concerne la produzione di Cocktail da abbinare agli stessi.



**Fonte : propria (Alberto Alberani)**

**Fig 70** : La nostra web radio

La nostra Web Radio quale strumento migliore per divulgare un progetto sperimentale che può dettare le basi di un nuovo settore dello sviluppo della pesca sostenibile.



Fonte : **propria** ( Alberto Alberani )

La communication relativa alla sostenibilità è di vitale importanza per questo abbiamo esportato la nostra sperimentazione al salone Sealogy inerente la blue economy dove la pesca sostenibile né fa da padrone ed è una dei soggetti fulcro dell'ecosostenibilità. SEALOGY è l'appuntamento fieristico internazionale interamente dedicato all'universo mare e alle sue risorse. Senza una corretta e capillare comunicazione tutti i progetti innovativi e le sperimentazioni non sarebbe captata da operatori del settore spesso relegati a tecniche di pesca tradizionali non attuabili oggi con il concetto di ecosostenibilità.

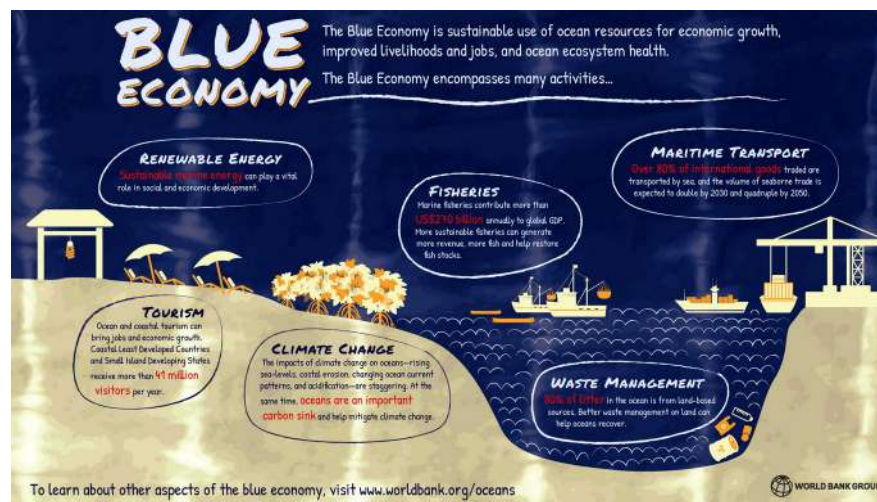
SEALOGY® promuove e valorizza l'ambiente marino, divulga tendenze, innovazioni e buone pratiche, nel pieno rispetto della tutela e salvaguardia dell'ecosistema marino e dello sviluppo sostenibile. Aree espositive, convegni e workshop, dimostrazioni e showcase, laboratori e show cooking legati alla Blue Economy sono i protagonisti dell'evento, nel quale, in virtù delle forti sinergie che legano la manifestazione al territorio Regionale, viene data particolare attenzione al

seafood e alle produzioni ittiche, allevate e pescate, con particolare visibilità alle eccellenze italiane del Medio e Alto Adriatico. [7]

#### 4.9 Sealogy e il concetto di Blue Economy

La definizione di Blue Economy comprende tutte le attività umane che utilizzano il mare, le coste e i fondali come risorse per attività industriali e lo sviluppo di servizi, inserite in un'ottica di sostenibilità ambientale. SEALOGY® è la manifestazione al servizio della Blue Economy, dove vengono approfonditi e descritti tutti i suoi settori cardine: pesca e acquacoltura, biotecnologie marine, turismo costiero e marittimo, energie rinnovabili marine, trasporti marittimi, cantieristica e attività offshore. [7]

Fig. 71 : Interconnessione dei settori della blue economy



<https://www.worldbank.org/en/news/infographic/2017/06/06/blue-economy>

o

#### 4.10 I Focus del Sealogy

- 1) Pesca e acquacoltura\*
- 2) Tracciabilità del prodotto finito
- 3) Attrezzature per la lavorazione
- 4) Confezionamento delle produzioni ittiche, refrigerate e surgelate.

- 5) Logistica, trasporto e spedizioni.
- 6) Energie rinnovabili marine
- 7) **Ricerca e sviluppo \***

\* I settori che abbiamo sviluppato durante la sperimentazione sono la pesca e acquacoltura e ricerca e sviluppo. I settori di Sealogy Pesca e Acquacoltura Produzione primaria Trasformazione, commercializzazione, distribuzione Attrezzature e macchinari per la pesca e l'acquacoltura Attrezzature e impianti di stoccaggio e depurazione crostacei e molluschi Attrezzature per la lavorazione e confezionamento produzioni ittiche vive, refrigerate e surgelate Logistica, trasporto, spedizioni Servizi

#### **4.11 Un'idea da esportare : communication of sustainable fisheries**

**Fig 72 :** Allievi dell'Istituto Remo Brindisi settore Turismo



**Fonte :** propria ( Alberto Alberani )

#### **4.12 Dalla communication al Progetto Meroir**

Worldrise è un'associazione no-profit che agisce per la salvaguardia del mare.

Attraverso progetti innovativi di sensibilizzazione e conservazione veicoliamo il cambiamento di rotta necessario a garantire un futuro migliore per il nostro Pianeta Blu e per tutti noi che dipendiamo dalla sua salute. (RI)connettere le persone al mare. Crediamo che colMARE la distanza tra persone e mare sia fondamentale per la salvaguardia del nostro Pianeta Blu.

Lavoriamo per un mondo in cui regni la consapevolezza che la nostra esistenza dipende dal mare e che il futuro del mare dipende da noi.

#### **I concetti cardine per una sostenibilità lungimirante sono :**

- a) Sensibilizzare** : la comunità sull'importanza della salvaguardia dell'ambiente marino;
- b) Coinvolgere** : nuove generazioni, settore privato, istituzioni e singoli individui in un percorso di cambiamento;
- c) Attivare** : chiunque voglia fare la differenza e agire per la tutela della natura, diventando parte attiva della soluzione;
- d) Formare** : giovani agenti di cambiamento e futuri custodi del patrimonio naturalistico del Mediterraneo. <sup>[8]</sup>

#### **4.13 Il progetto Meroir**

Il progetto Meroir vuole valorizzare il prodotto del piccolo pescatore costiero che pratica la pesca artigianale in maniera etica e sostenibile. Per farlo si è posto l'obiettivo di sviluppare dei criteri di giudizio dei prodotti ittici che possano identificare un prodotto Meroir, ossia un prodotto con una storia, una tradizione ed un legame con il territorio.

Il progetto pilota per identificare i criteri di giudizio è stato sviluppato in Liguria ed in Emilia Romagna; nel primo caso abbiamo la presenza di Aree Marine Protette (AMP) e Siti di Interesse Comunitario (SIC), nel secondo caso non abbiamo AMP

ma abbiamo già realtà territoriali che hanno sviluppato prodotti ittici certificati che puntano alla sostenibilità'.

Attraverso attività di ricerca ed incontri con produttori locali, si è arrivati alla definizione di 4 criteri di giudizio e 2 caratteristiche che costituiscono un valore aggiunto. Diviene fondamentale valorizzare la piccola pesca spesso celata dalla grande pesca che non possiede le caratteristiche di ecosostenibilità compatibili con l'agenda 2030.

**Fig 73 :** Locandina del Progetto “Meroir”

Il progetto Meroir in collaborazione con worldrise Italia punta a sviluppare la cultura del sostenibile con un occhio di riguardo alla piccola pesca, l'unica che può promuovere in un territorio la sostenibilità ambientale. Attraverso la communication si vuole traslare questo concetto a tutti i pescatori.



Fonte : <https://worldrise.org/seastainable/meroir/>

**Fig 74 :** Obiettivi del progetto Meroir



Fonte : <https://worldrise.org/seastainable/meroir/>

### **Gli obiettivi futuri della progettazione “Meroir”**

- Sviluppo di nuove storie su buone pratiche di pesca artigianale;
- Esportazione di buone pratiche Meroir in altri territori;
- Creazione di una campagna di comunicazione sulla pesca illegale;
- Ricerca rivolta ai consumatori sulla percezione di Meroir;
- Nuove attività di sensibilizzazione negli Istituti alberghieri.

### **4.14 Perché una Blue School ?**

Una Blue School è di vitale importanza per promulgare in concetto di sostenibile e prettamente di pesca sostenibile poiché so entrerebbe attivamente in una rete di scuole blue con degli obiettivi fondamentali da intraprendere traghettando la società verso il compimento degli obiettivi dell’agenda 2030. Viviamo in un pianeta blu, dove è presente un unico oceano senza il quale non esisterebbe la vita quindi esso va tutelato. Viviamo e condividiamo una larga porzione di costa nonché un ricca storia marittima, molti cittadini Europei non conoscono l’importanza dell’oceano e delle opportunità che offre. L’oceano è talmente importante poiché :

*1) Regola il clima globale*

*2) Produce ossigeno che respiriamo*

*3) Il cibo che mangiamo come mezzo di sussistenza*

Le strategia che possiamo attuare sono di due caratteri, scientifiche e comunicativa, con lo scopo di riorientare la società verso la valorizzazione della ricchezza dell’oceano, poiché è un serbatoio della vita.

#### **4.15 L'importanza dell'educazione sostenibile**

L'educazione riveste un fattore di vitale importanza, un fattore chiave di questa trasformazione che consente di fornire ai cittadini una capillare conoscenza, competenze e abilità per assicurare lo sviluppo di un'economia legata al mare e alle sue risorse (blue economy) e un oceano sano per tutti.

##### *4.15.1 Cos'è la EU4Ocean Coalition?*

La Eu4Ocean Coalition con il suo supporto della Direzione generale degli affari marittimi e della pesca (DG Mare) unisce organizzazioni, progetto ed individui nel comune impegno di promuovere l'educazione all'Oceano in tutta Europa. Quali sono gli obiettivi da conseguire :

- a) Contribuire a rafforzare la consapevolezza e l'impegno di tutte le parti coinvolte nella gestione sostenibile dell'Oceano.
- b) Aiutare i membri della coalizione e diventare sostenitori degli oceani nel proprio campo/ruolo/regione, nonché agenti e mediatori di transizione che supportano i cambiamenti nella percezione, nei valori, negli atteggiamenti e nel comportamento verso pratiche più ecosostenibili.
- c) Porre l'Ocean Literacy in cima all'agenda politica, contribuendo tra l'altro all'attuazione delle politiche marine e marittime dell'Unione Europea e al raggiungimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile dell'agenda 2030, la vita sott'acqua.

La coalizione è formata da tre componenti :

- a) Una piattaforma per le organizzazioni e gli individui coinvolti in attività di Blue economy (Ocean education)
- b) Un forum europeo dei giovani inerenti le tematiche di conservazione e tutela degli ecosistemi marini
- c) Una rete capillare di blue schools europee che lavorano e sviluppano tematiche che vertono sulla pesca ecosostenibile

#### *4.15.2 La rete delle Blue schools europee*

Essere collocati in una rete di blue schools permette una collaborazione capillare e uno scambio biunivoco di idee. Si potrà accedere a seminari di sviluppo professionale e altri eventi di interesse comunicativo, divulgativo e scientifico. I discenti potranno accedere a corsi professionalizzanti potendo svolgere durante il corso di studio corsi preparatori per i seguenti titoli marittimi e l'iscrizione già a 16 anni a "gente di mare.

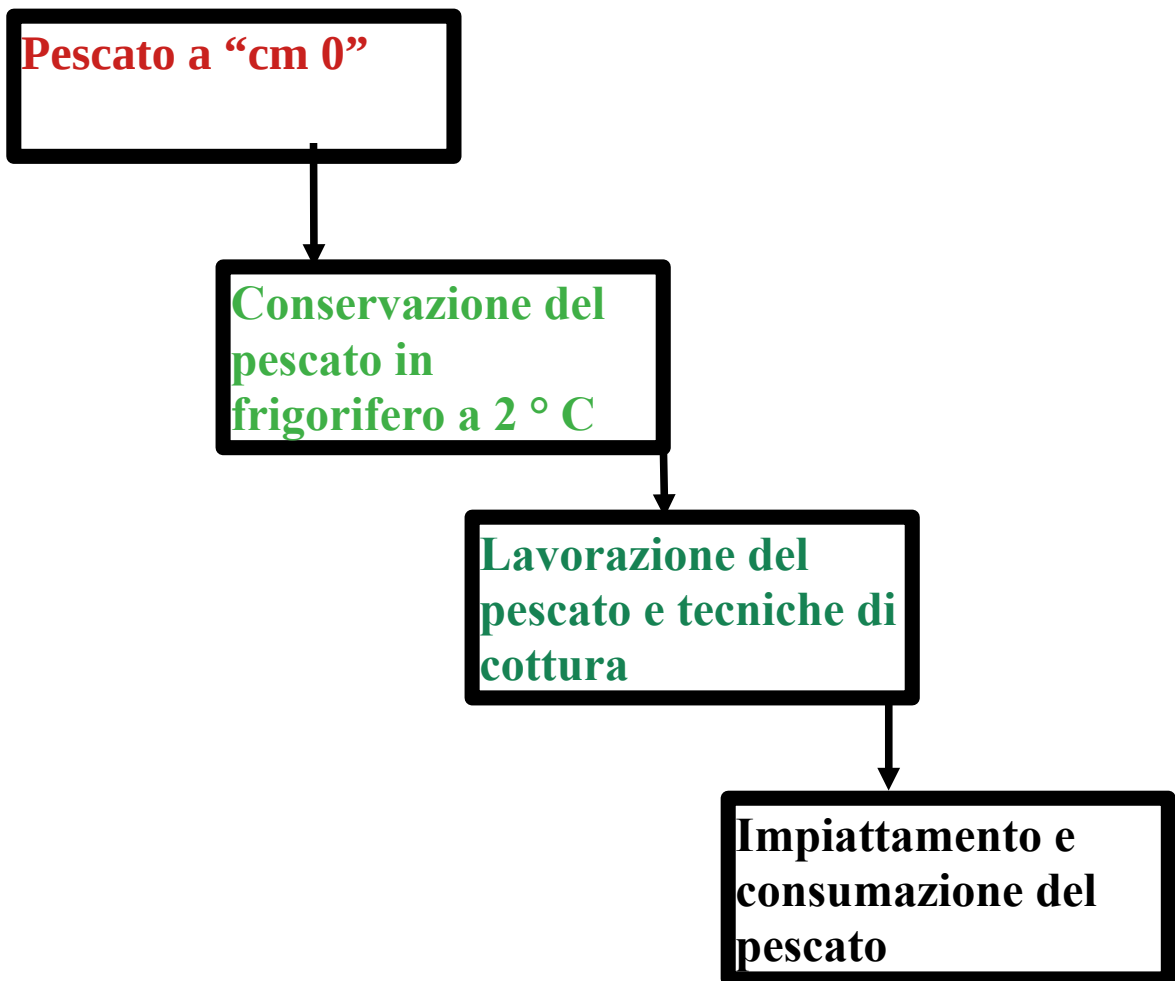
Corsi professionalizzanti :

