

# POLITECNICO DI TORINO

**Corso di Laurea Magistrale  
in Ingegneria Energetica e Nucleare**

**Tesi di Laurea Magistrale**

**Riconversione di una piattaforma petrolifera in dismissione per  
l'installazione di un impianto di dissalazione alimentato da energia  
fotovoltaica. Progettazione preliminare.**



**Relatore/i**

Prof. Andrea Carpignano

Ing. Gabriele Ballocco

Prof.ssa Raffaella Gerboni

Dott.ssa Anna Chiara Uggenti

**Candidato**

Amedeo Aliberti 265801

Anno Accademico 2020-2021



*Alla mia famiglia.*



## Sommario

Nel presente lavoro di tesi, si propone lo sviluppo di un progetto preliminare di una possibile opzione di riutilizzo di piattaforme off-shore in fase di dismissione a causa dell'esaurimento del giacimento; in particolare, l'opzione di riconversione considerata, consiste nell'installazione a bordo della piattaforma di un impianto di dissalazione di acqua marina alimentato da un campo fotovoltaico. Durante il lavoro di tesi sono stati dimensionati tutti i componenti fondamentali dell'impianto in questione e sono state argomentate le scelte tecniche prese durante progettazione; sono inoltre proposte sia un'analisi di sicurezza sia un'analisi ambientale; ciò permetterà di sottolineare la convenienza della riconversione piuttosto che di una completa dismissione ed il contributo di tale impianto alla transizione energetica in atto. Nello sviluppo del progetto si è prestata particolare attenzione a delineare una linea guida da seguire per il futuro sviluppo di un progetto di dettaglio ed è stata messa in luce una filosofia di riconversione non solo adatta alla particolare opzione di riconversione trattata ma applicabile in linea generale anche ad altre opzioni di riconversione.

The present thesis work, propose the development of the preliminary design of a possible option of conversion of decommissioning Oil&Gas platforms; in particular, the conversion option considered consists of the installation, on the platform, of a desalination plant powered by a photovoltaic unit. During the project all the main components of the plant have been dimensioned and the technical choices are well analyzed and justified; moreover, the project proposes both a safety and an environmental analysis; so that it will be not only possible to underline the convenience of the reconversion over the complete decommission but also the support of this project to the energy transition. During the development of the project a particular attention was given to the definition of a guideline that can be followed by the future project of detail and a conversion philosophy, applicable in general to different conversion options, has been developed.



*Non è bene cercare di fermare il progresso  
della conoscenza. L'ignoranza non è mai  
meglio della conoscenza.*

[ENRICO FERMI]

# Indice

1	Introduzione .....	1
1.1	Piattaforme offshore .....	1
1.1.1	Piattaforme offshore nel mondo.....	3
1.1.2	Piattaforme offshore in Italia .....	5
1.2	Scopo del lavoro di tesi.....	5
1.3	Struttura della tesi.....	7
2	Metodologia di lavoro .....	9
2.1	Filosofia di progetto.....	9
2.2	Metodologia seguita per la progettazione preliminare .....	9
3	Scelta del caso studio .....	12
3.1	Individuazione del caso studio .....	12
3.2	Sito di riferimento.....	15
3.3	Descrizione dell'impianto e della struttura .....	21
4	Dimensionamento e descrizione dell'impianto di dissalazione e fotovoltaico .....	23
4.1	Diagramma a blocchi .....	23
4.2	Impianto di dissalazione .....	26
4.2.1	Package dissalatore .....	26
4.2.2	Linea di intake.....	27
4.2.3	Pre-trattamento.....	29
4.2.4	Post-trattamento.....	40
4.2.5	Lavaggio delle membrane.....	42
4.3	Impianto fotovoltaico .....	44
4.3.1	Pannelli fotovoltaici .....	45
4.3.2	Inverter .....	46
4.3.3	Trasformatore.....	47
4.3.4	Ausiliari elettrici.....	48
4.4	Stoccaggio del permeato .....	48
4.5	Sostanze utilizzate .....	50
4.6	Caratterizzazione della salamoia e trattamento dei reflui .....	53
4.7	Modi di funzionamento .....	57
4.8	Logica di controllo .....	59
4.8.1	Arresto di emergenza .....	61
4.9	Manutenzione .....	62
4.10	Sistema antincendio .....	63
4.11	Gruppo statico di continuità (UPS).....	64

5	Decommissioning pre-riconversione e analisi dei componenti .....	65
5.1	Filosofia di decommissioning .....	65
5.2	Opzione 1 .....	67
5.2.1	Configurazione pre-riconversione.....	67
5.2.2	Configurazione post-riconversione .....	69
5.3	Analisi comparativa pre e post riconversione.....	72
6	Analisi di sicurezza.....	75
6.1	Analisi HAZID .....	76
6.1.1	Matrici di rischio.....	78
6.1.2	Risultati.....	82
6.1.3	Raccomandazioni .....	82
6.1.4	Riepilogo e conclusioni.....	83
7	Analisi ambientale.....	84
7.1	Contesto .....	84
7.2	Identificazione degli aspetti ambientali .....	85
7.3	Valutazione degli aspetti ambientali.....	85
7.4	Foglio di lavoro .....	87
7.5	Risultati.....	87
8	Conclusioni .....	90
	ALLEGATO 1 - PROCESS FLOW DIAGRAM .....	92
	ALLEGATO 2 - PLOT PLANT LAYOUT .....	98
	ALLEGATO 3 - MATRICI CAUSA/EFFETTO .....	104
	ALLEGATO 4 - WORKSHEET ANALISI HAZID.....	107
	ALLEGATO 5 - ANALISI AMBIENTALE .....	117
	Bibliografia .....	125



# 1 Introduzione

## 1.1 Piattaforme offshore

Una piattaforma offshore è una grande struttura installata al largo delle coste con l'obiettivo di esplorare aree marine in cui sono potenzialmente presenti giacimenti di idrocarburi, perforare pozzi petroliferi ed estrarre gli idrocarburi dal giacimento individuato.

Le piattaforme, sia di perforazione sia di produzione, sono strutturate su più piani, chiamati deck, e hanno caratteristiche differenti in base al luogo di installazione e all'idrocarburo estratto. Spesso si parla di cluster di piattaforme in quanto talvolta la componentistica necessaria all'estrazione/trattamento dell'idrocarburo è installata su piattaforme diverse e quindi i trattamenti necessari post estrazione avvengono su piattaforme differenti.

Una prima classificazione può essere fatta sulla base della profondità del fondale e delle condizioni climatiche tipiche della zona in cui le piattaforme devono operare:

- Piattaforme fisse
- Piattaforme galleggianti

Le **piattaforme a struttura fissa** sono ancorate al fondale tramite una struttura metallica, composta da tubi in acciaio, rigida definita jacket. Essa si sviluppa per la maggior parte sotto il battente d'acqua, solo una piccola parte fuoriesce e fa da sostegno ai diversi deck. La struttura metallica fissa, ancorata al fondale, evita che la piattaforma sia soggetta al moto ondoso e permette di operare anche in condizioni meteorologiche e marine ostili; un lato negativo è che questa tipologia di piattaforma può essere installata in bacini con una profondità massima pari a 400 m.

Se le caratteristiche del fondale non rendono possibile l'ancoraggio della struttura si può sfruttare una diversa tipologia di piattaforma, ovvero una **struttura a gravità**. Essa è considerata comunque una struttura fissa ma non sfrutta l'ancoraggio bensì un'enorme massa posizionata sul fondale e dalla quale si diramano grandi colonne in cemento armato che fanno da sostegno ai deck.



Figura 1: Struttura fissa e a gravità [1]

Per una profondità del fondale superiore, fino a 900 m, la realizzazione di una struttura fissa, come quella descritta in precedenza, risulta poco efficiente e potenzialmente pericolosa; per tale motivo si utilizzano le **Compliant Tower**. Esse sono delle strutture strette e flessibili (come si vede in Figura 2), costruite in cemento o in acciaio, che resistono molto bene agli sforzi laterali e al moto ondoso.



Figura 2: Compliant tower [2]

Per profondità superiori ai 900 m e fino a 1500 m sono utilizzate le **piattaforme galleggianti**, anche chiamate Tension Leg Platform. Esse sono ancorate al fondale tramite dei tiranti (ovvero catene in acciaio) e i vari deck sono mantenuti sopra al livello del mare da un elemento galleggiante, in genere un grande cilindro galleggiante. I tiranti garantiscono una buona resistenza al moto ondoso e permettono alla piattaforma di muoversi lateralmente ma non verticalmente.

In Figura 3 si possono osservare i diversi tipi di piattaforme descritte e diverse tipologie di piattaforme galleggianti.

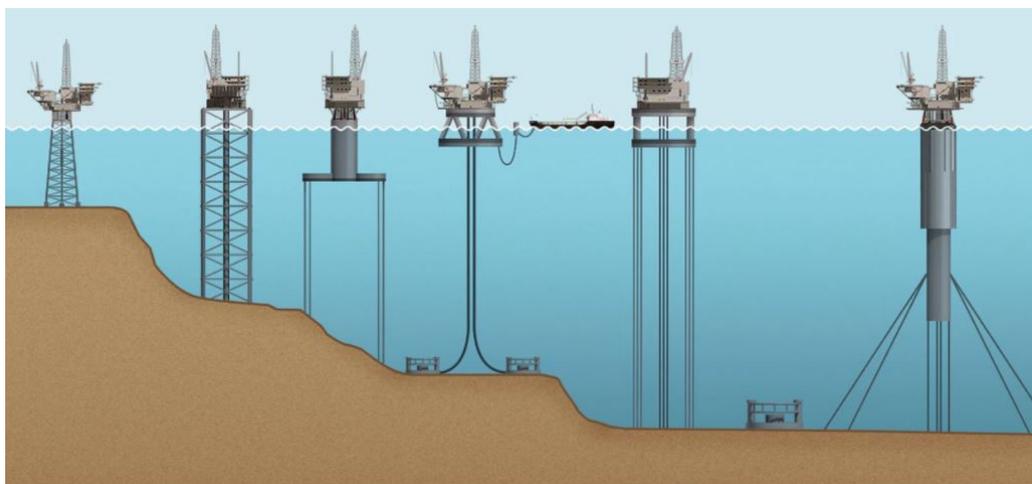


Figura 3: Tipi di piattaforme offshore [3]

In generale, tutte le diverse tipologie di piattaforme elencate, condividono elementi in comune, presenti nella gran parte delle piattaforme nel mondo:

- Gru: utilizzate per il carico e lo scarico di merci e componenti;
- Alloggi per il personale di bordo;
- Helideck: piattaforme per il decollo e l'atterraggio di elicotteri;
- Battelli di evacuazione;
- Torre di perforazione;
- Teste pozzo: componente che svolge la principale funzione di controllo continuo della pressione durante le operazioni di estrazione;
- Unità di trattamento: necessaria per il trattamento dell'idrocarburo estratto;

Come è stato detto in precedenza, il principale obiettivo di una piattaforma offshore è l'estrazione di idrocarburi. Dunque dopo la fase di esplorazione, di perforazione e di installazione della struttura di estrazione ha inizio la vita produttiva di una piattaforma. Attraverso i pozzi creati durante la fase di perforazione si ha la risalita dell'idrocarburo la cui portata è regolata dalla/e testa/e pozzo installata/e su uno dei deck. Una volta estratto l'idrocarburo viene inviato all'unità di trattamento (diversa in base all'idrocarburo: gas naturale, olio); quest'unità ha lo scopo di eliminare i contaminanti e l'eventuale acqua risalita durante la fase di estrazione. Raggiunte le condizioni specifiche richieste, l'idrocarburo è inviato onshore tramite una sealine (tubazione ancorata al fondale che invia l'idrocarburo sulla terraferma).

#### 1.1.1 Piattaforme offshore nel mondo

Le prime proposte di installazione di piattaforme offshore Oil & Gas per l'estrazione di idrocarburi da giacimenti marini risale ad anni precedenti al 1940, quando l'ingegnere minerario Fatullabey Rustambekov iniziò approfondite ricerche per lo sviluppo di strutture atte all'estrazione di idrocarburi dai giacimenti presenti, e conosciuti da secoli, nel Mar Caspio. Così nel 1948 iniziarono i lavori di scavo in mare e nel 1950 ebbe inizio una produzione intensiva con l'apertura ufficiale di Oil Rocks, il primo conglomerato di piattaforme offshore [4].

Negli anni 70-80 c'è stato un ampio sviluppo di piattaforme offshore portando nel 1981 ad un numero medio di piattaforme Oil&Gas installate nel mondo pari a 5624. Tale numero ha subito una lenta decrescita fino agli inizi degli anni 2000 anche se nel primo decennio del 2000 ci sono stati dei picchi di installazione (nel 2008 si è registrato un numero medio di piattaforme installate pari a 3336); nell'ultimo decennio si è osservata una netta decrescita nel numero di installazioni offshore, arrivando a marzo 2021 ad un numero medio di cluster di piattaforme offshore pari a 1231 [5].

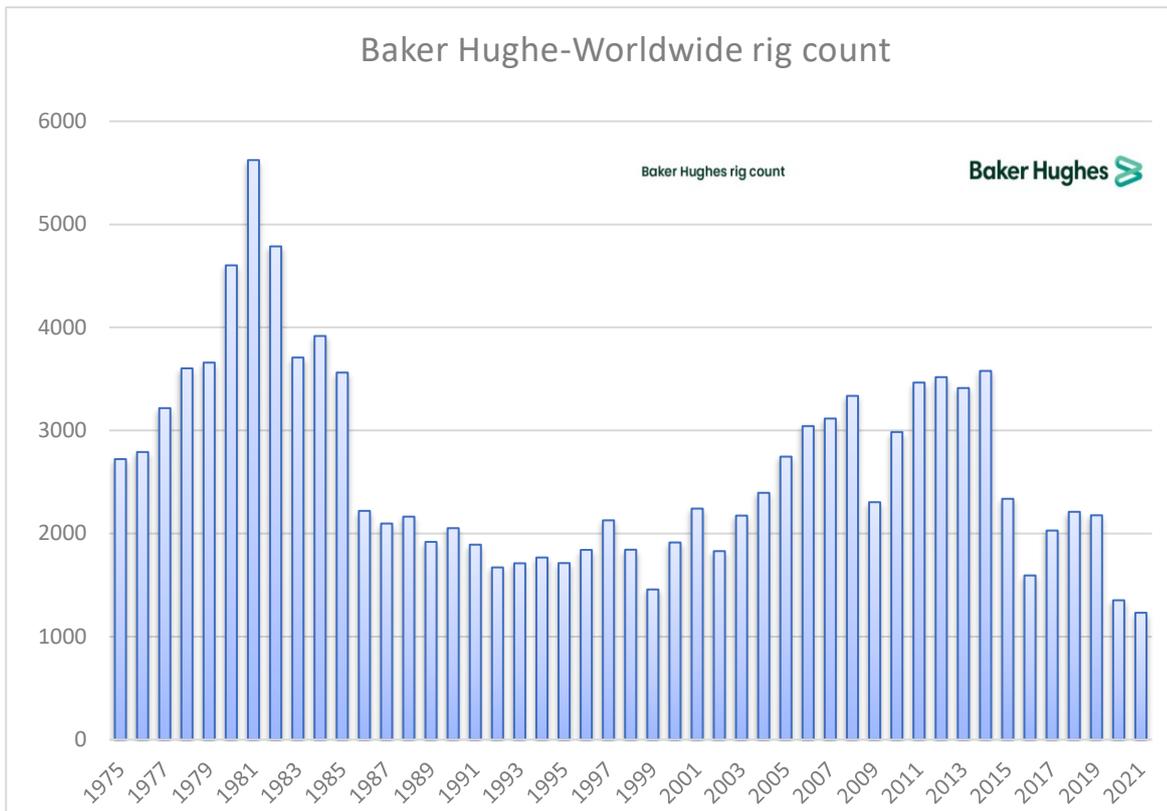


Figura 4: Resoconto annuale di Baker Hughes, numero di installazioni off-shore nel mondo [5]

In Figura 4 è riportata l'evoluzione del numero medio di piattaforme a livello globale.

In generale una piattaforma di estrazione offshore ha una durata di circa 30-40 anni, in funzione del giacimento su cui viene posta e dell'utilizzo. Ci si ritrova quindi, oggi, dopo 40 anni dell'installazione della maggior parte delle piattaforme (anni 70-80), a dover affrontare il problema della loro dismissione [4].

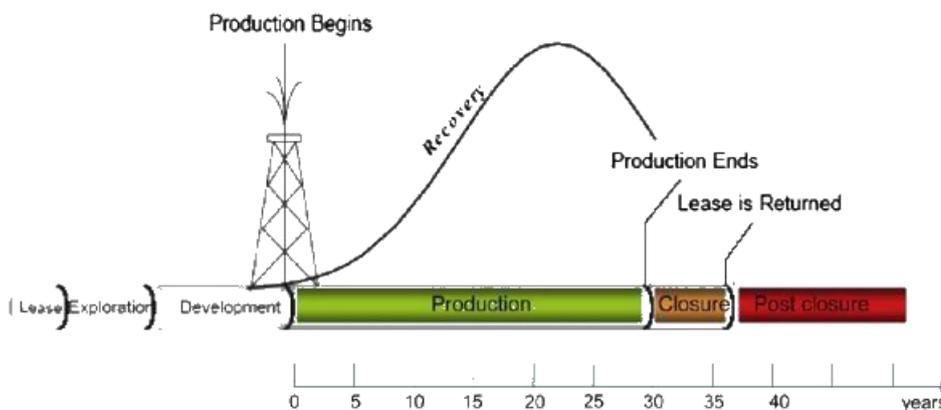


Figura 5: Ciclo vita piattaforme offshore

Il lavoro di tesi svolto si inquadra nelle fasi finali della vita di un impianto di produzione di idrocarburi offshore, cioè la chiusura e post chiusura (Figura 5).

### 1.1.2 Piattaforme offshore in Italia

L'Italia è sempre stata all'avanguardia nell'esplorazione di nuovi giacimenti petroliferi ma è nella seconda metà degli anni '50 che l'attenzione si focalizza sull'esplorazione di giacimenti petroliferi sottomarini. Con la legge n.6 dell'11 gennaio 1957 infatti si favorisce la ricerca nel mare territoriale e nel 1959 Eni inizia le ricerche tramite un impianto mobile di perforazione dando inizio alla prima perforazione sottomarina europea, nelle acque del golfo di Gela (Sicilia) [6].

È durante gli anni '80 che la maggior parte delle piattaforme di estrazione Oil&Gas offshore vengono installate in Italia e, come precedentemente detto, esse hanno una vita media che va dai 30 ai 40 anni, in funzione del giacimento su cui sono installate [4].

Di conseguenza, oggi, c'è la concreta necessità di trovare una valida soluzione per la dismissione di tali strutture.

Come si evince dai rapporti MiSE (UNMIG) oggi in Italia sono presenti 138 installazioni di cui solo 7 costruite dopo il 2010 (Figura 6), ciò lascia intendere che nel breve/medio periodo la percentuale di strutture alla fine della loro vita produttiva sta aumentando.

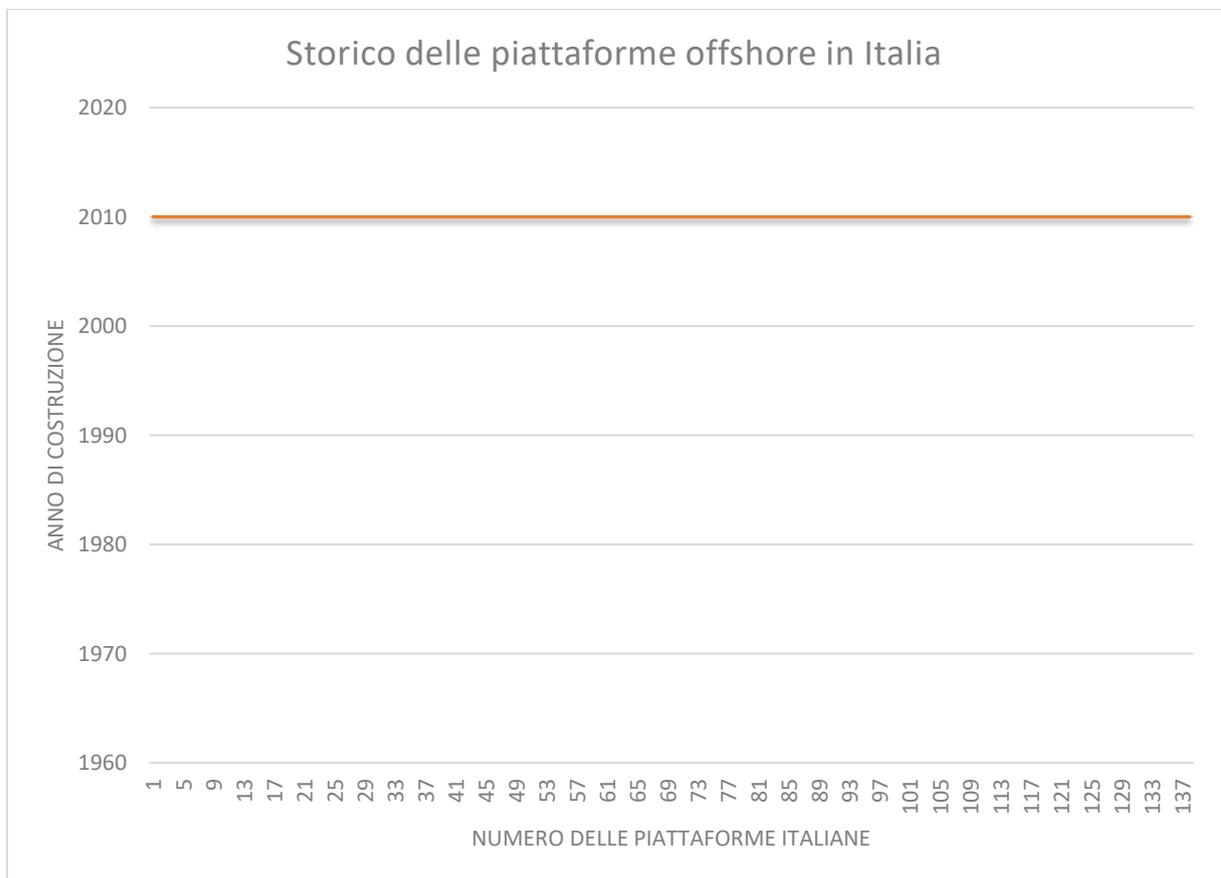


Figura 6: Storico delle piattaforme italiane

### 1.2 Scopo del lavoro di tesi

Il presente lavoro di tesi si colloca all'interno di un progetto di ricerca finanziato dal Ministero dello Sviluppo Economico e si muove nel campo dello studio e sviluppo di approcci innovativi a supporto dello sviluppo sostenibile, in relazione ai temi di sicurezza e di impatto ambientale, delle attività svolte in piattaforme offshore in dismissione.

Uno degli obiettivi, infatti, del progetto di ricerca consiste nello studio della riconversione di piattaforme petrolifere offshore, giunte a fine vita per l'esaurimento dei giacimenti su cui operano, individuandone un utilizzo diverso a supporto della transizione energetica in atto. In particolare individua tre diverse opzioni di riconversione:

1. Opzione 1 - Produzione di energia fotovoltaica e produzione di acqua dissalata e/o produzione H<sub>2</sub>;
2. Opzione 2 - Riutilizzo della piattaforma per re-iniettare nei pozzi una miscela CH<sub>4</sub>+H<sub>2</sub>, per stoccaggio temporaneo;
3. Opzione 3 - Riutilizzo della piattaforma per re-iniettare nei pozzi CO<sub>2</sub>, per stoccaggio temporaneo.

L'Opzione 1 consiste nell'installazione a bordo della piattaforma, destinata alla dismissione, di un sistema di produzione di acqua dissalata e/o di un elettrolizzatore alimentato da un impianto fotovoltaico. I moduli fotovoltaici sono dei dispositivi optoelettronici in grado di convertire l'energia solare in energia elettrica; sono ormai una tecnologia ben consolidata, in grado di raggiungere rendimenti medi relativamente elevati. L'energia elettrica prodotta alimenterà, in prima battuta, un sistema di produzione di acqua dissalata di origine marina; esso permetterà di rispondere alla domanda di acqua potabile delle piattaforme limitrofe e/o di inviare l'acqua potabile prodotta sulla terraferma. In seconda battuta l'energia prodotta dal sistema fotovoltaico potrebbe alimentare un elettrolizzatore; esso è un dispositivo elettrochimico in grado di separare gli atomi della molecola d'acqua ed ottenere idrogeno puro.

L'Opzione 2 invece prevede l'installazione a bordo della piattaforma di un impianto di compressione che, sfruttando i pozzi preesistenti, trasforma il giacimento di idrocarburi al di sotto della struttura in un sito di stoccaggio di una miscela di CH<sub>4</sub> e H<sub>2</sub>. Lo stoccaggio del solo gas naturale è ormai una pratica matura e necessaria a rispondere alla variabilità della domanda durante i mesi invernali. Lo stoccaggio di una percentuale di idrogeno è di elevato interesse nell'ottica della decarbonizzazione. Infatti Snam [7] riporta che, considerando una percentuale del 10% di idrogeno sul totale del gas trasportato, sarebbe possibile immetterne in rete 7 Mmc all'anno permettendo una diminuzione delle emissioni di anidride carbonica pari a 5 milioni di tonnellate.

Infine, l'Opzione 3, similmente all'Opzione 2, prevede l'installazione di un impianto di compressione che dovrà però processare e stoccare CO<sub>2</sub>. La Carbon Capture è un processo di cattura dell'anidride carbonica prodotta dai grandi impianti di combustione; essa è una tecnologia ormai affermata a livello globale ed è una delle più efficaci strategie per far fronte all'elevata concentrazione di CO<sub>2</sub> oggi presente in atmosfera. Lo step successivo alla cattura è lo stoccaggio dell'anidride carbonica; l'interesse per lo stoccaggio in vecchi giacimenti di idrocarburi esauriti è nato relativamente di recente, studi approfonditi [8], infatti, hanno dimostrato l'esistenza di serbatoi naturali in cui il biossido di carbonio è stato conservato naturalmente per milioni di anni. Risulta dunque interessante la possibilità di iniettare e stoccare grandi quantità di CO<sub>2</sub> in giacimenti ormai esauriti.

Le tre opzioni si sviluppano dunque nell'ottica della decarbonizzazione e permettono una proroga della definitiva e completa dismissione della piattaforma preesistente. Inoltre, permettono una totale conversione della struttura che, nella configurazione originaria, era atta all'estrazione di idrocarburi, invece, nella configurazione post-riconversione, costituirà una struttura a supporto della transizione energetica.

L'*Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile* pone come sesto obiettivo da raggiungere entro il 2030 quello di "Garantire a tutti la disponibilità e la gestione sostenibile dell'acqua e delle strutture igienico-sanitarie" [9]. Il cambiamento climatico e la crescita della densità demografica stanno influenzando

considerevolmente la disponibilità e la qualità di acqua potabile; si stima che oggi 2,2 miliardi di persone non abbiano libero accesso ad acqua potabile la cui qualità sia chimicamente attestata [10]. Il cambiamento climatico e l'aumento di frequenza ed intensità di eventi estremi, come nubifragi e inondazioni, peggiorerà la situazione anche in Paesi che non stanno vivendo tale crisi relativa alla disponibilità d'acqua potabile [10]. Risulta dunque molto interessante e attuale la proposta, dell'Opzione 1, riguardante l'installazione di un impianto per la produzione di acqua di mare dissalata e questo lavoro di tesi si focalizza proprio sullo sviluppo dell'Opzione 1 e si pone come obiettivo lo sviluppo di un progetto preliminare di tale impianto. Come previsto dal D.P.R del 5 ottobre 2010 n.207 alla sezione 2, articolo 17:

“Il progetto preliminare definisce le caratteristiche qualitative e funzionali dei lavori, il quadro delle esigenze da soddisfare e delle specifiche prestazioni da fornire nel rispetto delle indicazioni del documento preliminare alla progettazione; evidenzia le aree impegnate, le relative eventuali fasce di rispetto e le occorrenti misure di salvaguardia, nonché le specifiche funzionali ed i limiti di spesa delle opere da realizzare, ivi compreso il limite di spesa per gli eventuali interventi e misure compensative dell'impatto territoriale e sociale e per le infrastrutture ed opere connesse, necessarie alla realizzazione. Il progetto preliminare stabilisce i profili e le caratteristiche più significative degli elaborati dei successivi livelli di progettazione, in funzione delle dimensioni economiche e della tipologia e categoria dell'intervento, ed è composto dai seguenti elaborati:

- relazione illustrativa;
- relazione tecnica;
- studio di prefattibilità ambientale;
- studi necessari per un'adeguata conoscenza del contesto in cui è inserita l'opera, corredati da dati bibliografici, accertamenti ed indagini preliminari - quali quelle storiche archeologiche ambientali, topografiche, geologiche, idrologiche, idrauliche, geotecniche e sulle interferenze e relative relazioni ed elaborati grafici – atti a pervenire ad una completa caratterizzazione del territorio ed in particolare delle aree impegnate;
- planimetria generale e elaborati grafici;
- prime indicazioni e misure finalizzate alla tutela della salute e sicurezza dei luoghi di lavoro per la stesura dei piani di sicurezza con i contenuti minimi di cui al comma 2;
- calcolo sommario della spesa;
- quadro economico di progetto;
- piano particellare preliminare delle aree o rilievo di massima degli immobili.”

