



**Politecnico
di Torino**

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale

in Ingegneria Energetica e Nucleare

Tesi di Laurea Magistrale

Metodologia tecnico-ingegneristica per la valutazione della riconversione green di piattaforme oil&gas offshore. Sviluppo del processo di analisi per la definizione di una linea guida.

Relatori

Prof. Andrea Carpignano

Prof.ssa Raffaella Gerboni

Dott.ssa Anna Chiara Uggenti

Ing. Luca Portè

Candidato

Annachiara Martini

A mio nipote Filippo.

ABSTRACT

Il presente elaborato riporta la procedura di analisi finalizzata a definire le linee guida per la riconversione delle piattaforme oil&gas (O&G) che operano su giacimenti esauriti. I principi cardine di questo studio si basano su tre progetti che prevedono la conversione delle piattaforme per utilizzi consoni alla transizione energetica in atto:

- Opzione 1: Basic design per installare a bordo della piattaforma “tipo” GREEN1 un impianto fotovoltaico utilizzando l'energia prodotta per alimentare un sistema di dissalazione dell'acqua marina;
- Opzione 2: Basic design per installare a bordo della piattaforma “tipo” GREEN1 un impianto per l'utilizzo del giacimento come stoccaggio temporaneo di una miscela di CH₄+H₂;
- Opzione 3: Basic design per installare a bordo della piattaforma “tipo” GREEN1 un impianto per l'utilizzo del giacimento come stoccaggio di CO₂.

È stata delineata una metodologia, che tratta in particolare gli aspetti di fattibilità tecnico-ingegneristica, volta a fornire un iter completo per valutare l'adattabilità di una specifica piattaforma esistente, di cui si desidera valutare le potenzialità di riconversione, rispetto a ciascuna opzione citata.

La procedura di sviluppo delle linee guida si articola in sei fasi. In primo luogo, è fondamentale definire i criteri – generali e di dettaglio – attribuendo loro la relativa scala di importanza. Quest'ultima stabilisce se e quanto essi siano vincolanti per la realizzazione di una o più opzioni. Si procede con l'associazione degli indici e dei pesi a ciascun criterio, sulla base della caratteristica descritta da esso. Infine, utilizzando una specifica metodologia di analisi, è stato possibile relazionare gli indici e i pesi di ciascun criterio. Questo ha permesso di poter ricavare la percentuale di adattabilità di ciascuna opzione, per la piattaforma in esame. Le fasi appena elencate sono state implementate in un *tool*, realizzato appositamente per questo studio. La metodologia di sviluppo che ha portato alla realizzazione delle linee guida è al momento definita per le tre opzioni di

riconversione sopra richiamate, ma l'approccio è di carattere generale e potrà, in futuro, essere esteso a scelte impiantistiche ad oggi non ancora sviluppate.

ABSTRACT

This document reports the analysis procedure aimed to define guidelines for the reconversion of oil and gas (O&G) platforms that reached end-of-life due to the depletion of hydrocarbon resources. The main points of this development take the inspiration on three reconversion options, namely:

- Option 1: the basic design to install a photovoltaic system on board the GREEN1 'type' platform using the energy produced to power a seawater desalination system.
- Option 2: the basic design to install on board the GREEN1 'type' platform an installation for the use of the deposit as temporary storage of a CH₄+H₂ mixture.
- Option 3: the basic design to install on board the GREEN1 'type' platform an installation for the use of deposit as CO₂ storage.

A technical-engineering methodology has been outlined to provide a complete process to assess the adaptability of a specific existing platform, in relation to each conversion option mentioned. The procedure for developing the guidelines is divided into six phases. Firstly, it is crucial to define the criteria - both general and detailed - assigning them their relative importance scale. The latter shall determine how binding or not they are for the realization of one or more options. The next step involves associating indices and weights with each criteria based on the characteristic described by it. Finally, using a specific analysis methodology, it was possible to correlate the indices and weights of each criteria. This has allowed to derive the percentage of adaptability of each option, for the platform under consideration. The above steps have been implemented in a *tool*, specifically designed for this study. The analysis procedure is currently defined exclusively for these 3 options, but in the future, it will be possible to extend it to installation choices that have not yet been developed.

INDICE

1 INTRODUZIONE	1
1.1 SCOPO DELLA TESI	3
1.2 STRUTTURA DELLA TESI.....	3
1.3 PIATTAFORME OFF-SHORE	5
1.3.1 TIPOLOGIE DI PIATTAFORME OFFSHORE	6
1.3.2 PIATTAFORME OFF-SHORE IN ITALIA	11
2 CONTESTO	13
2.1 FILOSOFIA E METODOLOGIA DI ANALISI DELLE TRE OPZIONI DI RICONVERSIONE	14
2.2 OPZIONI DI RICONVERSIONE GIÀ STUDIATE PRECEDENTEMENTE.....	16
2.2.1 Opzione 1.....	17
2.2.2 Opzione 2.....	18
2.2.3 Opzione 3.....	19
2.3 DAI PROGETTI BASIC ALLA DEFINIZIONE DELLE LINEE GUIDA	20
3 LINEE GUIDA: DEFINIZIONE DELLA METODOLOGIA.....	22
3.1 CONTESTO NORMATIVO E PIATTAFORME ADATTE ALLA RICONVERSIONE.....	22
3.2 LIMITI DI BATTERIA DELL'IMPIANTO.....	23
3.3 VALUTAZIONE DEL RISULTATO OTTENUTO DALL'ANALISI	25

3.3 PROCEDURA D'ANALISI DELLE LINE GUIDA	26
3.3.1 Definizione dei criteri	29
3.3.2 Stabilire l'importanza del criterio	33
3.3.3 Attribuzione degli indici	35
3.3.4 Attribuzione a ciascun criterio di un peso	37
3.3.5 Attribuzione indici pesi	38
4 ELABORAZIONE DEI CRITERI E DEFINIZIONE DELLA PROCEDURA DI ANALISI PER L'ATTRIBUZIONE DEGLI INDICI.....	40
4.1 ASPETTI AMBIENTALI.....	40
4.1.1 Emissioni di liquidi in mare	42
4.2 SICUREZZA	47
4.3 COMPATIBILITÀ AMBIENTALE E TERRITORIALE.....	50
4.3.1 Distanza tra la velocità del vento attesa e la velocità massima del vento compatibile con le installazioni a bordo della piattaforma	52
4.3.2 Differenza tra il carico dovuto alle precipitazioni nevose medie annue e il carico massimo compatibile con le apparecchiature a bordo della piattaforma .	55
4.3.3 Valore di GOIP del giacimento	58
4.3.4 Valore efficienza giacimento.....	59
4.3.5 Profondità pozzo	60
4.4 UTILITÀ OPZIONE	62

4.4.1	Quantità di CO ₂ emessa annualmente rispetto alle condizioni di pre-riconversione	63
4.4.2	Quantità di CO ₂ catturata annualmente;	64
4.5	RICONVERSIONE E DECOMMISSIONING.....	66
4.5.1	Produzione di rifiuti	67
4.6	TECNOLOGIE E DESIGN.....	71
4.6.1	Presenza del cavo elettrico funzionante.....	73
4.6.2	Distanza fra la pressione di design e la pressione di esercizio della sealine nelle condizioni di post-riconversione;	73
4.6.3	Rapporto fra gli indici di ingombro post-riconversione e gli indici di ingombro pre-riconversione.....	75
4.6.7	Presenza di cluster	80
5	ATTRIBUZIONE A CIASCUN CRITERIO DI UN PESO.....	81
5.1	COMPATIBILITÀ AMBIENTALE E TECNOLOGIE E DESIGN	82
5.1.2	Attribuzione pesi compatibilità ambientale e territoriale	83
5.1.2	Attribuzione pesi Tecnologie e design	90
5.2	ASPETTI AMBIENTALI E RICONVERSIONE E DECOMMISSIONING.....	98
5.1.2	Attribuire a ciascun aspetto un voto che va da -1 a -3	100
5.1.3	Associare alla singola categoria un livello d'importanza	101
5.1.4	Definire il peso relativo al criterio eseguendo la media ponderata dei voti associati a ciascun aspetto.	102

5.2	UTILITÀ OPZIONE	105
5.3	SICUREZZA	106
6	ATTRIBUZIONE INDICI PESI.....	108
6.1	VALUTAZIONE QUALITATIVA DEGLI INDICI A/B/C/D→ VALUTAZIONE QUANTITATIVA DEGLI INDICI 1/2/3/4	110
6.2	ATTRIBUZIONE DEI PESI CONSIDERANDO UN RANGE COMPRESO FRA -3+3 → NORMALIZZAZIONE DEI PESI: A +1 PER I PESI POSITIVI E A -1 PER I PESI NEGATIVI. 113	113
7	ELABORAZIONE DEI RISULTATI FINALI	122
8	CONCLUSIONI E PROSPETTIVE	133
	Riferimenti.....	218

Allegato 1 - ELENCO COMPLETO DEI CRITERI

Allegato 2– ELABORAZIONE DEI 66 CRITERI E DEFINIZIONE DELLA PROCEDURA D'ANALISI PER L'ATTRIBUZIONE DEGLI INDICI

Allegato 3 –ATTRIBUZIONE PESI MACRO-CATEGORIA ASPETTI AMBIENTALI

Allegato 4–ATTRIBUZIONE PESI MACRO-CATEGORIA RICONVERSIONE E DECOMMISSIONING

Allegato 5 -ATTRIBUZIONE PESI MACRO-CATEGORIA SICUREZZA

Allegato 6 ATTRIBUZIONE INDICI PESI OPZIONE 3

Allegato 7 –ATTRIBUZIONE INDICI PESI OPZIONE 2 (SOLO CRITERI NEGATIVI)

Allegato 8 –ATTRIBUZIONE INDICI PESI OPZIONE 3

1 INTRODUZIONE

Più di un secolo di combustione di idrocarburi e uno sfruttamento delle risorse hanno portato a conseguenze rilevanti sull'ecosistema terrestre. L'aumento delle temperature medie di 1.1° C sopra i livelli preindustriali minaccia sempre di più il benessere delle generazioni presenti e future [1]. Per evitare il costante aumento della temperatura media e gli effetti catastrofici di cui il riscaldamento globale ne è la causa è necessario adottare soluzioni atte a diminuire le emissioni di gas a effetto serra. Nel dicembre 2019 il parlamento europeo ha presentato il più ampio e pretenzioso programma per contrastare l'emergenza climatica, *'Green Deal'*. Il Green Deal comprende una serie di azioni concrete volte al raggiungimento della neutralità climatica, in particolare la riduzione del 55% dei gas effetto serra entro il 2030 ed entro il 2050, il raggiungimento dell'obiettivo di emissioni nette nulle [2]. Pertanto, è aumentata la necessità di adottare delle soluzioni tecnologiche che puntano verso una maggiore sostenibilità ambientale e sociale. È necessario, per evitare il disastro climatico, che tali soluzioni, utilizzate per lo svolgimento delle attività umane, evitino il più possibile l'impiego di idrocarburi. Questo cambiamento di direzione verso fonti energetiche alternative ai combustibili fossili, con l'obiettivo di ridurre al minimo l'emissione di gas serra, è conosciuto come "transizione energetica". Le protagoniste di questa transizione sono le cosiddette "fonti rinnovabili". Le fonti energetiche rinnovabili sono risorse di energia che si rigenerano naturalmente nel corso del tempo e non sono soggette ad esaurimento. Esse rivestono un ruolo fondamentale nella transizione verso un sistema energetico che riduca l'uso dei combustibili fossili, contribuendo così alla lotta contro il riscaldamento globale [3].

Questa tesi fa parte di un progetto di ricerca finanziato dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE) si concentra sull'analisi e lo sviluppo di metodologie innovative per favorire il progresso sostenibile, con particolare attenzione alla sicurezza e all'impatto ambientale delle operazioni condotte sulle piattaforme offshore in fase di dismissione. Il progetto di ricerca consiste nello studio della riconversione di piattaforme petrolifere offshore, giunte a fine vita a causa dell'esaurimento delle risorse di

idrocarburi, individuandone un utilizzo diverso a supporto della transizione energetica in atto. Il tema della riconversione delle piattaforme offshore è strettamente connesso con gli obiettivi del Green Deal e con la transizione energetica in corso. Come già definito in precedenza il Green Deal europeo si propone di rendere l'Europa climaticamente neutra entro il 2050, attraverso la promozione e lo sviluppo di strategie volte alla riduzione delle emissioni di gas serra. La riconversione delle piattaforme offshore per l'utilizzo di energie rinnovabili o per altri scopi sostenibili si inserisce perfettamente in questo contesto, contribuendo a diversificare le fonti energetiche, a ridurre l'impatto ambientale e a favorire una maggiore indipendenza dalle fonti fossili.

Durante le fasi precedenti del progetto di ricerca, sono stati identificati i basic design relativi a tre possibili opzioni di riconversione delle piattaforme offshore. L'Opzione 1 ha come obiettivo principale la produzione di acqua dolce utilizzando energia green, in particolare sfruttando il weather deck della piattaforma per l'installazione di un impianto fotovoltaico in grado di alimentare l'intero impianto di dissalazione. L'Opzione 2 prevede di installare a bordo della piattaforma un impianto di iniezione/estrazione di una miscela di gas naturale-idrogeno e di utilizzare il giacimento esaurito come sito di stoccaggio temporaneo. L'utilizzo di una miscela di $\text{CH}_4 + \text{H}_2$ contribuisce al raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione riducendo le emissioni di anidride carbonica grazie alla presenza di idrogeno. Inoltre, H_2 , essendo un efficiente vettore energetico, ha un ruolo fondamentale per lo sviluppo delle fonti rinnovabili aiutando queste risorse non programmabili a combattere il problema della intermittenza tipica dell'energia verde. Infine, il progetto basic per l'Opzione 3 prevede di installare a bordo della piattaforma un impianto di iniezione di anidride carbonica, proveniente da impianti di cattura onshore, e di sfruttare i giacimenti esauriti come sito di stoccaggio della CO_2 . Immagazzinare CO_2 garantisce la riduzione di tale sostanza in atmosfera limitando l'effetto serra e il conseguente riscaldamento climatico.

A fronte dei lavori svolti si intende valorizzare quanto appreso per guidare le compagnie a individuare l'opzione di riconversione migliore per un nuovo utilizzo delle piattaforme O&G giunte a fine vita.

1.1 SCOPO DELLA TESI

Poiché le risorse di idrocarburi sono destinate a esaurirsi nel prossimo futuro, ci saranno numerose piattaforme da dismettere o convertire. Partendo dai progetti delle tre opzioni di riconversione, l'obiettivo della ricerca prevede la definizione di una linea guida per la riconversione delle piattaforme oil&gas offshore giunte a fine vita, a causa dell'esaurimento dei giacimenti. Utilizzando una procedura di analisi sistematica sarà possibile selezionare l'opzione di riconversione più adatta, per la piattaforma in esame. Grazie allo sviluppo di questa procedura, fortemente adatta all'implementazione di strumenti computerizzati, sarà definito un *tool* di supporto al fine di permettere l'individuazione della tipologia di riconversione ottimale, restituendo all'utente, come output finale, il livello di adattabilità relativo a ogni scenario di riconversione.

La definizione della metodologia e lo sviluppo del *tool* sono il risultato di una collaborazione con Daniele Congedi avvenuta durante l'attività di tirocinio nell'azienda RAMS&E SRL. In particolare, questo elaborato fornisce una descrizione dettagliata di tutte le fasi coinvolte nella definizione delle linee guida, in modo da ottenere un iter completo per valutare le potenzialità di riconversione di una specifica piattaforma offshore in esame. Nell'elaborato di Daniele Congedi [4], vengono descritti nel dettaglio tutti gli step fondamentali che hanno portato alla creazione del *tool*, quindi alla definizione di un algoritmo che permettesse l'implementazione delle linee guida, in modo da poter ottenere dal *tool*, come output finale, la percentuale di adattabilità relativa a ogni opzione di riconversione per la piattaforma oggetto di studio.

1.2 STRUTTURA DELLA TESI

Nel seguente paragrafo si riporta una breve descrizione dei capitoli presenti in questo lavoro di tesi. In particolare, vengono riassunte tutte le fasi che hanno condotto alla definizione delle linee guida, mettendo in evidenza le metodologie di analisi utilizzate.

La tesi è strutturata come segue:

- Capitolo 2 **“Contesto della tesi”**: in questo capitolo si descrive il contesto da cui parte il progetto oggetto di studio descrivendone la filosofia, i criteri base.
- Capitolo 3 **“Linee: Definizione della metodologia”**: si focalizza sulla definizione della metodologia di lavoro presentando una panoramica di carattere generale utile a descrivere tutte le fasi cardine che portano al risultato finale ovvero quale delle tre opzioni di riconversione è la più adatta per la specifica piattaforma presa in esame.
- Capitolo 4 **“Elaborazione dei criteri e definizione della procedura di analisi per l’attribuzione degli indici”**: vengono descritti alcuni dei 66 criteri che compongono la metodologia, definendo per ciascuno di essi le unità di misura e i range di grandezza che lo caratterizzano.
- Capitolo 5 **“Definizione della procedura di analisi per l’attribuzione dei pesi”**: tratta la procedura di analisi utilizzata per attribuire a ogni criterio un peso relativo all’utilità che una determinata caratteristica ha per la realizzazione di una delle tre opzioni. Questo è uno dei punti più complessi in quanto è necessario identificare una procedura di analisi coerente per tutte e tre le opzioni e che sia allo stesso tempo specifica per ogni criterio di dettaglio.
- Capitolo 6 **“Definizione della procedura di analisi per associare gli indici ai pesi”**: identificato come attribuire gli indici e i pesi ai criteri, è di fondamentale importanza definire l’algoritmo in grado di associare gli indici ai pesi in modo da ottenere come risultato finale la percentuale di adattabilità; senza questo passaggio logico i due step rimarrebbero divisi senza avere la possibilità di raggiungere l’output prestabilito.
- Capitolo 7 **“Elaborazione dei risultati”**: riporta i risultati ottenuti implementando la metodologia in un *tool*. Il *tool* è stato validato attraverso un’analisi completa dei dati relativi alla piattaforma “tipo” GREEN1, rappresentativa del panorama italiano e per la quale si dispone di documentazione tecnica.

- Capitolo 8 “**Conclusioni**” Nell’ultimo capitolo si riportano le conclusioni a cui si è giunti; vengono, inoltre, sottolineate sia le criticità incontrate, sia i concetti appresi durante lo sviluppo.

1.3 PIATTAFORME OFF-SHORE

L’attività di estrazione degli idrocarburi in mare è iniziata nell’ottobre del 1947 quando un gruppo di ingegneri della ditta statunitense Kerr-MCGee installò la prima piattaforma petrolifera offshore al largo della Louisiana nel Golfo del Messico. La distanza dalla costa era minima e il fondale non superava i cinque metri. Con il passare degli anni le piattaforme si sono sviluppate rapidamente. Nel 1994 la piattaforma “Auger” raggiunse già i 900 metri di profondità per poi essere ampiamente superata negli anni 2000 dalla ‘Horn Mountain’ che riuscì ad estrarre a una profondità pari a 16000 metri. Ad oggi, ‘Troll A’, situata al largo della costa occidentale della Norvegia, è una delle più grandi piattaforme offshore per l’estrazione di gas naturale [5], i vari deck poggiano su 4 gambe che si estendono per lunghezza fino al fondale marino, il gas viene estratto da 40 pozzi e poi successivamente compresso per compensare le perdite di pressione dovute alla risalita del gas naturale [6].

Il periodo più significativo per la costruzione di piattaforme offshore in Italia si estende dal 1964 al 2014 ad oggi ci sono 138 piattaforme off-shore [7] e la più grande è Vega, distante circa 12 miglia dalla costa di Pozzallo, in Provincia di Ragusa e attualmente produce olio da 20 pozzi [8].

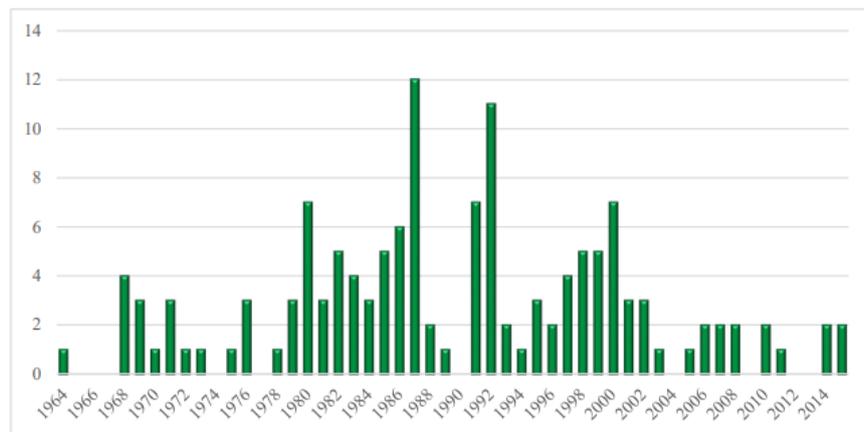


Figura 1: Sviluppo piattaforme offshore in Italia dal 1964 al 2014 [9]

1.3.1 TIPOLOGIE DI PIATTAFORME OFFSHORE

Una piattaforma offshore è un'imponente struttura installata al largo delle coste che ha come obiettivo finale l'estrazione di idrocarburi dal giacimento individuato. Esistono diverse soluzioni impiantistiche utilizzate per l'estrazione degli idrocarburi; queste si differenziano tra loro a seconda della profondità del fondale marino, dalle attività che vengono svolte e dalle caratteristiche strutturali della piattaforma. In particolare, le più diffuse sono[10]:

- Fisse convenzionali;
- A torre flessibile;
- A gambe in tensione;
- SPAR;
- Semisommersibili;
- Unità galleggiante di produzione.

Strutture fisse convenzionali: questa tipologia d'impianto è utilizzata per fondali che non superano i 400 metri di profondità. È caratterizzata dalla presenza di una struttura reticolare metallica, chiamata jacket, fissata sul fondo marino che ha la funzione di sostenere la parte emersa della piattaforma. Nei vari deck è presente tutta

l'apparecchiatura necessaria per l'estrazione degli idrocarburi. Solitamente le piattaforme fisse non comprendono sistemi di stoccaggio, di conseguenza se gli idrocarburi prodotti sono liquidi essi vengono trasferiti su specifiche navi chiamate: *Floating Storage Offloading*, se c'è solo lo stoccaggio; *Floating Production Storage Offloading*, se c'è anche trattamento a bordo degli idrocarburi; Se invece sono in fase gassosa vengono trasferiti a terra tramite l'utilizzo delle sealine [11].



Figura 2: Strutture fisse convenzionali [12]

A **torre flessibile**, *Compliant tower (CT)*: queste piattaforme sono utilizzate per fondali più profondi rispetto alle strutture fisse convenzionali arrivando fino a 900 metri. Grazie all'utilizzo di elementi flessibili le forze dovute al moto ondoso vengono deamplificate; pertanto, queste strutture sono progettate per resistere a deflessioni e forze laterali significative garantendo l'installazione di queste piattaforme anche nelle zone climatiche più estreme [13].



Figura 3: Torre flessibile [14]

A **gambe in tensione**, *Tension Leg Platform (TLP)*: La piattaforma è ormeggiata verticalmente al fondale marino tramite dei cavi in tensione, chiamati tendini o attacchi. Questo specifico sistema di ormeggio garantisce alla struttura di essere vincolata verticalmente impedendo movimenti verticali e rotazionali ma consente movimenti laterali smorzando così le forze ondose. La parte emersa della piattaforma non ha particolari caratteristiche rispetto alle piattaforme fisse convenzionali. Le TLP operano a profondità maggiori rispetto ai due casi precedenti raggiungendo i 1500 metri, però oltre a quella distanza si prediligono altre tipologie di piattaforme a causa del peso degli attacchi che diventerebbe rilevante e dai problemi di risonanza associati all'elasticità dei cavo [15].

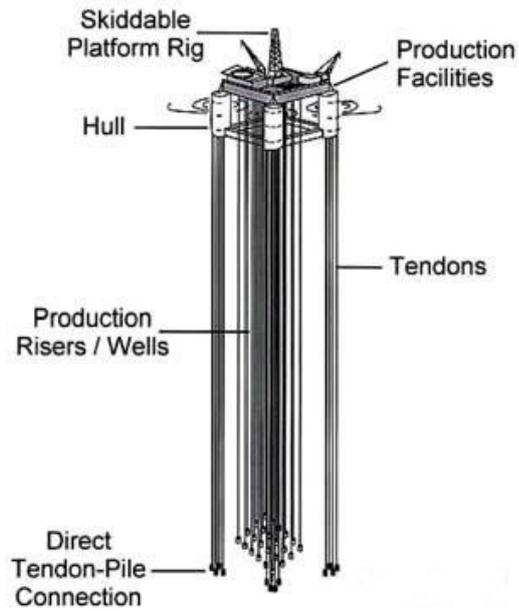


Figura 4: Piattaforma a gambe in tensione [16]

La piattaforma **SPAR** è costituita da un grande cilindro verticale, sommerso in acqua per il 90%, sul quale vengono installati i vari deck tipici delle piattaforme offshore. Il cilindro non si estende fino al fondo del mare ma è ancorato al fondale da una serie di cavi; questo ha la funzione di stabilizzare la piattaforma consentendone il movimento in modo da assorbire le forze ondose rendendola, così, adatta alle condizioni meteorologiche più estreme. La SPAR ha una maggiore stabilità rispetto a un TLP e può essere utilizzata per fondali che superano i 1500 metri di profondità [17].

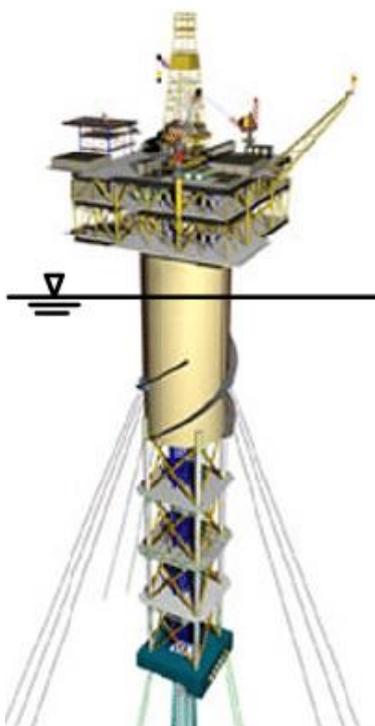


Figura 5: Piattaforma SPAR [18]

I **Semisommersibili** sono strutture galleggianti sulle quali sono installate tutte le attrezzature tipiche di una piattaforma offshore; invece, **le unità galleggianti** sono delle vere e proprie navi in disarmo ristrutturata e convertite in impianti di estrazione. Queste due tipologie di piattaforme sono mantenute in posizione tramite cavi o catene ancorate al fondale marino, e vengono collegate alle teste pozzo di produzione collocate anch'esse sul fondale marino. Grazie alla loro flessibilità strutturale, garantita per esempio dall'assenza delle teste pozzo installate sulla piattaforma, queste due opzioni si possono utilizzare in acque più profonde rispetto ai casi precedenti, tra 1000 e 3000 m [19] di battente d'acqua.



Figura 6: Piattaforme galleggianti [20]

1.3.2 PIATTAFORME OFF-SHORE IN ITALIA

Dai rapporti del MASE (Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica) [7] in Italia sono presenti 138 piattaforme off-shore (ultimo aggiornamento 18 maggio 2023). Le attività minerarie sono sparse nelle acque territoriali, quindi per identificare al meglio la loro locazione, i mari italiani sono suddivisi in 7 zone [21]:

- Zona A comprende il Mare Adriatico settentrionale;
- Zona B comprende il Mare Adriatico centrale;
- Zona C comprende il Mare Tirreno meridionale e Canale di Sicilia;
- Zona D comprende la fascia di mare Adriatico meridionale e di mar Ionio più prossima alla costa;
- Zona E comprende il Mare Ligure, il Mare Tirreno e il Mare di Sardegna;
- Zona F comprende le porzioni di mare Adriatico meridionale e di mar Ionio oltre l’area compresa nella zona D;
- Zona G comprende una porzione del mare Tirreno meridionale e le aree del Canale di Sicilia non comprese nella zona C.

Nel mar Adriatico sono presenti la maggior parte degli impianti, circa il 90% delle 138 installazioni, e la struttura fissa convenzionale è quella più utilizzata in quanto il fondale non è eccessivamente profondo. In Italia si estrae principalmente gas naturale, solo lungo le coste siciliane e pugliesi alcune piattaforme estraggono olio.

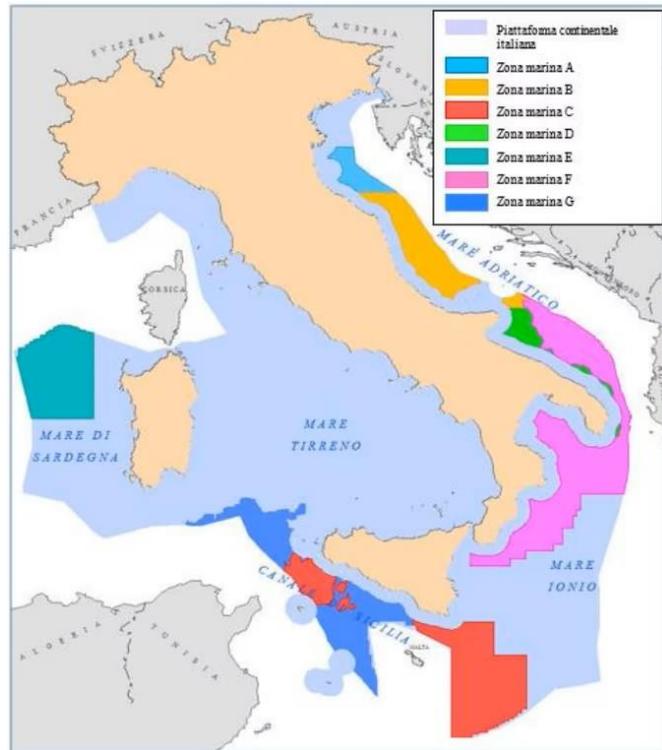


Figura 7: Rappresentazione delle varie Zone [22]

2 CONTESTO

Nel corso degli ultimi due secoli, si è manifestata una crescente dipendenza dalle fonti fossili. In tutto il mondo ci sono circa 12mila piattaforme offshore [23] di conseguenza, siccome gli idrocarburi sono una risorsa esauribile nel tempo, è di primaria necessità definire cosa fare successivamente l'esaurimento dei giacimenti. Con il termine Decommissioning si intendono tutte le operazioni in ambito industriale condotte per la dismissione e lo smantellamento dell'impianto. In particolare, per quanto riguarda le piattaforme offshore giunte a fine vita le principali fasi sono [24]:

- Chiusura di tutti i pozzi;
- Rimozione di tutte le apparecchiature non saldate sui vari deck;
- Smontaggio delle strutture della piattaforma;
- Trasporto via mare delle strutture e scarico delle stesse a terra;
- Smantellamento delle strutture nell'area a terra, con separazione delle componenti riutilizzabili (ad esempio serbatoi, cabinati o altro) dalle porzioni non riutilizzabili.

È necessario che le soluzioni siano green e non impattanti per l'ambiente che le circonda. Il totale decommissioning non sempre è la soluzione più adatta, non solo a causa dei costi elevati dovuti alla rimozione delle piattaforme, ma anche perché si andrebbe a destabilizzare la flora e la fauna che con gli anni si è sviluppata attorno alla struttura [25]. Quindi molto spesso sono preferibili le opzioni di riconversione in quanto aiutano lo sviluppo della transizione energetica in atto, contribuendo, in particolare, al raggiungimento dell'obiettivo di decarbonizzazione entro il 2050. In Italia la quasi totalità delle piattaforme offshore che saranno dismesse nei prossimi anni sono localizzate nel Mar Adriatico, questa informazione è facilmente reperibile in quanto le società titolari di concessioni minerarie comunicano entro il 31 marzo di ogni anno al Ministero dello Sviluppo Economico, DGSAIE, l'elenco delle piattaforme i cui pozzi sono stati autorizzati alla chiusura mineraria. Il MASE a sua volta valuta se nell'elenco sono presenti delle piattaforme che hanno le caratteristiche necessarie per la riconversione [26].

2.1 FILOSOFIA E METODOLOGIA DI ANALISI DELLE TRE OPZIONI DI RICONVERSIONE

La formulazione e lo sviluppo dei basic design relativi alle tre opzioni di riconversione, avvenuti nelle fasi precedenti del progetto di ricerca, costituiscono il punto di partenza per elaborare la metodologia delle linee guida. In questo capitolo introduttivo viene riportata: la filosofia che ha guidato la realizzazione delle tre soluzioni di riconversione (**Opzione 1** [27], **Opzione 2** [9], **Opzione 3** [28]), fornendone i criteri base e una breve descrizione dei tre casi studio sviluppati, seguendo la suddetta filosofia.

La definizione della filosofia di sviluppo è un processo fondamentale per la realizzazione dei progetti basic delle opzioni di riconversione poiché permette di stabilire i principi generali che guidano le scelte progettuali

Per adempiere tale obiettivo, si è scelto di non analizzare una specifica piattaforma in Italia ma un "caso studio". Per tutte le opzioni, infatti, si fa riferimento ad una piattaforma "tipica", GREEN1, derivata da un impianto realmente esistente, per il quale si dispone di documentazione tecnica. Le caratteristiche principali dell'impianto sono riportate qui di seguito [29]:

- La piattaforma è finalizzata all'estrazione di gas naturale;
- GREEN1 dista 18 km dalla costa nel mar Adriatico dove il fondale è profondo 25m;
- È dotata di una struttura reticolare a 6 gambe e di 4 teste pozzo;
- Sono presenti 5 deck: Boat landing, il Lower deck a 11 m sul livello del mare, il Cellar deck a 15 m, il Mezzanine deck a 18 m e il Weather Deck a 21 m;
- Il collegamento a terra è realizzato tramite una sealine dedicata al trasporto della produzione della piattaforma.

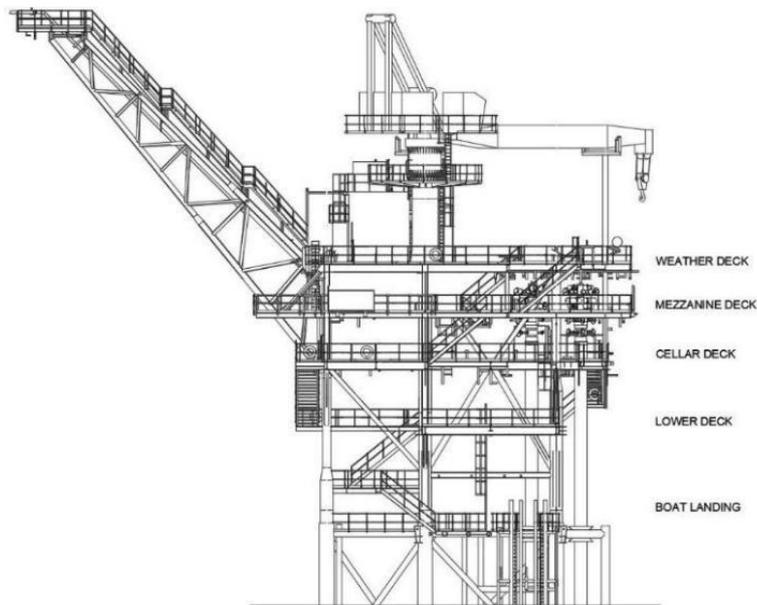


Figura 8: Sezione verticale GREEN1 [29]

A partire dalle caratteristiche principali del caso studio appena descritto, sono stati definiti i punti fondamentali della filosofia di decommissioning con l'obiettivo di minimizzare le attività di dismissione e il conseguente impatto ambientale. Per preparare l'infrastruttura ad ospitare i nuovi componenti necessari alla realizzazione delle tre opzioni, il criterio seguito in fase di decommissioning è quello di minimizzare gli interventi, in particolare:

- La componentistica della configurazione di pre-riconversione è dismessa solo nel caso in cui la sua rimozione sia necessaria a far spazio ai nuovi sistemi;
- Tutti gli interventi sottomarini sono limitati a quelli strettamente necessari, con lo scopo di minimizzare i danni all'ecosistema sottomarino;
- La dismissione e rimozione dei componenti deve essere condotta in modo da minimizzare gli impatti ambientali e i rischi connessi alle operazioni.

Inoltre, è stata introdotta la filosofia HSE (Healthy, Safety & Environment) che intende definire i punti guida per la progettazione garantendo: la sicurezza del personale; la salvaguardia dell'ambiente e degli asset nella configurazione post-riconversione.

Nella fase di basic design, al fine di definire l'impianto dal punto di vista ambientale e guidare le scelte progettuali e tecnologiche, è stato necessario delineare una metodologia ad hoc per individuare e valutare gli aspetti ambientali significativi. Gli step della metodologia qualitativa sono quattro:

- Stabilire la fase operativa in cui si trova il sistema;
- Selezionare gli aspetti ambientali in gioco;
- Valutare la significatività di questi aspetti;
- Proporre delle raccomandazioni per gli aspetti ambientali che presentano delle criticità.

L'analisi ambientale deve essere applicata a tutte le opzioni e comprende tutto il ciclo di vita del sistema, considerando anche: il decommissioning degli equipment presenti in origine sulla piattaforma prima della riconversione (pre-riconversione); il funzionamento dell'impianto in post-riconversione e il decommissioning finale.

Infine, è stata svolta un'analisi di sicurezza volta a definire i rischi derivanti dalle deviazioni di processo, dalla presenza dei lavoratori sul luogo di lavoro, da errori software ed infine i rischi legati ad eventi esterni durante le modalità operative. In funzione dell'opzione di riconversione, tale analisi può essere:

- Puramente qualitativa (es. HAZOP-HAZID, matrice qualitativa dei rischi);
- Quantitativa (es. utilizzo di software per la simulazione degli scenari incidentali più severi);
- Semi-quantitativa.

2.2 OPZIONI DI RICONVERSIONE GIÀ STUDIATE PRECEDENTEMENTE

In questo paragrafo sono descritte con un maggior dettaglio le tre opzioni prese in considerazione per la definizione delle linee guida oggetto di questa tesi, in particolare:

- Opzione 1 – Basic Design per installare a bordo della piattaforma GREEN1 un impianto fotovoltaico utilizzando l'energia prodotta per alimentare un sistema di dissalazione dell'acqua marina;
- Opzione 2 - Basic Design per installare a bordo della piattaforma un impianto per l'utilizzo del giacimento come stoccaggio temporaneo di una miscela di CH₄+H₂;
- Opzione 3 - Basic Design per installare a bordo della piattaforma un impianto per l'utilizzo del giacimento come stoccaggio di CO₂.

Si specifica che questo paragrafo è dedicato unicamente alla descrizione dei 3 progetti; prendendo come piattaforma di riferimento GREEN1 sono stati riportati i risultati quantitativi emersi durante le fasi di progettazione.

2.2.1 OPZIONE 1

Principio di funzionamento: L'acqua salata, grazie alla presenza di una pompa di pescaggio, viene aspirata da una condotta opportunamente dimensionata. L'acqua viene pre-trattata in modo tale da avere le condizioni chimico-fisiche necessarie per poter attraversare le membrane del gruppo ad osmosi inversa; in particolare si modifica il pH affinché risulti pari a 7,5 e si eliminano tutte le specie batteriche organiche e i composti chimici inorganici.

A valle dell'unità di pre-trattamento, l'acqua di mare attraversa l'unità di dissalazione ad osmosi inversa: l'acqua salata, spinta da una pompa, attraversa una membrana semipermeabile che separa il sale dall'acqua. Si prevede che l'intero sistema sia operativo per circa 8,5 ore al giorno, con una produzione di acqua dissalata che dipende dalle caratteristiche dell'impianto. Nel basic design relativo all'opzione 1 di GREEN1 si è valutato che la produzione di acqua potabile è pari a 7,5 m³.

L'acqua potabile prodotta sulla piattaforma viene trasportata alle piattaforme limitrofe garantendo, così, il completo sostentamento delle stesse dal punto di vista idrico.

La salamoia, che è il principale scarto del package di dissalazione, viene direttamente smaltita in mare in accordo con la normativa ambientale vigente. Essa viene scaricata ad

una profondità elevata e con una velocità di scarico idonea a garantire un efficiente miscelamento con l'acqua di mare, evitando possibili danni all'ecosistema marino.

L'Opzione 1 prevede l'installazione di un impianto fotovoltaico sul deck più alto della piattaforma (weather deck) massimizzando la produzione di energia elettrica rinnovabile. Sono stati individuati dei pannelli solari monocristallini ad elevata efficienza idonei a lavorare in condizioni di elevata salinità e umidità. In GREEN1 la superficie occupata dai pannelli è di circa 132 m²; l'impianto così dimensionato è in grado di produrre complessivamente circa 33 MWh di energia in un anno [27].

2.2.2 OPZIONE 2

Principio di funzionamento: L'impianto deve essere in grado di lavorare in due modalità a seconda della stagione:

- Fase di iniezione: Iniezione della miscela gassosa in giacimento durante il periodo estivo (dal 1° Aprile al 30 Settembre);
- Fase di erogazione: Estrazione della miscela gassosa dal giacimento durante il periodo invernale (dal 1° Ottobre al 31 Marzo).

Fase Iniezione: Il gas, prelevato dalla rete gas nazionale, arriva in piattaforma riutilizzando la sealine esistente, viene poi compresso grazie a due turbocompressori centrifughi installati a bordo e infine iniettato nel giacimento. Durante questa fase la pressione all'interno del giacimento varia da 79 bar (pressione minima di fondo pozzo) a 145 bar (pressione originaria del giacimento). Per questo motivo i turbocompressori elaborano una portata variabile che va da un massimo di 35948.26 m³/h (primo giorno d'iniezione) ad un minimo di 26570.45 m³/h (ultimo giorno di iniezione). È importante sottolineare che il gas non necessita di particolari trattamenti poiché venendo prelevato direttamente dalla rete è già in condizioni ottimali per lo stoccaggio.

Fase Estrazione: Prima di immettere il gas in rete è necessario che il gas estratto dalle 4 teste pozzo venga elaborato in modo da avere condizioni di pressione, temperatura, composizione e umidità compatibili per il trasferimento onshore. Per ottenere queste

caratteristiche è necessario installare delle apparecchiature atte a trattare opportunamente il gas erogato. La miscela estratta dalle 4 teste pozzo viene elaborata da un separatore che ha il compito di eliminare la maggior parte dell'acqua trascinata dal gas in uscita. Successivamente, viene iniettata una soluzione di glicole monoetilenico che assorbe le tracce di acqua ancora presenti e impedisce la formazione di idrati all'interno della sealine. Per eliminare il glicole è installato un demister che separa le gocce d'acqua dalla corrente di gas. Infine, la miscela attraversa il package di disidratazione, caratterizzato da un riscaldatore e una colonna di disidratazione, in modo che il gas prima di essere mandato onshore abbia un valore di umidità pari a quello prescritto dalla rete [9].

2.2.3 OPZIONE 3

Principio di funzionamento: Il sistema deve assicurare un'iniezione continua di CO₂ prelevata allo stato gassoso da un impianto produttivo. La necessità di siti di stoccaggio della CO₂ nasce dall'aumento di questa sostanza in atmosfera e dalle problematiche ad esse legate: prima fra tutte l'effetto serra.

La CO₂, a valle del processo di cattura onshore, arriva in piattaforma riutilizzando la sealine esistente. L'anidride carbonica viene pre-compressa onshore per essere trasportata offshore dove viene ricompressa da due elettrocompressori centrifughi ad una pressione sufficiente per la sua iniezione in giacimento. La CO₂ viene iniettata a testa pozzo in condizione gassose e cambia di fase durante la discesa nel pozzo, infatti, viene stoccata in giacimento in condizioni supercritiche. Il package di compressione opera garantendo dei valori di pressione differenziale, che vanno da 48,4 bar nella fase iniziale di stoccaggio a 66,8 bar per la fase finale; di conseguenza anche la pressione all'interno del giacimento aumenta, andando da un minimo di 79 bar (equivalente alla pressione di abbandono del pozzo) a un massimo di 145 bar (corrispondente al valore di pressione originaria del giacimento). Prendendo in esame la piattaforma GREEN1, l'impianto, durante il suo ciclo vita di 5 anni, è in grado di iniettare in giacimento 2,6 milioni di tonnellate di CO₂ [28].

2.3 DAI PROGETTI BASIC ALLA DEFINIZIONE DELLE LINEE GUIDA

Come già riportato in precedenza, i principi cardine di questo studio si basano su tre progetti che prevedono la conversione delle piattaforme per utilizzi consoni alla transizione energetica in atto. Per definire il livello di adattabilità è stato necessario definire dei criteri frutto dell'analisi delle tre opzioni. Questo metodo si basa su sei punti chiave che riflettono il processo di lavoro e di sviluppo delle soluzioni di riconversione:

- Valutazione degli impatti ambientali derivanti dal normale funzionamento della piattaforma. È stata elaborata una metodologia per valutare in modo qualitativo l'impatto ambientale delle attività pianificate sulla piattaforma dopo la riconversione, considerando le varie fasi del ciclo di vita e le modalità operative, escluse le situazioni di emergenza;
- Basandosi sulle caratteristiche della piattaforma selezionata, sono stati delineati i principali aspetti della filosofia di decommissioning. L'obiettivo generale è quello di ridurre al minimo l'impatto ambientale, considerando in modo sistematico le fasi che compongono tale processo. Per garantire la sostenibilità dell'installazione dopo la riconversione, si considera essenziale ridurre al minimo la produzione di rifiuti e aumentare la quota di rifiuti riciclabili;
- È stata sviluppata un'analisi di sicurezza al fine di individuare i rischi associati alle deviazioni di processo. Ciò include stabilire il contesto, la struttura e le modalità operativa del sistema, identificando i pericoli e quindi analizzando i rischi associati ad essi. Dopo l'identificazione dei pericoli, se emergono aspetti di sicurezza rilevanti, si selezionano gli eventi che richiedono un'analisi quantitativa. Questo studio fornisce stime numeriche sulle conseguenze di potenziali scenari incidentali associati all'impianto, come rilasci di sostanze pericolose, incendi o esplosioni;
- Valutazione tecnico-ingegneristica per individuare gli obiettivi dei singoli sistemi e componenti per garantire il corretto funzionamento;
- Definizione dei tre progetti basic di riconversione in linea con il conseguimento degli obiettivi di sostenibilità ambientale;

- Caratterizzazione territoriale del sito di interesse, identificando gli aspetti climatici, sismici e relativi al giacimento.

Studiando i basic design riferiti alle tre opzioni di riconversione sono stati individuati gli aspetti vincolanti e le caratteristiche che favoriscono l'implementazione di una delle tre soluzioni. Queste valutazioni derivanti dai precedenti studi sono di carattere generale e ci permettono di categorizzare la piattaforma in esame, più precisamente per esempio i parametri caratteristici di GREEN1 in questo lavoro di tesi sono stati generalizzati per poterli utilizzare nel processo di individuazione della tipologia di riconversione più promettente per una specifica piattaforma.

3 LINEE GUIDA: DEFINIZIONE DELLA METODOLOGIA

Tale linea guida è finalizzata a valutare la fattibilità tecnica della riconversione considerando come possibili nuove soluzioni impiantistiche le tre opzioni progettuali, presentate nel capitolo precedente; analizzando quale alternativa è più vantaggiosa in funzione della piattaforma offshore italiana esaminata. È fondamentale evidenziare che nel processo di valutazione, vengono escluse preventivamente due opzioni: l'opzione zero, che consiste nel non eseguire alcuna operazione di riconversione e lasciare la piattaforma nella sua condizione attuale. e il decommissioning totale.

L'obiettivo dell'analisi e dello strumento informatico è quello di supportare le decisioni degli stakeholders coinvolti nello studio. Indicando, sulla base di criteri di natura prettamente tecnico-ambientale, quale alternativa rappresenti la soluzione più adatta per la specifica infrastruttura offshore e mettendo in luce non solo l'effettiva convenienza tecnica di quell'opzione rispetto alle altre, garantendo nel tempo un'ottima capacità produttiva, ma anche il fondamentale contributo che il progetto individuato fornisce in ottica di sostenibilità ambientale per garantire una nuova vita all'infrastruttura offshore presa in esame.

Prima di procedere con la descrizione dettagliata della metodologia, è essenziale delineare i criteri fondamentali da cui derivano le ipotesi alla base dello studio.

3.1 CONTESTO NORMATIVO E PIATTAFORME ADATTE ALLA RICONVERSIONE

La linea guida è finalizzata a supportare l'analisi di fattibilità per valutare la possibilità di riconversione di piattaforme offshore italiane giunte a fine vita a causa dell'esaurimento delle risorse di idrocarburi, che saranno auspicabilmente oggetto di un piano di riutilizzo secondo il D.M. del 15 febbraio 2019 [30]. Tale decreto, infatti, all'art.5 prevede che la DGIS (Direzione generale infrastrutture e sicurezza) del MASE, previo parere tecnico della sezione UNMIG (Ufficio nazionale minerario per gli idrocarburi e le georisorse), valuti se nell'Elenco delle piattaforme da dismettere

minerariamente [26], che viene periodicamente aggiornato, vi siano infrastrutture in condizioni tali da permetterne il riutilizzo con scopi diversi dall'attività mineraria di estrazione di idrocarburi. Quindi, la normativa diventa essenziale per giustificare il senso delle linee guida, in quanto stabilisce l'effettiva possibilità di riconversione delle piattaforme. Inoltre, partendo dall'elenco valutato dal MASE, sono state scartate dallo studio, perché strutture di scarso interesse per i tre progetti preliminari di riferimento, le monotubulari, bitubulari e le teste pozzo sottomarine. Tale esclusione è legata alle ridotte dimensioni o all'assenza dei deck di fondamentale importanza non solo per l'Opzione 1 poiché permette l'installazione di un campo fotovoltaico più ampio, ma anche per favorire, per l'Opzione 2 e 3, la collocazione della nuova componentistica a bordo. Inoltre, per tali strutture marine si riscontra un ridotto numero di teste pozzo, parametro fondamentale per le soluzioni impiantistiche che sfruttano il giacimento esausto come sito di stoccaggio.

3.2 LIMITI DI BATTERIA DELL'IMPIANTO

La determinazione dei limiti di batteria è essenziale per stabilire quali siano gli elementi di impianto che devono ricadere nell'analisi di riconversione. Si specifica, infatti, che oltre alla struttura della piattaforma e al sistema impiantistico installato a bordo, con il relativo pozzo di stoccaggio, si considerano entro i confini del sistema anche la sealine e/o il cavo elettrico sottomarino.