- a) Padrone marittimo di prima classe
- b) Motorista specializzato
- c) Mastro retiere
- d) Marinaio motorista
- e) Meccanico Navale

#### 4.16 La nostra sperimentazione in cucina

Il progetto Meroir amplifica il concetto di sostenibilità promuovendo la piccola pesca di qualità con attrezzature utilizzate a basso impatto ambientale. La progettazione didattica e sperimentale non è km 0 ma osiamo definirla a cm 0 poiché temporalmente segue i seguenti step :

Fig 75: Schema sperimentale



Fonte : propria (Alberto Alberani)

#### 4.16.1 Descrizione della progettazione

Il progetto prevede l'utilizzo di attrezzature di pesca ecosostenibili lasciate a dimora 24 ore. Prelevato il pescato viene conservato in frigorifero in sacchetti alimentari, entro la mattinata il prodotto verrà prelevato dallo Chef di world rise che spiegherà ai discenti i metodi di lavorazione del pescato. Lavorazione che mantiene la tradizione, ma anche concetti e tecniche innovative. Molto importanza viene data all'impiattamento e presentazione del prodotto finale. I prodotti finali, ottenuti da pescato di qualità e sostenibile, verranno presentati in Regione e ai pescatori. L'importanza di questo progetto è triplice :

- a) *Promuovere la pesca ecosostenibile*
- b) *Promuovere tecniche di cucina innovative*
- c) *Rispettare l'ambiente e divulgare questi concetti innovativi*

**Fig 76:** Allievi durante la lavorazione e preparazione dei piatti

#### **Fase 1 : Lo chef illustra teoricamente come dovranno operate gli allievi**



#### **Fase 2 : Lo Chef mostra agli allievi direttamente le tecniche da eseguire**



**Fase 3 : Gli allievi mettono in atto ciò che hanno imparato sotto l'occhio attento dello Chef**



**Fonte : propria (Alberto Alberani )**

L'evento è durato 2 giornate intere dalla pesca alla preparazione dei piatti, e l'abbiamo suddiviso in varie fasi, nelle foto sopra stanti si può notare come lo Chef.

Fase 1 : Teoria inerente la preparazione dei piatti con metodi di conservazione e di cottura sul pescato a "cm 0" il tutto coadiuvato dal docente interno di Scienze di alimentazione. (durata 4 ore)

Fase 2 : Dimostrazione delle tecniche utilizzate e del materiale che i discenti dovranno utilizzare durante la preparazione dei piatti. Lo Chef illustra in maniera meticolosa come bisogna operare per ottenere un prodotto di qualità.

Fase 3 : Gli allievi mettono in atto ciò che hanno imparato sotto l'occhio attento dello Chef, ognuno di loro avrà un compito ben preciso poiché fanno parte della brigata di cucina.

**Fig 77:** Piatti preparati in cucina



**Fonte : propria ( Alberani Alberto )**

I piatti rappresentati in figura possiamo definirli “sostenibili”, possiamo visionare varie preparazioni inerenti il pescato del giorno, in questo caso il branzino di valle *Dicentrarchus labrax L*, pescato con nasse artigianali. La qualità delle carni è così elevata e il prodotto è definito a “cm 0” quindi freschissimo e va lavorato e presentato con cura. La figura sottostante vede la dissertazione finale della conclusione del progetto Meroir con esperti del settore della sostenibilità della pesca. Il progetto dapprima verrà sviluppato nell’Alto Adriatico per poi traslare su tutte le coste del nostro Paese dove verrà promossa la pesca piccola pesca.

**Fig 78 :** Convegno Meroir conclusione progetto : Piccola pesca sostenibile



**Fonte :** propria (Alberto Alberani)

#### **4.17 L’evoluzione della sostenibilità nel futuro : la scuola come trampolino di lancio**

Tutti i progetti nazionali e internazionali alle quali la scuola ha partecipato in maniera attiva sono fondamentali per creare un cambiamento di rotta nel percepire che l’ambiente va tutelato e la pesca sostenibile deve essere uno scopo e non un’utopia. L’Istituto presenta delle caratteristiche peculiari uniche in Italia, per come è organizzato ci permette di creare progettazioni scientifiche con basi solide fino ad arrivare ad un scopo non utopico ma possibile : “creare un marchio di qualità della

pesca sostenibile”. I progetti come Prizefish e Worldrise, Green Economy sono parte integrante degli studio e progettazione degli studenti e docenti poiché abbiamo i seguenti percorsi curricolari che ci permettono di progettare, pubblicizzare e sostenere la sostenibilità.

**Tabella 8** : sinergia tra gli indirizzi di studio

<b>Indirizzo di studio</b>	PECULIARITA' DI OGNI INDIRIZZO
MANUTENZIONE E ASSISTENZA TECNICA	Operatori della pesca e acquacoltura con specifiche competenze nella piccola pesca e sperimentazione.
ENOGASTRONOMIA E OSPITALITA' ALBERGHIERA	Chef e operatori di sala e accoglienza esperti nei prodotti Slow food e slow fish
TECNICO TURISTICO ECONOMICO	Operatori turistici esperti nella progettazione ambientale communication e marchi di qualità

#### 4.18 Progetto : valorizzazione del pesce azzurro

Slow Food, tramite soprattutto gli eventi legati a Slow Fish e a varie pubblicazioni, promuove da sempre il consumo di pesce buono, freschissimo e prelevato come metodi sostenibile e quindi sostenibile. In sintesi, invita innanzitutto a consumare specie “neglette”, ossia poco conosciute e commercializzate, ma non per questo meno apprezzabili, contribuendo così alla riduzione della domanda delle specie più commercializzate, e quindi della relativa pressione di pesca, e alla valorizzazione di buona parte delle catture indesiderate, evitandone il rigetto in mare. In ogni caso, non è fornita alcuna lista di specie neglette, perché queste possono variare a seconda del contesto considerato e perché, incoraggiando il consumo generalizzato di determinate specie in luogo di altre, si potrebbe semplicemente spostare e non affrontare il problema della sovrapesca. Abbiamo avviato un progetto con RENAIA E RERIA per coinvolgere gli Istituti alberghieri dell’Emilia Romagna e Italiani. Il progetto mira a promuovere prodotti del territorio nella filiera della sostenibilità del Slow fish.

**Fig 79** : Promozione e utilizzo dei prodotti di qualità sostenibili Coop Alleanza 3.0



**Fonte : propria** (Alberto Alberani)

**Fig 80 : Promozione dei prodotti Slow food e divulgazione su testata Regionale**



### Studenti chef al Food Festival «L'istituto Brindisi protagonista»

**COMACCHIO**

L'Istituto 'Remo Brindisi' di Lido degli Estensi è stato protagonista al Ferrara Food Festival. Gli studenti delle classi seconde dell'indirizzo enogastronomia ed ospitalità, diretti dal professor Mariotti e con la preziosa collaborazione di Po Delta Tourism, hanno svolto il ruolo di hostess e steward. Gli alunni della classe 4C, con la regia della docente Minotti, in 'Esperienze e sapori del Delta del Po' hanno ideato un primo piatto rivisitato con i sapori di valle di un tempo: ravioli di mare e anguilla di valle, saltati con cefalo affumicato e crema di verza, mentre



to selezionato uno spumante rosé 'Rosa X Emy' del Bosco Eliseo con uve Fortana. La presenza alla manifestazione del 'Remo Brindisi', guidato dalla dirigente scolastica Pierlia Stimolo, ha rappresentato per gli studenti una preziosa vetrina ed un'opportunità di crescita, di confronto e di esperienza in vista del loro futuro nell'ambito della cultu-



**Fonte : Propria (Alberani Alberto)**

Invita, inoltre, a scegliere prodotti locali e stagionali, per accorciare la filiera e consumare pesce più fresco e meno caro; non contribuire agli impatti ambientali generati dai trasporti su grandi distanze; sostenere la pesca artigianale o la piccola pesca locale, meno vincolate a logiche di massimizzazione del profitto a breve termine; e non compromettere la fondamentale fase della riproduzione e il conseguente rinnovamento degli stock (essenziale, al riguardo, anche il consumo di esemplari adulti). In generale, Slow Food non invita i consumatori a ridurre significativamente il consumo di pesce, ma a diversificare i loro consumi, seguendo i suggerimenti sopraindicati e diminuendo al contempo il consumo dei grandi pelagici come il tonno (soprattutto quello rosso) e il pesce spada, per l'eccessivo sfruttamento degli stock, la bassa selettività degli attrezzi utilizzati e l'incidenza della pesca o di alcune specie allevate, come il salmone e i gamberi tropicali, per le ragioni precedentemente descritte. La "Guida ai consumi ittici" di Greenpeace comprende due liste di otto "criteri dell'insostenibilità", una per la pesca e l'altra per l'acquacoltura, per consentire anzitutto ai consumatori, ma anche a ristoratori e commercianti, di verificare il grado di sostenibilità delle loro scelte d'acquisto o di consumo. Gli otto criteri per la pesca sono i seguenti:

1. Specie molto vulnerabili;
2. uso di metodi distruttivi;
3. mancato rispetto delle opinioni scientifiche;
4. pesca eccessiva;
5. pesca non selettiva;
6. cattura di specie minacciate o protette;
7. impatti generali sugli ecosistemi;
8. pesca INN.

In pratica, è sufficiente la presenza anche di uno solo tra questi “fattori negativi” per considerare insostenibile l’eventuale scelta d’acquisto o di consumo. Greenpeace, inoltre, fornisce una “lista rossa” per l’Italia, comprensiva di quelle specie catturate o allevate che, per le ragioni già descritte, è meglio non consumare. Tra queste, il tonno rosso, il pesce spada e i gamberi tropicali, esaminati precedentemente. In ogni caso, i consumatori sono invitati ad informarsi, in primo luogo, sull’origine e sulle tecniche di cattura impiegate. Il consumo di un determinato prodotto, infatti, può essere più o meno sostenibile a seconda se proviene dalla pesca artigianale o da quella a strascico, a cui si attribuisce un terzo delle catture nazionali nel 2012, dal mar Mediterraneo o, ad esempio, dall’oceano Indiano. La presentazione al pubblico di ricette specifiche con pescato sostenibile è fondamentale per la crescita della coltura sostenibile. Presentare il progetto insieme ad altre scuole di fronte ad un pubblico numeroso di cittadini e turisti permette alla coltura del Slow fish di permeare nel territorio Italiano e in Europa. Per creare più sinergia sono state presentate ricette particolari con tema :” Il pesce azzurro questo sconosciuto”. Per rendere più appetibile il tutto davanti al pubblico numeroso stato proposto un contest nel quale il pubblico doveva ricercare l’ingrediente misterioso all’interno del piatto e successivamente ai vincitori venivano proposti gadget inerenti lo Slow fish.

#### 4.19 Il grande progetto Adrion : Convegni e Meeting

Fig 81: Locandina del progetto Adrion



**Fonte** : <https://fondieuropei.regione.emilia-romagna.it/cooperazione-territoriale-europea/adrion>

IPA-Adrion (acronimo di Adriatico-Ionio) è il Programma di cooperazione territoriale europea transnazionale che coinvolge **10 stati**:

- 4 stati membri dell'Unione europea: Italia, Slovenia, Croazia, Grecia
- 5 stati IPA III (Strumento di assistenza ai Paesi in preadesione): Albania, Bosnia-Erzegovina, Montenegro, Macedonia del Nord, Serbia
- 1 stato non membro dell'Unione europea: Repubblica di San Marino.

I quattro assi prioritari del Programma sono:

1. una regione adriatico-ionica più competitiva e intelligente
2. una regione adriatico-ionica più verde e resiliente ai cambiamenti climatici
3. una regione più connessa
4. sostegno della governance della regione adriatico-ionica

Il Programma Adriatico-ionio ha l'obiettivo di supportare la Strategia Europea per la regione adriatico-ionica - EUSAIR di cui ricalca lo spazio geografico. Gli assi prioritari di IPA-ADRION sono strettamente connessi ai quattro pilastri di Eusair :

- Crescita blu
- Qualità ambientale
- Regione connessa
- Turismo sostenibile

Gli obiettivi strategici saranno attuati attraverso progetti che coinvolgono le regioni eleggibili nell'area di Programma.