Il lavoro di tesi si concentra sullo sviluppo di una relazione tecnica e illustrativa dell'impianto e sulla elaborazione di indicazioni e misure per la tutela della salute e sicurezza dei luoghi di lavoro; l'intero progetto sarà portato avanti prendendo in considerazione una piattaforma offshore generica che presenta caratteristiche comuni a molte piattaforme installate in Italia.

Il lavoro è frutto dell'attività svolta nell'ambito di un tirocinio presso la società di ingegneria RAMS&E S.r.l., nell'ambito di un progetto di ricerca che vede coinvolti il ministero dello Sviluppo Economico, il Politecnico di Torino, l'Istituto Italiano di Tecnologie e l'Environment Park di Torino.

### 1.3 Struttura della tesi

Questa tesi riassume tutte le fasi che hanno condotto allo sviluppo del progetto preliminare, mettendo in evidenza le criticità incontrate e traendo nozioni e indicazioni utili non solo alla specifica progettazione in questione ma di carattere più generale.

La tesi è così strutturata:

- Il Capitolo 2 si focalizza sulla definizione di una metodologia di lavoro di carattere generale, con lo scopo di sviluppare un approccio sistematico al problema della dismissione e conversione di piattaforme petrolifera off-shore;
- Il Capitolo 3 è dedicato alla selezione del sito di riferimento e di un caso studio tipico (piattaforma denominata GREEN1) che ben rappresenti le piattaforme offshore installate nei mari italiani;
- Il Capitolo 4 tratta del dimensionamento e descrive l'impianto di dissalazione e quello fotovoltaico. Tale dimensionamento sfrutta i risultati e il tool Matlab messi a disposizione dai lavori [11] e [12] per poi concentrarsi sulle scelte tecniche e sul dimensionamento di ogni singolo componente dell'impianto in questione, oltre a sviluppare una logica di controllo del sistema e definire la sensoristica necessaria. Nell'ambito di tale capitolo sono inoltre prodotte delle relazioni illustrative che riassumono i risultati ottenuti e riportate negli Allegati 1 e 3.
- Il Capitolo 5 verte sullo sviluppo di una filosofia di decommissioning e, nello specifico dell'Opzione 1, sul corretto posizionamento dei singoli componenti a bordo della piattaforma; il posizionamento efficiente e non impattante sulla struttura sarà inoltre supportato da un'analisi comparativa fra il pre e post conversione. Nell'ambito di tale operazione di posizionamento sono stati sviluppati dei Plant Layout presenti nell'Allegato 2 che ben riassumono il posizionamento di ogni singolo nuovo elemento della configurazione post-riconversione.
- Il Capitolo 6 e il Capitolo 7, così come specificato nella definizione di progetto preliminare, riguardano le analisi di sicurezza e di impatto ambientale portate avanti sul nuovo impianto installato su GREEN1, mettendo in luce indicazioni e misure finalizzate alla tutela della salute e sicurezza dei luoghi di lavoro e dei lavoratori. I capitoli sono di introduzione alle analisi e riassumono i risultati ottenuti. Le analisi complete e dettagliate sono riportate negli allegati 4 e 5.
- Il Capitolo 8, infine, riporta i risultati ottenuti, le conclusioni a cui si è giunti e sottolinea sia le criticità incontrate sia i concetti appresi durante lo sviluppo.

## 2 Metodologia di lavoro

### 2.1 Filosofia di progetto

Come è stato sottolineato precedentemente il principale obiettivo del lavoro di tesi è lo sviluppo di un progetto preliminare per la conversione di una piattaforma offshore destinata alla dismissione, mettendo in luce non solo l'effettiva convenienza, sia tecnica sia economica, di una riconversione piuttosto che di una completa dismissione ma anche l'importante contributo di tale pratica alla transizione energetica in atto. Il lavoro di tesi si basa, infatti, sull'idea di garantire una nuova vita produttiva della struttura in un'ottica ambientale sostenibile. Nel caso dell'Opzione 1, tale idea di sostenibilità si traduce in una filosofia di progetto basata sui seguenti punti:

- La riconversione è effettuata attraverso interventi sulla struttura il meno impattanti possibile, ovvero:
  - Gli interventi subacquei dedicati a pozzi, cavi elettrici e condutture sono limitati a quelli strettamente necessari, anche per limitare i danni all'ecosistema sottomarino cresciuto intorno alle infrastrutture;
  - La componentistica della configurazione pre-riconversione sarà dismessa solo nel caso in cui la sua rimozione sia necessaria per far spazio ai nuovi sistemi o nel caso in cui il loro peso limiti la possibilità di installazione dei nuovi componenti. Un punto focale della metodologia di riconversione è infatti l'attenta analisi dei carichi, del nuovo impianto, da installare a bordo; l'obiettivo è quello di non superare i pesi precedentemente installati sui deck, nel caso in cui ciò accada si procede con la rimozione dei sistemi pre-riconversione;
  - La dismissione e rimozione dei componenti necessari sarà condotta in modo da ridurre al minimo l'impatto sulla flora e fauna marina. Prendendo spunto dai progetti di decommissioning [13] e [14] il primo passo per la rimozione degli equipment sarà una bonifica di tutti gli elementi a bordo della piattaforma, solo in seguito si procede alla rimozione. I dettagli della dismissione dei sistemi pre-riconversione sono trattati al Paragrafo 5.1;
- La riconversione della piattaforma assicura un rischio, per la flora e la fauna marina, nettamente inferiore, quasi nullo, rispetto alla dismissione completa della piattaforma. La dismissione di piattaforme offshore, infatti, non solo deve monitorare e gestire i grandi rischi associati alle operazioni [15] ma risulta anche insostenibile da un punto di vista ambientale poiché spesso la struttura metallica, complessa e articolata, delle piattaforme offshore ospita ecosistemi marini particolarmente attivi [16].
- La nuova configurazione post-riconversione della struttura deve avere impatti ambientali minimi e seguire le linee guida dello sviluppo sostenibile; saranno infatti sfruttate solo sorgenti di energia rinnovabile, nel caso dell'Opzione 1 energia solare.
- La nuova struttura deve assicurare un servizio necessario, che altrimenti sarebbe stato fornito con metodi nettamente più impattanti sull'ambiente. Nel caso dell'Opzione 1 si fornisce acqua potabile agli equipaggi delle piattaforme limitrofe che altrimenti sarebbe fornita tramite vessel alimentati a combustibili fossili.

### 2.2 Metodologia seguita per la progettazione preliminare

La struttura della tesi descritta al Paragrafo 1.3 segue, in linea di massima, la metodologia messa a punto per la realizzazione del progetto preliminare; tale metodo si basa su sei punti fondamentali che seguono quello che è stato il flusso di lavoro e sviluppo del progetto.

1. Scelta del caso studio:  
uno degli obiettivi del progetto di riconversione è renderlo adattabile a diverse tipologie di piattaforme e non essere strettamente dipendente dalla tipologia, dimensioni e posizione della piattaforma da riconvertire. Per far sì che il progetto sia applicabile alla maggior parte delle piattaforme del panorama italiano è stata dunque effettuata la scelta di una piattaforma “tipo”, denominata GREEN1, in modo che fosse realistica e ben rappresentativa delle piattaforme installate in Italia. È da sottolineare che la scelta è stata influenzata anche dalle necessità caratteristiche delle tre Opzioni che saranno sviluppate e non solo alla luce delle caratteristiche richieste per la realizzazione dell’Opzione1. I fattori fondamentali nella selezione sono: la dimensione del Weather Deck (importante, come si vedrà, per l’Opzione1), la presenza delle teste pozzo (fondamentali per l’Opzione 2 e 3), il numero e la dimensione dei singoli deck (per poter definire un layout del sistema post-conversione ben preciso) e la posizione della piattaforma (scelta sia in base alla distribuzione delle piattaforme italiane sia in base alla radiazione solare richiesta dall’Opzione1).
2. Realizzazione di un diagramma a blocchi:  
la realizzazione di un diagramma a blocchi permette, in modo semplice e intuitivo, di identificare i principali componenti richiesti per la dissalazione dell’acqua di mare e costituisce il punto di partenza per la realizzazione e dimensionamento dell’intero sistema.
3. Criteri con cui sono stati scelti e dimensionati i componenti:  
la definizione dei criteri di progettazione è fondamentale e consiste nell’individuare gli obiettivi dei singoli sistemi e componenti; ciò permetterà il loro corretto dimensionamento. L’obiettivo principale del sistema di dissalazione è la produzione di una determinata quantità d’acqua potabile che, come si vedrà in seguito, è dimensionata sulla domanda delle piattaforme limitrofe; come conseguenza di tale definizione sono indirettamente definiti i criteri per gli altri componenti (ad esempio la potenza richiesta dalle pompe, il diametro del piping, gli stoccaggi dei chimici necessari ai trattamenti il posizionamento sui deck). In seguito è considerata una seconda categoria di criteri, legati all’intero impianto, ovvero la disponibilità dell’impianto, minimizzare l’impatto ambientale, la risposta ad una condizione fuori specifica etc. Tali criteri sono fondamentali per lo sviluppo della sensoristica, l’installazione di valvole di sezionamento, le ridondanze (come si vedrà in seguito in particolare di pompe e filtri), la logica di controllo etc.
4. Strategia di dismissione parziale e verifica qualitativa della struttura  
Dopo aver dimensionato il sistema e definito quale deck ospiterà ogni componente è necessario considerare la componentistica pre-riconversione. Al fine di assicurare il minimo impatto sull’ambiente e il minimo costo necessario per le operazioni di dismissione sono selezionate tre diverse opzioni, in base al componente considerato:
  - a) Il componente in questione è utile ai fini del nuovo progetto, dopo un’approfondita bonifica e messa in sicurezza il componente è riutilizzato;
  - b) Se l’impatto ambientale e il costo di rimozione sono troppo alti e quest’ultima non è richiesta per far spazio ai nuovi componenti, si opta per la non-rimozione del componente;
  - c) Se l’impatto ambientale ed economico della rimozione è accettabile e quest’ultima è necessaria a far spazio ai nuovi componenti, si opta per la sua rimozione e smaltimento, ovviamente preceduti da una

fase di bonifica e messa in sicurezza, al fine di impattare il meno possibile sull'ambiente.

A questo punto è possibile installare il nuovo sistema. Poiché i carichi in questione, sui vari deck, cambiano con l'installazione del nuovo sistema si reputa opportuno effettuare un'analisi qualitativa comparativa fra la configurazione pre-riconversione e quella post. Si reputa opportuna un'analisi strutturale approfondita nello sviluppo di un progetto di dettaglio e se i nuovi carichi superano i precedenti.

#### 5. Analisi di sicurezza

L'analisi di sicurezza ha lo scopo di identificare i rischi associati a deviazioni di processo ed è fondamentale ai fini dello sviluppo di un progetto preliminare. Per lo sviluppo di tale analisi è utilizzata la metodologia HAZID, il cui utilizzo è perfettamente in linea con l'idea di sviluppo di un progetto preliminare. Tale metodologia permette di identificare tutti i pericoli relativi alle diverse fasi di funzionamento dell'impianto. Nel caso di individuazione di pericoli altamente impattanti sulla sicurezza della struttura, dell'ambiente e dei lavoratori è necessario procedere ad un'analisi quantitativa specifica.

#### 6. Analisi ambientale

Come è stato più volte ripetuto il lavoro di tesi e il progetto sviluppato si posizionano nell'ambito della transizione energetica e della salvaguardia ambientale; inoltre, l'idea di fondo, delle scelte tecniche e delle strategie di controllo del sistema, è minimizzare gli effetti che il nuovo impianto può avere sull'ambiente. È dunque necessario effettuare un'analisi degli impatti ambientali dovuti alla nuova installazione, in tutte le fasi, dalla dismissione alla messa in esercizio dell'impianto.

### 3 Scelta del caso studio

La scelta del caso studio “tipico” sarà dunque effettuata considerando anche le necessità di base delle tre opzioni considerate nel progetto di ricerca.

Uno degli obiettivi del lavoro di tesi è fornire indicazioni di carattere generale riguardanti la riconversione di una piattaforma; di conseguenza il progetto è stato sviluppato prendendo in considerazione una piattaforma tipica e rappresentativa del panorama italiano di installazioni offshore.

La scelta di un caso studio tipico dunque permette di immaginare tutte le operazioni tecniche atte alla riconversione ma anche di trarre informazioni utili e di carattere generale, non legate strettamente al caso studio scelto, soprattutto riguardo la fattibilità di riconversione di piattaforme esistenti.

Tale capitolo ha dunque lo scopo di riportare i parametri usati per la scelta del caso studio denominato GREEN1, facendo riferimento all’elenco di piattaforme stilato dal MiSE [17] e alla lista delle prime strutture oggetto dei futuri provvedimenti [18] stilata dallo stesso.

#### 3.1 Individuazione del caso studio

Come già detto nel paragrafo 1.1.2 i rapporti «Elenco delle piattaforme marine e strutture assimilabili» del MiSE [17] individuano 138 installazioni offshore presenti in Italia. Da tale elenco vanno escluse le piattaforme monotubulari, bitubulari e le teste pozzo sottomarine. Ciò che rende di scarso interesse tali tipi di piattaforme è la scarsa ampiezza o assenza dei deck e la numerosità delle teste pozzo. L’ampiezza dei deck è di fondamentale importanza sia per l’Opzione 1, poiché ciò permetterà di installare un campo fotovoltaico più ampio e dunque una maggiore produzione di energia, sia per l’Opzione 2 e 3 la cui componentistica presenterà, probabilmente, grandi ingombri; la numerosità delle teste pozzo è un parametro di particolare interesse per le Opzioni 2 e 3 in quanto i pozzi saranno sfruttati per lo stoccaggio. A valle di queste considerazioni rimangono 99 piattaforme.

GREEN1 è stata scelta considerando i fattori di seguito elencati:

- Idrocarburo estratto: come si vedrà in seguito, la maggior parte delle piattaforme italiane estrae gas naturale;
- Superficie disponibile sul deck più alto: influente sul numero dei pannelli fotovoltaici installabili;
- Numero di deck: tale parametro influenza significativamente il posizionamento dei diversi sistemi e componenti;
- Presenza di teste pozzo: di particolare interesse per le Opzioni 2 e 3 poiché esse saranno sfruttate per lo stoccaggio nel primo caso di  $\text{CH}_4+\text{H}_2$  e nel secondo caso di  $\text{CO}_2$ .

Come è stato sottolineato, quindi, tali criteri di selezione sono stati considerati sulla base delle necessità non solo dell’Opzione 1 ma considerando anche le tecnologie e gli ingombri base delle Opzioni 2 e 3.

Dunque, 89 delle 99 piattaforme considerate (cioè il 90% delle piattaforme di interesse per un’eventuale riconversione) sono finalizzate all’estrazione di **gas naturale**; di conseguenza si ipotizza che GREEN1 estragga il medesimo gas.

Come si evince dalla Figura 7, circa 25 delle 99 piattaforme italiane considerate hanno una **superficie** compresa fra 400 e 500 m<sup>2</sup>, inoltre una superficie simile è ben rappresentativa anche di piattaforme più grandi provviste però di modulo alloggi e/o helideck. Per la precisione in Figura 7 si sottolinea che considerando una superficie doppia, rientrano in questo range circa 59 piattaforme. Dunque, fatte tali

considerazioni, è lecito considerare la superficie del deck più grande di GREEN 1, il weather deck, pari a 440 m<sup>2</sup> (20mx22m).

Tale superficie assume un'importanza rilevante per l'Opzione 1 poiché è quella esposta al sole e di conseguenza vincola la potenza fotovoltaica producibile, proporzionale al numero di moduli fotovoltaici installabili e dipendente dalla presenza di eventuali fonti di ombreggiamento, come ad esempio l'helideck o il modulo alloggi.

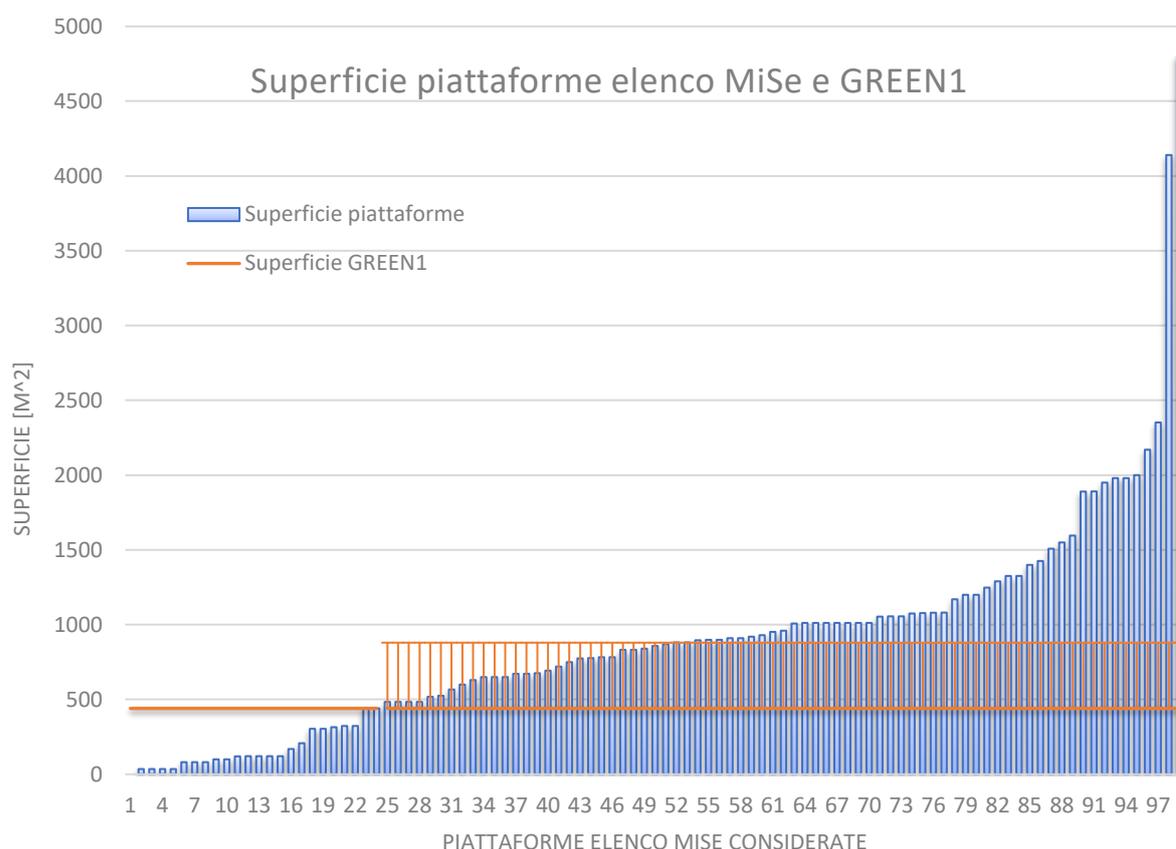


Figura 7: Confronto superfici piattaforme offshore italiane e GREEN1

Fatta tale assunzione, ben giustificata dai dati, si rende noto che su 99 piattaforme offshore, si ha un totale di 20 piattaforme la cui superficie utile è considerata assimilabile a GREEN1 e che trattano gas (ovvero il 20% del panorama di piattaforme d'interesse per la riconversione). In Tabella 1 si riporta un elenco delle suddette piattaforme.

Tabella 1: Piattaforme che trattano gas naturale e con dimensioni simili a GREEN1

Nome piattaforma	Minerale	Dimensione parti emerse	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Presenza dell'helideck
ARIANNA A	GAS	42 x 21	882	si

CERVIA B	GAS	42 x 21	882	si
GARIBALDI D	GAS	37 x 21	777	si
BRENDA PROD	GAS	25 x 31	775	si
REGINA	GAS	30 x 25	750	si
AZALEA B PROD	GAS	26 x 26	676	si
DARIA B	GAS	24 x 28	672	si
CLARA EST	GAS	26 x 25	650	si
CLARA NORD	GAS	26 x 25	650	si
ANNAMARIA B	GAS	21 x 30	630	si
AMELIA B	GAS	14 x 37	518	si
BARBARA A	GAS	22 x 22	484	si
PORTO CORSINI M W T	GAS	22 x 22	484	si
SQUALO	GAS	22 x 22	484	si
PORTO CORSINI M W A	GAS	31,5 x 14	441	no
PORTO CORSINI M W B	GAS	31,5 x 14	441	no
CALIPSO	GAS	19 x 17	323	no
HERA LACINIA BEAF	GAS	19 x 17	323	no
ELETTRA	GAS	16 x 19	304	no
FAUZIA	GAS	16 x 19	304	no

Il terzo parametro considerato (in relazione alle tecnologie installabili riportate al Capitolo 3.3) è il **numero di deck** della piattaforma. Prendendo sempre in esame l'elenco delle piattaforme stilato dal MiSE, è possibile evincere che circa il 50% delle 99 piattaforme sopra riportate presenta un numero di deck pari a 3 o 4. Si considera dunque che GREEN1 sia provvista di 4 deck più il boat landing (deck adibito all'attracco delle imbarcazioni e al trasferimento del personale.).

L'ultimo parametro da prendere in considerazione è la **presenza delle teste pozzo**, caratteristica fondamentale per la realizzazione delle Opzioni 2 e 3. Considerando solo le piattaforme con una superficie confrontabile con quella di GREEN1 si riscontra un numero di pozzi che va da 3 a 5; risulta dunque realistico considerare la piattaforma tipo, presa in esame, dotata di 4 pozzi. Tale scelta infatti ben descrive 25 delle 99 piattaforme attive in Italia. Per giunta nel panorama delle piattaforme italiane 65 piattaforme off-shore su 99 possiedono almeno una testa pozzo.

Incrociando dunque i risultati dei quattro parametri presi in esame risulta che 11 delle piattaforme del panorama offshore italiano sono ben rappresentate dalla piattaforma "tipica" GREEN1 e in grado di ospitare le tre Opzioni considerate nel quadro generale del progetto. L'elenco di tali piattaforme è riportato in Tabella 2 ; va inoltre sottolineato che la scelta di un caso studio specifico non preclude in

alcun modo la possibilità di trarre considerazioni di carattere generale sulla possibilità e fattibilità di convertire piattaforme italiane esistenti, anche se non assimilabili al caso studio specifico scelto.

Tabella 2: Elenco delle piattaforme meglio rappresentate da GREEN1

Nome piattaforma	Minerale	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Presenza dell'helideck	Numero di deck	Numero di teste pozzo
GARIBALDI D	GAS	777	si	3	12
REGINA	GAS	750	si	3	6
CLARA EST	GAS	650	si	4	4
CLARA NORD	GAS	650	si	4	5
ANNAMARIA B	GAS	630	si	4	9
AMELIA B	GAS	518	si	4	12
BARBARA A	GAS	484	si	3	6
CALIPSO	GAS	323	no	4	2
HERA LACINIA BEAF	GAS	323	no	3	3
ELETTRA	GAS	304	no	3	1
FAUZIA	GAS	304	no	3	2

### 3.2 Sito di riferimento

L'area marina in cui è presente la maggior concentrazione di strutture offshore atte all'estrazione degli idrocarburi è la zona del mar Adriatico centro-settentrionale, mostrata in Figura 8, tratta dal file "Ubicazione delle piattaforme marine" [19] messo a disposizione dal MiSE.



Figura 8: Ubicazione piattaforme marine Italia [17]

In particolare dai rapporti MiSE [17] si vede che circa il 90% delle 138 installazioni offshore oggi attive in Italia è situato nel Mare Adriatico ed è quasi del tutto dedicato all'estrazione di gas naturale; il rimanente 10% è ubicato lungo le coste siciliane e pugliesi ed è in parte atto anche all'estrazione di olio. Inoltre si sottolinea che le piattaforme riportate in Tabella 2, ovvero le piattaforme italiane ben rappresentate da GREEN1, sono tutte collocate nel Mar Adriatico centro-settentrionale, nello specifico nel bacino marino compreso fra Ancona e Rimini.

Un'ulteriore prova dell'alto livello di interesse da attribuire a questa zona ai fini della trattazione è data dalle linee guida per il decommissioning di strutture offshore destinate alla coltivazione di idrocarburi [20] e dalla lista delle prime strutture destinate a futuri provvedimenti stilata dal Ministero dello Sviluppo Economico [18]. In questo elenco compare la piattaforma Viviana 1, considerata come una piattaforma da dismettere minerariamente ma con possibilità di riutilizzo; Viviana 1 è localizzata al largo delle coste di Pescara e quindi giustifica ulteriormente la scelta generica di posizionare GREEN1 nel Mare Adriatico Centro-Settentrionale.

In particolare essa è posizionata ad una distanza dalla costa pari a 18 km, dove il fondale è profondo 25 metri. Tale scelta è dettata dal fatto che 89 delle 99 piattaforme offshore italiane considerate distano meno di 20 km dalla costa.

Specificato il sito di ubicazione della piattaforma scelta come caso studio esemplificativo, si rende ora necessaria una contestualizzazione del sito a livello meteorologico e sismico del sito. Ciò risulta necessario sia per le scelte tecniche da effettuare nel caso delle diverse opzioni di riconversione introdotte ed in parte qui riportate ma anche per le analisi di sicurezza ed ambientali descritte al Capitolo 6 e 7.

L'area è caratterizzata da velocità media annua del vento più o meno uniforme, tra i 4 e i 6 m/s misurata ad un'altezza di 50 m sul livello del mare. La distribuzione della velocità del vento sulle coste italiane è mostrata in Figura 9, ricavata dall'atlante eolico online [21].

In Figura 10 sono invece mostrate le distribuzioni del vento, ricavate dai dati forniti da tre stazioni meteorologiche presenti lungo la costa Adriatica, nello specifico Ravenna Punta Marina, Rimini Marecchia e Pineto [22].

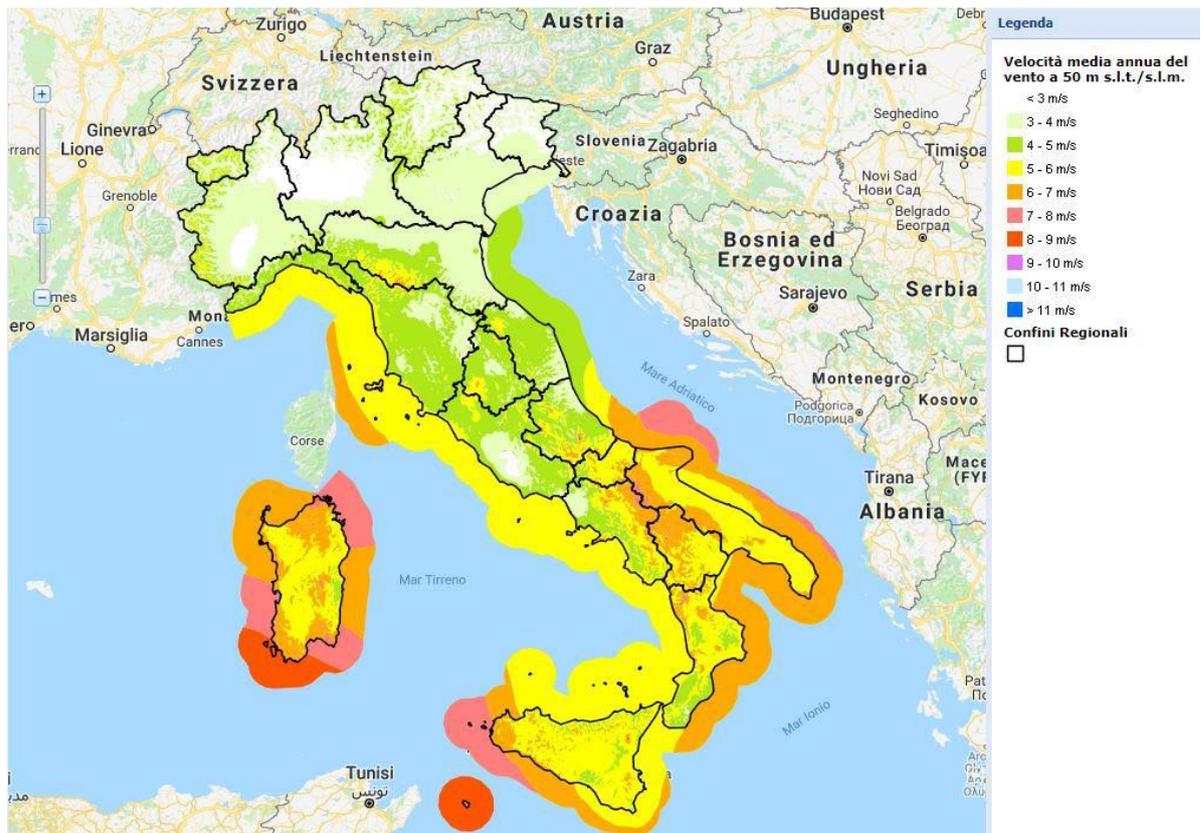


Figura 9: Mappa della velocità del vento sulle coste italiane

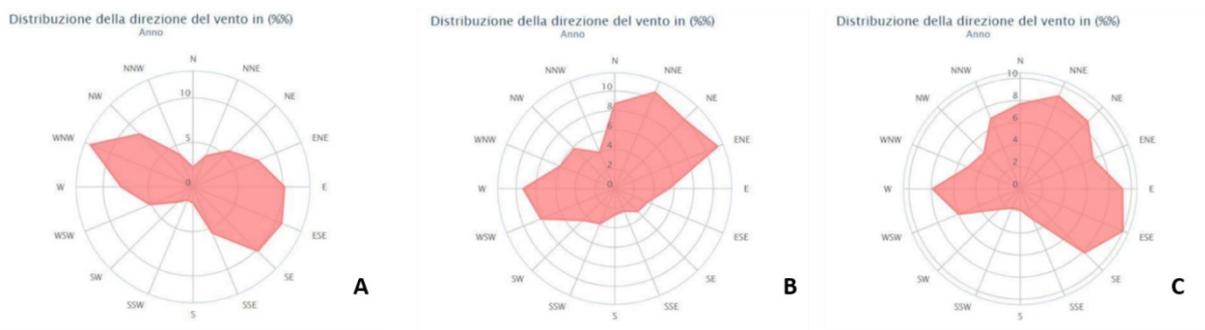


Figura 10: Distribuzione della direzione del vento a Ravenna Punta Marina (A), Punta Marecchia (B) e Pineto (C)

Di seguito, in Figura 11, è mostrata la distribuzione della radiazione media annua in Italia. Nello specifico, in Tabella 3 [23] sono riportate le radiazioni solari medie annue nelle provincie che ospitano le capitanerie di porto di riferimento per le piattaforme della Tabella 2. I dati riportati sono riferiti alla terraferma ma sono comunque indicativi per le installazioni marine.