In fase di iniezione/erogazione del flusso di gas in giacimento per le Opzioni 2 e 3, viene, infatti, riutilizzata la condotta marina già esistente come collegamento tra la terraferma e la piattaforma, analizzando, ai fini della riconversione dell'infrastruttura, la compatibilità al trasporto di nuovi fluidi:

- la miscela di metano e idrogeno prelevata/consegnata dalla/alla rete nazionale;
- il flusso di anidride carbonica proveniente dall'impianto di cattura.

Il cavo elettrico sottomarino connette, invece, la piattaforma alla rete onshore, trasportando in maniera efficiente l'energia utile a soddisfare il fabbisogno dell'impianto o per sfruttare nel caso dell'Opzione 1 la rete elettrica nazionale, anche, come sistema di accumulo.

In Figura 9 viene raffigurato il diagramma a blocchi del sistema in esame, così da permettere in modo semplice e intuitivo di identificare i principali componenti analizzati nei progetti di riconversione.

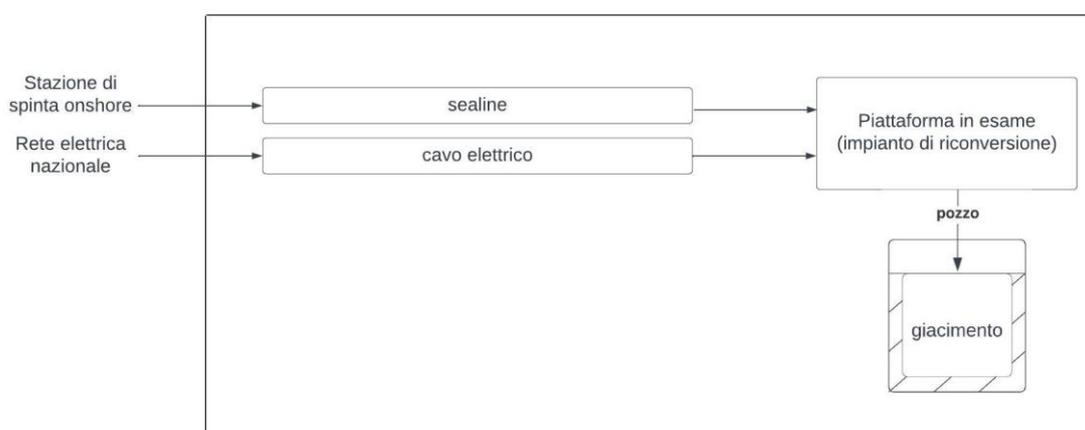


Figura 9 :Limiti di batteria

Il limite di batteria dello studio include la piattaforma, il giacimento su cui opera e i collegamenti a terra, ovvero sealine e cavo elettrico.

A seconda dell'opzione di riconversione, a causa delle diverse finalità impiantistiche, vengono considerati durante il processo componenti diversi, in particolare:

- **Opzione 1:** per questa soluzione di riconversione, non prevedendo lo stoccaggio di fluidi, la sealine e il giacimento non vengono utilizzati, per cui i limiti di batteria sono esclusivamente da ricondursi al cavo elettrico e alla piattaforma in esame. L'impianto di dissalazione è alimentato dal campo fotovoltaico installato sul weather deck. Il cavo elettrico ottimizza, infatti, le prestazioni del sistema di dissalazione, cedendo alla rete nazionale, l'energia elettrica in eccesso prodotta

dall'impianto fotovoltaico, oppure prelevandola quando la produzione è inferiore alla domanda, in modo da soddisfare il carico;

- **Opzione 2:** nel periodo di iniezione, la miscela blended viene compressa onshore e inviata attraverso la sealine sulla piattaforma. Tramite l'impianto di iniezione installato a bordo dei deck il gas viene nuovamente compresso e iniettato nel giacimento attraverso le teste pozzo. Al contrario, nel periodo di erogazione, il flusso viene prelevato dal giacimento e opportunamente elaborato in modo da avere condizioni di pressione, temperatura e umidità compatibili per il trasferimento onshore, attraverso la sealine. Pertanto, come limiti di batteria si considerano la sealine, il cavo elettrico e il giacimento;
- **Opzione 3:** il flusso di CO₂ viene compresso onshore e inviato attraverso la sealine sulla piattaforma. Tramite l'impianto di iniezione installato a bordo, l'anidride carbonica viene nuovamente compressa e iniettata nel giacimento attraverso le teste pozzo e i pozzi già presenti sulla piattaforma. Dunque, a questo riguardo, si identifica come limite di batteria: per l'ingresso del sistema, l'arrivo della sealine e del cavo sottomarino; come punto di uscita lo sbocco del pozzo nel giacimento.

-

3.3 VALUTAZIONE DEL RISULTATO OTTENUTO DALL'ANALISI

Basandosi sulle tre opzioni di riconversione, è stata elaborata la metodologia, che tratta in particolare gli aspetti di fattibilità tecnico-ingegneristica, per lo sviluppo delle linee guida. Essa, quindi, è un utile strumento di supporto per orientare le decisioni verso la soluzione progettuale più conveniente senza prendere in considerazione gli aspetti economici. Quindi, il risultato che ottiene l'utente implementando la metodologia nel *tool* è frutto di un'analisi tecnico-ingegneristica. Di conseguenza l'output finale si basa su valutazioni strutturali, ambientali e di produttività dell'impianto. In particolare, per quanto riguarda la produttività, trascurando gli aspetti economici, per valutarla si è

considerato quanto una caratteristica specifica della piattaforma renda efficiente il processo di produzione dell'opzione in esame. L'utente alla fine dell'utilizzo del programma ottiene il livello di adattabilità relativo a ogni scenario di riconversione, esso quindi è ricavato da un'attenta e studiata combinazione delle valutazioni degli aspetti sopra citati.

3.3 PROCEDURA D'ANALISI DELLE LINEE GUIDA

Una volta stabilite le ipotesi di base dello studio, è possibile procedere con la definizione della procedura di analisi che ha portato le linee guida a costituire un iter completo per valutare le potenzialità di riconversione rispetto a ciascuna opzione disponibile. Di seguito in Figura 10 è illustrato uno schema a blocchi che delinea il processo di elaborazione dei dati, delle informazioni e del contesto normativo necessario per lo sviluppo delle linee guida.

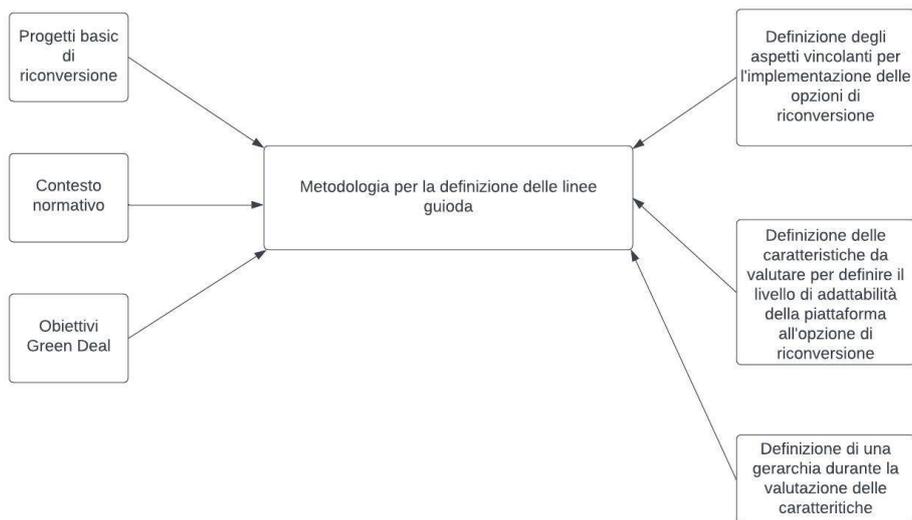


Figura 10: Dai principi cardine alla metodologia

Lo studio dei progetti basic è stato fondamentale per identificare le caratteristiche necessarie e utili per l'implementazione delle opzioni di riconversione. Senza una conoscenza accurata dell'impianto sarebbe stato impossibile ottenere come risultato finale la percentuale di adattabilità. Le caratteristiche rilevanti sono state integrate nella metodologia e trasformate in criteri. I criteri sono una delle componenti fondamentali delle linee guida e permettono di valutare una determinata caratteristica. L'argomento sarà definito dettagliatamente nei capitoli successivi ma per chiarire il concetto viene riportato un esempio: dopo un'attenta analisi dell'Opzione 1 è emerso che la superficie disponibile nel weather deck è una caratteristica importante perché è proporzionale alla producibilità dell'impianto fotovoltaico; quindi nelle linee guida è stato definito il criterio *"Superficie disponibile nel weather deck"* in modo da comprendere quanto spazio disponibile ha la piattaforma in esame per l'installazione dei pannelli e quindi comprendere il livello di adattabilità all'Opzione 1.

La conoscenza del contesto normativo ha permesso di eliminare dall'analisi delle specifiche categorie di piattaforme. Di conseguenza, sono state definite delle soglie oltre le quali le linee guida non operano, in modo tale da essere coerenti con le disposizioni ministeriali.

Gli obiettivi del Green Deal, come gli aspetti tecnico-strutturali dei progetti basic, hanno guidato la definizione dei criteri. In questo caso si pone l'accento sugli aspetti ambientali, identificando, i possibili impatti ambientali provenienti da varie fonti inquinanti, come per esempio le emissioni di gas e vapori climalteranti in atmosfera. È quindi fondamentale valutare, tramite i criteri, che le opzioni di riconversione siano compatibili con la transizione energetica in atto.

L'analisi critica dei progetti basic, del contesto normativo e degli obiettivi del Green Deal ha anche portato alla necessità di definire una scala d'importanza da attribuire a ciascuna caratteristica descritta dai criteri. Determinati aspetti ambientali, tecnici e strutturali hanno maggiore rilevanza per identificare il livello di adattabilità.

Partendo dall'elaborazione delle informazioni provenienti dagli ambiti precedentemente descritti, è possibile definire le fasi che identificano la procedura di analisi, la quale ha condotto alla definizione delle linee guida. La procedura di sviluppo della metodologia si articola quindi in sei fasi. In primo luogo, è fondamentale definire i criteri – generali e di dettaglio – attribuendogli la relativa scala di importanza atta a stabilire se e quanto essi siano vincolanti per la realizzazione di una o più opzioni. Si procede con un'analisi dei criteri per poter associare a ciascun di essi degli indici; terminata questa fase si assegna, a ciascun criterio, un peso riferito all'utilità che un determinato aspetto ha per la realizzazione di una delle tre scelte impiantistiche; successivamente, utilizzando una specifica metodologia di analisi, si attribuisce a ciascun indice il relativo peso. Da ultimo, si elaborano i risultati finali riferiti alla piattaforma e all'opzione presi come caso studio. Quindi, gli step fondamentali sono:

1. **Definizione dei criteri:** Per determinare se una piattaforma può essere adattata a una specifica opzione di riconversione, è cruciale identificare le caratteristiche rilevanti per la riconversione → CRITERI.
2. **Definizione dell'importanza di ciascun criterio:** Le caratteristiche descritte dai criteri differiscono per la loro importanza. Pertanto, è essenziale definire quali di queste caratteristiche sono vincolanti e indispensabili per l'implementazione di un'opzione di riconversione.
3. **Attribuzione a ciascun criterio di indici:** Sono stati definiti degli indici per valutare le caratteristiche delineate dai criteri, al fine di comprendere se esse sono effettivamente presenti e valorizzate dalla piattaforma oggetto di studio.
4. **Attribuzione a ciascun criterio di un peso:** Per i criteri non vincolanti è stata individuata una scala d'importanza, diversa per ogni opzione di riconversione, al fine di determinare quali caratteristiche delineate dai criteri siano più rilevanti per l'implementazione di un'opzione di riconversione.
5. **Attribuzione pesi-indici:** è stata definita una metodologia necessaria a collegare i due step precedenti per poter raggiungere l'obiettivo finale;
6. **Elaborazione dei risultati finali:** Infine, il processo di analisi viene implementato in un *tool* sviluppato appositamente per questo studio, in modo da poter

ottenere come output finale, il livello di adattabilità riferito a ciascuna opzione di riconversione per la piattaforma in esame.

Ciascuno di questi step è descritto nei capitoli che seguono.

La metodologia di sviluppo che ha portato alla realizzazione delle linee guida è al momento definita per le tre opzioni di riconversione, ma l'approccio è di carattere generale e potrà, in futuro, essere esteso a scelte impiantistiche ad oggi non ancora sviluppate.

3.3.1 DEFINIZIONE DEI CRITERI

Basandosi sui sei punti chiave che riflettono il processo di lavoro e di sviluppo delle soluzioni di riconversione, presenti del Capitolo 2.3, sono state identificate le sei macro-categorie che individuano i criteri che descrivono le caratteristiche necessarie per valutare il livello di adattabilità di ciascuna opzione per la piattaforma in esame.

1. Facendo riferimento alle analisi ambientali sviluppate nei progetti basic è stata dunque individuata la macro-categoria “**Aspetti ambientali**” con il fine ultimo di definire durante la normal operation le emissioni di inquinanti.
2. L'analisi di sicurezza svolta nei precedenti studi è stata ripresa per determinare la macro-categoria “**Aspetti di sicurezza**”, in particolare per definire le quantità di sostanze pericolose stoccate e le aree di danno.
3. Considerando gli obiettivi di sviluppo sostenibile che stanno alla base dei tre progetti sono stati identificati, due criteri appartenenti alla macro-categoria “**Utilità opzione**”, con il fine di verificare il rispettivo contributo in termini di riduzione delle emissioni.
4. La valutazione tecnico-ingegneristica identifica i criteri appartenenti alla categoria “**Tecnologie e design**” in modo da definire l'adattabilità della struttura alla specifica opzione.

5. Basandosi sulle caratteristiche territoriali, è stata individuata la macrocategoria "**Compatibilità ambientale e territoriale**" per esaminare l'effetto che queste caratteristiche hanno sulla specifica opzione.
6. I concetti alla base della filosofia di decommissioning hanno portato alla definizione della macro-categoria "**Riconversione e decommissioning**".

Aspetti ambientali: Permettono di identificare tutti gli impatti ambientali legati alle attività produttive che avvengono sulla piattaforma, analizzando la normal operation dell'impianto, in modo da aver ben chiaro il peso sull'eco-sistema attorno alla piattaforma durante le normali attività produttive. La valutazione è stata eseguita prendendo come riferimento i progetti basic delle tre opzioni di riconversione e quindi sono stati considerati i medesimi aspetti:

- Emissioni di gas e vapori in Atmosfera: emissioni in atmosfera di CO₂, CO, vapori dovuti a sostanze volatili ecc.;
- Emissioni di liquidi in mare: in particolare scarichi di sostanze in mare che possono essere pericolosi per la flora e la fauna marina;
- Produzione di rumore e vibrazioni: dovute al funzionamento di pompe compressori e turbine presenti nei vari deck;
- Produzione di calore: causato dall'attività di motori a scoppio o generatori di vapore;
- Inquinamento luminoso: comprende tutte le tipologie di illuminazione che non rispettano il naturale ciclo sonno veglia delle specie acquatiche;
- Consumo di energie e risorse: identifica le quantità di risorse di energia primaria utilizzata durante la normal operation.

Al fine di identificare l'impatto ambientale per tutte le categorie, è stato eseguito un confronto con le condizioni di pre-riconversione escludendo, ovviamente, particolari aspetti ambientali assenti nelle condizioni di pre-riconversione a causa della diversa finalità impiantistica.

Aspetti di sicurezza: Si identificano tutti i rischi legati alle deviazioni di processo considerandole quantità stoccate per ciascuna sostanza chimica pericolosa (categorizzata come tossica, corrosiva, pericolosa per l'ambiente infiammabile ed esplosiva) e successivamente le potenziali conseguenze in caso di rilascio incidentale.

Utilità opzione: Considerando il Green Deal, sono stati identificati due criteri utili a comprendere quanto un'opzione di riconversione per uno specifico caso studio sia in linea con l'obiettivo ultimo di raggiungere la neutralità climatica entro il 2050.

Tecnologie e Design: Si descrivono le principali caratteristiche strutturali e tecnologiche della piattaforma che possono risultare rilevanti nel definirne il livello di adattabilità rispetto ad ogni opzione di riconversione.

Compatibilità ambientale e territoriale: Basandosi sulle caratteristiche ambientali, climatiche e territoriali dell'area limitrofa alla piattaforma si determina se la realizzazione di una delle opzioni è compatibile con l'ambiente circostante.

Attività di riconversione e decommissioning: Vengono valutati gli impatti ambientali legati alle operazioni di riconversione e decommissioning. Gli aspetti considerati sono uguali a quelli analizzati per la macro-categoria "Aspetti ambientali" aggiungendo la produzione di rifiuti legata principalmente alle opere di rimozione e installazione di apparecchiature.

Ogni macro-categoria è dettagliata sistematicamente in una serie di criteri di dettaglio. In totale sono stati identificati 66 criteri e di seguito è presente un grafico che identifica per macro-categoria il numero di criteri di dettaglio appartenete.

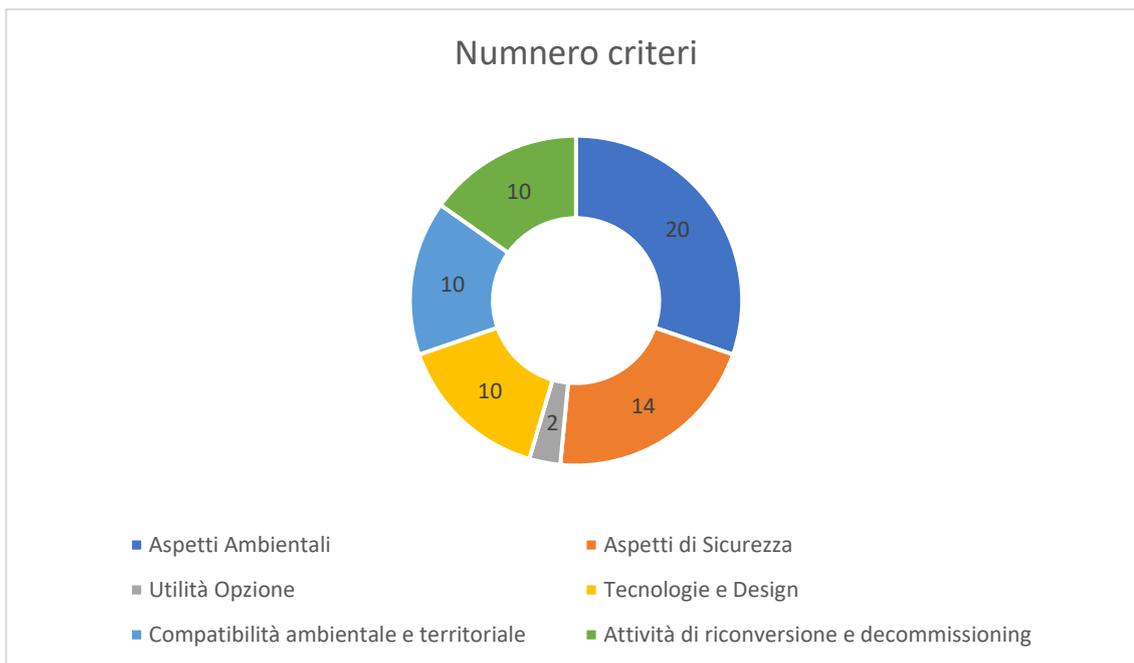


Figura 11: Grafico suddivisione criteri nelle varie macro-categorie

Per ogni categoria generale sono elencati alcuni esempi di criteri di dettaglio, la lista completa è presente nell'**Allegato 1**:

- **Aspetti ambientali:** “Quantità di emissioni di gas e vapori climalteranti rilasciate in atmosfera annualmente rispetto alle condizioni di pre-riconversione”; “Tempo di esposizione annuo atteso sulla flora e la fauna rispetto alle condizioni di pre-riconversione”;
- **Aspetti di sicurezza:** “Quantità di sostanze infiammabili in fase liquida stoccate a bordo della piattaforma”; Possibilità che le aree di danno, sviluppatesi da stoccaggi di sostanze infiammabili della piattaforma in esame, impattino piattaforme limitrofe presidiate (se presenti);
- **Compatibilità ambientale e territoriale:** “Producibilità impianto fotovoltaico”; “Presenza di giacimenti”;
- **Utilità opzione:** “Quantità di CO₂ media risparmiata annualmente”; “Quantità di CO₂ emessa annualmente rispetto alle condizioni di pre-riconversione”;

- **Attività di riconversione e decommissioning:** “Quantità di rifiuti recuperabili prodotta dalle operazioni di riconversione e decommissioning”; “Impatto dovuto alla produzione di rumore e vibrazioni prodotta dalle operazioni di riconversione e decommissioning”;
- **Tecnologie e Design:** “Compatibilità della sealine con miscele H₂”; “Percentuale di superficie disponibile nel weather deck per l’installazione di nuove apparecchiature”.

3.3.2 STABILIRE L’IMPORTANZA DEL CRITERIO

A ciascun criterio viene assegnato un indicatore di importanza:

- **SI** = Vincolante;
- **NO** = Non vincolante.

I criteri vincolanti sono quelli che, se non soddisfatti, impediscono la realizzazione di un’opzione di riconversione su una specifica piattaforma. Viceversa, i criteri non vincolanti, sebbene possano essere più o meno importanti, non impediscono la realizzazione di un dato progetto.

L’importanza di un criterio è dipendente dall’opzione di riconversione: ciò che è vincolante per una particolare opzione non è detto che lo sia per un’altra, ad esempio la presenza dei giacimenti è fondamentale per lo stoccaggio di CH₄+H₂ o CO₂ ma non lo è per la produzione di acqua dissalata.

La natura vincolante di un criterio è stabilita in fase di definizione della linea guida, l’utente che interagisce con il *tool* non può modificare tale parametro.

È importante sottolineare che, se non viene rispettato un criterio valutato come vincolante, la percentuale di adattabilità della piattaforma ad una data opzione si azzerà e quindi non sarà possibile utilizzare quella soluzione per la riconversione. Per questo motivo il *tool*, come primo step, mostra all’utente solo i criteri vincolanti riferiti all’opzione che si sta analizzando e si procede con l’analisi dei restanti criteri di dettaglio solo se tutti i vincolanti sono rispettati.

Dei 66 criteri di dettaglio solo 6 sono stati identificati come vincolanti e sono rappresentati nella seguente Tabella 1.

Tabella 1: Criteri vincolanti

CRITERIO DI DETTAGLIO	MACRO-CATEGORIA	VINCOLANTE
Presenza di giacimenti;	Compatibilità ambientale	Opzione 2,3
Efficienza giacimento >30 % (valore limite legislativo);	Compatibilità ambientale	Opzione 2,3
Compatibilità della sealine con miscele H₂;	Tecnologie e design	Opzione 2
Compatibilità della sealine con la CO₂;	Tecnologie e design	Opzione 3
Presenza di cluster;	Tecnologie e design	Opzione 1
La superficie emersa della piattaforma è > di 270 m²?;	Tecnologie e design	Opzione 1,2,3

I suddetti criteri sono stati scelti poiché descrivono caratteristiche fondamentali per la realizzazione dei tre progetti di riconversione. In particolare, la presenza di giacimenti e l'efficienza del giacimento maggiore 30% risultano essere vincolanti solo per le opzioni 2 e 3 perché identificano delle specifiche del giacimento che non risultano essere influenti per l'Opzione 1. Al contrario, la presenza di cluster è vincolante solo per la prima opzione in quanto produce acqua dolce per le piattaforme limitrofe. Analizzare la compatibilità della sealine con le miscele H₂ e con la CO₂ è fondamentale nel momento in cui l'obiettivo della riconversione è il riutilizzo del giacimento come stoccaggio di queste due sostanze. Infine, il criterio che identifica una superficie emersa della piattaforma maggiore di 270 m² permette di eliminare dallo studio tutte le piattaforme

che hanno una superficie troppo piccola per l'implementazione delle tre opzioni di riconversione, a prova di quanto enunciato infatti al di sotto di questa superficie sono presenti anche le monotubolari, già eliminate dall'analisi per assunzione iniziale.

L'efficienza del giacimento è definita dalla seguente formula:

$$\varepsilon = \frac{\text{working gas}}{\text{cushion gas} + \text{working gas}}$$

Dove:

- Working gas è il volume di gas calcolato in MSm³ che può essere iniettato o estratto a seconda dell'attività dell'impianto;
- Cushion gas è il volume di gas minimo calcolato in MSm³ che non viene mai estratto dal sito di stoccaggio, perché indispensabile per il funzionamento dello stesso;

Il valore limite dell'efficienza del giacimento è un valore normativo presente nel decreto 4 febbraio 2011. Procedure operative di attuazione del decreto 21 gennaio 2011 e modalità di svolgimento delle attività di stoccaggio e di controllo, ai sensi dell'articolo 13, comma 4 del decreto 21 gennaio 2011 [31].

3.3.3 *ATTRIBUZIONE DEGLI INDICI*

Ogni criterio di dettaglio viene valutato mediante indici compresi fra **A** e **D** in funzione delle caratteristiche tecniche e operative della piattaforma indagata:

- **A** = definisce sempre la condizione più favorevole possibile riferita al criterio analizzato;
- **B** = indica sempre una condizione medio/alta riferita al criterio analizzato;
- **C** = indica una condizione medio/bassa riferita al criterio analizzato;
- **D** = indica sempre la condizione più sfavorevole riferita al criterio analizzato.

Sono stati selezionati quattro indici in modo da garantire un'analisi dettagliata senza perdere di vista l'obiettivo dell'analisi stessa. Se fosse stata adottata una soluzione con soli due indici, come ad esempio A e B, dove A rappresenta l'opzione migliore e B quella

peggiore, non sarebbe stato possibile valutare le condizioni medie. Al contrario, se fosse stato selezionato un numero maggiore di indici, come ad esempio sei, dove A identifica sempre la condizione più favorevole e F la più sfavorevole, data la vastità di valori intermedi, si sarebbe complicata l'analisi senza che ci fosse un incremento significativo nella precisione dei risultati.

In fase di definizione della linea guida, per ciascun criterio, si stabiliscono delle caratteristiche o delle variabili chiave che caratterizzano la piattaforma e che permettono di valorizzare l'indice. Successivamente, queste caratteristiche vengono declinate in range di appartenenza associati a ciascun indice A/B/C/D. L'utente che interagisce con il *tool* non può modificare l'associazione tra i range di una data variabile e l'indice corrispondente.

Per quanto riguarda i criteri vincolanti, ad essi, non sono stati attribuiti dei range poiché l'utente identifica solamente la presenza o meno della caratteristica descritta dal criterio.

In fase di utilizzo del *tool*, e dunque della linea guida, l'assegnazione degli indici è automatica (la valutazione verrà fatta dal *tool*). Per valutare l'adattabilità di una piattaforma ad una data opzione di riconversione, per ciascun criterio:

- L'analista che si interfaccia con il programma inserisce il valore della caratteristica/variabile specifico per la piattaforma in esame richiesta dal criterio;
- L'algoritmo restituisce un indice (A/B/C/D) a seconda del range di appartenenza della grandezza di riferimento.

La procedura è ripetuta tre volte, una per ogni opzione, in quanto a seconda del tipo di riconversione i criteri possono avere indici diversi.

Un esempio dell'iter appena descritto riferito all'Opzione 1 è riportato in Tabella 2:

Tabella 2: Indici dei criteri di dettaglio

CRITERIO GENERALE	CRITERIO DI DETTAGLIO	VALORE	A	B	C	D	INDICE restituito dal tool
		[litri] Inserito dall'utente	[litri]	[litri]	[litri]	[litri]	
Aspetti di sicurezza	Quantità di sostanze infiammabili in fase liquida stoccate a bordo della piattaforma	500	0	0-100	100-1000	>1000	C

Le informazioni da inserire in risposta ai criteri comprendono sia dati di natura qualitativa che quantitativa. Questo approccio è necessario poiché i criteri affrontano una vasta gamma di tematiche e, di conseguenza, definire un'unica tipologia di risposta per i criteri avrebbe compromesso la precisione dello studio. Per semplificare l'utilizzo del *tool* da parte degli utenti, è possibile ottenere l'output finale anche se non tutti i criteri vengono completati. Tuttavia, la precisione del risultato relativo a una specifica opzione può diminuire, soprattutto se il criterio non completato è rilevante per quella particolare opzione di riconversione.

3.3.4 ATTRIBUZIONE A CIASCUN CRITERIO DI UN PESO

A ciascun criterio viene assegnato un peso riferito all'utilità che una determinata caratteristica ha per la realizzazione di una delle tre opzioni. Si attribuisce quindi un peso considerando un range compreso fra **-3** e **3**. In questo caso i valori possono essere negativi se la presenza di una proprietà ha degli effetti sfavorevoli sull'implementazione di una delle soluzioni.

Per le stesse motivazioni che hanno portato alla scelta di 4 indici è stato definito un range compreso fra -3 e 3 modo da garantire un'analisi dettagliata senza perdere di vista l'obiettivo finale.

È importante sottolineare che, per l'analisi degli aspetti ambientali, di sicurezza e per quelli legati all'utilità opzione, il peso è il medesimo per tutte e tre le opzioni; perché i criteri appartenenti a queste quattro categorie hanno lo stesso effetto per tutti gli scenari di riconversione.

Questo è uno dei punti più complessi per la definizione delle linee guida in quanto è necessario identificare una procedura di analisi coerente per tutte e tre le opzioni e che sia allo stesso tempo specifica per ogni criterio di dettaglio. Per questo motivo a seconda della macro-categoria si è scelto di utilizzare una metodologia diversa che potesse essere in linea con le caratteristiche descritte dai criteri di dettaglio appartenenti.

3.3.5 ATTRIBUZIONE INDICI PESI

Una volta identificato come attribuire gli indici e i pesi ai criteri è necessario definire una metodologia, ossia l'algoritmo in grado di associare gli indici ai pesi in modo da ottenere, come risultato finale, la percentuale di adattabilità. Se non si completasse questo passaggio logico i due step rimarrebbero divisi senza avere la possibilità di raggiungere l'output prestabilito. Il metodo scelto è quello della somma pesata, definito dalla seguente formula:

$$Score_i = \sum_K W_K \cdot \sum_J PC_{J,K} \cdot w_{J,K}$$

Dove:

- $Score_i$: Livello di adattabilità della piattaforma presa in esame rispetto a ciascuna opzione;
- W_K : Peso attribuito alla k-esima macro-categoria;
- $PC_{J,K}$: Punteggio (1;4) attribuito al j-esimo criterio facente parte della k-esima macro-categoria;
- $w_{J,K}$: Peso attribuito al j-esimo criterio di dettaglio facente parte della k-esima macro-categoria.

Il metodo permette di legare una valutazione qualitativa, indici, con una quantitativa, pesi. Questa procedura di analisi verrà ampiamente spiegata in un capitolo dedicato.

Nei successivi capitoli vengono descritti con maggior dettaglio le fasi precedentemente identificate, partendo dall'elaborazione dei criteri per concludere con un'analisi critica dei risultati ottenuti dal *tool*.

4 ELABORAZIONE DEI CRITERI E DEFINIZIONE DELLA PROCEDURA DI ANALISI PER L'ATTRIBUZIONE DEGLI INDICI

In questo capitolo vengono descritti alcuni dei 66 criteri appartenenti alle 6 macro-categorie, per ciascuno di essi, sono definiti i range di grandezza a cui vengono attribuiti gli indici e se necessario le relative unità di misura. Inoltre, per ciascun criterio sono stati individuati tutti i dati che l'utente deve inserire nel momento in cui si interfaccia con il programma e i calcoli eseguiti dal *tool*, sulla base dei valori forniti, per poter attribuire l'indice.

La descrizione completa di tutti i criteri è presente nell'**Allegato 2**

Come già introdotto nei capitoli precedenti i criteri di dettaglio sono stati divisi in sei macro-categorie:

- Aspetti ambientali;
- Sicurezza;
- Compatibilità ambientale e territoriale;
- Utilità opzione;
- Riconversione e decommissioning;
- Tecnologie e design.

Ogni macro-categoria si dedica a un ambito specifico rendendo più semplice la compilazione da parte dell'utente. Inoltre, tale suddivisione è utile nel momento in cui vengono attribuiti i pesi in quanto il metodo della somma pesata garantisce la possibilità di definire oltre che un peso per ciascun criterio, un peso per ciascuna macrocategoria.

4.1 ASPETTI AMBIENTALI

I criteri di dettaglio appartenenti a questa macro-categoria si riferiscono agli impatti ambientali che si avrebbero successivamente la riconversione e quindi nel momento in cui viene implementata una delle tre opzioni. A seconda dell'opzione presa come caso

studio, gli impatti durante la normal operation saranno diversi in quanto i tre progetti basic hanno finalità impiantistiche differenti. La definizione dei range è prevalentemente qualitativa; Ogni caratteristica descritta dal criterio di dettaglio viene confrontata con le condizioni di pre-riconversione in modo da poter identificare subito se l'impatto ambientale descritto è diminuito/aumentato/uguale. Questa procedura d'analisi è stata utilizzata per tutti i criteri appartenenti a questa macro-categoria, escludendo, ovviamente, i casi in cui risulta impossibile effettuare il confronto in quanto vengono descritti degli aspetti ambientali assenti nelle condizioni di pre-riconversione.

Gli aspetti ambientali elaborati dai criteri descrivono le principali fonti di inquinamento legate all'operatività di una piattaforma-offshore, in particolare:

- **Emissioni di gas e vapori in atmosfera:** considerando separatamente i gas e vapori climalteranti e i gas e vapori inquinanti;
- **Emissioni di liquidi in mare:** ad esempio scarichi di sostanze liquide potenzialmente pericolose per la flora e la fauna marina. L'analisi è stata divisa trattando separatamente tutte le sostanze inquinanti non presenti nelle condizioni di pre-riconversione (come la salamoia);
- **Produzione di rumore e vibrazioni:** questo impatto ambientale è legato al funzionamento di macchine operatrici e motrici: turbine, pompe, compressori ecc.;
- **Produzione di calore:** vengono considerati tutti gli scarichi di fluidi caldi o freddi in mare che potrebbero danneggiare la flora e la fauna attorno alla piattaforma. Questa categoria, a differenza di quella precedente sull'emissioni di liquidi, tratta come unica sostanza l'acqua utilizzata come fluido termovettore (per esempio, lo scarico in mare di acqua salata utilizzata per raffreddare un motore presente sulla piattaforma);
- **Inquinamento luminoso:** comprende tutta l'illuminazione che non rispetta il ciclo del sonno/veglia delle specie acquatiche oppure potenzialmente pericoloso per il traffico aereo;

- **Consumo di energia primaria:** viene quantificata l'energia primaria utilizzata in un anno dalla piattaforma durante la normal operation.

Qui di seguito vengono riportati come esempio i criteri relativi alla tipologia di impatto "Emissioni di liquidi in mare".

4.1.1 EMISSIONI DI LIQUIDI IN MARE

Nelle seguenti Tabelle sono presenti i criteri di dettaglio che si concentrano sulla descrizione dell'impatto ambientale legato all'emissione di liquidi in mare. Per i primi tre criteri è stata utilizzata un'analisi qualitativa; per ogni indice si definisce se l'impatto descritto dal criterio è minore/maggiore/uguale rispetto alle condizioni di pre-riconversione. Invece, per i liquidi in mare, non presenti nella fase di pre-riconversione, l'analisi è quantitativa in quanto si riferiscono a nuove condizioni operative sulle quali risulta impossibile fare il confronto.

Tabella 3: Criteri di dettaglio emissioni di liquidi -valutazione qualitativa

Criterio di dettaglio	Indice A	Indice B	Indice C	Indice D	Note
Quantità di liquidi inquinanti rilasciati in mare annualmente rispetto alle condizioni di pre-riconversione;	Le quantità sono molto minori rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Le quantità sono minori rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Le quantità sono uguali rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Le quantità sono maggiori rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Note le quantità rilasciate prima della riconversione e note le quantità attese nelle condizioni di post riconversione, l'utente seleziona la magnitudo dell'impatto e il tool restituisce direttamente l'indice.
Tempo di esposizione annuo atteso sulla flora e la fauna rispetto alle condizioni di pre-riconversione;	Il tempo di esposizione è molto minore rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Il tempo di esposizione è minore rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Il tempo di esposizione è uguale rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Il tempo di esposizione è maggiore rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Nota Il tempo di esposizione prima della riconversione e noto Il tempo di esposizione atteso nelle condizioni di post riconversione, l'utente seleziona la magnitudo dell'impatto e il tool restituisce direttamente l'indice.

Criterio di dettaglio	Indice A	Indice B	Indice C	Indice D	Note
Possibilità di impatto su particolari specie sensibili all'inquinante rilasciato rispetto alle condizioni di pre-riconversione.	La possibilità d'impatto è molto minore rispetto alle condizioni di pre-riconversione	La possibilità d'impatto è minore rispetto alle condizioni di pre-riconversione	La possibilità d'impatto è uguale rispetto alle condizioni di pre-riconversione	La possibilità d'impatto è maggiore rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Nota la possibilità d'impatto prima della riconversione e nota la possibilità d'impatto attesa nelle condizioni di post riconversione, l'utente seleziona la magnitudo dell'impatto e il tool restituisce direttamente l'indice.

Per ottenere un'analisi ambientale accurata, l'attenzione non si è focalizzata solo sul definire le quantità di sostanze pericolose rilasciate in mare, ma anche sul tempo di esposizione e sulla possibilità di impattare specie sensibili all'inquinante di riferimento. Durante la definizione dei criteri è emersa la necessità di dover determinare, trattandosi di normal operation, il tempo di esposizione, per capire quanto questi liquidi, in termini di tempo, impattano sul ciclo di vita della flora e la fauna adiacente alla piattaforma. Inoltre, per garantire che le tre opzioni di riconversione siano coerenti con la transizione energetica in atto è necessario che esse non vadano a danneggiare l'ecosistema marino che si è sviluppato negli anni attorno alla piattaforma; per questo motivo è stato aggiunto anche il criterio che pone l'attenzione sulla possibilità di impattare particolari specie sensibili all'inquinante rilasciato, tutelando la flora e la fauna marina adiacente alla struttura.

I range sono stati definiti a seconda del valore ottenuto dal confronto con le condizioni di pre-riconversione, ricordando che l'indice A definisce sempre la condizione più favorevole possibile, l'indice D definisce sempre la condizione più sfavorevole possibile, B e C si riferiscono alle condizioni intermedie, pertanto:

- Indice **A** se le Quantità, Tempo di esposizione, Possibilità d'impatto sono/è molto minori/e delle condizioni pre;

- Indice **B** se le Quantità, Tempo di esposizione, Possibilità d’impatto sono/è minori/e delle condizioni pre;
- Indice **C** se le Quantità, Tempo di esposizione, Possibilità d’impatto sono/è uguali/e delle condizioni pre;
- Indice **D** se le Quantità, Tempo di esposizione, Possibilità d’impatto sono/è maggiori/e delle condizioni pre.

Nell’ultima colonna della Tabella 3 si evidenziano i ruoli dell’utente e del *tool*, in questo caso l’utente inserisce la magnitudo dell’impatto e il *tool* restituisce direttamente l’indice. Dal punto di vista del programma l’elaborazione di questi criteri è molto semplice in quanto il *tool* non deve eseguire nessun’algoritmo specifico.

Nella Tabella 4 sono riportati i criteri che descrivono le emissioni di liquidi in mare non presenti nella fase di pre-riconversione:

Tabella 4: Criteri di dettaglio emissioni di liquidi -valutazione quantitativa-

Criterio di dettaglio	Indice A	Indice B	Indice C	Indice D	Note
Differenza in modulo del valore di pH rispetto alle condizioni di pre-riconversione;	0-0,1	0,1-0,35	0,35-0,5	0,5-0,7	L'utente inserisce il valore del pH medio del mare nelle condizioni di pre e post-riconversione. Il <i>tool</i> calcola la differenza in modulo e assegna l'indice.
Incremento percentuale di salinità dell'acqua di mare entro un raggio di 50 metri dallo scarico.	0- 1 %	1-2,5%	2,5-4%	4-5%	L'utente inserisce il livello di salinità nelle condizioni di pre e post-riconversione. Il <i>tool</i> calcola l'incremento in percentuale di salinità e assegna l'indice.

Basandoci sui basic design delle tre opzioni l'unico liquido non presente nelle condizioni di pre-riconversione e scaricato in grandi quantità in mare è la salamoia (liquido di scarto nell'Opzione 1). Quindi i due criteri, presenti nella Tabella 4, sono stati definiti principalmente per quantificare i danni causati dallo scarico di salamoia in mare, ma in futuro possono essere facilmente adattati a qualsiasi altra sostanza. Questa condizione è garantita dal fatto che non si considera l'impatto diretto dello specifico liquido inquinante sulla flora e la fauna, ma valutando la variazione del pH e l'aumento della salinità, si determinano indirettamente le conseguenze dannose sull'ecosistema marino limitrofo alla piattaforma.

L'acqua di mare ha un pH di circa 8,2 [32], allontanarsi dal valore ottimale è un pericolo per la salvaguardia della flora e della fauna marina. Di conseguenza è di fondamentale importanza andare a considerare un criterio che valuti il cambiamento del pH dovuto al rilascio di liquidi in mare.

Per definire gli indici si è partiti considerando il valore di pH ottimale 8,2 e un range di variazione che va da 7,5 a 8,2 [32]. Nonostante non ci siano limiti normativi si è considerato che l'alterazione non potesse andare oltre i valori sopra definiti in quanto un'opzione di riconversione, che modifica eccessivamente il valore del pH, causerebbe un impatto ambientale rilevante e di conseguenza verrebbe scartata a prescindere, senza aver bisogno dell'utilizzo del *tool* per comprendere il livello di adattabilità.

In linea generale per definire i range da attribuire a ciascun indice è stata utilizzata la seguente espressione:

$$|pH_{post} - pH_{pre}|$$

Dove:

- pH_{post} =valore del pH nelle condizioni di post riconversione;
- pH_{pre} =valore del pH nelle condizioni di pre-riconversione.

Quindi:

- Indice **A** → **0-0,1**; si è considerato come limite inferiore la variazione del pH nulla:

$$|pH_{post} - pH_{pre}| = |8,2 - 8,2| = 0$$

Invece per il limite superiore una variazione minima pari a 0,1.

- Indice **D** → **0,5-0,7**; il limite superiore di variazione del range è stato definito considerando la differenza in modulo del pH massima tra le condizioni di pre e post riconversione:

$$|pH_{post} - pH_{pre}| = |7,5 - 8,2| = 0,7$$

Il limite inferiore di D e i range di B e C sono stati determinati dividendo l'intervallo tra 0,1 e 0,7 nel seguente modo:

- **0,1-0,35** range indice **B**;
- **0,35-0,5** range indice **C**;
- Quindi di conseguenza il limite inferiore per **D** è 0,5.

Quando il valore è in grassetto identifica l'appartenenza allo specifico indice.

Si è scelto di non dividere a metà il range 0,1-0,7, ma di attribuire un intervallo relativo all'indice B maggiore rispetto a quello di C. Questa valutazione è stata fatta perché, trattandosi di valori di pH non estremamente nocivi per l'ambiente marino, se si dividesse a metà il range si rischierebbe di svantaggiare troppo l'Opzione 1.

L'utente per rispondere al criterio inserisce il valore del pH medio del mare nelle condizioni di pre e post-riconversione. Il *tool* calcola la differenza in modulo e assegna l'indice.

Il secondo criterio pone l'accento sul livello di salinità, che, come il pH, è un aspetto fondamentale per la salvaguardia della flora e della fauna marina. In Italia il livello massimo di salinità è regolato dal decreto-legge del 14 aprile 2023 articolo 10 nel quale viene definito: *“l'incremento percentuale massimo di salinità entro un raggio di 50 metri dallo scarico (zona di mescolamento), rispetto alla concentrazione salina media*

dell'acqua marina nell'area di interesse, è pari a $\Delta Sal_{max} < 5\%$. [33]". Per definire i range degli indici è stato considerato come valore massimo accettabile quello determinato dal decreto, in quanto se un'opzione durante la normal operation modificasse il livello di salinità ottenendo dei valori di $\Delta Sal_{max} > 5\%$ essa sarebbe scartata a prescindere dalla valutazione del livello di adattabilità perché non coerente con i limiti normativi imposti.

Quindi l'intervallo di variazione del livello di salinità va da 0 a 5%. I range vengono così definiti:

- Indice **A**: **0-1** %;
- Indice **B**: **1-2** %;
- Indice **C**: **2-4** %;
- Indice **D**: **4-5** %.

Quando il valore è in grassetto identifica l'appartenenza allo specifico indice.

L'utente inserisce il livello di salinità nelle condizioni di pre e post. Il tool utilizzando la seguente formula calcola l'incremento in percentuale di salinità e assegna un indice:

$$\Delta Sal = \frac{\text{livello } sal_{post} - \text{livello } sal_{pre}}{\text{livello } sal_{pre}} \cdot 100$$

Dove:

- ΔSal = incremento di salinità in percentuale;
- $\text{livello } sal_{post}$ = livello di salinità nelle condizioni post-riconversione;
- $\text{livello } sal_{pre}$ = livello di salinità nelle condizioni pre-riconversione.

4.2 SICUREZZA

I criteri di dettaglio appartenenti a questa macro-categoria si riferiscono agli aspetti di sicurezza di processo. L'analisi si divide in: identificare tutte le sostanze stoccate sulla

piattaforma e poi, successivamente, definire le aree di danno. Valutare le quantità di sostanze tossiche, corrosive, infiammabili, esplosive stoccate è fondamentale; maggiori sono le quantità maggiori sono le probabilità di causare danni alle persone e all'asset in caso di incidente. Considerare nell'analisi di sicurezza la valutazione delle aree di danno permette di identificare le zone di elevata letalità e danni irreversibili riferiti alle persone e all'asset. Molte piattaforme non sono isolate ma sono inserite all'interno di un cluster; quindi, grazie all'analisi delle aree di danno, garantita dai criteri di dettaglio presenti in questa macro-categoria, si può definire se un qualsiasi evento incidentale, può causare dei danni, oltre che alla piattaforma in esame, anche alle piattaforme limitrofe. A seconda dell'opzione presa come caso studio gli indici riferiti ai vari criteri saranno diversi in quanto i tre progetti basic hanno finalità impiantistiche differenti; infatti, è già chiaro, anche senza l'ausilio del *tool*, che, per quanto riguarda questa macro-categoria l'Opzione 2 e 3 saranno svantaggiate a causa delle grandi quantità di CO₂ e CH₄ +H₂ processati.

Vengono spiegati nel dettaglio in Tabella 5 solo i criteri che descrivono le quantità di sostanze infiammabili stoccate.

Tabella 5: Criteri di dettaglio Aspetti di sicurezza-quantità-

Criterio di dettaglio	Unità di misura	Indice A	Indice B	Indice C	Indice D	Note
Quantità di sostanze infiammabili in fase liquida stoccate a bordo della piattaforma;	kg	0	0 -100	100-1000	>1000	L'utente inserisce le quantità di sostanze infiammabili in fase liquida e il <i>tool</i> restituisce l'indice.
Quantità di sostanze infiammabili in fase gassosa stoccate a bordo della piattaforma;	kg	0	0 -100	100-1000	>1000	L'utente inserisce le quantità di sostanze infiammabili in fase gassosa e il <i>tool</i> restituisce l'indice

Per definire i range da attribuire a ciascun indice è stato utilizzato come riferimento il Documento: “*Stoccaggio di sostanze pericolose- Guida pratica - Edizione riveduta 2011 (con il sistema GHS/CLP) [34]*”, in particolare la tabella presente nella Figura 12.

Quantità (ambiti di grandezza)	Effetti sullo stoccaggio
Grammi – chilogrammi (fino a ca. 100 kg)	<ul style="list-style-type: none"> • In un armadio o in un locale secondo la classificazione. • Eccezione per le sostanze «radioattive». • Osservanza degli obblighi dello stoccaggio combinato.
Chilogrammi – tonnellate (da ca. 100 kg fino a ca. 1000 kg)	<ul style="list-style-type: none"> • In armadi o compartimenti tagliafuoco separati secondo la classificazione. • Osservanza degli obblighi dello stoccaggio combinato. • Serranda di ritenzione delle acque di spegnimento o provenienti da perdite. • Eventuale breve rapporto secondo l’ordinanza sulla protezione contro gli incidenti rilevanti*.
A partire dalle tonnellate (più di ca. 1000 kg)	<ul style="list-style-type: none"> • In compartimenti tagliafuoco separati secondo la classificazione. • Limitazione delle quantità stoccate per compartimento tagliafuoco. • Osservanza degli obblighi dello stoccaggio combinato. • Serranda di ritenzione delle acque di spegnimento o provenienti da perdite. • Eventuale breve rapporto secondo l’ordinanza sulla protezione contro gli incidenti rilevanti*.

Figura 12: Quantità sostanze - effetti sullo stoccaggio [34]

La seguente griglia rappresenta il tentativo di ripartire in modo pratico le quantità stoccate in diverse categorie. L’analisi si è concentrata sul legame fra le quantità stoccate e i dispositivi di sicurezza, in particolare: maggiori sono le quantità stoccate e maggiori sono gli effetti sullo stoccaggio per garantire le condizioni di sicurezza. È chiaro che, se un’opzione ha come caratteristica intrinseca elevati volumi di sostanze pericolose essa risulterà svantaggiata in quanto durante l’attribuzione degli indici le sarà attribuito un valore pari a C o D.

Si ottiene come risultato finale la seguente divisione degli indici:

- Indice **A** 0 kg le quantità riferite a quella specifica tipologia di sostanza sono nulle;
- Indice **B** 0-100 kg;
- Indice **C** 100-1000 kg;

- Indice **D** >1000 kg;

Quando il valore è in grassetto identifica l'appartenenza allo specifico indice.

L'utente per rispondere al criterio inserisce le quantità riferite alla specifica tipologia di sostanza e il *tool*, a seconda del range di appartenenza del valore, restituisce un indice.

4.3 COMPATIBILITÀ AMBIENTALE E TERRITORIALE

L'analisi dei criteri presenti in questa macro-categoria si occupa di definire quanto le caratteristiche ambientali e territoriali della zona su cui è installata la piattaforma sono compatibili con l'implementazione delle tre opzioni. Nella Tabella 6: Criteri di dettaglio Compatibilità ambientale e territoriale sono elencati i criteri di dettaglio ritenuti più rilevanti.

Tabella 6: Criteri di dettaglio Compatibilità ambientale e territoriale

Criterio di dettaglio	Unità di misura	Indice A	Indice B	Indice C	Indice D	Note
Distanza tra la velocità del vento attesa e la velocità massima del vento compatibile con le installazioni a bordo della piattaforma;	%	<35%	35-55%	55-75%	>75%	L'utente inserisce la velocità media massima del luogo d'interesse. il <i>tool</i> assegna l'indice in funzione del rapporto % tra la velocità inserita dall'utente e un valore di riferimento.
Differenza tra il carico dovuto alle precipitazioni nevose medie annue e il carico massimo compatibile con le apparecchiature a bordo della piattaforma;	%	<15%	15-30%	30-75%	>75%	L'utente inserisce il carico massimo del componente meno resistente presente sul weather deck e il valore medio di carico nevoso della zona. Il <i>tool</i> calcola il rapporto % e individua l'indice.