Ai bandi possono partecipare autorità pubbliche (o equivalenti) e soggetti privati che contribuiscono all'implementazione della mission di IPA-Adrion. In particolare, si intende:

1. contribuire a infondere dinamismo nel processo di allargamento per quanto riguarda la coesione, la crescita inclusiva, l'agenda verde e la connettività sostenibile, attraverso il coinvolgimento di beneficiari esperti e portatori di interessi
2. sostenere il rafforzamento della politica di coesione nell'area adriatico-ionica attraverso l'attuazione di Eusair, sia a livello di governance sia attraverso la realizzazione di progetti che siano espressione transnazionale di sfide condivise

3.sostenere la governance di Eusair, il rafforzamento delle capacità amministrative pubbliche e incoraggiare la valorizzazione delle sinergie e l'efficacia della cooperazione.<sup>[10]</sup>

La scuola partecipa a meeting e convegni, sulla sostenibilità e la blue economy dove la RER farà da mediatrice per presentare i lavori ecosostenibili presentati dai discenti.

#### **4.20 La scuola parte attiva dei progetti FLAG**

Costa dell'Emilia – Romagna è la denominazione del gruppo di azione locale attivo nel settore pesca per l'intero territorio della Regione Emilia-Romagna, con una strategia unitaria e condivisa per lo sviluppo del settore della pesca e dell'acquacoltura da Goro fino a Cattolica. All'interno del FLAG i portatori di interesse sono rappresentati dai Comuni e Marinerie della costa, da associazioni private del settore pesca e acquacoltura e di altri settori quali artigianato, commercio, turismo, da associazioni a rappresentanza della società civile. <sup>[11]</sup>

##### *4.20.1 Denominazione del progetto*

***PROGETTO “IMPARIAMO CON I PESCATORI: PERCORSI DIDATTICI PER CONOSCERE I LUOGHI E LE RISORSE DEL NOSTRO MARE, DELLE VALLI E DELLE LAGUNE”. Azione 4.A “Informazione e formazione”. PIANO DI AZIONE DEL FLAG COSTA DELL’EMILIA-ROMAGNA. P.O. FEAMP 2014/2020 – Priorità 4***

Il progetto prevede la realizzazione di percorsi didattici finalizzati da un lato a promuovere la conoscenza della biodiversità dei nostri luoghi della pesca, il mare, le valli e le lagune, e dall'altro a favorire la diffusione della cultura della sana alimentazione attraverso la conoscenza del mondo dei prodotti ittici della Costa dell'Emilia-Romagna, coinvolgendo direttamente i pescatori e in generale chi opera nel mondo delle attività produttive legate alla pesca e all'acquacoltura. Il nostro mare Adriatico ci offre quotidianamente pesce prelibato, sardine, naselli, sgombri, e alici, che raggiungendo le nostre tavole arricchiscono l'alimentazione quotidiana di sostanze fondamentali per il buon funzionamento del nostro organismo. Il progetto

ha l'obiettivo generale di favorire la diffusione della cultura della sana alimentazione attraverso la conoscenza del mondo del pesce, dei molluschi e dei crostacei, dal mare alla tavola, scoprendone l'origine, le proprietà e l'importanza che rivestono in una sana alimentazione, oltre che di promuovere la conoscenza sulla ricca biodiversità del nostro mare e dei luoghi vallivi e lagunari, al fine di influenzare comportamenti responsabili da parte di cittadini, di turisti ed in particolare dei giovani. Il progetto prevede un contest dove parteciperanno scuole superiori dislocate sulla costa delle province di FE,RA,FC,RM e produrranno del materiale video, slide e volantini che hanno come argomento la pesca e la sostenibilità. Questo progetto prevede sia una spiccata comunicazione sia una spiccata propensione alla progettazione green.

**Fig 82 :** Locandina del Challenge



**fonte :** <https://www.flag-costaemiliaromagna.it/progetti/impariamo-con-i-pescatori/>

Lo scopo di tale progetto è valorizzare il patrimonio ittico locale, le proprietà nutrizionali importanti per benessere e salute, favorendo comportamenti e consumi consapevoli e sostenibili. Aumentare la consapevolezza ambientale: far conoscere l'ecosistema marino e sensibilizzare alla tutela della biodiversità marina e all'uso sostenibile delle risorse, trasmettere i contenuti delle nuove normative nazionali e internazionali legate alla tutela della risorsa marina; Stimolare nuove modalità di fruizione del mare, valorizzando le identità 3 locali, opportunità ambientali, storiche

e culturali del territorio e promuovendo la conoscenza del settore ittico, dei mestieri del mare, dei prodotti tipici. Operatori del settore ittico ‘messaggeri di sapere’: hanno lo di promuovere e favorire incontri con il mondo del lavoro della pesca e dell’acquacoltura coinvolgendo direttamente pescatori e produttori ittici nelle iniziative aumentando l’interesse dei giovani nei confronti dell’identità culturale e della memoria delle comunità marinare

#### 4.21 Il progetto Stream si permette di concludere il loop della sostenibilità

**Fig 83** : Logo del progetto Stream interreg Italia-Croazia



**fonte** : <http://www.ismar.cnr.it/progetto>

**Titolo progetto: STREAM - Strategic development of flood management**

**Obiettivi e breve descrizione del progetto complessivo:**

Stream è un progetto di cooperazione transnazionale che intende sviluppare strumenti e piani condivisi per migliorare la gestione delle inondazioni nei territori interessati e mira a ridurre le perdite umane e socioeconomiche in caso di pericolo di alluvione, migliorando la gestione del rischio da parte delle autorità locali e Stream è un progetto di cooperazione transnazionale che intende sviluppare strumenti e piani condivisi per migliorare la gestione delle inondazioni nei territori interessati e mira a ridurre le perdite umane e socioeconomiche in caso di pericolo di alluvione, migliorando la gestione del rischio da parte delle autorità locali e rafforzando la capacità di risposta dei servizi di emergenza con un approccio transfrontaliero. Il progetto contribuirà ad aumentare la conoscenza e a migliorare la difesa dalle inondazioni nelle aree coinvolte attraverso l’innovazione tecnologica dei sistemi di allertamento e di monitoraggio e la sensibilizzazione dei cittadini all’adozione di

comportamenti corretti in caso di alluvione. I partner lavoreranno insieme per sviluppare strumenti di monitoraggio del rischio costiero e procedure di allarme rapido grazie alla condivisione dei dati e allo scambio di buone pratiche. Obiettivi specifici del progetto saranno:

- istituire un catasto delle alluvioni nelle città e nelle aree costiere;
- produrre mappe di rischio e un piano di gestione del rischio di alluvione; ottimizzare i sistemi di previsione delle inondazioni e i sistemi di allertamento;
- realizzare azioni pilota per testare le soluzioni proposte

Un altro elemento chiave sarà raggiungere un pubblico più vasto possibile. A tal fine le autorità organizzeranno seminari, giornate informative ed eventi per ottimizzare le operazioni di soccorso in caso di inondazioni e migliorare la preparazione dei cittadini sulle misure di autoprotezione da adottare per mettersi al sicuro e limitare i danni. Arpaè trarrà vantaggio dal progetto STREAM che prevede come risultati il miglioramento del monitoraggio e dei sistemi di previsione e la messa a punto di procedure e sistemi di allerta precoce per le inondazioni costiere. Il processo di miglioramento sarà conseguito attraverso l'implementazione di un sistema di previsione costiera di tipo probabilistico e l'installazione di un sistema di monitoraggio composto da webcam costiere. La scuola ha deciso di aderire poiché riteniamo che la sostenibilità deve avere delle fondamenta solide. Senza conoscenza del territorio, senza la capacità di proteggerlo siamo inermi e non possiamo creare sostenibilità ambientale. Se l'ambiente è vulnerabile praticare sostenibilità ecologica e nella pesca diviene utopico.

**Tabella 9:** Progetto STREAM ( a cura di Quesite) Protezione civile previsto nel periodo 27/03/2023 al 1/04/2023

<b>Oraio</b>	<b>Lunedì 27</b>	<b>Martedì 28</b>	<b>Mercoledì 29</b>	<b>Giovedì 30</b>	<b>Venerdì 31</b>	<b>Sabato 1</b>
<b>8,30-10,30</b>	4 AENO aula magna	4CENO aula magna	5AENO  5BENO aula magna	4 AITE aula magna	5AMAT  5BMAT aula magna	Tutta la giornata con cucina da campo
<b>10,30-13</b>	4BENO aula magna	4BMAT aula magna	5AITE aula magna	5CENO aula magna	5BITE aula magna	
Note : tutta la giornata del 1 aprile le classi 5 parteciperanno ad una simulazione di evento calamitoso con intervento della cucina da campo e del personale.						

**Fonte : Propria** (Alberani Alberto )

#### **4.22 Gli studenti toccano con mano la sostenibilità e lavorano a fianco dei pescatori nei progetti di alternanza-scuola lavoro (pcto)**

La sostenibilità ambientale se non viene coltivata è un “fuoco di paglia” le attività progettuali e le attività legate alla communication devono prendere corpo e vita soltanto traslandole nella realtà .

Oggetto : Argomento: Attività didattica a bordo di motopesca stanziali presso il porto di Porto Garibaldi - l’Istituto Istruzione secondaria superiore “Remo Brindisi”

**Tabella 10 : Descrizione progettuale PCTO : Allievi operatori della pesca**

<b>Denominazione del progetto e sua descrizione sintetica</b>
Progetto “Uscite didattico/tecniche in mare per apprendere e amplificare le tecniche di pesca locali”  (U.D.T.P.L)
<b>Destinatari e coordinamento del progetto</b>
Il progetto sviluppa azioni che ricadono gli ragazzi dell’indirizzo MAT che chiedono il conseguimento della qualifica si Operatori della Pesca.  Coordinamento Polo pesca: prof. Alberto ALBERANI
<b>Motivazioni dell’intervento: analisi dei bisogni formativi</b>
Lo sviluppo, nei giovani del territorio, di competenze e consapevolezza in merito a  1) risorse e prospettive introdotte dalle nuove tecnologie nel settore pesca,  2) potenziale espansione dei mercati e delle esportazioni,  3) nuove tecniche di pesca ecosostenibile  Rappresenta un’esigenza formativa con piena condivisione del territorio, desumibile anche dalle discussioni scaturite, in occasione del tavolo di lavoro “Progetto

Comacchio” indetto il giorno 24 ottobre 2019, dalla dirigente scolastica e dal sindaco Marco Fabbri pronunciatosi sul tema.

Al tavolo erano presenti CNA, CISL, CGIL, CIA, Legacoop, Coldiretti, Ascom, Confesercenti

### **Obiettivi progettuali generali**

- 1) Limitare la dispersione e l’abbandono scolastico,
- 2) Potenziare la sinergia tra Istituzioni e comunioni di intenti;
- 3) Promuovere il ruolo della Scuola quale sistema aperto e propulsore del soddisfacimento delle esigenze formative del territorio

### **Tipologie di uscite e PCTO**

- a) Pescherecci a strascico
- b) Pesca volante
- c) Allevamenti di cozze off-shore
- d) Reti da posta
- e) Nasse specifiche anche in ambiente vallivo

### **Risultati attesi**

Miglioramento delle competenze tecniche e scientifiche degli studenti che accedono alla qualifica Operatorie della pesca

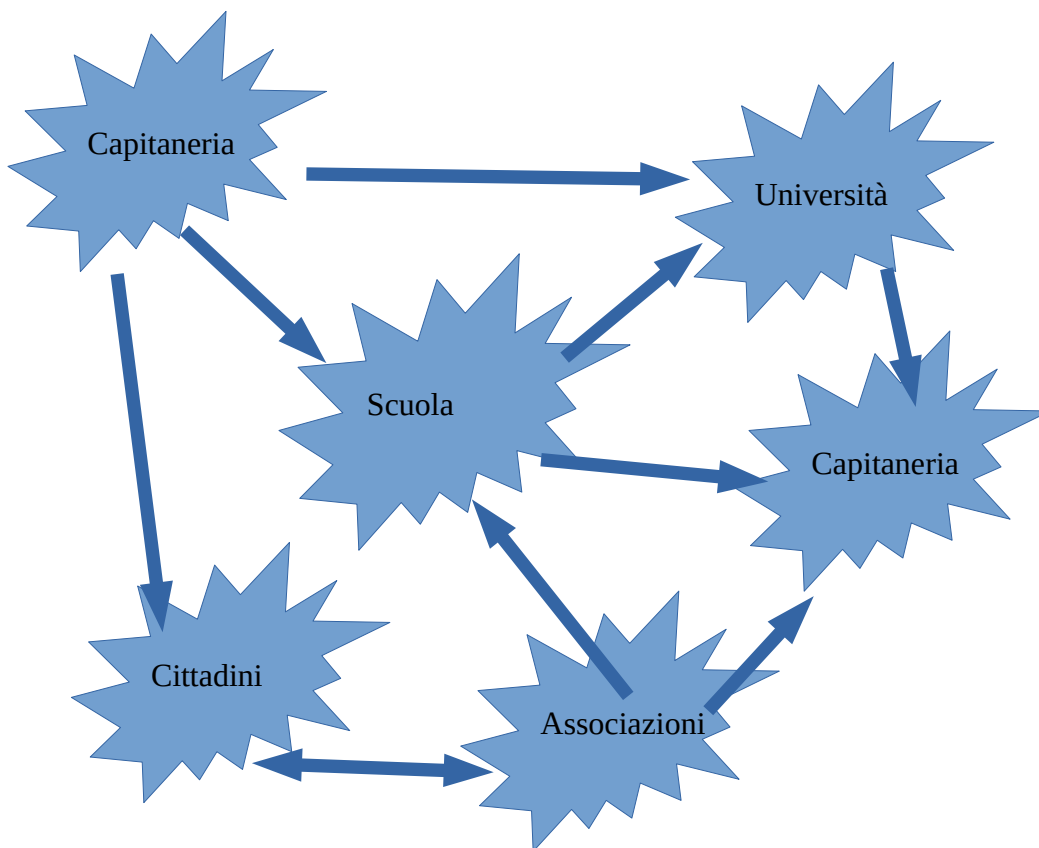
Potenziamento delle competenze inerenti le tecniche di pesca propedeutica all’orientamento verso:

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mondo del lavoro (soprattutto locale)</li> <li>- Corsi abilitanti per accedere alle professioni marittime di marinaio e motorista.</li> <li>- Corsi specifici del settore in formazione continua e permanente</li> </ul>
<p><b>Periodo d'esecuzione</b></p>
<p>Marzo-Giugno</p> <p>Il periodo prescelto risulta preferibile poiché le condizioni meteo-marine in tale periodo sono preferibili per l'effettuazione delle uscite didattiche in mare.</p>
<p><b>Verifica e valutazioni</b></p>
<p>Indicatori utilizzati:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Capacità dei discenti di apprendere tecniche di pesca nuove e/o innovative .</li> <li>2. Capacità acquisite nel utilizzare i DPI a bordo di un peschereccio</li> <li>3. Capacità di coadiuvarsi per creare uno specifico team work</li> <li>4. Capacità di problem solving necessarie per destreggiarsi in mare</li> </ol> <p>Modalità di verifica e valutazione :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Valutazioni in itinere durante lo svolgimento dell'uscita didattica</li> <li>2) Relazione tecnica soggettiva che ogni discente consegnerà al docente responsabile del progetto</li> <li>3) Verifica per valutare i discenti sull'operato svolto</li> </ol>
<p><b>Prodotto finale</b></p>
<p>Relazione finale che ogni discente consegnerà al termine delle uscite</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Video e foto da inserire nel sito dell'Istituto e su piattaforma youtube</li> </ol>

## 2. Conferenza stampa con la D.S e i comandanti dei pescherecci

La presenza di operatori della pesca con una progettualità ecosostenibile e una verve spiccata verso la pesca sostenibile, con i pescatori può creare un connubio inscindibile. Il rapporto è biunivoco e esso si amplifica se il tutto viene traslato alla popolazione creando una mentalità e cultura sostenibili. Il tutto in sinergia con la progettualità scientifica che ci possono apportare le Università insieme alle associazioni di categoria LegaCoop, Federcopesca e CNA.