Figura 11: Distribuzione delle radiazioni solari medie annue in Italia

Tabella 3: Radiazione solare media annua nelle provincie di interesse [23]

Provincia di riferimento	Radiazione solare media annua [kWh/m <sup>2</sup> ]
Ancona	1442
Crotone	1573
Pesaro	1399
Pescara	1459
Ravenna	1319
Rimini	1375

Di particolare interesse per l'analisi di sicurezza e ambientale è la caratterizzazione sismica della località scelta. In Figura 12 si riporta la mappa di pericolosità sismica del territorio italiano [25]. Si può

osservare che la zona di interesse è caratterizzata da un'accelerazione massima del suolo compresa fra 0.050g e 0.150g, con una probabilità di eccedenza del 10%. Tali valori sono riferiti ai suoli rigidi. Si sottolinea che l'idoneità sismica del sito è stata preventivamente verificata al momento dell'installazione della struttura offshore per svolgere le attività di processo e che l'attività di riconversione, non modifica la struttura portante della piattaforma e dunque non modifica il risultato degli studi sismici precedenti.

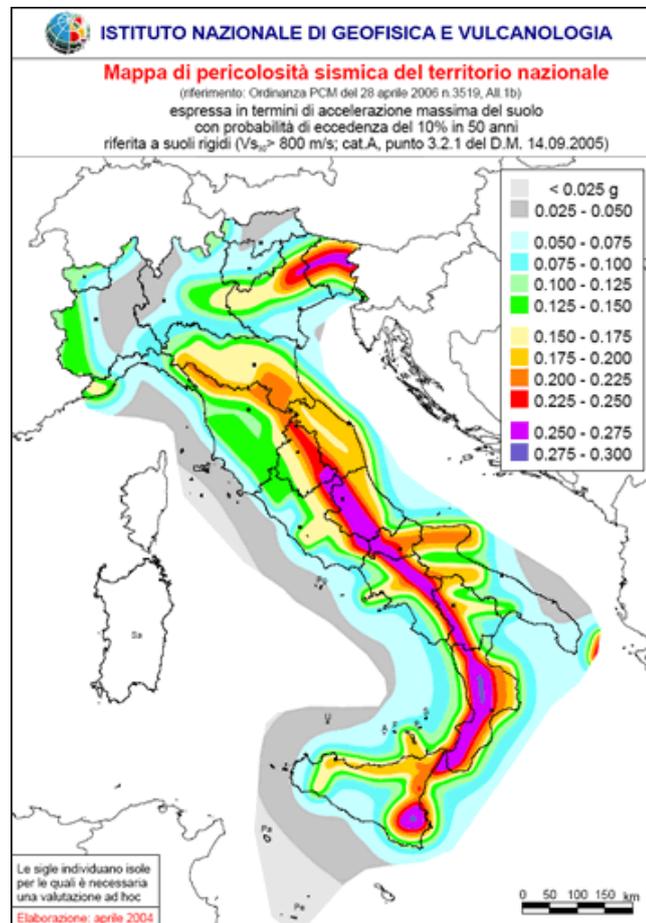


Figura 12: Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale[25]

Sono inoltre di interesse per l'opzione 1 le caratteristiche fisico-chimiche dell'acqua prelevata di seguito trattate. La composizione dell'acqua di alimento all'impianto di dissalazione è essenziale per la determinazione del processo di pre-trattamento e post-trattamento e per la caratterizzazione della salamoia, scarto della dissalazione, e i suoi possibili utilizzi futuri.

Ricordando che la piattaforma GREEN 1 si trova a 18 km dalla costa nel mar Adriatico settentrionale, dove il fondale è profondo 25 m, a seguito di una ricerca bibliografica sono state individuate le caratteristiche medie dell'acqua prelevata in quel tratto di mare, riportate in Tabella 4. Tali dati, soprattutto la temperatura, sono soggetti a fluttuazioni stagionali; quelli riportati sono riferiti a luglio 2018.

Tabella 4: Caratteristiche dell'acqua dell'Adriatico centro-settentrionale [24]

Variabile	Valore
Temperatura [°C]	26,73

Salinità [psu]	30,13
OD <sup>1</sup> superficie [mg/l]	7,04
OD fondale [mg/l]	5,67
pH	8,55

È inoltre di fondamentale importanza la determinazione delle concentrazioni di specie ioniche nell'acqua in ingresso al sistema; tali valori, riportati in Tabella 5 sono valori di riferimento caratteristici dell'acqua del Mar Adriatico [27].

*Tabella 5: Concentrazioni specie ioniche nell'acqua di mare*

CATIONI [mg/l]		ANIONI [mg/l]	
Ca	423	HCO <sub>3</sub>	150
Mg	1380	SO <sub>4</sub>	3190
Na	11801,1	Cl	21000
K	525	F	1,5
NH <sub>4</sub>	0	NO <sub>3</sub>	0
Ba	0,054	PO <sub>4</sub>	0
Sr	13,00	SiO <sub>2</sub>	0
		B	5,4

A questo punto è necessario fare un resoconto delle scelte fatte e sottolineare nuovamente come queste non indirizzano lo studio verso un caso troppo specifico, bensì verso un caso studio generico e ben rappresentativo del panorama di piattaforme italiano.

Iniziando dal Paragrafo 3.1, in cui sono stati scelti quattro parametri che hanno permesso l'individuazione del caso studio, si ribadisce come la scelta di una piattaforma con una superficie massima di 440 m<sup>2</sup>, dotata di 4 deck più boat landing, che estrae gas naturale e che presenta un numero di teste pozzo pari a quattro è dovuta e giustificata dal fatto che, prendendo in considerazione un parametro per volta, essa ben rappresenta gran parte del panorama di piattaforme offshore italiano. Inoltre incrociando i risultati dei quattro parametri considerati, risulta che essa ben rappresenta 11 delle piattaforme italiane.

Passando poi alla scelta del sito di riferimento anche questa ben rappresenta la maggior parte delle piattaforme offshore italiane. Infatti 89 delle 99 piattaforme considerate dista meno di 20 km dalla costa, inoltre queste 99 piattaforme sono concentrate nel Mare Adriatico Centro-Settentrionale, giustificando così il sito di riferimento ipotizzato. Scelto il sito di riferimento è stato possibile dedurre, da opportuni riferimenti, le sue caratteristiche meteorologiche e sismiche.

---

<sup>1</sup> OD: Ossigeno Disciolto

### 3.3 Descrizione dell'impianto e della struttura

GREEN1 è dunque una piattaforma offshore, localizzata al largo della costa del Mare Adriatico Settentrionale e precisamente a 18 km dalla costa, dove il mare presenta una profondità di 25m; è destinata all'estrazione di gas naturale tramite 4 teste pozzo installate ed estendibili fino a 6.

97 delle 99 piattaforme prese in esame sono sorrette da un numero di gambe che va da 3 a 8; risulta dunque realistico considerare il jacket di GREEN 1 caratterizzato da 6 gambe portanti. Il deck è costituito da una struttura reticolare su 4 livelli più il boat landing (Figura 13):

- Lower deck ad un'altezza di 11 m sul livello del mare
- Cellar deck ad un'altezza di 15 m sul livello del mare
- Mezzanine deck ad un'altezza di 18 m sul livello del mare
- Weather deck ad un'altezza di 21 m sul livello del mare.

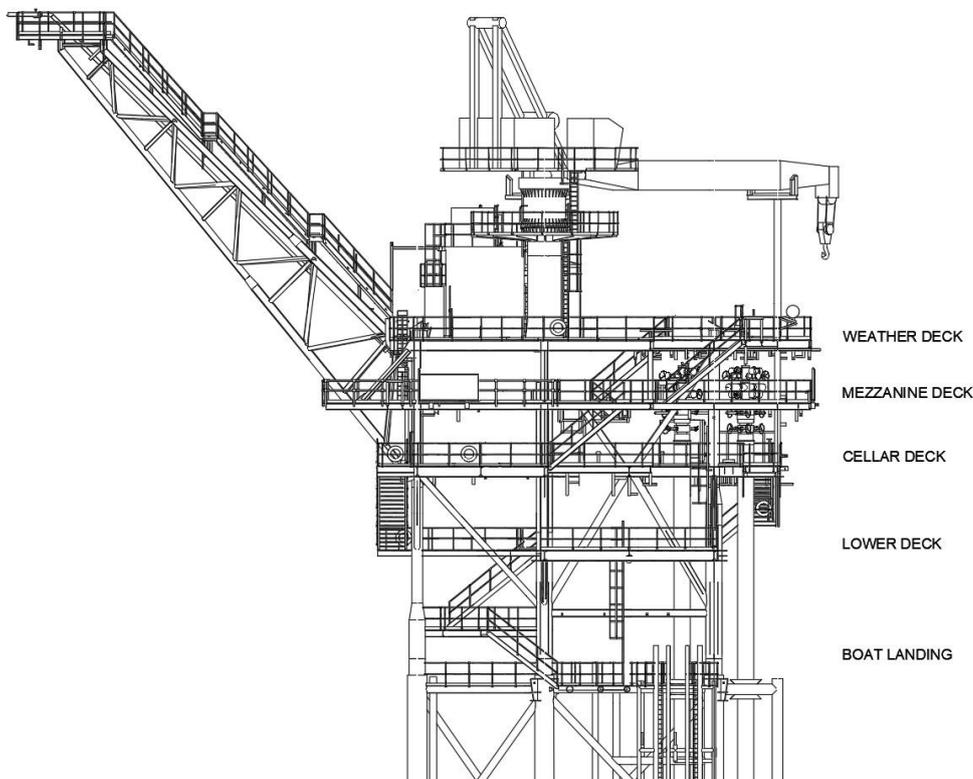


Figura 13: Vista laterale GREEN1

Il weather deck ha una superficie pari a 440 m<sup>2</sup> (20m X 22m), parzialmente occupata dalla gru e dal locale contenente la strumentazione e le apparecchiature elettriche.

I deck sono per lo più plated, fatta eccezione per la zona delle teste pozzo, le muster area e il boat landing. La piattaforma non è presidiata e, di conseguenza, non è presente il modulo alloggi.

Le quattro teste pozzo sono connesse ai collettori di produzione e di test tramite delle flowline; ciascuna testa pozzo è dotata di un HIPPS (High Integrity Pressure Protection System) per proteggere i sistemi a valle da eventuali sovrapressioni.

Il collettore di test convoglia il fluido al separatore di test, dove viene analizzata la produzione di un pozzo alla volta per poi essere convogliata nuovamente al collettore di produzione.

La produzione dei pozzi è esportata tramite una sealine a valle dell'iniezione dei composti chimici necessari ad inibire la corrosione (per proteggere la sealine e le tubazioni a valle), ad abbassare il punto di scorrimento (pour point) e prevenire la formazione di cristalli di cera, a separare le emulsioni (emulsion breaker), etc. In piattaforma sono previsti stoccaggi dei suddetti composti per almeno 7 giorni di iniezione continua. È presente, inoltre, una launching trap per permettere l'ispezione e la pulizia periodica della sealine. Un sistema di drain convoglia tutti i drenaggi dai vari equipment e sistemi della piattaforma, separando fisicamente i drenaggi di sostanze pericolose dai drenaggi di sostanze non pericolose.

Un sistema di stoccaggio, filtraggio e trasferimento del combustibile diesel è necessario per alimentare due generatori che forniscono potenza elettrica alla piattaforma sia in normal operation che in manutenzione.

La lista dei sistemi presenti in piattaforma è completata da:

- Sistema di Vent e Blowdown necessario a convogliare in modo sicuro i rilasci di idrocarburi e depressurizzare le linee in caso di necessita;
- Sistema inibitore della formazione di idruri necessario in fase di start up e shut down per evitare la formazione di idruri a causa della repentina caduta di pressione e temperatura;
- Sistema di attuazione idraulica per la movimentazione delle valvole del X-tree e delle HIPPS;
- Sistema antincendio e allarmi Fire&Gas.

Le caratteristiche di GREEN1 qui descritte risultano comuni a molte piattaforme non solo qui in Italia ma in tutto il mondo. La presenza della gru, la pavimentazione per lo più plated e in parte grated e tutta la strumentazione descritta risulta necessaria al corretto svolgimento delle operazioni a bordo di una piattaforma e fa riferimento a standard di costruzione internazionali [26].

## 4 Dimensionamento e descrizione dell'impianto di dissalazione e fotovoltaico

Il presente capitolo è atto a sviluppare i punti 2 e 3 della "Metodologia per la progettazione preliminare" descritta al Paragrafo 2.2.

L'obiettivo è dunque quello di sviluppare un diagramma a blocchi preliminare che riporti tutti i macro-componenti e che dia un'idea iniziale di tutti i dispositivi necessari alla produzione di acqua dissalata e del loro susseguirsi lungo la linea di produzione.

A questo punto risulta necessaria la definizione dei criteri dimensionanti, al fine di permettere un adeguato dimensionamento di tutti i componenti coinvolti.

Il criterio fondamentale, per l'intero progetto, è la determinazione dell'acqua dissalata da produrre; su tale dato di input sono poi stati dimensionati e progettati tutti gli altri componenti, in modo da renderli conformi alla produzione richiesta.

Tale dato di input, inserito in PlatApp, tool Matlab sviluppato nei lavori di tesi [11] e [12], ha permesso di dimensionare la potenza richiesta da un dissalatore commerciale per produrre la portata di acqua potabile scelta e di conseguenza di dimensionare il campo fotovoltaico.

A seguito del dimensionamento di ogni singolo componente dell'impianto in questione sono stati considerati dei nuovi criteri relativi ai modi di funzionamento, alla manutenzione e alle emergenze operative; da tali criteri è stata sviluppata una logica di controllo e la sensoristica necessaria, sempre con lo scopo di limitare gli eventuali danni ambientali e la perdita di produzione.

### 4.1 Diagramma a blocchi

Gli impianti di dissalazione dell'acqua sfruttano processi mediante i quali l'acqua salata viene separata dai sali contenuti al suo interno per ottenere acqua desalinizzata come prodotto finale. Questo prodotto è di estrema importanza in quanto, a seguito di post-trattamenti di purificazione e rimozione di batteri, può essere distribuito ed utilizzato per scopi civili o industriali. Esso può essere inviato onshore grazie alle strutture sottomarine già presenti in loco oppure può essere inviato a piattaforme limitrofe a quella da riconvertire.

L'energia necessaria al sistema di dissalazione è prodotta da un impianto solare fotovoltaico, opportunamente dimensionato per ottimizzare lo sfruttamento dello spazio a disposizione e l'efficienza energetica, ad esempio minimizzando/annullando la possibilità di ombreggiamento.

Il sistema qui descritto si riferisce alla soluzione impiantistica valutata ottimale per la riconversione della piattaforma. La produzione di acqua dissalata avviene per mezzo di un dissalatore ad osmosi inversa alimentato dal campo fotovoltaico. L'acqua prodotta è remineralizzata e distribuita alle piattaforme limitrofe per uso potabile tramite un ombelicale. È prevista inoltre la possibilità di utilizzare dei vessel per il trasporto dell'acqua dissalata verso altre piattaforme o sulla terraferma.

Al fine di ottimizzare il bilancio energetico della nuova installazione è previsto che il campo fotovoltaico sia connesso direttamente alla rete elettrica nazionale. Ciò è possibile grazie alla posa di un cavo sottomarino opportunamente dimensionato che connette la piattaforma GREEN1 alla rete elettrica onshore. Il vantaggio principale della configurazione di tipo grid connected è quello di poter utilizzare

la rete elettrica nazionale come sistema di accumulo così da poter uniformare il carico di lavoro del dissalatore rendendolo costante durante tutto il periodo di funzionamento [11][12].

Di seguito si elencano i principali componenti dell'impianto:

- Campo fotovoltaico;
- Inverter;
- Trasformatore BT/MT;
- Package di dissalazione (Comprensivo delle membrane ad osmosi inversa e della pompa di alta pressione);
- Circuito di pre-trattamento;
- Circuito di post-trattamento;
- Stoccaggi (sia di acqua sia di prodotti chimici necessari al processo);

In Figura 14 è riportato il diagramma a blocchi dell'intero processo, cioè tutti i macro-componenti sopra citati e le connessioni fra loro. È inoltre riportato anche un sistema di recupero di elementi rari che non sarà installato ma potrebbe essere uno sviluppo futuro (sarà trattato più approfonditamente nel capitolo 4.6)

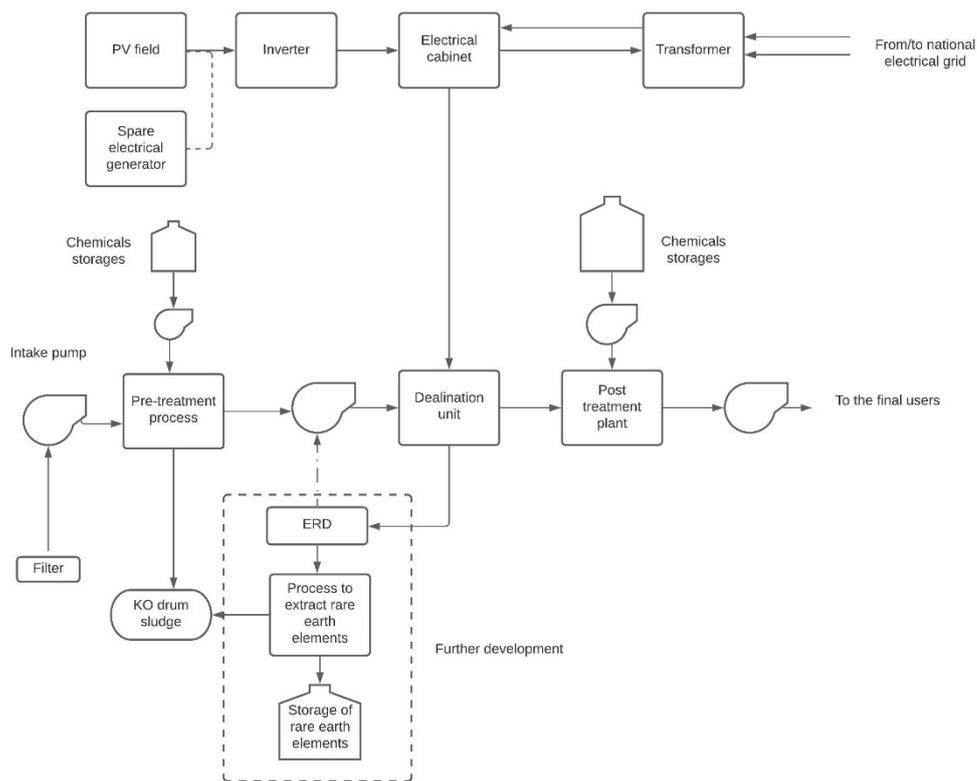


Figura 14:diagramma a blocchi del processo

L'acqua viene aspirata da una condotta opportunamente dimensionata per garantire la corretta portata di immissione e un'opportuna velocità di aspirazione.

A valle della pompa di pescaggio, nel circuito di pre-trattamento, si utilizzano diversi prodotti chimici per garantire che l'acqua prelevata sia nelle condizioni chimico-fisiche ideali per poter attraversare le membrane del gruppo ad osmosi inversa.

Una volta attraversato il circuito di pre-trattamento, l'acqua pre-trattata è processata dalla pompa di alta pressione e fluisce attraverso le membrane del gruppo ad osmosi inversa, le quali trattengono la quasi totalità dei sali disciolti.

In seguito, il permeato attraversa il circuito di post trattamento dove subisce una ricarbonatazione tramite un reattore con letto a calcite e un ulteriore aggiustamento del pH per riportarlo a valori più basici (circa 8). Infine, viene effettuato un ultimo stadio di disinfezione per soddisfare i criteri di potabilità.

L'acqua potabile viene infine immagazzinata in un serbatoio di stoccaggio con la funzione di buffer intermedio per poi essere inviata a destinazione, alle piattaforme limitrofe, tramite l'ombelicale o, in alcuni casi, tramite vessel.

Il concentrato in uscita dal package di dissalazione è smaltito in mare, in accordo con la normativa ambientale attualmente vigente. Si ritiene tuttavia di interesse l'installazione in futuro di un package di trattamento della salamoia per il recupero di metalli disciolti in quantità infinitesime all'interno dell'acqua di mare e/o il recupero di energia dal gradiente salino.

L'alimentazione elettrica principale del sistema è fornita da un campo fotovoltaico opportunamente dimensionato e posizionato sul deck più alto della piattaforma. L'accoppiamento tra campo fotovoltaico e taglia del dissalatore è stato effettuato ottimizzando il bisogno di acqua potabile, le ore giorno di funzionamento in continuo del sistema e il bilancio energetico con la rete elettrica italiana.

Si prevede di sovradimensionare il package di dissalazione rispetto alla produzione del campo fotovoltaico per poter soddisfare eventuali esigenze aggiuntive di acqua dissalata. In caso di necessità il package può sfruttare la rete elettrica come fonte alternativa di alimentazione e non più solo come alimentazione di backup o stoccaggio.

Un inverter trifase alterna la corrente continua prodotta dal campo fotovoltaico per alimentare il package di dissalazione.

Nel caso in cui ci sia un surplus di produzione fotovoltaica rispetto a quanto richiesto dall'utilizzatore, questo verrà immesso in rete (prevalentemente durante i mesi estivi). Viceversa, nel caso ci sia una minor produzione fotovoltaica rispetto a quanto richiesto dall'utilizzatore, la differenza verrà integrata tramite prelievo dalla rete elettrica (prevalentemente durante i mesi invernali).

Considerando la distanza della piattaforma off-shore dalla costa, risulta necessario installare un trasformatore che consenta una variazione di tensione da bassa a media (e viceversa) per consentire un trasporto efficiente di energia lungo il cavo di collegamento sottomarino riducendo al minimo le perdite.

Infine, l'impianto è dotato di sistemi ausiliari a supporto del processo come la gru di sollevamento per l'installazione e la manutenzione dei componenti, sistemi di monitoraggio e controllo del processo, gruppo statico di continuità, sistemi di contenimento in caso di perdita di fluidi pericolosi, rilevazione gas e dispositivi antincendio per le apparecchiature elettriche.

I paragrafi che seguono descrivono nel dettaglio l'intero sistema e motivano le scelte impiantistiche effettuate.

## 4.2 Impianto di dissalazione

L'impianto di dissalazione ha come obiettivo la produzione di una portata giornaliera di acqua potabile per il fabbisogno idrico delle piattaforme limitrofe e, in potenziale, anche per i centri abitati costieri.

L'impianto sfrutta la potenza elettrica prodotta dal sistema fotovoltaico descritto in 4.3 e se non sufficiente preleva potenza dalla rete elettrica nazionale tramite il cavo sottomarino installato.

Affinché il bilancio energetico sia positivo (energia immessa in rete maggiore dell'energia prelevata) si prevede che l'impianto lavori per 8,5 ore al giorno per l'intero anno.

L'impianto può essere suddiviso in quattro macro sezioni:

- Linea di intake
- Package dissalatore
- Linea di pre-trattamento
- Linea di post-trattamento

Le linee di pre e post trattamento sono inglobate nella soluzione containerizzata del package dissalatore ma ai fini della presente trattazione sono analizzate e dimensionate separatamente.

### 4.2.1 Package dissalatore

La dissalazione è un processo che consiste nella rimozione di sali e altre specie chimiche disciolte nell'acqua, di mare nel nostro caso, ma possono essere trattate anche acqua salmastre o di scarico.

Le principali tecnologia applicabili per la dissalazione di acqua si dividono in due grandi gruppi:

- metodi termici:
  - Multi-stage flash Distillation (MSF)
  - Multiple-effect Distillation (MED)
- metodi a membrana:
  - processo a osmosi inversa

I metodi termici sfruttano la differenza di temperatura di ebollizione dell'acqua e delle sostanze in esse disciolte, realizzando quindi un'evaporazione dell'acqua e raccogliendone i vapori.

I metodi a membrana invece sfruttano l'alta pressione e membrane selettive in grado di separare l'acqua dalle sostanze in essa disciolte.

In generale i metodi termici di dissalazione restituiscono un'acqua con un bassissimo contenuto di sali e ad una temperatura più alta di quella ambientale. I metodi a membrana, in particolare quello ad osmosi inversa, restituiscono un'acqua pura tanto quanto quella restituita dai metodi termici ma con un contenuto di sali più elevato e a temperatura ambiente. Tali considerazioni possono costituire un vantaggio o uno svantaggio in funzione del processo considerato. Nel caso di produzione di acqua potabile un quantitativo di sali disciolti nei limiti della potabilità rende minore lo sforzo richiesto in fase di post-trattamento (remineralizzazione) e quindi rende il metodo ad osmosi inversa il più idoneo.

In Tabella 6 è riportato un confronto tecnico fra i processi di osmosi inversa e di dissalazione termica ad espansioni multiple. È necessario sottolineare dunque che la dissalazione condotta con impianti ad osmosi inversa richiede un minor consumo energetico a parità di produzione.

Tabella 6: confronto tecnico fra i processi di osmosi inversa (RO) e la dissalazione termica ad espansioni multiple (MSF) [28]

	MSF	RO
Salinità massima ammessa nell'acqua di alimento (mg TDS/L)	100.000	60.000
Salinità acqua prodotta (mg TDS/L)	< 10	< 500
Temperatura acqua prodotta	> T ambiente	pari alla temperatura di prelievo
Consumo di energia termica (kWh/m <sup>3</sup> )	12	-
Consumo di energia elettrica (kWh/m <sup>3</sup> )	3 - 4	3 - 6

Dunque il criterio dimensionante fondamentale per l'impianto di dissalazione e, in generale, per l'intero sistema, è la quantità d'acqua che deve essere prodotta. Tale quantità è determinata considerando la domanda; tenuto conto che GREEN1 è distante 18 km dalla costa ed è situata in una zona in cui c'è un'alta densità di piattaforme, è lecito produrre una quantità di acqua potabile tale da rispondere alla richiesta delle piattaforme limitrofe.

Considerando un totale di 50 operatori presenti sulle piattaforme off-shore limitrofe e un fabbisogno giornaliero pro-capite pari a 150l [27] si ricava una produzione di permeato necessaria pari a 7500 l/giorno (7,5 m<sup>3</sup>/giorno).

Inserendo questo dato in PlatApp è stato possibile ricavare il dissalatore commerciale più adatto alle esigenze di produzione. La scelta è ricaduta su un dissalatore ad osmosi inversa di casa Lenntech, il LennRO SW 1000 [29]; è offerto in una soluzione containerizzata in cui sono già presenti tutti gli elementi necessari alla produzione di acqua dissalata, compresa la pompa di alta pressione necessaria al filtraggio dell'acqua prelevata attraverso le membrane ad osmosi. Tale dissalatore presenta un recovery factor (percentuale di produzione di acqua potabile) pari al 25%, di conseguenza la portata di alimentazione necessaria alla produzione di 7,5 m<sup>3</sup>/giorno è pari a 30 m<sup>3</sup>/giorno.

In [29] sono riportati i principali parametri operativi del dissalatore selezionato:

- Recovery factor: 25%
- Alimentazione elettrica: 400V trifase
- Potenza assorbita: 9kW
- Portata acqua di alimento: 4 m<sup>3</sup>/h
- Portata di permeato: 1 m<sup>3</sup>/h

#### 4.2.2 Linea di intake

La linea di intake costituisce il sistema di pescaggio dell'acqua di alimento. Affinché l'acqua prelevata mostri le caratteristiche più stabili possibile e non risenta di fenomeni costieri o superficiali come scarichi idrici, traffico navale o presenza di inquinanti o alghe, si opta per un punto di prelievo lontano dalla costa (si ricordi che la piattaforma è posizionata a 18 km dalla fascia costiera più vicina) e ad una ben precisa profondità.

GREEN1 è localizzata (Paragrafo 3.2) in una zona in cui il fondale ha una profondità di 25 m; la profondità del punto di prelievo deve essere stabilita tenendo in considerazione le seguenti condizioni [30]:

- Il prelievo va effettuato ad una profondità fra i 10 ed i 15 m;
- Per limitare l'ingresso di solidi la presa d'acqua va posizionata fra i 2 ed i 5 m sopra al fondale;
- Per evitare effetti di incremento della salinità e back flow della salamoia scaricata, il punto di prelievo deve distare qualche decina di metri dal punto di scarico del concentrato.