Criterio di dettaglio	Unità di misura	Indice A	Indice B	Indice C	Indice D	Note
Valore di GOIP del giacimento;	M ³	>900	600-900	600-300	<300	L'utente inserisce il valore di GOIP e il <i>tool</i> restituisce l'indice.
Valore efficienza giacimento;	%	>75%	50-75%	30-50%	<30%	L'utente inserisce il valore dell'efficienza e il <i>tool</i> assegna l'indice.
Profondità pozzo;	m	>3555	2318-3555	1245-2318	<1245	L'utente inserisce il valore della profondità del pozzo e il <i>tool</i> assegna l'indice

A differenza delle altre macro-categorie già presentate, la compatibilità ambientale presenta alcuni criteri nei quali l'attribuzione degli indici non si differenzia a seconda dell'opzione analizzata. Questo avviene quando le caratteristiche descritte dal criterio sono solo di carattere ambientale e territoriale e non vengono prese in considerazione le peculiarità dell'impianto di riconversione installato. Per comprendere meglio il concetto vengono riportati due esempi:

- Presenza giacimenti → Il criterio si basa unicamente su una caratteristica ambientale → quindi nel momento dell'attribuzione degli indici l'utente inserirà lo stesso valore per tutti e tre le opzioni;
- Differenza tra il carico dovuto alle precipitazioni nevose medie annue e il carico massimo compatibile con le apparecchiature a bordo della piattaforma → Il criterio descrive sia delle caratteristiche ambientali (carico della neve) che delle caratteristiche strutturali legate alla tipologia di opzione installata (carico massimo compatibile con le apparecchiature della piattaforma) → quindi nel momento dell'attribuzione degli indici l'utente inserirà un valore diverso a seconda del basic design analizzato.

Qui di seguito vengono elaborati singolarmente i criteri presenti in Tabella 6.

4.3.1 *DISTANZA TRA LA VELOCITÀ DEL VENTO ATTESA E LA VELOCITÀ MASSIMA DEL VENTO COMPATIBILE CON LE INSTALLAZIONI A BORDO DELLA PIATTAFORMA*

Le piattaforme offshore, trovandosi in mare, sono spesso interessate da forti folate di vento, di conseguenza è di primaria necessità andare a definire un criterio che analizzi la compatibilità delle apparecchiature installate a bordo della piattaforma con la velocità del vento. Ovviamente, tale confronto è strettamente legato alla zona in cui è installata la struttura e alla soluzione di riconversione presa in esame. È facile intuire che nei siti dove i moti ventosi sono maggiori, a parità di apparecchiature installate sulla piattaforma, il livello di compatibilità sarà minore. Inoltre, questo criterio risulta molto rilevante per l'Opzione 1 in quanto, a differenza delle altre soluzioni impiantistiche, presenta nel weather deck i pannelli fotovoltaici che risultano essere elementi molto vulnerabili a causa dell'effetto vela.

I valori di riferimento utilizzati per definire i vari range sono:

- Il valore massimo della velocità media del vento statisticamente attesa a circa 12 miglia dalla costa → **27 km/h** [35];
- Il valore massimo del vento compatibile con i pannelli fotovoltaici con inclinazione di 30° → **88 km/h** [36];
- Tolleranza di sicurezza pari a 75% del valore massimo del vento compatibile con i pannelli fotovoltaici → $88 \text{ km/h} \cdot 0,75 = \mathbf{66 \text{ km/h}}$.

Il valore del vento **27 km/h** [35] è stato ricavato grazie all'utilizzo del *tool* messo a disposizione da global Atlas; andando a definire sulla mappa un'unica grande zona dove sono presenti tutte le piattaforme offshore italiane, il programma ha restituito come output il valore massimo medio della velocità del vento.

I pannelli fotovoltaici sono l'apparecchiatura di riferimento utilizzata per definire i vari range, questo perché essi sono particolarmente vulnerabili al carico del vento. Di conseguenza per rendere l'analisi più cautelativa possibile come velocità massima

compatibile con le installazioni a bordo della piattaforma è stata esaminata quella dei pannelli. Per definire tale velocità è stata considerata un'inclinazione dei pannelli pari a 30° perché è un valore generalmente utilizzato in Italia, in quanto permette all'impianto fotovoltaico di raggiungere buone prestazioni [37]. Quindi, grazie a delle analisi effettuate in galleria del vento con inclinazione 30° è stata evidenziata una resistenza del pannello fino a una velocità del vento pari a **88 km/h** [36].

Infine, è stata definita, in modo da garantire sempre un'analisi dei range cautelativa, una tolleranza di sicurezza che identifica i valori di velocità del vento tale per cui non risulta molto conveniente installare un impianto fotovoltaico. Questa condizione si ha quando si registra una velocità del vento prossima al valore massimo ammissibile. Per identificare il limite è stata utilizzata la medesima procedura delle PSV (pressure safety valve) le quali entrano in funzione per evitare che una pressione sicura prestabilita venga superata [38], per ragioni di sicurezza esse si azionano prima di arrivare a quel valore precisamente quando nel sistema si raggiunge il 75% di tale pressione [39]. Quindi per i pannelli si ottiene $88 \text{ km/h} \cdot 0,75 = \mathbf{66 \text{ km/h}}$

Sulla base dei valori di riferimento appena spiegati è possibile andare a definire i range relativi a ciascun indice:

- Indice **A** <35%; per definire il limite superiore è stata utilizzata la seguente formula:

$$v_{\%} = \frac{v_{vento \max \text{ medio}}}{v_{vento \max \text{ pannelli}}} \cdot 100 = \frac{27}{88} \cdot 100 = 31\% \rightarrow \mathbf{35\%}$$

Dove:

- $v_{\%}$ = rapporto in percentuale;
- $v_{vento \max \text{ medio}}$ = valore massimo della velocità media del vento statisticamente attesa a circa 12 miglia dalla costa;
- $v_{vento \max \text{ pannelli}}$ = valore massimo del vento compatibile con i pannelli fotovoltaici con inclinazione di 30°.

È stato scelto di non utilizzare il risultato preciso del rapporto fra le due velocità ma di posizionare il valore estremo leggermente sopra, **35%**; in modo da avere un range più ampio e quindi dare maggiore possibilità alle opzioni impiantistiche di ottenere l'indice A, garantendo sempre le condizioni di sicurezza.

Indice **D** <75%; in questo caso è stata considerata la tolleranza di sicurezza facendo riferimento al caso delle PSV (75% del valore della pressione di progetto tale per cui si apre la valvola):

$$\frac{v_{vento}}{v_{max_{vento\ pannelli}}} \cdot 100 = \frac{66}{88} \cdot 100 = 75\%$$

Per gli indici B e C è stato diviso a metà l'intervallo 35-75% ottenendo:

- Indice **B** **35-55%**;
- Indice **C** **55-75%**.

Quando il valore è in grassetto identifica l'appartenenza allo specifico indice.

L'utente per rispondere al criterio inserisce la velocità media massima del luogo dove si trova la piattaforma. Il *tool*, a prescindere dall'opzione analizzata, assegna l'indice in funzione del rapporto in percentuale tra la velocità inserita dall'utente e il valore massimo del vento (88 km/h) compatibile con i pannelli fotovoltaici con inclinazione 30°.

$$v_{\%} = \frac{v_{vento}}{v_{vento-componente}} \cdot 100$$

Dove:

- $v_{\%}$ =rapporto in percentuale;
- v_{vento} = velocità media massima del luogo dove si trova la piattaforma in esame;

- $v_{vento-componente}$ = il valore massimo di velocità del vento compatibile con il pannello 88 km/h.

Nelle schede tecniche delle apparecchiature utilizzate per le tre opzioni non sono presenti le velocità massime del vento ammissibili, di conseguenza per tutta la strumentazione e per tutte e tre le opzioni come valore di riferimento è stato utilizzato il valore ottenuto dalle prove in galleria del vento, per i pannelli fotovoltaici, 88 km/h. Per generalizzare questo valore massimo e renderlo adattabile a tutte le soluzioni di riconversione è stata utilizzata la scala di Beaufort [40], dove dall'analisi dei dati presenti, si evince che per tali velocità del vento si hanno considerevoli danni strutturali a qualsiasi tipologia di apparecchiature. Questo criterio rappresenta un'eccezione, perché nonostante siano descritte sia delle caratteristiche ambientali (velocità media massima del luogo) che delle caratteristiche strutturali, legate alla tipologia di opzione installata (velocità massima ammissibile), il *tool* attribuisce lo stesso indice per tutte e tre le opzioni. L'influenza della caratteristica descritta dal criterio, per la specifica soluzione di riconversione, viene considerata nella fase successiva dell'analisi, ovvero nel momento in cui vengono attribuiti i paesi dove per l'Opzione 1 viene assegnato un valore pari a -2 invece per l'Opzione 2 e 3 -1.

4.3.2 DIFFERENZA TRA IL CARICO DOVUTO ALLE PRECIPITAZIONI NEVOSE MEDIE ANNUE E IL CARICO MASSIMO COMPATIBILE CON LE APPARECCHIATURE A BORDO DELLA PIATTAFORMA

Come per la velocità del vento, è necessario andare a definire un criterio che analizzi la compatibilità delle apparecchiature installate sul weather deck con il carico nevoso. Nonostante il clima mite che caratterizza le coste italiane in alcune particolari zone, specialmente nel Mar Adriatico, si sono raggiunte, più volte durante gli anni, le condizioni meteorologiche favorevoli alle precipitazioni nevose. Anche in questo caso la caratteristica descritta da questo criterio risulta essere più rilevante per l'Opzione 1 rispetto che all'Opzione 2 e 3 a causa della presenza dei pannelli fotovoltaici.

I valori di riferimento utilizzati per definire i vari range sono:

- I valori del carico della neve al suolo per le tre macro-zone in Italia: nord→**1,5 (kN/m²)**, centro →**1(kN/m²)**, sud→**0,6 (kN/m²)** [41];
- Il massimo carico di test riferito al pannello fotovoltaico → **5400 Pa** valore normativo presente nella norma 61215-2 [42];
- Tolleranza di sicurezza pari a 75% del carico di test riferito al pannello fotovoltaico → $5400 \text{ Pa} \cdot 0,75 = \mathbf{4050 \text{ Pa}}$.

Il carico della neve al suolo dipende dalle condizioni locali di clima e di esposizione, di conseguenza, a seconda della zona considerata si avranno dei valori annuali di riferimento differenti. Ovviamente, al sud rispetto al nord il carico nevoso, risulta essere minore grazie alle condizioni meteorologiche più miti.

I pannelli fotovoltaici sono molto vulnerabili alle precipitazioni nevose, il carico nevoso potrebbe influire negativamente sul funzionamento del pannello e quindi diminuire la produttività dell'impianto. In modo da garantire un'analisi cautelativa è stato scelto di utilizzarli come apparecchiature di riferimento per la definizione dei range. Per il valore del carico massimo compatibile con il pannello si considera il valore di test presente nella norma 61215-2 pari a **5400 Pa**.

Per il valore relativo alla tolleranza di sicurezza è stato considerato il 75% del carico di test secondo normativa pari a **4050 Pa**.

Prima di poter identificare i vari indici è stato eseguito un ultimo passaggio. Sulla base dei primi due valori di riferimento appena elencati per ogni zona è stato calcolato il seguente rapporto percentuale:

$$C_{\%} = \frac{\text{Carico nevoso}_{i\text{-esima zona}}}{\text{Carico max}_{\text{pannelli}}} \cdot 100$$

Dove:

- $C_{\%}$ = rapporto in percentuale fra il carico nevoso della i-esima zona e il valore normativo di carico massimo riferito ai pannelli;

- $Carico\ nevosoi-esima\ zona$ = a seconda della zona presa in considerazione si deve prendere come riferimento un valore di carico nevoso diverso;
- $Carico\ max_{pannelli}$ = valore normativo sempre costante pari a 5400 Pa.

Di conseguenza se si considera il nord Italia si ottiene il seguente valore in percentuale:

$$\frac{Carico\ nevosoi-esima\ zona}{Carico\ max_{pannelli}} \cdot 100 = \frac{1,5 \left(\frac{kN}{m^2}\right) \cdot 1000}{5400\ Pa} \cdot 100 = \mathbf{28\%}$$

Per il centro Italia:

$$\frac{Carico\ nevosoi-esima\ zona}{Carico\ max_{pannelli}} \cdot 100 = \frac{1 \left(\frac{kN}{m^2}\right) \cdot 1000}{5400\ Pa} \cdot 100 = \mathbf{19\%}$$

Infine, per il sud Italia:

$$\frac{Carico\ nevosoi-esima\ zona}{Carico\ max_{pannelli}} \cdot 100 = \frac{0,6 \left(\frac{kN}{m^2}\right) \cdot 1000}{5400\ Pa} \cdot 100 = \mathbf{11\%}$$

A questo punto sono stati ricavati tutti i dati necessari per poter rappresentare gli indici:

- Indice **A** <15%; valore ottenuto facendo la media fra 11 e 19%;
- Indice **B** 15-30%; è stato scelto come estremo superiore un valore prossimo a 28%;
- Indice **C** 30-75%;
- Indice **D** <75%; in questo caso è stata considerata la tolleranza di sicurezza facendo riferimento al caso delle PSV (75% del valore della pressione di progetto tale per cui si apre la valvola).

Quando il valore è in grassetto identifica che l'appartenenza allo specifico indice.

L'utente per rispondere al criterio inserisce come input sia il carico massimo tollerabile (letto da scheda tecnica), riferito al componente meno resistente presente nel weather deck, che il carico nevoso medio annuale, riferito alla zona in cui è installata la piattaforma. Il *tool* calcola il rapporto in percentuale e attribuisce l'indice.

Se da scheda tecnica non è presente alcun dato riferito al carico massimo accettabile, l'utente inserisce nel *tool* il valore 0. In questo caso il criterio non verrà preso in considerazione, in quanto la caratteristica descritta dal criterio è ininfluente per determinare il livello di adattabilità dell'opzione alla piattaforma in esame.

4.3.3 VALORE DI GOIP DEL GIACIMENTO

I basic design delle Opzioni 2 e 3 si focalizzano sull'utilizzo del giacimento come sito di stoccaggio per il CH₄+H₂ o CO₂. Per caratterizzare lo stoccaggio e per comprendere se l'implementazione di una di queste due soluzioni è conveniente, sono stati inseriti, nello studio del livello di adattabilità, dei criteri che hanno come focus la definizione di alcuni parametri geofisici del giacimento. Come il valore del GOIP (Gas Originariamente In Posto) l'efficienza del giacimento e la profondità del pozzo [29].

Il GOIP è un valore in MSm³ rappresenta la quantità di gas originariamente presente nel giacimento, ovvero prima che iniziassero le attività di estrazione di idrocarburi. La determinazione del GOIP è molto complessa in quanto si basa su uno studio dettagliato del giacimento. In letteratura non sono presenti molti valori indicativi, di conseguenza elaborare dei range non è stato facile a causa della mancanza dei dati. Quindi per definire i vari intervalli da attribuire agli indici è stato utilizzato come valore di riferimento del GOIP quello relativo solo a GREEN1. La metodologia utilizzata per identificare i range, in prima analisi, potrebbe risultare approssimativa ma in realtà non è così perché GREEN1 rappresenta una piattaforma "tipica" del panorama italiano. Poiché le caratteristiche di GREEN1 sono un'ottima stima media delle proprietà delle piattaforme offshore italiane, si garantisce un'analisi dettagliata nonostante la carenza di dati a disposizione.

Partendo quindi dal valore del GOIP caratteristico di GRREN1 pari a 600 MSm³ [29] sono stati identificati tutti gli intervalli degli indici:

- Indice **A** >900 MSm³; valori di GOIP molto maggiori rispetto a GREEN1;
- Indice **B** 600-900 MSm³; valori di GOIP maggiori rispetto a GREEN1;
- Indice **C** 600-300 MSm³; valori di GOIP minori rispetto a GREEN1;
- Indice **D** <300 MSm³; valori di GOIP molto minori rispetto a GREEN1.

Quando il valore è in grassetto identifica l'appartenenza allo specifico indice.

Per rispondere al criterio, l'utente inserisce il valore di GOIP del giacimento in esame e il *tool*, a seconda del range di appartenenza del dato inserito, restituisce l'indice.

4.3.4 VALORE EFFICIENZA GIACIMENTO

Il valore dell'efficienza del giacimento, come il valore di GOIP, è un parametro caratteristico e si calcola nel seguente modo:

$$\varepsilon = \frac{\text{working gas}}{\text{cushion gas} + \text{working gas}}$$

Dove:

- Working gas è il volume di gas calcolato in MSm³ che può essere iniettato o estratto a seconda dell'attività dell'impianto.
- Cushion gas è il volume di gas minimo calcolato in MSm³ che non viene mai estratto dal sito di stoccaggio, perché indispensabile per il funzionamento dello stesso. La presenza del cushion gas è fondamentale perché mantiene nel tempo le caratteristiche geofisiche del giacimento e evita la risalita dell'acquifero [29].

Dall'equazione appena descritta, è chiaro che maggiore è l'efficienza maggiore è la quantità di gas che si può iniettare ed estrarre dal giacimento. Per le Opzioni 2 e 3 che basano il loro basic design sulla possibilità di utilizzare i giacimenti esausti come siti di

stoccaggio, la caratteristica è fondamentale. Questo criterio potrebbe sembrare una ripetizione del criterio vincolante sull'efficienza del giacimento >30% ma in realtà non è così, si è scelto di aggiungerlo in modo da rendere più precisa l'analisi, favorendo le piattaforme con valori di ϵ maggiori all'implementazione delle Opzioni 2 e 3. Se questo criterio non facesse parte dell'analisi, una piattaforma con bassi valori di efficienza di giacimento (ma comunque maggiori del limite normativo), a parità di altre caratteristiche, potrebbe avere lo stesso livello di adattabilità alle soluzioni 2 e 3 di una piattaforma con elevati ϵ .

Per definire gli indici si è partiti considerando la soglia minima dell'efficienza per garantire lo stoccaggio pari al 30% e che valori di ϵ >75% denotano delle ottime prestazioni del giacimento. Sulla base dei valori di riferimento esposti i range sono stati stabiliti nel seguente modo:

- Indice **A** >75%;
- Indice **B** 50-75%;
- Indice **C** 30-50%;
- Indice **D** <30%.

Quando il valore è in grassetto identifica l'appartenenza allo specifico indice.

Per rispondere al criterio, l'utente inserisce il valore di efficienza del giacimento della piattaforma in esame e il *tool*, a seconda del range di appartenenza del dato inserito, restituisce l'indice.

4.3.5 PROFONDITÀ POZZO

Come ultima caratteristica ambientale e territoriale riferita al giacimento è stata analizzata la profondità. A seconda delle profondità del giacimento si ottengono valori diversi di pressione e di temperatura nel sito di stoccaggio. È evidente che, la conoscenza di questo parametro risulta fondamentale per determinare le condizioni di operatività dell'impianto e la tipologia di apparecchiature da installare a bordo della piattaforma. Identificare un'unica profondità è impossibile, in quanto ogni giacimento è caratterizzato

da una sua specifica estensione verticale; quindi, a seconda della zona dove viene estratto il gas dal giacimento si individuano profondità diverse. Per semplificare l'analisi, di conseguenza, è stato scelto di identificare un unico valore pari alla profondità del pozzo e quindi di trascurare l'estensione verticale del giacimento.

Per la definizione dei range viene preso in esame *“Elenco storico dei pozzi idrocarburici perforati in Italia dal 1895 al 2016 [44]”*, in questo documento sono presenti tutti i valori di profondità dei pozzi per tutte le piattaforme presenti nel panorama italiano. Per l'analisi degli indici dall'elenco del MASE (Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica) sono stati considerati solo i pozzi in mare, con lo scopo di sviluppo, con produzione di gas e/olio e concessione di coltivazione. Al fine di garantire una suddivisione dei vari range coerente con valori dell'offshore italiano, sono state calcolate le frequenze di profondità dei pozzi presenti nell'elenco, in particolare il valore del 5, 50 e 75 percentile della distribuzione ottenendo i seguenti risultati:

- 5 percentile → **1245 m**;
- 50 percentile → **2318 m**;
- 75 percentile → **3555 m**.

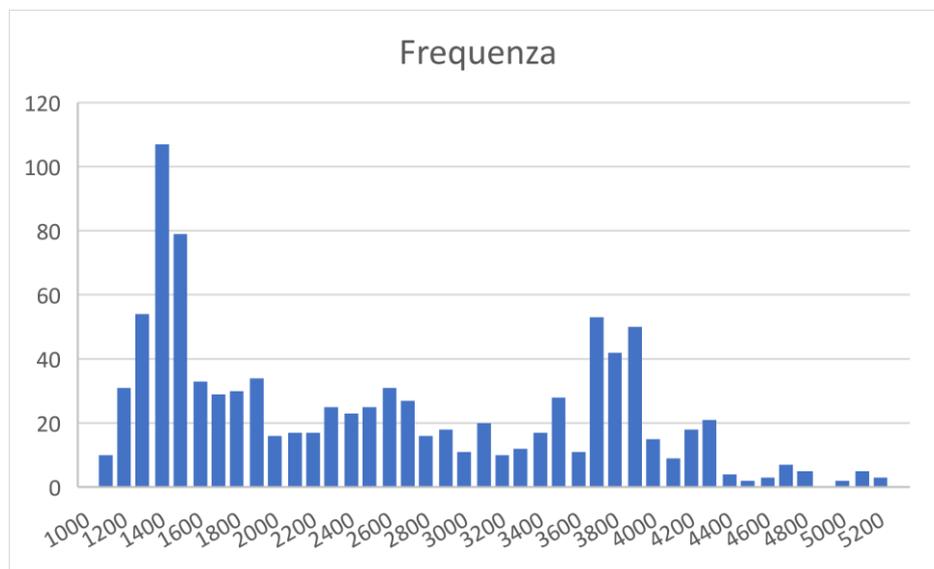


Figura 13: Grafico frequenze offshore italiano

Sulla base dei dati di frequenza calcolati sono stati identificati tutti gli intervalli da attribuire agli indici:

- Indice **A** >3555 m;
- Indice **B** 2318-**3555** m;
- Indice **C** **1245-2318** m;
- Indice **D** <1245 m.

Quando il valore è in grassetto identifica l'appartenenza allo specifico indice.

Per rispondere al criterio, l'utente inserisce il valore di profondità del pozzo della piattaforma in esame e il *tool*, a seconda del range di appartenenza del dato inserito, restituisce l'indice.

4.4 UTILITÀ OPZIONE

Nel dicembre 2019 il parlamento europeo ha presentato il più ampio e pretenzioso programma per contrastare l'emergenza climatica, 'Green Deal' [44]. Il Green Deal comprende una serie di azioni concrete volte al raggiungimento della neutralità climatica, in particolare la riduzione del 55% dei gas effetto serra del entro il 2030 [2] ed entro il 2050, il raggiungimento dell'obiettivo di emissioni nette nulle. Le tre Opzioni di riconversione hanno come scopo comune di sostenere la transizione energetica in atto, in modo da poter contribuire attivamente al raggiungimento degli obiettivi europei. Di conseguenza, è stato scelto di aggiungere questa macro-categoria per definire, durante l'analisi, quanto la soluzione impiantistica in esame è in linea con gli obiettivi presenti nel Green Deal.

Nella Tabella 7 sono elencati tutti i criteri di dettaglio:

Tabella 7: Criteri di dettaglio utilità opzione

Criterio di dettaglio	Unità di misura	Indice A	Indice B	Indice C	Indice D	Note
Quantità di CO ₂ emessa annualmente rispetto alle condizioni di pre-riconversione;	%	<25%	25-50%	50-75%	>75%	L'utente inserisce la quantità di CO ₂ emessa nelle condizioni di pre e la quantità di CO ₂ (attesa) emessa nelle condizioni di post-riconversione. Il tool calcola il rapporto % e assegna l'indice.
Quantità di CO ₂ catturata annualmente.	kt/anno	>1000	1000-500	500-4	<4	L'utente inserisce le quantità attese annualmente di CO ₂ catturate e il tool a seconda del valore attribuisce l'indice.

4.4.1 QUANTITÀ DI CO₂ EMESSA ANNUALMENTE RISPETTO ALLE CONDIZIONI DI PRE-RICONVERSIONE

Questo criterio di dettaglio è stato aggiunto con lo scopo di quantificare le riduzioni di CO₂ emesse in atmosfera dopo l'implementazione delle opzioni di riconversione. Quindi più le quantità di CO₂ emesse nelle condizioni di post-riconversione sono basse, maggiore è il risparmio in termini di gas serra emessi in atmosfera. È chiaro che per questo criterio l'Opzione 1, rispetto alle restanti, risulta la favorita in quanto non utilizza idrocarburi per il suo funzionamento, ma un impianto fotovoltaico installato nel weather deck.

I range da attribuire a ciascun indice sono stati definiti considerando il rapporto in percentuale fra le condizioni di post e pre-riconversione:

$$R_{\%} = \frac{\text{Quantità } CO_{2\text{post}}}{\text{Quantità } CO_{2\text{pre}}} \cdot 100$$

Dove:

- $R_{\%}$ = rapporto percentuale;
- *Quantità $CO_{2_{post}}$* = identifica le quantità di CO_2 (attese) emesse nelle condizioni di post-riconversione;
- *Quantità $CO_{2_{pre}}$* = identifica le quantità di CO_2 emesse nelle condizioni di pre-riconversione.

L'intervallo avente come estremi la condizione più favorevole possibile, $R_{\%} = 0\%$, e la condizione più sfavorevole possibile, $R_{\%} = 100\%$, è stato diviso in 4 parti uguali per poter identificare gli indici:

- Indica **A 0-25%**;
- Indice **B 25-50%**;
- Indice **C 50-75%**;
- Indice **D 75-100%**.

Quando il valore è in grassetto identifica l'appartenenza allo specifico indice.

$R_{\%} = 0\%$ si ottiene quando le quantità emesse di CO_2 nelle condizioni di post-riconversione sono nulle.

$R_{\%} = 100\%$ si ottiene quando le quantità emesse di CO_2 nelle condizioni di post-eguagliano le emissioni nelle condizioni di pre-riconversione.

Per rispondere al criterio l'utente inserisce la quantità di CO_2 emessa nelle condizioni di pre e la quantità di CO_2 (attesa) emessa nelle condizioni di post-riconversione. Il tool calcola il rapporto in percentuale e a seconda del range di appartenenza di $R_{\%}$, restituisce l'indice.

4.4.2 QUANTITÀ DI CO_2 CATTURATA ANNUALMENTE;

Lo stoccaggio di CO_2 nei giacimenti esausti è un'efficiente soluzione per diminuire le emissioni di gas serra. Di conseguenza, si è scelto di inserire un criterio che favorisse l'implementazione dell'Opzione 3 che ha come finalità impiantistica la cattura della CO_2 .

Le quantità di anidride carbonica catturabili variano a seconda delle caratteristiche geofisiche del giacimento e dalle caratteristiche strutturali della piattaforma. Più la piattaforma è compatibile con lo stoccaggio più il livello di adattabilità relativo alla terza soluzione progettuale aumenta.

Per definire i range da attribuire agli indici sono stati considerati due impianti di riferimento:

- L'impianto offshore di Sleipner in grado di catturare circa **1 milione** di chilotonnellate di CO₂ all'anno [45];
- L'impianto di piccola taglia DAC (Direct Air Capture) in grado di catturare 4 chilotonnellate all'anno di CO₂ [45].

Quindi la valutazione dei range risulta essere la seguente:

- Indice **A** > 1000 kt; l'impianto di riconversione riesce a catturare più CO₂ rispetto all'impianto offshore di Sleipner;
- Indice **D** 0-4 kt; la soluzione impiantistica non ha come finalità la cattura della CO₂ oppure le prestazioni sono minori rispetto al caso dell'impianto DAC;

Le definizioni dei restanti due indici sono state determinate dividendo l'intervallo 1000- 4 in due parti praticamente identiche:

- Indice **B** 4-500 kt;
- Indice **C** 500-1000 kt.

Quando il valore è in grassetto identifica l'appartenenza allo specifico indice.

Per rispondere al criterio l'utente inserisce le quantità attese annualmente di CO₂ catturate e il *tool*, a seconda del range di appartenenza del dato inserito, restituisce l'indice.

4.5 RICONVERSIONE E DECOMMISSIONING

Per rendere possibile l'installazione delle tre opzioni è necessario effettuare delle operazioni di riconversione e decommissioning in modo da preparare la piattaforma a lavorare nelle nuove condizioni operative. L'obiettivo finale per tutte tre le opzioni è quello di minimizzare l'impatto ambientale provocato da queste due fasi. Quindi, in linea generale:

- Si cerca di eliminare tutte le apparecchiature appartenenti alla configurazione di pre-riconversione solo se il loro smantellamento è necessario per far spazio alla nuova componentistica;
- I sistemi che non possono essere riutilizzati ma che non sono causa d'ingombro vengono messi fuori servizio previa bonifica e mantenuti sulla piattaforma;
- Tutti i componenti che possono essere riutilizzati non vengono smantellati, ma previa bonifica e messa in sicurezza, diventano parte integrante del nuovo sistema impiantistico.

Le tre operazioni avendo delle finalità impiantistiche differenti sono caratterizzate da diverse attività di riconversione e decommissioning. Di conseguenza, si è deciso di inserire questa macro-categoria in modo da poter quantificare e paragonare i diversi impatti ambientali, legati alle fasi di smantellamento e di preparazione della piattaforma alle nuove condizioni operative.

Come per la macro-categoria analizzata nel capitolo 4.1, gli aspetti ambientali elaborati dai criteri descrivono le principali fonti di inquinamento legate alle fasi di riconversione e decommissioning, in particolare:

- Emissioni di gas e vapori in atmosfera: considerando separatamente i gas e vapori climalteranti e i gas e vapori inquinanti;
- Emissioni di liquidi in mare: ad esempio scarichi di sostanze liquide potenzialmente pericolose per la flora e la fauna marina;

- Produzione di rumore e vibrazioni: questo impatto ambientale è legato al funzionamento di macchine operatrici e motrici;
- Produzione di rifiuti: questa categoria considera l'impatto ambientale dovuto allo smantellamento di grandi apparecchiature metalliche;
- Produzione di calore: vengono considerati tutti gli scarichi di fluidi caldi o freddi in mare che potrebbero danneggiare la flora e la fauna attorno alla piattaforma. Questa categoria a differenza di quella precedente sull'emissioni di liquidi tratta come unica sostanza l'acqua utilizzata come fluido termovettore durante le fasi di smantellamento;
- Inquinamento luminoso: comprende tutta l'illuminazione che non rispetta il ciclo del sonno/veglia delle specie acquatiche oppure potenzialmente pericoloso per il traffico aereo;
- Consumo di energia primaria: viene quantificata l'energia primaria utilizzata durante le fasi di riconversione e decommissioning.

La definizione dei range è prevalentemente qualitativa (sono escluse le categorie relative alla produzione dei rifiuti e al consumo di energia); A differenza della macro-categoria aspetti ambientali, in questo caso non è possibile confrontare ogni caratteristica descritta dai criteri di dettaglio con le condizioni di pre-riconversione. Trattandosi di attività di riconversione e decommissioning, quindi operazioni che non sono comprese nella normal operation dell'impianto, è impossibile effettuare un paragone in modo da poter identificare subito se l'impatto ambientale descritto è diminuito/aumentato/uguale rispetto alle condizioni precedenti.

Qui di seguito vengono riportati come esempio i criteri relativi alla tipologia di impatto *"Produzione di rifiuti"*.

4.5.1 PRODUZIONE DI RIFIUTI

Nelle seguenti Tabella 8 sono presenti i criteri di dettaglio che si concentrano sulla descrizione dell'impatto ambientale legato alla produzione di rifiuti.

Tabella 8: Criteri di dettaglio Produzione Rifiuti

Criterio di dettaglio	Unità di misura	Indice A	Indice B	Indice C	Indice D	Note
Quantità di rifiuti prodotta dovute alle operazioni di riconversione e decommissioning;	kg/m ²	< 55	55-75	75-95	>95	L'utente inserisce il peso (atteso) dei rifiuti rimossi e la superficie totale della piattaforma. Il <i>tool</i> fa il rapporto e assegna l'indice.
Quantità di rifiuti recuperabili prodotta durante le operazioni di riconversione e decommissioning.	%	>85	55-85	20-55	<20	L'utente inserisce la percentuale di rifiuti riciclata (attesa) e il <i>tool</i> a seconda del valore assegna l'indice.

Per rendere più precisa l'analisi, oltre a considerare le quantità generali di rifiuti prodotta è stato scelto di inserire un criterio che identificasse anche l'ammontare dei rifiuti riciclabili. La possibilità di riutilizzare i materiali permette di evitare l'impatto legato allo smaltimento di quest'ultimi. Infatti, questo criterio è l'unico della macro-categoria ad avere un peso positivo, perché descrive una caratteristica favorevole alla transizione energetica in atto.

Per il criterio "Quantità di rifiuti prodotta dovute alle operazioni di riconversione e decommissioning" sono stati considerati come rifiuti solo la componentistica metallica da smaltire in quanto è l'elemento più prevalente durante le operazioni di riconversione e decommissioning.

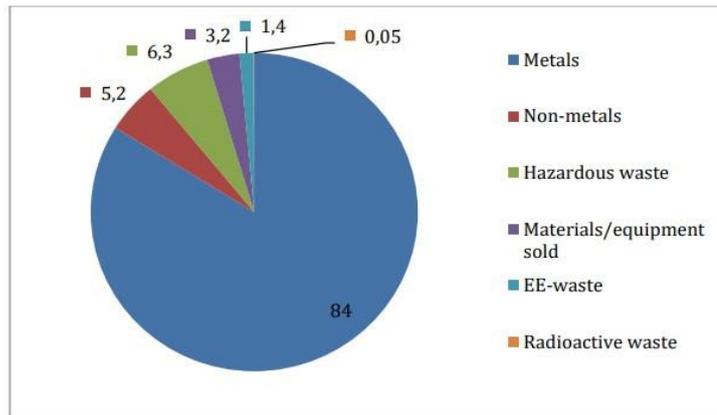


Figura 14: Esempio di materiali/rifiuti durante le operazioni di smantellamento [46]

Come riferimento per identificare i vari range è stata considerata la piattaforma GREEN1, le sue caratteristiche sono un'ottima stima media delle proprietà delle piattaforme offshore italiane. Considerando come rifiuto solo la componentistica metallica, gli indici sono stati definiti valutando il legame fra le apparecchiature rimosse (pesi rimossi) e la quantità di rifiuti prodotta. Inoltre, per evitare che piattaforme di grandi dimensioni vengano penalizzate a priori, il peso rimosso è espresso in kg/m².

A seconda dell'opzione l'apparecchiatura da smantellare varia, nella Tabella 9 sono presenti tutti i pesi rimossi riferiti a GREEN1 [29]:

Tabella 9: Pesi rimossi

OPZIONE	UNITÀ DI MISURA	PESI RIMOSSI
1	tonnellate	213,22
2	tonnellate	134,75
3	tonnellate	122,15

I pesi rimossi riferiti a ciascun'opzione sono stati divisi per la superficie totale di GREEN1 in modo da ottenere i valori in $\frac{kg}{m^2}$:

- Opzione 1 $\rightarrow \frac{213,22 \cdot 1000}{2200} = \mathbf{96,92} \frac{kg}{m^2}$;
- Opzione 2 $\rightarrow \frac{134,75 \cdot 1000}{2200} = \mathbf{61,25} \frac{kg}{m^2}$;
- Opzione 3 $\rightarrow \frac{122,15 \cdot 1000}{2200} = \mathbf{55,52} \frac{kg}{m^2}$;

I risultati ottenuti sono stati utilizzati come traccia generale per attribuire a ciascun indice il proprio range di appartenenza:

- Indice **A** $< 55 \frac{kg}{m^2}$;
- Indice **B** $55 - 75 \frac{kg}{m^2}$;
- Indice **C** $75 - 95 \frac{kg}{m^2}$;
- Indice **D** $> 95 \frac{kg}{m^2}$.

Quando il valore è in grassetto identifica l'appartenenza allo specifico indice.

Per rispondere al criterio l'utente inserisce il peso della componentistica rimossa e la superficie totale della piattaforma. Il *tool* fa il rapporto, e a seconda del range di appartenenza del dato, restituisce l'indice.

Anche per il criterio "Quantità di rifiuti recuperabili prodotta durante le operazioni di riconversione e decommissioning" sono stati considerati come rifiuti solo la componentistica metallica da smaltire. Per definire i range sono stati valutati i valori medi percentuali di rottami di acciaio riciclato rispetto alla produzione totale di acciaio prodotta. I dati presi come riferimento sono:

- Cina 20% [47];
- Europa 55% [47];
- Italia 85% [48].

Gli indici sono stati identificati utilizzando i valori in percentuale sopra elencati:

- Indice **A** >85%;
- Indice **B** 55-85%;
- Indice **C** 20-55%;
- Indice **D** <20.

Quando il valore è in grassetto identifica l'appartenenza allo specifico indice.

Per rispondere al criterio l'utente inserisce la percentuale di rifiuti riciclata e il *tool*, a seconda del range di appartenenza, assegna l'indice.

4.6 TECNOLOGIE E DESIGN

Per permettere l'implementazione di una delle soluzioni di riconversione è necessario che la piattaforma presenti determinate caratteristiche fisiche. In questa macro-categoria si descrivono i principali aspetti strutturali e tecnologici della piattaforma, che possono risultare rilevanti per definire il livello di adattabilità rispetto ad ogni opzione di riconversione.

Nella Tabella 10 sono elencati i criteri di dettaglio ritenuti più rilevanti.

Tabella 10: Criteri di dettaglio Tecnologie e design

Criterio di dettaglio	Unità di misura	Indice A	Indice B	Indice C	Indice D	Note
Presenza del cavo elettrico funzionante;	/	Presente	/	/	Assente	L'utente risponde direttamente al criterio e il <i>tool</i> assegna l'indice.
Distanza fra la pressione di design e la pressione di esercizio della sealine nelle condizioni di post-riconversione;	/	>7	7-3	3-1,5	<1,5	L'utente inserisce la pressione di design e la pressione di esercizio nelle condizioni di post-riconversione. il <i>tool</i> calcola il rapporto e assegna l'indice.

Criterio di dettaglio	Unità di misura	Indice A	Indice B	Indice C	Indice D	Note
Rapporto fra gli indici di ingombro post-riconversione e gli indici di ingombro pre-riconversione;	%	<55%	55-75%	75-100%	>100%	L'utente inserisce il rapporto fra la media degli indici di ingombro post e la media degli indici di ingombro pre-riconversione. Il <i>tool</i> a seconda del valore assegna l'indice.
Presenza di cluster;	/	Si	/	/	No	L'utente risponde direttamente al criterio e il <i>tool</i> assegna l'indice.

Prima di procedere con l'analisi dei criteri si può notare che, come nella macro-categoria compatibilità ambientale, sono presenti alcuni criteri per i quali l'attribuzione degli indici non si differenzia a seconda dell'opzione analizzata. Questo avviene quando le caratteristiche della piattaforma sono solo di carattere strutturale e tecnologico, senza prendere in considerazione le peculiarità dell'impianto di riconversione installato. Per comprendere meglio il concetto vengono riportati due esempi:

- Presenza del cavo elettrico funzionante → Il criterio si basa unicamente su una caratteristica strutturale della piattaforma → quindi nel momento dell'attribuzione degli indici l'utente inserirà lo stesso valore per tutti e tre le opzioni;
- Distanza fra la pressione di design e la pressione di esercizio della sealine nelle condizioni di post-riconversione → Il criterio descrive sia delle caratteristiche strutturali della piattaforma (pressione di design della sealine) che delle caratteristiche operative legate alla tipologia di opzione installata (pressione di esercizio nelle condizioni di post riconversione) →

quindi nel momento dell'attribuzione degli indici l'utente inserirà un valore diverso a seconda del basic design analizzato;

4.6.1 PRESENZA DEL CAVO ELETTRICO FUNZIONANTE

La presenza del cavo elettrico sottomarino garantisce il collegamento con la rete nazionale e quindi l'arrivo dell'energia elettrica sulla piattaforma. La sua presenza è fondamentale per il corretto funzionamento di tutte e tre le soluzioni di riconversione; il cavo per le Opzioni 2 e 3 soddisfa la necessità di energia elettrica da parte delle apparecchiature installate sui vari deck. Per l'Opzione 1 ottimizza le prestazioni del sistema di dissalazione, cedendo alla rete nazionale l'energia elettrica in eccesso prodotta dall'impianto fotovoltaico ed evitando il blocco del sistema, in caso di guasto dell'impianto fotovoltaico.

La valutazione di questo criterio è qualitativa, di conseguenza, in questo caso gli indici non sono definiti da dei range, ma si evidenzia solo la presenza o meno della caratteristica descritta. Quindi si ottiene:

- Indice **A** Presente;
- Indice **B** /;
- Indice **C** /;
- Indice **D** Assente.

L'utente risponde direttamente al criterio (Presente/Assente) e il *tool* restituisce l'indice. Dal punto di vista del programma l'elaborazione di questo criterio è molto semplice in quanto il *tool* non deve eseguire nessun'algoritmo specifico.

4.6.2 DISTANZA FRA LA PRESSIONE DI DESIGN E LA PRESSIONE DI ESERCIZIO DELLA SEALINE NELLE CONDIZIONI DI POST-RICONVERSIONE;

Le piattaforme sono state progettate per operare in determinate condizioni operative. L'implementazione delle soluzioni di riconversione modificano tali condizioni, di conseguenza è stato scelto di inserire dei criteri che permettessero di identificare tale

variazione e valutarne la compatibilità con la piattaforma. La sealine è un componente fondamentale perché permette il trasporto onshore-offshore dei gas, per questo motivo è stato inserito un criterio per verificare se le caratteristiche di progetto della sealine, si adattano alle nuove modalità di funzionamento. Per valutare la compatibilità è stato scelto come parametro di verifica la pressione, in particolare la distanza fra la p di design e la p di esercizio nelle condizioni di post riconversione.

Per la determinazione degli indici è stata utilizzata la seguente formula:

$$P_r = \frac{p_{design\ sealine}}{p_{esercizio\ post-riconversione}} .$$

Dove:

- P_r = rapporto fra i due livelli di pressione;
- $p_{design\ sealine}$ = pressione di design della sealine;
- $p_{esercizio\ post-riconversione}$ =pressione di esercizio della sealine nelle condizioni di post-riconversione.

Come valori di riferimento sono stati utilizzati i dati relativi a GREEN1 e il valore di pressione di esercizio=1,5 ·pressione di design → solitamente utilizzato per la progettazione delle pipeline, riportato nella seguente reference “*Pipeline Structure Design Standards for Water Supply and Drainage Engineering* [49]”.

Sulla base delle ipotesi appena elencate si ottiene:

- Indice **A** (condizione più favorevole → distanza massima fra i due valori di pressione) >7; l'estremo superiore dell'intervallo è stato determinato in questo modo:

$$P_r = \frac{p_{design\ sealine}}{p_{esercizio\ post-riconversione}} = \frac{200\ bar}{30\ bar} = 6,66 = 7$$

Dove:

$p_{design\ sealine} = 200$ bar massima pressione ammissibile della sealine;

$p_{CO_2} = 30$ bar pressione di esercizio della sealine nel caso di trasporto di CO₂.

- Indice **B 7 – 3**; l'estremo inferiore dell'intervallo è stato determinato in questo modo:

$$P_r = \frac{p_{design\ sealine}}{p_{esercizio\ post-riconversione}} = \frac{200\ bar}{78,13\ bar} = 2,6 = 3$$

Dove:

$p_{design\ sealine} = 200$ bar massima pressione ammissibile;

$p_{H_2} = 78,13$ bar pressione di esercizio della sealine nel caso di trasporto di miscela bladed.

- Indice **C 3 – 1,5**; Il valore 1,5 dell'intervallo è stato ottenuto considerando la relazione presente nella reference "*Pipeline Structure Design Standards for Water Supply and Drainage Engineering* [49]":

-

$$P_r = \frac{p_{design\ sealine}}{p_{esercizio\ post-riconversione}} = 1,5$$

- Indice **D < 1,5** (condizioni più sfavorevoli → distanza minima fra i due valori di pressione).

Quando il valore è in grassetto identifica l'appartenenza allo specifico indice.

Per rispondere al criterio, l'utente inserisce la pressione di design della sealine e la pressione di esercizio nelle condizioni di post-riconversione. Il *tool* calcola il rapporto e sulla base del risultato ottenuto attribuisce l'indice.

4.6.3 RAPPORTO FRA GLI INDICI DI INGOMBRO POST-RICONVERSIONE E GLI INDICI DI INGOMBRO PRE-RICONVERSIONE

Questo criterio permette di verificare l'idoneità delle nuove soluzioni impiantistiche rispetto alle superfici dei vari deck e di identificare lo spazio disponibile post-

riconversione. Il parametro utilizzato per mettere in luce queste due caratteristiche è l'indice di ingombro, definito dalla seguente formula:

$$\frac{A_{occupata\ dai\ componenti\ installati}}{A_{deck\ di\ riferimento}} \cdot 100$$

- $A_{occupata\ dai\ componenti\ installati}$ = area occupata dai nuovi componenti installati su uno specifico deck;
- $A_{deck\ di\ riferimento}$ = area del deck di riferimento sul quale vengono installati i nuovi componenti;

Questo criterio, utilizzando gli indici di ingombro, confronta le condizioni di post riconversione con quelle di pre, maggiore è il rapporto fra gli indici d'ingombro maggiore è la superficie nel deck occupata dalle nuove apparecchiature rispetto a quella impegnata dalla componentistica precedentemente installata. Quindi, la descrizione di questa caratteristica permette di comprendere se le nuove soluzioni impiantistiche aumentano le sollecitazioni strutturali. Ovviamente sarà necessario eseguire un'analisi più accurata, delle nuove sollecitazioni che agiscono sulla piattaforma, ma il criterio è stato inserito per poter avere dei risultati di carattere generale.

Per definire i range è stata utilizzata come piattaforma di riferimento GREEN1, nella Tabella 11: Indici ingombro GREEN1, sono presenti, divisi per i vari deck e per le varie opzioni di riconversione, tutti gli indici di ingombro.

Tabella 11: Indici ingombro GREEN1[29]

Deck	Indice di ingombro pre-riconversione	Indice di ingombro post-riconversione (Opzione 1)	Indice di ingombro post-riconversione (Opzione 2)	Indice di ingombro post-riconversione (Opzione 3)	Rapporto
Weather Deck	47%	45%	41%	43%	91%

Mezzanine Deck	30%	21%	22%	15%	64%
Deck	Indice di ingombro pre-riconversione	Indice di ingombro post-riconversione (Opzione 1)	Indice di ingombro post-riconversione (Opzione 2)	Indice di ingombro post-riconversione (Opzione 3)	Rapporto
Lower Deck	35%	21%	14%	25%	57%
Boat Landing	27%	25%	30%	27%	101%
MEDIA	37%	28,40%	27,40%	27,20%	
R%		0,78	0,75	0,74	

Nella Tabella 11 oltre che a riportare tutti valori riferiti a GREEN1 è stata eseguita la media degli indici per ciascuna soluzione impiantistica, i valori ottenuti sono stati utilizzati per eseguire il rapporto fra il valore medio di una specifica opzione con le condizioni di pre-riconversione; per chiarire meglio il concetto si riporta l'esempio riferito all'Opzione 1:

$$R_{\%OPZIONE_i} = \frac{Media(i_{weather\ deck\ Opzione_i}, i_{Mezzanine\ deck\ Opzione_i}, i_{cellar\ deck\ Opzione_i}, i_{lower\ deck\ Opzione_i}, i_{boat\ landing\ Opzione_i})}{Media(i_{weather\ pre}, i_{Mezzanine\ deck\ pre}, i_{cellar\ deck\ pre}, i_{lower\ deck\ pre}, i_{boat\ landing\ pre})}$$

$$R_{\%OPZIONE_1} = \frac{Media(i_{weather\ deck\ Opzione_1}, i_{Mezzanine\ deck\ Opzione_1}, i_{cellar\ deck\ Opzione_1}, i_{lower\ deck\ Opzione_1}, i_{boat\ landing\ Opzione_1})}{Media(i_{weather\ pre}, i_{Mezzanine\ deck\ pre}, i_{cellar\ deck\ pre}, i_{lower\ deck\ pre}, i_{boat\ landing\ pre})}$$

$$= \frac{28,40\%}{37\%} = 0,78\%$$

Dove:

- $R_{\%OPZIONE_i}$ = identifica il rapporto dell'i-esima opzione fra la media degli indici di ingombro nelle condizioni di post riconversione e l'indice di ingombro nelle condizioni di pre-riconversione;
- $i_{j OPZIONE_i}$ = identifica l'indice di ingombro del j-esimo ponte riferito all'i-esima opzione;
- $i_{j pre}$ = identifica l'indice di ingombro del j-esimo ponte riferito alle condizioni di pre-riconversione.

I valori di $R_{\%PIATTAFORMA}$ non si differenziano molto al variare dell'opzione presa in esame; un risultato attorno al 78% vuol dire che per la piattaforma GREEN1, in termini di ingombro, non si ha una netta riduzione dei pesi rispetto alle condizioni di pre-riconversione.

Nell' ultima colonna della Tabella 11 è presente il rapporto, riferito al singolo deck, fra la media degli indici di ingombro delle tre opzioni e l'indice di ingombro nelle condizioni di pre-riconversione; per chiarire meglio il concetto si riporta l'esempio riferito al weather deck:

$$R_{\%i} = \frac{\text{Media}(i_{i \text{ opzione } 1} i_{i \text{ opzione } 2} i_{i \text{ opzione } 3})}{i_{i \% \text{ pre-riconversione}}}$$
$$R_{\%weather \text{ deck}} = \frac{\text{Media}(45\%, 41\%, 43\%)}{47\%} = \mathbf{91\%}$$

Dove

- $R_{\%i}$ = identifica il rapporto dell'i-esimo ponte fra la media degli indici di ingombro nelle condizioni di post riconversione e l'indice di ingombro nelle condizioni di pre-riconversione;

- $i_{i \text{ opzione } j}$ = identifica l'indice di ingombro della j-esima opzione riferito all'i-esimo ponte;
- $i_{i \% \text{ pre-riconversione}}$ = identifica l'indice di ingombro nelle condizioni di pre-riconversione riferito all'i-esimo ponte.