**Fig. 82 Sinergia tra i vari stakeholder e protagonisti sei progetti inerenti la pesca sostenibile**



**Disegno : Alberto Alberani**

#### **4.23 Il rapporto con Legaambiente<sup>12</sup> per creare una cultura sostenibile**

La sostenibilità e la pesca sostenibile non possono scaturire solo da concetti scientifici, serve una mentalità vincente, lungimirante che pensi ad un futuro migliore. Per questo motivo in collaborazione con Legaambiente gli allievi hanno trascorso tre giornate 16-17-18 novembre con lo scopo di pulire la battigia dai rifiuti di plastica. Tra questi rifiuti ci sono purtroppo molte reti utilizzate dai pescatori, taniche esauste e altri rifiuti non riciclabili. Ciò è dannoso per l'ecosistema marino e deleterio nel lungo periodo. Se gli allievi delle scuole superiori, il nostro futuro, acquisiscono una mentalità sostenibile allora il mondo che verrà sarà sostenibile perché con fondamenta solide. Il progetto è stato molto proficuo poiché i volontari ed esperti dell'associazione hanno fornito il materiale necessario per eseguire la pulizia delle spiagge, ma anche la possibilità di svolgere un corso di formazione di sei ore presso il nostro Istituto con personale altamente specializzato.

---

<sup>12</sup>*Legambiente è un'associazione ambientalista italiana erede dei primi nuclei ecologisti e del movimento antinucleare che si sviluppò in Italia e in tutto il mondo occidentale nella seconda metà degli anni settanta. Nata nel 1980 nell'ambito dell'ARCI, da cui si è successivamente resa autonoma, era conosciuta inizialmente come Lega per l'Ambiente, ma nel 1992, nel corso del IV Congresso nazionale tenutosi a Parma, ha modificato il nome in Legambiente per evitare confusione con altri movimenti.*

**Fig. 83** : Allievi e volontari di Legambiente al lavoro sulle spiagge



**fonte : propria (Alberto Alberani)**

Nelle foto sovrastanti possiamo visionare come la sinergia tra scuola, volontari e cittadini sia proficua. Sono stati rimossi dalla spiaggia quintali di rifiuto non riciclabile pericolosi e dannosi per l'ecosistema marino.

**Fig 84: La plastica nei mari un killer silente**



fonte : <https://www.dailybest.it/ambiente/5-articoli-per-ridurre-plastica-monouso/>

La plastica come inquinante negli oceani genera moltissime problematiche sia dal punto di vista ecologico che chimico-fisico attraverso le microplastiche galleggianti e in sospensione. Dalle foto si può evincere che sia i rettili marini che l'ittiofauna che l'avifauna marina vengono colpiti in maniera pesantissima generando problematiche di difficile risoluzione nel breve periodo. La scuola si è chiesta come agire, e abbiamo pensato ad una communication spiccata degli eventi proposti coinvolgendo la popolazione locale in un progetto definito : Coast and sea plastic free. Tutto è stato poi divulgato attraverso i social e le testate giornalistiche locali. Plastic-free non significa un mondo senza plastica ,a ma vuol dire sostituire o eliminare la plastica dove il suo utilizzo è monouso e sono presenti sul mercato alternative riutilizzabili che consentano di garantire igiene, conservazione e integrità. Per questo in sperimentazioni future proporremo delle reti e nasse ecosostenibili costruite con materiale completamente o in parte biodegradabile, che non interagiscano con l'ecosistema marino.

**Fig 85 :** *Rete con maglie e resta biodegradabile*

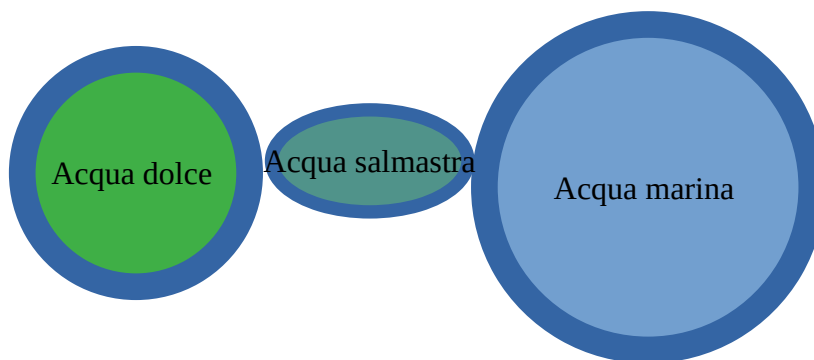


**Fonte :** <https://www.greenme.it/ambiente/remora-rete-pesca-biodegradabile/>

## Capitolo 5 : Utilizzo speciale delle nasse in ambienti di transizione (progetti evoluti)

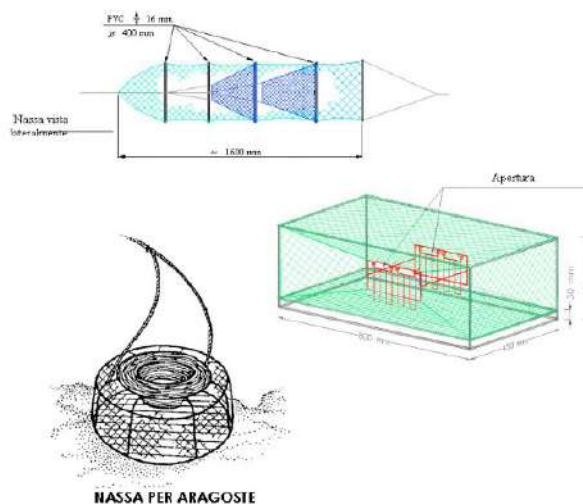
L'utilizzo delle nasse non è tipico soltanto degli ambienti marini ma il loro utilizzo si presta anche in ambienti di transizione, lagunari con presenza di acqua salmastra e/o acqua prettamente dolce.

Fig 87 : Sinergia tra ecosistemi



Fonte : propria (Alberto Alberani)

Fig 88 : Tipologia differente di nasse



Nella **fig 88** sono rappresentate le tipologie di nasse differenti utilizzate durante le prove peculiari in valli salmastre e in acque interne. Forma e dimensioni sono importanti per la tipologia di pescato.

fonte : <http://www.marepesca.it/attrezzature-pesca/nassa>

Gli ambienti di transizione sono i più vulnerabili ma anche quelli più pescosi e con maggior biodiversità per questo motivo devono essere tutelati ed è proprio qui che la sperimentazione dovrà essere sviluppata. Questi ambienti sono resilienti ma assai vulnerabili.

**Fig 89 :** Valle Fattibello (Comacchio)



**Fonte :** Comune di Comacchio (Ferrara)

**Fig 90 :** Sito di sperimentazione Valle Zavalea



**Fonte :** Comune di Comacchio (Ferrara)

Abbiamo scelto un sito particolare poiché poco frequentato dal turismo e nel quale la presenza delle barene chi ha permesso di ancorare in maniera migliore le Nasse.

**Fig 91** : Nasse specifiche utilizzate nelle Valli di Comacchio (Zavelea)



Ogni trappola interna “enca” è stata modificata nel corso della sperimentazione per testare la performance di ognuna.

**Fonte : propria** (Alberto Alberani)

### **5.1 Posizionamento e sperimentazione**

Nasse utilizzate nelle Valli di Comacchio, Valle Fattibello, esse sono state posizionate per una settimana dal 20 al 24 marzo ancorata al substrato attraverso due pali in legno posti alle estremità della stessa.

Programma sperimentale :

- a) Test durata di 7 gg
- b) Variazione chiusura “enca” da 0-12 cm
- c) Profondità dell’acqua 70-80 cm
- d) Salinità 23 ‰

Le nasse saranno poste nel medesimo sito per una settimana, la durata della pesca sarà di 24 ore, posizionandole alle 6:00 AM e salpandole il giorno successivo alle 6:00 AM. Una volta prelevato il materiale ittico esso viene classificato tassonomicamente e pesato. Successivamente viene posto in freezer per ulteriori analisi comparative con altre sperimentazioni .

**Tabella 11** : Sperimentazione settimana dal 20 al 24 marzo

Giorni	Lunedì 20/03	Martedì 21/03	Mercoledì 22/03	Giovedì 23/03	Venerdì 24/03
Modifiche meccaniche “enca”	<b>Chiusa +</b>	<b>3 cm</b>	<b>6 cm</b>	<b>9 cm</b>	<b>12 cm</b>
<i>Aphanius fasciatus</i> <i>(Nono di valle)</i>	0	2 grammi	23 grammi	37 grammi	16 grammi
<i>Engraulis encrasicolus</i> <i>(Acciuga di valle)</i>	0	20 grammi	22 grammi	30 grammi	4 grammi
<i>Atherina boyeri</i> <i>(Aquadella)</i>	0	14 grammi	9 grammi	13 grammi	9 grammi
<i>Anguilla Anguilla</i>	0	0	0	0	2 esemplari * (190 grammi)

\* rilasciati perché sotto taglia

+ test bianco (completamente chiusa pesca 0 esemplari)

La tabella 4 raccoglie i dati raccolti durante la settimana di sperimentazione nella quale abbiamo valutato la grammatura del pescato utilizzando varie tipologie di modifiche della nassa, testandola negli stessi ambienti. Il test bianco completamente chiusa non dovrebbe permettere la cattura di nessun esemplare.

**Tabella 12** : Specie prelevate nella sperimentazione nelle Valli di Comacchio


Tabella 12 a	<b><u>Pescato del giorno</u></b>
	Nome scientifico : <i>Atherina boyeri</i>  Nome comune : <i>Acquadella</i>



Tabella 12 b	<b><u>Pescato del giorno</u></b>
	Nome scientifico : <i>Engraulis encrasicolus</i>  Nome comune : <i>Acciuga</i>

Tabella 12 c	<b><u>Pescato del giorno</u></b>
	Nome scientifico : <i>Aphanius fasciatus</i> *  Nome comune : <i>Nono di Valle</i>

**Fonti :** <https://www.biyologlar.com/hamsi-engraulis-encrasicolus>**Fonte :**  
<http://adriaticnature.me/archives/817><http://www.ittiofauna.org/>

### 5.1.1 Ulteriori sperimentazioni sulle nasse

**Fig. 91 :** Sito secondario di sperimentazione



**Fonte :** wikipedia

E' prevista per Giugno 2023 una sperimentazione specifica con nasse modificate non solo a livello della dimensione di apertura dell' enca ma anche per altri tre fattori :

- a) Materiali utilizzati per la produzione (nasse compostabili)
- b) Posizionamento di esche interne costruite con mangime
- c) Imboccature con forme e dimensioni differenti

Le sperimentazioni hanno lo scopo di creare nasse ambiente dipendenti, ogni ecosistema presenterà in maniera biunivoca la nassa specifica per creare la massima selettività e quindi sostenibilità.

### 5.1.2 Perché la scelta delle Valli di Comacchio

Le Valli di Comacchio sono una vasta zona umida protetta situata in Emilia-Romagna, tra le province di Ravenna e Ferrara, a sud del Delta del Po e a nord della riviera romagnola, costituendo una delle aree umide più estese d'Italia. Formate da 4 valli: *Lido di Magnavacca*, *Fossa di Porto*, *Valle Campo* e *Fattibello* (a nord si trova, separata da una striscia di terra, la più piccola Valle Bertuzzi), si estendono geograficamente da Comacchio al fiume Reno. L'estensione venne ridotta nel corso del tempo a causa delle varie bonifiche effettuate (in realtà si trattò di prosciugamenti in quanto le acque non erano malsane), fino a comprendere i confini odierni. Le valli 157 attualmente sono delle strutture geomorfologiche di acqua salmastra con una biodiversità unica in Europa.