Considerati i suddetti vincoli la linea di intake avrà una lunghezza totale pari a 30 m: 15 m si sviluppano sotto al livello del mare (rimangono 10 m tra il punto di presa e il fondale), i restanti 15 m sono dati dall'altezza sul livello del mare del cellar deck, piano della piattaforma su cui, come si vedrà nel paragrafo 5.2.2, sarà posizionato il package dissalatore.

Per minimizzare l'effetto di risucchio di corpi grossolani eventualmente presenti nell'ambiente idrico circostante, è necessario che l'ingresso d'acqua all'interno della condotta avvenga a bassissima velocità (< 0,3 m/s [30]). Quindi considerando una velocità della portata d'acqua non superiore a 0,15 m/s sono state calcolate le dimensioni geometriche della finestra d'ingresso, di seguito riportate:

- Area finestra di pescaggio:  $6,536E-03 \text{ m}^2$
- Diametro finestra di pescaggio:  $9,1E-02 \text{ m}$

Nella condotta di intake la velocità non deve essere né troppo bassa per evitare il deposito e l'accumulo di materia solida né troppo alta per evitare eccessive perdite di carico; va dunque considerata una velocità compresa fra 1 e 1,5 m/s [31]. Il diametro della condotta di presa è stato calcolato considerando una velocità del flusso di intake pari a 1 m/s come compromesso fra le suddette esigenze. Le dimensioni geometriche della linea di intake sono qui riassunte:

- Area trasversale linea di intake:  $9,8E-04 \text{ m}^2$
- Diametro della linea di intake:  $3,5E-02 \text{ m}$
- Lunghezza della linea di intake: 30 m
- Velocità del flusso d'acqua nella linea di intake: 1 m/s

In Figura 15 è riportato un dettaglio della linea di intake estratto dall'allegato 1, esso rappresenta il Process Flow Diagram della sezione di impianto in esame.

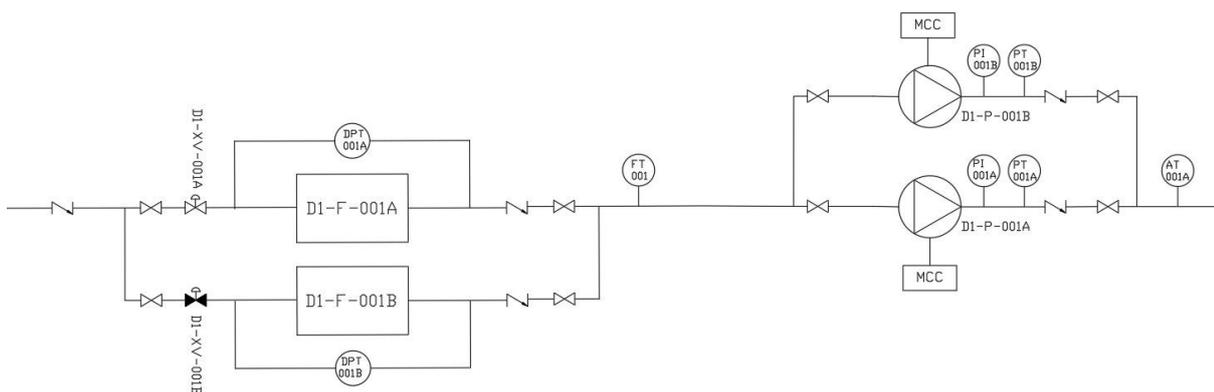


Figura 15: Dettaglio linea di intake

La pompa di pescaggio (D1-P-001A/B) lavora in continuo a velocità costante durante le ore di funzionamento del dissalatore e il flusso è interrotto per il resto del tempo. Il package della pompa contiene un pressoflussostato (sistema elettronico dotato di sensori di portata e di pressione che regola l'elettropompa in funzione della pressione rilevata nel sistema) che mantiene la pressione e la portata di mandata dalla pompa a valori pressoché costanti. La linea della pompa è completamente ridondata (2 x 100%).

Per evitare che materiali grossolani danneggino la pompa di pescaggio, a monte della stessa è posto un filtro a maglie larghe (D1-F-001A/B), anch'esso ridonato (2 x 100%).

Sono installate delle valvole manuali a monte e a valle di ogni componente in modo da renderlo sezionabile dal resto dell'impianto per le eventuali operazioni di manutenzione. A monte e a valle del filtro (D1-F-001A/B) e sulla mandata della pompa (D1-P-001A/B) sono inoltre installate delle valvole di non ritorno per evitare il pericolo di flussi controcorrente; cioè tali valvole permettono lo scorrimento dell'acqua in un unico senso.

Per il dimensionamento della pompa e la determinazione della potenza da essa assorbita sono considerati differenti parametri: la prevalenza geodetica (altezza della piattaforma) pari a 15 m, la velocità da imprimere all'acqua pari a 1 m/s, la pressione da garantire sufficiente per l'immissione nel componente successivo (vasca di polmonazione) e le perdite di carico distribuite e localizzate.

Per il calcolo delle perdite di carico si suppone:

- Una lunghezza complessiva del tubo pari a 50 m
- Una tubazione in acciaio con diametro pari a 3,5 cm
- Una velocità dell'acqua di alimento pari a 1 m/s
- La presenza di 1 filtro per rimuovere il materiale più grossolano, 4 valvole di sezionamento, 2 valvole automatiche completamente aperte, 3 check valve, 2 entrate/uscite da serbatoi, 1 innesto per iniezione dei chimici in linea e, conservativamente, 4 curve a gomito di 90°.

Calcolando il numero di Reynolds e sfruttando il diagramma di Moody si ottiene un fattore di attrito pari a 0,039.

Inoltre, ipotizzando che la pompa di pescaggio (D1-P-001A/B) abbia un rendimento energetico dell'80%, si ottiene che la pompa assorbe una potenza pari a 0,36 kW.

#### 4.2.3 Pre-trattamento

Come già specificato nel paragrafo 4.2.2 la presa dell'acqua di alimento non avviene ad elevata profondità a causa delle caratteristiche del fondale del Mare Adriatico, in particolare la sua profondità e la sua morfologia. Di conseguenza l'acqua in ingresso all'impianto sarà caratterizzata da torbidità relativamente elevata, con possibili picchi in corrispondenza di eventi quali tempeste o forti correnti (che possono determinare una risospensione del fondale marino) e fioriture algali (eventi non rari nel Mar Adriatico, caratterizzato da acque non particolarmente profonde e relativamente calde e dall'alta presenza di macronutrienti). Inoltre, la zona di mare in esame è caratterizzata dalla presenza di installazioni limitrofe e imbarcazioni, che comportano una presenza di oli e grassi superiore alla media.

Le impurità presenti nell'acqua di mare che alimenta l'impianto in questione sono: come solidi sospesi, colloidali, sali poco solubili, alghe, oli e grassi, microorganismi, molecole organiche. Tali impurità nel corso del processo di osmosi inversa andrebbero a depositarsi sulla superficie della membrana osmotica riducendo o addirittura impedendo la permeazione di acqua attraverso essa, ciò comprometterebbe pesantemente le prestazioni del processo.

L'acqua in ingresso alla sezione di osmosi inversa deve avere delle caratteristiche stabili e comprese in determinati range di qualità [32]; per queste ragioni è necessario un impianto di pre-trattamento costituito dalle seguenti unità:

- Pre-clorazione mediante dosaggio di NaClO;

- Vasca di polmonazione;
- Grigliatura grossolana (10 mm) seguita da grigliatura fine (3 mm);
- Aggiustamento del pH a 7,5 in linea mediante dosaggio di  $H_2SO_4$ ;
- Coagulazione in linea eseguita mediante dosaggio di  $FeCl_3$ ;
- Flocculazione da realizzarsi in apposita vasca miscelata;
- Microgrigliatura a 120  $\mu m$ ;
- Declorazione mediante dosaggio di  $NaHSO_3$ ;
- Dosaggio di antiscalant in linea;
- Filtrazione a cartuccia (5  $\mu m$ ).

**L'operazione di pre-clorazione** è un trattamento necessario di pre-disinfezione con un effetto germicida nei confronti della popolazione batterica presente nell'acqua di alimento; ciò evita la proliferazione di popolazioni batteriche sulla superficie delle membrane e dei filtri. Tale operazione viene effettuata a monte della pompa di pescaggio con un innesto direttamente in linea. Il tempo di contatto necessario per la reazione è di 20 – 30 min e viene garantito all'interno della vasca di polmonazione [32].

L'agente disinfettante scelto è  $NaClO$ , dosato in maniera opportuna per garantire la giusta concentrazione di cloro sia nelle fasi di pre-clorazione in continuo sia nelle fasi di shock chlorination.

La pre-clorazione si effettua alternando due modalità [30]:

- In continuo: il dosaggio di cloro è costante nel tempo
- Shock chlorination: si alternano fasi a basso (o addirittura nullo) dosaggio di cloro con fasi ad elevato dosaggio di cloro, dove quest'ultime sono di più breve durata rispetto alle prime.

La clorazione in continuo consiste nell'immissione continua di  $NaClO$  nel flusso di acqua di mare per garantire una concentrazione di cloro residuo pari a 0,5 ppm [32].

L'utilità della shock chlorination deriva dal fatto che l'elevato dosaggio di cloro effettuato periodicamente esercita un maggior effetto germicida rispetto al dosaggio della medesima quantità nel tempo di cloro a basse concentrazioni, alle quali tra l'altro alcune popolazioni micro-organiche potrebbero abituarsi.

La shock chlorination viene effettuata con frequenza settimanale e consiste in un dosaggio di  $NaClO$  tale da garantire concentrazioni di cloro libero pari a 10 ppm per la durata di 2 ore, allo scopo di ottenere un intenso effetto biocida.

Si è scelto di utilizzare una soluzione commerciale di  $NaClO$  al 12% in peso e con densità pari a 1210  $kg/m^3$ . In seguito sono presenti le portate di soluzione commerciale di  $NaClO$  necessarie ad ottenere le concentrazioni di cloro richieste:

- Portata di soluzione commerciale  $NaClO$  per clorazione in continuo: 0,013 L/h
- Portata di soluzione commerciale  $NaClO$  per shock chlorination: 0,255 L/h

Il consumo annuo di soluzione commerciale di  $NaClO$  necessario sia all'operazione di clorazione in continuo sia all'operazione di shock chlorination è pari a circa 65 L/anno. Considerando uno stoccaggio aggiuntivo pari al 25% si ottiene un volume annuo di  $NaClO$  stoccato pari ad 80 l. Ipotizzando un grado di riempimento del serbatoio di stoccaggio della sostanza pari all'80% si ottiene un volume finale di stoccaggio pari a 100 l.

I dati relativi al serbatoio di stoccaggio della soluzione commerciale di NaClO (C1-T-001) sono qui riassunti:

- Volume serbatoio di stoccaggio di NaClO: 100 l
- Grado di riempimento: 80%
- Peso della soluzione di NaClO stoccata per un anno: 99,22 kg

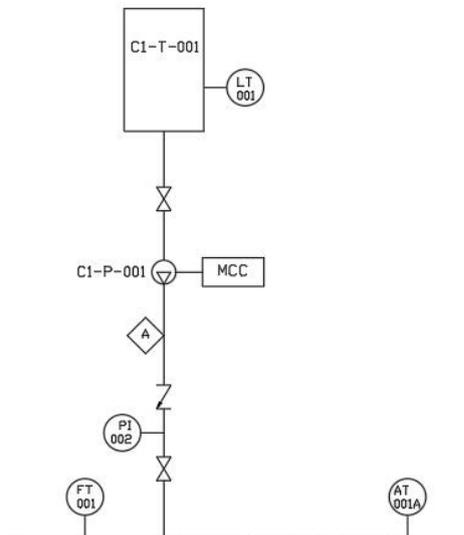


Figura 16: dettaglio linea di iniezione NaClO

Le portate di NaClO sono iniettate lungo la condotta che porta alla vasca di polmonazione tramite una pompa dosatrice (C1-P-001) che riceve input da un flussimetro posto sulla linea (FT-001) e da un redoximetro posto a monte della vasca di polmonazione (AT-001A). Il flussimetro misura la portata di acqua nella linea di produzione principale, il redoximetro è invece uno strumento che misura il potenziale di ossidoriduzione di una miscela e quindi misura l'attività disinfettante della soluzione; in base agli output di tali sensori è regolata la pompa dosatrice che fornisce più o meno NaClO. Si faccia riferimento alla Figura 16

Il dettaglio del controllo dei dosaggi dei prodotti chimici sulla linea è trattato al paragrafo 4.7.1.7.

**La vasca di polmonazione** (D1-T-001) è posta subito dopo la pompa di pescaggio (D1-P-001A/B) ed è necessaria a garantire il tempo di contatto per la reazione di pre-clorazione (20-30 minuti [32]), ad omogenizzare ed equalizzare la portata d'acqua e a garantire un'autonomia all'impianto di alcune ore in modo da poter far fronte a periodi di cessata alimentazione dovuti ad esempio ad operazione di manutenzione del sistema di presa a mare o improvvisi sversamenti di inquinanti in mare.

Considerati gli spazi ridotti dell'ambiente offshore si opta per un tempo di ritenzione pari a 5 ore.

Per assicurare tale tempo di ritenzione il volume della vasca di polmonazione (D1-T-001) risulta pari a 18 m<sup>3</sup>; si ottiene dunque una vasca con:

- Superficie di base: 9 m<sup>2</sup>
- Altezza: 3 m di cui 1 m di franco

La ritenzione di 5 h rende la vasca di polmonazione un componente fondamentale e molto critico, per tale motivo a monte di essa è installato un analizzatore (redoximetro AT-001A) che, oltre a regolare la portata di NaClO della precedente fase di pre-clorazione, ha il compito di interrompere l'alimentazione dell'acqua di mare alla vasca nel caso di concentrazioni fuori dai limiti di normale operazione, ciò

avviene spegnendo la pompa di pescaggio (D1-P-001A/B) e chiudendo la valvola D1-XV-002. Con tale operazione preventiva il sistema si assicura la produzione di acqua potabile, nel range di accettabilità, per 5 h (tempo di ritenzione della vasca di polmonazione) e soprattutto ciò permette di evitare danni alle membrane ad osmosi inversa, particolarmente sensibili alla composizione dell'acqua in ingresso.

A valle della vasca di polmonazione (D1-T-001) vi è un altro analizzatore (AT-001B) che in caso di concentrazione fuori specifica interrompe il processo di dissalazione, chiude la valvola D1-XV-005 e apre la valvola D1-XV-004. In tal modo è possibile procedere con l'eliminazione dalla vasca dell'acqua fuori specifica (flussaggio) e il riavvio del sistema.

In un certo senso la vasca di polmonazione e il tempo di ritenzione di 5 h costituiscono sia una tutela per la produzione sia un critico collo di bottiglia; un guasto o un malfunzionamento della vasca rallenterebbe la produzione dell'intero sistema, questo ed altri motivi portano dunque alla scelta di installare un serbatoio di stoccaggio (D3-T-001) per l'acqua già dissalata al fine di non interrompere la produzione/distribuzione.

La logica di controllo e sicurezza degli analizzatori AT-001A e AT-001B è riportata in Figura 17.

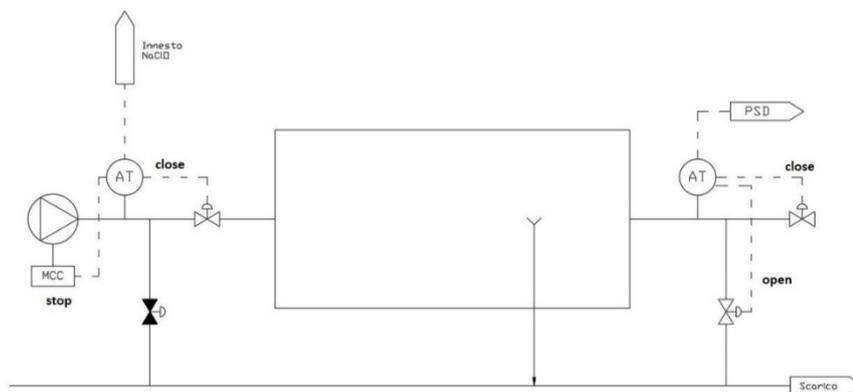


Figura 17: Logica di controllo e sicurezza della vasca di polmonazione (D1-T-001) relativa agli analizzatori

Oltre agli analizzatori di linea la vasca è equipaggiata anche con un sensore di livello (LT-002), che segue la logica di seguito descritta:

- Logica di controllo:
  - Livello "Alto": la pompa di pescaggio (D1-P-001A/B) si arresta poiché la vasca ha raggiunto il limite massimo di riempimento;
  - Livello "Basso": quando la vasca di polmonazione sarà sufficientemente vuota un segnale farà ripartire la pompa di pescaggio.
- Logica di sicurezza:
  - Livello "Altissimo": la pompa di pescaggio (D1-P-001A/B) si arresta e si chiude l'elettrovalvola (D1-XV-002);
  - Livello "Bassissimo": si interrompe l'intero processo di dissalazione per evitare la cavitazione della pompa di circolazione (D1-P-002A/B).

In Figura 17 è, inoltre, visibile la presenza di un troppopieno, ovvero una tubazione collegata alla linea di scarico, con la funzione di evitare il sovra riempimento della vasca.

In Figura 18 è rappresentata la logica di controllo e sicurezza della vasca di polmonazione (D1-T-001) relativa ai livellostati.

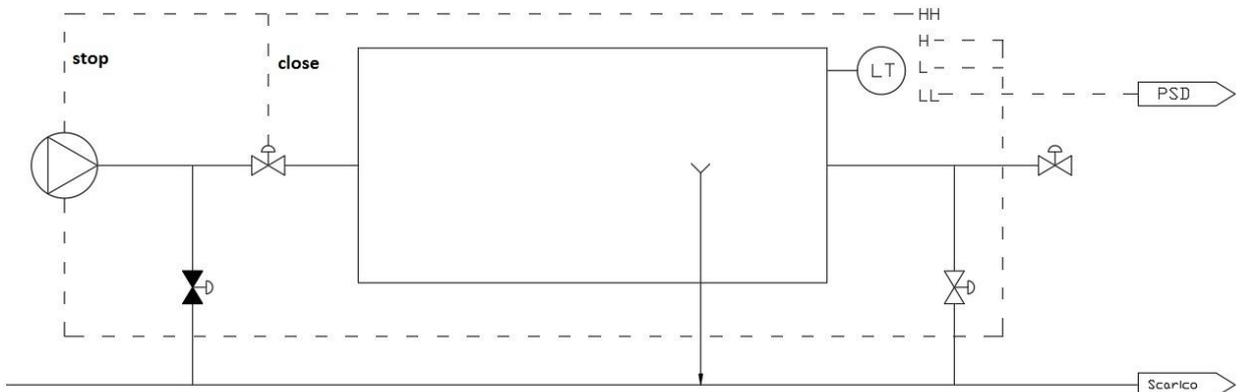


Figura 18: Logica di controllo e sicurezza della vasca di polmonazione (D1-T-001) relativa ai livellostati

A monte della pompa di pescaggio (D1-P-001A/B) e a valle della vasca di polmonazione (D1-T-001) sono installati due **systemi di grigliatura** (D1-F-001/2) con l'obiettivo di rimuovere i solidi più grossolani per:

- Prevenire fenomeni di abrasione delle superfici interne dei componenti del sistema di dissalazione;
- Prevenire il deposito all'interno dei componenti del sistema di dissalazione, cui potrebbero seguire fenomeni di intasamento o comunque di significativa riduzione della sezione utile di passaggio del flusso di acqua;
- Allungare la vita utile della griglia a 120  $\mu\text{m}$  posta a protezione delle membrane per l'osmosi inversa.

Una grigliatura grossolana a 10 mm è stata installata prima della pompa di pescaggio e una grigliatura fine a 3 mm è installata a valle della vasca di polmonazione. Un manometro differenziale (DPT-002) misura le perdite di carico attraverso il sistema di grigliatura: quando le perdite di carico avranno raggiunto il valore massimo ammissibile si procederà con le operazioni di pulizia o sostituzione della griglia per riportarla alle condizioni iniziali.

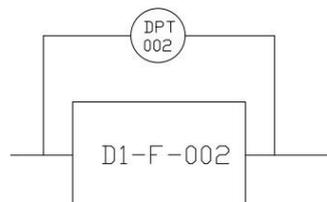


Figura 19: estratto dal PFD 1, filtro fine con manometro differenziale

Una **pompa di circolazione** (D1-P-002A/B) è posta a valle della vasca di polmonazione (D1-T-001) e del sistema di grigliatura (D1-F-002) anch'essa posizionata sul cellar deck all'interno del container di

dissalazione. Deve avere una potenza tale da imprimere una velocità di 1 m/s all'acqua di alimento, vincere le perdite di carico distribuite e localizzate e garantire una pressione sufficiente per l'immissione nella successiva vasca di flocculazione al di sotto del pelo libero. Lavora in continuo a velocità costante durante le ore di funzionamento del dissalatore e il flusso è interrotto per il resto del tempo. Il package della pompa contiene un pressoflussostato che mantiene la pressione e la portata di mandata dalla pompa a valori pressoché costanti. La linea della pompa è completamente ridondata (2 x 100%); se infatti, a causa di un guasto, la pompa si bloccasse, l'intera produzione di acqua si fermerebbe. In tal caso però entrerebbe in funzione la seconda pompa di circolazione, quindi con tale ridondanza il sistema non risente di un eventuale guasto della pompa e nel frattempo si agirebbe con la manutenzione sulla prima, guasta.

Per calcolare le perdite di carico si suppone:

- Una lunghezza complessiva del tubo pari a 20 m
- Una tubazione in acciaio con diametro pari a 3,5 cm
- Una velocità dell'acqua di alimento pari a 1 m/s
- La presenza di 1 filtro, 1 miscelatore statico, 5 valvole di sezionamento, 1 check valve, 2 entrate/uscite da serbatoi, 2 innesti per iniezione dei chimici in linea e, conservativamente, 4 curve a gomito di 90°.

Ipotizzando inoltre che la pompa di circolazione (D1-P-002A/B) abbia un rendimento energetico dell'80%, si ottiene che la pompa assorbe una potenza pari a 0,20 kW.

Il pH delle acque del mar Adriatico oscilla tra 8 e 8,5. Come operazione preparatoria a quella di coagulazione-flocculazione, quindi per ottimizzare la rimozione di sostanze organiche per adsorbimento sul fiocco, occorre diminuire il pH per portarlo intorno al 7,5 (valore di pH accettabile alla sezione di ingresso per l'osmosi inversa). Per l'**operazione di aggiustamento del pH** si è scelta dunque una soluzione commerciale di H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 93% in peso e con densità pari a 1833 kg/m<sup>3</sup> dosata a monte dell'operazione di coagulazione. Il dosaggio di H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> necessario ad ottenere l'aggiustamento del pH fino a 7,5 dipende dalla temperatura e dalla composizione chimica dell'acqua di alimento.

In base alla composizione dell'acqua descritta al capitolo 3.2 e utilizzando il software gratuito IMS Design, è stata ricavata la necessità di un dosaggio di H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pari a 5,84 ppm e conseguentemente una portata oraria di soluzione commerciale di H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pari a 0,012 l/h.

Il consumo annuo di soluzione commerciale di H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> è pari a circa 37 l/anno. Considerando uno stoccaggio aggiuntivo pari al 25% si ottiene un volume annuo di H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> stoccato pari a circa 46 l. Ipotizzando un grado di riempimento del serbatoio di stoccaggio pari all'80% si ottiene un volume finale di stoccaggio pari a 60l.

I dati relativi al serbatoio di stoccaggio della soluzione commerciale di H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (C1-T-002) sono qui riassunti:

- Volume serbatoio di stoccaggio di H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>: 60 l
- Grado di riempimento: 80%
- Peso della soluzione di H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> stoccata per un anno: 84,80 kg

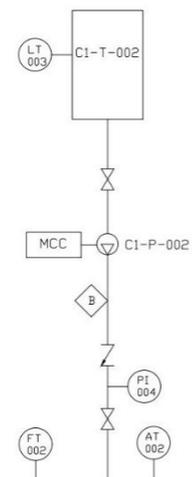


Figura 20: dettaglio linea di iniezione  $H_2SO_4$

Le portate di  $H_2SO_4$  sono iniettate lungo la condotta (Figura 20) che porta alla vasca di flocculazione tramite la pompa dosatrice (C1-P-002) che riceve un segnale da un flussimetro (FT-002) posto a monte dell'innesto e da un pHmetro (AT-002) posto a valle dell'innesto. La portata di  $H_2SO_4$  calcolata è puramente indicativa dal momento che dipende dalle caratteristiche dell'acqua di alimento. Il dettaglio del controllo dei dosaggi dei prodotti chimici sulla linea è trattato al paragrafo 4.7.1.7.

La rimozione delle sostanze organiche (principalmente presente come acidi umici) e inorganiche di tipo colloidale è di fondamentale importanza per prolungare la vita utile delle membrane ad osmosi inversa, per preservare il corretto funzionamento dell'intero impianto e per ottenere acqua potabile. Tale operazione avviene durante la **fase di coagulazione-flocculazione**.

La sedimentazione delle sostanze di tipo colloidale è molto lenta e complessa a causa delle piccole dimensioni delle particelle (inferiore a 0,002 micron) e dell'agitazione spontanea delle stesse connessa alle cariche elettriche. La sedimentazione dei colloidali è infatti favorita dall'annullamento delle cariche superficiali; ciò si ottiene con l'aggiunta all'acqua degli elettroliti, agenti coagulanti, che provocano un'alterazione delle forze che tendono a tenere disperse le particelle.

Tali particelle destabilizzate tenderanno ad aggregarsi in particelle di dimensioni e peso maggiori, che sedimentano molto più facilmente. La formazione di tali aggregati (fiocchi) è detta flocculazione.

La coagulazione e la flocculazione hanno però esigenze contrastanti, poiché la prima richiede una forte agitazione che favorisca la dispersione del coagulante, la seconda richiede invece un'agitazione lenta, tale comunque da favorire l'incontro tra le particelle per la formazione del fiocco, ma non tanta da produrre la rottura dello stesso. Perciò le due operazioni avvengono in apparecchiature separate.

L'agente coagulante scelto per l'operazione di **coagulazione** è una soluzione commerciale di  $FeCl_3$  al 40% in peso e con densità pari a  $1425 \text{ kg/m}^3$ . La miscelazione necessaria è garantita da un miscelatore statico in linea.

Il dosaggio di  $FeCl_3$  deve essere bilanciato tra due esigenze contrastanti: massimizzare l'efficacia della coagulazione ed evitare un rapido intasamento delle membrane ad opera del ferro disciolto residuo a valle dell'operazione di coagulazione. Si è scelto un dosaggio di  $FeCl_3$  pari a 10 ppm [33] e conseguentemente una portata oraria di soluzione commerciale di  $FeCl_3$  pari a 0,062 l/h. Il consumo annuo di soluzione commerciale di  $FeCl_3$  è pari a circa 190 l/anno

Considerando uno stoccaggio aggiuntivo pari al 25% si ottiene un volume annuo di  $\text{FeCl}_3$  stoccato pari a circa 240 l. Ipotizzando un grado di riempimento del serbatoio di stoccaggio pari all'80% si ottiene un volume finale di stoccaggio pari a 300 l.

I dati relativi al serbatoio di stoccaggio della soluzione commerciale di  $\text{FeCl}_3$  (C1-T-003) sono qui riassunti:

- Volume serbatoio di stoccaggio di  $\text{FeCl}_3$ : 300 l
- Grado di riempimento: 80%
- Peso della soluzione di  $\text{FeCl}_3$  stoccata per un anno: 337,50 kg

Le portate di  $\text{FeCl}_3$  sono iniettate all'interno del miscelatore statico (D1-C-001) tramite la pompa dosatrice (C1-P-003) che riceve un segnale da un flussimetro (FT-002) in modo da garantire il dosaggio desiderato. Il dettaglio del controllo dei dosaggi dei prodotti chimici sulla linea è trattato al paragrafo 4.7.1.7.

**L'operazione di flocculazione** avviene in un'apposita vasca di miscelazione e ha una durata di circa 30 min per ottenere fiocchi di dimensione sufficientemente grande [33].

L'agente flocculante scelto è la soluzione commerciale scelta Solisep MPT104, prodotta e distribuita da GE, è liquida (quindi non richiede una diluizione in acqua) e ha una densità di  $1015 \text{ kg/m}^3$ . Il dosaggio necessario è pari a 1,5 ppm, si ottiene così una portata oraria di flocculante polimerico pari a 0.005 l/h ed un consumo annuo di flocculante polimerico pari a circa 16 l/anno.

Considerando uno stoccaggio aggiuntivo pari al 25% si ottiene un volume annuo di flocculante polimerico stoccato pari a circa 20 l. Ipotizzando un grado di riempimento del serbatoio di stoccaggio pari all'80% si ottiene un volume finale di stoccaggio pari a 25 l.

I dati relativi al serbatoio di stoccaggio della soluzione commerciale di flocculante polimerico (C1-T-004) sono qui riassunti:

- Volume serbatoio di stoccaggio di flocculante polimerico: 25 l
- Grado di riempimento: 80%
- Peso del flocculante polimerico stoccato per un anno: 24,98 kg

Le portate di flocculante polimerico sono iniettate nella vasca di flocculazione tramite la pompa dosatrice (C1-P-004) che riceve un segnale da un flussimetro (FT-003) in modo da garantire il dosaggio desiderato.