Analizzando i dati si nota subito che nel Boat landing l'indice di ingombro nelle condizioni di post è mediamente maggiore rispetto alle condizioni di pre-riconversione, infatti, si ottiene un valore di $R_{\text{boat landing}}=101\%$ (l'ingombro delle nuove apparecchiature è maggiore). Nel Cellar deck, invece, si identificano le condizioni più performanti pari a $R_{\text{cellar deck}}=57\%$ (l'ingombro delle nuove apparecchiature è quasi dimezzato).

Sulla base dei risultati ottenuti sono stati identificati i seguenti range da attribuire ai vari indici:

- Indice **A** <55; l'estremo superiore dell'intervallo è stato determinato prendendo come riferimento $R_{\text{cellar deck}}$;
- Indice **B** 55-75%; l'estremo superiore dell'intervallo è stato determinato facendo la media fra i tre valori di $R_{\%OPZIONE_i}$:

$$\frac{R_{\%OPZIONE_1} + R_{\%OPZIONE_2} + R_{\%OPZIONE_3}}{3} = \frac{78\% + 75\% + 74\%}{3} = 75\%$$

- Indice **C** 75-100%; l'estremo superiore dell'intervallo è stato determinato prendendo in considerazione che il valore degli indici di ingombro si mantenesse costante nelle condizioni di pre e post-riconversione;
- Indice **D** >100 %. L'estremo inferiore dell'intervallo è stato ottenuto considerando la condizione peggiore ovvero che nelle condizioni di post l'ingombro sia maggiore rispetto alle condizioni di pre-riconversione.

Quando il valore è in grassetto identifica l'appartenenza allo specifico indice.

Per rispondere al criterio, l'utente inserisce il rapporto fra la media degli indici di ingombro post e la media degli indici di ingombro pre-riconversione. Il *tool*, a seconda del valore inserito, assegna l'indice.

4.6.7 PRESENZA DI CLUSTER

La caratteristica descritta dal criterio è vincolante per l'Opzione 1. È fondamentale valutare la presenza di cluster perché la soluzione di riconversione ha come obiettivo finale la produzione di acqua dolce per le piattaforme limitrofe. Questo criterio, essendo vincolante, viene analizzato dall'utente prima di procedere alla valutazione delle varie macro-categorie, se non rispettato la procedura di analisi si blocca e si ottiene una percentuale di adattabilità pari allo 0%. Per le restanti due soluzioni di riconversione questa caratteristica non è vincolante e quindi è presente nella lista dei criteri di dettaglio. La valutazione è qualitativa, di conseguenza gli indici non sono definiti da dei range numerici, ma si evidenzia solo la presenza o meno della caratteristica descritta dal criterio. Quindi si ottiene:

- Indice **A** Si;
- Indice **B** /;
- Indice **C** /;
- Indice **D** No.

In questo caso l'utente risponde direttamente al criterio e il *tool* restituisce l'indice. Dal punto di vista del programma l'elaborazione di questo criteri è molto semplice in quanto il *tool* non deve eseguire nessun'algoritmo specifico.

5 ATTRIBUZIONE A CIASCUN CRITERIO DI UN PESO

Definiti tutti i 66 criteri di dettaglio si procede con la descrizione della prossima fase d'analisi, ovvero, l'attribuzione dei pesi. A ciascun criterio viene assegnato un peso riferito all'utilità che una determinata caratteristica ha per la realizzazione di una delle tre opzioni. Questo step è fondamentale perché permette di definire una gerarchia fra i criteri. La presenza o meno di una caratteristica diminuisce il livello di adattabilità in modo rilevante solo se il peso attribuito al criterio è elevato. Per chiarire meglio il concetto appena introdotto, si riporta un esempio riferito all'Opzione 1: Se la piattaforma in esame ha un valore del GOIP basso tale per cui le viene attribuito un indice D il livello di adattabilità non diminuisce perché la caratteristica descritta dal criterio è irrilevante, invece se la superficie disponibile nel weather deck per l'installazione di nuove apparecchiature non è elevata il livello di adattabilità diminuisce perché la caratteristica appena descritta è rilevante per l'Opzione 1.

Ad ogni criterio si attribuisce un peso il range di valutazione è compreso fra **-3** e **+3**, i valori possono essere negativi se la presenza di una proprietà ha degli effetti sfavorevoli sull'implementazione di una delle soluzioni. Quindi considerando la definizione di peso, si può affermare che per ottenere un livello molto alto di adattabilità all'opzione di riconversione in esame, è necessario che tutti i criteri ai quali viene assegnato un peso pari a $-3/+3$ ottengano come indice A. Questo vorrebbe dire che le caratteristiche descritte dai criteri più rilevanti (sia positivamente che negativamente) sono perfettamente compatibili con la piattaforma presa come caso studio.

In questo caso l'attribuzione dei pesi, per ogni singolo criterio riferita a una specifica opzione, non viene eseguita dal *tool*, ma dall'analista che implementa nell'algoritmo tutti i criteri di dettaglio e i relativi pesi di riferimento.

È importante sottolineare che, per l'analisi degli aspetti ambientali, di sicurezza, riconversione e decommissioning e per quelli legati all'utilità opzione, il peso è il medesimo per tutte e quattro le soluzioni; perché i criteri appartenenti a queste quattro categorie hanno lo stesso effetto per tutti gli scenari di riconversione.

Questo è uno dei punti più complessi per la definizione delle linee guida in quanto è necessario identificare una procedura di analisi coerente per tutte e tre le opzioni e che sia allo stesso tempo specifica per ogni criterio di dettaglio. Per questo motivo a seconda della macro-categoria si è scelto di utilizzare una specifica metodologia che potesse essere coerente con le caratteristiche descritte dai criteri di dettaglio appartenenti.

5.1 COMPATIBILITÀ AMBIENTALE E TECNOLOGIE E DESIGN

Per queste due categorie la metodologia utilizzata per definire i pesi è la medesima. In particolare, per poter attribuire un valore si è considerato quanto la caratteristica descritta dal criterio renda efficiente il processo di produzione dell'opzione in esame. Quindi prendendo come esempio l'Opzione 1: al criterio che definisce la superficie disponibile nel weather deck è stato attribuito un peso pari a +3 perché maggiore è l'area disponibile maggiore sarà la taglia dell'impianto fotovoltaico e quindi l'energia elettrica prodotta.

La Tabella 12, descrive in modo dettagliato il legame fra ciascun numero appartenente al range di valutazione dei pesi e l'impatto sulla produzione:

Tabella 12: Attribuzioni pesi macro-categorie Compatibilità ambientale e Tecnologie e design

VALUTAZIONE PESI	IMPATTO
+3	Caratteristica positiva non vincolante ma significativa per la produttività dell'opzione.
+2	Caratteristica rilevante che incide in modo favorevole sulla produttività dell'opzione (a breve o a lungo termine) ma può essere gestita implementando apparecchiature più performanti.
+1	Caratteristica favorevole che incide in modo non rilevante sulla produttività dell'opzione.

VALUPTAZIONE PESI	IMPATTO
0	Caratteristica ininfluyente sulla produttività dell'opzione.
-1	Caratteristica sfavorevole che incide in modo non rilevante sulla produttività dell'opzione
-2	Caratteristica rilevante che incide in modo sfavorevole sulla produttività dell'opzione (a breve o a lungo termine) ma può essere gestita implementando apparecchiature più performanti.
-3	Caratteristica negativa non vincolante ma significativa, per la produttività dell'opzione.

5.1.2 ATTRIBUZIONE PESI COMPATIBILITÀ AMBIENTALE E TERRITORIALE

Come già definito in precedenza, a seconda dell'opzione in esame, al criterio vengono attribuiti dei pesi diversi; nelle Tabelle seguenti sono definiti i vari valori a seconda della soluzione di riconversione considerata.

Tabella 13: Attribuzione pesi Opzione 1 -Compatibilità ambientale-

Criteri di dettaglio compatibilità ambientale e territoriale	Opzione 1	Note
Distanza tra la velocità del vento attesa e la velocità massima del vento compatibile con le installazioni a bordo della piattaforma;	-2	Molto sfavorevole poiché per alte velocità del vento i pannelli sono sottoposti all' "effetto vela " comportando una riduzione (o blocco) della produttività a breve termine).
Differenza tra il carico dovuto alle precipitazioni nevose medie annue e il carico massimo compatibile con le apparecchiature a bordo della piattaforma;	-2	Molto Sfavorevole poiché il carico potrebbe influire sul funzionamento del pannello e quindi diminuire la produttività dell'impianto.
Differenza tra resistenza meccanica all'impatto dovuto alle tempeste di grandine e resistenza meccanica massima delle apparecchiature a bordo della piattaforma;	-2	Molto sfavorevole poiché la grandine può generare crepe sui pannelli o romperli provocando malfunzionamenti o riduzione della produzione.

Criteri di dettaglio compatibilità ambientale e territoriale	Opzione 1	Note
Probabilità che il territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni) da un evento sismico rilevante;	-3	Il rischio sismico può causare danni rilevanti alla struttura dunque maggiore è il rischio sismico maggiore sono le attività volte ad evitare, o a ridurre al minimo, la possibilità che si verifichino danni.
Producibilità impianto fotovoltaico;	3	Caratteristica significativa per la produttività dell'Opzione 1.
Presenza di giacimenti;	0	Ininfluyente per la realizzazione dell'Opzione 1.
Valore di GOIP del giacimento;	0	Ininfluyente per la realizzazione dell'Opzione 1.
Criteri di dettaglio compatibilità ambientale e territoriale	Opzione 1	Note
Efficienza giacimento >30%;	0	Ininfluyente per la realizzazione dell'Opzione 1.
Valore efficienza giacimento;	0	Ininfluyente per la realizzazione dell'Opzione 1.
Profondità pozzo.	0	Ininfluyente per la realizzazione dell'Opzione 1.

Per quanto riguarda l'Opzione 1 i criteri che hanno come oggetto le caratteristiche del giacimento hanno peso nullo in quanto questa soluzione di riconversione non ha come finalità impiantistica il riutilizzo del giacimento esausto. Tre criteri su dieci hanno peso - 2 in quanto si è valutata l'incidenza degli eventi atmosferici sulla produzione, i quali

potrebbero danneggiare i pannelli fotovoltaici presenti nel weather deck. Solo un criterio ha peso -3, ed è quello relativo alla probabilità che il territorio possa essere interessato da un evento sismico rilevante, l'attribuzione del peso negativo massimo è chiara, il verificarsi di un terremoto di elevata magnitudo causerebbe, molto probabilmente, dei danni rilevanti al processo di produzione. Infine, uno solo ha peso positivo pari a +3 ed è quello che ha come oggetto la producibilità dell'impianto fotovoltaico, che è una caratteristica fondamentale per ottenere elevati valori di efficienza del sistema.

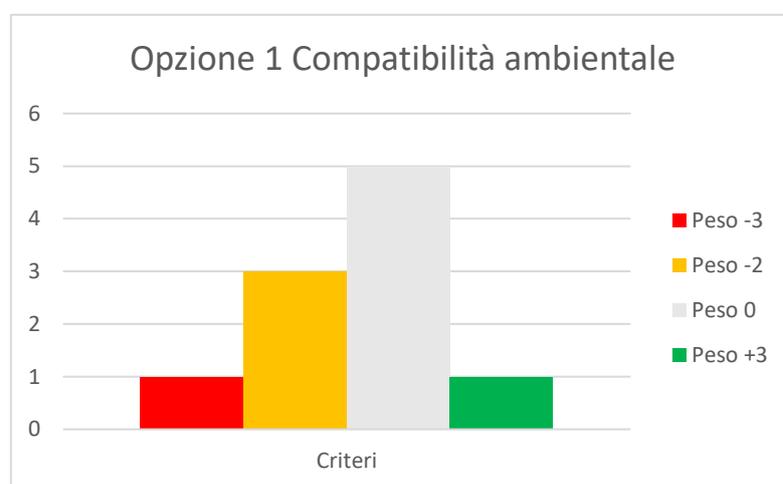


Figura 15: Istogramma Opzione 1-Compatibilità ambientale-

Nella Figura 15 viene riportato un istogramma che permette di comprendere al meglio la divisione dei vari pesi. È presente un solo criterio con peso **-3** e uno solo con peso **+3**, cinque con un valore nullo e tre con **-2**. Non sono presenti valori di peso pari a **-1** o **+1**.

Tabella 14: Attribuzione pesi Opzione 2 -Compatibilità ambientale-

Criteri di dettaglio compatibilità ambientale e territoriale	Opzione 2	Note
Distanza tra la velocità del vento attesa e la velocità massima del vento compatibile con le installazioni a bordo della piattaforma;	-1	Poco sfavorevole poiché gli equipments presenti sono meno soggetti a danni strutturali dovuti alla forza del vento e sono più resistenti rispetto ai pannelli dell'Opzione 1.
Differenza tra il carico dovuto alle precipitazioni nevose medie annue e il carico massimo compatibile con le apparecchiature a bordo della piattaforma;	-1	Poco sfavorevole poiché gli equipments presenti sono meno soggetti a danni strutturali dovuti al carico da neve e sono più resistenti rispetto ai pannelli dell'Opzione 1.
Differenza tra resistenza meccanica all'impatto dovuto alle tempeste di grandine e resistenza meccanica massima delle apparecchiature a bordo della piattaforma;	-2	Molto sfavorevole poiché gli equipments possono risentire dai danni strutturali riportati dalla caduta da grandine causando una riduzione della produzione.
Probabilità che il territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni) da un evento sismico rilevante;	-3	Il rischio sismico può causare danni rilevanti alla struttura dunque maggiore è il rischio sismico maggiore sono le attività volte ad evitare, o a ridurre al minimo, la possibilità che si verifichino danni.
Producibilità impianto fotovoltaico;	0	Ininfluyente per la realizzazione dell'Opzione 2.
Presenza di giacimenti;	/	
Valore di GOIP del giacimento;	3	Caratteristica significativa per la produttività dell'Opzione 2.
Efficienza giacimento >30%?;	/	
Valore efficienza giacimento;	3	Caratteristica significativa per la produttività dell'Opzione 2.

Criteri di dettaglio compatibilità ambientale e territoriale	Opzione 2	Note
Profondità pozzo.	1	Caratteristica favorevole in quanto posso sfruttare la compressione passiva dovuta al carico geodetico riducendo la taglia del compressore

Per l'Opzione 2 invece solo il criterio che identifica la producibilità dell'impianto fotovoltaico ha peso nullo, la caratteristica descritta risulta influente per le attività di stoccaggio delle miscele bladed. I criteri che descrivono la velocità del vento e le sollecitazioni dovute al carico nevoso hanno peso -1, perchè gli equipments installati, sono meno soggetti a danni strutturali dovuti alla forza del vento e al carico della neve rispetto all'Opzione 1, dove sono presenti i pannelli fotovoltaici. Per quanto riguarda la grandine il peso associato è -2, in quanto anche la componentistica più resistente può essere danneggiata durante una tempesta provocando una riduzione della produzione. Solo un criterio, come nel caso precedente, ha peso -3, ed è quello relativo alla probabilità che il territorio possa essere interessato da un evento sismico rilevante. Alla profondità del pozzo invece è stato assegnato un voto positivo pari a 1 perché è una caratteristica favorevole, l'impianto può sfruttare la compressione passiva dovuta al carico geodetico riducendo la taglia del compressore da installare. Infine, i criteri che hanno come oggetto le caratteristiche del giacimento hanno peso massimo +3, in quanto questa soluzione di riconversione ha come finalità impiantistica il riutilizzo del giacimento esausto.

Alla presenza dei giacimenti e all'efficienza del giacimento >30% non viene attribuito nessun peso perché sono due criteri vincolanti per l'Opzione 2. Chiarire la differenza tra criterio vincolante e criterio con peso elevato (-3/+3) è fondamentale: tutti i criteri vincolanti se non rispettati azzerano direttamente il livello di adattabilità per l'opzione di riconversione in esame; invece, i criteri con un peso elevato hanno la capacità di diminuire o aumentare in modo rilevante la percentuale di compatibilità.

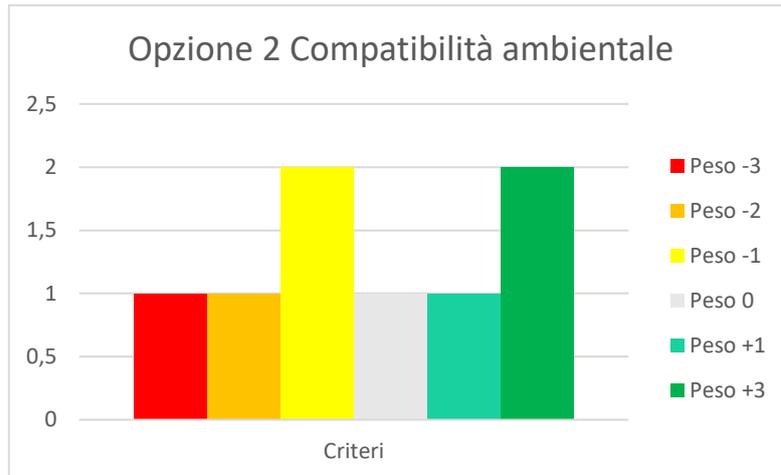


Figura 16: Istogramma Opzione 2-Compatibilità ambientale-

Nella Figura 16 viene riportato un istogramma che permette di comprendere al meglio la divisione dei vari pesi. È presente un solo criterio con peso **-3** e due con peso **+3**, uno solo con peso con **-2** e nessuno criterio con peso **+2**. Due invece hanno un valore pari a **-1** e uno uguale a **+1**. Infine, solo un criterio è ininfluente per l'implementazione dell'Opzione 2, al quale infatti è stato attribuito un peso nullo.

Tabella 15: Attribuzione pesi Opzione 3 -Compatibilità ambientale-

Criteri di dettaglio compatibilità ambientale e territoriale	Opzione 3	Note
Distanza tra la velocità del vento attesa e la velocità massima del vento compatibile con le installazioni a bordo della piattaforma;	-1	Poco sfavorevole poiché gli equipments presenti sono meno soggetti a danni strutturali dovuti alla forza del vento e sono più resistenti rispetto ai pannelli dell'Opzione 1.
Differenza tra il carico dovuto alle precipitazioni nevose medie annue e il carico massimo compatibile con le apparecchiature a bordo della piattaforma;	-1	Poco sfavorevole poiché gli equipments presenti sono meno soggetti a danni strutturali dovuti al carico da neve e sono più resistenti rispetto ai pannelli dell'Opzione 1.
Differenza tra resistenza meccanica all'impatto dovuto alle tempeste di grandine e resistenza meccanica massima delle apparecchiature a bordo della piattaforma;	-2	Molto sfavorevole poiché gli equipments possono risentire dai danni strutturali riportati dalla caduta da grandine causando una riduzione della produzione.

Criteri di dettaglio compatibilità ambientale e territoriale	Opzione 3	Note
Probabilità che il territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni) da un evento sismico rilevante;	-3	Il rischio sismico può causare danni rilevanti alla struttura dunque maggiore è il rischio sismico maggiore sono le attività volte ad evitare, o a ridurre al minimo, la possibilità che si verifichino danni.
Producibilità impianto fotovoltaico;	0	Ininfluyente per la realizzazione dell'Opzione 3.
Presenza di giacimenti;	/	
Valore di GOIP del giacimento;	3	Caratteristica significativa per la produttività dell'Opzione 3.
Efficienza giacimento (working gas, cushion gas) >30 %;	/	
Valore efficienza giacimento;	3	Caratteristica significativa per la produttività dell'Opzione 3.
Profondità pozzo.	2	Caratteristica molto favorevole in quanto garantisce le condizioni supercritiche a fondo pozzo sfruttando al meglio la compressione passiva dovuta al carico geodetico riducendo la taglia del compressore.

L'attribuzione dei pesi risulta identica al caso precedente tranne per l'ultimo criterio. Il voto relativo alla profondità del pozzo da 1 è aumentato a 2 perché per l'Opzione 3 la profondità del pozzo è una caratteristica rilevante per lo stoccaggio di CO₂, in quanto aiuta a garantire le condizioni supercritiche a fondo pozzo, sfruttando la compressione passiva dovuta al carico geodetico.

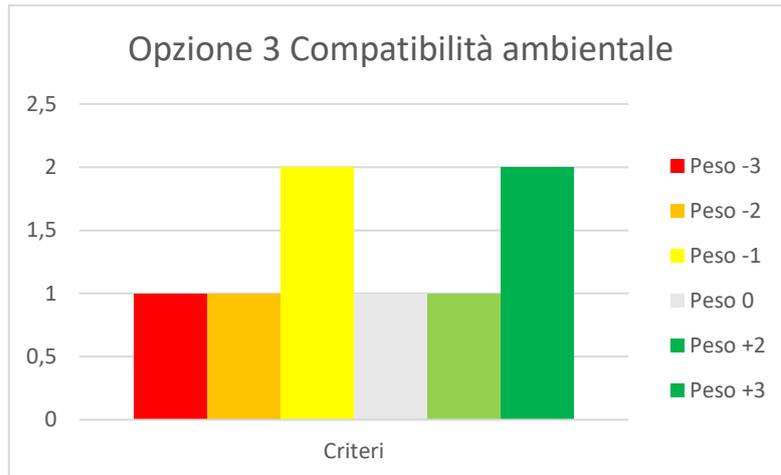


Figura 17: Istogramma Opzione 3-Compatibilità ambientale-

Nella Figura 17 viene riportato un istogramma che permette di comprendere al meglio la divisione dei vari pesi. Solo per i pesi **-1** e **+3** sono stati assegnati due criteri, a tutti gli altri valori è stato attribuito un unico criterio.

5.1.2 ATTRIBUZIONE PESI TECNOLOGIE E DESIGN

Come già definito in precedenza, a seconda dell'opzione in esame, al criterio vengono attribuiti dei pesi diversi; nelle Tabelle seguenti sono definiti i vari valori assegnati a seconda della soluzione di riconversione considerata.

Tabella 16: Attribuzione pesi Opzione 1 -Tecnologie e design-

Criteri di dettaglio Tecnologie e design	Opzione 1	Note
Presenza del cavo elettrico funzionante;	2	Caratteristica molto favorevole che incide sulla produttività dell'impianto (se non funziona deve essere riparato oppure se non c'è si implementa un turbogeneratore).
Periodo equivalente di iniezione/erogazione nel quale il giacimento viene riempito/svuotato considerando la portata massima trasportata dalla sealine;	0	Ininfluyente per la realizzazione dell'Opzione 1.

Criteri di dettaglio Tecnologie e design	Opzione 1	Note
Distanza fra la pressione di design e la pressione di esercizio della sealine nelle condizioni di post-riconversione;	0	Ininfluyente per la realizzazione dell'Opzione 1.
Compatibilità della sealine con miscele blended H₂;	0	Ininfluyente per la realizzazione dell'Opzione 1.
Compatibilità della sealine con la CO₂;	0	Ininfluyente per la realizzazione dell'Opzione 1.
Superficie disponibile nel weather deck per l'installazione di nuove apparecchiature;	3	Caratteristica significativa in quanto la superficie disponibile del weather deck influisce sulla produzione dell'impianto fotovoltaico.
Differenza fra i pesi rimossi e i pesi installati rapportati alla superficie totale della piattaforma;	2	Caratteristica molto favorevole in quanto minimizza l'impatto sulla resistenza strutturale della piattaforma.
Rapporto fra gli indici di ingombro post-riconversione e gli indici di ingombro pre-riconversione;	2	Caratteristica molto favorevole in quanto minimizza l'impatto sulla resistenza strutturale della piattaforma.
Presenza di cluster.	/	

Per quanto riguarda l'Opzione 1 per i criteri che hanno come oggetto le proprietà fisico-strutturali della sealine il peso è nullo, perché non è previsto il riutilizzo della sealine. Alla presenza del cavo e ai due criteri relativi ai pesi rimossi e al rapporto degli indici di ingombro è stato attribuito un voto pari a 2; per quanto riguarda il primo perché il cavo elettrico è un componente utilizzato durante la normal operation dell'impianto (il surplus di energia elettrica prodotta viene ceduto alla rete nazionale) e in caso di guasti all'impianto fotovoltaico, evitando il blocco del sistema; quindi è chiaro che la sua

presenza influisce sulla produttività dell'impianto (in caso fosse presente ma non funzionante viene riparato invece in caso di assenza il problema viene risolto installando un turbogeneratore); Per i restanti due, invece, si è scelto di attribuire questo valore perché permettono di identificare quanto e se diminuiscono le sollecitazioni strutturali, che in modo indiretto incidono sull'efficienza dell'impianto di riconversione. Infine, a solo un criterio è stato assegnato un peso +3 ed è quello relativo alla superficie disponibile per l'implementazione di nuove apparecchiature sul weather deck, proprietà molto significativa perché incide sulla taglia dell'impianto fotovoltaico.

“Presenza di cluster” non viene analizzato perché vincolante per l'Opzione 1.

A differenza della macro-categoria compatibilità ambientale, in questo caso non sono presenti voti negativi ciò significa che tutti gli aspetti descritti dai criteri sono favorevoli all'implementazione presa in esame.

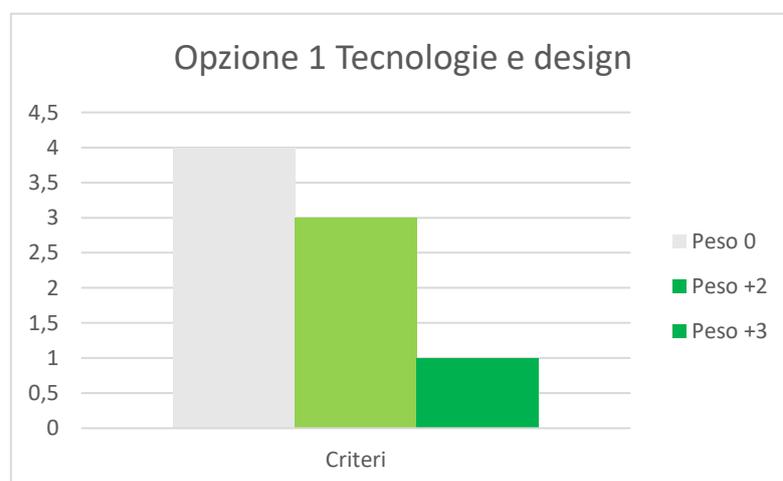


Figura 18: Istogramma Opzione 1 -Tecnologie e design-

Nella Figura 18 viene riportato un istogramma che permette di comprendere al meglio la divisione dei vari pesi. Quattro criteri sono influenti per l'implementazione

dell'Opzione 1, a tre è stato assegnato il valore **+2** e a uno solo il peso massimo pari a **+3**.

Tabella 17: Attribuzione pesi Opzione 2-Tecnologie e design-

Criteri di dettaglio Tecnologie e design	Opzione 2	Note
Presenza del cavo elettrico funzionante;	2	Caratteristica molto favorevole che incide sulla produttività dell'impianto (se non funziona deve essere riparato oppure se non c'è si implementa un turbogeneratore).
Periodo equivalente di iniezione/erogazione nel quale il giacimento viene riempito/svuotato considerando la portata massima trasportata dalla sealine;	3	Caratteristica significativa in quanto il periodo equivalente di iniezione e erogazione (proporzionale alla portata massima trasportabile dalla sealine) influisce sulla produttività dell'impianto.
Distanza fra la pressione di design e la pressione di esercizio della sealine nelle condizioni di post-riconversione;	3	Caratteristica significativa in quanto il rapporto fra pressione di design e pressione di esercizio ha una grande influenza sulla produttività dell'impianto.
Compatibilità della sealine con miscela blended H₂;	/	
Compatibilità della sealine con la CO₂;	0	Ininfluenza per la realizzazione dell'Opzione 2
Superficie disponibile nel weather deck per l'installazione di nuove apparecchiature;	1	Caratteristica favorevole perchè una maggiore superficie disponibile facilita l'installazione e la possibilità di scelta della taglia delle nuove apparecchiature.
Differenza fra i pesi rimossi e i pesi installati rapportati alla superficie totale della piattaforma;	2	Caratteristica molto favorevole in quanto minimizza l'impatto sulla resistenza strutturale della piattaforma.
Rapporto fra gli indici di ingombro post-riconversione e gli indici di ingombro pre-riconversione;	2	Caratteristica molto favorevole perché minimizza l'impatto sulla resistenza strutturale della piattaforma e allo stesso tempo massimizza lo spazio disponibile post riconversione.

Criteri di dettaglio Tecnologie e design	Opzione 2	Note
Presenza di cluster.	0	Ininfluyente per la realizzazione dell'Opzione 2.

Ai criteri *“Compatibilità della sealine con la CO₂”* e *“Presenza di cluster”* è stato attribuito un peso nullo perché le due caratteristiche sono influenti per l’Opzione 2. Una maggiore superficie disponibile facilita l’installazione e la possibilità di scelta della taglia delle nuove apparecchiature, di conseguenza al criterio che identifica l’area disponibile nel wheater deck è stato assegnato un valore pari a 1. I Criteri *“Differenza fra i pesi rimossi e i pesi installati rapportati alla superficie totale della piattaforma”* e *“Rapporto fra gli indici di ingombro post-riconversione e gli indici di ingombro pre-riconversione”* hanno peso 2, per la stessa motivazione descritta nel paragrafo precedente. Per quanto riguarda la presenza del cavo anche in questo caso è stato assegnato un voto pari a 2 perché è un componente utilizzato durante la normal operation; i nuovi componenti installati necessitano di energia elettrica per funzionare; quindi, è chiaro che la sua presenza influisce sulla produttività dell’impianto (in caso fosse presente ma non funzionante viene riparato, invece in caso di assenza il problema viene risolto, installando un turbogeneratore). Infine, due criteri hanno peso +3 e sono quelli relativi al periodo di iniezione e alla pressione di esercizio della sealine. Al primo è stato assegnato questo voto in quanto l’Opzione 2 utilizza il giacimento sia per l’iniezione che per l’estrazione della miscela blanded, di conseguenza è necessario che il giacimento venga riempito il più possibile nei tempi prestabili dalla fase di iniezione, in modo da garantire un’elevata efficienza del sistema. Al secondo, relativo alla pressione di esercizio, è stato attribuito il peso positivo massimo, perché è doveroso identificare quanto le nuove condizioni operative siano compatibili con la componentistica già presente sulla piattaforma.

Il criterio *Compatibilità della sealine con miscele blended H₂* non viene analizzato perché vincolante per l'Opzione 2.

A differenza della macro-categoria compatibilità ambientale, in questo caso non sono presenti voti negativi ciò significa che tutti gli aspetti descritti dai criteri sono favorevoli all'implementazione presa in esame.

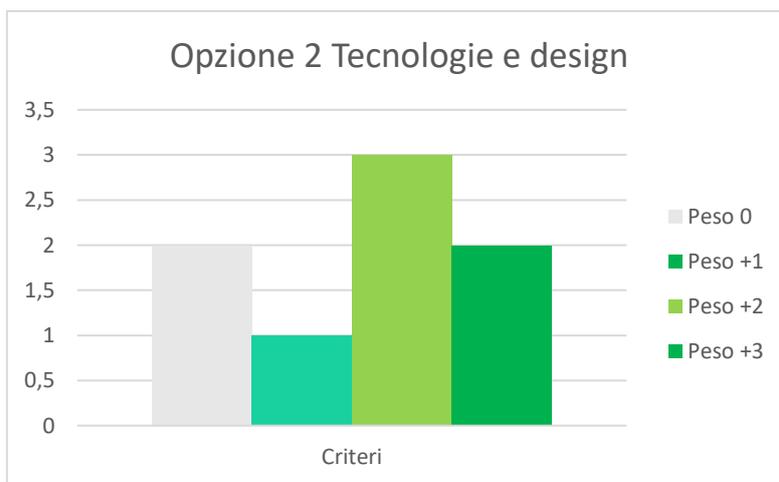


Figura 19: Istogramma Opzione 2 -Tecnologie e design-

Nella Figura 19 viene riportato un istogramma che permette di comprendere al meglio la divisione dei vari pesi. Due criteri sono influenti per l'implementazione dell'Opzione 2, a uno solo è stato attribuito il peso pari a **+1**, a tre è stato assegnato il valore **+2** e infine a due il peso positivo massimo.

Tabella 18: Attribuzione pesi Opzione 3-Tecnologie e design-

Criteri di dettaglio Tecnologie e design	Opzione 3	Note
Presenza del cavo elettrico funzionante;	2	Caratteristica molto favorevole che incide sulla produttività dell'impianto (se non funziona deve essere riparato se non c'è si implementa un turbogeneratore).
Periodo equivalente di iniezione/erogazione nel quale il giacimento viene riempito/svuotato considerando la portata massima trasportata dalla sealine;	1	Caratteristica favorevole perché minore è il periodo di iniezione nel quale il giacimento viene riempito e maggiore è la portata massima trasportabile dalla sealine e quindi più sono gli impianti a terra che possono essere collegati per mandare CO ₂ al giacimento.
Distanza fra la pressione di design e la pressione di esercizio della sealine nelle condizioni di post-riconversione;	3	Caratteristica significativa in quanto il rapporto fra pressione di design e pressione di esercizio ha una grande influenza sulla produttività dell'impianto.
Compatibilità della sealine con miscele blended H ₂ ;	0	Ininfluyente per la realizzazione dell'Opzione 3.
Compatibilità della sealine con la CO ₂ ;	/	
Superficie disponibile nel weather deck per l'installazione di nuove apparecchiature;	1	Caratteristica favorevole perché una maggiore superficie disponibile facilita l'installazione e la possibilità di scelta della taglia delle nuove apparecchiature.
Differenza fra i pesi rimossi e i pesi installati rapportati alla superficie totale della piattaforma;	2	Caratteristica molto favorevole in quanto minimizza l'impatto sulla resistenza strutturale della piattaforma
Rapporto fra gli indici di ingombro post-riconversione e gli indici di ingombro pre-riconversione;	2	Caratteristica molto favorevole perché minimizza l'impatto sulla resistenza strutturale della piattaforma e allo stesso tempo massimizza lo spazio disponibile post riconversione.
Presenza di cluster.	0	Ininfluyente per la realizzazione dell'Opzione 3.

L'attribuzione dei pesi risulta molto simile a quella dell'Opzione 2, ovviamente ci sono delle differenze legate alle diverse finalità impiantistiche. In particolare, il criterio *Compatibilità della sealine con la CO₂* è vincolante e quindi escluso dall'analisi e invece *Compatibilità della sealine con miscele blended H₂* ha peso 0, perché ininfluyente per la realizzazione dell'Opzione 3. L'ultimo criterio che cambia è quello relativo al periodo di iniezione, lo stoccaggio di CO₂ non ha dei tempi di iniezione da rispettare, di conseguenza la caratteristica risulta essere meno influente per la produzione, ma comunque da considerare perché la possibilità di trasportare elevate quantità di anidride carbonica permette di aumentare il numero di impianti a terra che possono essere collegati alla sealine.

A differenza della macro-categoria compatibilità ambientale, in questo caso non sono presenti voti negativi ciò significa che tutti gli aspetti descritti dai criteri sono favorevoli all'implementazione presa in esame.

Viene riportato un istogramma per comprendere al meglio la divisione dei vari pesi.

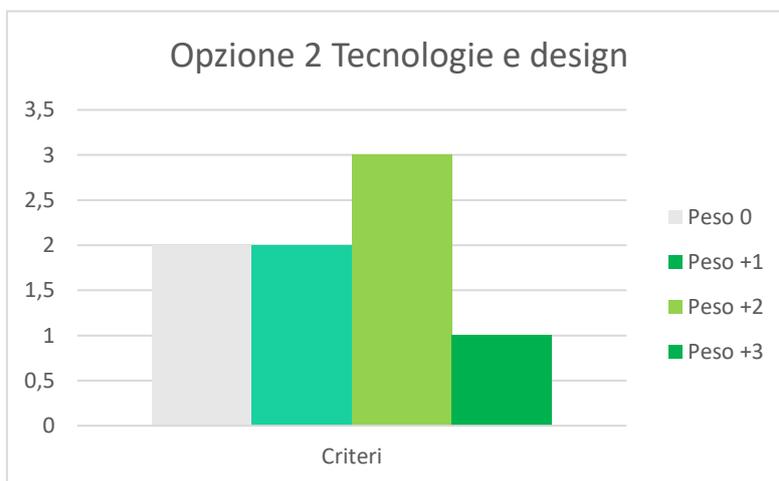


Figura 20: Istogramma Opzione 2 -Tecnologie e design-

Nella Figura 20 viene riportato un istogramma che permette di comprendere al meglio la divisione dei vari pesi. Due criteri sono ininfluenti per l'implementazione dell'Opzione

3, a due criteri è stato attribuito il peso pari a **+1**, a tre il valore **+2** e infine a uno solo il peso positivo massimo.

5.2 ASPETTI AMBIENTALI E RICONVERSIONE E DECOMMISSIONING

Le due macro-categorie sono state valutate insieme perchè entrambe hanno lo scopo di identificare l'impatto ambientale, in particolare, gli aspetti ambientali durante la normal operation, invece, riconversione e decommissioning durante lo smantellamento dei vecchi equipments e l'installazione della nuova componentistica. Definire una metodologia di analisi per valutare i pesi da attribuire a ciascun criterio appartenente a questa due macrocategorie è risultato molto complesso, in quanto, trattandosi di caratteristiche che impattano negativamente la flora e la fauna è difficile, in questa fase preliminare, definire a priori ciò che è più impattante. Per spiegare il meglio il concetto appena esposto si riporta un esempio: senza una conoscenza specifica non si può definire a prescindere se l'impatto legato all' inquinamento luminoso è meno rilevante rispetto quello causato dalla produzione di rumore e vibrazioni. Quindi per evitare di eseguire un'analisi dei pesi poco accurata, se pur complicando l'analisi, si è deciso di non attribuire direttamente il peso a ciascun criterio ma di valutarne il valore in modo indiretto.

Il primo step è stato quello di cercare in letteratura se la valutazione della significatività dell'impatto fosse proporzionale ad alcuni aspetti (sociali, fisici, tecnologici) facilmente quantificabili. Prendendo come riferimento il documento "*OLT Offshore LNG Toscan- Dichiarazione Ambientale 2020 [50]*" è emerso che la procedura di analisi si basa sul considerare specifiche categorie per identificarne il danno ambientale, qui di seguito ne vengono riportate alcune:

- vastità dell'impatto ambientale;
- criterio legislativo;
- importanza per i portatori di interesse;

- frequenza dell'impatto ambientale ecc.

Quindi prendendo come riferimento l'analisi ambientale eseguita da OLT sono stati identificati due aspetti:

- Estensione dell'impatto ambientale;
- Importanza per i portatori di interesse/opinione pubblica.

L'analisi si è concentrata solo su queste due categorie perché il fine ultimo non è quello di quantificare in modo preciso l'impatto ambientale ma sviluppare una metodologia per l'attribuzione dei pesi e queste due categorie sono risultate le più adatte. L'estensione dell'impatto permette di identificare in modo qualitativo ma comunque preciso l'entità dell'impatto. Maggiore è la vastità dell'impatto maggiori sono le zone che risentono della presenza dell'inquinante. Con l'importanza dell'opinione pubblica si considera quell'effetto istintivo che porta le persone a considerare più pericolosi determinati inquinanti, valutando inconsciamente (senza la necessaria conoscenza scientifica dei fenomeni) più dannose per l'ambiente determinate sostanze. Quest'aspetto però è fondamentale per la reputazione dell'azienda che finanzia il progetto e quindi è di primaria importanza oltre che a diminuire il più possibile gli inquinanti e rendere la piattaforma coerente con la transizione energetica in atto, che l'impianto non produca elevate quantità di sostanze inquinanti particolarmente sensibili per l'opinione pubblica.

Conclusa questa fase preliminare d'analisi, definendo i due aspetti necessari alla valutazione indiretta del peso, si procede con lo sviluppo della metodologia nel seguente modo:

1. Attribuire a ciascun aspetto un voto che va da -1 a -3;
2. Associare alla singola categoria un livello d'importanza;
3. Definire il peso relativo al criterio eseguendo la media ponderata dei voti associati a ciascun aspetto.

5.1.2 *ATTRIBUIRE A CIASCUN ASPETTO UN VOTO CHE VA DA -1 A -3*

In questa prima fase a ciascuna categoria viene assegnato un voto negativo che va da -1- a -3. È importante ricordare che il voto è negativo perché questi aspetti sono valutati per identificare il peso dell'impatto ambientale descritto dal criterio di riferimento, identificando, quindi, una caratteristica negativa legata all'implementazione delle soluzioni di riconversione. Nelle tabelle seguenti sono descritti i significati attribuiti ai vari voti a seconda dello specifico aspetto preso in esame.

Tabella 19: Voti - Vastità dell'impatto ambientale-

ESTENSIONE DELL'IMPATTO AMBIENTALE	
Voto	Significato
-1	Locale
-2	Nazionale
-3	Globale

Tabella 20: Voti - Importanza per i portatori di interesse/opinione pubblica -

IMPORTANZA PER I PORTATORI DI INTERESSE/OPINIONE PUBBLICA	
Voto	Significato
-1	Scarsa sensibilità
-2	In via di sviluppo negli ultimi anni
-3	Elevata sensibilità

Per chiarire il concetto appena espresso viene presentato un esempio riferito al criterio *“Quantità di emissioni di gas e vapori climalteranti rilasciate in atmosfera annualmente rispetto alle condizioni di pre-riconversione”*.

Tabella 21: Esempio attribuzione dei voti.

Criterio di dettaglio	Voto relativo all'opinione pubblica	Voto relativo all'estensione dell'impatto
Quantità di emissioni di gas e vapori climalteranti rilasciate in atmosfera annualmente rispetto alle condizioni di pre-riconversione;	-3	-3

In merito a tale criterio si considera l'attribuzione di un voto elevato per quanto riguarda l'opinione pubblica poiché nel corso degli ultimi decenni è aumentata la sensibilità nei confronti delle tematiche connesse all'effetto serra. Per quanto riguarda, invece, la vastità dell'impatto si considera il voto massimo perché il rilascio di gas e vapori climalteranti ha ripercussioni a livello globale. Questo procedimento viene ripetuto per tutti i criteri di dettaglio appartenenti alle macro-categorie aspetti ambientali e riconversione e decommissioning.

5.1.3 ASSOCIARE ALLA SINGOLA CATEGORIA UN LIVELLO D'IMPORTANZA

A ciascun aspetto viene associato un livello di importanza che va da 0 a 1 in modo da poter eseguire nello step successivo la media ponderata. Per livello d'importanza si intende quanto la caratteristica (vastità dell'impatto o opinione pubblica) risulta essere rilevante per la valutazione del peso da attribuire a ciascun indice. In questa fase, ancora preliminare della procedura di analisi delle linee guida, si è scelto di assegnare la stessa importanza ai due aspetti attribuendo ad entrambi un valore pari a 0,5.

Tabella 22: Esempio associazione del livello di importanza attribuito ai singoli aspetti

	0,5	0,5
Criterio di dettaglio	Voto relativo all'opinione pubblica	Voto relativo all'estensione dell'impatto
Quantità di emissioni di gas e vapori climalteranti rilasciate in atmosfera annualmente rispetto alle condizioni di pre-riconversione	-3	-3

5.1.4 *DEFINIRE IL PESO RELATIVO AL CRITERIO ESEGUENDO LA MEDIA PONDERATA DEI VOTI ASSOCIATI A CIASCUN ASPETTO.*

Come ultimo passaggio per attribuire il peso a ciascun indice viene eseguita la media ponderata dei voti attribuiti ai singoli aspetti, prendendo come riferimento la Tabella 22 il calcolo eseguito è il seguente:

$$\begin{aligned}
 P_i &= \text{voto opinione pubblica}_i \cdot \text{importanza opinione pubblica}_i \\
 &\quad + \text{voto vastità dell'impatto}_i \cdot \text{importanza vastità dell'impatto}_i \\
 &= -3 \cdot 0,5 + (-3) \cdot 0,5 = -3
 \end{aligned}$$

Dove:

- P_i = peso attribuito all'i-esimo criterio;
- $\text{voto opinione pubblica}_i$ = voto relativo all' i-esimo criterio assegnato all'opinione pubblica;
- $\text{importanza opinione pubblica}_i$ = livello di importanza associato all'aspetto opinione pubblica;
- $\text{voto vastità dell'impatto}_i$ = voto relativo all' i-esimo criterio assegnato alla vastità dell'impatto;
- $\text{importanza vastità dell'impatto}_i$ = livello di importanza associato all'aspetto vastità dell'impatto.

Tabella 23: Esempio conclusivo per attribuzione dei pesi

	0,5	0,5	
Criterio di dettaglio	Voto relativo all'opinione pubblica	Voto relativo all'estensione dell'impatto	Peso
Quantità di emissioni di gas e vapori climalteranti rilasciate in atmosfera annualmente rispetto alle condizioni di pre-riconversione	-3	-3	-3

La procedura d'analisi risulta essere identica per tutti i criteri appartenenti a queste due macro-categorie tranne per "Quantità di rifiuti recuperabili prodotta durante le operazioni di riconversione e decommissioning". La possibilità di riutilizzare i materiali permette di evitare l'impatto legato allo smaltimento di quest'ultimi. Questo criterio è l'unico ad avere un peso positivo, perché descrive una caratteristica favorevole alla transizione energetica in atto. La metodologia di analisi rimane identica solo che adesso i voti associati all'opinione pubblica e alla vastità dell'impatto sono positivi. Quindi siccome si considera un effetto sull'ambiente positivo maggiore è la vastità dell'impatto e la sensibilità sviluppata dall'opinione pubblica maggiore è il voto attribuito ai due aspetti.

Tabella 24: Voti - Vastità dell'impatto (positivi)

ESTENSIONE DELL'IMPATTO AMBIENTALE	
Voto	Significato
+1	Locale
+2	Nazionale
+3	Globale

Tabella 25: Voti opinione pubblica (positivi)

IMPORTANZA PER I PORTATORI DI INTERESSE/OPINIONE PUBBLICA	
Voto	Significato
+1	Scarsa sensibilità
+2	In via di sviluppo negli ultimi anni
+3	Elevata sensibilità

Nella Tabella 26 è descritta la procedura d'analisi utilizzata per attribuire il peso.

Tabella 26: Attribuzione peso Quantità di rifiuti riciclabili

	0,5	0,5	
Criterio di dettaglio	Voto relativo all'opinione pubblica	Voto relativo all'estensione dell'impatto	Peso
Quantità di rifiuti recuperabili prodotta durante le operazioni di riconversione e decommissioning	3	2	3

In merito a tale criterio si considera l'attribuzione di un voto elevato per quanto riguarda l'opinione pubblica, poiché nel corso degli ultimi decenni è aumentata la sensibilità verso le questioni legate al riciclo dei materiali. Per quanto riguarda, invece, la vastità dell'impatto si considera il voto medio poiché le conseguenze si estendono a livello nazionale, portando a una riduzione del consumo energetico nel processo di smaltimento dei rifiuti.

Considerando il significativo numero di criteri inclusi in queste due macro-categorie, si trovano le relative elaborazioni nell'**Allegato 3-4**

5.2 UTILITÀ OPZIONE

Nel processo di individuazione dei pesi associati a questa macro-categoria, sono stati individuati gli stessi ostacoli riscontrati nelle due macro-categorie precedenti, di conseguenza si è scelto di utilizzare la stessa procedura di analisi utilizzata per “*Aspetti ambientali e Riconversione e decommissioning*”. Sebbene questa categoria non sia specificamente dedicata alla valutazione diretta dell'impatto ambientale, è possibile impiegare la stessa metodologia poiché i criteri, anche se in modo indiretto, sono orientati alla valutazione degli effetti sull'ambiente. Attribuendo un peso negativo alla Quantità di CO₂ emesse dall'impianto → le quantità di anidride carbonica emesse dalla piattaforma durante la normal operation non sono in linea con il raggiungimento del fine ultimo del Green Deal; e un peso positivo alla quantità di CO₂ catturata → garantendo una riduzione di anidride carbonica emessa annualmente in atmosfera.

Tabella 27: Pesi macro-categoria Utilità opzione

	0,5	0,5	
Criterio di dettaglio	Voto relativo all'opinione pubblica	Voto relativo all'estensione dell'impatto	Peso
Quantità di CO ₂ emessa annualmente rispetto alle condizioni di pre-riconversione.	-3	-3	-3
Quantità di CO ₂ catturata annualmente;	3	3	3

Nella Tabella 27 sono presenti i voti assegnati ai due criteri appartenenti alla categoria “*Utilità opzione*”. Al primo si attribuisce un voto elevato per quanto riguarda l'opinione pubblica poiché nel corso degli ultimi decenni è aumentata la sensibilità nei confronti delle tematiche connesse alla carbon footprint. Per quanto riguarda, invece, la vastità dell'impatto si considera il voto massimo perché il rilascio di CO₂ ha ripercussioni a livello

globale. In merito al criterio *“Quantità di CO₂ catturata annualmente”* si assegna un punteggio elevato per l'opinione pubblica, considerando l'aumento della sensibilità nei confronti delle questioni legate alle emissioni di CO₂ nell'atmosfera durante gli ultimi decenni. Per quanto riguarda l'entità dell'impatto, invece, viene attribuito il massimo punteggio in quanto le conseguenze si estendono a livello globale.

5.3 SICUREZZA

Per questa macro-categoria l'attribuzione dei pesi si basa sul determinare la gravità della condizione descritta dal criterio in termini di sicurezza. In particolare, ai criteri che identificano le quantità di sostanze pericolose stoccate è stato assegnato un peso pari a -2, perché evidenziano una condizione che potenzialmente potrebbe provocare danni sia alle persone che all'asset. Per quanto riguarda i criteri che delineano le aree di danno sviluppatesi dalla piattaforma in esame è stato attribuito un valore pari a -3, in quanto l'obiettivo finale di quest'ultimi è quello di individuare l'entità di uno scenario incidentale e, di conseguenza, comprendere l'ampiezza dei danni ad esse correlati. Infine, per il criterio che descrive le zone di sicurezza post-riconversione nella quale è proibito l'accesso a navi e aerei non autorizzate il peso è pari a -1 perché identifica la riduzione dell'area disponibile per la navigazione in modo da azzerare il rischio di impattare rotte civili e commerciali. Nella

Tabella 28 vengono riassunti i concetti appena esposti.

Tabella 28: Attribuzioni pesi macro-categoria Sicurezza

VALUPTAZIONE PESI	IMPATTO
-1	Il criterio descrive un cambiamento rispetto alle condizioni di pre-riconversione, tuttavia, non comporta alcun rischio associato
-2	Il criterio descrive una condizione che potrebbe causare uno scenario incidentale
-3	Il criterio descrive uno scenario incidentale

È importante ricordare che per le macro-categorie *Sicurezza, Utilità opzione Aspetti Ambientali e Riconversione e decommissioning* l'attribuzione dei pesi è la medesima per tutte e tre le opzioni, in quanto le caratteristiche descritte dai criteri, hanno lo stesso effetto per tutti gli scenari di riconversione.