### 5.2 Storia degli ambienti di transizione salmastri

**Fig 92 : Geografia delle Valli di Comacchio nel corso dell'ultimo secolo**



**Fonte : Comune di Comacchio (Fe)**

Si può notare l'evoluzione geomorfologica delle valli sia antropologiche sia ambientali. Le bonifiche avvenute nel secolo scorso hanno determinato una sorta di

cambiamento radicale che ha mutato per sempre il territorio. Alcune aree sono rimaste in collegamento con il mare determinando la presenza di ambienti salmastri (Valli di Comacchio) altre zone sono rimaste relegate (Vallette di Ostellato) ai margini delle antiche valli divenendo ambienti prettamente di acqua dolce. Le diversità ambientali sono tali da indurre il pescatore a modifiche radicali delle nasse utilizzate proprio per la tipologia di pescato differente.

### *5.2.1 Valutazioni dei dati rilevati e conclusioni*

Se analizziamo i dati raccolti possiamo visionare che la nassa migliore è stata quella con apertura pari a 9 cm dimensionata anche in base alle taglie minime UE. Dai dati si evince che 12 cm rappresentano un'apertura tale da permettere ad alcuni esemplari di entrare all'interno poi però vista l'apertura maggiore essi sono in grado di uscire dalla trappola stessa. Da notare che con l'apertura massima abbiamo prelevato anche esemplari di anguilla, poi rilasciati perché sotto taglia. Verranno predisposte in futuro prove sperimentali con nasse modificate, in ambienti diversi e con materiali biodegradabili.

### 5.3 Un progetto nel progetto : *Aphanius fasciatus* vs larve di zanzara

Per quanto concerne la presenza del nono di valle, conoscendone l'ecologia e la nicchia trofica, svolgeremo un progetto futuro, già predisposto sperimentalmente in una zona umida adiacente le antiche valli di Comacchio. Tale zona è soggetta a variazioni di livello delle acque dovute alla variazioni tidali, ed è un focolaio di zanzare del genere le quali sono dannose per il turismo spiccato del litorale Comacchiese. La specie in questione è *Ochlerotatus caspius*<sup>13</sup> una specie di zanzara molto aggressiva che vive nelle zone con alternanza di asciutto e sommersione tipico dei terreni coltivati a risaia e zone naturali contigue alla costa.

La Zanzara di risaia è un dittero (cioè con un solo paio di ali) che si sviluppa nelle zone periodicamente allagate per cause naturali o artificiali capace di adattarsi anche alle acque salmastre delle paludi o delle lagune che si trovano in prossimità di zone costiere. Si sposta in sciame che, in condizioni favorevoli, possono viaggiare velocemente lontano dal luogo in cui è avvenuto lo sfarfallamento (anche 20 Km di distanza) alla ricerca di siti idonei alla deposizione delle uova. Le zone costiere sono mantenute sotto controllo da azienda specializzate il lotta larvicida e adulticida integrate e ecologicamente il pesce attraverso le variazioni di marea riesce a permeare nell'entroterra.

---

<sup>13</sup>*Ochlerotatus* is a genus of mosquito. Until 2000, it was ranked as a subgenus of *Aedes*, but after Reinert's work, the clade was upgraded to the level of a genus.[1] This change has resulted in the renaming of many subgenus species, and many aedini-related taxa are undergoing taxonomic revisions. Some authors are still using traditional taxonomic names in their publications

### *5.3.1 Perché del progetto?*

Il “progetto nel progetto” nasce da una richiesta di un collega entomologo al quale necessitava un quantitativo elevato di pesci predatori di larve di zanzara per poter agire su un territorio di circa 5 ha soggetto ad infestazione di zanzare del genere *Ochelrotatus*. La zona in questione è particolare per i seguenti motivi :

*a) Adiacente ai centri abitati densamente popolati*

*b) Adiacente a parchi giochi*

*c) Insista in ambiente geomorfologicamente e idraulicamente lontani dal mare e dalla valle*

*d) Acqua salmastra ristagnante che consente lo sviluppo celere delle larve di culicidi.*

*e) Aggressività della specie *Ochlerotatus**

*f) Potenziale serbatoio e vettore di malattie pericolose per l'uomo*

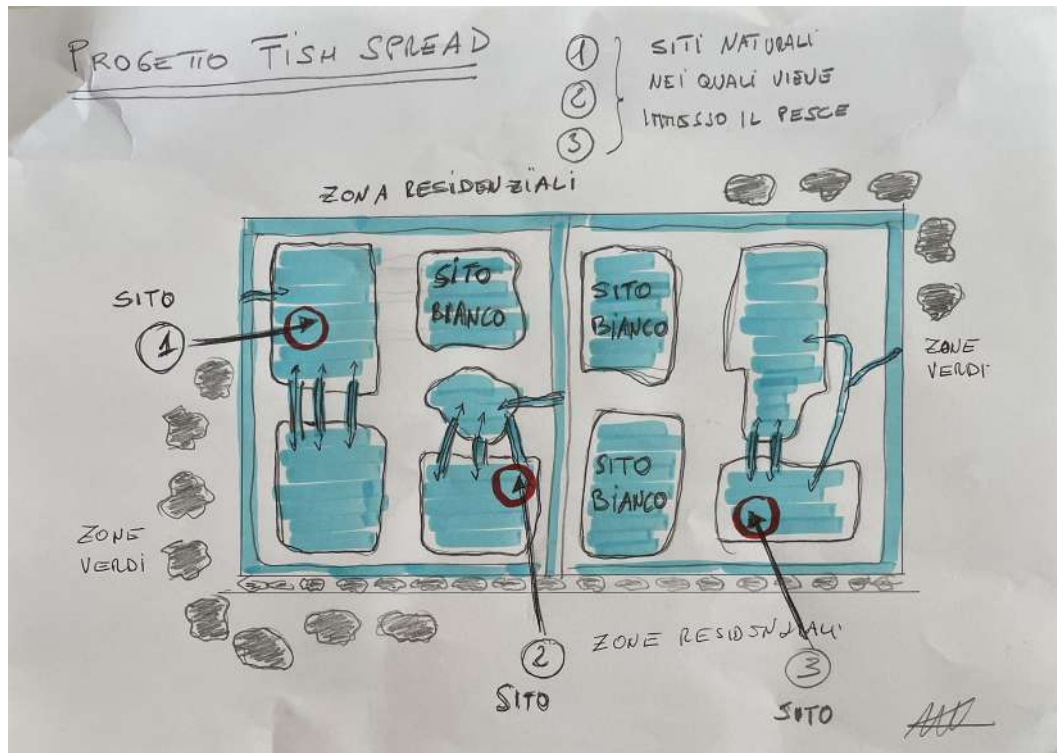
*g) Impossibilità di utilizzare adulticidi e larvicidi in maniera massiva*

*h) Scarsa efficacia dei larvicidi del genere *Bti* per caratteristiche del ambiente e tipo di idraulica e geobotanica*

### 5.3.2 Progetto Fish Spread

Il progetto fish spread vuole dimostrare come progetti inerenti la sostenibilità possono essere interconnessi tra loro creando una sinergia ecologica e ambientale utili ai fini della salvaguardia dell'ecosistema.

**Fig 93** : Schema progettuale del fish spread



**Fonte : propria** (Alberto Alberani)

### 5.3.3 Descrizione del progetto

Avendo a disposizione dei pesciolini di *Aphanius* abbiamo pensato a questo progetto di lotta biologica in senso stretto vista la tipologia di ambiente nel quale ci troviamo. Questo tipo di lotta sfrutta le caratteristiche peculiari della specie da controllare, la zanzara, e il suo predatore naturale quando essa si trova allo stato larvale. Il Nono di valle è ghiotto di larve di zanzara in fase L1-L4 già allo stadio di pupa è più difficoltoso che se ne cibi. Abbiamo monitorato l'ambiente naturale ponendo attenzione ai focolai di zanzara e alcune pozze infestate le abbiamo idraulicamente collegate con i focolai. Questo processo viene definito runneling (canaletta). Le canalette da noi prodotte manualmente hanno profondità di 25 cm e larghezza media di 35 cm e permangono sempre sommerse. Il pesce catturato con le nasse presso le valli di Comacchio, viene immesso nel sito 1 dove è presente il **focolaio 1**. Qui provengono esemplari di *Aphanius fasciatus* sia dal canale collettore laterale, diffusione ecosistemica naturale, sia attraverso quelli immessi, catturati mediante le nasse. Essendo il **focolaio 2** presente in una pozza di acqua di circa 150 m<sup>2</sup> e non essendo collegato idraulicamente con il resto delle pozze abbiamo deciso di creare attraverso il runneling delle canalette artificiali con le seguenti caratteristiche :

- a) Profondità media 25 cm
- b) Larghezza media 35 cm
- c) sponde a 30 ° rispetto al piano di campagna

Si è pensato inoltre di inserire far affluire le canalette in punti diversi del bacino 2 in maniera da instaurare un flusso che stressasse il meno possibile la diffusione del nono di valle. Il bacino 3(test bianco) l'abbiamo lasciato volutamente scollegato al resto dei bacini, lasciandolo con acqua ristagnante per verificarne la differenza rispetto ai bacini trattati con il runnelling. Per verificare l'efficacia del progetto dobbiamo conoscere l'ecologia dell'*Ochetotatus caspius*. Tutto questo ci ha portati a d una scelta ecologica avendo a disposizione un pesciolino, pescato con le nasse da noi costruite, con spiccate proprietà predatorie nei confronti delle larve di zanzara.

#### 5.3.4 Perché il nostro killer è proprio il “Nono di Valle” ?

Il “nono di valle” (**Aphanius fasciatus** V.) 1821 (fig.94) è un pesce tipico delle acque salmastre appartenente alla famiglia dei *Cyprinidi* (*Cyprinodontoidea*) ed in Italia rappresenta l'unica specie endemica. Questa specie ha distribuzione circummediterranea e si ritrova in tutti i paesi bagnati dal mar mediterraneo eccetto la penisola iberica, la Francia occidentale ed il Marocco ed in tutte le isole del Mediterraneo. Preferisce le acque salmastre della zona dei Mugilidi e può vivere anche in paludi e stagni salmastri sopportando grandi escursioni termiche e di salinità. È inoltre presente in fiumi con acque salate o salmastre, e lo si può trovare in piccole pozze d'acqua vista la sua resistenza intrinseca

**Fig 94** .”Nono di Valle” (*Aphanius fasciatus*)



Fonte : <http://www.seriouslyfish.com>

È una specie molto eurialina<sup>14</sup> tanto che si può, anche se raramente, ritrovare in acque del tutto dolci e, ancor più di rado, in mare. Addirittura è stato ritrovato nelle acque ipersaline delle saline di Comacchio e Cervia. Stiamo parlando di un piccolo pesce che raggiunge a i 5-6 cm, raramente in acque ipertrofiche sono stati catturati esemplari superiori a 7-8 cm. La bocca è piccola ed in posizione supera mentre la testa è piuttosto grande. La coda presenta una pinna caudale grande ed arrotondata con una banda brunastra, la dorsale e l'anale sono quasi simmetriche, di colore

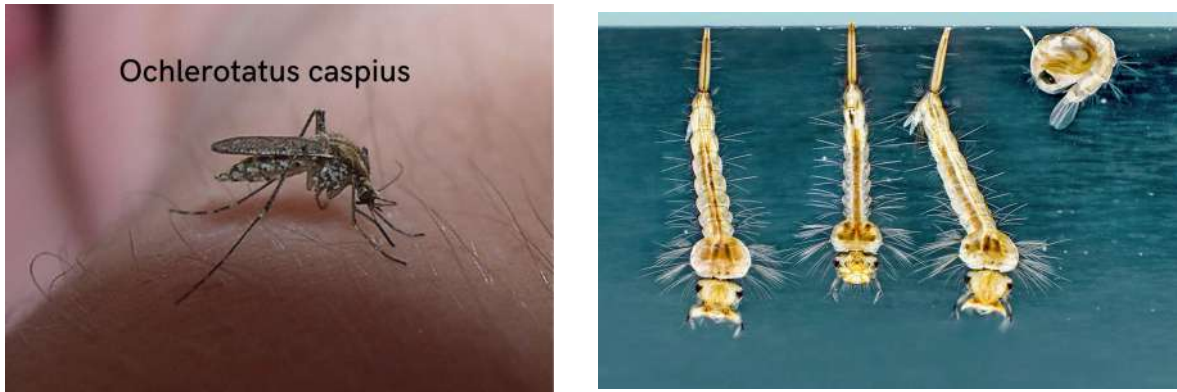
giallastro con macchie e bande marrone, così come le pinne pari. La livrea presenta delle differenze legate al sesso, il maschio infatti ha da 7 a 15 bande verticali chiare ed ha il dorso di un vivace color blu, oliva o bruno. La femmina ha colori assai più smorti e bande scure assai meno definite. In questa specie i maschi sono molto più piccoli delle femmine. La maturità sessuale è raggiunta entro l'anno di età (adattamento ad ambienti instabili). La riproduzione avviene per tutta la primavera e l'estate. Il maschio effettua una danza rituale per separare una femmina dal branco dopo di che questa depone circa 200 uova che aderiscono alla vegetazione, prontamente fecondate dal maschio. Gli avannotti alla nascita sono lunghi circa 5 mm. Il nono è un pesce predatore: si nutre di crostacei plancotonci e di piccoli molluschi, con una spiccata predilezione per le larve di insetti, soprattutto ditteri, culicidi (zanzare). Il nono non è interesse di pesca e non ha dunque valore commerciale. Le sue carni, anche se commestibili, non sono particolarmente apprezzate in cucina. In passato erano addirittura reputate velenose. In quanto la sua dieta è principalmente composta da piccole invertebrati e larve di insetti, questa specie può fornire un servizio ecosistemico come agente di controllo biologico contro le zanzare. La sua presenza attualmente è in convivenza trofica con la gambusia, specie alloctona nei nostri territori.