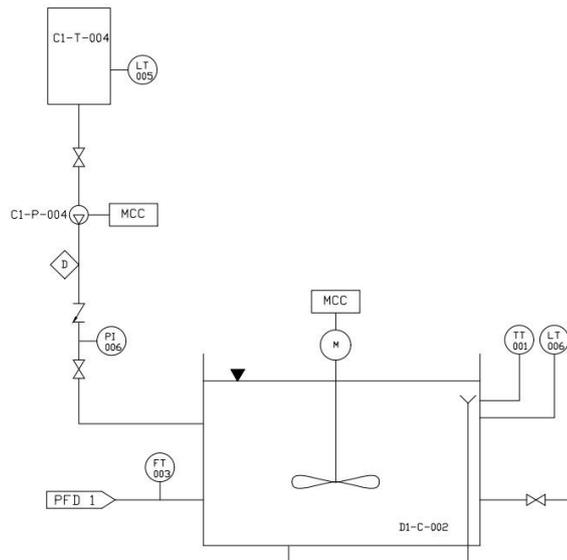


Figura 21: dettaglio vasca di flocculazione

La lenta agitazione necessaria alla formazione del fiocco è ottenuta tramite turbine ad asse verticale. Il flusso deve essere assiale [34] e diretto dall'alto verso il basso, ciò mantiene i fiocchi in sospensione [35].

Dal tempo di ritenzione (30 min) si ricava il volume della vasca di flocculazione (D1-C-002) pari a  $2 \text{ m}^3$ , con altezza pari a 2 m (di cui 25 cm di franco) e area di base pari a  $1 \text{ m}^2$ .

In accordo con [35], la girante è collocata ad una profondità pari a  $2/3$  la profondità della vasca e dunque ad una profondità di 1,33 m; il suo diametro è pari al 45% del diametro equivalente della vasca e dunque pari a 0,45 m.

Considerando un rendimento del sistema di miscelazione pari all'80% e le condizioni climatiche più cautelative (invernali e conseguente viscosità dell'acqua pari a  $1.3\text{E-}03 \text{ kg/m}\cdot\text{s}$ ), la potenza richiesta risulta pari a 10,32 W. In estate la viscosità dell'acqua risulterà inferiore e di conseguenza anche la potenza dissipata; risulta quindi necessaria la possibilità di regolare la velocità di rotazione della girante in funzione del segnale restituito dal sensore di temperatura (TT-001).

Vi è inoltre un sensore di livello (LT-006), che segue la logica di seguito descritta.

- Logica di controllo:
  - Livello "Alto": la pompa di circolazione (D1-P-002A/B) si arresta;
  - Livello "Basso": la vasca di flocculazione è sufficientemente vuota, il segnale fa ripartire la pompa di circolazione.
- Logica di sicurezza:
  - Livello "Altissimo": si interrompe l'intero processo di dissalazione 4.8.1
  - Livello "Bassissimo": si interrompe l'intero processo di dissalazione per evitare la cavitazione della pompa di circolazione (D1-P-003A/B). è comunque consentita la distribuzione dell'acqua potabile già dissalata grazie alla presenza del serbatoio di stoccaggio dell'acqua potabile (D3-T-001).

**La microgrigliatura (D1-F-003)** in genere di  $120 \mu\text{m}$  protegge i componenti a valle da danneggiamento fisico, che potrebbe essere provocato ad esempio dalla presenza di piccoli oggetti taglienti, quali ad

esempio frammenti di conchiglie. Un manometro differenziale misura le perdite di carico a monte e a valle del sistema di microgrigliatura: quando le perdite di carico avranno raggiunto il valore massimo ammissibile si procederà con le operazioni di pulizia o sostituzione della microgriglia per riportarla alle condizioni iniziali.

La presenza in acqua di cloro e ossigeno aumenta molto la probabilità di ossidazione del ferro e di conseguenza la probabilità di possibili incrostazioni nella sezione di osmosi inversa. Per evitare ciò e quindi ridurre il cloro e l'ossigeno presenti risulta essere necessaria **l'operazione di dechlorazione**.

A tal scopo si potrebbe optare per l'installazione di filtri a carboni attivi, capaci di eliminare il cloro in eccesso, la cui presenza è dovuta maggiormente all'operazione di pre-clorazione. L'installazione di tali filtri però risulta costosa, inoltre ciò significherebbe installare un altro componente critico e soggetto ad intasamento. Risulta, dunque, più vantaggiosa ed economica una dechlorazione effettuata con il dosaggio di bisolfito di sodio. Esso ha una forte proprietà riducente che consente di ridurre l'ossigeno libero, diminuendo drasticamente la possibilità di incorrere nel fenomeno del biofouling e di ridurre i rischi di incrostazioni delle membrane ad osmosi inversa dovute al ferro. Si opta per una soluzione commerciale di  $\text{NaHSO}_3$  al 33% in peso e con densità pari a  $1278 \text{ kg/m}^3$ . Il dosaggio suggerito è 6 ppm di soluzione commerciale per ogni ppm di  $\text{Cl}_2$  libero presente: se la concentrazione di cloro libero è pari a 0,5 ppm (clorazione in continuo) per la dechlorazione si dosano 3 ppm di soluzione commerciale di  $\text{NaHSO}_3$ ; se la concentrazione di cloro libero è pari a 10 ppm (shock chlorination) per la dechlorazione si dosano 60 ppm di soluzione commerciale di  $\text{NaHSO}_3$ . Si ottiene quindi:

- Portata di soluzione commerciale  $\text{NaHSO}_3$  per clorazione in continuo: 0,013 l/h
- Portata di soluzione commerciale  $\text{NaHSO}_3$  per shock chlorination: 0,255 l/h

Si ottiene quindi un consumo annuo totale (in risposta alle operazioni di clorazione in continuo e shock chlorination) pari a 132 l/anno.

Considerando uno stoccaggio aggiuntivo pari al 25% si ottiene un volume annuo di  $\text{NaHSO}_3$  stoccato pari a circa 165 l. Ipotizzando un grado di riempimento del serbatoio di stoccaggio pari all'80% si ottiene un volume finale di stoccaggio pari a 200 l.

I dati relativi al serbatoio di stoccaggio della soluzione commerciale di  $\text{NaHSO}_3$  (C1-T-005) sono qui riassunti:

- Volume serbatoio di stoccaggio di  $\text{NaHSO}_3$ : 200 l
- Grado di riempimento: 80%
- Peso della soluzione di  $\text{NaHSO}_3$  stoccata per un anno: 210,79 kg

La portata di  $\text{NaHSO}_3$  è iniettata tramite una pompa dosatrice (C1-P-005) connessa a un flussimetro (FT-004) e a un redoximetro (AT-003).

Nonostante tutte le operazioni sopra elencate, per prevenire nel modo più efficace possibile le incrostazioni sulla superficie delle membrane ad osmosi inversa e quindi allungare la loro vita produttiva si effettua **l'operazione di dosaggio di antiscalant**. La sostanza scelta è un prodotto commerciale (Hypersperse MDC704 prodotto e distribuito da General Electric) con densità pari a  $1179 \text{ kg/m}^3$ . La scheda tecnica di tale prodotto consiglia un dosaggio compreso fra 3 e 6 ppm, quindi, cautelativamente è stato scelto un dosaggio pari a 4,5 ppm e conseguentemente una portata oraria pari a 0,014 l/h per un consumo annuo di antiscalant è pari a circa 41 l/anno.

Considerando uno stoccaggio aggiuntivo pari al 25% si ottiene un volume annuo di antiscalant stoccato pari a circa 52 l. Ipotizzando un grado di riempimento del serbatoio di stoccaggio pari all'80% si ottiene un volume finale di stoccaggio pari a 65 l.

I dati relativi al serbatoio di stoccaggio della soluzione commerciale di flocculante polimerico (C1-T-006) sono qui riassunti:

- Volume serbatoio di stoccaggio antiscalant: 65 l
- Grado di riempimento: 80%
- Peso dell'antiscalant stoccato per un anno: 60,98 kg

La portata di antiscalant è iniettata tramite una pompa dosatrice (C1-P-006) connessa a un flussimetro (FT-004) e a un analizzatore (AT-004).

In questa sezione si dosa anche  $H_2SO_4$  in caso il pH risultasse superiore al 7,5, valore consigliato per la sezione di osmosi inversa. Lo stoccaggio aggiuntivo di  $H_2SO_4$  è contenuto nel serbatoio (C1-T-007) e, in caso di necessità, iniettato lungo la linea da una pompa dosatrice (C1-P-007) connessa a un flussimetro (FT-004) e a un analizzatore (AT-004).

In coda alla linea di pre-trattamento è presente **un filtro a cartuccia** (5  $\mu m$ ) (D1-F-004A/B), che ha sia funzione di salvaguardia delle membrane RO sia di depurazione, infatti i solidi con dimensioni pari a 5  $\mu m$  dovrebbero essere stati già eliminati nelle precedenti fasi di filtrazione. Dal momento che in commercio sono comuni filtri in grado di garantire portate massime intorno ai 5  $m^3/h$ , è sufficiente un solo filtro a cartuccia per gestire l'intera portata destinata alla desalinizzazione. Un manometro differenziale misura le perdite di carico a monte e a valle del filtro a cartuccia: quando le perdite di carico avranno raggiunto il valore massimo ammissibile si procederà con le operazioni di pulizia o sostituzione del filtro per riportarlo alle condizioni iniziali.

L'acqua è alimentata al filtro a cartuccia attraverso **una pompa di circolazione** centrifuga (D1-P-003A/B), posta a valle delle iniezioni di chimici precedentemente descritti e anch'essa è posizionata sul cellar deck all'interno del container di dissalazione. Lavora in continuo a velocità costante durante le ore di funzionamento del dissalatore e il flusso è interrotto per il resto del tempo. Il package della pompa contiene un pressoflussostato che mantiene la pressione e la portata di mandata dalla pompa a valori pressoché costanti. La linea della pompa e il successivo filtro a cartuccia sono completamente ridondati (2 x 100%), per garantire la produzione anche in caso di guasto.

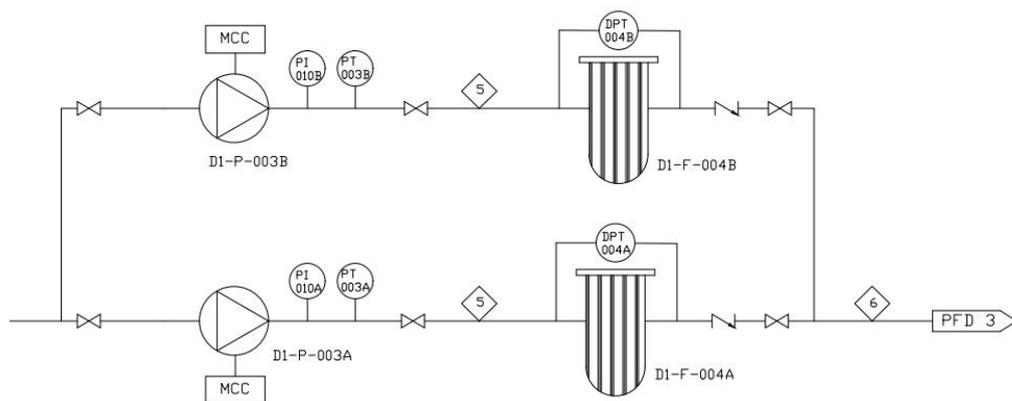


Figura 22: dettaglio del filtro a cartuccia e della pompa di circolazione completamente ridondati

La potenza fornita alla pompa (D1-P-003A/B) deve essere tale da garantire una pressione di mandata pari a circa 3 bar, in modo da tener conto di una perdita di carico di circa 1 bar (massimo) all'interno della sezione di filtrazione a cartuccia, e della necessità di assicurare una pressione di alimentazione alla pompa ad alta pressione di alimentazione all'osmosi inversa (D2-P-001) tra i 2 e i 3 bar, onde

evitare problemi di cavitazione. Inoltre, la pompa di circolazione (D1-P-003A/B) deve imprimere una velocità di 1 m/s all'acqua di alimento e vincere le perdite di carico distribuite e localizzate.

Per calcolare le perdite di carico si suppone:

- Una lunghezza complessiva del tubo pari a 20 m
- Una tubazione in acciaio con diametro pari a 3,5 cm
- Una velocità dell'acqua di alimento pari a 1 m/s
- La presenza di 1 filtro, 6 valvole di sezionamento, 1 check valve, 1 valvola automatica completamente aperta, 1 uscita da serbatoi, 3 innesti per iniezione di chimici in linea e, conservativamente, 4 curve a gomito di 90°.

Ipotizzando inoltre che la pompa di circolazione (D1-P-003A/B) abbia un rendimento energetico dell'80%, si ottiene che la pompa assorbe una potenza pari a 0,48 kW.

In linea generale, ciascuna cisternetta destinata allo stoccaggio dei chimici della sezione di pretrattamento è all'interno di un bacino di contenimento per evitare che i composti chimici utilizzati possano disperdersi nell'ambiente acquatico o miscelarsi e dare luogo a possibili reazioni indesiderate.

#### 4.2.4 Post-trattamento

La sezione di post-trattamento è necessaria al fine di remineralizzare il permeato in uscita dal dissalatore e riportare il pH a valori tali da rendere l'acqua dissalata potabile e ristabilire il livello dei nutrienti presenti.

Infatti, il permeato in uscita dalla sezione ad osmosi inversa è caratterizzato da un pH ed un'alcalinità troppo bassi per gli standard di potabilità e qualità dell'acqua.

I parametri dell'acqua che si vogliono ottenere a valle del processo di ricarbonatazione e che sono indicativi della sua "potabilità" sono i seguenti [31]:

- pH: 8,2 +/- 0,1
- Alk (mg CaCO<sub>3</sub>/l): 56 +/- 3
- HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/l): 68 +/- 3
- Ca<sup>2+</sup> (mg/l): 21 +/- 2
- CO<sub>2</sub> (mg/l): 0,7 +/- 0,1
- LSI: +/- 0,15

Per ottenere tali valori si prevede di strutturare il processo di post-trattamento in tre diversi step:

- Contattamento con calcite
- Post-alcalinizzazione
- Post-disinfezione

Per neutralizzare il pH e riportarlo ad un valore tra il 7 e il 7,5 e per arricchire il permeato con carbonato di calcio e magnesio (sali necessari all'organismo umano) è necessaria l'**operazione di ricarbonatazione**. Tale operazione può avvenire tramite il dosaggio di calce e CO<sub>2</sub> e consiste nel preventivo dosaggio di CO<sub>2</sub> che sposta il pH verso valori acidi ed un successivo dosaggio di calce che regola il pH formando il composto Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. Tale operazione ha però una difficile gestione dovuta alla difficoltà di mantenere stabile il pH e di regolare la torbidità del permeato in uscita dal trattamento.

Per tale motivo si opta per una carbonatazione a **contattamento con calcite**; essa avviene in un reattore a letto granulare di calcite nel quale viene fatto passare il flusso di permeato in uscita dal package dissalatore.

Considerando il flusso di permeato in uscita dal dissalatore, il reattore di contatto a calcite (D3-X-001) avrà le seguenti caratteristiche:

- Velocità del flusso: 20 m/h;
- Diametro filtro: 257 mm;
- Altezza filtro 1390 mm;
- Volume calcite: 50 l.

Per ovviare al problema della bassa alcalinità del permeato si effettua **l'operazione di post-alcalinizzazione**, effettuata tramite il dosaggio di reagenti alcalini. In particolare, come reagente è stata scelta la soda (NaOH) per ragioni di carattere sia economico sia gestionale. Tale opzione è stata preferita all'alcalinizzazione tramite degasazione in torre di strippaggio a causa dei limiti spaziali della particolare installazione in esame.

In questa fase non è possibile stimare con precisione la quantità di soda che si dovrà dosare nel sistema poiché tutto il flusso di permeato sarà sottoposto a ricarbonatazione e pertanto il quantitativo da alimentare dipenderà fortemente dal livello di completezza raggiunto dalla reazione di dissoluzione di  $\text{CaCO}_3$  all'interno del reattore.

Per fare una stima di primo dimensionamento dello stoccaggio di soda necessario all'operazione di post-alcalinizzazione si fa riferimento a valori di letteratura che prevedono un dosaggio di NaOH massimo pari a 4 mg/l [31].

Si è scelto di utilizzare una soluzione commerciale di NaOH al 42% in peso e con densità pari a 1450  $\text{kg/m}^3$ , conseguentemente si ottiene una portata oraria di soluzione commerciale di NaOH pari a 0,006 l/h e un consumo annuo pari a circa 18 l/anno.

Considerando uno stoccaggio aggiuntivo pari al 25% si ottiene un volume annuo di NaOH stoccata pari a circa 22,5 l. Ipotizzando un grado di riempimento del serbatoio di stoccaggio pari all'80% si ottiene un volume finale di stoccaggio pari a 30 l.

I dati relativi al serbatoio di stoccaggio della soluzione commerciale di NaOH (C1-T-008) sono qui riassunti:

- Volume serbatoio di stoccaggio di NaOH: 30 l
- Grado di riempimento: 80%
- Peso della soluzione di NaOH stoccata per un anno: 33 kg

Le portate di NaOH sono iniettate direttamente in linea tramite una pompa dosatrice dedicata (C1-P-008) che riceve un segnale da un flussimetro (FT-006) e un analizzatore (AT-005) in modo da garantire il dosaggio desiderato.

Infine, **l'operazione di post-disinfezione** viene effettuata per evitare il proliferare di microorganismi nelle successive sezioni di distribuzione e stoccaggio e per assicurare un carattere sterile all'acqua destinata al consumo umano. Essa avviene tramite iniezione in linea di ipoclorito di sodio (NaClO). Al fine di assicurare una corretta miscelazione della soluzione di NaClO sarà necessario prevedere un miscelatore statico in linea (D3-C-001).

Il dosaggio della soluzione commerciale di NaClO sarà tale da garantire 0,1 ppm di cloro libero all'interno del flusso di acqua che andrà verso lo stoccaggio temporaneo [32].

Si è scelto di utilizzare una soluzione commerciale di NaClO al 12% in peso e con densità pari a 1210 kg/m<sup>3</sup>, conseguentemente si ottiene una portata oraria di soluzione commerciale di NaOH pari a 0.0006 l/h e un consumo annuo di soluzione pari a circa 2 l/anno.

Considerando uno stoccaggio aggiuntivo pari al 25% si ottiene un volume annuo di NaClO stoccata pari a circa 2,5 l. Ipotizzando un grado di riempimento del serbatoio di stoccaggio pari all'80% si ottiene un volume finale di stoccaggio pari a 3,5 l.

I dati relativi al serbatoio di stoccaggio della soluzione commerciale di NaClO (C1-T-009) sono qui riassunti:

- Volume serbatoio di stoccaggio di NaClO: 3,5 l
- Grado di riempimento: 80%
- Peso della soluzione di NaClO stoccata per un anno: 3 kg

Le portate di NaClO sono iniettate direttamente in linea tramite una pompa dosatrice dedicata (C1-P-009) che riceve un segnale da un flussimetro (FT-006) e un analizzatore (AT-005) in modo da garantire il dosaggio desiderato.

Una **pompa di circolazione** (D3-P-001A/B) è posta a valle del package di dissalazione (D2-X-001) ed è anch'essa posizionata sul cellar deck all'interno del container di dissalazione. Lavora in continuo a velocità costante durante le ore di funzionamento del dissalatore e il flusso è interrotto per il resto del tempo. Il package della pompa contiene un pressoflussostato che mantiene la pressione e la portata di mandata dalla pompa a valori pressoché costanti. La linea della pompa è completamente ridondata (2 x 100%).

La potenza fornita alla pompa (D3-P-001A/B) deve essere tale da imprimere una velocità di 1 m/s all'acqua di alimento, vincere le perdite di carico distribuite e localizzate e garantire una pressione sufficiente per l'immissione nel successivo serbatoio di stoccaggio (D3-T-001) al di sotto del pelo libero.

Per calcolare le perdite di carico si suppone:

- Una lunghezza complessiva del tubo pari a 20 m
- Una tubazione in acciaio con diametro pari a 3,5 cm
- Una velocità dell'acqua di alimento pari a 1 m/s
- La presenza di 1 miscelatore statico, 1 reattore a calcite, 5 valvole di sezionamento, 1 check valve, 1 valvola automatica completamente aperta, 1 entrata in serbatoio, 2 innesti per iniezione dei chimici in linea e, conservativamente, 4 curve a gomito di 90°.

Ipotizzando inoltre che la pompa di circolazione (D3-P-001A/B) abbia un rendimento energetico dell'80%, si ottiene che la pompa assorbe una potenza pari a 0,05 kW.

#### 4.2.5 Lavaggio delle membrane

Nonostante il processo di pre-trattamento, atto ad eliminare tutte le impurità che nel corso del processo di osmosi inversa andrebbero a depositarsi sulla superficie della membrana osmotica riducendo o addirittura impedendo la permeazione di acqua attraverso la membrana, tali fenomeni non possono essere evitati completamente e si reputa necessario un periodico lavaggio delle membrane, per ripristinare, almeno parzialmente, le prestazioni originarie.

In relazione al fenomeno fisico che produce il deposito di materia sulla superficie della membrana si distingue tra:

- Scaling: precipitazione di sali poco solubili

- Fouling: trasporto di materia particolata sulla superficie della membrana o crescita di materia biologica sulla sua superficie

Alcuni meccanismi di Scaling e Fouling sono considerati reversibili altri non lo sono.

Si rende necessario il lavaggio delle membrane se, rispetto alle prestazioni relative alle prime 48 ore di esercizio si riscontra [32]:

- Una produzione di permeato ridotta del 10%
- Un aumento delle perdite di carico lungo la linea del 15%
- Una diminuzione del 10% del salt rejection

Per effettuare l'operazione di lavaggio delle membrane è necessaria una vasca di lavaggio contenente una soluzione chimica specifica; l'acqua per tale soluzione può essere osmotizzata o anche acqua di mare già filtrata; in tale operazione oltre alle membrane ad osmosi inversa sono coinvolti anche i filtri a cartuccia (D1-F-004A/B) presenti.

Il lavaggio delle membrane consiste nelle seguenti operazioni [32]:

- Preparazione di una soluzione di lavaggio con caratteristiche chimiche specifiche per il tipo di fouling/scaling su cui si vuole agire e dal volume dipendente dalle dimensioni del modulo ad osmosi inversa; la soluzione in questione può essere anche preriscaldata se richiesto
- La sezione ad osmosi inversa dell'impianto viene messa fuori esercizio e vi si fa circolare, a pressione relativa nulla, la soluzione di lavaggio per circa 30 minuti continuamente. In questa fase non si dovrebbe produrre permeato, se presente in piccole quantità viene ricircolato nella vasca di lavaggio
- Si arresta il sistema di pompaggio e le membrane sono lasciate a contatto con la soluzione per alcune ore
- Infine si effettua un flussaggio del sistema in modo da allontanare i foulants ed eventuali residui solidi distaccatisi dalle membrane

Di seguito sono analizzate le diverse soluzioni chimiche da usare per il lavaggio delle membrane a seconda della specie chimica precipitata [32].

Incrostazioni da precipitazione di **carbonato di calcio** possono essere rimosse mediante lavaggio delle membrane con una soluzione acida a pH pari tipicamente a 1-2. Il pH in campo acido rende la soluzione aggressiva nei confronti del carbonato di calcio, e lo discioglie. La soluzione di lavaggio è resa acida tipicamente mediante il dosaggio di HCl, mentre l'impiego di H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> è da evitarsi in quanto incrementerebbe il rischio di precipitazione di CaSO<sub>4</sub>. Il tempo di contatto deve essere di 1-2 ore.

Le incrostazioni da **solfati** possono essere rimosse mediante lavaggio con soluzione alcalina (pH 12) ed Na<sub>4</sub>EDTA (EDTA tetrasodico). La soluzione è resa alcalina mediante dosaggio di NaOH.

Le incrostazioni da **silicati** possono essere rimosse mediante lavaggio con soluzione alcalina, a pH 12. Il pH è reso alcalino mediante il dosaggio di NaOH. Il tempo di contatto deve essere di 1-15 ore.

Le incrostazioni da **ferro** possono essere rimosse mediante lavaggio chimico con idrosolfito di sodio (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) a pH 5. Il tempo di contatto deve essere di 2-4 ore.

Nel campo della dissalazione di acqua di mare i foulants di maggior interesse sono i carbonati e i solfati, e in una certa misura anche il ferro, qualora il processo di coagulazione non sia effettuato

correttamente. Mentre le incrostazioni da carbonati sono facilmente rimovibili, quelle da solfati non lo sono, e pertanto relativamente a quest'ultimi le prestazioni originarie delle membrane sono difficilmente ripristinabili. Le incrostazioni da silicati sono difficilmente rimovibili poiché gli antiscalant non sono particolarmente efficaci nei confronti dei silicati. Il particulate Fouling è parzialmente reversibile mediante lavaggio a pH 12 con soluzione di NaOH .

Il Fouling provocato da **composti organici** quali **acidi umici e fulvici**, oppure **oli** può essere rimosso alternando una fase a pH 12 (ottenuta mediante dosaggio di NaOH) ad una fase a pH 2. Per incrementare l'effetto è possibile coadiuvare la fase a pH alcalino con Na<sub>4</sub>EDTA (EDTA tetrasodico) o, preferibilmente, Na-DDS (sodio dodecilsolfato). Lo sporco sulle membrane provocato da biofouling può essere rimosso mediante lavaggio a pH 13 con soluzione di NaOH, eventualmente coadiuvato da Na<sub>4</sub>EDTA (EDTA tetrasodico) o, preferibilmente, Na<sub>4</sub>DDS (sodio dodecilsolfato). È bene precisare che il Fouling (Particulate Fouling, Organic Fouling, Biofouling) è difficilmente ripristinabile.

### 4.3 Impianto fotovoltaico

Si prevede di installare un impianto fotovoltaico classico, ovviamente con le dovute accortezze relative all'installazione offshore, con i seguenti componenti:

- Pannelli fotovoltaici
- Centralina di controllo
- Inverter
- Trasformatore
- Ausiliari elettrici

La prima considerazione da fare riguarda il sistema di accumulo di energia da scegliere. Tale sistema risulta necessario quando la produzione di energia elettrica, da parte del campo fotovoltaico, risulta inferiore a quella richiesta dall'impianto di dissalazione, che, come è stato visto, lavora tutti i giorni ad una potenza costante e ha una produzione di permeato costante. Tale differenza fra energia prodotta ed energia richiesta è caratteristica dei mesi invernali, periodo in cui la radiazione solare è più scarsa e l'efficienza dei pannelli risulta peggiore. Le opzioni considerate per rispondere a tale deficit energetico sono due: installazione di un pacco batterie a bordo o il collegamento del sistema alla rete elettrica nazionale.

Il vantaggio della **prima opzione** è quello di rendere il sistema del tutto indipendente da vettori energetici esterni. C'è però da considerare che l'impianto deve essere installato off-shore, quindi il limitato spazio utile per il posizionamento del pacco batterie, il possibile deterioramento dei componenti in un ambiente corrosivo e soprattutto il limite relativo al carico massimo installabile a bordo. Inoltre, l'obiettivo di ridurre al minimo gli impatti ambientali durante tutte le fasi della vita del nuovo impianto, fa ricadere la scelta sulla seconda opzione. Infatti lo smaltimento del pacco batterie risulta ancora oggi complesso e il loro riciclaggio limitato e costoso.

La **seconda opzione** sfrutta il sistema elettrico nazionale come un vero e proprio accumulatore di energia; durante i periodi di deficit energetico (inverno) la rete elettrica nazionale fornisce l'energia elettrica necessaria al funzionamento costante dell'impianto di dissalazione, durante i periodi di surplus energetico (estate) invece il sistema fotovoltaico cede l'energia non sfruttata alla rete nazionale. Uno svantaggio di questa seconda opzione è la distanza della piattaforma dalla costa (18 km), che causa perdite dovute all'efficienza del cavo di trasporto. Per ovviare a ciò è richiesto infatti un opportuno cablaggio in modalità "scambio sul posto". Considerando la distanza di GREEN1 dalla costa, tale connessione avviene tramite un cavo sottomarino di lunghezza pari a circa 20 km. Il trasferimento avviene in corrente alternata (AC) e media tensione (15kV), per limitare appunto le perdite di efficienza durante il trasporto.

In questo lavoro, si opta dunque per il collegamento del sistema alla rete elettrica nazionale

Un primo dimensionamento dell'impianto fotovoltaico è stato effettuato utilizzando PlatApp, tool messo a punto da Andrea Marchese [11] e Francesco Silletti [12] durante i rispettivi lavori di tesi. Il programma è in grado di definire il numero di moduli fotovoltaici necessari, la loro disposizione sulla piattaforma e come questi debbano essere connessi tra loro e alla componentistica elettronica necessaria. Per quanto riguarda quest'ultima, il programma è in grado di calcolare la quantità di regolatori di carica e di inverter necessari al sistema e la configurazione in cui questi devono essere collegati.

Di seguito sono descritti i componenti dell'impianto fotovoltaico e ne sono motivate le scelte impiantistiche ed il dimensionamento.

#### 4.3.1 Pannelli fotovoltaici

Come già visto nel paragrafo 3.2 una delle risorse energetiche rinnovabili meglio sfruttabili al largo della costa adriatica è l'energia solare; di conseguenza i pannelli fotovoltaici sono il componente ideale per sfruttarla. Si prevede di installare il campo fotovoltaico sul deck più alto e l'unico esposto direttamente all'irradiazione solare, cioè il weather deck; il posizionamento avverrà massimizzando la superficie utile per la produzione di energia elettrica, con lo scopo di avere un surplus energetico durante i periodi di massima irradiazione solare.