A causa dell'elevato numero di criteri, viene riportata l'analisi di solo tre di essi, in modo da chiarire al meglio la metodologia utilizzata. La lista completa è presente nell'**Allegato 5**.

Tabella 29: Esempio Attribuzione pesi macrocategoria Sicurezza

Criteri di dettaglio	Peso
Quantità di sostanze infiammabili in fase liquida stoccate a bordo della piattaforma;	-2
Possibilità che le aree di danno, sviluppatesi da stoccaggi di sostanze infiammabili della piattaforma in esame, impattino piattaforme limitrofe presidiate (se presenti);	-3
Zona di sicurezza post-riconversione nella quale è proibito l'accesso a navi e aerei non autorizzati rispetto alla configurazione pre-riconversione.	-1

6 ATTRIBUZIONE INDICI PESI

L'ultima fase fondamentale si basa sull'identificazione di una metodologia da implementare nel *tool* in grado di relazionare gli indici ai pesi per ottenere, come risultato finale, la percentuale di adattabilità. Se non si completasse questo passaggio logico i due step rimarrebbero divisi senza avere la possibilità di raggiungere l'obiettivo prestabilito. Di conseguenza è stato inserito, nell'iter che caratterizza le linee guida, il metodo della somma pesata, ampiamente diffuso e utilizzato nelle analisi multicriterio.

In questo elaborato l'Analisi Multicriterio (AMC) può essere definita come una metodologia che consente di relazionare più valutazioni provenienti da vari approcci, come quelli tecnici, sociali e ambientali, in modo da identificare quale opzione di riconversione è la più conveniente. Questa struttura fornisce un supporto decisionale per la selezione della soluzione ottimale tra le diverse alternative, in linea con gli obiettivi e le priorità degli utenti [51].

Esistono varie metodologie di AMC ma ognuna di esse è svolta considerando i seguenti elementi fondamentali:

- **OBIETTIVO** (identifica lo scopo generale da raggiungere) → Nel caso delle linee guida l'obiettivo è la riconversione delle piattaforme offshore O&G giunte a fine vita a causa dell'esaurimento delle risorse di idrocarburi;
- **Le OPZIONI DECISIONALI** (costituiscono gli oggetti della valutazione e della selezione). → Nel caso delle linee guida le opzioni decisionali sono le tre soluzioni di riconversione;
- **DECISORE** o un gruppo di decisori (valutano i risultati ottenuto dall'AMC e identificano la scelta migliore). → Nel caso delle linee guida il decisore è l'utente che valuta quali delle soluzioni di riconversione è la migliore, dopo aver esaminato le percentuali di adattabilità per le diverse opzioni ottenute dall'AMC implementata nel *tool*;

- CRITERI e relativi INDICI (sulla base dei quali si valutano le alternative) Nel caso delle linee guida sono presenti i criteri suddivisi in macro-categorie con i relativi indici A/B/C/D;
- Ad ogni criterio viene assegnato un PESO che identifica l'importanza di quest'ultimo rispetto agli altri.) → Nel caso delle linee guida a seconda della macro-categoria viene identificata una specifica metodologia per attribuire i pesi;
- Un insieme di PUNTEGGI riferiti a ciascun'opzione ottenuti utilizzando un determinato approccio dell'AMC (per esempio somma pesata, prodotto pesato ecc.). Nel caso delle linee guida il metodo utilizzato è la somma pesata.

Come già definito in precedenza, il metodo di sviluppo dell'analisi multicriteri utilizzato è la somma pesata. È una metodologia molto comune; Il punteggio finale relativo a ciascun'alternativa si ricava: prima eseguendo per ciascun criterio la moltiplicazione fra indice e peso e poi, quando il procedimento è stato eseguito per tutti i criteri, i risultati ottenuti si sommano per ottenere lo score finale. Per chiarire il concetto viene riportata la formula:

$$Score_i = \sum_K W_K \cdot \sum_J PC_{J,K} \cdot w_{J,K}$$

Dove:

- $Score_i$ = livello di adattabilità della piattaforma presa in esame rispetto a ciascuna opzione;
- W_K = peso attribuito alla k-esima macro-categoria;
- $PC_{J,K}$ = punteggio attribuito al j-esimo criterio facente parte della k-esima macro-categoria;
- $w_{J,K}$ = peso attribuito al j-esimo criterio di dettaglio facente parte della k-esima macro-categoria.

Per poter utilizzare il metodo della somma pesata è indispensabile apportare delle modifiche alla procedura d'analisi delle linee guida. È importante sottolineare che queste

variazioni sono necessarie per ottenere dal *tool* come output finale la percentuale di adattabilità di ciascun'opzione, ma non cambiano concettualmente i principi cardine della definizione delle linee guida spiegata nei capitoli precedenti. Le modifiche effettuate sono:

1. Valutazione qualitativa degli indici **A/B/C/D** → Valutazione quantitativa degli indici **1/2/3/4**;
2. Attribuzione dei pesi considerando un range compreso fra **-3 +3** → Normalizzazione dei pesi: a **+1** per i criteri con pesi positivi e a **-1** per i criteri con pesi negativi.

6.1 VALUTAZIONE QUALITATIVA DEGLI INDICI A/B/C/D → VALUTAZIONE QUANTITATIVA DEGLI INDICI 1/2/3/4

Per quanto riguarda il primo punto il passaggio da analisi qualitativa a quantitativa è eseguito solo dal *tool*, il quale attribuisce il valore numerico a un determinato valore "lettera". In particolare, per i criteri che descrivono una caratteristica positiva si ha:

- Indice **A** → **4**;
- Indice **B** → **3**;
- Indice **C** → **2**;
- Indice **D** → **1**.

Per caratteristica favorevole si intende una proprietà tecnica, ambientale, strutturale che favorisce l'implementazione di una delle tre soluzioni di riconversione. Per chiarire meglio il concetto viene riportato un esempio:

Tabella 30: Indici numerici-Caratteristica positiva-

Criterio di dettaglio:		
<i>Superficie disponibile nel weather deck per l'installazione di nuove apparecchiature</i>		
	INDICE ELABORATO DAL TOOL	RANGE
A	4	>400
B	3	240-400
C	2	170-240
D	1	< 170

Il criterio Superficie disponibile nel weather deck per l'installazione di nuove apparecchiature descrive per esempio per l'Opzione 1 una caratteristica positiva → maggiore è la superficie maggiore è la taglia dell'impianto fotovoltaico. L'indice numerico che idealmente si vorrebbe attribuire a questo criterio è 4 in quanto identifica come A le condizioni migliori, ovvero in questo specifico caso elevate superfici disponibili per l'installazione di pannelli fotovoltaici.

Invece per i criteri che descrivono una caratteristica negativa si ha:

- Indice **A** →**1**;
- Indice **B** →**2**;
- Indice **C** →**3**;
- Indice **D** →**4**.

Per caratteristica sfavorevole si intende una proprietà tecnica, ambientale, strutturale che non favorisce l'implementazione di una delle tre soluzioni di riconversione. Per chiarire meglio il concetto viene riportato un esempio:

Tabella 31: Indici numerici-Caratteristica negativa-

Criterio di dettaglio:		
<i>Quantità di liquidi inquinanti rilasciati in mare annualmente rispetto alle condizioni di pre-riconversione;</i>		
INDICE	INDICE ELABORATO DAL TOOL	RANGE
A	1	Le quantità sono molto minori
B	2	Le quantità sono minori
C	3	Le quantità sono uguali
D	4	Le quantità sono maggiori

Questo criterio per tutte e tre le opzioni di riconversione descrive una caratteristica sfavorevole in particolare maggiori sono le quantità di liquidi rilasciati in mare, durante la normal operation, maggiore è l'impatto ambientale → Quindi siccome l'indice A identifica sempre la condizione più favorevole viene associato il valore numerico più basso perché identifica bassi rilasci di liquidi in mare.

Quindi riassumendo considerando una specifica opzione di riconversione il *tool* trasforma l'indice A in 4 se la proprietà è favorevole e quindi la condizione ideale sarebbe ottenere elevati range di grandezza (qualitativi o quantitativi) associati a quel criterio; invece, se la proprietà è sfavorevole l'indice A si trasforma in 1 in quanto la condizione ideale sarebbe ottenere dei range di grandezza (qualitativi o quantitativi) più piccolo possibile.

**6.2 ATTRIBUZIONE DEI PESI CONSIDERANDO UN RANGE COMPRESO FRA -3+3
→ NORMALIZZAZIONE DEI PESI: A +1 PER I PESI POSITIVI E A -1 PER I PESI
NEGATIVI**

Per poter analizzare e confrontare i dati relativi ai pesi provenienti dai diversi criteri si è scelto di effettuare una normalizzazione. La normalizzazione è un processo che permette di ottenere da una serie di dati (nel nostro caso i pesi associati a ciascun criterio) un intervallo di valori compreso fra 0 e 1. Questo processo è fondamentale per unificare i pesi in quanto come già evidenziato nel Capitolo 5 per ogni macro-categoria è stata utilizzata una specifica metodologia per attribuire i pesi, di conseguenza, per unificare i risultati e renderli tra loro confrontabili è stato deciso di normalizzarli.

Per ogni opzione di riconversione sono stati raggruppati tutti i criteri con peso negativo appartenenti a ciascuna macro-categoria e normalizzati a -1; lo stesso procedimento è stato eseguito per i criteri con peso positivo, che però sono stati normalizzati a +1.

A valle della normalizzazione si utilizza una metodologia di analisi per non perdere il valore del peso attribuito a ciascun criterio. In particolare, il metodo Simos ordina utilizzando una numerazione progressiva i criteri, da quelli con minor peso a quelli con maggior peso. In questo modo, si garantisce ai criteri che in partenza avevano un peso più alto un valore normalizzato maggiore, rispetto a quello che si otterrebbe con una classica normalizzazione. Si è scelto di utilizzare questa procedura d'analisi per porre l'accento sull'importanza che un criterio con peso elevato ha per l'output finale.

Per spiegare al meglio il metodo viene riportato un esempio riferito all'Opzione 2.

I criteri di dettaglio per l'Opzione 2 sono 66 vengono divisi in criteri con peso positivo, criteri con peso negativo e criteri con peso nullo ottenendo la seguente divisione:

Tabella 32: Divisione criteri con peso positivo/negativo/nullo

Opzione 2		
Numero criteri con peso negativo	Numero criteri con peso nullo o vincolanti	Numero criteri con peso positivo
48	7	11

- Nei 48 criteri negativi sono presenti i criteri con peso -1/-2/-3;
- Nei 11 criteri positivi sono presenti i criteri con peso +1/+2/+3;
- Nei 9 criteri con peso nullo sono presenti tutti i criteri con peso uguale 0.

I criteri con peso nullo sono scartati dall'analisi perché ininfluenti per la definizione dell'output finale.

Concentrando l'analisi solo sui criteri positivi, nella Tabella 32, si riporta la lista degli undici criteri con il relativo peso:

Tabella 33: Elenco criteri positivi

Opzione 2		
Numero criterio	Descrizione	Peso
1	Valore di GOIP del giacimento	+3
2	Valore efficienza giacimento	+3
3	Profondità pozzo	+1
4	Quantità di CO2 catturata annualmente	+3
5	Quantità di rifiuti recuperabili prodotta durante le operazioni di riconversione e decommissioning	3

6	Presenza del cavo elettrico funzionante	+2
Numero criterio	Descrizione	Peso
7	Periodo equivalente di iniezione/erogazione nel quale il giacimento viene riempito/svuotato	+3
8	Distanza fra la pressione di design e la pressione di esercizio della sealine nelle condizioni di post-riconversione	+3
9	Superficie disponibile nel weather deck per l'installazione di nuove apparecchiature	+1
10	Differenza fra i pesi rimossi e i pesi installati rapportati alla superficie totale della piattaforma	+2
11	Rapporto fra gli indici di ingombro post-riconversione e gli indici di ingombro pre-riconversione	+2

A questo punto si implementa il metodo Simos. La procedura si basa su 3 fasi principali:

1. Si crea una graduatoria ordinando i criteri da quello con un peso minore a quello con un peso maggiore;
2. Si assegnano dei punteggi in funzione della posizione in graduatoria di ciascun criterio;
3. Si effettua la normalizzazione dei punteggi.

Sulla base dei pesi assegnati, vengono riordinati i criteri dell'elenco in Tabella 34. I Criteri con lo stesso peso condividono la stessa posizione in graduatoria.

Tabella 34: Suddivisione dei criteri

OPZIONE 2		
Posizione in graduatoria	Peso	Numero criterio
1	+1	3,9
2	+2	6,10,11
3	+3	1,2,4,5,7,8

Considerando la quantità di criteri presenti in una specifica graduatoria, essi vengono nuovamente ordinati nel seguente modo:

Tabella 35: Disposizione dei criteri in graduatoria

OPZIONE 2			
Posizione in graduatoria	Peso	Numero criterio	Nuovi numeri dei criteri
1	+1	3,9	1,2
2	+2	6,10,11	3,4,5
3	+3	1,2,4,5,7,8	6,7,8,9,10,11

Nella graduatoria, i criteri 3 e 9 vengono ridisposti come 1 e 2, poiché sono assegnati alla prima posizione in graduatoria. Lo stesso ragionamento viene ripetuto per gli altri criteri.

A ciascuna posizione si attribuisce un punteggio sulla base dei numeri di criteri appartenenti, utilizzando la seguente formula:

$$Punteggio_i = \frac{\sum_i \text{Numero dei criteri}_i}{\text{Numero dei criteri}_i}$$

Dove:

- $Punteggio_i$ = punteggio attribuito a tutti i criteri appartenenti alla i-esima posizione;
- $\sum_i \text{Numero dei criteri}_i$ = sommatoria del numero dei criteri appartenenti alla i-esima posizione in graduatoria;
- $\text{Numero dei criteri}_i$ = numero dei criteri appartenenti alla i-esima graduatoria

In particolare:

$$Punteggio_1 = \frac{1 + 2}{2} = 1,5$$

$$Punteggio_2 = \frac{3 + 4 + 5}{3} = 4$$

$$Punteggio_3 = \frac{6 + 7 + 8 + 9 + 10}{5} = 8,5$$

Si ottiene quindi la seguente configurazione:

Tabella 36: Attribuzione punteggi

Posizione in graduatoria	Peso	Numero criterio	Nuovi numeri dei criteri	Punteggio
1	1	3	1	1,5
1	1	9	2	1,5
2	2	6	3	4
2	2	10	4	4

2	2	11	5	4
Posizione in graduatoria	Peso	Numero criterio	Nuovi numeri dei criteri	Punteggio
3	3	1	6	8,5
3	3	2	7	8,5
3	3	4	8	8,5
3	3	5	9	8,5
3	3	7	10	8,5
3	3	8	11	8,5

Dopo aver assegnato i punteggi per ciascun criterio, si procede con la normalizzazione mediante la seguente formula:

$$Peso\ normalizzato = \frac{Punteggio_i}{\sum Punteggio}$$

Dove:

- $Peso\ normalizzato_i$ = peso normalizzato riferito all' i-esima posizione in graduatoria;
- $Punteggio_i$ = punteggio riferito al criterio appartenente alla i-esima posizione in graduatoria;
- $\sum Punteggio$ = sommatoria di tutti i punteggi assegnati a ogni criterio =
= 1,5 + 1,5 + 4 + 4 + 4 + 8,5 + 8,5 + 8,5 + 8,5 + 8,5 + 8,5 = 66.

Quindi tutti i criteri che hanno in partenza un peso pari a 1 e punteggio 1,5 hanno un peso normalizzato pari a 0,02:

$$Peso\ normalizzato_1 = \frac{1,5}{66} = 0,02$$

Tutti i criteri che hanno in partenza un peso pari a 2 e punteggio 4 hanno un peso normalizzato pari a 0,06:

$$Peso\ normalizzato_2 = \frac{4}{66} = 0,06$$

Infine, i criteri che hanno in partenza un peso pari a 3 e punteggio 8,5 hanno un peso normalizzato pari a 0,13:

$$Peso\ normalizzato_3 = \frac{8,5}{66} = 0,13$$

Nella Tabella 37 si riportano i nuovi pesi normalizzati attribuiti a ciascun criterio:

Tabella 37: Attribuzione pesi normalizzati

OPZIONE 2			
Numero criterio	Descrizione	Peso	Peso normalizzato
1	Valore di GOIP del giacimento	+3	0,13
2	Valore efficienza giacimento	+3	0,13
3	Profondità pozzo	+1	0,02
4	Quantità di CO2 catturata annualmente	+3	0,13
5	Quantità di rifiuti recuperabili prodotta durante le operazioni di riconversione e decommissioning	+3	0,13
6	Presenza del cavo elettrico funzionante	+2	0,06
Numero criterio	Descrizione	Peso	Peso normalizzato
7	Periodo equivalente di iniezione/erogazione nel quale il giacimento viene riempito/svuotato	+3	0,13

Numero criterio	Descrizione	Peso	Peso normalizzato
8	Distanza fra la pressione di design e la pressione di esercizio della sealine nelle condizioni di post-riconversione	+3	0,13
9	Superficie disponibile nel weather deck per l'installazione di nuove apparecchiature	+1	0,02
10	Differenza fra i pesi rimossi e i pesi installati rapportati alla superficie totale della piattaforma	+2	0,06
11	Rapporto fra gli indici di ingombro post-riconversione e gli indici di ingombro pre-riconversione	+2	0,06

Come già introdotto nei paragrafi precedenti la normalizzazione con il metodo Simos, rispetto alla classica normalizzazione, permette di mantenere l'importanza del criterio precedentemente attribuita con i pesi. Questo concetto viene evidenziato nella Tabella 38

Tabella 38: Paragone normalizzazione senza e con metodo Simos

Pesi	Pesi normalizzati	Pesi normalizzati con metodo Simos
1	0,04	0,02
2	0,08	0,06
3	0,12	0,13

Con il metodo classico della normalizzazione ai criteri con peso **1** viene associato un peso normalizzato pari a 0,04 invece quelli con peso **2** due volte il peso normalizzato di **1** - $2 \cdot 0,04 = 0,08$ - e per quelli con peso **3** tre volte il peso normalizzato di **1**, $3 \cdot 0,04 = 0,12$. Invece utilizzando il metodo Simos si ottiene che ai criteri con peso **1** viene associato un peso normalizzato uguale a 0,02 per quelli con peso **2** tre volte il peso normalizzato di **1** - $3 \cdot 0,02 = 0,06$ e infine, per quelli con peso **3** quasi sette volte il peso di **1** - $6,5 \cdot 0,02 = 0,13$. Con il metodo Simos si preserva maggiormente il valore attribuito al peso definito nelle linee guida. Questo significa che i criteri con un peso maggiore hanno un impatto significativamente più rilevante sulla selezione della soluzione da implementare rispetto a quelli con un peso minore.

Per i criteri con peso negativo e per le Opzioni 1 e 3 il procedimento utilizzato è il medesimo, di conseguenza, viene riportato negli **Allegati 6,7,8**.

A questo punto sono state apportate tutte le modifiche necessarie per poter implementare il metodo della somma pesata nel *tool*, consentendo così di associare gli indici ai criteri al fine di raggiungere l'obiettivo desiderato.

7 ELABORAZIONE DEI RISULTATI FINALI

La sesta ed ultima fase è l'elaborazione dei risultati finali, garantita dall'implementazione del processo di analisi in un *tool*, per ottenere, come output finale, delle informazioni utili a identificare quale delle opzioni di riconversione è più adatta per la piattaforma in esame. Risulta dunque necessario creare un programma personalizzato dove è presente ogni fase della metodologia di analisi appena descritta. La procedura richiede tre ripetizioni del programma, una per opzione, per ottenere tre risultati finali che poi verranno confrontati per capire quale delle soluzioni è la più efficace. Questa parte finale è ampiamente definita in un altro lavoro di tesi [4] ma per completezza è comunque citata in questo elaborato. Una volta definita la procedura di analisi è necessario andare a evidenziare, mediante un diagramma di flusso, l'algoritmo utilizzato dal *tool*. La struttura dell'algoritmo risulta essere la medesima per tutte e tre le casistiche ma le valutazioni fatte dal software cambiano a seconda dell'opzione presa in esame.

Nella pagina seguente è presente, un'immagine del diagramma di flusso per l'Opzione 1, che descrive tutti i passaggi logici delle linee guida eseguiti dal software.

Definizione del livello di adattabilità della piattaforma all'Opzione 1

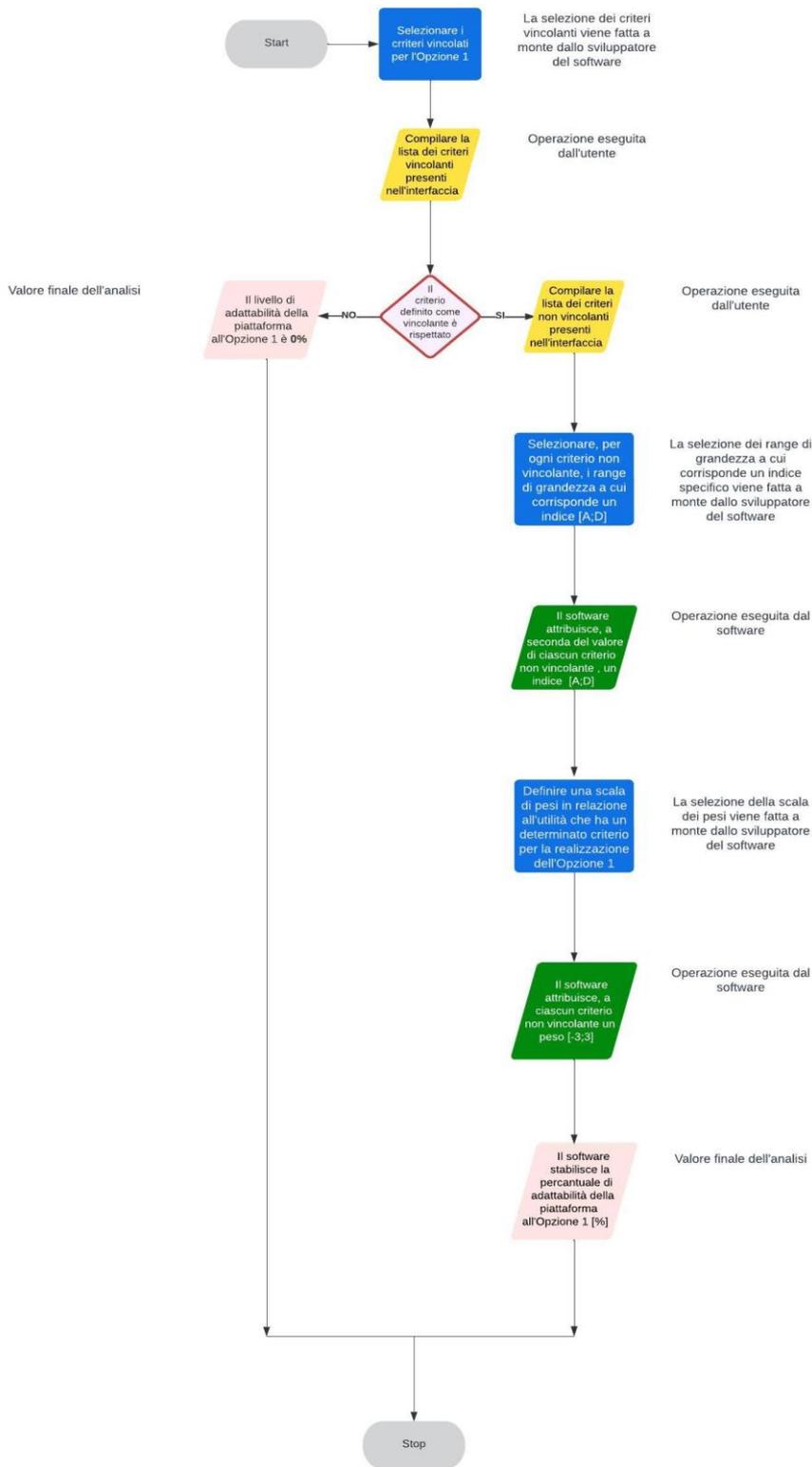


Figura 21: Flow chart Opzione 1

Una volta definiti tutti i criteri di dettaglio per le sei macro-categorie, questi vengono inseriti nel *tool*. Da un punto di vista compilativo, come si denota dalla Figura 21, il primo step che l'algoritmo chiede all'analista è la compilazione di una lista in cui sono presenti solo i parametri necessari per definire il soddisfacimento (o meno) dei criteri vincolanti.

Se anche solo uno dei criteri vincolanti non fosse soddisfatto, l'algoritmo restituirebbe come output finale un valore percentuale pari allo 0% di adattabilità e quindi non risulterebbe possibile utilizzare quell'opzione per la riconversione.

Se invece tutti i criteri vincolanti sono rispettati si può procedere con un'analisi semi-quantitativa; l'utente interagisce con il *tool*, andando a inserire le grandezze di riferimento per ciascun criterio non vincolante e il programma attribuisce degli indici (A; D) e, successivamente, anche dei pesi (-3;3) a seconda dell'utilità che una determinata caratteristica ha per la realizzazione dell'opzione in analisi. In conclusione, come risultato finale, il *tool* restituisce il livello di adattabilità delle opzioni di riconversione per la piattaforma in esame.

L'algoritmo è stato realizzato utilizzando il programma MATHLAB, l'utente si relaziona con il *tool* attraverso una specifica interfaccia grafica, inserisce i dati richiesti in modo da poter ottenere il risultato desiderato. La procedura d'analisi su cui si basano le linee guida è complessa, per poter raggiungere l'obiettivo finale è necessario che alcuni valori siano inseriti direttamente dall'analista (i dati riferiti a tutti i criteri), altri invece dal programmatore del *tool*, durante la fase preliminare di elaborazione dell'algoritmo.

Nelle figure seguenti viene riportata l'interfaccia del *tool*, prendendo come esempio i criteri vincolanti per l'Opzione 1 e alcuni criteri appartenenti alla macro-categoria Aspetti ambientali.

Criteri vincolanti: Opzione 1

Tecnologie e Design

1. La superficie emersa della piattaforma in esame è > 270 m² SI NO

2. Presenza di cluster di piattaforme SI NO

CONFERMA

Figura 22: Interfaccia grafica tool- criteri vincolanti-

Il *tool*, come già evidenziato in precedenza, come primo step, mostra all'utente solo i criteri vincolanti riferiti all' opzione che si sta analizzando se non viene rispettato un criterio valutato come vincolante, il livello di adattabilità della piattaforma ad una data opzione si azzerà e quindi non sarà possibile utilizzare quella soluzione per la riconversione.

Aspetti ambientali

3. Emissioni di liquidi in mare non presenti nella fase di pre-riconversione

3.1.1. Livello di pH medio dell'acqua di mare nell'area di interesse
pH

3.1.1. Livello di pH atteso nell'acqua di mare entro un raggio di 50 metri dallo scarico della piattaforma nelle condizioni di post-riconversione
pH

3.1.2. Livello di salinità medio dell'acqua di mare nell'area di interesse
psu

3.1.2. Livello di salinità atteso nell'acqua di mare entro un raggio di 50 metri dallo scarico della piattaforma nelle condizioni di post-riconversione
psu

CONFERMA

Nota: Inserire punto come separatore decimale

Figura 23: Interfaccia grafica tool - criteri aspetti ambientali-

Nella Figura 23 l'analista che si interfaccia con il programma inserisce il valore della caratteristica specifico per la piattaforma in esame richiesta dal criterio e l'algoritmo restituisce un indice (A/B/C/D), a seconda del range di appartenenza della grandezza di riferimento.

Qui di seguito vengono specificati quali sono le valutazioni eseguite a monte dallo sviluppatore:

1. Definire i 6 criteri vincolanti;
2. Definire tutti i range da attribuire a ciascun indice relativo a ciascun criterio;
3. Definire il peso da assegnare a ciascun criterio;
4. Definire il metodo da utilizzare per l'analisi multicriteri;
5. Indentificare un livello d'importanza alla categoria vastità dell'impatto e all'opinione pubblica.
6. Definire il relativo peso da assegnare a ciascuna macro-categoria.

Queste fasi sono fondamentali per poter permettere al *tool* di ottenere come risultato finale la percentuale di adattabilità di un'opzione per la piattaforma presa in esame. Le prime quattro non possono essere modificate dall'analista in quanto si perderebbe la

significatività del risultato finale; per esempio, la modifica dei criteri vincolanti, se l'utente avesse la possibilità di eliminare il criterio relativo alla presenza del giacimento, paradossalmente il *tool* potrebbe valutare la percentuale di adattabilità relativa all'Opzione 2 o 3 anche per una piattaforma che non presenta giacimenti. Invece per le ultime valutazioni, viene offerta all'utente la possibilità di modificare i valori, specialmente se possiede conoscenze approfondite su un particolare settore. Questa opzione consente di affinare l'analisi per renderla più precisa. È essenziale notare che, anche se l'utente non apporta alcuna modifica, il risultato rimane affidabile poiché si basa su valutazioni di carattere generale.

In conclusione, il *tool* restituisce come output delle informazioni utili a identificare quale delle opzioni di riconversione è la più adatta per la piattaforma in esame e un grado di incertezza dovuto al fatto che magari non tutti i criteri di dettaglio sono stati compilati.

La procedura richiede tre ripetizioni del programma, una per opzione, per ottenere tre risultati finali che poi verranno confrontati per capire quale delle soluzioni è la più efficace.

Per poter ottenere dei risultati dal *tool* e quindi comprenderne la sua validità sono state eseguite prove inserendo come risposta ai criteri i dati riferiti a GREEN1.

Con l'ausilio del metodo della somma pesata e considerando il 100% della compilazione dei criteri per ciascun'opzione, quindi un grado di incertezza pari a 0, l'algoritmo ha calcolato tre diversi score per la piattaforma GREEN1 ciascuno riferito a una specifica soluzione di riconversione.

Nella Figura 24 sono presenti i tre punteggi riferiti alle opzioni di riconversione.

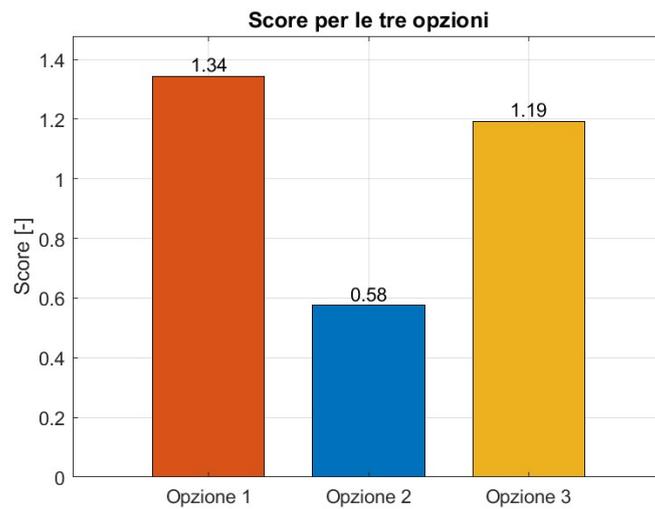


Figura 24: Score riferiti a GREEN1 per le tre Opzioni di riconversione

Dall'analisi del grafico emerge che l'Opzione 2, con il punteggio più basso, risulta essere la soluzione meno adatta per l'implementazione su GREEN1. Al contrario, l'Opzione 1 si rivela la migliore, anche se di poco, rispetto all'Opzione 3.

Ogni macro-categoria contribuisce in maniera differente nella determinazione del punteggio delle tre opzioni analizzate. In particolare, per ciascuna alternativa in esame, vengono individuati, nella Figura 25, i punti di forza in cui il contributo in termini di performance è elevato, identificando allo stesso tempo, le macro-categorie in cui invece la prestazione dell'opzione *i*-esima è pessima poiché concorre con una somma pesata negativa, a ridurre lo score complessivo.

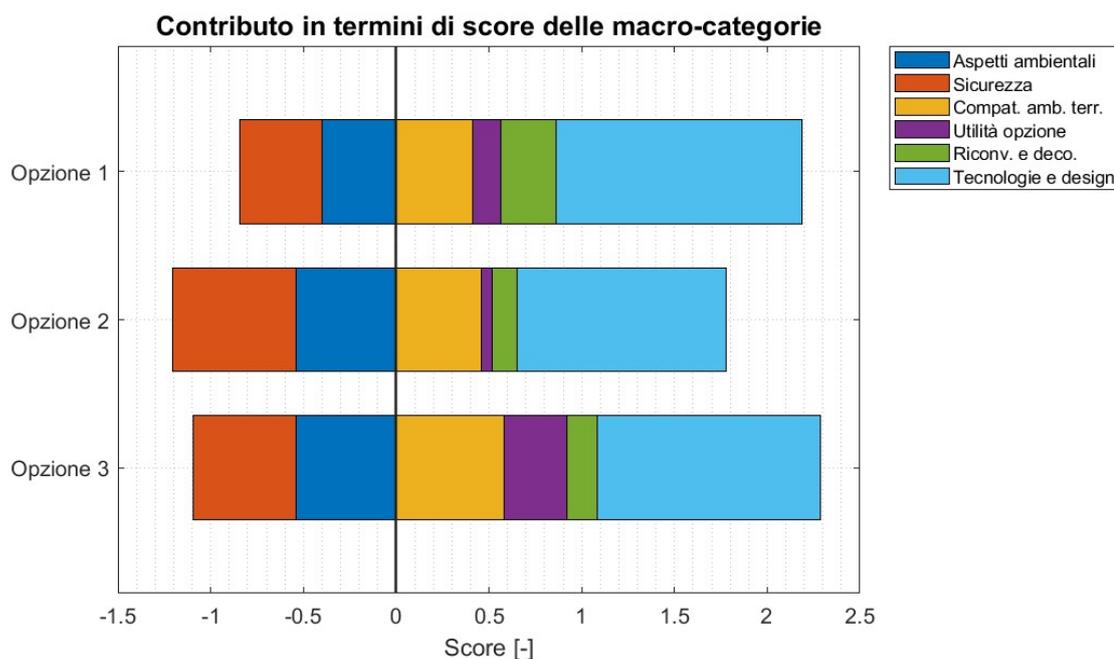


Figura 25: Contributo in termini di score delle macro-categorie

In Figura 25, sono analizzate tutte le sei macro-categorie, individuando quale di queste sfavoriscono, con il loro rispettivo score, uno scenario rispetto ad un altro e quali invece consentano, ad esempio, per l'Opzione 1 di ottenere il punteggio più elevato.

Inoltre, se prendessimo in considerazione separatamente alcuni aspetti (come quelli ambientali, di sicurezza,), otterremmo classifiche diverse. Per questo motivo, la graduatoria finale è una sintesi complessiva di ogni macro-categoria di criteri, ognuna con il proprio punteggio pesato, derivante dalla metodologia definita nell'analisi.

Per avere una visione completa dei risultati ottenuti, considerando di confrontare esclusivamente le tre opzioni in esame, calcolato lo score per ogni opzione, si definisce una percentuale di adattabilità della piattaforma rispetto a ogni scenario di riconversione, con la seguente formula:

$$\%Opzione_i = \frac{Score_i}{\sum_{i=1}^3 Score_i} \cdot 100$$

Dove:

- $\%Opzione_i$ = percentuale di adattabilità della piattaforma in esame riferita all'i-esima opzione di riconversione;
- $Score_i$ = punteggio riferito all' i-esima opzione;
- $\sum_{i=1}^3 Score_i$ = La sommatoria dei tre punteggi.

Per quanto riguarda GREEN1 i risultati riferiti alle tre opzioni di riconversione sono i seguenti:

$$\%Opzione_1 = \frac{1,34}{1,34 + 0,58 + 1,19} \cdot 100 = 43,15\%$$

$$\%Opzione_2 = \frac{0,58}{1,34 + 0,58 + 1,19} \cdot 100 = 18,51\%$$

$$\%Opzione_3 = \frac{1,19}{1,34 + 0,58 + 1,19} \cdot 100 = 38,33\%$$

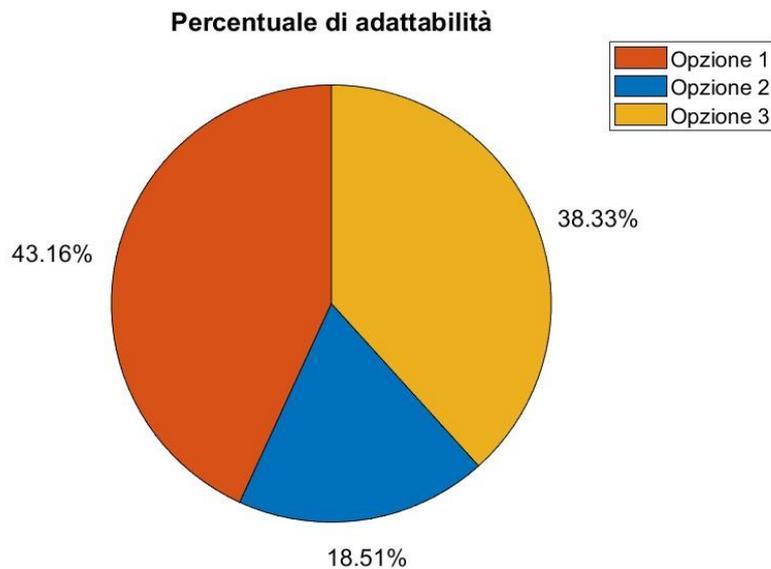


Figura 26: Percentuali di adattabilità riferiti a GREEN1 per le tre Opzioni di riconversione

Nella Figura 26, i risultati sono rappresentati in un unico diagramma a torta, dove la somma delle tre percentuali equivale al 100%. Come osservato nella Figura 24, l'Opzione 2 per le caratteristiche intrinseche di GREEN1 emerge come meno adatta, mentre l'Opzione 1 risulta essere la più idonea, anche se di poco rispetto alla 3.

Per conferire maggiore precisione e chiarezza allo studio, è stato deciso di condurre anche un'analisi comparativa, tra le prestazioni ottenute in termini di Score per il caso in esame e la piattaforma "ideale". Per piattaforma "ideale" si intende il caso studio più performante possibile per la quale si è attribuito in risposta a ogni criterio l'indice A. Quindi l'obiettivo dell'analisi è proprio quello di definire come una qualsiasi piattaforma in esame si collochi rispetto al caso "best platform", rappresentativo delle migliori performance che un'infrastruttura offshore può ottenere.

I risultati relativi a GREEN 1 riferiti alle tre opzioni di riconversione sono rappresentati in Figura 27.

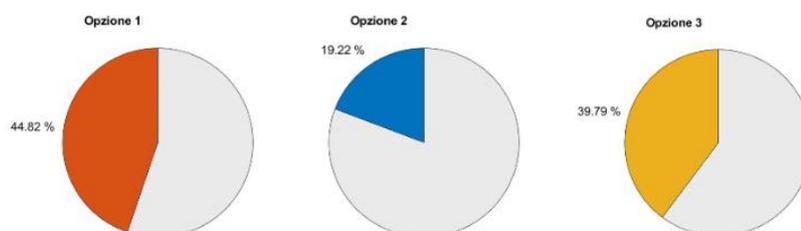


Figura 27: Risultati ottenuti tramite comparazione fra GREEN1 e il caso ideale

Dai grafici a torta si vede che i risultati non sono molto performanti, nessuna delle tre opzioni supera il 50%. L'Opzione 2 si conferma la soluzione di riconversione peggiore, per le caratteristiche di GREEN1, con un risultato in percentuale pari al 19.22% rispetto al caso "best platform".

La descrizione del *tool* e l'elaborazione dei risultati è ampiamente descritta in un altro lavoro di tesi, per ulteriori dettagli in [4], ma per completezza d'analisi è comunque citata in questo elaborato.

8 CONCLUSIONI E PROSPETTIVE

La stesura delle linee guida per accompagnare la decisione sulla riconversione di una piattaforma offshore, come precedentemente delineato, si allinea con l'obiettivo di transizione energetica e, di conseguenza, di sviluppo sostenibile. Questo viene realizzato attraverso la promozione e l'implementazione di strategie mirate alla riduzione delle emissioni di gas serra. La riconversione delle piattaforme offshore per l'impiego di energie rinnovabili o altre finalità sostenibili si inserisce perfettamente in tale contesto, apportando una diversificazione delle fonti energetiche, una riduzione dell'impatto ambientale e una promozione di maggiore autonomia rispetto alle fonti fossili.

La definizione della metodologia atta a definire le linee guida, per la riconversione di piattaforme oil&gas che operano su giacimenti esauriti, si basa su tre opzioni di riconversione che prevedono il riutilizzo della piattaforma mediante modalità congrue alla transizione energetica. Attraverso l'impiego di un processo di analisi sistematica, particolarmente adatto all'integrazione di strumenti computerizzati, è stato creato uno *tool* di supporto che facilita la selezione dell'opzione di riconversione migliore. Questo programma fornisce all'utente, come risultato finale, il livello di adattabilità relativo a ciascuno scenario di riconversione.

Alla luce della realizzazione della procedura d'analisi delle linee guida si può affermare che gli scopi della tesi sono stati raggiunti. In questo elaborato viene definito e argomentato ogni singolo procedimento che ha portato alla stesura completa del progetto e infine vengono riportati i risultati ottenuti implementando la metodologia nel *tool* per evidenziarne la sua funzionalità.

La definizione della metodologia ha consentito di sviluppare un iter completo fornendo una valutazione delle potenzialità di riconversione rispetto a ciascuna delle opzioni menzionate. Quindi un grande vantaggio della linea guida è la sua utilità come strumento di supporto nella decisione riguardante il destino di una piattaforma giunta a fine vita a causa dell'esaurimento delle risorse di idrocarburi. Dopo aver utilizzato il *tool*, l'utente ha già una chiara comprensione della scelta più conveniente, poiché nel

processo di analisi sono state valutate tutte le caratteristiche rilevanti per ciascuna opzione di riconversione. Inoltre, la metodologia presenta un ulteriore punto di forza, essa non è limitata a una tipologia specifica di piattaforma, ma può essere applicata a una vasta gamma di strutture offshore.

Durante l'analisi sono state riscontrate diverse criticità, qui di seguito vengono presentate e spiegate. Durante la definizione della metodologia, la prima sfida affrontata riguardava l'assegnazione degli indici, in particolare la selezione delle specifiche grandezze da associare a ciascun criterio e i relativi intervalli per attribuire un indice specifico. Per ogni criterio di dettaglio, è stata individuata una grandezza che lo rappresentasse, al fine di poterlo valutare, insieme a intervalli correlati che indicassero un indice specifico. La vastità dei criteri e delle aree tematiche a cui appartenevano ha reso l'analisi molto complessa, poiché si tratta di argomenti relativi alla sicurezza, all'ambiente e alla struttura, richiedendo una conoscenza approfondita dei vari settori per evitare che una macro-categoria fosse trattata in modo non adeguato rispetto alle altre. La stessa difficoltà si presenta anche dal punto di vista dell'utente, esso deve possedere conoscenze approfondite su vari ambiti per compilare tutti i criteri. Se l'utente non ha queste competenze e quindi non è in grado di rispondere ad alcuni criteri, l'accuratezza dell'output finale diminuisce, soprattutto se i criteri non compilati sono rilevanti per l'opzione presa come caso studio. Sono state riscontrate delle criticità anche durante la fase che ha determinato l'associazione dei pesi. L'attribuzione del peso determina l'utilità che ha una determinata caratteristica per la realizzazione di una delle tre opzioni di riconversione. Questo è stato uno dei punti più complessi in quanto è stato necessario identificare una procedura di analisi coerente per tutte e tre le opzioni ma allo stesso tempo specifica per ogni criterio di dettaglio. Infine, un ulteriore aspetto significativo da evidenziare riguarda l'identificazione di una metodologia per assegnare gli indici ai pesi; dopo un approfondito studio delle caratteristiche dell'analisi multicriteri, che offre diverse procedure, è stata scelta la metodologia della somma pesata. Nonostante in letteratura ci siano procedure più efficienti è stata presa questa decisione per evitare di complicare ulteriormente la metodologia, pur garantendo un risultato finale valido.

Possono essere individuati futuri sviluppi di tale progetto, da collocarsi sempre nell'ottica della sostenibilità e transizione energetica in atto. Ad oggi le linee guida e il *tool* sono definiti solo per le tre opzioni di riconversione, ma l'approccio è di carattere generale e potrà, in futuro, essere esteso a scelte impiantistiche non ancora sviluppate. La metodologia è facilmente ampliabile a nuove soluzioni di riconversione, grazie al fatto che per renderla adatta ai nuovi casi studio è necessario semplicemente definire i nuovi criteri, che descrivono le nuove caratteristiche rilevanti, senza andare a modificare il processo d'analisi alla base, quindi non modificando la metodologia di attribuzione degli indici e dei pesi e mantenendo invariata l'analisi multicriteri.

ALLEGATO 1 –ELENCO COMPLETO DEI CRITERI

SICUREZZA					
Critero di dettaglio	Unità di misura	Indice A	Indice B	Indice C	Indice D
Quantità di sostanze infiammabili in fase liquida stoccate a bordo della piattaforma;	kg	0	0-100	100-1000	>1000
Quantità di sostanze infiammabili in fase gassosa stoccate a bordo della piattaforma;	kg	0	0-100	100-1000	>1000
Quantità di sostanze esplosive in fase liquida stoccate a bordo della piattaforma;	kg	0	0-100	100-1000	>1000
Quantità di sostanze esplosive in fase gassosa stoccate a bordo della piattaforma;	kg	0	0-100	100-1000	>1000
Quantità di sostanze tossiche in fase liquida stoccate a bordo della piattaforma;	kg	0	0-100	100-1000	>1000
Quantità di sostanze tossiche in fase gassosa stoccate a bordo della piattaforma;	kg	0	0-100	100-1000	>1000
Quantità di sostanze corrosive in fase liquida stoccate a bordo della piattaforma;	kg	0	0-100	100-1000	>1000
Quantità di sostanze corrosive in fase gassosa stoccate a bordo della piattaforma;	kg	0	0-100	100-1000	>1000
Quantità di sostanze pericolose per l'ambiente in fase liquida stoccate a bordo della piattaforma;	kg	0	0-100	100-1000	>1000
Quantità di sostanze pericolose per l'ambiente in fase gassosa stoccate a bordo della piattaforma;	kg	0	0-100	100-1000	>1000
Possibilità che le aree di danno, sviluppatesi da stoccaggi di sostanze infiammabili della piattaforma in esame, impattino piattaforme limitrofe presidiate (se presenti);	/	Non impatto piattaforme limitrofe	Impatto con una radiazione di 7 kW/m ² solo le strutture di collegamento (se presenti)	Impatto con una radiazione di 12,5 kW/m ² solo le strutture di collegamento (se presenti) o con una radiazione di 7 kW/m ² sulla piattaforma limitrofa	Impatto con una radiazione di 12,5 kW/m ² la piattaforma limitrofa
Possibilità che le aree di danno, sviluppatesi da stoccaggi di sostanze esplosive della piattaforma in esame, impattino piattaforme limitrofe presidiate (se presenti);	/	Non impatto piattaforme limitrofe	Impatto con una sovrappressione pari a 0,07 bar solo le strutture di collegamento (se presenti)	Impatto con una sovrappressione di 0,3 bar solo sulle strutture di collegamento (se presenti) o con una sovrappressione di 0,07 bar sulla piattaforma limitrofa	Impatto con una sovrappressione di 0,3 bar la piattaforma limitrofa
Possibilità che le aree di danno, sviluppatesi da stoccaggi di sostanze tossiche della piattaforma in esame, impattino piattaforme limitrofe presidiate (se presenti);	/	Non impatto piattaforme limitrofe	Impatto con una nube tossica con concentrazione pari all'IDLH solo le strutture di collegamento (se presenti)	Impatto con una nube tossica, con concentrazione pari a LC50 (30 min e hm), solo le strutture di collegamento (se presenti) o con una nube tossica con concentrazione pari all'IDLH sulla piattaforma limitrofa	Impatto con una nube tossica con concentrazione pari a LC50 (30 min e hm) la piattaforma limitrofa
Zona di sicurezza post-riconversione nella quale è proibito l'accesso a navi ed aerei non autorizzati rispetto alla configurazione pre-riconversione.	/	La zona di sicurezza è inferiore o analoga alla configurazione pre-riconversione	La zona di sicurezza è 1,5 volte maggiore rispetto alla configurazione pre-riconversione	La zona di sicurezza è 2 volte maggiore rispetto alla configurazione pre-riconversione	La zona di sicurezza è 2,5 volte maggiore rispetto alla configurazione pre-riconversione

COMPATIBILITÀ AMBIENTALE E TERRITORIALE					
Criterio di dettaglio	Unità di misura	Indice A	Indice B	Indice C	Indice D
Distanza tra la velocità del vento attesa e la velocità massima del vento compatibile con le installazioni a bordo della piattaforma;	%	<35%	35-55%	55-75%	>75%
Differenza tra il carico dovuto alle precipitazioni nevose medie annue e il carico massimo compatibile con le apparecchiature a bordo della piattaforma;	%	<15%	15-30%	30-75%	>75%
Differenza tra resistenza meccanica all'impatto dovuto alle tempeste di grandine e resistenza meccanica massima delle apparecchiature a bordo della piattaforma;	%	<15%	15-40%	40-75%	>75%
Probabilità che il territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni) da un evento sismico rilevante;	/	Zona 4	Zona 3	Zona 2	Zona 1
Producibilità impianto fotovoltaico;	kWh/m ²	>300	225-300	170-225	<170
Presenza di giacimenti;	/	Presente	/	/	Assente
Valore di GOIP del giacimento;	Msm ³	>900	600-900	600-300	<300
Efficienza giacimento >30 %;	/	Si	/	/	No
Valore efficienza giacimento;	%	>75%	50-75%	30-50%	<30%
Profondità pozzo.	m	>3555	2318-3555	1245-2318	<1245

UTILITÀ OPZIONE					
Criterio di dettaglio	Unità di misura	Indice A	Indice B	Indice C	Indice D
Quantità di CO ₂ emessa annualmente rispetto alle	%	<25%	25-50%	50-75%	>75%
Quantità di CO ₂ catturata annualmente.	kt/anno	>1000	1000-500	500-4	<4

RICONVERSIONE E DECOMMISSIONING					
Critero di dettaglio	Unità di misura	Indice A	Indice B	Indice C	Indice D
EMISSIONI DI GAS E VAPORI IN ATMOSFERA					
Impatto dovuto alle emissioni di gas e vapori climalteranti rilasciati in atmosfera dovute alle operazioni di riconversione e decommissioning;	/	è trascurabile	è basso	è di media entità	è rilevante
Impatto dovuto alle emissioni di gas e vapori inquinanti rilasciati in atmosfera dovute alle operazioni di riconversione e decommissioning;	/	è trascurabile	è basso	è di media entità	è rilevante
EMISSIONI DI LIQUIDI IN MARE					
Impatto dovuto ai liquidi inquinanti rilasciati in mare dovute alle operazioni di riconversione e decommissioning;	/	è trascurabile	è basso	è di media entità	è rilevante
PRODUZIONE DI RUMORE E VIBRAZIONI					
Impatto dovuto alla produzione di rumore e vibrazioni prodotta dalle operazioni di riconversione e decommissioning;	/	è trascurabile	è basso	è di media entità	è rilevante
PRODUZIONE DI CALORE					
Impatto dovuto al rilascio di fluidi caldi in mare dovute alle operazioni di riconversione e decommissioning;	/	è trascurabile	è basso	è di media entità	è rilevante
Impatto dovuto al rilascio di fluidi freddi in mare dovute alle operazioni di riconversione e decommissioning;	/	è trascurabile	è basso	è di media entità	è rilevante
INQUINAMENTO LUMINOSO					
Impatto dovuto alla produzione luce artificiale prodotta durante le operazioni di riconversione e decommissioning;	/	è trascurabile	è basso	è di media entità	è rilevante
CONSUMO DI ENERGIE E RISORSE					
Quantità di energia primaria consumata durante le operazioni di riconversione e decommissioning;	milioniGJ	<0.1	0.1-1	1,0-3	>3
PRODUZIONE DI RIFIUTI					
Quantità di rifiuti prodotta dovute alle operazioni di riconversione e decommissioning;	kg/m ²	< 55	55-75	75-95	>95
Quantità di rifiuti recuperabili prodotta durante le operazioni di riconversione e decommissioning.	%	>85%	55-85%	20-55%	<20%

TECNOLOGIE E DESIGN					
Critero di dettaglio	Unità di misura	Indice A	Indice B	Indice C	Indice D
Presenza del cavo elettrico funzionante;	/	Presente	/	/	Assente
Periodo equivalente di iniezione/erogazione nel quale il giacimento viene riempito/svuotato;	mesi	4	5	6	>6
Distanza fra la pressione di design e la pressione di esercizio della sealine nelle condizioni di post-riconversione;	/	>7	7-3	3-1,5	<1,5
Compatibilità della sealine con miscele H ₂ ;	/	Si	/	/	No
Compatibilità della sealine con la CO ₂ ;	/	Si	/	/	No
Rapporto fra gli indici di ingombro post-riconversione e gli indici di ingombro pre-riconversione;	%	<55%	55-75%	75-100%	>100%
Superficie disponibile nel weather deck per l'installazione di nuove apparecchiature;	m ²	>400	240-400	170-240	< 170
Differenza fra i pesi rimossi e i pesi installati rapportati alla superficie totale della piattaforma;	kg/m ²	>50	30-50	15-30	<15
Presenza di cluster;	/	Si	/	/	No
La superficie emersa della piattaforma è > di 270 m ² ?:	/	/	/	/	/

ALLEGATO 2 – ELABORAZIONE DEI 66 CRITERI E DEFINIZIONE DELLA PROCEDURA D'ANALISI PER L'ATTRIBUZIONE DEGLI INDICI

Vengono descritti dettagliatamente tutti i 66 criteri e per ciascuno di essi, esclusi i vincolanti, sono definiti i range di grandezza a cui vengono attribuiti gli indici e se necessario le relative unità di misura. Inoltre, per ciascun criterio sono stati individuati tutti i dati che l'utente dovrà inserire nel momento in cui si interfaccia con il programma e i calcoli che dovrà eseguire il *tool*, sulla base dei valori forniti, per poter attribuire l'indice.