---

<sup>14</sup> *L'euriialinit     la caratteristica degli organismi acquatici di poter sopportare notevoli variazioni del grado di salinit   dell'acqua.*

### 5.3.5 Identikit della zanzara delle risaie “*Ochlerotatus caspius*”

**Fig 95** : Femmina di *Ochlerotatus*<sup>13</sup> *caspius* e larve e pupe della stessa specie

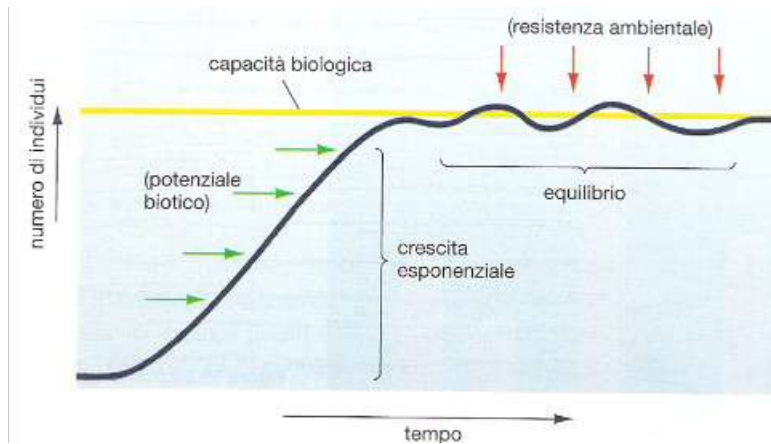


Fonte : <https://www impiantiantizanzare.com/news/ochlerotatus-caspius-la-zanzara-delle-risaie/>

La strategia riproduttiva della Zanzara delle risaie è incentrata su un rapido incremento demografico e sviluppo degli stadi giovanili molto vulnerabili. Oltre a investire molto nella sfera riproduttiva, la specie vive in ambienti instabili nei quali la mortalità è elevata e spesso improvvisa. Per le suddette caratteristiche biologiche il questo culicide, raggiunge rapidamente alte densità di popolazione in funzione delle risorse ambientali che sono destinate ad esaurirsi rapidamente, e spesso improvvisamente, con elevatissime mortalità. Dalla rapidità di sviluppo larvale e dalla capacità di dispersione e colonizzazione di idonei ambienti da parte degli adulti dipende la sopravvivenza della specie. Gli adulti, che vivono fino a tre mesi, sono molto mobili e, se le condizioni termo-igrometriche sono favorevoli, possono spostarsi di molti chilometri dal sito di sfarfallamento, grazie alle correnti aeree. Gli sciami seguendo scie di composti volatili, spesso raggiungono aree idonee alla ovideposizione, che individuano fra quelle precedentemente sommerse, o che, presumibilmente, lo saranno in seguito. La loro intensa attività estiva, si riduce in autunno e cessa con l'abbassarsi delle temperature; di norma la specie passa l'inverno allo stadio di uovo. Gli adulti sfarfallano tutti insieme e si spostano in massa formando veri e propri sciami, che creano seri fastidi nelle aree antropizzate

dove, solo in occasione di intense di piogge estive, possono formarsi dei focolai temporanei d'infestazione attivati da individui migranti. Le femmine pungono, nelle ore meno calde del giorno, soprattutto nei siti in ombra e al calare del sole. I loro insistenti attacchi sono particolarmente fastidiosi per l'uomo e per gli animali domestici. Occasionalmente si introducono negli edifici. Le punture, oltre al fastidio, causano spesso bolle soprattutto nei soggetti reattivi agli anticoagulanti e alle altre sostanze salivari che la femmina immette attraverso il foro di suzione. Il Culicide è un potenziale vettore di virus agenti di malattie quali le "elmintasi" degli animali, sostenute da Nematodi del genere *Dirofilaria* che talora possono essere trasmesse all'uomo. Attualmente in Italia e negli altri paesi europei, non sono segnalati seri problemi sanitari. Le uova vengono deposte singolarmente, o in piccoli gruppi, sul terreno umido o sul bordo di pozze d'acqua anche poco profonde; la loro schiusa è simultanea e avviene solo dopo una prolungata sommersione. Le larve, che sgusciano forando il corion, di norma completano lo sviluppo in circa 15 giorni. Le alte temperature estive consentono di ridurre tale periodo anche a 4-5 giorni. Completato lo sviluppo l'ultimo stadio larvale subisce la metamorfosi e si trasforma in pupa e dopo due giorni sfarfalla l'adulto che si libera della esuvia pupale e, dopo l'indurimento del tegumento, vola via. Essendo uno sviluppo molto veloce da larva a pupa ed adulto dobbiamo monitorare assiduamente il sito testato per controllare l'azione ecologica dei pesciolini predatori ogni 24 ore.

**Fig 96 :** *Crescita esponenziale*



Fonte : <https://www.dima.unige.it/>

Conoscendone l'ecologia e lo sviluppo repentino nei mesi estivi l'azione ecologica predatoria attraverso l'immissione di pesci predatori dovrebbe inibire la presenza di larve diminuendone il numero relativo all'interno delle pozze di acqua. Per verificare il nostro operato dovremmo aspettare il primo allagamento e immettere il pesce pescato con le nasse all'interno del bacino 1. Il pesce si sposterà nel bacino 2 nel quale è presente un focolaio di culicidi. Il bacino 3 sarà il test bianco nel quale non immetteremo pesce e lasceremo le condizioni ambientali identiche al passato senza collegamento attraverso il runneling. Dopo 3 giorni dall'allagamento dovuto alle piogge inizieremo il monitoraggio larvale attraverso un dipper (mestolo) da entomologo.

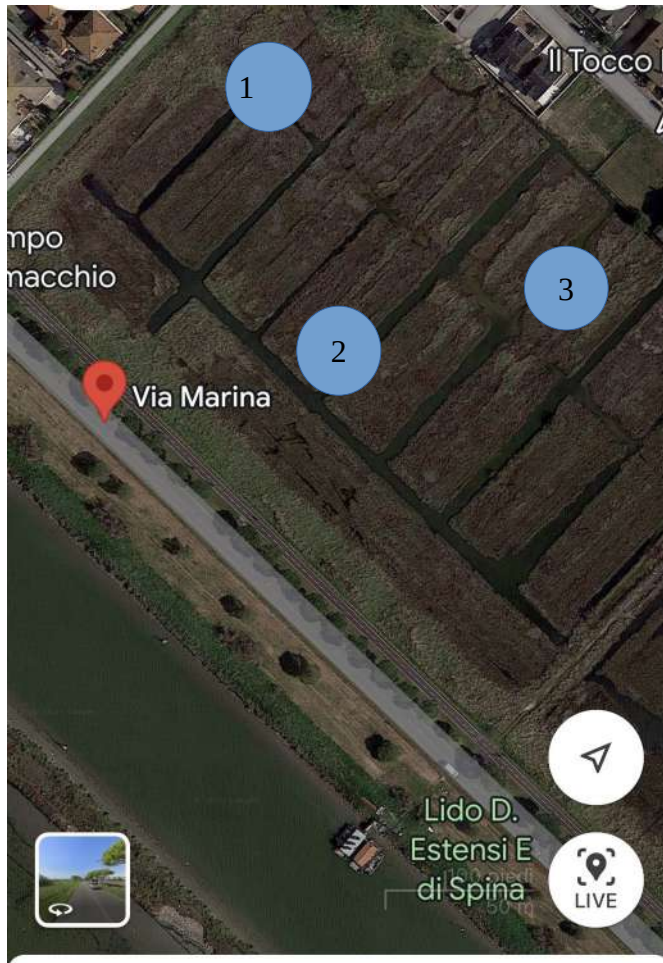
**Fig 92** : *Dipper* ( *campionatore entomologico* )



fonte : <https://marionhealth.org/earth-day/>

Per ogni sito faremo 6 prelievi giornalieri in punti ben precisi e valuteremo quantitativamente il numero di larve presenti senza fare una distinzione a livello di trofia e di specie. Le pupe per ora non vengono considerate, essendo l'azione del nono di valle prettamente legata al cibarsi di larve da L1 a L4. Indichiamo con L il numero di larve rilevate. P sta per pupe ma non vengono considerate ai fini sperimentali poiché non facenti prettamente parte della dieta del nono di valle. Neppure le esuvie presenti nel prelievo attraverso il dipper vengono considerate.

**Fig : Sito prescelto adiacente al centro abitato di Comacchio**



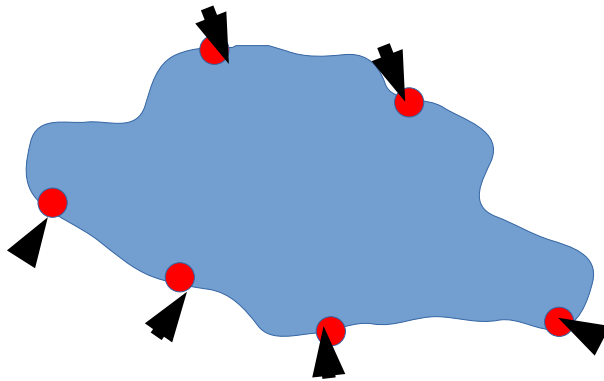
Via Marina  
44022 Comacchio FE

Foto :Google maps

I cerchi blu presenti sulla mappa rappresentano i siti nei quali abbiamo agito con il progetto fish spread utilizzato il metodo del runneling.

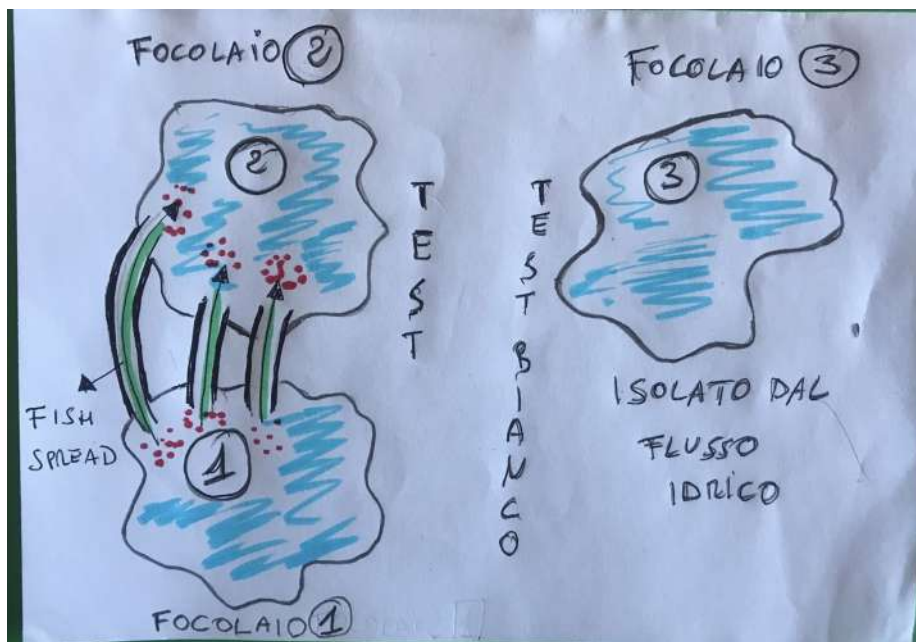
## Schema di prelievo

I punti evidenziati in rosso rappresentano i siti di prelievo nelle pozze 2 (testata con il pesce) e nella pozza 3 (test bianco)



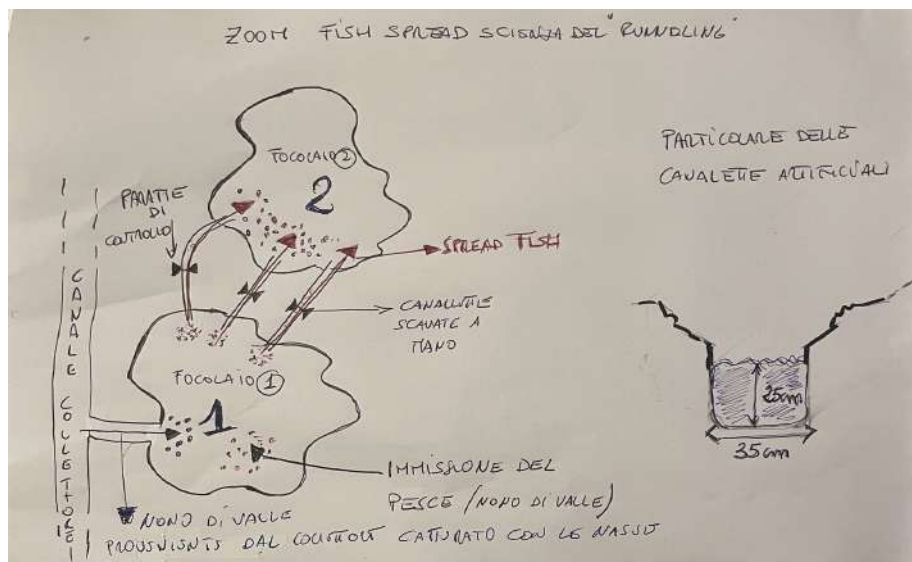
disegno : Alberto Alberani

**Fig 92** : Schema in pianta della progettazione della sperimentazione



fonte : Alberto Alberani

**Fig 93 : Particolare delle canalette utilizzate durante il tunneling nel progetto fish spread**



**Disegno : Alberto Alberani**

### 5.3.6 Raccolta dati sperimentali

#### **BACINO 2 Trattato con il metodo del Fish spread**

**Tabella 13 A : Focolaio nel bacino 2 trattato con pesci predatori del genere *Aphanius fasciatus***

		Giorno 1*	Giorno 2	Giorno 3	Giorno 4	Giorno 5	Giorno 6
1	Prelievo 1	12 L	10 L	15 L	22 L	21 L	9 L (2 P)
2	Prelievo 2	10 L	12 L	13 L	33 L	13 L	7 L (4 P)
3	Prelievo 3	15 L	10 L	11 L	27 L	19 L	4 L (3 P)
4	Prelievo 4	9 L	13 L	16 L	17 L	18 L	4 L (1 P)

5	Prelievo 5	3 L	6 L	10 L	15 L	21 L	0 L (2P)
6	Prelievo 6	22 L	7 L	12 L	11 L	15 L	2 L (7 P)

\*Giorno 1 significa primo giorno di prelievo dopo l'allegamento avvenuto 3 giorni prima con una pioggia caduta pari a 19 mm. La temperatura ambientale media è di 16 ° C.