Nella scelta dei pannelli fotovoltaici più adatti uno dei parametri dimensionanti è stata la resistenza degli stessi alle condizioni molto sfavorevoli (alta salinità e umidità) tipiche dell'ambiente offshore; tali condizioni infatti agiscono negativamente sulle prestazioni del campo diminuendone vertiginosamente sia il rendimento sia la vita utile. Sono stati scelti, dunque, dei pannelli solari monocristallini ad elevata efficienza; inoltre per essere installati in ambiente offshore, i pannelli devono essere certificati secondo lo standard IEC 61701 con livello 3, quindi idonei a lavorare in tali ambienti aggressivi. Per le caratteristiche tecniche dei pannelli selezionati si faccia riferimento alla scheda tecnica [36]. Di seguito si riportano invece le dimensioni dei pannelli, dati fondamentali per il loro corretto posizionamento sull'area disponibile del weather deck, unico deck esposto direttamente ai raggi solari.

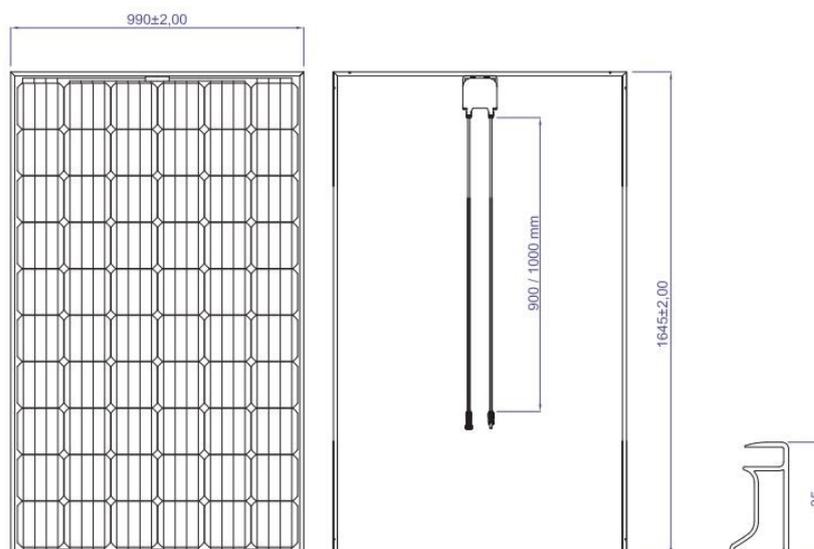


Figura 23: dimensioni pannelli Sunerg X-MAX 315 Wp

Il dimensionamento del campo fotovoltaico è stato effettuato sulla base dei dati riportati sulla scheda tecnica [36], i dati di radiazione solare e temperatura ambiente oltre alle dimensioni del weather deck

e dei pannelli (Figura 23). Sulla superficie disponibile è possibile installare 80 pannelli per una superficie fotovoltaica complessiva di circa 132 m<sup>2</sup>. Affinché il piano più esposto della piattaforma GREEN1 sia occupato il più omogeneamente possibile i pannelli sono disposti su 5 file parallele tra loro composte da un numero di pannelli variabile e distanziati fra loro di circa 2,2 m per evitare fenomeni di ombreggiamento e conseguente perdita di efficienza; inoltre la gru, quando non in movimentazione, verrà opportunamente posizionata a nord per non ombreggiare il campo.

Tutti i pannelli sono inclinati di un angolo di tilt pari a circa 34° rispetto all'orizzontale del deck, inclinazione necessaria per massimizzare l'incidenza della radiazione solare sui moduli fotovoltaici.

La disposizione sopra descritta è puramente geometrica, ed è quella che permette allo stesso tempo di massimizzare la superficie utile del weather deck della piattaforma ed evitare fenomeni di interferenza tra gli stessi, oltre che garantire le aree di passaggio per il personale e le vie di fuga. L'impianto così dimensionato è in grado di produrre complessivamente circa 33 MWh di energia in un anno.

#### 4.3.2 Inverter

La corrente in uscita da campo fotovoltaico è corrente continua (DC) e affinché venga commutata in corrente alternata (AC) ad una tensione idonea per essere inviata all'utilizzatore è necessaria l'installazione di un inverter a valle del campo fotovoltaico.

L'inverter è dotato di un sistema integrato di tracciamento della curva di massima potenza (MPPT) necessario per consentire al campo fotovoltaico di lavorare sempre nel punto ottimale in funzione delle condizioni variabili di irraggiamento e temperatura esterna. Infatti, quando l'irraggiamento solare varia le caratteristiche di carico che restituiscono la massima efficienza di trasferimento di potenza cambiano con essa. Il sistema MPPT quindi regola il carico in modo che l'efficienza del sistema sia ottimizzata e quindi anche il trasferimento di potenza.

Il dimensionamento degli inverter segue l'approccio "inverter per stringa", cioè ogni stringa, composta da 20 pannelli fotovoltaici, è indipendente dalle altre e ciò assicura una maggiore flessibilità nel caso di malfunzionamenti di una singola stringa.

I principali parametri della famiglia di inverter selezionata sono riportati nella scheda tecnica [37]. Di seguito sono riassunti i dati principali:

- Maximum DC input voltage: 900V
- Rated DC Input Power: 12000W
- Maximum DC input current 36A
- AC grid connection: trifase
- Rated AC grid voltage: 400V
- Maximum efficiency: 97,8%

Al fine di garantire la sicurezza dell'impianto, per ogni stringa è previsto un quadro di campo, composto da:

- Sistema SPD (Surge Protection Device) per la protezione dalle sovratensioni;
- Sezionatori per consentire il sezionamento del campo fotovoltaico in caso di necessità o manutenzione dello stesso in accordo alla norma CEI-64-8;
- Interruttore magnetotermico differenziale: sistema di sicurezza che interrompe il flusso di corrente nel caso di un'anomalia, come un cortocircuito.

L'intera struttura elettrica è riportata in Figura 24.

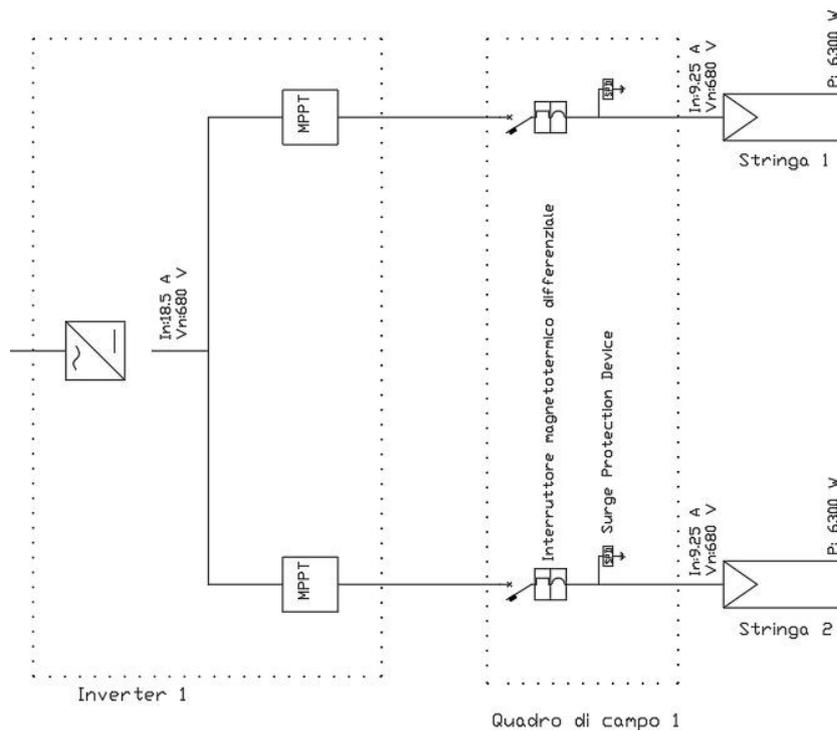


Figura 24: Diagramma unifilare Inverter, quadro di campo, stringa 1 e 2

### 4.3.3 Trasformatore

Il trasformatore ha il compito di variare la tensione della corrente in ingresso fino alla tensione desiderata.

La tensione è portata da bassa (400 V) a media (15 kV) in caso di cessione dell'energia prodotta dal campo fotovoltaico in uscita dagli inverter alla rete elettrica nazionale. La tensione è portata da media a bassa in caso di acquisto di energia elettrica dalla rete elettrica nazionale per l'alimentazione del package di dissalazione.

Tale trasformazione di tensione risulta necessaria poiché una tensione elevata garantisce un trasporto efficace riducendo le perdite di potenza distribuite lungo il cavo di collegamento a terra.

Anche in questo caso la scelta del trasformatore più adatto è dipesa dalle condizioni meteo-climatiche aggressive dell'ambiente off-shore. Infatti il trasformatore selezionato [38] ha una potenza pari a 50 kVA, è in resina, certificato in classe atmosferica E3, ovvero testato ad un'umidità mantenuta al di sopra del 95% ed una conducibilità dell'acqua tra i 3,6 S/m e 4 S/m secondo la IEC 60076-16. Tale certificazione assicura il corretto funzionamento dell'apparecchiatura anche in condizioni di utilizzo off-shore come nel caso in esame.

Poiché il trasformatore è realizzato interamente con materiali isolanti e ritardanti la fiamma ed autoestinguenti, esso è completamente esente da tutte le restrizioni che devono normalmente essere applicate alle apparecchiature infiammabili con pericolo di spandimento o propagazione del fuoco.

Al fine di proteggere ulteriormente il trasformatore dall'aggressività dell'ambiente nel quale è installato, esso viene fornito con un cassone metallico di protezione opportunamente dimensionato per garantire la corretta ventilazione naturale al fine di ottenere una temperatura di lavoro ottimale.

Il trasformatore è dotato di sensori per monitorare il corretto funzionamento dello stesso. È installata inoltre una centralina di controllo che comunica con le sonde di temperatura installate in tutte e tre le fasi lato bassa tensione. La centralina è dotata di una funzione di allarme generalmente settata a 140°C e una funzione di sgancio settata ad una temperatura di 150°C.

#### 4.3.4 Ausiliari elettrici

Sono presenti un contatore di energia monodirezionale subito a valle dell'inverter per la contabilizzazione dell'energia prodotta dal campo fotovoltaico e un contatore bidirezionale a valle delle utenze per la contabilizzazione dell'energia scambiata con la rete (Figura 25).

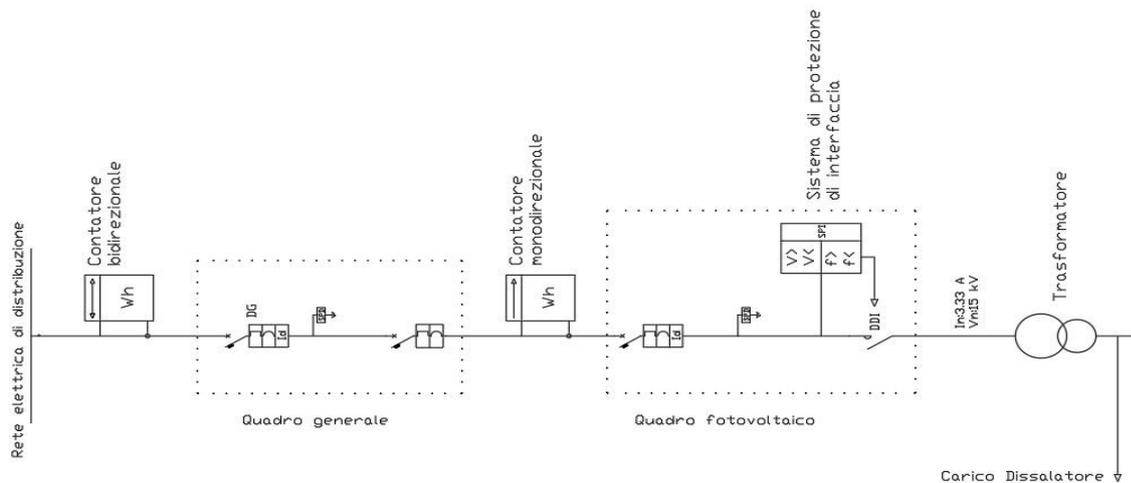


Figura 25: Diagramma unifilare trasformatore e ausiliari elettrici

Come indicato alla norma tecnica CEI 0-16, a monte del primo contatore (Figura 25) è installato un dispositivo di protezione di interfaccia (DDI) e, subito a valle del primo contatore un dispositivo generale (DG). In particolare, il DDI ha la funzione di separare l'impianto di produzione dalla rete di distribuzione evitando che:

- In caso di mancanza di alimentazione sulla rete, l'utente possa alimentare la rete stessa;
- In caso di guasto sulla linea BT o MT cui è connesso l'utente attivo, l'utente stesso possa continuare ad alimentare il guasto.
- In caso di richiuse automatiche o manuali di interruttori della rete di distribuzione il generatore possa trovarsi in discordanza di fase con la rete

Infine il DG ha l'obiettivo di sezionare ed assicurare la separazione dell'intero impianto dell'utente dalla rete.

#### 4.4 Stoccaggio del permeato

Il permeato, completata la fase di post-trattamento è pronto per essere consumato come acqua potabile; prima di ciò ne è previsto lo stoccaggio in piattaforma. Ciò, come è stato precedentemente sottolineato, avviene sia per assicurare una produzione di acqua dissalata anche durante un guasto lungo la linea (a monte della vasca di polmonazione) sia per assicurare una certa disponibilità di acqua potabile per le piattaforme riceventi in caso di fermo totale del sistema di dissalazione.

Ipotizzando che l'acqua prodotta sia prelevata settimanalmente e un grado di riempimento pari all'80%, si ottiene un volume necessario allo stoccaggio del permeato pari a 65 m<sup>3</sup>. Considerando la

distanza inter-deck, si suppone un'altezza massima del serbatoio di stoccaggio pari a 3 m e di conseguenza una superficie di base pari a 22 m<sup>2</sup>.

L'acqua stoccata è periodicamente prelevata da un'imbarcazione-cisterna che la distribuisce alle piattaforme limitrofe. Qualora la piattaforma in riconversione faccia parte di un cluster di piattaforme, è possibile ipotizzare l'installazione di un ombelicale che colleghi la piattaforma in riconversione alle piattaforme limitrofe.

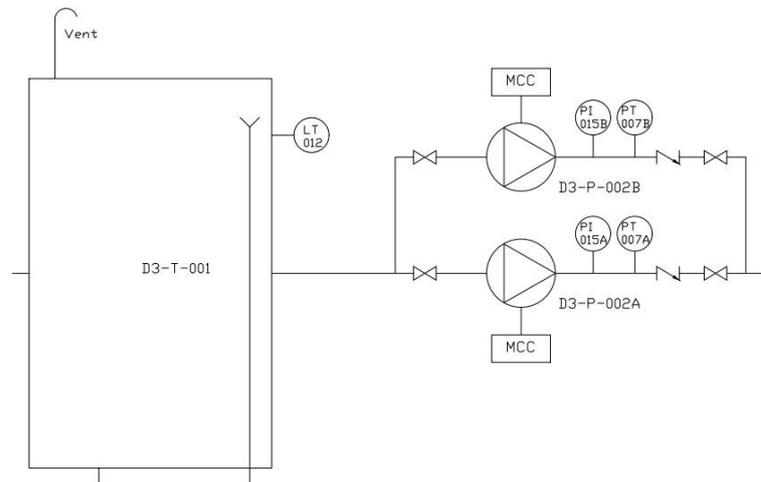


Figura 26: Dettaglio serbatoio di stoccaggio e pompa di mandata

La pompa di mandata (D3-P-002A/B) assicura la portata del permeato e imprime al fluido una velocità pari a 1 m/s; inoltre, deve essere sufficientemente potente da vincere le perdite di carico distribuite e localizzate e garantire una pressione sufficiente per l'immissione nel successivo serbatoio di destinazione al di sotto del pelo libero.

In particolare, si suppone:

- Una distanza tra le piattaforme pari a 200 m, plausibile considerando l'alta densità di installazioni offshore nel sito di riferimento preso in considerazione;
- Una tubazione in acciaio con diametro pari a 3 cm;
- Una velocità del permeato pari a 1 m/s;
- La presenza di 4 valvole di sezionamento, 2 check valve, 2 valvole automatiche completamente aperte, 3 entrate/uscite da serbatoi e, conservativamente, 8 curve a gomito di 90°.

Si ipotizza inoltre che la portata d'acqua massima da trasferire tra piattaforme sia pari alla portata oraria di permeato prodotto dal dissalatore (ovvero 0,88 m<sup>3</sup>/h). Ne risulta che la pompa di trasferimento del permeato richiede una potenza di 47 W, considerando un rendimento pari all'80%.

Anche il serbatoio di stoccaggio potrebbe costituire un collo di bottiglia per l'impianto in quanto elemento unico e non ridondato; un suo eventuale guasto renderebbe l'invio di acqua dissalata del tutto impossibile. Per tale motivo esso è dotato di un'opportuna loggia di controllo che ne assicura il buon funzionamento.

La logica di controllo del sistema di stoccaggio del permeato è schematizzata in Figura 27.

In particolare, sul serbatoio di stoccaggio del permeato sito sulle piattaforme in riconversione, è presente un sensore di livello (LT-007), che segue la logica di seguito descritta.

- Logica di controllo: in caso di livello “Alto”, si interrompe l’intero processo di dissalazione. Quando il serbatoio di stoccaggio di acqua potabile si sarà svuotato a sufficienza un segnale di livello “Basso” farà ripartire il processo di dissalazione.
- Logica di sicurezza: in caso di livello “Altissimo” si attiva l’arresto di emergenza del sistema. In caso di livello “Bassissimo” si arresterà la pompa di distribuzione del permeato (D3-P-002A/B) per evitare fenomeni di cavitazione e danneggiamento del componente stesso.

È inoltre presente un troppopieno per evitare il sovrariempimento del serbatoio.

Le piattaforme riceventi devono essere dotate di un serbatoio di stoccaggio proporzionale al loro fabbisogno dotate di logica opportuna: se il serbatoio sito sulla piattaforma ricevente registra un livello “Alto” viene inviato un segnale di stop alla pompa di distribuzione del permeato (D3-P-002A/B); se il serbatoio sito sulla piattaforma ricevente registra un livello “Basso” viene inviato un segnale di avvio alla pompa di distribuzione del permeato (D3-P-002A/B).

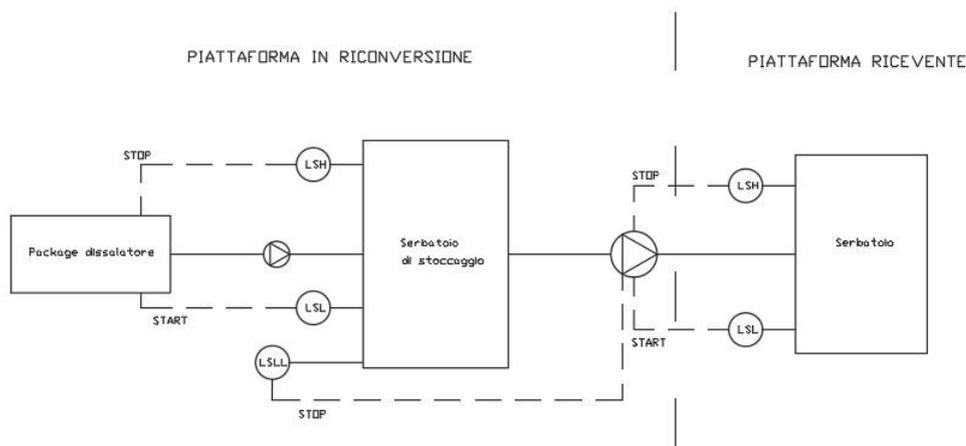


Figura 27: Logica di controllo del sistema di stoccaggio del permeato

#### 4.5 Sostanze utilizzate

L’impianto prevede la presenza di diversi stoccaggi di sostanze e/o composti chimici necessari per il processo, soprattutto il pre-trattamento dell’acqua di mare a monte del processo di dissalazione e il post-trattamento del permeato a valle del processo di dissalazione.

La prima sostanza chimica inserita nel circuito in fase di pre-trattamento è una soluzione di **ipoclorito di sodio** (NaClO) al 12% in peso, usato per la fase di preclorazione con effetto germicida. A condizioni ambiente si presenta come un liquido giallo o verde chiaro con il classico odore di cloro ed un pH tra il 12 ed il 13.

Una soluzione di **acido solforico** (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) al 93% in peso diminuisce il pH dell’acqua del Mar Adriatico pari a circa 8,5 e portarlo a 7,5 per migliorare la rimozione di sostanze organiche. Tale sostanza si presenta come un liquido chiaro quasi trasparente con un pH pari a 2.

Una soluzione di **cloruro ferrico** (FeCl<sub>3</sub>) al 40% in peso e un agente flocculante, il **Solisep MPT104**, promuovono la rimozione di sostanze organiche e inorganiche di tipo colloidale. Nello specifico la prima si presenta come un liquido di colore ambrato. La seconda si presenta come un liquido dall’odore leggero e dal colore che può andare dall’ambrato al marrone scuro.

Una soluzione di **bisolfito di sodio** (NaHSO<sub>3</sub>) al 33% in peso è utilizzata per l’operazione di dechlorazione. Tale soluzione ha un forte effetto riducente che incide sul contenuto di cloro e ossigeno e si presenta come un liquido giallo dall’odore pungente.

L'antiscalant è necessario per prevenire le incrostazioni sulle membrane; in particolare è stato scelto l'**Hypersperse MDC704I** che risulta un liquido trasparente dal leggero odore d'azoto.

Una soluzione di **idrossido di sodio** (NaOH) al 42% in peso è utilizzata nella fase di post-trattamento durante l'operazione di post-alcalinizzazione. Tale soluzione si presenta come un liquido chiaro e privo di odore.

Infine, la soluzione di **ipoclorito di sodio** (NaClO) precedentemente descritta è utilizzata anche per l'operazione di post-disinfezione.

Sono inoltre presenti stoccaggi di combustibile diesel per l'alimentazione della gru.

In Tabella 7 sono riportate le sostanze utilizzate, le corrispondenti quantità stoccate, i rischi ad esse associate e le modalità di stoccaggio.

Si specifica che i volumi di sostanza stoccata sono relativi al fabbisogno annuo dell'impianto in normale funzionamento. Nonostante ciò, per assicurare il buon funzionamento dell'impianto si considera di effettuare un controllo ed un'eventuale sostituzione degli stoccaggi ogni sei mesi. I volumi delle tanichette/cisternette sono sovradimensionati rispetto al volume di sostanza stoccata per garantire un grado di vuoto pari a circa il 20%.

Tutti gli stoccaggi sono posti all'interno del container di dissalazione, opportunamente arieggiato, e a ciascun serbatoio è associato un bacino di contenimento indipendente per contenere eventuali sversamenti e perdite.

*Tabella 7: Elenco delle sostanze e/o dei composti chimici utilizzati per il processo e per l'alimentazione degli ausiliari*

Sostanza	Volume stoccato	Frasi di pericolo	Tipologia di stoccaggio
NaClO	82,5 l	H290 – Può essere corrosivo per i metalli H314 – Provoca gravi ustioni cutanee e gravi lesioni oculari H410 – Molto tossico per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata	La sostanza è stoccata in una cisternetta da 100 L e deve essere mantenuta nel contenitore originale. È incompatibile con metalli. Non deve essere esposto direttamente a radiazione solare. La decomposizione di prodotti gassosi può causare sovrappressioni.
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	46 l	H314 – Provoca gravi ustioni cutanee e gravi lesioni oculari H290 – Può essere corrosivo per i metalli	La sostanza è stoccata in una tanichetta da 60 L e deve essere mantenuta nel suo contenitore originale. È incompatibile con le basi, i metalli leggeri e le sostanze inorganiche.
FeCl <sub>3</sub>	240 l	H314 – Provoca gravi ustioni cutanee e gravi lesioni oculari	La sostanza è stoccata in una cisternetta da 300 L e deve essere mantenuta nel

Sostanza	Volume stoccato	Fraresi di pericolo	Tipologia di stoccaggio
		H401 – Tossico per gli organismi acquatici	contenitore originale. È incompatibile con metalli e basi forti. Non deve essere esposto direttamente a radiazione solare.
Solisep MPT104	20 l	A questa sostanza non sono associate fraresi di rischio	La sostanza è compatibile con varie tipologie di contenitori.
NaHSO <sub>3</sub>	165 l	H302 – Nocivo per ingestione H313 – Può essere nocivo per contatto con la pelle H319 – Provoca grave irritazione oculare	La sostanza è stoccata in una cisternetta da 200 L. È incompatibile con acidi e agenti ossidanti. Non deve essere esposto direttamente a radiazione solare.
Hypersperse MDC704I	52 l	H290 – Può essere corrosivo per i metalli	La sostanza è stoccata in una tanichetta da 65 L. e deve essere mantenuta nel contenitore originale. È incompatibile con metalli e agenti fortemente ossidanti. Non deve essere esposto direttamente a radiazione solare.
NaOH	22,5 l	H314 – Provoca gravi ustioni cutanee e gravi lesioni oculari H402 – Nocivo per gli organismi acquatici.	La sostanza è stoccata in una tanichetta da 30 L. È incompatibile con acidi e metalli.

Di seguito si riporta una panoramica delle principali caratteristiche delle sostanze chimiche presenti, con particolare attenzione agli aspetti ambientali e di sicurezza.

L'**ipoclorito di sodio** (NaClO) è corrosivo per i metalli e può provocare irritazioni e lesioni cutanee ed oculari, va quindi trattato con la dovuta cautela e con le dovute precauzioni, in modo particolare durante il riempimento della linea. Se disperso in ambiente è inoltre molto pericoloso per la fauna acquatica, potendo causare danni gravi e/o cronici. È previsto un bacino di contenimento dedicato presso il serbatoio di stoccaggio per evitare la sua dispersione in mare in caso di perdita. In caso di rilascio incidentale l'ipoclorito di sodio deve essere raccolto con sostanze assorbenti. Sebbene la soluzione non sia combustibile, se esposta a fonti di calore anomale potrebbe liberare fumi tossici.

L'**acido solforico** (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) può provocare ustioni e irritazioni cutanee e oculari e va dunque trattato con le precauzioni riportate nella scheda tecnica. Occorre evitare esposizioni prolungate in luoghi chiusi poiché potrebbero causare all'insorgenza di forme tumorali. Non risulta particolarmente reattivo ma ne va evitata l'esposizione prolungata a raggi solari diretti e ad alte temperature; inoltre, se l'H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

entra a contatto con alcuni metalli (es. alluminio) può reagire pericolosamente e liberare idrogeno altamente infiammabile.

Il **cloruro ferrico** ( $\text{FeCl}_3$ ) va gestito con specifiche precauzioni per evitare lesioni cutanee ed oculari; in caso di contatto con pelle e/o occhi si consiglia un approfondito risciacquo. Se disperso in ambiente è inoltre molto pericoloso per la fauna acquatica; di conseguenza è previsto un eventuale bacino di contenimento in caso di perdite incidentali. La soluzione risulta stabile in condizioni normali ma ne è fortemente sconsigliata l'esposizione ad alte temperature e ai raggi solari diretti poiché si potrebbero formare vapori corrosivi. In caso di eventuali fuoriuscite, la sostanza va riassorbita con solidi inerti appositi.

Il **Solisep MPT104** risulta stabile in condizioni normali; può causare lesioni cutanee ed oculari ed i suoi vapori possono irritare il tratto superiore dell'apparato respiratorio. Se ne consiglia l'installazione in luoghi ventilati e, in caso di contatto con pelle o occhi, l'immediato lavaggio delle zone interessate. Nel caso di piccole perdite, il polimero risulta molto scivoloso e anche piccole quantità vanno risciacquate con acqua abbondante; in caso di grandi perdite, le fuoriuscite vanno contenute e assorbite con materiale inerte. Il contatto con basi forti può portare a violente reazioni chimiche esotermiche.

Il **bisolfito di sodio** ( $\text{NaHSO}_3$ ) può provocare gravi irritazioni oculari ed essere nocivo se a contatto con la pelle. Nel caso di contatto con pelle e/o occhi è consigliato un abbondante risciacquo e nel caso di inalazione e insorgenza di sintomi respiratori si consiglia di respirare area pulita. Non è infiammabile ma se esposto a fonti di calore anomale si decompone termicamente e genera prodotti nocivi per l'apparato respiratorio. In caso di un'eventuale perdita, la fuoriuscita va contenuta e raccolta da materiale inerte e da operatori opportunamente dotati di guanti ed occhiali protettivi.

L'**Hypersperse MDC704I** non è una sostanza pericolosa, sebbene manifesti un'azione corrosiva con alcuni metalli. La soluzione non è particolarmente pericolosa per pelle ed occhi, si consiglia comunque il risciacquo con acqua nel caso di un contatto. Se esposta a fonti di calore anomale, come in caso di incendio, porta alla formazione di gas nocivi. Eventuali fuoriuscite del materiale vanno contenute e riassorbite con materiale inerte da personale dotato di protezioni adeguate.

La soluzione di **idrossido di sodio** ( $\text{NaOH}$ ) può causare irritazioni cutanee ed oculari, in tal caso si consiglia un abbondante risciacquo con acqua ed un consulto medico. Inoltre, la sua decomposizione termica può portare alla formazione di vapori irritanti per l'apparato respiratorio, infatti l'uso di tale prodotto deve essere limitato ad ambienti ampi e ventilati. Nel caso di eventuali rilasci liquidi di sostanza, questa va contenuta tramite materiali assorbenti inerti da operatori dotati di opportune dotazioni di sicurezza.