Come già introdotto nei capitoli precedenti i criteri di dettaglio sono stati divisi in sei macro-categorie:

- Aspetti ambientali;
- Sicurezza;
- Compatibilità ambientale e territoriale;
- Utilità opzione;
- Riconversione e decommissioning;
- Tecnologie e design.

ASPETTI AMBIENTALI

Qui di seguito vengono riportati tutti i criteri di dettaglio relativi alla macro-categoria aspetti ambientali suddivisi per le diverse tipologie di impatto definite nel Capitolo 4.

EMISSIONI DI GAS E VAPORI IN ATMOSFERA:

L'analisi dei criteri presenti in questa categoria è svolta in un altro elaborato per ulteriori dettagli in [4], nel quale sono presenti tutti i criteri di dettaglio che definiscono

l'impatto ambientale legato all'emissione di gas e vapori in atmosfera. Qui di seguito per completezza d'analisi vengono riportati:

Tabella 39: Criteri di dettaglio emissioni di gas e vapori in atmosfera

Criterio di dettaglio	Indice A	Indice B	Indice C	Indice D	Note
Quantità di emissioni di gas e vapori climalteranti rilasciate in atmosfera annualmente rispetto alle condizioni di pre-riconversione;	Le quantità sono molto minori rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Le quantità sono minori rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Le quantità sono uguali rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Le quantità sono maggiori rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Note le quantità rilasciate prima della riconversione e note le quantità attese nelle condizioni di post riconversione, l'utente selezione la magnitudo dell'impatto e il <i>tool</i> restituisce direttamente l'indice.
Quantità di emissioni di gas e vapori inquinanti rilasciate in atmosfera annualmente rispetto alle condizioni di pre-riconversione;	Le quantità sono molto minori rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Le quantità sono minori rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Le quantità sono uguali rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Le quantità sono maggiori rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Note le quantità rilasciate prima della riconversione e note le quantità attese nelle condizioni di post riconversione, l'utente selezione la magnitudo dell'impatto e il <i>tool</i> restituisce direttamente l'indice.
Tempo di esposizione annuo atteso sulla flora e la fauna rispetto alle condizioni di pre-riconversione;	Il tempo di esposizione è molto minore rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Il tempo di esposizione è minore rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Il tempo di esposizione è uguale rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Il tempo di esposizione è maggiore rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Nota Il tempo di esposizione prima della riconversione e noto Il tempo di esposizione atteso nelle condizioni di post riconversione, l'utente selezione la magnitudo dell'impatto e il <i>tool</i> restituisce direttamente l'indice.
Possibilità di impatto su particolari specie sensibili all'inquinante rilasciato rispetto alle condizioni di pre-riconversione.	La possibilità d'impatto è molto minore rispetto alle condizioni di pre-riconversione	La possibilità d'impatto è minore rispetto alle condizioni di pre-riconversione	La possibilità d'impatto è uguale rispetto alle condizioni di pre-riconversione	La possibilità d'impatto è maggiore rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Nota la possibilità d'impatto prima della riconversione e nota la possibilità d'impatto attesa nelle condizioni di post riconversione, l'utente selezione la

					magnitudo dell'impatto e il <i>tool</i> restituisce direttamente l'indice.
--	--	--	--	--	--

EMISSIONI DI LIQUIDI IN MARE

Nelle seguenti Tabelle sono presenti i criteri di dettaglio che si concentrano sulla descrizione dell'impatto ambientale legato all'emissione di liquidi in mare. Per i primi tre criteri è stata utilizzata un'analisi qualitativa; per ogni indice si definisce se l'impatto descritto dal criterio è minore/maggiore/uguale rispetto alle condizioni di pre-riconversione. Invece, per i liquidi in mare, non presenti nella fase di pre-riconversione, l'analisi è quantitativa in quanto si riferiscono a nuove condizioni operative sulle quali risulta impossibile fare il confronto.

Tabella 40: Criteri di dettaglio emissioni di liquidi -valutazione qualitativa-

Criterio di dettaglio	Indice A	Indice B	Indice C	Indice D	Note
Quantità di liquidi inquinanti rilasciati in mare annualmente rispetto alle condizioni di pre-riconversione;	Le quantità sono molto minori rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Le quantità sono minori rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Le quantità sono uguali rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Le quantità sono maggiori rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Note le quantità rilasciate prima della riconversione e note le quantità attese nelle condizioni di post riconversione, l'utente seleziona la magnitudo dell'impatto e il <i>tool</i> restituisce direttamente l'indice.
Tempo di esposizione annuo atteso sulla flora e la fauna rispetto alle condizioni di pre-riconversione;	Il tempo di esposizione è molto minore rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Il tempo di esposizione è minore rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Il tempo di esposizione è uguale rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Il tempo di esposizione è maggiore rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Nota il tempo di esposizione prima della riconversione e noto il tempo di esposizione atteso nelle condizioni di post riconversione, l'utente seleziona la magnitudo dell'impatto e il <i>tool</i> restituisce direttamente l'indice.

Critério di dettaglio	Indice A	Indice B	Indice C	Indice D	Note
Possibilità di impatto su particolari specie sensibili all'inquinante rilasciato rispetto alle condizioni di pre-riconversione.	La possibilità d'impatto è molto minore rispetto alle condizioni di pre-riconversione	La possibilità d'impatto è minore rispetto alle condizioni di pre-riconversione	La possibilità d'impatto è uguale rispetto alle condizioni di pre-riconversione	La possibilità d'impatto è maggiore rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Nota la possibilità d'impatto prima della riconversione e nota la possibilità d'impatto attesa nelle condizioni di post riconversione, l'utente seleziona la magnitudo dell'impatto e il tool restituisce direttamente l'indice.

Per ottenere un'analisi ambientale accurata, l'attenzione non si è focalizzata solo sul definire le quantità di sostanze pericolose rilasciate in mare, ma anche sul tempo di esposizione e sulla possibilità di impattare specie sensibili all'inquinante di riferimento. Durante la definizione dei criteri è emersa la necessità di dover determinare, trattandosi di normal operation, il tempo di esposizione, per capire quanto questi liquidi, in termini di tempo, impattano sul ciclo di vita della flora e la fauna adiacente alla piattaforma. Inoltre, per garantire che le tre opzioni di riconversione siano coerenti con la transizione energetica in atto è necessario che esse non vadano a danneggiare l'ecosistema marino che si è sviluppato negli anni attorno alla piattaforma; per questo motivo è stato aggiunto anche il criterio che pone l'attenzione sulla possibilità di impattare particolari specie sensibili all'inquinante rilasciato, tutelando la flora e la fauna marina adiacente alla struttura.

I range sono stati definiti a seconda del valore ottenuto dal confronto con le condizioni di pre-riconversione, ricordando che l'indice A definisce sempre la condizione più favorevole possibile, l'indice D definisce sempre la condizione più sfavorevole possibile, B e C si riferiscono alle condizioni intermedie, pertanto:

- Indice **A** se le Quantità, Tempo di esposizione, Possibilità d'impatto sono/è molto minori/e delle condizioni pre;

- Indice **B** se le Quantità, Tempo di esposizione, Possibilità d’impatto sono/è minori/e delle condizioni pre;
- Indice **C** se le Quantità, Tempo di esposizione, Possibilità d’impatto sono/è uguali/e delle condizioni pre;
- Indice **D** se le Quantità, Tempo di esposizione, Possibilità d’impatto sono/è maggiori/e delle condizioni pre.

Nell’ultima colonna della Tabella 40 si evidenziano i ruoli dell’utente e del *tool*, in questo caso l’utente inserisce la magnitudo dell’impatto e il *tool* restituisce direttamente l’indice. Dal punto di vista del programma l’elaborazione di questi criteri è molto semplice in quanto il *tool* non deve eseguire nessun’algoritmo specifico.

Nella Tabella 41 sono riportati i criteri che descrivono le emissioni di liquidi in mare non presenti nella fase di pre-riconversione:

Tabella 41: Criteri di dettaglio emissioni di liquidi -valutazione quantitativa-

Criterio di dettaglio	Indice A	Indice B	Indice C	Indice D	Note
Differenza in modulo del valore di pH rispetto alle condizioni di pre-riconversione;	0-0,1	0,1-0,35	0,35-0,5	0,5-0,7	L'utente inserisce il valore del PH medio del mare nelle condizioni di pre e post-riconversione. Il <i>tool</i> calcola la differenza in modulo e assegna l'indice.
Incremento percentuale di salinità dell'acqua di mare entro un raggio di 50 metri dallo scarico.	0- 1 %	1-2,5%	2,5-4%	4-5%	L'utente inserisce il livello di salinità nelle condizioni di pre e post-riconversione. Il <i>tool</i> calcola l'incremento in percentuale di salinità e assegna l'indice.

Basandoci sui basic design delle tre opzioni l'unico liquido non presente nelle condizioni di pre-riconversione e scaricato in grandi quantità in mare è la salamoia (liquido di scarto nell'Opzione 1). Quindi i due criteri, presenti nella Tabella 41, sono stati definiti principalmente per quantificare i danni causati dallo scarico di salamoia in mare, ma in futuro possono essere facilmente adattati a qualsiasi altra sostanza. Questa condizione è garantita dal fatto che non si considera l'impatto diretto dello specifico liquido inquinante sulla flora e la fauna, ma valutando la variazione del pH e l'aumento della salinità, si determinano indirettamente le conseguenze dannose sull'ecosistema marino limitrofo alla piattaforma.

L'acqua di mare ha un pH di circa 8,2 [32], l'allontanarsi dal valore ottimale è un pericolo per la salvaguardia della flora e della fauna marina. Di conseguenza è di fondamentale importanza andare a considerare un criterio che valuti il cambiamento del pH dovuto al rilascio di liquidi in mare.

Per definire gli indici si è partiti considerando il valore di pH ottimale 8,2 e un range di variazione che va da 7,5 a 8,2 [32]. Nonostante non ci siano limiti normativi si è considerato che l'alterazione non potesse andare oltre i valori sopra definiti in quanto un'opzione di riconversione, che modifica eccessivamente il valore del pH, causerebbe un impatto ambientale rilevante e di conseguenza verrebbe scartata a prescindere, senza aver bisogno dell'utilizzo del *tool* per comprendere il livello di adattabilità.

In linea generale per definire i range da attribuire a ciascun indice è stata utilizzata la seguente espressione:

$$|pH_{post} - pH_{pre}|$$

Dove:

- pH_{post} =Valore del pH nelle condizioni di post riconversione;
- pH_{pre} =Valore del pH nelle condizioni di pre-riconversione.

Quindi:

- Indice **A** 0-0,1; si è considerato come limite inferiore la variazione del pH nulla:

$$|pH_{post} - pH_{pre}| = |8,2 - 8,2| = 0$$

Invece per il limite superiore una variazione minima pari a 0,1.

- Indice **D** 0.5-0.7; il limite superiore di variazione del range è stato definito considerando la differenza in modulo del pH massima tra le condizioni di pre e post riconversione:

$$|pH_{post} - pH_{pre}| = |7,5 - 8,2| = 0,7$$

Il limite inferiore di D e i range di B e C sono stati determinati dividendo l'intervallo tra 0.1 e 0.7 nel seguente modo:

- **0,1-0,35** range indice **B**;
- **0,35-0,5** range indice **C**;
- Quindi di conseguenza il limite inferiore per **D** è 0,5.

Quando il valore è in grassetto identifica l'appartenenza allo specifico indice.

Si è scelto di non dividere a metà il range 0.1-0.7, ma di attribuire un intervallo relativo all'indice B maggiore rispetto a quello di C. Questa valutazione è stata fatta perché, trattandosi di valori di pH non estremamente nocivi per l'ambiente marino, se si dividesse a metà il range si rischierebbe di svantaggiare troppo l'Opzione 1.

L'utente per rispondere al criterio inserisce il valore del pH medio del mare nelle condizioni di pre e post-riconversione. Il *tool* calcola la differenza in modulo e assegna l'indice.

Il secondo criterio pone l'accento sul livello di salinità, che, come il pH, è un aspetto fondamentale per la salvaguardia della flora e della fauna marina. In Italia il livello massimo di salinità è regolato dal decreto-legge del 14 aprile 2023 articolo 10 nel quale viene definito: *“l'incremento percentuale massimo di salinità entro un raggio di 50 metri dallo scarico (zona di mescolamento), rispetto alla concentrazione salina media dell'acqua marina nell'area di interesse, è pari a $\Delta Sal_{max} < 5\%$ [33]”*. Per definire i range

degli indici è stato considerato come valore massimo accettabile quello determinato dal decreto, in quanto se un'opzione durante la normal operation modificasse il livello di salinità ottenendo dei valori di $\Delta Sal_{max} > 5\%$ essa sarebbe scartata a prescindere dalla valutazione del livello di adattabilità perché non coerente con i limiti normativi imposti.

Quindi l'intervallo di variazione del livello di salinità va da 0 a 5%. I range vengono così definiti:

- Indice **A**: **0-1** %;
- Indice **B** : **1-2** %;
- Indice **C** : **2-4** %;
- Indice **D** : **4-5** %.

Quando il valore è in grassetto identifica l'appartenenza allo specifico indice.

L'utente inserisce il livello di salinità nelle condizioni di pre e post. Il tool utilizzando la seguente formula calcola l'incremento in percentuale di salinità e assegna un indice:

$$\Delta Sal = \frac{\text{livello sal}_{post} - \text{livello sal}_{pre}}{\text{livello sal}_{pre}} \cdot 100$$

Dove:

- ΔSal = incremento di salinità in percentuale;
- $\text{livello sal}_{post}$ = livello di salinità nelle condizioni post-riconversione;
- livello sal_{pre} = livello di salinità nelle condizioni pre-riconversione.

PRODUZIONE DI RUMORE E VIBRAZIONI

Nella seguente Tabella 42 sono presenti i criteri di dettaglio che si concentrano sulla descrizione dell'impatto ambientale legato alla produzione di rumore e vibrazioni. Per tutti i criteri appartenenti a questa categoria è stata utilizzata un'analisi qualitativa; per ogni indice si definisce se l'impatto descritto dal criterio è minore/maggiore/uguale rispetto alle condizioni di pre-riconversione.

Tabella 42: Criteri di dettaglio Produzione di rumore e vibrazioni

Criterio di dettaglio	Indice A	Indice B	Indice C	Indice D	Note
Quantità di rumore e vibrazioni prodotta rispetto alle condizioni di pre-riconversione;	Le quantità sono molto minori rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Le quantità sono minori rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Le quantità sono uguali rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Le quantità sono maggiori rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Note le quantità rilasciate prima della riconversione e note le quantità attese nelle condizioni di post riconversione l'utente seleziona la magnitudo dell'impatto e il tool restituisce direttamente l'indice.
Tempo di esposizione annuo atteso sulla flora e la fauna rispetto alle condizioni di pre-riconversione;	Il tempo di esposizione è molto minore rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Il tempo di esposizione è minore rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Il tempo di esposizione è uguale rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Il tempo di esposizione è maggiore rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Nota Il tempo di esposizione prima della riconversione e noto il tempo di esposizione atteso nelle condizioni di post riconversione l'utente seleziona la magnitudo dell'impatto e il tool restituisce direttamente l'indice.
Possibilità di impatto su particolari specie sensibili ai rumori e alle vibrazioni prodotte rispetto alle condizioni di pre-riconversione.	La possibilità d'impatto è molto minore rispetto alle condizioni di pre-riconversione	La possibilità d'impatto è minore rispetto alle condizioni di pre-riconversione	La possibilità d'impatto è uguale rispetto alle condizioni di pre-riconversione	La possibilità d'impatto è maggiore rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Nota La possibilità d'impatto prima della riconversione e nota la possibilità d'impatto attesa nelle condizioni di post riconversione l'utente seleziona la magnitudo dell'impatto e il tool restituisce direttamente l'indice.

Come nel caso di emissioni di liquidi in mare anche per la produzione di rumore e vibrazioni per ottenere un'analisi ambientale accurata, l'attenzione non si è focalizzata solo sul definire la quantità di rumore e vibrazioni prodotta, ma anche sul tempo di esposizione e sulla possibilità di impattare specie sensibili. Quindi è stato aggiunto il criterio relativo al tempo di esposizione, per capire quanto l'inquinamento rumoroso in termini di ore impatta sulla flora e la fauna adiacente alla piattaforma e il criterio che

tutela le specie sensibili al rumore e alle vibrazioni, in modo da garantire la salvaguardia dell'ecosistema marino attorno alla piattaforma.

Anche l'attribuzione degli indici risulta identica al caso dell'emissione di liquidi inquinanti in mare:

- Indice **A** se le Quantità, Tempo di esposizione, Possibilità d'impatto sono/è molto minori/e delle condizioni pre;
- Indice **B** se le Quantità, Tempo di esposizione, Possibilità d'impatto sono/è minori/e delle condizioni pre;
- Indice **C** se le Quantità, Tempo di esposizione, Possibilità d'impatto sono/è uguali/e delle condizioni pre;
- Indice **D** se le Quantità, Tempo di esposizione, Possibilità d'impatto sono/è maggiori/e delle condizioni pre.

Nell'ultima colonna della Tabella 42 si evidenziano i ruoli dell'utente e del *tool*, anche in questo caso non ci sono modifiche rispetto all'impostazione dell'analisi qualitativa precedentemente presentata: l'utente inserisce la magnitudo dell'impatto e il *tool* restituisce direttamente l'indice. Dal punto di vista del programma l'elaborazione di questi criteri è molto semplice in quanto il *tool* non deve eseguire nessun'algoritmo specifico.

PRODUZIONE DI CALORE

Nella seguente Tabella 43 sono presenti i criteri di dettaglio che si concentrano sulla descrizione dell'impatto ambientale legato alla produzione di calore. Per tutti i criteri appartenenti a questa categoria come nel caso precedente è stata utilizzata un'analisi qualitativa; per ogni indice si definisce se l'impatto descritto dal criterio è minore/maggiore/uguale rispetto alle condizioni di pre-riconversione. La definizione dei range e i passaggi eseguiti dall'utente e dal *tool* risultano identici al caso relativo alle emissioni di liquidi in mare di conseguenza non vengono riportate.

Tabella 43: Criteri di dettaglio Produzione di calore

Criterio di dettaglio	Indice A	Indice B	Indice C	Indice D	Note
Quantità di fluidi caldi rilasciati in mare annualmente rispetto alle condizioni di pre-riconversione;	Le quantità sono molto minori rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Le quantità sono minori rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Le quantità sono uguali rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Le quantità sono maggiori rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Note le quantità rilasciate prima della riconversione e note le quantità attese nelle condizioni di post riconversione, l'utente seleziona la magnitudo dell'impatto e il tool restituisce direttamente l'indice.
Quantità di fluidi freddi rilasciati in mare annualmente rispetto alle condizioni di pre-riconversione;	Le quantità sono molto minori rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Le quantità sono minori rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Le quantità sono uguali rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Le quantità sono maggiori rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Note le quantità rilasciate prima della riconversione e note le quantità attese nelle condizioni di post riconversione, l'utente seleziona la magnitudo dell'impatto e il tool restituisce direttamente l'indice.
Tempo di esposizione annuo atteso sulla flora e la fauna rispetto alle condizioni di pre-riconversione;	Il tempo di esposizione è molto minore rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Il tempo di esposizione è minore rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Il tempo di esposizione è uguale rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Il tempo di esposizione è maggiore rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Nota Il tempo di esposizione prima della riconversione e noto il tempo di esposizione atteso nelle condizioni di post riconversione, l'utente seleziona la magnitudo dell'impatto e il tool restituisce direttamente l'indice.
Possibilità di impatto su particolari specie sensibili ai fluidi caldi/freddi rispetto alle condizioni di pre-riconversione.	La possibilità d'impatto è molto minore rispetto alle condizioni di pre-riconversione	La possibilità d'impatto è minore rispetto alle condizioni di pre-riconversione	La possibilità d'impatto è uguale rispetto alle condizioni di pre-riconversione	La possibilità d'impatto è maggiore rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Nota La possibilità d'impatto prima della riconversione e nota la possibilità d'impatto attesa nelle condizioni di post riconversione, l'utente seleziona la magnitudo dell'impatto e il tool restituisce direttamente l'indice.

Per le stesse motivazioni precedentemente elencate oltre alla quantità di fluidi caldi/freddi rilasciati in mare si pone l'accento anche sul tempo di esposizione e sulla possibilità di impatto su particolari specie sensibili.

INQUINAMENTO LUMINOSO

Nella seguente Tabella 44 sono presenti i criteri di dettaglio che si concentrano sulla descrizione dell'impatto ambientale legato all'inquinamento luminoso. Anche per questa categoria per tutti i criteri è stata utilizzata un'analisi qualitativa; per ogni indice si definisce se l'impatto descritto dal criterio è minore/maggiore/uguale rispetto alle condizioni di pre-riconversione. La definizione degli indici e i passaggi eseguiti dall'utente e dal *tool* risultano identici alla categoria emissioni di liquidi in mare, di conseguenza non vengono riportati.

Tabella 44: Criteri di dettaglio Inquinamento luminoso

Criterio di dettaglio	Indice A	Indice B	Indice C	Indice D	Note
Quantità di luce artificiale prodotta annualmente rispetto alle condizioni di pre-riconversione;	Le quantità sono molto minori rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Le quantità sono minori rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Le quantità sono uguali rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Le quantità sono maggiori rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Note le quantità rilasciate prima della riconversione e note le quantità attese nelle condizioni di post riconversione, l'utente seleziona la magnitudo dell'impatto e il <i>tool</i> restituisce direttamente l'indice.
Tempo di esposizione annuo atteso sulla flora e la fauna rispetto alle condizioni di pre-riconversione;	Il tempo di esposizione è molto minore rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Il tempo di esposizione è minore rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Il tempo di esposizione è uguale rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Il tempo di esposizione è maggiore rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Nota Il tempo di esposizione prima della riconversione e noto Il tempo di esposizione atteso nelle condizioni di post riconversione, l'utente seleziona la magnitudo dell'impatto e il <i>tool</i> restituisce direttamente l'indice.

Criterio di dettaglio	Indice A	Indice B	Indice C	Indice D	Note
Possibilità di impatto su particolari specie sensibili alla luce artificiale prodotta rispetto alle condizioni di pre-riconversione.	La possibilità d'impatto è molto minore rispetto alle condizioni di pre-riconversione	La possibilità d'impatto è minore rispetto alle condizioni di pre-riconversione	La possibilità d'impatto è uguale rispetto alle condizioni di pre-riconversione	La possibilità d'impatto è maggiore rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Nota La possibilità d'impatto prima della riconversione e nota la possibilità d'impatto attesa nelle condizioni di post riconversione, l'utente seleziona la magnitudo dell'impatto e il <i>tool</i> restituisce direttamente l'indice.

Per le stesse motivazioni precedentemente elencate oltre alla quantità di luce artificiale prodotta si pone l'accento anche sul tempo di esposizione e sulla possibilità di impatto su particolari specie sensibili.

CONSUMO DI ENERGIE E RISORSE

Questa categoria fa riferimento all'energia primaria utilizzata dalla piattaforma durante la normal operation, in modo da poter quantificare i consumi post-riconversione. A differenza degli altri casi, l'analisi è sempre qualitativa ma, si fa riferimento solo alla quantità di energia primaria utilizzata in quanto non avrebbe senso valutare il tempo di esposizione e la possibilità di impattare specie sensibili. La metodologia, utilizzata per la definizione dei range e per determinare i passaggi eseguiti dall'utente e dal *tool*, è la medesima della categoria emissione di liquidi in mare, di conseguenza non viene riportata.

Tabella 45: Criteri di dettaglio Consumo di energie e risorse

Criterio di dettaglio	Indice A	Indice B	Indice C	Indice D	Note
Quantità di energia primaria consumata annualmente rispetto alle condizioni di pre-riconversione;	Le quantità sono molto minori rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Le quantità sono minori rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Le quantità sono uguali rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Le quantità sono maggiori rispetto alle condizioni di pre-riconversione	Note le quantità rilasciate prima della riconversione e note le quantità attese nelle condizioni di post riconversione, l'utente seleziona la magnitudo dell'impatto e il tool restituisce direttamente l'indice.

SICUREZZA

Per quanto riguarda i criteri che definiscono le aree di danno sono approfonditi in un altro elaborato, per ulteriori dettagli in [4] ma per completezza d'analisi vengono elencati nella Tabella 46. Invece, vengono spiegati nel dettaglio quelli che descrivono le quantità stoccate.

Tabella 46: Aspetti sicurezza -aree-

Criterio di dettaglio	Indice A	Indice B	Indice C	Indice D	Note
Possibilità che le aree di danno, sviluppatesi da stoccaggi di sostanze infiammabili della piattaforma in esame, impattino piattaforme limitrofe presidiate (se presenti);	Non impatto piattaforme limitrofe	Impatto con una radiazione di 7 kW/m ² solo le strutture di collegamento (se presenti);	Impatto con una radiazione di 12,5 kW/m ² solo le strutture di collegamento o con una radiazione di 7 kW/m ² sulla piattaforma limitrofa;	Impatto con una radiazione di 12,5 kW/m ² la piattaforma limitrofa.	L'utente definisce direttamente la magnitudo dell'impatto e il tool restituisce l'indice.

Criterio di dettaglio	Indice A	Indice B	Indice C	Indice D	Note
Possibilità che le aree di danno, sviluppatesi da stoccaggi di sostanze esplosive della piattaforma in esame, impattino piattaforme limitrofe presidiate (se presenti);	Non impatta piattaforme limitrofe	Impatto con una sovrappressione pari a 0,07 bar solo le strutture di collegamento (se presenti);	Impatto con una sovrappressione di 0,3 bar solo sulle strutture di collegamento (se presenti) o con una sovrappressione di 0,07 bar sulla piattaforma limitrofa;	Impatto con una sovrappressione di 0,3 bar la piattaforma limitrofa.	L'utente definisce direttamente la magnitudo dell'impatto e il <i>tool</i> restituisce l'indice.
Possibilità che le aree di danno, sviluppatesi da stoccaggi di sostanze tossiche della piattaforma in esame, impattino piattaforme limitrofe presidiate (se presenti);	Non impatta piattaforme limitrofe	Impatto con una nube tossica con concentrazione pari all'IDLH solo le strutture di collegamento (se presenti);	Impatto con una nube tossica con concentrazione pari a LC50 (30 min e hmn) solo le strutture di collegamento (se presenti) o con una nube tossica con concentrazione pari all'IDLH sulla piattaforma limitrofa;	Impatto con una nube tossica con concentrazione pari a LC50 (30 min e hmn) la piattaforma limitrofa.	L'utente definisce direttamente la magnitudo dell'impatto e il <i>tool</i> restituisce l'indice.
Zona di sicurezza post-riconversione nella quale è proibito l'accesso a navi e aerei non autorizzati rispetto alla configurazione pre-riconversione;	La zona di sicurezza è inferiore o analoga alla configurazione pre-riconversione	La zona di sicurezza è 1,5 volte maggiore rispetto alla configurazione pre-riconversione	La zona di sicurezza è 2 volte maggiore rispetto alla configurazione pre-riconversione	La zona di sicurezza è 2,5 volte maggiore rispetto alla configurazione pre-riconversione	L'utente confronta l'estensione della zona di sicurezza fra pre e post-riconversione e risponde direttamente al criterio. Il <i>tool</i> a seconda della risposta restituisce l'indice.

Tabella 47: Criteri di dettaglio Aspetti di sicurezza-quantità-

Criterio di dettaglio	Unità di misura	Indice A	Indice B	Indice C	Indice D	Note
Quantità di sostanze infiammabili in fase liquida stoccate a bordo della piattaforma;	kg	0	0 -100	100-1000	>1000	L'utente inserisce le quantità di sostanze infiammabili in fase liquida e il <i>tool</i> restituisce l'indice.
Quantità di sostanze infiammabili in fase gassosa stoccate a bordo della piattaforma;	kg	0	0 -100	100-1000	>1000	L'utente inserisce le quantità di sostanze infiammabili in fase gassosa e il <i>tool</i> restituisce l'indice
Quantità di sostanze esplosive in fase liquida stoccate a bordo della piattaforma;	kg	0	0 -100	100-1000	>1000	L'utente inserisce le quantità di sostanze esplosive in fase liquida e il <i>tool</i> restituisce l'indice.
Quantità di sostanze esplosive in fase gassosa stoccate a bordo della piattaforma;	kg	0	0 -100	100-1000	>1000	L'utente inserisce ea quantità di sostanze esplosive in fase gassosa e il <i>tool</i> restituisce l'indice.
Quantità di sostanze tossiche in fase liquida stoccate a bordo della piattaforma;	kg	0	0 -100	100-1000	>1000	L'utente inserisce le quantità di sostanze tossiche in fase liquida e il <i>tool</i> restituisce l'indice.
Quantità di sostanze tossiche in fase gassosa stoccate a bordo della piattaforma;	kg	0	0 -100	100-1000	>1000	L'utente inserisce le quantità di sostanze tossiche in fase gassosa e il <i>tool</i> restituisce l'indice.
Quantità di sostanze corrosive in fase liquida stoccate a bordo della piattaforma;	kg	0	0 -100	100-1000	>1000	L'utente inserisce le quantità di sostanze corrosive in fase liquida e il <i>tool</i> restituisce l'indice.
Quantità di sostanze corrosive in fase gassosa stoccate a bordo della piattaforma;	kg	0	0 -100	100-1000	>1000	L'utente inserisce le quantità di sostanze corrosive in fase gassosa e il <i>tool</i> restituisce l'indice.

Critero di dettaglio	Unità di misura	Indice A	Indice B	Indice C	Indice D	Note
Quantità di sostanze pericolose per l'ambiente in fase liquida stoccate a bordo della piattaforma;	kg	0	0 -100	100-1000	>1000	L'utente inserisce le quantità di sostanze pericolose per l'ambiente in fase liquida e il tool restituisce l'indice.
Quantità di sostanze pericolose per l'ambiente in fase gassosa stoccate a bordo della piattaforma.	kg	0	0 -100	100-1000	>1000	L'utente inserisce le quantità di sostanze pericolose per l'ambiente in fase gassosa e il tool restituisce l'indice

Per definire i range da attribuire a ciascun indice è stato utilizzato come riferimento il Documento: *“Stoccaggio di sostanze pericolose- Guida pratica - Edizione riveduta 2011 (con il sistema GHS/CLP) [34]”*, in particolare la tabella presente nella **Figura 12**.

Quantità (ambiti di grandezza)	Effetti sullo stoccaggio
Grammi – chilogrammi (fino a ca. 100 kg)	<ul style="list-style-type: none"> • In un armadio o in un locale secondo la classificazione. • Eccezione per le sostanze «radioattive». • Osservanza degli obblighi dello stoccaggio combinato.
Chilogrammi – tonnellate (da ca. 100 kg fino a ca. 1000 kg)	<ul style="list-style-type: none"> • In armadi o compartimenti tagliafuoco separati secondo la classificazione. • Osservanza degli obblighi dello stoccaggio combinato. • Serranda di ritenzione delle acque di spegnimento o provenienti da perdite. • Eventuale breve rapporto secondo l'ordinanza sulla protezione contro gli incidenti rilevanti*.
A partire dalle tonnellate (più di ca. 1000 kg)	<ul style="list-style-type: none"> • In compartimenti tagliafuoco separati secondo la classificazione. • Limitazione delle quantità stoccate per compartimento tagliafuoco. • Osservanza degli obblighi dello stoccaggio combinato. • Serranda di ritenzione delle acque di spegnimento o provenienti da perdite. • Eventuale breve rapporto secondo l'ordinanza sulla protezione contro gli incidenti rilevanti*.

Figura 28: Quantità sostanze - effetti sullo stoccaggio [34]

La seguente griglia rappresenta il tentativo di ripartire in modo pratico le quantità stoccate in diverse categorie. L'analisi si è concentrata sul legame fra le quantità stoccate

e i dispositivi di sicurezza, in particolare: maggiori sono le quantità stoccate e maggiori sono gli effetti sullo stoccaggio per garantire le condizioni di sicurezza. È chiaro che, se un'opzione ha come caratteristica intrinseca elevati volumi di sostanze pericolose essa risulterà svantaggiata in quanto durante l'attribuzione degli indici le sarà attribuito un valore pari a C o D.

Si ottiene come risultato finale la seguente divisione degli indici:

- Indice **A** **0** kg, le quantità riferite a quella specifica tipologia di sostanza sono nulle;
- Indice **B** **0-100**kg;
- Indice **C** **100-1000** kg;
- Indice **D** **>1000** kg.

Quando il valore è in grassetto identifica l'appartenenza allo specifico indice.

L'utente per rispondere al criterio inserisce le quantità riferite alla specifica tipologia di sostanza e il *tool*, a seconda del range di appartenenza del valore, restituisce un indice.

COMPATIBILITÀ AMBIENTALE E TERRITORIALE

Tabella 48 sono elencati tutti criteri di dettaglio.

Tabella 48: Criteri di dettaglio Compatibilità ambientale e territoriale

Criterio di dettaglio	Unità di misura	Indice A	Indice B	Indice C	Indice D	Note
Distanza tra la velocità del vento attesa e la velocità massima del vento compatibile con le installazioni a bordo della piattaforma;	%	<35%	35-55%	55-75%	>75%	L'utente inserisce la velocità media massima del luogo d'interesse. il <i>tool</i> assegna l'indice in funzione del rapporto % tra la velocità inserita dall'utente e un valore di riferimento.
Differenza tra il carico dovuto alle precipitazioni nevose medie annue e il carico massimo compatibile con le apparecchiature a bordo della piattaforma;	%	<15%	15-30%	30-75%	>75%	L'utente inserisce il carico massimo del componente meno resistente presente sul weather deck e il valore medio di carico nevoso della zona. Il <i>tool</i> calcola il rapporto % e individua l'indice.
Presenza di giacimenti;	/	Presente	/	/	Assente	L'utente risponde direttamente al criterio e il <i>tool</i> restituisce l'indice.
Valore di GOIP del giacimento;	MSm ³	>900	600-900	600-300	<300	L'utente inserisce il valore di GOIP e il <i>tool</i> restituisce l'indice.
Efficienza giacimento >30 %;	/	Si	/	/	No	L'utente risponde direttamente al criterio e il <i>tool</i> restituisce l'indice.
Valore efficienza giacimento;	%	>75%	50-75%	30-50%	<30%	L'utente inserisce il valore dell'efficienza e il <i>tool</i> assegna l'indice.

Criterio di dettaglio	Unità di misura	Indice A	Indice B	Indice C	Indice D	Note
Profondità pozzo;	m	>3555	2318-3555	1245-2318	<1245	L'utente inserisce il valore della profondità del pozzo e il <i>tool</i> assegna l'indice
Differenza tra resistenza meccanica all'impatto dovuto alle tempeste di grandine e resistenza meccanica massima delle apparecchiature a bordo della piattaforma;	%	<15%	15-40%	40-75%	>75%	L'utente inserisce tutti i dati necessari per farsi che il <i>tool</i> possa definire l'indice.
Probabilità che il territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni) da un evento sismico rilevante;	/	Zona 4	Zona 3	Zona 2	Zona 1	L'utente inserisce la zona sismica e il <i>tool</i> assegna l'indice.
Producibilità impianto fotovoltaico.	kWh/m ²	>300	225-300	170-225	< 170	L'utente inserisce i parametri noti (η_{bos} , η_m , G, K), il <i>tool</i> calcola la producibilità e assegna l'indice.

Gli ultimi tre criteri presenti nella Tabella 48 non sono trattati in questa tesi, ma sono invece spiegati in un altro elaborato, ulteriori dettagli in[4].

DISTANZA TRA LA VELOCITÀ DEL VENTO ATTESA E LA VELOCITÀ MASSIMA DEL VENTO COMPATIBILE CON LE INSTALLAZIONI A BORDO DELLA PIATTAFORMA

Le piattaforme offshore, trovandosi in mare, sono spesso interessate da forti folate di vento, di conseguenza è di primaria necessità andare a definire un criterio che analizzi la compatibilità delle apparecchiature installate a bordo della piattaforma con la velocità del vento. Ovviamente, tale confronto è strettamente legato alla zona in cui è installata la struttura e alla soluzione di riconversione presa in esame. È facile intuire che nei siti

dove i moti ventosi sono maggiori, a parità di apparecchiature installate sulla piattaforma, il livello di compatibilità sarà minore. Inoltre, questo criterio risulta molto rilevante per l'Opzione 1 in quanto, a differenza delle altre soluzioni impiantistiche, presenta nel weather deck i pannelli fotovoltaici che risultano essere elementi molto vulnerabili a causa dell'effetto vela.

I valori di riferimento utilizzati per definire i vari range sono:

- Il valore massimo della velocità media del vento statisticamente attesa a circa 12 miglia dalla costa → **27 km/h** [35];
- Il valore massimo del vento compatibile con i pannelli fotovoltaici con inclinazione di 30° → **88 km/h** [36];
- Tolleranza di sicurezza pari a 75% del valore massimo del vento compatibile con i pannelli fotovoltaici → $88 \text{ km/h} \cdot 0,75 = \mathbf{66 \text{ km/h}}$.

Il valore del vento **27 km/h** [35] è stato ricavato grazie all'utilizzo del *tool* messo a disposizione da global Atlas; andando a definire sulla mappa un'unica grande zona dove sono presenti tutte le piattaforme offshore italiane, il programma ha restituito come output il valore massimo medio della velocità del vento.

I pannelli fotovoltaici sono l'apparecchiatura di riferimento utilizzata per definire i vari range, questo perché essi sono particolarmente vulnerabili al carico del vento. Di conseguenza per rendere l'analisi più cautelativa possibile come velocità massima compatibile con le installazioni a bordo della piattaforma è stata esaminata quella dei pannelli. Per definire tale velocità è stata considerata un'inclinazione dei pannelli pari a 30° perché è un valore generalmente utilizzato in Italia, in quanto permette all'impianto fotovoltaico di raggiungere buone prestazioni [37]. Quindi, grazie a delle analisi effettuate in galleria del vento con inclinazione 30° è stata evidenziata una resistenza del pannello fino a una velocità del vento pari a **88 km/h** [36].

Infine, è stata definita, in modo da garantire sempre un'analisi dei range cautelativa, una tolleranza di sicurezza che identifica i valori di velocità del vento tale per cui non

risulta molto conveniente installare un impianto fotovoltaico. Questa condizione si ha quando si registra una velocità del vento prossima al valore massimo ammissibile. Per identificare il limite è stata utilizzata la medesima procedura delle PSV (pressure safety valve) le quali entrano in funzione per evitare che una pressione sicura prestabilita venga superata [38], per ragioni di sicurezza esse si azionano prima di arrivare a quel valore precisamente quando nel sistema si raggiunge il 75% di tale pressione [39]. Quindi per i pannelli si ottiene $88 \text{ km/h} \cdot 0,75 = \mathbf{66 \text{ km/h}}$

Sulla base dei valori di riferimento appena spiegati è possibile andare a definire i range relativi a ciascun indice:

- Indice **A** <35%; per definire il limite superiore è stata utilizzata la seguente formula:

$$v_{\%} = \frac{v_{\text{vento max medio}}}{v_{\text{vento max pannelli}}} \cdot 100 = \frac{27}{88} \cdot 100 = 31\% \rightarrow \mathbf{35\%}$$

Dove:

- $v_{\%}$ = rapporto in percentuale;
- $v_{\text{vento max medio}}$ = valore massimo della velocità media del vento statisticamente attesa a circa 12 miglia dalla costa;
- $v_{\text{vento max pannelli}}$ = valore massimo del vento compatibile con i pannelli fotovoltaici con inclinazione di 30°.

È stato scelto di non utilizzare il risultato preciso del rapporto fra le due velocità ma di posizionare il valore estremo leggermente sopra, **35%**; in modo da avere un range più ampio e quindi dare maggiore possibilità alle opzioni impiantistiche di ottenere l'indice A, garantendo sempre le condizioni di sicurezza.

Indice **D** <75%; in questo caso è stata considerata la tolleranza di sicurezza facendo riferimento al caso delle PSV (75% del valore della pressione di progetto tale per cui si apre la valvola):

$$\frac{v_{vento}}{v_{max_{vent\ pannelli}}} \cdot 100 = \frac{66}{88} \cdot 100 = 75\%$$

Per gli indici B e C è stato diviso a metà l'intervallo 35-75% ottenendo:

- Indice **B 35-55%**;
- Indice **C 55-75%**.

Quando il valore è in grassetto identifica l'appartenenza allo specifico indice.

L'utente per rispondere al criterio inserisce la velocità media massima del luogo dove si trova la piattaforma. Il *tool*, a prescindere dall'opzione analizzata, assegna l'indice in funzione del rapporto in percentuale tra la velocità inserita dall'utente e il valore massimo del vento (88 km/h) compatibile con i pannelli fotovoltaici con inclinazione 30°.

$$v_{\%} = \frac{v_{vento}}{v_{vento-componente}} \cdot 100$$

Dove:

- $v_{\%}$ = rapporto in percentuale;
- v_{vento} = velocità media massima del luogo dove si trova la piattaforma in esame;
- $v_{vento-componente}$ = il valore massimo di velocità del vento compatibile con il pannello 88 km/h.

Nelle schede tecniche delle apparecchiature utilizzate per le tre opzioni non sono presenti le velocità massime del vento ammissibili, di conseguenza per tutta la strumentazione e per tutte e tre le opzioni come valore di riferimento è stato utilizzato il valore ottenuto dalle prove in galleria del vento, per i pannelli fotovoltaici, 88 km/h. Per generalizzare questo valore massimo e renderlo adattabile a tutte le soluzioni di riconversione è stata utilizzata la scala di Beaufort[40], dove dall'analisi dei dati presenti,

si evince che per tali velocità del vento si hanno considerevoli danni strutturali a qualsiasi tipologia di apparecchiature. Questo criterio rappresenta un'eccezione, perché nonostante siano descritte sia delle caratteristiche ambientali (velocità media massima del luogo) che delle caratteristiche strutturali, legate alla tipologia di opzione installata (velocità massima ammissibile), il *tool* attribuisce lo stesso indice per tutte e tre le opzioni. L'influenza della caratteristica descritta dal criterio, per la specifica soluzione di riconversione, viene considerata nella fase successiva dell'analisi, ovvero nel momento in cui vengono attribuiti i paesi dove per l'Opzione 1 viene assegnato un valore pari a -2 invece per l'Opzione 2 e 3 -1.

DIFFERENZA TRA IL CARICO DOVUTO ALLE PRECIPITAZIONI NEVOSE MEDIE ANNUE E IL CARICO MASSIMO COMPATIBILE CON LE APPARECCHIATURE A BORDO DELLA PIATTAFORMA

Come per la velocità del vento, è necessario andare a definire un criterio che analizzi la compatibilità delle apparecchiature installate sul weather deck con il carico nevoso. Nonostante il clima mite che caratterizza le coste italiane in alcune particolari zone, specialmente nel Mar Adriatico, si sono raggiunte, più volte durante gli anni, le condizioni meteorologiche favorevoli alle precipitazioni nevose. Anche in questo caso la caratteristica descritta da questo criterio risulta essere più rilevante per l'Opzione 1 rispetto che all'Opzione 2 e 3 a causa della presenza dei pannelli fotovoltaici.

I valori di riferimento utilizzati per definire i vari range sono:

- I valori del carico della neve al suolo per le tre macro-zone in Italia: nord→**1,5 (kN/m²)**, centro →**1(kN/m²)**, sud→**0,6 (kN/m²)** [41];
- Il massimo carico di test riferito al pannello fotovoltaico → **5400 Pa** valore normativo presente nella norma 61215-2 [42];
- Tolleranza di sicurezza pari a 75% del carico di test riferito al pannello fotovoltaico →**5400 Pa·0,75=4050 Pa**.

Il carico della neve al suolo dipende dalle condizioni locali di clima e di esposizione, di conseguenza, a seconda della zona considerata si avranno dei valori annuali di riferimento differenti. Ovviamente, al sud rispetto al nord il carico nevoso, risulta essere minore grazie alle condizioni meteorologiche più miti.

I pannelli fotovoltaici sono molto vulnerabili alle precipitazioni nevose, il carico nevoso potrebbe influire negativamente sul funzionamento del pannello e quindi diminuire la produttività dell'impianto. In modo da garantire un'analisi cautelativa è stato scelto di utilizzarli come apparecchiature di riferimento per la definizione dei range. Per il valore del carico massimo compatibile con il pannello si considera il valore di test presente nella norma 61215-2 pari a **5400 Pa**.

Per il valore relativo alla tolleranza di sicurezza è stato considerato il 75% del carico di test secondo normativa pari a **4050 Pa**.

Prima di poter identificare i vari indici è stato eseguito un ultimo passaggio. Sulla base dei primi due valori di riferimento appena elencati per ogni zona è stato calcolato il seguente rapporto percentuale:

$$C_{\%} = \frac{\text{Carico nevoso}_{i\text{-esima zona}}}{\text{Carico max}_{\text{pannelli}}} \cdot 100$$

Dove:

- $C_{\%}$ = rapporto in percentuale fra il carico nevoso della i-esima zona e il valore normativo di carico massimo riferito ai pannelli;
- $\text{Carico nevoso}_{i\text{-esima zona}}$ = a seconda della zona presa in considerazione si deve prendere come riferimento un valore di carico nevoso diverso;
- $\text{Carico max}_{\text{pannelli}}$ = valore normativo sempre costante pari a 5400 Pa.

Di conseguenza se si considera il nord Italia si ottiene il seguente valore in percentuale:

$$\frac{\text{Carico nevoso}_{i-\text{esima zona}}}{\text{Carico max}_{\text{pannelli}}} \cdot 100 = \frac{1,5 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2}\right) \cdot 1000}{5400 \text{ Pa}} \cdot 100 = \mathbf{28\%}$$

Per il centro Italia:

$$\frac{\text{Carico nevoso}_{i-\text{esima zona}}}{\text{Carico max}_{\text{pannelli}}} \cdot 100 = \frac{1 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2}\right) \cdot 1000}{5400 \text{ Pa}} \cdot 100 = \mathbf{19\%}$$

Infine, per il sud Italia:

$$\frac{\text{Carico nevoso}_{i-\text{esima zona}}}{\text{Carico max}_{\text{pannelli}}} \cdot 100 = \frac{0,6 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2}\right) \cdot 1000}{5400 \text{ Pa}} \cdot 100 = \mathbf{11\%}$$

A questo punto sono stati ricavati tutti i dati necessari per poter rappresentare gli indici:

- Indice **A** <15%; valore ottenuto facendo la media fra 11 e 19%;
- Indice **B** 15-30%; è stato scelto come estremo superiore un valore prossimo a 28%;
- Indice **C** 30-75%;
- Indice **D** <75%; in questo caso è stata considerata la tolleranza di sicurezza facendo riferimento al caso delle PSV (75% del valore della pressione di progetto tale per cui si apre la valvola).

Quando il valore è in grassetto identifica l'appartenenza allo specifico indice.

L'utente per rispondere al criterio inserisce come input sia il carico massimo tollerabile (letto da scheda tecnica), riferito al componente meno resistente presente nel weather deck, che il carico nevoso medio annuale, riferito alla zona in cui è installata la piattaforma. Il *tool* calcola il rapporto in percentuale e attribuisce l'indice.

Se da scheda tecnica non è presente alcun dato riferito al carico massimo accettabile, l'utente inserisce nel *tool* il valore 0. In questo caso il criterio non verrà preso in

considerazione, in quanto la caratteristica descritta dal criterio è ininfluente per determinare il livello di adattabilità dell'opzione alla piattaforma in esame.