***BACINO 3 Test bianco senza azione del pesce predatore***

***Tabella 13 B : Focolaio nel bacino 3 isolato senza trattamento del runneling e senza l'immissione di predatori***

		Giorno 1*	Giorno 2	Giorno 3	Giorno 4	Giorno 5	Giorno 6
1	Prelievo 1	24 L	22 L	35 L	52 L	40 L	18 L (9P)
2	Prelievo 2	30 L	23 L	33 L	43 L	31 L	12 L (9P)
3	Prelievo 3	45 L	30 L	21 L	28 L	29 L	21 L (7 P)
4	Prelievo 4	19 L	33 L	18 L	37 L	40 L	18 L (4P)
5	Prelievo 5	12 L	16 L	21 L	35 L	25 L	16 L (3P)
6	Prelievo 6	21 L	17 L	19 L	31 L	27 L	21 L (1P)

\*Giorno 1 significa primo giorno di prelievo dopo l'allegamento avvenuto 3 giorni prima con una pioggia caduta pari a 19 mm. La temperatura ambientale media è di 16 ° C.

### *5.3.7 Valutazione dei dati rilevati e conclusioni*

Visionando la tabella dei dati rilevati possiamo visionare come nella pozza trattata con il processo dello fish spread, utilizzando il metodo del runneling il quantitativo di larve presente è diminuito notevolmente. In alcuni casi abbiamo diminuzioni pari al 35 % e 50 %. Ciò dimostra che la predazione da parte del Nono di Valle è uno strumento assai efficace da mettere in campo insieme alla lotta biologica. L'uso del Bti e nel contempo di *Aphanius* possiamo definirla una bio-lotta integrata dove in pratica viene portato a 0 l'uso di prodotti chimici ormonali come Temefox dannosi per l'ambiente. L'evoluzione del progetto è quella di allevare il Nono di Valle in laboratorio per avere a disposizione una popolazione tale da poter agire in maniera repentina. L'immissione degli animali in ambiente naturale va eseguita in tempi celeri appena vi sono variazioni di livello delle acque, tali da innescare la schiusa delle uova di zanzara.



#### 5.4 Storia degli ambienti di transizione di acqua dolce

Fig 95 : Vallette di Ostellato sito vallivo di acqua dolce



Fonte : Comune di Ostellato (Fe)

Le Vallette di Ostellato sono un'oasi naturalistica lunga circa 10 km dove terra e acqua convivono in perfetta armonia facendone il luogo ideale per passeggiate, altresì è un importante rimasuglio di antiche strutture geomorfologiche rimaste attive dopo le grandi bonifiche del secolo scorso. Sono circa 300 ettari suddivisi in quattro bacini di acqua dolce separati da argini antropici e collegati per gravità al canale circondariale e al Porto canale di Porto Garibaldi (canale navigabile). Essendo il bacino intercalato tra i due canali idrici la gestione delle acque avviene per caduta, per gravità senza bisogno di pompe idrovore. Per quanto concerne l'ambiente vallivo abbiamo la presenza di pesci di acqua dolce nelle prime due valli. Il terzo bacino è a gestione protetta integrata non atto alla pesca sportiva e/o ripopolamento. L'estensione è stretta ed allungata e si spinge da Ostellato verso le valli di Comacchio. L'Oasi comprende quattro anse vallive definite : Valle San Carillo, Valle Fossa, Valle Fornace e San Zagno. Questa zona umida è un biotipo di zona umida di acqua dolce al limite delle valli salmastre con le quali non hanno più un collegamento fisico.

**Fig: 96 :** Rappresentazione geografica vallette di Ostellato



**Fonte:** <https://www.ferraraterraacqua.it/it/VallettediOstellato.jpg/>  
*image\_view\_fullscreen*

**Fig 97** : Sito di sperimentazione vallette di Ostellato



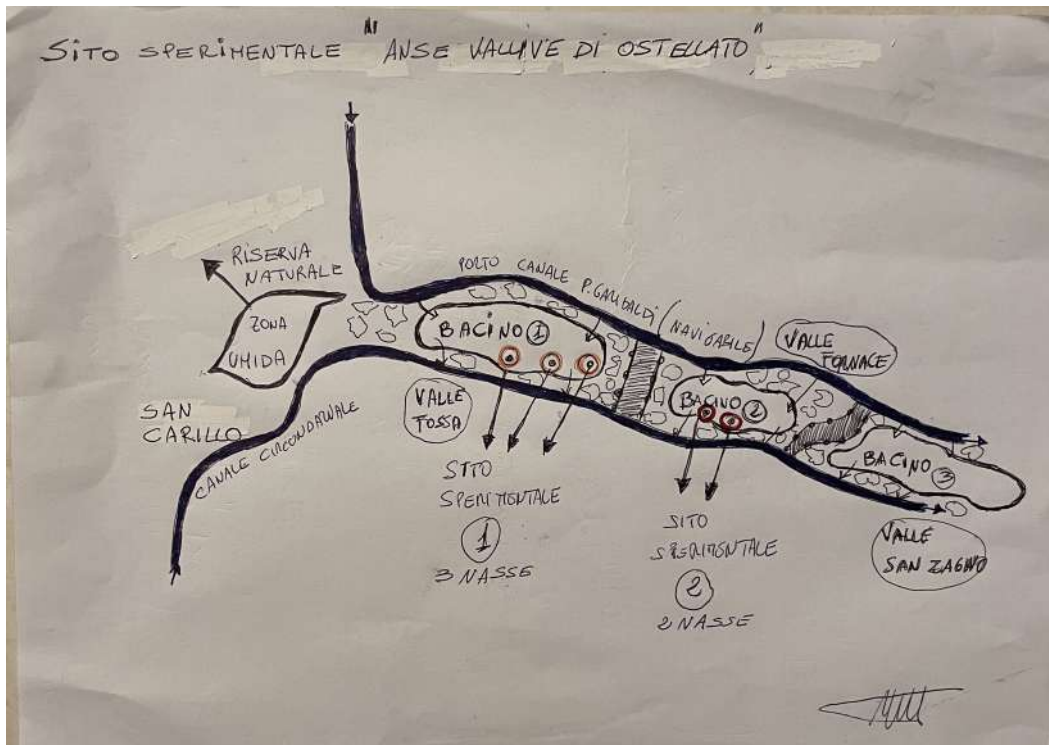
**Fonte** : [https://www.tripadvisor.it/Attraction\\_Review-g1054370-d6585148-ReviewsVallette\\_di\\_OstellatoOstellato\\_Province\\_of\\_Ferrara\\_Emia\\_Romagna.html](https://www.tripadvisor.it/Attraction_Review-g1054370-d6585148-ReviewsVallette_di_OstellatoOstellato_Province_of_Ferrara_Emia_Romagna.html)

--

#### *5.4.1 Particolare del sito di sperimentazione*

Il sito di sperimentazione è stato individuato nel bacino Valle Fossa e Valle Fornace dove l'ambiente è il più adatto per sperimentare le nasse sia a livello ecologico che pratico. Valle San Carillo è situata in un parco urbano inadatta quindi alla sperimentazione, mentre Valle San Zagno si trova in una zona faunistica protetta quindi dove non è possibile sperimentare.

**Fig. 98 : Schema idrico 1 : Autore Dott. Alberto Alberani**



**Fonte : Disegno a cura di Alberto Alberani**

### **La scheda sperimentale**

Nel sito di Ostellato abbiamo deciso di intraprendere una prova prettamente di performance quantitativa e non qualitativa per verificare la performance intrinseca di ogni nassa. Questo perché rispetto all'ambiente di transizione salmastro la biodiversità è minore.

Scheda sperimentale dal 3 aprile 2023 al 6 aprile 2023

- a) Bacino 1 e Bacino 2 rispettivamente Valle Fossa e Fornace
- b) Per ogni sito sperimentale abbiamo calato delle nasse con caratteristiche diverse  
4 nasse differenti per ogni sito (5 siti)

d) Profondità dell'acqua 90 cm

e) Salinità 3 ‰

**Fig 99** : Nasse utilizzate durante la sperimentazione

Nasse utilizzate nel sito di Ostellato







**Fonte** : Alberto Alberani



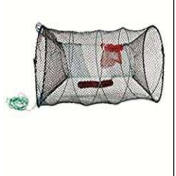

**Tabella 14** : Sperimentazione presso le Valli di Ostellato Aprile 2023

5.4.2 *Catture quantitative in grammi dei pesci catturati.*





**Dati del 3/04/2023**

	Nassa 1	Nassa 2	Nassa 3	Nassa 4	
Schema strutturale della Nasse					Peso totale accumulato
BACINO 1 Fossa	0*	17 grammi	0	27 grammi	44 grammi
BACINO 2 Fossa	0	0	0	45 grammi	45 grammi
BACINO 3 Fossa	0*	12 grammi	23 grammi	12 grammi	57 grammi
BACINO 4 Fornace	0*	13 grammi	18 grammi	21 grammi	52 grammi
BACINO 5 Fornace	0	40 grammi	45 grammi	30 grammi	115 grammi



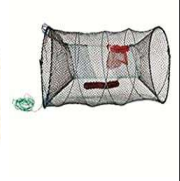

**Dati del /04/2023**

	Nassa 1	Nassa 2	Nassa 3	Nassa 4	
Schema strutturale della Nasse					Peso totale accumulato
BACINO 1 Fossa	0	17 grammi	11 grammi	17 grammi	45 grammi
BACINO 2 Fossa	0*	9 grammi	0	40 grammi	49 grammi
BACINO 3 Fossa	0	12 grammi	23 grammi	12 grammi	57 grammi
BACINO 4 Fornace	2 grammi *	13 grammi	18 grammi	21 grammi	54 grammi
BACINO 5 Fornace	5 grammi	22 grammi	45 grammi	16 grammi	88 grammi

**Dati del 5 /04/2023**

	Nassa 1	Nassa 2	Nassa 3	Nassa 4	
Schema strutturale della Nasse					Peso totale accumulato
BACINO 1 Fossa	2 grammi	11 grammi	15 grammi	12 grammi	40 grammi
BACINO 2 Fossa	14 grammi	0	9 grammi	45 grammi	68 grammi
BACINO 3 Fossa	13* grammi	8 grammi	11 grammi	12 grammi	44 grammi
BACINO 4 Fornace	0	0	18 grammi	11 grammi	29 grammi
BACINO 5 Fornace	47 grammi	40 grammi	45 grammi	46 grammi	178 grammi

**Dati del 6/04/2023**

	Nassa 1	Nassa 2	Nassa 3	Nassa 4	
Schema strutturale della Nasse					Peso totale accumulato
BACINO 1 Fossa	3 grammi *	17 grammi	33 grammi	22 grammi	77 grammi
BACINO 2 Fossa	0	8 grammi	29 grammi	45 grammi	82 grammi
BACINO 3 Fossa	2 grammi	21 grammi	23 grammi	56 grammi	102 grammi
BACINO 4 Fornace	10 grammi	13 grammi	18 grammi	43 grammi	94 grammi
BACINO 5 Fornace	19 grammi *	32 grammi	45 grammi	30 grammi	126 grammi

#### *5.4.3 Valutazione dei dati raccolti*

Visionando i dati tabulati abbiamo notato che le nasse utilizzate hanno delle performance differenti. Le catture sono da ricercarsi in avanotti di pesce gatto, luccio, luccio perca, tinca, ciprinidi. Questa sperimentazione abbiamo deciso di testarla solo a livello quantitativo e non qualitativo. Il pescato verrà messo in freezer per poi essere classificato a livello tassonomico. Questo dato ci fornirà la biodiversità del sito, per ora non è lo scopo della nostra sperimentazione. Dove sono presenti degli asterischi significa che nella nassa sono stati pescati specie non consone come piccoli crostacei o il gambero di fiume. Questi dati ci dimostrano che la nassa 1 è la meno performante mentre la 4 è la migliore, inoltre il sito migliore di pesca è il Bacino 5 zona fornace. Le catture migliori dei giorni 5 e 6 aprile possono configurarsi anche in condizioni meteo migliori per la pesca. I dati raccolti ci serviranno per creare adattamenti e modifiche alle nasse per renderle ancora più performanti e soprattutto selettive.

## **6. La sostenibilità in laboratorio utilizzando la tecnologia**

### **6.1 Utilizzo specifico di acquari simulatori di ecosistema e altresì come nursery come ambiente di crescita per il pescato con le nasse**

Presso il nostro Istituto sono presenti due tipologie di acquari per simulare gli ecosistemi salmastri e marini situati nel nostro territorio. Tramite la misurazione dei parametri chimico-fisici possiamo prevedere cosa potrà accadere in ambiente naturale. Ovviamente essendo una simulazione ci fornisce informazioni non dettagliate ma utili ai fini dell'ecologia applicata al territorio.

**Fig .100 :** Acquari simulatori di ecosistema salmastro e marino



**Fonte : propria (Alberto Alberani)**

### *6.1.1 Un acquario che funge da nursery*

Avendo degli ambienti a disposizione presso il nostro Istituto abbiamo pensato, oltre che a proporre ecosistemi in miniatura di creare una Nursery sia di acqua dolce che di acqua salmastra. Qui potremmo allevare sia Noni di valle (ecosistema salmastro) e Gambusie (ecosistema di acqua dolce) per utilizzare tali pesciolini per la lotta biodinamica alle larve di zanzara. Per quanto concerne la Gambusia essendo un pesciolino alloctono andranno richiesti i permessi alla Provincia di Ferrara.