#### 4.6 Caratterizzazione della salamoia e trattamento dei reflui

Il package dissalatore selezionato assicura un recovery factor pari al 25% (Paragrafo 4.2.1), di conseguenza la salamoia, prodotto di scarto dell'impianto, è costituita dal 75% dell'acqua di alimento, nello specifico la portata di salamoia sarà pari a  $22.5 \text{ m}^3/\text{giorno}$ .

La salamoia, dunque, consiste in acqua di mare concentrata e di conseguenza ad elevata salinità. Inoltre, sia a causa dei contaminanti preesistenti in mare, sia a causa del processo di pretrattamento, che, come specificato nel Paragrafo 4.2.3 sfrutta molti composti chimici, essa può includere vari metalli (rame, manganese, metalli alcalini, mercurio), anche rari, composti contenenti azoto (ammonia, nitrati), fosforo, selenio ed inquinanti organici [39]. Chiaramente la salinità e la composizione chimica della salamoia dipendono dalla chimica dell'acqua prelevata e dal tipo di processo di dissalazione e dalle sostanze usate durante la fase di pretrattamento.

Comunque, la presenza e la concentrazione di tali composti chimici e la sua elevata salinità la rendono potenzialmente dannosa per la flora e la fauna marina. Costituisce quindi una delle maggiori criticità del nuovo impianto, come si vedrà nell'analisi ambientale al Capitolo 7.

Ciò nonostante da un punto di vista legislativo lo scarico in mare del refluo della produzione dell'impianto non è normato (la salamoia è dunque scaricata in mare senza subire alcun trattamento). Di conseguenza in tale progetto si prevede di scaricare la salamoia in mare con le dovute accortezze di seguito analizzate.

Il potenziale impatto ambientale legato allo scarico in mare del concentrato è strettamente legato alla suscettibilità dell'ecosistema che popola la zona; alla destinazione d'uso della zona coinvolta dall'impatto (balneazione, pesca, acquacultura, tutela di particolari specie viventi, etc.); alle caratteristiche chimico-fisiche della salamoia in relazione a quelle del corpo idrico recettore, in particolare per quanto concerne temperatura, salinità e di conseguenza densità e viscosità; alle proprietà idrografiche del recettore, tra cui la batimetria e il regime di correnti; delle caratteristiche fisiche dello scarico.

Considerando il recovery factor dell'impianto pari al 25% e una concentrazione media dell'acqua di mare prelevata nel Mare Adriatico Settentrionale pari a 39000 ppm [24] si ottiene una concentrazione della salamoia rilasciata in mare pari a 51000 ppm.

Dal momento che GREEN1 è installata a 20 km dalla costa (oltre la tidal zone), è necessario sottolineare la scarsa capacità di dispersione posseduta dall'acqua di mare in questa zona; per compensare tale effetto e accelerare la dispersione della salamoia in mare [39] è richiesta l'installazione di un diffusore inclinato rispetto all'orizzonte, per evitare che la salamoia (più densa dell'acqua circostante) diffonda unicamente verso il fondale. È inoltre necessario che la velocità di sbocco del concentrato sia tra i 5 e gli 8 m/s per aumentarne la turbolenza e ottimizzarne il miscelamento [39]. Inoltre, per evitare un eventuale ripescaggio del concentrato scaricato e l'instaurarsi di un cortocircuito, è opportuno che il punto di scarico disti qualche decina di metri dal punto di pescaggio.

La portata del concentrato è assicurata dalla presenza di una pompa di scarico (D5-P-001A/B) dimensionata sia per vincere le perdite di carico distribuite e localizzate sia per garantire una velocità di efflusso pari a 5 m/s.

Considerando:

- Una lunghezza complessiva della tubazione pari a 72 m (22 m in verticale lungo il jacket e 50 m in orizzontale sul fondale del mare per garantire una distanza sufficiente dal punto di pescaggio)
- Una tubazione in acciaio con diametro pari a 5 cm
- Una velocità del permeato pari a 5 m/s
- La presenza di 3 valvole di sezionamento, 2 check valve, 1 valvola automatica completamente aperta, 1 entrata in serbatoio (ipotizzando lo sbocco in mare come lo sbocco in un serbatoio infinito) e 4 curve a gomito di 90°.

Si ipotizza inoltre che la portata d'acqua massima da scaricare in mare sia pari alla portata oraria di concentrato prodotto dal dissalatore (ovvero 2,64 m<sup>3</sup>/h). Ne risulta che la pompa di scarico della salamoia (D5-P-001A/B) richiede una potenza di 0,57 kW, considerando un rendimento pari all'80%.

Come già accennato in precedenza, gli impianti dissalatori non rientrano tra i progetti da sottoporre a valutazione di impatto ambientale prima di entrare in funzione e non vi è espresso divieto di scaricare in mare i prodotti chimici utilizzati in varie fasi del processo di dissalazione.

La tabella 3 allegato 5 parte III del d.lgs. 152/2006, che evidenzia i parametri che devono rispettare gli scarichi industriali in mare, contiene una deroga (vedi nota n. 3 alla citata tabella) per i cloruri; dunque, un aumento indiscriminato della salinità del corpo idrico recettore è esplicitamente tollerato.

La normativa internazionale è più specifica. In Tabella 8 sono riportate le normative di riferimento delle nazioni in cui lo scarico a mare della salamoia è regolamentato e i corrispondenti valori limite.

Si ricorda tuttavia che queste normative non si applicano agli impianti qui in analisi.

*Tabella 8<sup>2</sup>: Normative di riferimento, in vigore nelle nazioni dove sono presenti grandi impianti di dissalazione ad osmosi inversa, per lo scarico a mare della salamoia. I valori limite sono espressi in funzione della salinità del corpo idrico recettore in termini percentuali, solo in un caso il limite è assoluto*

Nazione-autorità	Anno	WQ standard-limite di salinità	Regione di rispetto (diametro dal punto di scarico)	Fonte
US Epa	-	$\Delta\text{Salmax} \leq 4 \text{ g/L}$	-	Linee guida US EPA
Oman	2005	$\Delta\text{Salmax} \leq 2 \text{ g/L}$	300m	Sultanato dell'Oman, MD 159/2005
Western Australia	-	$\Delta\text{Salmax} < 5\%$	-	Linee Guida Western Australia
Oakjee Port, Australia	-	$\Delta\text{Salmax} \leq 1 \text{ g/L}$	-	The Waters of Victoria State Environment Protection Policy
Perth, Australia	2002	$\Delta\text{Salmax} \leq 1,2 \text{ g/L}$ $\Delta\text{Salmax} \leq 0,8 \text{ g/L}$	D1=50m D2=1000m	WEC
Sydney, Australia	2000	$\Delta\text{Salmax} \leq 1 \text{ g/L}$	50-75m	ANZECC
Gold Coast, Australia	2006	$\Delta\text{Salmax} \leq 2 \text{ g/L}$	120m	GCD Alliance
Okinawa, Giappone	-	$\Delta\text{Salmax} \leq 1 \text{ g/L}$	Mixing zone	Okinawa Bureau for Entreprises
Abu Dhabi, EAU	2008	$\Delta\text{Salmax} < 5\%$	Mixing zone	Kastner
Spagna	2011	$\Delta\text{Salmax} < 5\%$	-	Ministero spagnolo per l'ambiente

I reflui derivanti dall'operazione di flocculazione, dal reattore a calcite e dal lavaggio delle membrane del dissalatore ad osmosi inversa sono stoccati nel closed drain vessel (D4-T-001).

<sup>2</sup> Studio di Impatto Ambientale, Politecnico di Milano  
[https://www.politesi.polimi.it/bitstream/10589/88241/3/2013\\_dicembre\\_Capella\\_giorgetti.pdf](https://www.politesi.polimi.it/bitstream/10589/88241/3/2013_dicembre_Capella_giorgetti.pdf)

Lo svuotamento del serbatoio (drain vessel), in caso di segnale di alto livello, avviene tramite un vessel cisterna dedicato per lo stoccaggio e il trasporto dei fanghi di scarto del processo di dissalazione. Considerando le quantità esigue attese di fanghi derivanti dal processo di flocculazione all'interno della vasca, l'operazione di svuotamento è attesa all'incirca con scadenza semestrale. Il segnale di alto livello del drain vessel è tarato in modo tale che il vessel cisterna raggiunga la piattaforma prima del completo riempimento del serbatoio.

In ultima battuta, e seguendo lo spirito "green" del progetto, è interessante fare un accenno a come la salamoia, unico scarto del sistema e unica attività con un impatto ambientale considerevole, come si vedrà nel Capitolo 7, possa essere valorizzata per il recupero di sostanze utili, di metalli rari o per l'acquacultura di specie resistenti all'alta salinità, per la produzione di biomassa o energia.

Prima di ulteriori processi è necessario minimizzare il volume della salamoia e aumentarne la concentrazione, utilizzando principalmente delle membrane o energia termica [40]. Di seguito una lista delle principali tecnologie che possono essere utilizzate per trattare la salamoia.

La **vacuum membrane distillation** sfrutta delle membrane spugnose che catturano la salamoia ed assicurano un'elevata superficie di contatto con l'ambiente esterno favorendo un'elevata evaporazione dell'acqua rimanente nella salamoia.

L'**osmosi diretta ritardata da pressione (PRO)** è una tecnologia che, utilizzando una membrana semipermeabile, sfrutta l'energia del gradiente salino risultante dalla differenza di concentrazione di sale ai due lati della membrana trasformandolo in energia di pressione; infatti, il flusso di salamoia subisce un aumento di pressione che viene sfruttato in una turbina idroelettrica.

Un'altra tecnologia, oggi consolidata, è la **cella di desalinizzazione microbica (MDC)** che può trasformare l'energia stoccata nella salamoia sotto forma di energia chimica in un'energia più nobile che può essere sfruttata dall'impianto ad osmosi inversa. Come tutte le celle a combustibile anche questa è suddivisa in tre zone: l'anodo causa la rottura dei legami chimici, grazie ai batteri contenuti nell'acqua di mare, ed avvia il passaggio di elettroni che si completa al catodo. Inoltre, la parte centrale della cella facilita l'eliminazione del sale dalla salamoia.

**Electrodialysis (ED), electrodialysis reverse (EDR) ed electrodialysis metathesis** sono processi che portano alla diminuzione del volume della soluzione e alla rimozione degli ioni contenuti in essa. La tecnologia è basata sull'uso di una membrana e del potenziale elettrico che si crea ai due lati di essa. Il processo permette il movimento di anioni e cationi attraverso la membrana che non è permeabile all'acqua.

La tecnologia più promettente e basata sull'utilizzo di energia termica è invece la **distillazione multistadio**; è una tecnologia usata per la dissalazione ma risulta efficiente anche con la salamoia e permette di recuperare un'ulteriore quantità di acqua. Consiste nel susseguirsi di stadi a diversa pressione in cui viene pompata la salamoia preriscaldata; in ogni stadio il liquido è ad una temperatura più alta della temperatura di ebollizione relativa alla pressione dello stadio e quindi una parte di acqua evapora e viene separata.

Infine, dalla salamoia, è possibile recuperare dei metalli rari ed utilizzabili in altri ambiti e ciò comporta anche una purificazione della salamoia stessa. Le metodologie di estrazione di metalli alcalini come sodio, magnesio, potassio includono la precipitazione, l'adsorbimento, lo scambio ionico e la separazione con membrane. Tali tecnologie devono tuttavia interfacciarsi con la piccola concentrazione di tali metalli nella salamoia e gli alti costi di applicazione.

Nonostante gli ingenti costi di applicazione delle suddette tecnologie, una futura implementazione delle stesse deporrebbe a favore della sostenibilità dell'impianto e la loro installazione è possibile in una fase di sviluppo futura dell'impianto qui trattato.

#### 4.7 Modi di funzionamento

In tale paragrafo sono analizzati tutti i modi di funzionamento previsti e diversi dalla normale operazione di produzione di acqua dissalata.

Infatti per produrre 7550 l/giorno di acqua potabile e ottenere, su base annua, un surplus energetico, dovuto al campo fotovoltaico, il sistema installato deve produrre energia per un tempo pari a circa 8,5 h/giorno. Ciò significa che il sistema ogni giorno avrà una fase di avviamento ed una di spegnimento. Inoltre, nel caso di guasti o manutenzione (prevista durante ogni anno operativo) avranno luogo uno spegnimento prolungato, con caratteristiche di seguito riportate e un primo avviamento.

Di seguito sono elencati tutti i modi di funzionamento previsti per l'impianto progettato.

##### 4.7.1.1 Avviamento

Al primo avviamento del sistema è necessario che tutte le valvole siano contestualmente aperte o chiuse e che le pompe siano tutte funzionanti. I prodotti chimici delle linee di pre-trattamento e post-trattamento devono essere in posizione e collegati alla linea. Non vi devono essere perdite né lungo la linea principale né sulle linee di iniezione dei chimici ausiliari.

In fase di avviamento, si prevede che il serbatoio di stoccaggio dell'acqua potabile (D3-T-001) sia disconnesso e l'acqua prodotta sia scaricata in mare tramite la linea di scarico finché gli analizzatori posti sulla linea non abbiano terminato il transitorio di accensione e non garantiscano che la composizione dell'acqua sia entro i limiti di accettabilità. Quando queste condizioni sono entrambe rispettate è possibile allineare il serbatoio di stoccaggio dell'acqua potabile (D3-T-001) e procedere con il dispacciamento del prodotto.

Le operazioni di allineamento delle valvole manuali e la connessione degli innesti di chimici devono essere effettuate in sito. Il controllo del segnale di uscita dagli analizzatori e la movimentazione delle valvole automatiche possono essere gestiti in remoto.

##### 4.7.1.2 Spegnimento prolungato

Nell'eventualità di dover arrestare il sistema per un tempo prolungato nel caso di manutenzione o durante la fase di svuotamento del serbatoio contenente i fanghi del pre-trattamento (D4-T-001), è necessario prevedere un drenaggio del sistema ed il preventivo completo riempimento del serbatoio di stoccaggio del permeato, per assicurare la quantità di acqua potabile richiesta dall'utenza per una settimana.

Inoltre, dopo un'inattività medio-lunga dell'impianto di dissalazione, le impurità presenti nel dissalatore tendono a depositarsi sulla superficie filtrante delle membrane riducendone l'efficienza; è dunque consigliato, a valle dello spegnimento, un'operazione di flussaggio a bassa pressione che effettua un lavaggio dell'impianto eliminando l'acqua ad elevata salinità depositatasi.

##### 4.7.1.3 Black-out

Il black-out completo si verifica quando vi è un'improvvisa assenza di produzione di energia elettrica dai pannelli fotovoltaici e contemporanea mancanza di energia disponibile dalla rete elettrica nazionale. In tali condizioni tutti i carichi elettrici non sono più alimentati e le pompe entrano in fase di blocco così da fermare sia il flusso di acqua di alimento sia la portata di permeato. Si attiva un sistema alimentato dall'UPS (sistema analizzato al paragrafo 4.11) di bordo che riporta la segnalazione di black-out alla technical control room e consente di spegnere in modo sicuro il sistema e di riaccendere le luci

di segnalazione e i sistemi di telecomunicazione. Nell'eventualità in cui il sistema non sia in grado di riavviarsi automaticamente una volta risoltosi il black-out, è richiesto l'intervento in loco di un operatore. Con lo scopo di perseguire l'idea di minimo impatto ambientale dovuto alla nuova installazione, a bordo non sono previsti sistemi di alimentazione diesel o gruppi elettrogeni; l'unico vettore energetico presente è l'energia elettrica.

#### *4.7.1.4 Deficit e surplus energetico*

In caso di surplus energetico prodotto dai pannelli fotovoltaici esso è inviato direttamente in rete, mentre in caso di deficit energetico l'energia necessaria ad alimentare l'impianto di dissalazione è prelevata dalla rete. L'obiettivo annuo è quello di ottenere un bilancio energetico con la rete elettrica nazionale positivo e rendere l'intero sistema sostenibile dal punto di vista energetico.

#### *4.7.1.5 Malfunzionamenti lungo la linea*

I punti più critici della linea di dissalazione sono costituiti dai filtri e dalle pompe (pescaggio, circolazione e distribuzione); i filtri sono equipaggiati con controlli di pressione differenziali e le pompe sono equipaggiate con pressostati sulla mandata. I componenti più critici che possono, in caso di malfunzionamento mandare in blocco l'impianto, sono ridondati.

Un eventuale malfunzionamento di una pompa o l'ostruzione di un filtro è segnalato in sala di controllo e prevede l'avvio del componente ridondato, in modo da non interrompere la produzione anche durante la manutenzione. Il componente da mantenere può essere intercettato grazie alle valvole manuali, poste a monte e a valle dello stesso.

Discorso diverso si ha invece per la vasca di polmonazione, il cui malfunzionamento porterebbe ad uno stallo dell'intero sistema a valle di essa. Per ovviare a ciò è installato il serbatoio di stoccaggio del permeato, che assicura un'autonomia pari ad una settimana.

#### *4.7.1.6 Start-up e shut-down quotidiani*

Si prevede che il sistema sia operativo per 8,5 h al giorno: sono dunque previste delle fasi di spegnimento ed avviamento quotidiane, controllate da remoto e che non richiedono interventi in loco dell'operatore.

L'avvio quotidiano è preceduto da un transitorio durante il quale il serbatoio di stoccaggio dell'acqua potabile (D3-T-001) è disconnesso e l'acqua prodotta è scaricata in mare finché gli analizzatori posti sulla linea non arrivino a regime e finché la composizione dell'acqua non sia entro i limiti di accettabilità. Quando queste condizioni sono entrambe rispettate è possibile allineare il serbatoio di stoccaggio dell'acqua potabile (D3-T-001) e procedere con il dispacciamento del prodotto.

Lo spegnimento del sistema a fine giornata prevede lo spegnimento del package dissalazione e la chiusura della linea di pescaggio. Resta disponibile l'utilizzo della linea di distribuzione per il dispacciamento dell'acqua potabile alle piattaforme limitrofe.

#### *4.7.1.7 Maggiore richiesta di acqua dissalata*

Nell'eventualità di una maggiore richiesta di acqua dissalata dalle piattaforme circostanti (es. a causa di un'inusuale presenza di operatori a bordo) è possibile far lavorare l'impianto più del tempo stimato sfruttando appieno l'energia prodotta dal fotovoltaico (senza immissione del surplus in rete). Qualora l'energia da fotovoltaico non risultasse disponibile o sufficiente, si può procedere all'acquisto di energia dalla rete elettrica nazionale ed operare l'impianto di dissalazione in continuo per il tempo necessario.

#### 4.8 Logica di controllo

L'installazione di sistemi che assicurino una precisa logica di controllo è legata al terzo punto della metodologia seguita per la progettazione (Paragrafo 2.2). Per logica di controllo si intende un sistema intelligente di sensori ed attuatori che tutelino il corretto funzionamento del sistema durante la fase produttiva e che assicurino una risposta veloce ed efficace a condizioni fuori specifiche o a malfunzionamenti. Nel Paragrafo 4.2 è stata accennata la logica di controllo dei macro-componenti del sistema di dissalazione ed è stato chiarito il funzionamento dei sensori e degli attuatori installati.

In tale Paragrafo invece è fatto un punto generale sulla logica di controllo che governa l'intero sistema.

I **prodotti chimici**, come specificato ai paragrafi 4.2.3 e 4.2.4, sono stoccati in appositi serbatoi collegati al sistema di dissalazione tramite linee di innesto e pompe dosatrici. La sensoristica installata sui sistemi di innesto dei chimici è necessaria per assicurare il dosaggio corretto del prodotto, in modo da evitare la produzione di acqua fuori specifica. Per tutte le linee di innesto dei chimici il funzionamento è il medesimo ed è qui di seguito descritto nei dettagli.

Le pompe dosatrici sono regolate da:

- un flussimetro posto a monte dell'innesto, per garantire il giusto dosaggio di sostanza/composto chimico in funzione della portata d'acqua trattata: all'aumentare della portata d'acqua aumenterà la portata di sostanza/composto chimico e viceversa.
- un analizzatore posto a valle dell'innesto, per garantire che ci siano le giuste condizioni chimiche e controllare retroattivamente il dosaggio: se la concentrazione di composto/sostanza chimica aumenta oltre il limite ottimale la pompa dosatrice rallenterà fino a fermarsi completamente finché il composto/sostanza chimica non sarà stato opportunamente diluito.

Il serbatoio di stoccaggio del composto/sostanza chimica è equipaggiato con un Livellostato che quando il livello scende oltre il limite consentito invia un segnale di "Basso livello" alla pompa dosatrice, la quale si arresta per evitare problemi di cavitazione. Inoltre un segnale di "basso livello" rende nota la necessità di sostituzione del serbatoio.

Due valvole manuali sono poste a monte e valle della pompa dosatrice per consentire le operazioni di manutenzione dei componenti e di sostituzione del serbatoio di stoccaggio in caso di esaurimento. Una valvola di non ritorno sulla mandata della pompa è necessaria a bloccare eventuali flussi inversi.

In Figura 28 è rappresentato un esempio di logica di innesto di prodotto chimico lungo il processo di dissalazione.

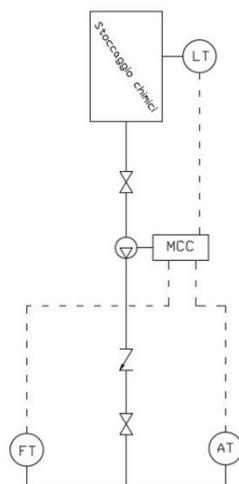


Figura 28: Esempio di logica di innesto di chimici sulla linea di dissalazione

I **filtri** sono equipaggiati da un controllo di pressione differenziale, che misurano la differenza di pressione fra monte e valle del componente:

- Un'elevata differenza di pressione tra monte e valle del filtro indica l'ostruzione parziale o totale dello stesso e dunque la necessità di operazioni di pulizia per evitare il malfunzionamento della pompa a valle;
- Una bassa differenza di pressione tra monte e valle del filtro indica la rottura parziale o totale dello stesso e dunque la necessità di sostituirlo per evitare il danneggiamento dei componenti a valle e la produzione di acqua fuori specifica.

I filtri sono infatti fra i componenti più delicati e che causano le perdite di pressione maggiori lungo la linea, soprattutto nel caso di ostruzione.

Il filtro sull'aspirazione della pompa di pescaggio (D1-F-001A/B) e il filtro a cartuccia (D1-F-004A/B) sono ridondati (2 x 100%). In caso di un loro malfunzionamento è possibile utilizzare la linea spare per consentire il prosieguo della produzione di acqua dissalata. Per il filtro sull'aspirazione della pompa di pescaggio (D1-F-001A/B), il segnale del pressostato differenziale DPT-001A/B chiude la on/off valve D1-XV-001A e apre la D1-XV-001B. Per il filtro a cartuccia (D1-F-004A/B) il segnale del pressostato differenziale DPT-004A/B arresta la pompa duty D1-P-003A e attiva la pompa spare D1-P-003B.

In caso di danneggiamento dei filtri D1-F-002 e D1-F-003 lungo la linea di dissalazione a valle della vasca di polmonazione, per consentire le operazioni di manutenzione è necessario interrompere l'intero processo di dissalazione. Resta comunque possibile la distribuzione dell'acqua potabile già dissalata grazie alla presenza del serbatoio di stoccaggio a valle dell'intero processo.

Le **pompe** sono equipaggiate da pressostati posti sulla mandata:

- Un'elevata pressione indica una valvola chiusa sulla mandata della pompa o un malfunzionamento della stessa (overrunning);
- Una bassa pressione indica una rottura/ostruzione sulla linea di aspirazione/mandata della pompa o un malfunzionamento della stessa.

Tutte le pompe dell'impianto sono completamente ridondate (2 x 100%) fatta eccezione per la pompa ad alta pressione D2-P-001 che è parte del package di dissalazione. Un malfunzionamento di una qualsiasi delle pompe infatti causerebbe la perdita di produzione dell'intero impianto.

In caso di malfunzionamenti legati a tutte le pompe ad eccezione della D2-P-001, per consentire il prosieguo della produzione di acqua dissalata è possibile utilizzare la linea spare. Il segnale del pressostato a valle della pompa o del Motor Control Center (MCC) arresta la pompa duty e attiva la rispettiva pompa spare.

In caso di malfunzionamenti legati alla pompa di alta pressione (D2-P-001), per consentire le operazioni di manutenzione è necessario interrompere l'intero processo di dissalazione. Resta comunque possibile la distribuzione dell'acqua potabile già dissalata grazie alla presenza del serbatoio di stoccaggio a valle dell'intero processo.

L'installazione di valvole manuali poste a monte e valle di ciascun filtro e ciascuna pompa assicura la possibilità di selezionare il componente in questione, nel caso sia richiesta manutenzione. Sono inoltre installate anche valvole di non ritorno sulla mandata delle pompe e a valle dei filtri per evitare un flusso inverso lungo la linea e attraverso tali componenti.

In caso di malfunzionamenti legati **alla linea di pescaggio**, per effettuare le operazioni di manutenzione è sufficiente chiudere la D1-XV-002, posta direttamente a monte della vasca di polmonazione, intercettando unicamente la linea di pescaggio e consentendo il prosieguo delle operazioni di dissalazione grazie alla presenza della vasca di polmonazione.

In caso di malfunzionamenti legati alle **linee di circolazione**, per consentire le operazioni di manutenzione è necessario interrompere l'intero processo di dissalazione. Resta comunque possibile la distribuzione dell'acqua potabile già dissalata grazie alla presenza della D3-XV-001 e del serbatoio di stoccaggio a valle dell'intero processo.

In caso di malfunzionamenti legati alla **linea di distribuzione dell'acqua potabile**, per consentire le operazioni di manutenzione è necessario arrestare le pompe D3-P-002A/B e chiudere le rispettive valvole manuali per intercettare unicamente la linea di distribuzione. Le operazioni di pescaggio e il processo di dissalazione sono consentite grazie alla presenza della vasca di polmonazione e del serbatoio di stoccaggio dell'acqua potabile.

La determinazione di una logica di controllo ben precisa e dettagliata risulta di fondamentale importanza per il corretto funzionamento dell'impianto. Eventuali falle nella logica di controllo saranno messe in luce soprattutto dall'analisi di sicurezza condotta (Capitolo 6).

#### 4.8.1 Arresto di emergenza

Per arresto di emergenza si intende il completo blocco di tutti i sistemi, le uniche azioni consentite sono:

- Proseguire le operazioni di pescaggio fino al raggiungimento del limite di livello superiore della vasca di polmonazione (D1-T-001);
- Proseguire le operazioni di distribuzione dell'acqua potabile fino al raggiungimento del limite di livello inferiore del serbatoio di stoccaggio dell'acqua potabile (D3-T-001);
- Svuotare l'impianto tramite la pompa di scarico della salamoia (D5-P-001A).

Un totale arresto del sistema è previsto nei pochi casi seguenti:

- Gli analizzatori AT-001B, AT-006 e AT-007 segnalano acqua fuori specifica: il primo è installato a valle della vasca di polmonazione, gli altri due invece sono posizionati rispettivamente a monte del serbatoio di stoccaggio e a monte della pompa di mandata. Una loro attivazione quindi segnala la produzione, lungo l'intera linea di acqua specifica e quindi porterebbe ad un arresto di emergenza, con seguente drenaggio del sistema e manutenzione;

- I sensori di livello restituiscono un livello altissimo e/o bassissimo: in questo caso un livello altissimo costituirebbe un pericolo di perdite e sversamenti, invece un livello bassissimo porterebbe ad una produzione fuori specifica nel caso degli stoccaggi di chimici e alla cavitazione delle pompe nel caso, ad esempio, della vasca di polmonazione;
- I sensori di pressione di componenti estremamente importanti come quello del package dissalatore (PT-004) o i sensori di pressione differenziale dei componenti non ridondati (DPT-002, DPT-003) restituiscono un segnale di allarme, quindi, contestualmente, una pressione troppo alta o troppo bassa: per tali componenti non è prevista una linea spare e di conseguenza un loro malfunzionamento bloccherebbe l'intero processo.

Tutte le cause che portano ad un arresto di emergenza, comunque, sono riportate nello specifico nell'**Allegato 3** contenente le matrici causa-effetto. Queste sono appunto delle matrici che documentano la reazione del sistema (effetto) ad un guasto o ad un incidente avvenuto nell'impianto (causa).

L'arresto di emergenza prevede le azioni riportate in Tabella 9

*Tabella 9: Arresto di emergenza del sistema*

Shutdown del sistema	
stop	
	D1-P-002
	D1-P-003
	D2-P-001
	D3-P-001
	C1-P-002
	C1-P-003
	C1-P-004
	C1-P-005
	C1-P-006
	C1-P-007
	C1-P-008
	C1-P-009
Close	D3-XV-001

Si prevede dunque di bloccare la pompa di alta pressione (D2-P-001), tutte le pompe di circolazione e quelle dosatrici dei chimici, tranne quella dell'ipoclorito di sodio; tale linea è infatti installata prima della vasca di polmonazione, che durante l'arresto di emergenza può stoccare, fino al riempimento, l'acqua prelevata. Inoltre viene chiusa la valvola manuale (D3-XV-001) che isola il tank di stoccaggio del permeato e la linea di mandata.

#### 4.9 Manutenzione

Nel presente paragrafo sono riportate le principali linee guida previste per l'attività manutentiva dei componenti installati nella configurazione post-riconversione; non sono linee guida di dettaglio, che considerano manuali di uso e manutenzione dei singoli equipment, ma solo delle linee guida di corretta manutenzione, sviluppate durante la fase di progettazione.