PRESENZA DI GIACIMENTI E EFFICIENZA GIACIMENTO >30 %

I due criteri sono vincolanti per le Opzioni 2 e 3 e di conseguenza per queste due soluzioni essi non rientrano nella lista dei criteri di dettaglio, ma vengono visualizzati subito dall'utente; quindi, se non rispettati la procedura di analisi si blocca e si ottiene una percentuale di adattabilità per le due opzioni pari allo 0%. Per l'Opzione 1 queste due caratteristiche non sono vincolanti e sono presenti quindi nella lista dei criteri di dettaglio. La valutazione è qualitativa, di conseguenza, in questi due casi gli indici non sono definiti da dei range, ma si evidenzia solo la presenza o meno della caratteristica descritta dal criterio. Quindi si ottiene:

- Indice **A** →Presente;
- Indice **B** /;
- Indice **C** /;
- Indice **D** →Assente.

Il valore limite dell'efficienza del giacimento come già evidenziato è un valore normativo presente nel decreto 4 febbraio 2011. *Procedure operative di attuazione del decreto 21 gennaio 2011 e modalità di svolgimento delle attività di stoccaggio e di controllo, ai sensi dell'articolo 13, comma 4 del decreto 21 gennaio 2011[31].*

Anche per questi criteri nell'ultima colonna della Tabella 48 si evidenziano i ruoli dell'utente e del *tool*, in questo caso l'utente risponde direttamente al criterio e il *tool* restituisce l'indice. Dal punto di vista del programma l'elaborazione di questo criterio è molto semplice in quanto il *tool* non deve eseguire nessun'algoritmo specifico.

VALORE DI GOIP DEL GIACIMENTO

I basic design delle Opzioni 2 e 3 si focalizzano sull'utilizzo del giacimento come sito di stoccaggio per il CH₄+H₂ o CO₂. Per caratterizzare lo stoccaggio e per comprendere se

l'implementazione di una di queste due soluzioni è conveniente, sono stati inseriti, nello studio del livello di adattabilità, dei criteri che hanno come focus la definizione alcuni parametri geofisici del giacimento. Come il valore del GOIP (Gas Originariamente In Posto) l'efficienza del giacimento e la profondità del pozzo [29].

Il GOIP è un valore in MSm^3 rappresenta la quantità di gas originariamente presente nel giacimento, ovvero prima che iniziassero le attività di estrazione di idrocarburi. La determinazione del GOIP è molto complessa in quanto si basa su uno studio dettagliato del giacimento. In letteratura non sono presenti molti valori indicativi, di conseguenza elaborare dei range non è stato facile a causa della mancanza dei dati. Quindi per definire i vari intervalli da attribuire agli indici è stato utilizzato come valore di riferimento del GOIP quello relativo solo a GREEN1. La metodologia utilizzata per identificare i range, in prima analisi, potrebbe risultare approssimativa ma in realtà non è così perché GREEN1 rappresenta una piattaforma "tipica" del panorama italiano. Poiché le caratteristiche di GREEN1 sono un'ottima stima media delle proprietà delle piattaforme offshore italiane, si garantisce un'analisi dettagliata nonostante la carenza di dati a disposizione.

Partendo quindi dal valore del GOIP caratteristico di GREEN1 pari a 600MSm^3 [29] sono stati identificati tutti gli intervalli degli indici:

- Indice **A** $>900 \text{MSm}^3$; valori di GOIP molto maggiori rispetto a GREEN1;
- Indice **B** $600-900 \text{MSm}^3$; valori di GOIP maggiori rispetto a GREEN1;
- Indice **C** $600-300 \text{MSm}^3$; valori di GOIP minori rispetto a GREEN1;
- Indice **D** $<300 \text{MSm}^3$; valori di GOIP molto minori rispetto a GREEN1.

Quando il valore è in grassetto identifica l'appartenenza allo specifico indice.

Per rispondere al criterio, l'utente inserisce il valore di GOIP del giacimento in esame e il *tool*, a seconda del range di appartenenza del dato inserito, restituisce l'indice.

VALORE EFFICIENZA GIACIMENTO

Il valore dell'efficienza del giacimento, come il valore di GOIP, è un parametro caratteristico e si calcola nel seguente modo:

$$\varepsilon = \frac{\text{working gas}}{\text{cushion gas} + \text{working gas}}$$

Dove:

- Working gas è il volume di gas calcolato in MSm³ che può essere iniettato o estratto a seconda dell'attività dell'impianto;
- Cushion gas è il volume di gas minimo calcolato in MSm³ che non viene mai estratto dal sito di stoccaggio, perché indispensabile per il funzionamento dello stesso. La presenza del cushion gas è fondamentale perché mantiene nel tempo le caratteristiche geofisiche del giacimento ed evita la risalita dell'acquifero [29].

Dall'equazione appena descritta, è chiaro che maggiore è l'efficienza maggiore è la quantità di gas che si può iniettare ed estrarre dal giacimento. Per le Opzioni 2 e 3 che basano il loro basic design sulla possibilità di utilizzare i giacimenti esausti come siti di stoccaggio, la caratteristica è fondamentale. Questo criterio potrebbe sembrare una ripetizione del criterio vincolante sull'efficienza del giacimento >30% ma in realtà non è così, si è scelto di aggiungerlo in modo da rendere più precisa l'analisi, favorendo le piattaforme con valori di ε maggiori all'implementazione delle Opzioni 2 e 3. Se questo criterio non facesse parte dell'analisi, una piattaforma con bassi valori di efficienza di giacimento (ma comunque maggiori del limite normativo), a parità di altre caratteristiche, potrebbe avere lo stesso livello di adattabilità alle soluzioni 2 e 3 di una piattaforma con elevati ε .

Per definire gli indici si è partiti considerando la soglia minima dell'efficienza per garantire lo stoccaggio pari al 30% e che valori di ε >75% denotano delle ottime

prestazioni del giacimento. Sulla base dei valori di riferimento esposti i range sono stati stabiliti nel seguente modo:

- Indice **A** >75%;
- Indice **B** 50-75%;
- Indice **C** 30-50%;
- Indice **D** <30%.

Quando il valore è in grassetto identifica l'appartenenza allo specifico indice.

Per rispondere al criterio, l'utente inserisce il valore di efficienza del giacimento della piattaforma in esame e il *tool*, a seconda del range di appartenenza del dato inserito, restituisce l'indice.

PROFONDITÀ POZZO

Come ultima caratteristica ambientale e territoriale riferita al giacimento è stata analizzata la profondità. A seconda delle profondità del giacimento si ottengono valori diversi di pressione e di temperatura nel sito di stoccaggio. È evidente che, la conoscenza di questo parametro risulta fondamentale per determinare le condizioni di operatività dell'impianto e la tipologia di apparecchiature da installare a bordo della piattaforma. Identificare un'unica profondità è impossibile, in quanto ogni giacimento è caratterizzato da una sua specifica estensione verticale; quindi, a seconda della zona dove viene estratto il gas dal giacimento si individuano profondità diverse. Per semplificare l'analisi, di conseguenza, è stato scelto di identificare un unico valore pari alla profondità del pozzo e quindi di trascurare l'estensione verticale del giacimento.

Per la definizione dei range viene preso in esame *"Elenco storico dei pozzi idrocarburici perforati in Italia dal 1895 al 2016 [43]"*, in questo documento sono presenti tutti i valori di profondità dei pozzi per tutte le piattaforme presenti nel panorama italiano. Per l'analisi degli indici dall'elenco del MASE (Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica) sono stati considerati solo i pozzi in mare, con lo scopo di sviluppo, con produzione di gas e/olio e concessione di coltivazione. Al fine di garantire

una suddivisione dei vari range coerente con valori dell'offshore italiano, sono state calcolate le frequenze di profondità dei pozzi presenti nell'elenco, in particolare il valore del 5, 50 e 75 percentile della distribuzione ottenendo i seguenti risultati:

- 5 percentile → **1245 m**;
- 50 percentile → **2318 m**;
- 75 percentile → **3555 m**.

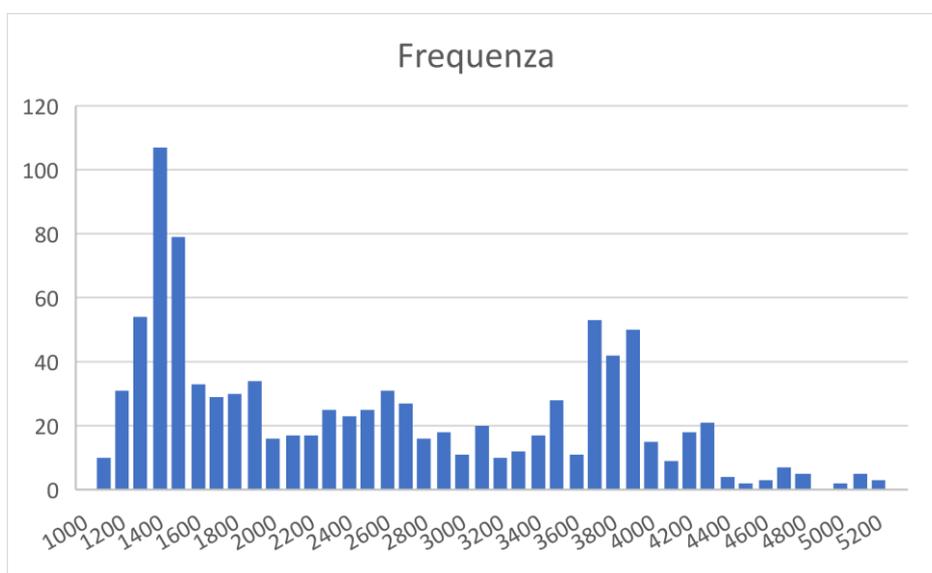


Figura 29: Grafico frequenze offshore italiano

Sulla base dei dati di frequenza calcolati sono stati identificati tutti gli intervalli da attribuire agli indici:

- Indice **A** >**3555 m**;
- Indice **B** **2318-3555 m**;
- Indice **C** **1245-2318 m**;
- Indice **D** <**1245 m**.

Quando il valore è in grassetto identifica l'appartenenza allo specifico indice.

Per rispondere al criterio, l'utente inserisce il valore di profondità del pozzo della piattaforma in esame e il *tool*, a seconda del range di appartenenza del dato inserito, restituisce l'indice.

UTILITÀ OPZIONE

Nella Tabella 49 sono elencati tutti i criteri di dettaglio.

Tabella 49: Criteri di dettaglio utilità opzione

Criterio di dettaglio	Unità di misura	Indice A	Indice B	Indice C	Indice D	Note
Quantità di CO₂ emessa annualmente rispetto alle condizioni di pre-riconversione;	%	<25%	25-50%	50-75%	>75%	L'utente inserisce la quantità di CO ₂ emessa nelle condizioni di pre e la quantità di CO ₂ (attesa) emessa nelle condizioni di post-riconversione. Il <i>tool</i> calcola il rapporto % e assegna l'indice.
Quantità di CO₂ catturata annualmente.	kt/anno	>1000	1000-500	500-4	<4	L'utente inserisce le quantità attese annualmente di CO ₂ catturate e il <i>tool</i> a seconda del valore attribuisce l'indice.

QUANTITÀ DI CO₂ EMESSA ANNUALMENTE RISPETTO ALLE CONDIZIONI DI PRE-RICONVERSIONE

Questo criterio di dettaglio è stato aggiunto con lo scopo di quantificare le riduzioni di CO₂ emesse in atmosfera dopo l'implementazione delle opzioni di riconversione. Quindi più le quantità di CO₂ emesse nelle condizioni di post-riconversione sono basse, maggiore sarà il risparmio in termini di gas serra emessi in atmosfera. È chiaro che per

questo criterio l'Opzione 1, rispetto alle restanti, risulta la favorita in quanto non utilizza idrocarburi per il suo funzionamento, ma un impianto fotovoltaico installato nel weather deck.

I range da attribuire a ciascun indice sono stati definiti considerando il rapporto in percentuale fra le condizioni di post e pre-riconversione:

$$R_{\%} = \frac{\text{Quantità } CO_{2_{post}}}{\text{Quantità } CO_{2_{pre}}} \cdot 100$$

Dove:

- $R_{\%}$ = rapporto percentuale;
- $\text{Quantità } CO_{2_{post}}$ = identifica le quantità di CO_2 (attese) emesse nelle condizioni di post-riconversione;
- $\text{Quantità } CO_{2_{pre}}$ = identifica le quantità di CO_2 emesse nelle condizioni di pre-riconversione.

L'intervallo avente come estremi la condizione più favorevole possibile, $R_{\%} = 0\%$, e la condizione più sfavorevole possibile, $R_{\%} = 100\%$, è stato diviso in 4 parti uguali per poter identificare gli indici:

- Indica **A 0-25%**;
- Indice **B 25-50%**;
- Indice **C 50-75%**;
- Indice **D 75-100%**.

Quando il valore è in grassetto identifica l'appartenenza allo specifico indice.

$R_{\%} = 0\%$ si ottiene quando le quantità emesse di CO_2 nelle condizioni di post-riconversione sono nulle.

$R_{\%} = 100\%$ si ottiene quando le quantità emesse di CO_2 nelle condizioni di post eguagliano le emissioni nelle condizioni di pre-riconversione.

Per rispondere al criterio l'utente inserisce la quantità di CO₂ emessa nelle condizioni di pre e la quantità di CO₂ (attesa) emessa nelle condizioni di post-riconversione. Il *tool*, calcola il rapporto in percentuale e a seconda del range di appartenenza di $R_{\%}$, restituisce l'indice.

QUANTITÀ DI CO₂ CATTURATA ANNUALMENTE;

Lo stoccaggio di CO₂ nei giacimenti esausti è un'efficiente soluzione per diminuire le emissioni di gas serra. Di conseguenza, si è scelto di inserire un criterio che favorisse l'implementazione dell'Opzione 3 che ha come finalità impiantistica la cattura della CO₂. Le quantità di anidride carbonica catturabili variano a seconda delle caratteristiche geofisiche del giacimento e dalle caratteristiche strutturali della piattaforma. Più la piattaforma è compatibile con lo stoccaggio più il livello di adattabilità relativo alla terza soluzione progettuale aumenta.

Per definire i range da attribuire agli indici sono stati considerati due impianti di riferimento:

- L'impianto offshore di Sleipner in grado di catturare circa **1 milione** di chilotonnellate di CO₂ all'anno [45];
- L'impianto di piccola taglia DAC (Direct Air Capture) in grado di catturare 4 chilotonnellate all'anno di CO₂ [45].

Quindi la valutazione dei range risulta essere la seguente:

- Indice **A** > 1000 kt; l'impianto di riconversione riesce a catturare più CO₂ rispetto all'impianto offshore di Sleipner;
- Indice **D** 0-4 kt; la soluzione impiantistica non ha come finalità la cattura della CO₂ oppure le prestazioni sono minori rispetto al caso dell'impianto DAC;

Le definizioni dei restanti due indici sono state determinate dividendo l'intervallo 1000- 4 in due parti praticamente identiche:

- Indice **B** 4-500 kt;
- Indice **C** 500-1000 kt.

Quando il valore è in grassetto identifica l'appartenenza allo specifico indice.

Per rispondere al criterio l'utente inserisce le quantità attese annualmente di CO₂ catturate e il *tool*, a seconda del range di appartenenza del dato inserito, restituisce l'indice.

RICONVERSIONE E DECOMMISSIONING

EMISSIONI DI LIQUIDI IN MARE, PRODUZIONE DI RUMORI E VIBRAZIONI, PRODUZIONE DI CALORE E INQUINAMENTO LUMINOSO

Nella Tabella 50 sono elencati i criteri di dettaglio per i quali è stata utilizzata un'analisi qualitativa per definire i range.

Tabella 50: Criteri di dettaglio Analisi qualitativa

Criterio di dettaglio	Indice A	Indice B	Indice C	Indice D	Note
EMISSIONI DI GAS E VAPORI IN ATMOSFERA					
Impatto dovuto alle emissioni di gas e vapori climalteranti rilasciate in atmosfera dovute alle operazioni di riconversione e decommissioning	è trascurabile	è basso	è di media entità	è rilevante	L'utente seleziona la magnitudo dell'impatto e il <i>tool</i> restituisce l'indice.
Impatto dovuto alle emissioni di gas e vapori inquinanti rilasciati in atmosfera dovute alle operazioni di riconversione e decommissioning;	è trascurabile	è basso	è di media entità	è rilevante	L'utente seleziona la magnitudo dell'impatto e il <i>tool</i> restituisce l'indice.

Criterio di dettaglio	Indice A	Indice B	Indice C	Indice D	Note
EMISSIONI DI LIQUIDI IN MARE					
Impatto dovuto ai liquidi inquinanti rilasciati in mare dovute alle operazioni di riconversione e decommissioning;	è trascurabile	è basso	è di media entità	è rilevante	L'utente seleziona la magnitudo dell'impatto e il <i>tool</i> restituisce l'indice.
PRODUZIONE DI RUMORE E VIBRAZIONI					
Impatto dovuto alla produzione di rumore e vibrazioni prodotta dalle operazioni di riconversione e decommissioning;	è trascurabile	è basso	è di media entità	è rilevante	L'utente seleziona la magnitudo dell'impatto e il <i>tool</i> restituisce l'indice.
PRODUZIONE DI CALORE					
Impatto dovuto al rilascio di fluidi caldi in mare dovute alle operazioni di riconversione e decommissioning;	è trascurabile	è basso	è di media entità	è rilevante	L'utente seleziona la magnitudo dell'impatto e il <i>tool</i> restituisce l'indice.
Impatto dovuto al rilascio di fluidi freddi in mare dovute alle operazioni di riconversione e decommissioning;	è trascurabile	è basso	è di media entità	è rilevante	L'utente seleziona la magnitudo dell'impatto e il <i>tool</i> restituisce l'indice.
INQUINAMENTO LUMINOSO					
Impatto dovuto alla produzione luce artificiale prodotta durante le operazioni di riconversione e decommissioning.	è trascurabile	è basso	è di media entità	è rilevante	L'utente seleziona la magnitudo dell'impatto e il <i>tool</i> restituisce l'indice.

I primi due criteri presenti nella Tabella 50 non sono trattati in questa tesi, ma sono invece spiegati in un altro elaborato ulteriori dettagli in [4].

Il processo di analisi per definire i range è di tipo qualitativo, in particolare si è considerato il legame fra il livello di Significatività (impatto → trascurabile, basso, medio rilevante) e i provvedimenti da adottare per il controllo e/o la riduzione dell'impatto:

- Indice **A** **l'impatto è trascurabile** → Non è necessario adottare nessun provvedimento;
- Indice **B** **l'impatto è basso** → L'impatto è tale da richiedere misure di monitoraggio per la sua gestione;
- Indice **C** **l'impatto è di media entità** → L'impatto è tale da richiedere misure di monitoraggio di protezione e di prevenzione;
- Indice **D** **l'impatto è rilevante** → L'impatto è tale da richiedere interventi per la sua riduzione;

Per determinare gli indici sono stati utilizzati come riferimenti l'elaborato di tesi eseguito da Amedeo Aliberti [27] in particolare il settimo capitolo e il documento *Criteri di analisi della significatività* [52].

Per rispondere al criterio l'utente seleziona direttamente la magnitudo dell'impatto e il *tool* restituisce l'indice. Dal punto di vista del programma l'elaborazione di questi criteri è molto semplice in quanto il *tool* non deve eseguire nessun'algoritmo specifico.

PRODUZIONE DI RIFIUTI

Nella seguente Tabella 51 sono presenti i criteri di dettaglio che si concentrano sulla descrizione dell'impatto ambientale legato alla produzione di rifiuti.

Tabella 51: Criteri di dettaglio Produzione Rifiuti

Criterio di dettaglio	Unità di misura	Indice A	Indice B	Indice C	Indice D	Note
Quantità di rifiuti prodotta dovute alle operazioni di riconversione e decommissioning;	kg/m ²	< 55	55-75	75-95	>95	L'utente inserisce il peso (atteso) dei rifiuti rimossi e la superficie totale della piattaforma. Il <i>tool</i> fa il rapporto e assegna l'indice.
Quantità di rifiuti recuperabili prodotta durante le operazioni di riconversione e decommissioning.	%	>85	55-85	20-55	<20	L'utente inserisce la percentuale di rifiuti riciclata (attesa) e il <i>tool</i> a seconda del valore assegna l'indice.

Per rendere più precisa l'analisi, oltre a considerare le quantità generali di rifiuti prodotta è stato scelto di inserire un criterio che identificasse anche l'ammontare dei rifiuti riciclabili. La possibilità di riutilizzare i materiali permette di evitare l'impatto legato allo smaltimento di quest'ultimi. Infatti, questo criterio è l'unico della macro-categoria ad avere un peso positivo, perché descrive una caratteristica favorevole alla transizione energetica in atto.

Per il criterio "Quantità di rifiuti prodotta dovute alle operazioni di riconversione e decommissioning" sono stati considerati come rifiuti solo la componentistica metallica da smaltire in quanto è l'elemento più prevalente durante le operazioni di riconversione e decommissioning.

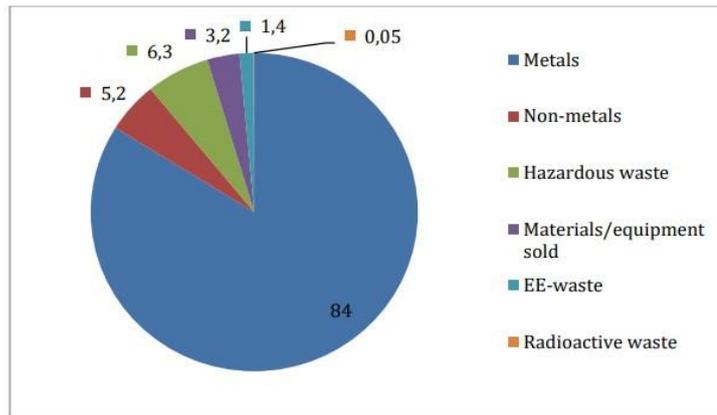


Figura 30: Esempio di materiali/rifiuti durante le operazioni di smantellamento [46]

Come riferimento per identificare i vari range è stata considerata la piattaforma GREEN1, le sue caratteristiche sono un'ottima stima media delle proprietà delle piattaforme offshore italiane. Considerando come rifiuto solo la componentistica metallica, gli indici sono stati definiti valutando il legame fra le apparecchiature rimosse (pesi rimossi) e la quantità di rifiuti prodotta. Inoltre, per evitare che piattaforme di grandi dimensioni vengano penalizzate a priori, il peso rimosso è espresso in kg/m².

A seconda dell'opzione l'apparecchiatura da smantellare varia, nella Tabella 52 sono presenti tutti i pesi rimossi riferiti a GREEN1[29]:

Tabella 52: Pesi rimossi

OPZIONE	UNITÀ DI MISURA	PESI RIMOSSI
1	tonnellate	213,22
2	tonnellate	134,75
3	tonnellate	122,15

I pesi rimossi riferiti a ciascun'opzione sono stati divisi per la superficie totale di GREEN1 in modo da ottenere i valori in $\frac{kg}{m^2}$:

- Opzione 1 $\rightarrow \frac{213,22 \cdot 1000}{2200} = \mathbf{96,92} \frac{kg}{m^2}$;
- Opzione 2 $\rightarrow \frac{134,75 \cdot 1000}{2200} = \mathbf{61,25} \frac{kg}{m^2}$;
- Opzione 3 $\rightarrow \frac{122,15 \cdot 1000}{2200} = \mathbf{55,52} \frac{kg}{m^2}$;

I risultati ottenuti sono stati utilizzati come traccia generale per attribuire a ciascun indice il proprio range di appartenenza:

- Indice **A** $< 55 \frac{kg}{m^2}$;
- Indice **B** $55 - 75 \frac{kg}{m^2}$;
- Indice **C** $75 - 95 \frac{kg}{m^2}$;
- Indice **D** $> 95 \frac{kg}{m^2}$;

Quando il valore è in grassetto identifica l'appartenenza allo specifico indice.

Per rispondere al criterio l'utente inserisce il peso della componentistica rimossa e la superficie totale della piattaforma. Il *tool* fa il rapporto, e a seconda del range di appartenenza del dato, restituisce l'indice.

Anche per il criterio "Quantità di rifiuti recuperabili prodotta durante le operazioni di riconversione e decommissioning" sono stati considerati come rifiuti solo la componentistica metallica da smaltire. Per definire i range sono stati valutati i valori medi percentuali di rottami di acciaio riciclato rispetto alla produzione totale di acciaio prodotta. I dati presi come riferimento sono:

- Cina 20%[47];
- Europa 55%[47];
- Italia 85%[48].

Gli indici sono stati identificati utilizzando i valori in percentuale sopra elencati:

- Indice **A** >85%;
- Indice **B** 55-85%;
- Indice **C** 20-55%;
- Indice **D** <20.

Quando il valore è in grassetto identifica l'appartenenza allo specifico indice.

Per rispondere al criterio l'utente inserisce la percentuale di rifiuti riciclata e il *tool*, a seconda del range di appartenenza, assegna l'indice.

CONSUMO DI ENERGIE E RISORSE

Questa categoria fa riferimento all'energia primaria utilizzata dalla piattaforma durante le operazioni di riconversione e decommissioning, in modo da quantificarne i consumi.

Tabella 53: Criterio di dettaglio -Consumo energia primaria-

Criterio di dettaglio	Unità di misura	Indice A	Indice B	Indice C	Indice D	Note
Quantità di energia primaria consumata durante le operazioni di riconversione e decommissioning.	milioni GJ	<0.1	0.1-1	1-3	>3	L'utente inserisce la quantità (attesa) di energia primaria consumata " e il <i>tool</i> , a seconda del valore, assegna l'indice.

Per definire gli indici è stata utilizzata la metodologia presente nel documento *"Impact assessment for offshore decommissioning"* prodotto da Norwegian Oil and Gas Association [46]. In particolare, nella Figura 31, si evidenzia come la procedura di analisi si basa sul legame tra la quantità di energia primaria utilizzata durante le fasi di riconversione e decommissioning e l'entità dell'impatto ambientale generato.

	Impact category				
	None/ insignificant	Small negative	Moderate negative	Large negative	Very large negative
Energy (million GJ)	<0.1	0.1-1	1-3	3-6	>6

Figura 31: Energia primaria consumata[46]

Quindi prendendo come riferimento la tabella in Figura 31 si ottiene la seguente suddivisione:

- Indice **A** < 0.1 milione di GJ;
- Indice **B** **0.1-1** milione di GJ;
- Indice **C** **1-3** milioni di GJ;
- Indice **D** >3 milioni di GJ.

Quando il valore è in grassetto identifica l'appartenenza allo specifico indice.

Per rispondere al criterio l'utente inserisce la quantità (attesa) di energia primaria consumata durante le operazioni di riconversione e decommissioning. Il *tool* restituisce, a seconda del range di appartenenza del dato inserito, l'indice.

TECNOLOGIE E DESIGN

Nella Tabella 54: Criteri di dettaglio Tecnologie e design sono presenti tutti i criteri appartenenti a questa macro-categoria:

Tabella 54: Criteri di dettaglio Tecnologie e design

Criterio di dettaglio	Unità di misura	Indice A	Indice B	Indice C	Indice D	Note
Presenza del cavo elettrico funzionante;	/	Presente	/	/	Assente	L'utente risponde direttamente al criterio e il <i>tool</i> assegna l'indice.

Critero di dettaglio	Unità di misura	Indice A	Indice B	Indice C	Indice D	Note
Distanza fra la pressione di design e la pressione di esercizio della sealine nelle condizioni di post-riconversione;	/	>7	7-3	3-1,5	<1,5	L'utente inserisce la pressione di design e la pressione di esercizio nelle condizioni di post-riconversione. il <i>tool</i> calcola il rapporto e assegna l'indice.
Compatibilità della sealine con miscele H ₂ ;	/	Sì	/	/	No	L'utente risponde direttamente al criterio e il <i>tool</i> assegna l'indice.
Compatibilità della sealine con la CO ₂ ;	/	Sì	/	/	No	L'utente risponde direttamente al criterio e il <i>tool</i> assegna l'indice.
Rapporto fra gli indici di ingombro post-riconversione e gli indici di ingombro pre-riconversione;	%	<55%	55-75%	75-100%	>100%	L'utente inserisce il rapporto fra la media degli indici di ingombro post e la media degli indici di ingombro pre-riconversione. Il <i>tool</i> a seconda del valore assegna l'indice.
Superficie disponibile nel weather deck per l'installazione di nuove apparecchiature;	m ²	>400	240-400	170-240	< 170	L'utente inserisce la superficie totale del weather deck e l'indice di ingombro post riconversione del weather deck. Il <i>tool</i> calcola l'area disponibile e assegna l'indice.
Presenza di cluster;	/	Sì	/	/	No	L'utente risponde direttamente al criterio e il <i>tool</i> assegna l'indice.
Periodo equivalente di iniezione/erogazione nel quale il giacimento viene riempito/svuotato;	mesi	4	5	6	>6	L'utente inserisce il valore del working e quello relativo alla portata max trasportabile dalla sealine. Il <i>tool</i> calcola

						il tempo equivalente e assegna l'indice.
Differenza fra i pesi rimossi e i pesi installati rapportati alla superficie totale della piattaforma;	kg/m ²	>50	30-50	15-30	<15	L'utente inserisce il peso totale dei componenti rimossi e il peso totale dei componenti installati post-riconversione. Il <i>tool</i> fa la differenza diviso la superficie totale e assegna l'indice.
La superficie emersa della piattaforma è > di 270 m ² ?	/	/	/	/	/	Il criterio è vincolante per tutte e tre le opzioni di riconversione, di conseguenza, non sono stati definiti dei range. Il criterio viene analizzato nella fase iniziale in modo da identificare se la percentuale di adattabilità è diversa da 0%.

Gli ultimi due criteri presenti nella Tabella 54 non sono trattati in questa tesi, ma sono invece spiegati in un altro elaborato, ulteriori dettagli in [4].

PRESENZA DEL CAVO ELETTRICO FUNZIONANTE

La presenza del cavo elettrico sottomarino garantisce il collegamento con la rete nazionale e quindi l'arrivo dell'energia elettrica sulla piattaforma. La sua presenza è fondamentale per il corretto funzionamento di tutte e tre le soluzioni di riconversione; il cavo per le Opzioni 2 e 3 soddisfa la necessità di energia elettrica da parte delle apparecchiature installate sui vari deck. Per l'Opzione 1 ottimizza le prestazioni del sistema di dissalazione, cedendo alla rete nazionale l'energia elettrica in eccesso prodotta dall'impianto fotovoltaico ed evitando il blocco del sistema, in caso di guasto dell'impianto fotovoltaico.

La valutazione di questo criterio è qualitativa, di conseguenza, in questo caso gli indici non sono definiti da dei range, ma si evidenzia solo la presenza o meno della caratteristica descritta. Quindi si ottiene:

- Indice **A** Presente;
- Indice **B** /;
- Indice **C** /;
- Indice **D** Assente.

L'utente risponde direttamente al criterio (Presente/Assente) e il *tool* restituisce l'indice. Dal punto di vista del programma l'elaborazione di questo criterio è molto semplice in quanto il *tool* non deve eseguire nessun'algoritmo specifico.

DISTANZA FRA LA PRESSIONE DI DESIGN E LA PRESSIONE DI ESERCIZIO DELLA SEALINE NELLE CONDIZIONI DI POST-RICONVERSIONE;

Le piattaforme sono state progettate per operare in determinate condizioni operative. L'implementazione delle soluzioni di riconversione modificano tali condizioni, di conseguenza è stato scelto di inserire dei criteri che permettessero di identificare tale variazione e valutarne la compatibilità con la piattaforma. La sealine è un componente fondamentale perché permettere il trasporto onshore-offshore dei gas, per questo motivo è stato inserito un criterio per verificare se le caratteristiche di progetto della sealine, si adattano alle nuove modalità di funzionamento. Per valutare la compatibilità è stato scelto come parametro di verifica la pressione, in particolare la distanza fra la p di design e la p di esercizio nelle condizioni di post riconversione.

Per la determinazione degli indici è stata utilizzata la seguente formula:

$$P_r = \frac{p_{design\ sealine}}{p_{esercizio\ post-riconversione}} .$$

Dove:

- P_r = rapporto fra i due livelli di pressione;

- $p_{design\ sealine}$ = pressione di design della sealine;
- $p_{esercizio\ post-riconversione}$ = pressione di esercizio della sealine nelle condizioni di post-riconversione.

Come valori di riferimento sono stati utilizzati i dati relativi a GREEN1 e il valore di pressione di esercizio = 1,5 · pressione di design → solitamente utilizzato per la progettazione delle pipeline, riportato nella seguente reference “*Pipeline Structure Design Standards for Water Supply and Drainage Engineering* [49]”.

Sulla base delle ipotesi appena elencate si ottiene:

- Indice **A** (condizione più favorevole → distanza massima fra i due valori di pressione) >7; l'estremo superiore dell'intervallo è stato determinato in questo modo:

$$P_r = \frac{p_{design\ sealine}}{p_{esercizio\ post-riconversione}} = \frac{200\ bar}{30\ bar} = 6,66 = 7$$

Dove:

$p_{design\ sealine}$ = 200 bar massima pressione ammissibile della sealine;

p_{CO_2} = 30 bar pressione di esercizio della sealine nel caso di trasporto di CO₂.

- Indice **B 7 – 3**; l'estremo inferiore dell'intervallo è stato determinato in questo modo:

$$P_r = \frac{p_{design\ sealine}}{p_{esercizio\ post-riconversione}} = \frac{200\ bar}{78,13\ bar} = 2,6 = 3$$

Dove:

$p_{design\ sealine}$ = 200 bar massima pressione ammissibile;

p_{H_2} = 78,13 bar pressione di esercizio della sealine nel caso di trasporto di miscela bladed.

- Indice **C 3** –1,5; Il valore 1,5 dell’intervallo è stato ottenuto considerando la relazione presente nella reference “*Pipeline Structure Design Standards for Water Supply and Drainage Engineering* [49]”:

$$P_r = \frac{p_{design\ sealine}}{p_{esercizio\ post-riconversione}} = 1,5$$

- Indice **D** <1,5 (condizioni più sfavorevoli → distanza minima fra i due valori di pressione).

Quando il valore è in grassetto identifica l’appartenenza allo specifico indice.

Per rispondere al criterio, l’utente inserisce la pressione di design della sealine e la pressione di esercizio nelle condizioni di post-riconversione. Il *tool* calcola il rapporto e sulla base del risultato ottenuto attribuisce l’indice.

COMPATIBILITÀ DELLA SEALINE CON MISCELE H₂

La caratteristica descritta dal criterio è vincolante per l’Opzione 2. È fondamentale valutare se la sealine è adatta al trasporto di miscele blended. Nel caso i materiali fossero incompatibili l’implementazione della soluzione di riconversione sarebbe impossibile. Per l’Opzione 2 questo criterio, essendo vincolante, viene analizzato dall’utente prima di procedere alla valutazione delle varie macro-categorie, se non rispettato la procedura di analisi si blocca e si ottiene una percentuale di adattabilità pari allo 0%. Per le Opzioni 1 e 3 questa caratteristica non è vincolante e quindi è presente nella lista dei criteri di dettaglio. La valutazione è qualitativa, di conseguenza, gli indici non sono definiti da dei range numerici, ma si evidenzia solo la presenza o meno della caratteristica descritta dal criterio. Quindi si ottiene:

- Indice **A** Sì;
- Indice **B** /;
- Indice **C** /;
- Indice **D** No.

In questo caso l'utente risponde direttamente al criterio e il *tool* restituisce l'indice. Dal punto di vista del programma l'elaborazione di questo criterio è molto semplice in quanto il *tool* non deve eseguire nessun'algoritmo specifico.

COMPATIBILITÀ DELLA SEALINE CON LA CO₂

La caratteristica descritta dal criterio è vincolante per l'Opzione 3. È fondamentale valutare se la sealine è adatta a trasportare CO₂. Nel caso i materiali fossero incompatibili l'implementazione della soluzione di riconversione sarebbe impossibile. Per l'Opzione 3 questo criterio, essendo vincolante, viene analizzato dall'utente prima di procedere alla valutazione delle varie macro-categorie, se non rispettato la procedura di analisi si blocca e si ottiene una percentuale di adattabilità pari allo 0%. Per le Opzioni 1 e 2 questa caratteristica non è vincolante e quindi è presente nella lista dei criteri di dettaglio. La valutazione è qualitativa, di conseguenza, gli indici non sono definiti da dei range numerici, ma si evidenzia solo la presenza o meno della caratteristica descritta dal criterio. Quindi si ottiene:

- Indice **A** Sì;
- Indice **B** /;
- Indice **C** /;
- Indice **D** No.

In questo caso l'utente risponde direttamente al criterio e il *tool* restituisce l'indice. Dal punto di vista del programma l'elaborazione di questo criterio è molto semplice in quanto il *tool* non deve eseguire nessun'algoritmo specifico.

RAPPORTO FRA GLI INDICI DI INGOMBRO POST-RICONVERSIONE E GLI INDICI DI INGOMBRO PRE-RICONVERSIONE

Questo criterio permette di verificare l'idoneità delle nuove soluzioni impiantistiche rispetto alle superfici dei vari deck e di identificare lo spazio disponibile post-riconversione. Il parametro utilizzato per mettere in luce queste due caratteristiche è l'indice di ingombro, definito dalla seguente formula:

$$\frac{A_{\text{occupata dai componenti installati}}}{A_{\text{deck di riferimento}}} \cdot 100$$

- $A_{\text{occupata dai componenti installati}}$ = Area occupata dai nuovi componenti installati su uno specifico deck;
- $A_{\text{deck di riferimento}}$ = Area del deck di riferimento sul quale vengono installati i nuovi componenti;

Questo criterio, utilizzando gli indici di ingombro, confronta le condizioni di post riconversione con quelle di pre, maggiore è il rapporto fra gli indici d'ingombro maggiore è la superficie nel deck occupata dalle nuove apparecchiature rispetto a quella impegnata dalla componentistica precedentemente installata. Quindi, la descrizione di questa caratteristica permette di comprendere se le nuove soluzioni impiantistiche aumentano le sollecitazioni strutturali. Ovviamente sarà necessario eseguire un'analisi più accurata, delle nuove sollecitazioni che agiscono sulla piattaforma, ma il criterio è stato inserito per poter avere dei risultati di carattere generale.

Per definire i range è stata utilizzata come piattaforma di riferimento GREEN1, nella Tabella 55 sono presenti, divisi per i vari deck e per le varie opzioni di riconversione, tutti gli indici di ingombro.

Tabella 55: Indici ingombro GREEN1[29]

Deck	Indice di ingombro pre-riconversione	Indice di ingombro post-riconversione (Opzione 1)	Indice di ingombro post-riconversione (Opzione 2)	Indice di ingombro post-riconversione (Opzione 3)	Rapporto
Weather Deck	47%	45%	41%	43%	91%
Mezzanine Deck	30%	21%	22%	15%	64%

<i>Deck</i>	Indice di ingombro pre-riconversione	Indice di ingombro post-riconversione (Opzione 1)	Indice di ingombro post-riconversione (Opzione 2)	Indice di ingombro post-riconversione (Opzione 3)	Rapporto
Cellar Deck	44%	30%	30%	26%	65%
Lower Deck	35%	21%	14%	25%	57%
Boat Landing	27%	25%	30%	27%	101%
MEDIA	37%	28,40%	27,40%	27,20%	
R%		0,78	0,75	0,74	

Nella Tabella 55 oltre che a riportare tutti valori riferiti a GREEN1 è stata eseguita la media degli indici per ciascuna soluzione impiantistica, i valori ottenuti sono stati utilizzati per eseguire il rapporto fra il valore medio di una specifica opzione con le condizioni di pre-riconversione; per chiarire meglio il concetto si riporta l'esempio riferito all'Opzione 1:

$$R_{\%OPZIONE_i} = \frac{Media(i_{weather\ deck\ Opzione_i}, i_{Mezzanine\ deck\ Opzione_i}, i_{cellar\ deck\ Opzione_i}, i_{lower\ deck\ Opzione_i}, i_{boat\ landing\ Opzione_i})}{Media(i_{weather\ pre}, i_{Mezzanine\ deck\ pre}, i_{cellar\ deck\ pre}, i_{lower\ deck\ pre}, i_{boat\ landing\ pre})}$$

$$R_{\%OPZIONE_1} = \frac{Media(i_{weather\ deck\ Opzione_1}, i_{Mezzanine\ deck\ Opzione_1}, i_{cellar\ deck\ Opzione_1}, i_{lower\ deck\ Opzione_1}, i_{boat\ landing\ Opzione_1})}{Media(i_{weather\ pre}, i_{Mezzanine\ deck\ pre}, i_{cellar\ deck\ pre}, i_{lower\ deck\ pre}, i_{boat\ landing\ pre})}$$

$$= \frac{28,40\%}{37\%} = 0,78\%$$

Dove:

- $R_{\%OPZIONE_i}$ = identifica il rapporto dell'i-esima opzione fra la media degli indici di ingombro nelle condizioni di post riconversione e l'indice di ingombro nelle condizioni di pre-riconversione;
- $i_{j\ OPZIONE_i}$ = identifica l'indice di ingombro del j-esimo ponte riferito all'i-esima opzione;
- $i_{j\ pre}$ = identifica l'indice di ingombro del j-esimo ponte riferito alle condizioni di pre-riconversione.

I valori di $R_{\%PIATTAFORMA}$ non si differenziano molto al variare dell'opzione presa in esame; un risultato attorno al 78% vuol dire che per la piattaforma GREEN1, in termini di ingombro, non si ha una netta riduzione dei pesi rispetto alle condizioni di pre-riconversione.

Nell' ultima colonna della Tabella 55 è presente il rapporto, riferito al singolo deck, fra la media degli indici di ingombro delle tre opzioni e l'indice di ingombro nelle condizioni di pre-riconversione; per chiarire meglio il concetto si riporta l'esempio riferito al weather deck:

$$R_{\%i} = \frac{Media(i_{i\ opzione\ 1} i_{i\ opzione\ 2} i_{i\ opzione\ 3})}{i_{i\ \%pre-riconversione}} =$$
$$R_{\%weather\ deck} = \frac{Media(45\%, 41\%, 43\%)}{47\%} = \mathbf{91\%}$$

Dove

- $R_{\%i}$ = identifica il rapporto dell'i-esimo ponte fra la media degli indici di ingombro nelle condizioni di post riconversione e l'indice di ingombro nelle condizioni di pre-riconversione;
- $i_{i\ opzione\ j}$ = identifica l'indice di ingombro della j-esima opzione riferito all'i-esimo ponte;

- $i_i \% \text{ pre-riconversione}$ = identifica l'indice di ingombro nelle condizioni di pre-riconversione riferito all'i-esimo ponte.

Analizzando i dati si nota subito che nel Boat landing l'indice di ingombro nelle condizioni di post è mediamente maggiore rispetto alle condizioni di pre-riconversione, infatti, si ottiene un valore di $R_{boat\ landing}=101\%$ (l'ingombro delle nuove apparecchiature è maggiore). Nel Cellar deck, invece, si identificano le condizioni più performanti pari a $R_{cellar\ deck}=57\%$ (l'ingombro delle nuove apparecchiature è quasi dimezzato).

Sulla base dei risultati ottenuti sono stati identificati i seguenti range da attribuire ai vari indici:

- Indice **A** <55; l'estremo superiore dell'intervallo è stato determinato prendendo come riferimento $R_{cellar\ deck}$;
- Indice **B** 55-75%; l'estremo superiore dell'intervallo è stato determinato facendo la media fra i tre valori di $R_{\%OPZIONE_i}$:

$$\frac{R_{\%OPZIONE_1} + R_{\%OPZIONE_2} + R_{\%OPZIONE_2}}{3} = \frac{78\% + 75\% + 74\%}{3} = 75\%$$

- Indice **C** 75-100%; l'estremo superiore dell'intervallo è stato determinato prendendo in considerazione che il valore degli indici di ingombro si mantenesse costante nelle condizioni di pre e post-riconversione;
- Indice **D** >100 %. L'estremo inferiore dell'intervallo è stato ottenuto considerando la condizione peggiore, ovvero che nelle condizioni di post l'ingombro sia maggiore rispetto alle condizioni di pre-riconversione.

Quando il valore è in grassetto identifica l'appartenenza allo specifico indice.

Per rispondere al criterio, l'utente inserisce il rapporto fra la media degli indici di ingombro post e la media degli indici di ingombro pre-riconversione. Il *tool*, a seconda del valore inserito, assegna l'indice.

SUPERFICIE DISPONIBILE NEL WEATHER DECK PER L'INSTALLAZIONE DI NUOVE APPARECCHIATURE

L'area disponibile nel weather deck è una caratteristica strutturale rilevante, perché grandi superfici facilitano l'installazione e la scelta della taglia delle nuove apparecchiature da implementare sulla piattaforma. Questo criterio è stato aggiunto prevalentemente per l'Opzione 1, in quanto la superficie disponibile sul weather deck influisce sulla quantità di pannelli installabili e quindi sulla produzione dell'impianto fotovoltaico.

Per la definizione dei range è stato utilizzato il documento: *"Elenco piattaforme marine [53]"* messo a disposizione dal MASE dove sono presenti tutte le strutture marine installate nell'offshore italiano. Dal documento sono stati presi come riferimento le superfici massime e minime dei weather deck per le piattaforme che estraggono gas in Italia (escludendo dall'analisi le strutture monotubolari, bitubolari e le teste pozzo sottomarine) in particolare:

- Piattaforma riferimento superficie massima = **ARIANNA A** (882 m²);
- Piattaforma riferimento superficie minima = **FAUZIA** (304 m²).

È necessario sottolineare che non tutta la superficie disponibile può essere utilizzata per l'installazione della nuova componentistica, ma per motivi di sicurezza una parte deve essere libera per garantire la presenza di vie di fuga e aree di passaggio per il personale. Inoltre, per diminuire l'impatto ambientale, i sistemi che non possono essere riutilizzati vengono messi fuori servizio previa bonifica e mantenuti sulla piattaforma diminuendo l'area disponibile. Quindi per tener conto di questi due aspetti, durante la definizione degli indici, è stata considerata una diminuzione della superficie totale pari al 57%. La riduzione della superficie è stata calcolata considerando i tre indici di ingombro per GREEN1 riferiti al weather deck (vedi criterio precedente):

$$\begin{aligned} \text{Superficie totale utilizzabile}_{\%} &= \left(100\% - \frac{i_{\text{opzione 1}} + i_{\text{opzione 2}} + i_{\text{opzione 3}}}{3} \right) \\ &= \left(100\% - \frac{45\% + 41\% + 43\%}{3} \right) = 57\% \end{aligned}$$

Gli indici di ingombro identificano la quantità di area occupata dalle nuove apparecchiature, maggiore è l'indice maggiore è la superficie disponibile sul weather deck. Quindi con la formula sopracitata si può identificare la percentuale di superficie non utilizzabile.

I nuovi valori di riferimento massimi e minimi per l'attribuzione degli indici sono:

- Riferimento superficie massima: $882 \text{ m}^2 \cdot 0,57 = \mathbf{503 \text{ m}^2}$;
- Riferimento superficie minima: $304 \text{ m}^2 \cdot 0,57 = \mathbf{173 \text{ m}^2}$.

Infine, si ottiene la seguente suddivisione dei range:

- Indice **A** $>500 \text{ m}^2$;
- Indice **B** $\mathbf{500-340 \text{ m}^2}$; l'estremo inferiore dell'intervallo è stato determinato facendo la media fra la superficie massima e minima e poi moltiplicando il risultato per 0,57;
- Indice **C** $\mathbf{340-170 \text{ m}^2}$;
- Indice $<170 \text{ m}^2$.

Quando il valore è in grassetto identifica l'appartenenza allo specifico indice.

Per rispondere al criterio, l'utente inserisce l'area totale del weather deck e l'indice d'ingombro (atteso) riferito alla specifica opzione che si sta analizzando. Il *tool* calcola l'area disponibile e attribuisce l'indice. L'algoritmo, per definire la superficie disponibile per il caso in esame, utilizza le seguenti formule:

$$\text{Superficie totale utilizzabile}_{\%} = 100\% - i_{\text{opzione } j}$$

e

$$\text{Area disponibile} = \frac{\text{Superficie totale} \cdot \text{Superficie totale utilizzabile}_{\%}}{100}$$

PRESENZA DI CLUSTER

La caratteristica descritta dal criterio è vincolante per l'Opzione 1. È fondamentale valutare la presenza di cluster perché la soluzione di riconversione ha come obiettivo finale la produzione di acqua dolce per le piattaforme limitrofe. Questo criterio, essendo vincolante, viene analizzato dall'utente prima di procedere alla valutazione delle varie macro-categorie, se non rispettato la procedura di analisi si blocca e si ottiene una percentuale di adattabilità pari allo 0%. Per le restanti due soluzioni di riconversione questa caratteristica non è vincolante e quindi è presente nella lista dei criteri di dettaglio. La valutazione è qualitativa, di conseguenza gli indici non sono definiti da dei range numerici, ma si evidenzia solo la presenza o meno della caratteristica descritta dal criterio. Quindi si ottiene:

- Indice **A** Si;
- Indice **B** /;
- Indice **C** /;
- Indice **D** No.

In questo caso l'utente risponde direttamente al criterio e il *tool* restituisce l'indice. Dal punto di vista del programma l'elaborazione di questo criterio è molto semplice in quanto il *tool* non deve eseguire nessun'algoritmo specifico.