**Fig 101 :** Nursery di acqua dolce e salmastra



**Fonte :** propria (Alberto Alberani)

## 6.2 Utilizzo delle telecamere sommerse

**Fig 102 :Telecamera sommersa batimetria 30 m**



**fonte :** <https://www.esseshop.it/videocamera-sportiva-camview>

Utilizzare una telecamera mimetizzata e subacquea ci permetterà di visionare in tempo reale come avviene la cattura all'interno della nassa e in generale degli attrezzi per la pesca. La visione diretta in tempo reale ci permette di studiare le abitudini dei predatori e di come agire per migliorare la selettività degli attrezzi di pesca per aumentare di conseguenza la qualità del pescato. Vogliamo a tutti i costi evitare di prelevare pescato vietato per legge poiché vulnerabile e pescato sotto per non minare la resilienza ecologica dei siti di pesca.

## 7. La pesca sostenibile e i marchi di qualità

L'importanza dei marchi di qualità è fondamentale per raggiungere una concreta sostenibilità e sostentamento ambientale tutelando gli oceani, mari e ambienti di transizione. Un secondo contributo allo sviluppo sostenibile del settore ittico globale è offerto dalle certificazioni di pesca sostenibile, che rispondono alle esigenze di quei consumatori attenti non solo alla qualità e salubrità degli alimenti acquistati, ma anche all'eventuale impatto ambientale e sociale delle loro scelte d'acquisto o di consumo, e disposti a pagare un prezzo maggiore per prodotti ittici provenienti da attività condotte in modo sostenibile, premiando così gli sforzi economici compiuti da quelle aziende più sensibili

**Fig 103** : *I più famosi marchi di qualità del pescato*



Fonte : <https://consumatori.e-coop.it/coop-la-pesca-sostenibile-un-unico-logo-tanti-impegni/>

**Fig 104 :** *Il marchio innovativo Italiano della pesca sostenibile*



Fonte : <https://ilfattoalimentare.it/pesce-sostenibile-marchio-msc.html>

**Fig 105 :** *I marchi e certificazioni di qualità delle pesca più famosi*



I marchi di qualità forniscono lustro strategico ed economico la pesca per questo motivo senza marchio di qualità non abbiamo certezza del valore economico intrinseco.

1. La certificazione **MSC (Marine Stewardship Council)** riguarda solo i prodotti selvatici e indica una pesca sostenibile, cioè che vuole preservare le risorse (pesci e il loro ambiente) nei mari e negli oceani. In particolare, gli stock ittici non devono essere soggetti a pesca eccessiva e la pesca stessa deve ridurre al minimo i suoi effetti (nessuna sollecitazione dei fondali ed evitare le catture accessorie).
2. La **certificazione ASC (Aquaculture Stewardship Council)** indica un'acquacoltura sostenibile, infatti i pesci e i frutti di mare devono provenire da impianti di acquacoltura certificati. In particolare gli allevamenti non devono danneggiare la biodiversità regionale, devono offrire ai pesci buone condizioni di vita, devono essere dotati di un piano di gestione sanitaria e l'alimentazione a base di farina e olio di pesce deve provenire da fonti sostenibili.
3. La **certificazione GLOBALG.A.P. (Good Aquaculture Practice at Every Stage of Production)** riguarda la qualità, la sicurezza e la sostenibilità di tutto il settore primario e in particolare si focalizza, per le produzioni animali, su cinque punti: benessere animale, attenzione verso l'ambiente, sicurezza alimentare, tracciabilità, sicurezza e benessere dei lavoratori.
4. La norma per la certificazione Friend of The Sea è unostandard sviluppato, per la sostenibilità della filiera ittica, nato nel 2006 su iniziativa del direttore Europeo della Earth Island Institute. Lo standard di certificazione Friend of The Sea rappresenta uno dei principali sistemi internazionali per la certificazione di prodotti ittici. È l'unico al mondo in grado di certificare i prodotti sia da pesca che da acquacoltura. Alla base della certificazioni vi è la

Politica Comune della Pesca dell'Unione Europea. La certificazione Friend of The Sea si fonda sui seguenti principi: rispetto ambientale, conservazione e sfruttamento sostenibile delle risorse marine, metodi di pesca selettivi e risparmio energetico. La certificazione si pone l'obiettivo di contribuire alla salute degli oceani attraverso la promozione di pratiche di pesca sostenibili. Verifica che le società aderenti al programma praticino tecniche di pesca selettiva e riducano l'impatto del loro operato sull'ecosistema.

### *7.1 L'importanza strategica del marchio MSC (Obiettivi UE inerenti la sostenibilità ambientale)*

Il marchio blu sulle confezioni serve ad indicare ai consumatori che quello specifico prodotto ittico proviene da azioni di pesca ecosostenibili che rispettano la salute delle popolazioni ittiche salvaguardando gli ecosistemi. Il marchio (Marine Stewardship Council) offre alle aziende del settore ittico uno strumento per confermare l'utilizzo da parte loro di pratiche sostenibili, attraverso le valutazioni di una terza parte indipendente. La certificazione consente quindi alle imprese ittiche di essere accreditate sul mercato e di poter garantire ai consumatori e ai retailer che i loro prodotti provengono da attività gestite con criteri di sostenibilità. La MSC ha definito due standard il primo legato all'attività di PESCA ed il secondo legato all'attività Chain of Custody che riguarda le attività di lavorazione e commercializzazione (CoC). Questo standard MSC per la PESCA sostenibile supporta esclusivamente i prodotti ittici pescati e non quelli allevati e può essere utilizzato per certificare la pesca di specie marine e di acqua dolce.

Lo Standard MSC per la Pesca è stato progettato per valutare se un tipo di pesca è ben gestito e sostenibile. È stato sviluppato in collaborazione con gli scienziati, l'industria della pesca e dei gruppi di conservazione. Esso riflette la più aggiornata comprensione della scienza della pesca accettate a livello internazionale e la gestione delle migliori pratiche. Cos'è lo standard MSC Fisheries (per la pesca sostenibile)

Lo standard MSC è applicabile a tutte le attività di pesca di cattura selvatica. Lo standard si basa su tre principi fondamentali:

1. **Principio 1** :salvaguardia degli stock ittici. L'attività di pesca deve svolgersi nel rispetto della sostenibilità degli stock ittici esistenti. Qualsiasi azienda di pesca certificata deve agire garantendo la salvaguardia dello specifico stock ittico, evitando lo sfruttamento eccessivo delle risorse.
2. **Principio2**: impatto ambientale minimo. Le operazioni di pesca devono avvenire nel rispetto della disponibilità, della capacità riproduttiva e della biodiversità
3. **Principio 3**: sistema di gestione efficace. Le aziende del settore ittico devono rispettare tutte le leggi e le normative locali, nazionali e internazionali, predisponendo un sistema di gestione che consente di adeguarsi alle mutevoli circostanze e garantire la sostenibilità.

Per garantire che solo i frutti di mare provenienti dalla pesca sostenibile certificata MSC portino il marchio ecologico MSC, tutte le aziende della catena di approvvigionamento devono essere certificate secondo lo standard MSC Chain of Custody.

### **I vantaggi della certificazione MSC**

Sono molteplici le ragioni che spingono le imprese di pesca a certificarsi. I principali vantaggi sono:

- rispondere alla richiesta, posta dal mercato, di una verifica di terza parte indipendente in tema di sostenibilità ed adeguarsi alle richieste dei consumatori sempre più attenti e coscienti nei confronti dei temi ambientali;
- differenziare i propri prodotti in un mercato sempre più competitivo;
- sostenere il posizionamento sul mercato dei prodotti di qualità e rientrare tra i fornitori di prodotti sostenibili;
- dimostrare alla comunità e agli stakeholder una buona gestione delle risorse. <sup>[12]</sup>

## 7.2 La nostra scuola ha i numeri per proporre un suo marchio di qualità

Il marchio di qualità è molto importante al giorno d'oggi poiché ci fornisce delle garanzie specifiche e di sostenibilità per quel tipo di prodotto pescato. Esistono molti marchi di qualità in commercio. Il nostro lavoro prevede stilare un marchio di qualità attraverso la Simulimpresa portata avanti come progettualità da discenti dell'ITE. ITE è l'indirizzo tecnico economico. Simuleremo in classe una azienda ittica dell'Alto Adriatico . I ragazzi avranno un tema ciascuno da sviluppare utilizzando le competenze pregresse. Considereremo una classe 4 ITE dove i ragazzi svolgeranno un lavoro di gruppo creando un marchio di qualità del pescato per poi proporlo ad un concorso presso la camera di commercio.

**Fig 106** : Il logo personalizzato degli studenti dell'ITE



**Disegno** : Alberto Alberani e studentesse ITE

Il marchio di qualità verrà utilizzato dagli allievi per presentare una impresa simulata che agisce nel mondo della piccola pesca. Proporranno inoltre le modalità economiche per intraprendere una promozione del marchio attraverso i social : facebook, insatagram e tik tok ed è stata creata un applicazione da proporre ai pescatori per vendere on line il loro prodotti di qualità. Questo è un concetto di piena

sostenibilità ambientale in quanto viene accorciata la filiera della distribuzione diminuendo i costi inerenti il trasporto del pesca.

## **8. Conclusioni**

La sostenibilità come concetto ha fondatele sue radici nel campo dell'ecologia e della biologia ambientale. Il termine è stato coniato durante la *Rivoluzione industriale*, quando le fabbriche hanno cominciato ad avere un impatto negativo sugli ecosistemi circostanti e sui settori strategici quali la pesca, agricoltura e allevamento, settori resilienti dal punto di vista ecologico ma vulnerabili dal punto di vista economico. Con questo lavoro scientifico puntiamo a promuovere tecniche di pesca antiche ma rese innovative da un lavoro scientifico meticoloso che punta su quattro fondamentali lavori :

- a. Riprendere le antiche tecniche di pesca studiandole dal punto di vista storico*
- b. Rendere performanti queste tecniche attraverso uno studio altamente scientifico che porti ad una pesca sostenibile*
- c. Creare un pesca sostenibile ma altresì qualitativa e non prettamente quantitativa*
- d. Creare un guadagno intrinseco ai pescatori puntando sui concetti precedenti amplificandoli*

Per un futuro migliore?? ..... Da un punto di vista gestionale, ed ecologico l'uso della l'utilizzo delle nasse potrebbe anche rappresentare un sistema per contenere la diffusione di una specie invasiva, (alloctona) rispondendo alle strategie di gestione, sia nazionali che comunitarie, che richiedono azioni volte a prevenire la diffusione di specie aliene, come ad esempio l'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile. Tra i 169 'target' o traguardi di tale programma d'azione, l'articolo 15 mira alla protezione e ripristino degli ecosistemi e richiede espressamente che vengano adottate "misure per

prevenire l'introduzione e ridurre significativamente l'impatto delle specie alloctone (aliene) invasive sulla terra e sugli ecosistemi d'acqua". Il concetto di sostenibilità, tuttavia, può essere applicato a una gamma più ampia di temi, compresi gli affari sociali ed economici. *“Un popolo che attua pesca sostenibile è un popolo evoluto che sa come dettare le fondamenta per un futuro migliore”*. (cit. Alberani Alberto) . Possiamo affermare che solo la sinergia tra Scuole, Università, Industria del settore ittico, Regioni e Associazioni di categoria e lo sviluppo di una cultura sostenibile può salvaguardare gli stock ittici portandoci alla vera e propria ; **Pesca sostenibile!!!**

## **Bibliografia**

- Castellini A., Devenuto L., Ragazzoni A. (2007), “Pesca responsabile e sostenibile in Adriatico”, Franco Angeli, Milano, pagg. 7-41.
- Coad BW, McAllister DE (2008), Dictionary of Ichthyology, Archiviato il 20 luglio 2011 in internet Archive
- Ehrenfeld J.R. (2008), Sustainability Needs to Be Attained, not Managed, Sustainability: Science, Practice, & Policy, 4, n. 2, pp. 1-3.
- Elkinon, John (1994) Cannibals with Forks. The Triple Bottom Line of Twenty-First Century Business. Oxford: Capstone Publishing
- (United Nations General Assembly, (1987), p. 43) Report of the World Commission on Environment and Development

## **Sitografia**

[1] [http://tesi.luiss.it/28869/1/223391\\_OLIVA\\_FRANCESCO.pdf](http://tesi.luiss.it/28869/1/223391_OLIVA_FRANCESCO.pdf)

[2] <https://tse3.mm.bing.net/th?id=OIP.5uRvZ1jNCRnK30aZxScEKgHaHa&pid=Api&P=0/>

[3] <https://www.verbumpress.it/2021/07/20/sviluppo-sostenibile-ed-economia-circolare-significato-ed-esempi/>

[4] <https://www.verbumpress.it/2021/07/20/sviluppo-sostenibile-ed-economia-circolare-significato-ed-esempi/>

[5] <https://www.sogesid.it/>

[6] <https://www.italy-croatia.eu/cooperation-area>

[7] <https://www.sealogy.it/>

[8] <https://worldrise.org/>

[9] <https://www.campagnamica.it/pesce-tesoro-dei-nostri-mari/g-come-ghiozzo-go-pesce-lagunare-ricercato/>

[10]<https://fondieuropei.regione.emilia-romagna.it/cooperazione-territoriale-europea/adrio>

[11]<https://www.flag-costaemiliaromagna.it/progetti/impariamo-con-i-pescatori/>

[12] <https://www.msc.org/it/cosa-facciamo/il-nostro-approccio/cosa-significa-il-marchio-blu-MSC>



World Health Academy  
Publishing House

**World Health Academy Publishing House srls**

Via Aldo Rossi 31  
Montecatini-Terme (PT) Italy  
02015150473

**Unitelematica Leonardo da Vinci Journal**

**Editorial secretariat**

[publishinghouse@worldhealthacademy.eu](mailto:publishinghouse@worldhealthacademy.eu)