ALLEGATO 3 –ATTRIBUZIONE PESI MACRO-CATEGORIA
ASPETTI AMBIENTALI

Criterio di dettaglio	ASPETTI AMBIENTALI			NOTE
	0,5 Voto relativo all'opinione pubblica	0,5 Voto relativo alla estensione dell'impatto	Peso	
EMISSIONI DI GAS E VAPORI IN ATMOSFERA				
Quantità di emissioni di gas e vapori climatteranti rilasciate in atmosfera annualmente rispetto alle condizioni di pre-riconversione;	-3	-3	-3	Si attribuisce un voto elevato per quanto riguarda l'opinione pubblica poiché nel corso degli ultimi decenni è aumentata la sensibilità nei confronti delle tematiche connesse all'effetto serra. Per la vastità dell' impatto si considera il voto massimo perchè l'impatto ha ripercussioni a livello globale.
Quantità di emissioni di gas e vapori inquinanti rilasciate in atmosfera annualmente rispetto alle condizioni di pre-riconversione;	-3	-1	-2	Si attribuisce un voto elevato per quanto riguarda l'opinione pubblica poiché nel corso degli ultimi decenni è aumentata la sensibilità nei confronti delle tematiche connesse all'impatto ambientale da parte dei gas inquinanti. Per la vastità dell' impatto si considera il voto minimo perchè l'impatto ha ripercussioni a livello locale.
Tempo di esposizione annuo atteso sulla flora e la fauna rispetto alle condizioni di pre-riconversione;	-3	-1	-2	Si attribuisce un voto elevato per quanto riguarda l'opinione pubblica poiché nel corso degli ultimi decenni è aumentata la sensibilità nei confronti delle tematiche connesse all'impatto ambientale da parte dei gas inquinanti. Per la vastità dell' impatto si considera il voto minimo perchè l'impatto ha ripercussioni a livello locale.
Possibilità di impatto su particolari specie sensibili all'inquinante rilasciato rispetto alle condizioni di pre-riconversione;	-3	-1	-2	Si attribuisce un voto elevato per quanto riguarda l'opinione pubblica poiché nel corso degli ultimi decenni è aumentata la sensibilità nei confronti delle tematiche connesse all'impatto ambientale da parte degli inquinanti sull'ecosistema. Per la vastità dell' impatto si considera il voto minimo perchè l'impatto ha ripercussioni a livello locale.
EMISSIONI DI LIQUIDI IN MARE				
Quantità di liquidi inquinanti rilasciati in mare annualmente rispetto alle condizioni di pre-riconversione;	-3	-2	-3	Si attribuisce un voto massimo per quanto riguarda l'opinione pubblica poiché nel corso degli ultimi decenni si sta sviluppando la sensibilità nei confronti delle tematiche connesse al rilascio dei liquidi in mare, che potrebbero alterare l'ecosistema marino. Per la vastità dell' impatto è stato assegnato un voto medio, perchè a causa delle correnti il danno ambientale si potrebbe estendere anche a zone limitrofe alla piattaforma.
Tempo di esposizione annuo atteso sulla flora e la fauna rispetto alle condizioni di pre-riconversione;	-3	-2	-3	Si attribuisce un voto massimo per quanto riguarda l'opinione pubblica poiché nel corso degli ultimi decenni si sta sviluppando la sensibilità nei confronti delle tematiche connesse al rilascio dei liquidi in mare, che potrebbero alterare l'ecosistema marino. Per la vastità dell' impatto è stato assegnato un voto medio, perchè a causa delle correnti il danno ambientale si potrebbe estendere anche a zone limitrofe alla piattaforma.
Possibilità di impatto su particolari specie sensibili all'inquinante rilasciato rispetto alle condizioni di pre-riconversione;	-3	-2	-3	Si attribuisce voto elevato per quanto riguarda l'opinione pubblica poiché nel corso degli ultimi decenni è aumentata la sensibilità nei confronti delle tematiche connesse all'impatto ambientale da parte degli inquinanti sull'ecosistema. Per la vastità dell' impatto è stato assegnato un voto medio, perchè a causa delle correnti il danno ambientale si potrebbe estendere anche a zone limitrofe alla piattaforma.
Differenza in modulo del valore di pH rispetto alle condizioni di pre-riconversione;	-2	-1	-2	Si attribuisce un voto medio per quanto riguarda l'opinione pubblica poiché nel corso degli ultimi decenni si sta sviluppando la sensibilità nei confronti delle tematiche connesse alla tutela dell'ecosistema marino. Per la vastità dell' impatto si considera il voto minimo perchè l'impatto ha ripercussioni a livello locale.
Incremento percentuale di salinità dell'acqua di mare entro un raggio di 50 metri dallo scarico;	-1	-1	-1	Si attribuisce un voto basso per quanto riguarda l'opinione pubblica poiché nel corso degli ultimi anni non si è ancora sviluppata la sensibilità nei confronti delle tematiche connesse alla tutela del livello di salinità. Per quanto riguarda la vastità dell' impatto si considera il voto minimo perchè l'impatto ha ripercussioni a livello locale.
PRODUZIONE DI RUMORE E VIBRAZIONI				
Quantità di rumore e vibrazioni prodotta rispetto alle condizioni di pre-riconversione;	-1	-1	-1	Si attribuisce un voto non elevato per quanto riguarda l'opinione pubblica poiché nel corso degli ultimi decenni non è aumentata la sensibilità nei confronti delle tematiche connesse all'inquinamento legato alle vibrazioni e ai rumori. Per la vastità dell' impatto si considera il voto minimo perchè l'impatto ha ripercussioni a livello locale.
Tempo di esposizione annuo atteso sulla flora e la fauna rispetto alle condizioni di pre-riconversione;	-1	-1	-1	Si attribuisce un voto non elevato per quanto riguarda l'opinione pubblica poiché nel corso degli ultimi decenni non è aumentata la sensibilità nei confronti delle tematiche connesse all'inquinamento legato alle vibrazioni e ai rumori. Per la vastità dell' impatto si considera il voto minimo perchè l'impatto ha ripercussioni a livello locale.
Possibilità di impatto su particolari specie sensibili ai rumori e alle vibrazioni prodotte rispetto alle condizioni di pre-riconversione;	-3	-1	-2	Si attribuisce voto elevato per quanto riguarda l'opinione pubblica poiché nel corso degli ultimi decenni è aumentata la sensibilità nei confronti delle tematiche connesse all'impatto ambientale da parte degli inquinanti sull'ecosistema. Per la vastità dell' impatto si considera il voto minimo perchè l'impatto ha ripercussioni a livello locale.
PRODUZIONE DI CALORE				
Quantità di fluidi caldi rilasciati in mare annualmente rispetto alle condizioni di pre-riconversione;	-2	-1	-2	Si attribuisce un voto medio per quanto riguarda l'opinione pubblica poiché nel corso degli ultimi decenni si sta sviluppando la sensibilità nei confronti delle tematiche connesse alla tutela dell'ecosistema marino. Per la vastità dell' impatto si considera il voto minimo perchè l'impatto ha ripercussioni a livello locale.

Criterio di dettaglio	Voto relativo all'opinione pubblica	Voto relativo alla entità dell'impatto	Peso	NOTE
Quantità di fluidi freddi rilasciati in mare annualmente rispetto alle condizioni di pre-riconversione;	-2	-1	-2	Si attribuisce voto medio per quanto riguarda l'opinione pubblica poiché nel corso degli ultimi decenni si sta sviluppando la sensibilità nei confronti delle tematiche connesse alla tutela dell'ecosistema marino. Per la vastità dell'impatto si considera il voto minimo perché l'impatto ha ripercussioni a livello locale.
Tempo di esposizione annuo atteso sulla flora e la fauna rispetto alle condizioni di pre-riconversione;	-1	-1	-1	Si attribuisce un voto basso per quanto riguarda l'opinione pubblica poiché nel corso degli ultimi anni non si è ancora sviluppata in modo rilevante la sensibilità nei confronti delle tematiche connesse al tempo di esposizione per la produzione di calore. Per la vastità dell'impatto si considera il voto minimo perché l'impatto ha ripercussioni a livello locale.
Possibilità di impatto su particolari specie sensibili ai fluidi caldi/ freddi rispetto alle condizioni di pre-riconversione;	-3	-1	-2	Si attribuisce voto elevato per quanto riguarda l'opinione pubblica poiché nel corso degli ultimi decenni è aumentata la sensibilità nei confronti delle tematiche connesse all'impatto ambientale da parte degli inquinanti sull'ecosistema. Per la vastità dell'impatto si considera il voto minimo perché l'impatto ha ripercussioni a livello locale.
INQUINAMENTO LUMINOSO				
Quantità di luce artificiale prodotta annualmente rispetto alle condizioni di pre-riconversione;	-1	-1	-1	Si attribuisce un voto non elevato per quanto riguarda l'opinione pubblica poiché nel corso degli ultimi decenni non è aumentata la sensibilità nei confronti delle tematiche connesse all'inquinamento luminoso. Per la vastità dell'impatto si considera anche in questo caso il voto minimo perché l'impatto ha ripercussioni a livello locale.
Tempo di esposizione annuo atteso sulla flora e la fauna rispetto alle condizioni di pre-riconversione;	-1	-1	-1	Si attribuisce un voto non elevato per quanto riguarda l'opinione pubblica poiché nel corso degli ultimi decenni non è aumentata la sensibilità nei confronti delle tematiche connesse all'inquinamento luminoso. Per la vastità dell'impatto si considera anche in questo caso il voto minimo perché l'impatto ha ripercussioni a livello locale.
Possibilità di impatto su particolari specie sensibili alla luce artificiale prodotta rispetto alle condizioni di pre-riconversione;	-3	-1	-2	Si attribuisce voto elevato per quanto riguarda l'opinione pubblica poiché nel corso degli ultimi decenni è aumentata la sensibilità nei confronti delle tematiche connesse all'impatto ambientale da parte degli inquinanti sull'ecosistema. Per la vastità dell'impatto si considera il voto minimo perché l'impatto ha ripercussioni a livello locale.
CONSUMO DI ENERGIE E RISORSE				
Quantità di energia primaria consumata annualmente rispetto alle condizioni di pre-riconversione.	-2	-3	-3	Si attribuisce un voto medio per quanto riguarda l'opinione pubblica poiché nel corso degli ultimi decenni si sta sviluppando la sensibilità nei confronti delle tematiche connesse allo sfruttamento dell'energia primaria. Per la vastità dell'impatto si considera il voto massimo perché l'impatto ha ripercussioni a livello globale.

ALLEGATO 4 –ATTRIBUZIONE PESI MACRO-CATEGORIA
RICONVERSIONE E DECOMMISSIONING

RICONVERSIONE E DECOMMISSIONING				
	0,5	0,5		
Criterio di dettaglio	Voto relativo all'opinione pubblica	Voto relativo all'estensione dell'impatto	Peso	NOTE
EMISSIONI DI GAS E VAPORI IN ATMOSFERA				
Impatto dovuto alle emissioni di gas e vapori climalteranti rilasciati in atmosfera dovute alle operazioni di riconversione e decommissioning;	-3	-3	-3	Si attribuisce un voto elevato per quanto riguarda l'opinione pubblica poiché nel corso degli ultimi decenni è aumentata la sensibilità nei confronti delle tematiche connesse all'effetto serra. Per la vastità dell' impatto si considera il voto massimo perché l'impatto ha ripercussioni a livello globale.
Impatto dovuto alle emissioni di gas e vapori inquinanti rilasciati in atmosfera dovute alle operazioni di riconversione e decommissioning;	-3	-1	-2	Si attribuisce un voto elevato per quanto riguarda l'opinione pubblica poiché nel corso degli ultimi decenni è aumentata la sensibilità nei confronti delle tematiche connesse all'impatto ambientale da parte dei gas inquinanti. Per la vastità dell' impatto si considera il voto minimo perché l'impatto ha ripercussioni a livello locale.
EMISSIONI DI LIQUIDI IN MARE				
Impatto dovuto ai liquidi inquinanti rilasciati in mare dovute alle operazioni di riconversione e decommissioning;	-3	-2	-3	Si attribuisce un voto massimo per quanto riguarda l'opinione pubblica poiché nel corso degli ultimi decenni si sta sviluppando la sensibilità nei confronti delle tematiche connesse al rilascio dei liquidi in mare, che potrebbero alterare l'ecosistema marino. Per la vastità dell' impatto è stato assegnato il voto medio, perché a causa delle correnti il danno ambientale si potrebbe estendere anche a zone limitrofe dalla piattaforma.
PRODUZIONE DI RUMORE E VIBRAZIONI				
Impatto dovuto alla produzione di rumore e vibrazioni prodotta dalle operazioni di riconversione e decommissioning;	-1	-1	-1	Si attribuisce un voto non elevato per quanto riguarda l'opinione pubblica poiché nel corso degli ultimi decenni non è aumentata la sensibilità nei confronti delle tematiche connesse all'inquinamento legato alle vibrazioni e ai rumori. Per la vastità dell' impatto si considera il voto minimo perché l'impatto ha ripercussioni a livello locale.
PRODUZIONE DI CALORE				
Impatto dovuto al rilascio di fluidi caldi in mare dovute alle operazioni di riconversione e decommissioning;	-2	-1	-2	Si attribuisce un voto medio per quanto riguarda l'opinione pubblica poiché nel corso degli ultimi decenni si sta sviluppando la sensibilità nei confronti delle tematiche connesse alla tutela dell'ecosistema marino. Per la vastità dell' impatto si considera il voto minimo perché l'impatto ha ripercussioni a livello locale.
Impatto dovuto al rilascio di fluidi freddi in mare dovute alle operazioni di riconversione e decommissioning;	-2	-1	-2	Si attribuisce un voto medio per quanto riguarda l'opinione pubblica poiché nel corso degli ultimi decenni si sta sviluppando la sensibilità nei confronti delle tematiche connesse alla tutela dell'ecosistema marino. Per la vastità dell' impatto si considera il voto minimo perché l'impatto ha ripercussioni a livello locale.
INQUINAMENTO LUMINOSO				
Impatto dovuto alla produzione di luce artificiale prodotta durante le operazioni di riconversione e decommissioning;	-1	-1	-1	Si attribuisce un voto non elevato per quanto riguarda l'opinione pubblica poiché nel corso degli ultimi decenni non è aumentata la sensibilità nei confronti delle tematiche connesse all'inquinamento luminoso. Per la vastità dell' impatto si considera anche in questo caso il voto minimo perché l'impatto ha ripercussioni a livello locale.
CONSUMO DI ENERGIE E RISORSE				
Quantità di energia primaria consumata durante le operazioni di riconversione e decommissioning;	-2	-3	-3	Si attribuisce un voto medio per quanto riguarda l'opinione pubblica poiché nel corso degli ultimi decenni si sta sviluppando la sensibilità nei confronti delle tematiche connesse allo sfruttamento dell'energia primaria. Per la vastità dell' impatto si considera il voto massimo perché l'impatto ha ripercussioni a livello globale.
PRODUZIONE DI RIFIUTI				
Quantità di rifiuti prodotta dovuta alle operazioni di riconversione e decommissioning;	-3	-2	-3	Si attribuisce un voto elevato per quanto riguarda l'opinione pubblica poiché nel corso degli ultimi decenni è aumentata la sensibilità nei confronti delle tematiche connesse all'impatto dovuto alla produzione di rifiuti. Per la vastità dell' impatto si considera il voto medio perché si hanno ripercussioni a livello nazionale per la gestione dei rifiuti.
Quantità di rifiuti recuperabili prodotta durante le operazioni di riconversione e decommissioning.	3	2	3	Si attribuisce un voto elevato per quanto riguarda l'opinione pubblica, poiché nel corso degli ultimi decenni è aumentata la sensibilità verso le questioni legate al riciclo dei materiali. Per la vastità dell' impatto si considera il voto medio poiché le conseguenze si estendono a livello nazionale, portando a una riduzione del consumo energetico nel processo di smaltimento dei rifiuti.

ALLEGATO 5 –ATTRIBUZIONE PESI MACRO-CATEGORIA
SICUREZZA

SICUREZZA		
Criterio di dettaglio	PESO	NOTE
Quantità di sostanze infiammabili in fase liquida stoccate a bordo della piattaforma;	-2	Il criterio descrive una condizione che potrebbe causare uno scenario incidentale.
Quantità di sostanze infiammabili in fase gassosa stoccate a bordo della piattaforma;	-2	Il criterio descrive una condizione che potrebbe causare uno scenario incidentale.
Quantità di sostanze esplosive in fase liquida stoccate a bordo della piattaforma;	-2	Il criterio descrive una condizione che potrebbe causare uno scenario incidentale.
Quantità di sostanze esplosive in fase gassosa stoccate a bordo della piattaforma;	-2	Il criterio descrive una condizione che potrebbe causare uno scenario incidentale.
Quantità di sostanze tossiche in fase liquida stoccate a bordo della piattaforma;	-2	Il criterio descrive una condizione che potrebbe causare uno scenario incidentale.
Quantità di sostanze tossiche in fase gassosa stoccate a bordo della piattaforma;	-2	Il criterio descrive una condizione che potrebbe causare uno scenario incidentale.
Quantità di sostanze corrosive in fase liquida stoccate a bordo della piattaforma;	-2	Il criterio descrive una condizione che potrebbe causare uno scenario incidentale.
Quantità di sostanze corrosive in fase gassosa stoccate a bordo della piattaforma;	-2	Il criterio descrive una condizione che potrebbe causare uno scenario incidentale.
Quantità di sostanze pericolose per l'ambiente in fase liquida stoccate a bordo della piattaforma;	-2	Il criterio descrive una condizione che potrebbe causare uno scenario incidentale.
Quantità di sostanze pericolose per l'ambiente in fase gassosa stoccate a bordo della piattaforma;	-2	Il criterio descrive una condizione che potrebbe causare uno scenario incidentale.
Possibilità che le aree di danno, sviluppatesi da stoccaggi di sostanze infiammabili della piattaforma in esame, impattino piattaforme limitrofe presidiate (se presenti);	-3	Il criterio descrive uno scenario incidentale.
Possibilità che le aree di danno, sviluppatesi da stoccaggi di sostanze esplosive della piattaforma in esame, impattino piattaforme limitrofe presidiate (se presenti);	-3	Il criterio descrive uno scenario incidentale.
Possibilità che le aree di danno, sviluppatesi da stoccaggi di sostanze tossiche della piattaforma in esame, impattino piattaforme limitrofe presidiate (se presenti);	-3	Il criterio descrive uno scenario incidentale.
Dimensioni zona di sicurezza post-riconversione nella quale è proibito l'accesso a navi ed aerei non autorizzati rispetto alla configurazione pre-riconversione.	-1	Il criterio descrive un cambiamento rispetto alle condizioni di pre-riconversione, tuttavia, non comporta alcun rischio associato.

ALLEGATO 6 –ATTRIBUZIONE INDICI PESI OPZIONE 1

Macro-categoria: COMPATIBILITÀ AMBIENTALE E TERRITORIALE		
Criteri di dettaglio:		
1.Producibilità impianto fotovoltaico;	3	0,19
Macro-categoria: UTILITÀ OPZIONE		
Criteri di dettaglio:		
2.Quantità di CO ₂ catturata annualmente;	3	0,19
Macro-categoria: RICONVERSIONE E DECOMMISSIONING		
Criteri di dettaglio:		
3.Quantità di rifiuti recuperabili prodotta durante le operazioni di riconversione e decommissioning;	3	0,19
Macro-categoria: TECNOLOGIE E DESIGN		
Criteri di dettaglio:		
4.Presenza del cavo elettrico funzionante;	2	0,09
5.Superficie disponibile nel weather deck per l'installazione di nuove apparecchiature;	3	0,19
6.Differenza fra i pesi rimossi e i pesi installati rapportati alla superficie totale della piattaforma;	2	0,09
7.Rapporto fra gli indici di ingombro post-riconversione e gli indici di ingombro pre-riconversione.	2	0,09

CRITERI POSITIVI				
Pesi opzione 2	Numero criterio	Nuovo numero criterio	Punteggio assoluto	Peso normalizzato
1	/	1	/	/
2	4,6,7	2,3,4	$2+3+4=9 \rightarrow 9/3=3$	$3/35=0,09$
3	1,2,3,5	5,6,7,8	$5+6+7+8=26 \rightarrow 26/4=6,5$	$6,5/35=0,19$
		TOT	35	

	Peso	Peso normalizzato
Macro-categoria: ASPETTI AMBIENTALI		
Criteria di dettaglio		
1. Quantità di emissioni di gas e vapori climateranti rilasciate in atmosfera annualmente rispetto alle condizioni di prericonversione;	-3	-0,04
2. Quantità di emissioni di gas e vapori inquinanti rilasciate in atmosfera annualmente rispetto alle condizioni di prericonversione;	-2	-0,02
3. Tempo di esposizione annuo atteso sulla flora e la fauna rispetto alle condizioni di prericonversione (gas e vapori inquinanti);	-2	-0,02
4. Possibilità di impatto su particolari specie sensibili all'inquinante rilasciato rispetto alle condizioni di prericonversione (gas e vapori inquinanti);	-2	-0,02
5. Quantità di liquidi inquinanti rilasciati in mare annualmente rispetto alle condizioni di prericonversione;	-3	-0,04
6. Tempo di esposizione annuo atteso sulla flora e la fauna rispetto alle condizioni di prericonversione;	-3	-0,04
7. Possibilità di impatto su particolari specie sensibili all'inquinante rilasciato rispetto alle condizioni di prericonversione;	-3	-0,04
8. Differenza in modulo del valore di Ph rispetto alle condizioni di prericonversione;	-2	-0,02
9. Incremento percentuale di salinità dell'acqua di mare entro un raggio di 50 metri dallo scarico (zona di mescolamento) rispetto alla concentrazione salina media nell'area di interesse;	-1	-0,004
10. Quantità di rumore e vibrazioni prodotta rispetto alle condizioni di prericonversione;	-1	-0,004
11. Tempo di esposizione annuo atteso sulla flora e la fauna rispetto alle condizioni di prericonversione;	-1	-0,004
12. Possibilità di impatto su particolari specie sensibili ai rumori e alle vibrazioni prodotte rispetto alle condizioni di prericonversione;	-2	-0,02
13. Quantità di fluidi caldi rilasciati in mare annualmente rispetto alle condizioni di prericonversione;	-2	-0,02
14. Quantità di fluidi freddi rilasciati in mare annualmente rispetto alle condizioni di prericonversione;	-2	-0,02
15. Tempo di esposizione annuo atteso sulla flora e la fauna rispetto alle condizioni di prericonversione;	-1	-0,004
16. Possibilità di impatto su particolari specie sensibili ai fluidi caldi/freddi rispetto alle condizioni di prericonversione;	-2	-0,02
17. Quantità di luce artificiale prodotta annualmente rispetto alle condizioni di prericonversione;	-1	-0,004
18. Tempo di esposizione annuo atteso sulla flora e la fauna rispetto alle condizioni di prericonversione;	-1	-0,004
19. Possibilità di impatto su particolari specie sensibili alla luce artificiale prodotta rispetto alle condizioni di prericonversione;	-2	-0,02
20. Quantità di energia primaria consumata;	-3	-0,04

	Peso	Peso normalizzato
Macro-categoria: SICUREZZA		
Criteria di dettaglio		
21. Quantità di sostanze infiammabili in fase liquida stoccate a bordo della piattaforma;	-2	-0,02
22. Quantità di sostanze infiammabili in fase gassosa stoccate a bordo della piattaforma;	-2	-0,02
23. Quantità di sostanze esplosive in fase liquida stoccate a bordo della piattaforma;	-2	-0,02
24. Quantità di sostanze esplosive in fase gassosa stoccate a bordo della piattaforma;	-2	-0,02
25. Quantità di sostanze tossiche in fase liquida stoccate a bordo della piattaforma;	-2	-0,02
26. Quantità di sostanze tossiche in fase gassosa stoccate a bordo della piattaforma;	-2	-0,02
27. Quantità di sostanze corrosive in fase liquida stoccate a bordo della piattaforma;	-2	-0,02
28. Quantità di sostanze corrosive in fase gassosa stoccate a bordo della piattaforma;	-2	-0,02
29. Quantità di sostanze pericolose per l'ambiente in fase liquida stoccate a bordo della piattaforma;	-2	-0,02
30. Quantità di sostanze pericolose per l'ambiente in fase gassosa stoccate a bordo della piattaforma;	-2	-0,02
31. Possibilità che le aree di danno, sviluppatesi da stoccaggi di sostanze infiammabili della piattaforma in esame, impattino piattaforme limitrofe presidiate (se presenti);	-3	-0,04
32. Possibilità che le aree di danno, sviluppatesi da stoccaggi di sostanze esplosive della piattaforma in esame, impattino piattaforme limitrofe presidiate (se presenti);	-3	-0,04
33. Possibilità che le aree di danno, sviluppatesi da stoccaggi di sostanze tossiche della piattaforma in esame, impattino piattaforme limitrofe presidiate (se presenti);	-3	-0,04
34. Zona di sicurezza post-riconversione nella quale è proibito l'accesso a navi ed aerei non autorizzati rispetto alla configurazione prericonversione secondo l'art.28 del D.P.R. 886/1979;	-1	-0,004
Macro-categoria: COMPATIBILITÀ AMBIENTALE E TERRITORIALE		
Criteria di dettaglio:		
35. Distanza tra la velocità del vento attesa e la velocità massima del vento compatibile con le installazioni a bordo della piattaforma;	-2	-0,02
36. Differenza tra il carico dovuto alle precipitazioni nevose medie annue e il carico massimo compatibile con le apparecchiature a bordo della piattaforma;	-2	-0,02
37. Differenza tra resistenza meccanica all'impatto dovuto alle tempeste di grandine e resistenza meccanica massima delle apparecchiature a bordo della piattaforma;	-2	-0,02
38. Probabilità che il territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni) da un evento sismico rilevante;	-3	-0,04

	Peso	Peso normalizzato
Macro-categoria: UTILITÀ OPZIONE		
Criteri di dettaglio:		
39.Quantità di CO2 emessa annualmente rispetto alle condizioni di prericonversione;	-3	-0,04
Macro-categoria: RICONVERSIONE E DECOMMISSIONING		
Criteri di dettaglio:		
40.Impatto dovuto alle emissioni di gas e vapori climalteranti rilasciate in atmosfera dovute alle operazioni di riconversione e decommissioning;	-3	-0,04
41.Impatto dovuto alle emissioni di gas e vapori inquinanti rilasciati in atmosfera dovute alle operazioni di riconversione e decommissioning;	-2	-0,02
42.Impatto dovuto ai liquidi inquinanti rilasciati in mare dovute alle operazioni di riconversione e decommissioning;	-3	-0,04
43.Impatto dovuto alla produzione di rumore e vibrazioni prodotta dalle operazioni di riconversione e decommissioning;	-1	-0,004
44.Impatto dovuto al rilascio di fluidi caldi in mare dovute alle operazioni di riconversione e decommissioning;	-2	-0,02
45.Impatto dovuto al rilascio di fluidi freddi in mare dovute alle operazioni di riconversione e decommissioning;	-2	-0,02
46.Impatto dovuto alla produzione luce artificiale prodotta durante le operazioni di riconversione e decommissioning;	-1	-0,004
47.Quantità di energia primaria consumata durante le operazioni di riconversione e decommissioning;	-3	-0,04
48.Quantità di rifiuti prodotta dovute alle operazioni di riconversione e decommissioning;	-3	-0,04

CRITERI NEGATIVI				
Pesi opzione 2	Numero criterio	Nuovo Numero criterio	Punteggio assoluto	Peso normalizzato
-3	1,5,6,7,20,31,32,33,38,39,40,42,47,48	(-48,...,-35)	(-48,...,-35)=-581 → -581/14=-42	-42/1176=-0,04
-2	2,3,4,8,12,13,14,16,19,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,35,36,37,41,44, 45	(-34,...,-10)	(-34,...,-10)=-529 → -529/25=-22	-22/1176=-0,02
-1	9,10,11,15,17,18,34,43,46	(-9,...,-1)	(-19,...,-1)=-66 → -66/9=-5	-5/1176=-0,004
		TOT	1176	

ALLEGATO 7 –ATTRIBUZIONE INDICI PESI OPZIONE 2 (SOLO
CRITERI NEGATIVI)

	Peso	Peso normalizzato
Macro-categoria: ASPETTI AMBIENTALI		
Criteri di dettaglio		
1. Quantità di emissioni di gas e vapori climateranti rilasciate in atmosfera annualmente rispetto alle condizioni di preconversione;	-3	-0,04
2. Quantità di emissioni di gas e vapori inquinanti rilasciate in atmosfera annualmente rispetto alle condizioni di preconversione;	-2	-0,02
3. Tempo di esposizione annuo atteso sulla flora e la fauna rispetto alle condizioni di preconversione (gas e vapori inquinanti);	-2	-0,02
4. Possibilità di impatto su particolari specie sensibili all'inquinante rilasciato rispetto alle condizioni di preconversione (gas e vapori inquinanti);	-2	-0,02
5. Quantità di liquidi inquinanti rilasciati in mare annualmente rispetto alle condizioni di preconversione;	-3	-0,04
6. Tempo di esposizione annuo atteso sulla flora e la fauna rispetto alle condizioni di preconversione;	-3	-0,04
7. Possibilità di impatto su particolari specie sensibili all'inquinante rilasciato rispetto alle condizioni di preconversione;	-3	-0,04
8. Differenza in modulo del valore di Ph rispetto alle condizioni di preconversione;	-2	-0,02
9. Incremento percentuale di salinità dell'acqua di mare entro un raggio di 50 metri dallo scarico (zona di mescolamento) rispetto alla concentrazione salina media nell'area di interesse;	-1	-0,005
10. Quantità di rumore e vibrazioni prodotta rispetto alle condizioni di preconversione;	-1	-0,005
11. Tempo di esposizione annuo atteso sulla flora e la fauna rispetto alle condizioni di preconversione;	-1	-0,005
12. Possibilità di impatto su particolari specie sensibili ai rumori e alle vibrazioni prodotte rispetto alle condizioni di preconversione;	-2	-0,02
13. Quantità di fluidi caldi rilasciati in mare annualmente rispetto alle condizioni di preconversione;	-2	-0,02
14. Quantità di fluidi freddi rilasciati in mare annualmente rispetto alle condizioni di preconversione;	-2	-0,02
15. Tempo di esposizione annuo atteso sulla flora e la fauna rispetto alle condizioni di preconversione;	-1	-0,005
16. Possibilità di impatto su particolari specie sensibili ai fluidi caldi/ freddi rispetto alle condizioni di preconversione;	-2	-0,02
17. Quantità di luce artificiale prodotta annualmente rispetto alle condizioni di preconversione;	-1	-0,005
18. Tempo di esposizione annuo atteso sulla flora e la fauna rispetto alle condizioni di preconversione;	-1	-0,005
19. Possibilità di impatto su particolari specie sensibili alla luce artificiale prodotta rispetto alle condizioni di preconversione;	-2	-0,02
20. Quantità di energia primaria consumata;	-3	-0,04
Macro-categoria: SICUREZZA		
Criteri di dettaglio		
21. Quantità di sostanze infiammabili in fase liquida stoccate a bordo della piattaforma;	-2	-0,02
22. Quantità di sostanze infiammabili in fase gassosa stoccate a bordo della piattaforma;	-2	-0,02

	Peso	Peso normalizzato
23. Quantità di sostanze esplosive in fase liquida stoccate a bordo della piattaforma;	-2	-0,02
24. Quantità di sostanze esplosive in fase gassosa stoccate a bordo della piattaforma;	-2	-0,02
25. Quantità di sostanze tossiche in fase liquida stoccate a bordo della piattaforma;	-2	-0,02
26. Quantità di sostanze tossiche in fase gassosa stoccate a bordo della piattaforma;	-2	-0,02
27. Quantità di sostanze corrosive in fase liquida stoccate a bordo della piattaforma;	-2	-0,02
28. Quantità di sostanze corrosive in fase gassosa stoccate a bordo della piattaforma;	-2	-0,02
29. Quantità di sostanze pericolose per l'ambiente in fase liquida stoccate a bordo della piattaforma;	-2	-0,02
30. Quantità di sostanze pericolose per l'ambiente in fase gassosa stoccate a bordo della piattaforma;	-2	-0,02
31. Possibilità che le aree di danno, sviluppatesi da stoccaggi di sostanze infiammabili della piattaforma in esame, impattino piattaforme limitrofe presidiate (se presenti);	-3	-0,04
32. Possibilità che le aree di danno, sviluppatesi da stoccaggi di sostanze esplosive della piattaforma in esame, impattino piattaforme limitrofe presidiate (se presenti);	-3	-0,04
33. Possibilità che le aree di danno, sviluppatesi da stoccaggi di sostanze tossiche della piattaforma in esame, impattino piattaforme limitrofe presidiate (se presenti);	-3	-0,04
34. Zona di sicurezza post-conversione nella quale è proibito l'accesso a navi ed aerei non autorizzati rispetto alla configurazione pre-conversione secondo l'art.28 del D.P.R. 886/1979;	-1	-0,005
Macro-categoria: COMPATIBILITÀ AMBIENTALE E TERRITORIALE		
Criteri di dettaglio:		
35. Distanza tra la velocità del vento attesa e la velocità massima del vento compatibile con le installazioni a bordo della piattaforma;	-1	-0,005
36. Differenza tra il carico dovuto alle precipitazioni nevose medie annue e il carico massimo compatibile con le apparecchiature a bordo della piattaforma;	-1	-0,005
37. Differenza tra resistenza meccanica all'impatto dovuto alle tempeste di grandine e resistenza meccanica massima delle apparecchiature a bordo della piattaforma;	-2	-0,02
38. Probabilità che il territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni) da un evento sismico rilevante;	-3	-0,04
Macro-categoria: UTILITÀ OPZIONE		
Criteri di dettaglio:		
39. Quantità di CO2 emessa annualmente rispetto alle condizioni di preconversione;	-3	-0,04
Macro-categoria: RICONVERSIONE E DECOMMISSIONING		
Criteri di dettaglio:		
40. Impatto dovuto alle emissioni di gas e vapori climateranti rilasciate in atmosfera dovute alle operazioni di riconversione e decommissioning;	-3	-0,04
41. Impatto dovuto alle emissioni di gas e vapori inquinanti rilasciati in atmosfera dovute alle operazioni di riconversione e decommissioning;	-2	-0,02

	Peso	Peso normalizzato
42.Impatto dovuto ai liquidi inquinanti rilasciati in mare dovute alle operazioni di riconversione e decommissioning;	-3	-0,04
43.Impatto dovuto alla produzione di rumore e vibrazioni prodotta dalle operazioni di riconversione e decommissioning;	-1	-0,005
44.Impatto dovuto al rilascio di fluidi caldi in mare dovute alle operazioni di riconversione e decommissioning;	-2	-0,02
45.Impatto dovuto al rilascio di fluidi freddi in mare dovute alle operazioni di riconversione e decommissioning;	-2	-0,02
46.Impatto dovuto alla produzione luce artificiale prodotta durante le operazioni di riconversione e decommissioning;	-1	-0,005
47.Quantità di energia primaria consumata durante le operazioni di riconversione e decommissioning;	-3	-0,04
48.Quantità di rifiuti prodotta dovute alle operazioni di riconversione e decommissioning;	-3	-0,04

CRITERI NEGATIVI				
Pesi opzione 2	Numero criterio	Nuovo Numero criterio	Punteggio assoluto	Peso normalizzato
-3	1,5,6,7,20,31,32,33,38,39,40,42,47,48	[-48,....,-35]	$(-48,....,-35) = 581 + 581/14 = -42$	$-42/1176 = -0,04$
-2	2,3,4,8,12,13,14,16,19,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,37,41,44, 45	[-34,....,-12]	$(-34,....,-12) = 529 + 529/23 = -23$	$-23/1176 = -0,02$
-1	9,10,11,15,17,18,34,35,36,43,46	(-11,....,-1)	$(-11,....,-1) = 66 + 66/11 = 6$	$6/1176 = 0,005$
		(TOT)	1176	

ALLEGATO 8 –ATTRIBUZIONE INDICI PESI OPZIONE 3

Macro-categoria: COMPATIBILITÀ AMBIENTALE E TERRITORIALE		
Criteri di dettaglio:		
1.Valore di GOIP del giacimento;	3	0,14
2.Valore efficienza giacimento;	3	0,14
3.Profondità pozzo;	2	0,07
Macro-categoria: UTILITÀ OPZIONE		
Criteri di dettaglio:		
4.Quantità di CO ₂ catturata annualmente;	3	0,14
Macro-categoria: RICONVERSIONE E DECOMMISSIONING		
Criteri di dettaglio:		
5.Quantità di rifiuti recuperabili prodotta durante le operazioni di riconversione e decommissioning.	3	0,14
Macro-categoria: TECNOLOGIE E DESIGN		
Criteri di dettaglio:		
6.Presenza del cavo elettrico funzionante;	2	0,07
7.Periodo equivalente di iniezione/erogazione nel quale il giacimento viene riempito/svuotato considerando la portata massima trasportata dalla sealine;	1	0,02
8.Distanza fra la pressione di design e la pressione di esercizio della sealine nelle condizioni di post-riconversione;	3	0,14
9.Superficie disponibile nel weather deck per l'installazione di nuove apparecchiature;	1	0,02
10.Differenza fra i pesi rimossi e i pesi installati rapportati alla superficie totale della piattaforma;	2	0,07
11.Rapporto fra gli indici di ingombro post-riconversione e gli indici di ingombro pre-riconversione.	2	0,07

CRITERI POSITIVI				
Pesi opzione 2	Numero criterio	Nuovo numero criterio	Punteggio assoluto	Punteggio normalizzato
1	7,9	1,2	$1+2=3 \rightarrow 3/2=1,5$	$1,5/66=0,02$
2	3,6,10,11	3,4,5,6	$3+4+5+6=9 \rightarrow 18/4=4,5$	$4,5/66=0,07$
3	1,2,4,5,8	7,8,9,10,11	$7+8+9+10+11=45 \rightarrow 45/5=9$	$9/66=0,14$
		TOT	66	

	Peso	Peso normalizzato
Macro-categoria: ASPETTI AMBIENTALI		
Criteri di dettaglio:		
1. Quantità di emissioni di gas e vapori climateranti rilasciate in atmosfera annualmente rispetto alle condizioni di prericonversione;	-3	-0,04
2. Quantità di emissioni di gas e vapori inquinanti rilasciate in atmosfera annualmente rispetto alle condizioni di prericonversione	-2	-0,02
3. Tempo di esposizione annuo atteso sulla flora e la fauna rispetto alle condizioni di prericonversione (gas e vapori inquinanti);	-2	-0,02
4. Possibilità di impatto su particolari specie sensibili all'inquinante rilasciato rispetto alle condizioni di prericonversione (gas e vapori inquinanti);	-2	-0,02
5. Quantità di liquidi inquinanti rilasciati in mare annualmente rispetto alle condizioni di prericonversione;	-3	-0,04
6. Tempo di esposizione annuo atteso sulla flora e la fauna rispetto alle condizioni di prericonversione;	-3	-0,04
7. Possibilità di impatto su particolari specie sensibili all'inquinante rilasciato rispetto alle condizioni di prericonversione;	-3	-0,04
8. Differenza in modulo del valore di Ph rispetto alle condizioni di prericonversione;	-2	-0,02
9. Incremento percentuale di salinità dell'acqua di mare entro un raggio di 50 metri dallo scarico (zona di mescolamento) rispetto alla concentrazione salina media nell'area di interesse;	-1	-0,005
10. Quantità di rumore e vibrazioni prodotta rispetto alle condizioni di prericonversione;	-1	-0,005
11. Tempo di esposizione annuo atteso sulla flora e la fauna rispetto alle condizioni di prericonversione;	-1	-0,005
12. Possibilità di impatto su particolari specie sensibili ai rumori e alle vibrazioni prodotte rispetto alle condizioni di prericonversione;	-2	-0,02
13. Quantità di fluidi caldi rilasciati in mare annualmente rispetto alle condizioni di prericonversione;	-2	-0,02
14. Quantità di fluidi freddi rilasciati in mare annualmente rispetto alle condizioni di prericonversione;	-2	-0,02
15. Tempo di esposizione annuo atteso sulla flora e la fauna rispetto alle condizioni di prericonversione;	-1	-0,005
16. Possibilità di impatto su particolari specie sensibili ai fluidi caldi/ freddi rispetto alle condizioni di prericonversione;	-2	-0,02
17. Quantità di luce artificiale prodotta annualmente rispetto alle condizioni di prericonversione;	-1	-0,005
18. Tempo di esposizione annuo atteso sulla flora e la fauna rispetto alle condizioni di prericonversione;	-1	-0,005
19. Possibilità di impatto su particolari specie sensibili alla luce artificiale prodotta rispetto alle condizioni di prericonversione;	-2	-0,02
20. Quantità di energia primaria consumata;	-3	-0,04
Macro-categoria: SICUREZZA		
Criteri di dettaglio		
21. Quantità di sostanze infiammabili in fase liquida stoccate a bordo della piattaforma;	-2	-0,02
22. Quantità di sostanze infiammabili in fase gassosa stoccate a bordo della piattaforma;	-2	-0,02

	Peso	Peso normalizzato
23. Quantità di sostanze esplosive in fase liquida stoccate a bordo della piattaforma;	-2	-0,02
24. Quantità di sostanze esplosive in fase gassosa stoccate a bordo della piattaforma;	-2	-0,02
25. Quantità di sostanze tossiche in fase liquida stoccate a bordo della piattaforma;	-2	-0,02
26. Quantità di sostanze tossiche in fase gassosa stoccate a bordo della piattaforma;	-2	-0,02
27. Quantità di sostanze corrosive in fase liquida stoccate a bordo della piattaforma;	-2	-0,02
28. Quantità di sostanze corrosive in fase gassosa stoccate a bordo della piattaforma;	-2	-0,02
29. Quantità di sostanze pericolose per l'ambiente in fase liquida stoccate a bordo della piattaforma;	-2	-0,02
30. Quantità di sostanze pericolose per l'ambiente in fase gassosa stoccate a bordo della piattaforma;	-2	-0,02
31. Possibilità che le aree di danno, sviluppatesi da stoccaggi di sostanze infiammabili della piattaforma in esame, impattino piattaforme limitrofe presidiate (se presenti);	-3	-0,04
32. Possibilità che le aree di danno, sviluppatesi da stoccaggi di sostanze esplosive della piattaforma in esame, impattino piattaforme limitrofe presidiate (se presenti);	-3	-0,04
33. Possibilità che le aree di danno, sviluppatesi da stoccaggi di sostanze tossiche della piattaforma in esame, impattino piattaforme limitrofe presidiate (se presenti);	-3	-0,04
34. Zona di sicurezza post-riconversione nella quale è proibito l'accesso a navi ed aerei non autorizzati rispetto alla configurazione pre-riconversione secondo l'art.28 del D. P. R. 886/1979;	-1	-0,005
Macro-categoria: COMPATIBILITÀ AMBIENTALE E TERRITORIALE		
Criteri di dettaglio:		
35. Distanza tra la velocità del vento attesa e la velocità massima del vento compatibile con le installazioni a bordo della piattaforma;	-1	-0,005
36. Differenza tra il carico dovuto alle precipitazioni nevose medie annue e il carico massimo compatibile con le apparecchiature a bordo della piattaforma;	-1	-0,005
37. Differenza tra resistenza meccanica all'impatto dovuto alle tempeste di grandine e resistenza meccanica massima delle apparecchiature a bordo della piattaforma;	-2	-0,02
38. Probabilità che il territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni) da un evento sismico rilevante;	-3	-0,04
Macro-categoria: UTILITÀ OPZIONE		
Criteri di dettaglio:		
39. Quantità di CO2 emessa annualmente rispetto alle condizioni di prericonversione;	-3	-0,04
Macro-categoria: RICONVERSIONE E DECOMMISSIONING		
Criteri di dettaglio:		
40. Impatto dovuto alle emissioni di gas e vapori climateranti rilasciate in atmosfera dovute alle operazioni di riconversione e decommissioning;	-3	-0,04
41. Impatto dovuto alle emissioni di gas e vapori inquinanti rilasciati in atmosfera dovute alle operazioni di riconversione e decommissioning;	-2	-0,02
42. Impatto dovuto ai liquidi inquinanti rilasciati in mare dovute alle operazioni di riconversione e decommissioning;	-3	-0,04

	Peso	Peso normalizzato
43. Impatto dovuto alla produzione di rumore e vibrazioni prodotta dalle operazioni di riconversione e decommissioning;	-1	-0,005
44. Impatto dovuto al rilascio di fluidi caldi in mare dovute alle operazioni di riconversione e decommissioning;	-2	-0,02
45. Impatto dovuto al rilascio di fluidi freddi in mare dovute alle operazioni di riconversione e decommissioning;	-2	-0,02
46. Impatto dovuto alla produzione luce artificiale prodotta durante le operazioni di riconversione e decommissioning;	-1	-0,005
47. Quantità di energia primaria consumata durante le operazioni di riconversione e decommissioning;	-3	-0,04
48. Quantità di rifiuti prodotta dovute alle operazioni di riconversione e decommissioning;	-3	-0,04

CRITERI NEGATIVI				
Pesi opzione 2	Numero criterio	Nuovo Numero criterio	Punteggio assoluto	Punteggio normalizzato
-3	1,5,6,7,20,31,32,33,38,39,40,42,47,48	{-48,...,-35}	{-48,...,-35}=-581+581/14=-42	-42/1176=-0,04
-2	2,3,4,8,12,13,14,16,19,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,37,41,44,45	{-34,...,-12}	{-34,...,-12}=-529+529/23=-23	-23/1176=-0,02
-1	9,10,11,15,17,18,34,35,36,43,46	{-11,...,-1}	{-11,...,-1}=-66+66/11=-6	-6/1176=-0,005
		{TOT}	1176	

Riferimenti

- [1] «ipcc,» Disponibile al link: <https://www.ipcc.ch/>.
- [2] «openpolis,» Disponibile al link: <https://www.openpolis.it/parole/cose-il-green-deal-europeo/>.
- [3] <https://www.enelgreenpower.com/it/learning-hub/energie-rinnovabili> .
- [4] D. Congedi, «Metodologia tecnico-ingegneristica per la valutazione della riconversione green di piattaforme oil&gas offshore.Sviluppo e applicazione di un tool di supporto alle decisioni,» Anno 2024.
- [5] N. Accetta, «EcoSeven 'PETROLIO OFFSHORE, DOVE SI TROVANO LE PIU' GRANDI PIATTAFORME AL MONDO',».
- [6] «Wikipedia,» Disponibile al link: https://en.wikipedia.org/wiki/Troll_A_platform#cite_note-NGSD-5.
- [7] «MiSE -. DGS-UNMIG, «Elenco delle piattaforme marine e strutture assimilabili».
- [8] «Corriere.it,» Disponibile al link: https://www.corriere.it/scienze/13_novembre_12/c-vita-vega-gigante-ferro-che-non-dorme-mai-5d032522-4b7d-11e3-9f20-48230e8bb565.shtml.
- [9] R. Giorgio, «Conversione di una piattaforma petrolifera in dismissione e del relativo reservoir in sito di stoccaggio temporaneo per una miscela di idrogeno e gas naturale. Progettazione preliminare.,» Anno accademico 2020-2021.
- [10] «Oceanexplorer,» Disponibile al link: https://oceanexplorer.noaa.gov/explorations/06mexico/background/oil/media/types_600.html.
- [11] M. M. Giacchetta, «LA SICUREZZA DELLE OPERAZIONI IN MARE NEL SETTORE IDROCARBURI E LA NUOVA DIRETTIVA EUROPEA 2013/30/UE».
- [12] «Oil&Gasnews,» [Online]. Disponibile al link: <https://oilgasnews.it/la-strategia-del-mise-per-il-decommissioning-delle-piattaforme-offshore/>.
- [13] «Science Direct 'Compliant Tower',» Disponibile al link: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/compliant-tower>.
- [14] ScienceDirect. Disponibile al link: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/compliant-tower>.
- [15] «ScienceDirect Tension-Leg Platforms,» Disponibile al link: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/tension-leg-platforms>.
- [16] ResearchGate. Disponibile al link: https://www.researchgate.net/figure/Configuration-and-components-of-tension-leg-platform-Source-the-Internet_fig1_226871729.
- [17] «Sciencedirect,» Disponibile al link: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/spar-platforms>.
- [18] «Researchgate,» Disponibile al link: https://www.researchgate.net/figure/Typical-offshore-truss-spar-platform_fig1_228409502.

- [36] «Qualenergia.it,» Disponibile al link: <https://www.qualenergia.it/articoli/inclinazione-pannello-fotovoltaico-sunballast-qual-scelta-migliore-per-produrre-di-piu/#:~:text=Per%20inclinazioni%20a%2030%C2%B0,una%20inclinazione%20a%2010%C2%B0>.
- [37] «NWG Italia,» Disponibile al link: <https://www.nwgitalia.it/blog/inclinazione-ottimale-dei-pannelli-solari#:~:text=Generalmente%2C%20in%20Italia%2C%20un%20impianto,i%2030%20i%2040%20gradi>.
- [38] «NUOVA GENERAL INSTRUMENTS,» Disponibile al link: <https://www.nuovageneral.it/learn-more/che-cos-%C3%A8-una-valvola-di-sicurezza.html>.
- [39] «govinfo,» Disponibile al link: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-2010-title46-vol2/xml/CFR-2010-title46-vol2-part54-subpart54-15.xml>.
- [40] https://it.wikipedia.org/wiki/Scala_di_Beaufort#:~:text=La%20scala%20di%20Beaufort%20%C3%A8,dei%20vari%20tipi%20di%20uragani..
- [41] «Studio petrillo,» Disponibile al link: <https://www.studiopetrillo.com/files/ntc2018/carico-neve-ntc2018>.
- [42] « Norma IEC 62938,» Anno 2020.
- [43] «mase.gov.it,» [Online]. Disponibile al link: <https://unmig.mase.gov.it/dati-storici-videpi/>.
- [44] «Enel,» Aprile 2023. Disponibile al link: [://www.enel.com/it/azienda/storie/articles/2023/04/green-deal-europeo](https://www.enel.com/it/azienda/storie/articles/2023/04/green-deal-europeo).
- [45] «mdpi,» Disponibile al link: <https://www.mdpi.com/1996-1073/16/9/3881>.
- [46] N. olje&gass, «Impact assessment for offshore decommissioning».
- [47] «bir.org,» Disponibile al link: https://www.bir.org/images/BIR-pdf/Ferrous_report_2017-2021_lr.pdf.
- [48] D. C. S. L. L. G. V. C. A. P. V. d. M. Gianni Squitieri, «Il riciclo in italia,» 2023.
- [49] «BOOMARINES SUPPLIES,» Disponibile al link: (<https://www.boomarine.com/relationship-among-design-pressure-working-pressure-and-nominal-pressure-of-pipes>).
- [50] «OLT Offshore LNG Toscana-EMAS - Dichiarazione Ambientale 2020-,» 31/12/2020.
- [51] G. D. Paoli, «Nuova Linea Torino Lione COMPARAZIONE DELLE DIVERSE ALTERNATIVE DI TRACCIATO SULLA BASE DI CRITERI/INDICATORI CONDIVISI E RESI ESPLICITI CON LA METODOLOGIA DELL'ANALISI MULTICRITERI,» 24/06/2010.
- [52] «Ente Parco Montemarcello-Magra Criteri di analisi della significatività,» Ente Parco Montemarcello-Magra.
- [53] E. p. marine, «MASE- ministero dell'ambiente e della sicurezza energetica,» 18 maggio 2023. Disponibile al link: <https://unmig.mase.gov.it/ricerca-e-coltivazione-di-idrocarburi/piattaforme-marine/>.

Ringraziamenti

Ringrazio il Professor Carpignano, la Professoressa Raffaella Gerboni, la Dott.ssa Anna Chiara Ugenti e l'Ing. Luca Porté per avermi dato la possibilità di partecipare a questo Progetto e per avermi supportato e confortato durante tutto l'elaborato.