Le cisternette contenenti i chimici al servizio delle sezioni di pre-trattamento e post-trattamento del package di dissalazione sono i componenti più delicati e critici, a causa del pericolo di sversamento in ambiente e poiché l'assenza o il malfunzionamento di uno di essi porterebbe o alla produzione di acqua fuori specifica o all'arresto totale dell'impianto. Per tale motivo è prevista una sostituzione delle

cisternette a scadenza annuale, esse verranno movimentate per mezzo della gru sfruttando l'apposita laydown area del Cellar deck. Le taniche vuote verranno riconsegnate al fornitore delle stesse per garantire la bonifica e il riutilizzo. Inoltre, per verificare il corretto consumo dei chimici e l'integrità strutturale delle cisternette, è prevista un'ispezione visiva con scadenza semestrale.

Contestualmente all'ispezione dei chimici è consigliata un'ispezione visiva del piping e dei componenti rotanti (pompe di circolazione, pompe di pescaggio e pompe di trasferimento) oltre che dei principali serbatoi stoccaggio quali vasca di polmonazione, drain vessel, serbatoio di stoccaggio del permeato.

I pannelli fotovoltaici costituiscono un elemento particolarmente delicato, in modo particolare nel caso dell'installazione off-shore considerata; eventuali stratificazioni di polveri, salamoia o altri detriti, sulla superficie dei pannelli ridurrebbe la loro efficienza e di conseguenza ridurrebbe la produttività del sistema. Per tale motivo è consigliata un'attività di pulizia e lavaggio dei pannelli, a scadenza mensile e durante le ore notturne, sia per non intaccare la producibilità dell'impianto sia per evitare il rischio di elettrocuzione dell'operatore.

Contestualmente con le attività di pulizia si prevede un controllo funzionale di tutte le apparecchiature elettriche installate sulla piattaforma GREEN1 quali:

- Quadri di gestione del campo fotovoltaico;
- Inverter;
- Connessioni elettriche.

#### 4.10 Sistema antincendio

Ai sensi del D.P.R n. 151 del 1° agosto 2011 [41], l'installazione di un impianto fotovoltaico potrebbe comportare un aggravio del preesistente rischio di incendio in termini di:

- Interferenza con il sistema di ventilazione dei prodotti della combustione;
- Ostacolo alle operazioni di raffreddamento/estinzione di tetti combustibili;
- Rischio di propagazione delle fiamme all'esterno o verso l'interno del fabbricato.

Nel caso della piattaforma GREEN1 e del nuovo sistema di dissalazione non sono presenti stoccaggi di sostanze infiammabili e la struttura è composta da materiali non combustibili (i deck di GREEN1 sono in metallo); per tali ragioni non si ritiene necessaria l'installazione di un sistema antincendio dedicato.

Ugualmente per il trasformatore, considerando che è realizzato interamente con materiali solanti, ritardanti la fiamma e autoestinguenti, esso è completamente esente da tutte le restrizioni che sono normalmente applicate alle apparecchiature infiammabili.

Inoltre, essendo il fluido principalmente trattato dell'impianto di dissalazione acqua e considerando che i chimici necessari al sistema sono stoccati in quantità minime e non infiammabili, anche in questo caso non si ritiene necessaria l'installazione di un sistema antincendio.

Di conseguenza la piattaforma GREEN1 non sarà provvista di un impianto antincendio a schiuma o ad acqua. In particolare, l'impianto fotovoltaico e il trasformatore della soluzione progettuale proposta non rientrano fra le attività soggette a controlli di prevenzione incendi.

Verranno però predisposti due estintori a CO<sub>2</sub> nei pressi del locale tecnico contenente i quadri dell'impianto fotovoltaico oltre ai cablaggi e agli inverter da utilizzare in caso di possibili cortocircuiti o malfunzionamenti delle apparecchiature.

#### 4.11 Gruppo statico di continuità (UPS)

Come è già stato ampiamente discusso l'intero sistema di dissalazione installato su GREEN1 è alimentato da un sistema fotovoltaico installato in loco o alternativamente e solo in casi particolari può essere richiesta energia elettrica dalla rete nazionale. Nell'eventualità di un guasto al sistema fotovoltaico e di un contemporaneo black-out della rete elettrica è necessaria una fonte di energia sufficiente a salvaguardare l'integrità del sistema. Per tale motivo a bordo della piattaforma, sul Mezzanine deck vicino alle altre apparecchiature elettriche, è installato l'**UPS (gruppo statico di continuità)** cioè un apparecchio elettrico in grado di mantenere costantemente alimentati i componenti elettrici che non possono spegnersi in maniera repentina.

Le principali funzioni dell'UPS sono:

- Arresto dell'impianto in maniera sicura: in caso di necessità l'UPS consente di spegnere in modo regolare l'impianto nella sua interezza e in particolare i componenti più delicati (per esempio il dissalatore e la pompa di alta pressione) che potrebbero altrimenti danneggiarsi;
- Attivazione delle luci di segnalazione: la presenza e la posizione della piattaforma deve essere sempre segnalata da luci di bordo, in modo particolare durante le ore notturne;
- Attivazione dei sistemi di telecomunicazione: l'impianto è progettato per funzionare in modo autonomo; tuttavia, in caso di malfunzionamento, è inviato un segnale a terra ed è richiesto l'intervento di un operatore; è dunque necessario che il sistema di telecomunicazione sia attivo nel caso di un black-out generale (4.7.1.3).

Si specifica che non ci sono altri ausiliari oltre all'alimentazione elettrica.

## 5 Decommissioning pre-riconversione e analisi dei componenti

In tale capitolo si definisce la filosofia di disinstallazione dei componenti preesistenti e la logica di posizionamento sui diversi deck della componentistica del nuovo impianto.

### 5.1 Filosofia di decommissioning

La messa a punto di una filosofia di decommissioning è strettamente necessaria in quanto vengono stabiliti i principi generali che guidano le scelte e le operazioni di decommissioning preparative pre-riconversione. Inoltre questo è uno dei principali scopi della presente trattazione. La filosofia di seguito descritta fa riferimento agli studi di decommissioning effettuati per i campi gas Argo e Cassiopea [13] e Bonaccia NW [14].

Di seguito ne sono elencati i punti principali:

- Bonifica a bordo della piattaforma (a partire dalle teste pozzo)
- Rimozione/demolizione degli impianti di bordo
- Recupero/smaltimento materiale della demolizione degli impianti

Prima di procedere alle vere e proprie operazioni di rimozione degli equipment a bordo di GREEN1 si prevede di svolgere delle attività preliminari di messa in sicurezza e bonifica, atte ad evitare qualsiasi pericolo di inquinamento del mare durante le fasi successive. In particolare, per quanto riguarda le strutture sottomarine si farà ricorso all'impiego di sommozzatori o ROV (Remote Operated Vehicle), mentre per verificare lo stato della sovrastruttura saranno realizzati dei sopralluoghi sulla piattaforma prima di avviare le operazioni di decommissioning per verificare le installazioni (di produzione, elettriche, meccaniche, ecc.), le strutture di supporto, i materiali (cemento, acciaio, alluminio, plastica, materiali compositi, ecc.) e le eventuali sostanze ancora presenti sulla sovrastruttura.

Successivamente si provvederà alla messa in sicurezza dell'installazione, all'isolamento elettrico e meccanico delle apparecchiature, alla depressurizzazione e drenaggio delle linee. Prima di avviare le operazioni di rimozione degli equipment, tutti gli equipaggiamenti, i macchinari e le tubazioni presenti dovranno essere depressurizzati, bonificati e resi privi di liquidi. Il lavaggio delle apparecchiature sarà effettuato per mezzo di acqua e/o vapore e, se necessario, per mezzo di appositi prodotti chimici per la realizzazione delle attività previste; la tipologia di prodotto da utilizzare verrà definita al momento di eseguire le attività in campo, scegliendo le formulazioni più idonee ad essere utilizzate nel contesto marino.

Le operazioni condotte offshore richiederanno il supporto di un mezzo navale idoneo per lo stoccaggio temporaneo dei liquidi di bonifica e per il loro trasferimento a terra. Sui mezzi navali di supporto verranno sistemate anche le pompe che dovranno garantire la pressione di flussaggio.

Alla fine delle attività di bonifica saranno asportati anche tutti i liquidi eventualmente ancora presenti a bordo, prodotti di processo oppure le sostanze necessarie al processo stesso, che potenzialmente potrebbero essere inquinanti (glicole, olio e lubrificanti per organi metallici, prodotti della separazione, drenaggi di piattaforma, eventuali prodotti chimici). Tutte le sostanze saranno rimosse evitando accuratamente eventuali sversamenti e ponendo estrema attenzione a qualunque forma di inquinamento possa avvenire nell'ambiente in cui ci si appresta ad eseguire i lavori. Le sostanze verranno smaltite a terra secondo le procedure previste dalla normativa vigente in materia.

Al termine delle attività di pulizia occorre verificare ulteriormente il contenuto delle linee e delle apparecchiature per garantire che non contengano più fluidi. Si prevede infine di procedere

all'inertizzazione del sistema in modo da minimizzare il rischio di formazione di miscela esplosiva per la presenza di gas. A titolo indicativo, si fa presente che i volumi delle attrezzature da bonificare saranno pari a circa 194 m<sup>3</sup> a cui si aggiunge il volume derivante dalle tubazioni che conservativamente viene considerato pari al 50% del volume contenuto all'interno degli equipment per un totale di circa 300 m<sup>3</sup>.

Per non intaccare l'ecosistema marino si prevede di non rimuovere la sealine che collega la piattaforma alla terraferma. Essa è tuttavia interessata da operazioni di flussaggio tramite l'iniezione di un fluido veicolante e di pompe idonee a realizzare un flusso turbolento idoneo alla rimozione di contaminanti. Si prevede di non utilizzare la sealine nell'Opzione 1, ciò non toglie che essa possa essere utilizzata nel caso dell'Opzione 2 o di altre installazioni differenti.

Al termine delle bonifiche si procederà al taglio o disconnessione di componenti minori e rimozione di eventuali ostacoli/ostruzioni e alla realizzazione dei ponteggi, operazioni preliminari alla rimozione/demolizione delle attrezzature di bordo.

Si prevede di effettuare le operazioni di rimozione e demolizione degli equipment in estate (preferibilmente tra maggio e ottobre) nelle ore diurne. Si prevede inoltre di utilizzare la gru, con capacità massima di 25 ton, e le laydown area attualmente presenti in piattaforma. Qualora lo sviluppo di una o più opzioni richiedesse la movimentazione di pesi superiori alla capacità massima della gru si potrà richiedere l'intervento di un LCV (Light Construction Vessel), equipaggiato con gru di capacità superiore.

I materiali da smaltire consisteranno sostanzialmente in:

- Materiale ferroso frammentato che sarà destinato alle ferriere;
- Liquidi e/o reflui di bonifica;
- Materiale da coibentazione (lana di roccia).

I prodotti contenenti idrocarburi riutilizzabili possono essere inviati in raffineria, mentre i reflui e le acque oleose saranno inviati a impianti autorizzati di recupero/smaltimento.

In linea generale l'obiettivo è quello di minimizzare l'impatto ambientale delle operazioni di decommissioning e i costi del decommissioning pre-riconversione; si è scelto dunque di non rimuovere le le pig traps e teste-pozzo, queste ultime essenziali per lo sviluppo dell'Opzione 2 e per altri eventuali sistemi.

Attualmente si ipotizza di rimuovere tutti gli altri equipment presenti in piattaforma fatta esclusione per i sistemi di telecomunicazione, il closed drain, le docce di emergenza e i lava-occhi e il life jacket storage box.

Durante le operazioni di decommissioning delle attrezzature è previsto che il personale addetto sia dotato di sistemi di protezione individuali.

Di seguito, paragrafo 5.2, sono analizzate nello specifico le fasi di decommissioning dei componenti della configurazione pre-riconversione e l'installazione della nuova componentistica.

## 5.2 Opzione 1

### 5.2.1 Configurazione pre-riconversione

In Tabella 10 è riportata una lista di tutte le apparecchiature presenti sulla piattaforma GREEN1 prima della totale conversione, suddivise per deck. Per ogni apparecchiatura e componente è indicato se deve essere disinstallata per far posto alla componentistica del nuovo impianto o se va mantenuta a bordo ed operativa poiché utile anche per l'impianto post-riconversione.

Tabella 10: Lista dei componenti da disinstallare/mantenere su GREEN1

<b>WEATHER DECK</b>		
<b>TAG</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Smantellamento</b>
WD-1	Technical room	X
WD-2	Main diesel generator package	X
WD-3A/B	PA/GA system	
WD-4A/B/C/D	Antenne/VHF Marine/GPS	
WD-5	Fireman equipment container	X
WD-6	Safety shower and eye wash station	X
WD-7	Water tank	X
WD-8	Water pump	X
<b>MEZZANINE DECK</b>		
<b>Item</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Smantellamento</b>
-	Piping separator	X
MD-1	Accumulator group	X
MD-2	Wellhead control pannel	X
MD-3	Diesel fuel storage tank	X
<b>CELLAR DECK</b>		
<b>Item</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Smantellamento</b>
-	Drain manifold area	X
-	Production manifold area	X
-	Test manifold	X
CD-1	Test separator	X
CD-2A/B/C	Chemicals storage tanks	X

CD-3	Hydrate inhibitor storage tank	X
CD-4	Safety shower and eye wash station	
CD-5	Launching trap	
LOWER DECK		
Item	Descrizione	Smantellamento
LD-1	Nitrogen bottle rack	X
LD-2	Safety shower and eye wash station	
LD-3	Diesel fuel skid	X
LD-4A/B	Chemical & corrosion injection skid	X
LD-5A/B	Water foam FF skid	X
LD-6	Hydrate inhibitor skid	X
BOAT LANDING		
Item	Descrizione	Smantellamento
BD-1	Vent KO drum booster pump	X
BD-2	KO Drum	
BD-3	Sump Caisson	
BD-4	Sump Caisson Pump	
BD-5	Life jacket storage box	

Nello specifico, facendo riferimento alla filosofia di decommissioning riportata in 5.1, per il **weather deck**, al fine di massimizzare la superficie disponibile all'installazione del campo fotovoltaico, si tende a rimuovere tutti i componenti relativi alla configurazione pre-riconversione. In particolare, è strettamente necessario smantellare la technical room poiché occupa una percentuale non trascurabile del weather deck e potrebbe causare ombreggiamento.

È opportuno sottolineare che, al fine di minimizzare il più possibile le attività di decommissioning e contemporaneamente diminuire i costi ad esso legati, tutte le strutture non necessarie alla configurazione post-riconversione ma che non impattano negativamente sull'installazione della nuova impiantistica non sono smantellate ma solo messe fuori servizio e bonificate. Un esempio è la torcia che pur non essendo necessaria poiché il nuovo sistema non tratta idrocarburi, non risulta compromettente per l'installazione e l'efficienza del nuovo impianto.

Sul weather deck è mantenuta anche la gru che risulta indispensabile sia per le operazioni di smantellamento della componentistica pre-riconversione, sia per l'installazione dei nuovi sistemi, sia per le future ed eventuali fasi di manutenzione. È opportuno però garantire che la posizione a riposo della gru non causi ombreggiamenti sul campo fotovoltaico e conseguente riduzione della sua efficienza.

Tutti i componenti posizionati sul **mezzanine deck** sono rimossi per lasciare spazio alle nuove apparecchiature. In particolare si tratta di sistemi di controllo delle teste pozzo, che non risultano più necessari agli scopi del nuovo impianto, e tubazioni ad essi collegate che in parte potrebbero essere recuperate per la connessione delle nuove apparecchiature.

Così come sugli altri deck anche sul **cellar** e sul **lower deck** sono rimosse tutte le apparecchiature per il trattamento degli idrocarburi, comprese le tubazioni ad esse connesse, sempre in accordo con la filosofia di decommissioning (5.1). L'unico componente a fare eccezione è la launching trap, questo è un sistema che ha lo scopo di lanciare e ricevere degli strumenti (pig) all'interno della condotta insieme al fluido in pressione al fine di effettuarne la pulizia, il controllo geometrico e l'ispezione; per quest'ultimo è stato valutato che l'onere economico per lo smantellamento supera di gran lunga il beneficio che se ne trarrebbe in termini di spazio per l'installazione dei nuovi componenti.

Sul **boat landing** sono installati principalmente gli stoccaggi che vengono in gran parte mantenuti per la gestione degli scarti di processo del nuovo impianto.

Per la sealine e le teste pozzo va fatto un discorso specifico. Per la prima si è scelto di non rimuoverla e di bonificarla e isolarla per non intaccare l'ecosistema marino. Per le teste pozzo, poiché non utili ai fini del sistema di dissalazione delle acque, si procede con la chiusura mineraria; essa è costituita da tutte quelle operazioni che portano al definitivo abbandono di un pozzo minerario e il foro aperto per l'estrazione è chiuso con del cemento per evitare l'eventuale fuoriuscita di fluidi di strato.

### 5.2.2 Configurazione post-riconversione

Rimossi i componenti non necessari alla nuova configurazione secondo la filosofia descritta in 5.1 è possibile installare i nuovi componenti del sistema relativo all'Opzione1.

In Tabella 11 è riportata la lista di tutti i componenti, installati su GREEN1 nella configurazione post-riconversione, suddivisi per deck. Tale suddivisione sarà condotta con la filosofia di rispettare gli ingombri delle apparecchiature e di ottimizzarne la funzionalità. Inoltre, al paragrafo 5.3 è effettuata un'analisi strutturale della piattaforma GREEN1 che sarà condotta in maniera comparativa fra la configurazione pre-riconversione e post-riconversione.

Tabella 11: Lista dei componenti da installare su GREEN1 post-riconversione

WEATHER DECK	
TAG	Descrizione
E1-ST-001/002/003/004	Pannelli fotovoltaici
MEZZANINE DECK	
TAG	Descrizione
E1-TR-001	Trasformatore
E1-TRP-001	Cassa di protezione trasformatore
-	Technical room
E1-IN-001	Inverter-1

E1-IN-002	Inverter-2
-	Quadri Elettrici
-	Contatore Monodirezione
-	Contatore Bidirezionale
<b>CELLAR DECK</b>	
<b>TAG</b>	<b>Descrizione</b>
D1-F-001A/B	Filtro grossolano
D1-P-001A/B	Pompe di pescaggio
C1-T-001	Tank ipoclorito di sodio
D1-T-001	Vasca di polmonazione
D1-F-002	Filtro fine
D1-P-002A/B	Pompe di circolazione
C1-T-002	Tank acido solforico
C1-T-003	Tank cloruro ferrico
D1-C-001	Miscelatore statico
C1-T-004	Tank flocculante Solisep MPT104
C1-T-005	Tank bisolfito di sodio
C1-T-006	Tank Hypersperse MDC704I
C1-T-007	Tank acido solforico
C1-T-008	Tank idrossido di sodio
C1-T-009	Tank ipoclorito di sodio
D1-C-002	Vasca di flocculazione
D1-F-003	Microgriglia
D1-P-003A/B	Pompe di circolazione
D1-F-004A/B	Filtri a cartuccia
D2-P-001	Pompa alta pressione
D2-X-001	Dissalatore a osmosi inversa
D3-P-001A/B	Pompe di circolazione
D3-X-001	Reattore a calcite
D3-C-001	Miscelatore statico

LOWER DECK	
TAG	Descrizione
D3-P-002A/B	Pompe di distribuzione
D3-T-001	Tank di stoccaggio acqua potabile
D5-P-001A/B	Pompe scarico concentrato
BOAT LANDING	
TAG	Descrizione
D4-T-001	Closed drain
D4-T-002	Sump Caisson
D4-P-001	Pompa di rilancio closed drain

Come già detto precedentemente il **weather deck** sarà completamente dedicato all'installazione del campo fotovoltaico, in quanto unico deck esposto direttamente alla luce solare. Si ripete che su tale piano rimangono le strutture di comunicazione con la terra ferma e la gru, la cui orientazione sarà opportunamente regolata, durante l'operatività del nuovo impianto, in modo da minimizzare gli ombreggiamenti sul campo fotovoltaico.

**Il Mezzanine deck**, piano immediatamente sottostante al weather deck, ha un'estensione ridotta rispetto al piano più alto e pari a circa 300 m<sup>2</sup>. Buona parte del deck è occupata dalle teste pozzo (apparecchiature che non sono state rimosse per limitare i costi di decommissioning dell'impianto pre-riconversione). Questo piano ospita la nuova technical room all'interno della quale sono installati gli inverter e i quadri elettrici necessari al funzionamento del campo fotovoltaico.

È stato scelto di posizionare la nuova technical room sul piano sottostante il weather deck poiché tale configurazione consente di non occupare spazio sul piano più alto della piattaforma e allo stesso tempo minimizza la distanza della strumentazione elettronica di controllo e gestione del campo fotovoltaico dallo stesso così da minimizzare sia il costo per il cablaggio della strumentazione sia le perdite di efficienza dei segnali.

Infine, su questo piano viene posizionato anche il trasformatore, componente necessario per consentire lo scambio di energia con la rete elettrica nazionale minimizzando le perdite di potenza lungo la linea di trasferimento. Il trasformatore è installato in un container per preservarne l'integrità proteggendolo dall'ambiente aggressivo nel quale si trova a lavorare.

**Il cellar deck** ha un'estensione confrontabile a quella del mezzanine deck. Qui rimangono la launching trap, sebbene non in utilizzo, e le teste pozzo, come per il mezzanine deck. Su questo piano viene posizionato il package di dissalazione e le unità di pre- e post-trattamento. L'impianto di dissalazione (package di dissalazione + unità di pre- e post-trattamento) è fornito in una soluzione containerizzata che ha il duplice vantaggio di proteggere gli equipment dall'ambiente marino fortemente aggressivo e di contenere eventuali perdite di sostanze chimiche al proprio interno evitando spandimenti e possibile rilascio in mare. Infine, è presente il piping necessario a collegare il package con i serbatoi di stoccaggio del permeato e con la sezione di pescaggio.

Si è scelto il cellar deck come piano di processo poiché si trova in una posizione intermedia così da consentire un risparmio sulle attività di cablaggio e accoppiamento con l'impianto fotovoltaico sovrastante e minimizzare la potenza della pompa a servizio della linea di pescaggio dell'acqua di mare. Visto il consumo limitato di chemicals durante il processo, tutti gli stoccaggi delle sostanze utilizzate sono inclusi nel container di dissalazione.

**Il lower deck** è dedicato al serbatoio di stoccaggio di acqua potabile, di dimensioni tali da contenere il fabbisogno idrico settimanale delle piattaforme circostanti e le pompe di distribuzione. Si prevede inoltre che questo deck possa ospitare un eventuale package dedicato alla lavorazione della salamoia. Sono inoltre installate su tale deck le pompe di scarico del concentrato.

L'ultimo deck, **il boat landing**, ospita invece lo stoccaggio delle sostanze di scarto estratte durante il processo di pre e post-trattamento (es. dalla vasca di flocculazione).

Tutti i componenti installati post-riconversione sono resistenti all'aggressività dell'ambiente marino. In particolari tutti i componenti in materiale metallico, come la vasca di polmonazione o il tank di stoccaggio del permeato, sono marinizzati o tropicalizzati, cioè hanno subito un trattamento simile alla zincatura che li ha resi adatti all'utilizzo in un ambiente corrosivo come quello offshore.

### 5.3 Analisi comparativa pre e post riconversione

Tale paragrafo è dedicato alla descrizione e all'applicazione di un'analisi comparativa fra la configurazione pre e post-riconversione necessaria affinché la struttura, nella configurazione post-riconversione, risulti in linea con le verifiche strutturali effettuate durante la fase di progettazione e costruzione del vecchio impianto.

Da un punto di vista legislativo, la rimozione della componentistica preesistente e l'installazione del nuovo impianto è regolamentato dal decreto legge [20].

L'analisi effettuata consiste in un confronto fra le caratteristiche dei componenti necessari alla riconversione della piattaforma e le caratteristiche dei componenti utilizzati nelle operazioni di produzione pre-riconversione. Si è prestata particolare attenzione al peso e all'ingombro dei singoli componenti, in quanto riconosciuti come i parametri più impattanti sulla resistenza strutturale della piattaforma. L'analisi è dunque strutturata seguendo l'ordine dei vari deck.

In Tabella 12 è riportato un confronto fra i pesi rimossi dai singoli deck e quelli installati post-riconversione, per sottolineare la compatibilità strutturale del nuovo impianto. In Tabella 13 un confronto fra gli indici di ingombro, definiti come superficie occupata dai componenti installati e superficie del deck di riferimento, che mettono in luce non solo l'idoneità del nuovo impianto rispetto alle superfici dei vari deck ma anche lo spazio disponibile post riconversione, utilizzabile per l'installazione di altri sistemi.

Tabella 12: Analisi comparativa pesi pre e post riconversione

	Peso componenti rimossi	Peso componenti installati post
<b>Weather deck</b>	80,25 t	1,44 t
<b>Mezzanine deck</b>	13,88 t	12,60 t
<b>Cellar deck</b>	58,74 t	27,63 t
<b>Lower deck</b>	34,00 t	76,00 t
<b>Boat landing</b>	26,35 t	0,00 kg

Tabella 13: Indici di ingombro superficiale pre e post riconversione

	Indice di ingombro PRE	Indice di ingombro POST
<b>Weather deck</b>	47%	45%
<b>Mezzanine deck</b>	30%	21%
<b>Cellar deck</b>	44%	30%
<b>Lower deck</b>	35%	21%
<b>Boat landing</b>	27%	25%

Il **Weather Deck** è dedicato esclusivamente all'installazione del campo fotovoltaico; rimangono su tale piano della piattaforma solo le strutture di comunicazione con la terraferma e la gru. I componenti rimossi più ingombranti e pesanti sono la Technical room (WD-1) e i Main diesel generator package (WD-2). In totale il peso rimosso dal Weather deck è pari a 80,25 t e viene sostituito dal solo peso degli 80 pannelli pari a 1,44 t. Si prevede un fattore moltiplicativo pari a 1.0X per tenere in considerazione il cablaggio totale.

Tale piano riscontra invece una criticità dal punto di vista degli ingombri, infatti la superficie utile all'installazione dei pannelli fotovoltaici deve essere massimizzata per ottimizzare la produzione energetica e rispettare la distanza minima fra una fila di pannelli e quella adiacente, per evitare eventuali ombreggiamenti. Per ottenere dunque un corretto posizionamento degli 80 pannelli è richiesta una modifica dell'escape route, ciò non influisce in maniera significativa sull'indice di ingombro.

Il **Mezzanine Deck** è dedicato alla componentistica elettrica. Tutti i componenti della configurazione pre-riconversione sono stati eliminati, tranne le teste pozzo. L'ingombro maggiore era costituito dal serbatoio di stoccaggio del Diesel; in totale il peso rimosso è pari a 13,88 t, sostituito da un peso totale di 12,6 t. In questo caso il peso rimosso e quello installato post-riconversione sono molto simili, ciò è dovuto al trasferimento della Technical Room su tale piano, infatti essa costituisce più del 90% di tale peso.

L'ingombro totale dei nuovi elementi ha un impatto minimo sulla superficie utile del deck considerando che l'ingombro totale è ridotto al 21%.

Il **Cellar Deck** è dedicato all'installazione del Package dissalatore e delle pompe di pescaggio. Tale piano è completamente svuotato, gli unici elementi non eliminati durante il processo di riconversione sono le teste pozzo e la launching trap (CD-5). In totale il peso eliminato dal Cellar deck è pari a 58,74 t e quello installato post-riconversione è pari a 27,63 t, costituito maggiormente dalla vasca di polmonazione (D1-T-001) quando in fase operativa, cioè piena d'acqua in fase di trattamento.

Anche in questo caso gli ingombri superficiali dei nuovi componenti non hanno costituito una criticità, infatti non è stata necessaria la rimozione della Launching trap (CD-5).

Dal **Lower deck** è prevista la rimozione di tutti i componenti presenti pre-riconversione, per un totale di 34 t, ciò è previsto poiché su tale piano va installato il serbatoio di acqua potabile che, oltre ad avere un ingombro particolarmente impattante (ricopre una superficie circolare di 22 metri quadri), costituisce anche il componente più pesante (76 t quando a pieno carico) della configurazione post-riconversione. Inoltre sono qui installate le pompe di scarico del concentrato e le pompe di distribuzione del permeato. Nonostante il grande ingombro superficiale del serbatoio (D3-T-001) l'indice di ingombro si abbassa al 21%.

Anche dal **Boat Landing** è prevista la rimozione di tutti i componenti presenti per un totale di 38.3 t rimosse, l'unico elemento non rimosso è il drain vessel (D4-T-001) che sarà utilizzato per lo stoccaggio dei reflui semi solidi provenienti dalle fasi di pre-trattamento.

Il peso totale rimosso durante la fase di riconversione è pari a 252,17 t, mentre quello aggiunto con l'installazione dell'impianto di dissalazione è pari a 117,67 t; vi è dunque una differenza netta in peso di 107,5 t. È opportuno sottolineare il diverso posizionamento dei carichi e quindi il diverso sviluppo degli sforzi lungo la struttura portante della piattaforma. Infatti, nella configurazione pre-riconversione, i carichi maggiori sono concentrati sul Weather Deck e sul Cellar Deck, con l'impianto di dissalazione non solo tutti i deck sono alleggeriti ma si ha anche una transizione dei carichi maggiori al Lower Deck.

Tutti i carichi installati post-riconversione sono posizionati in modo da rendere minimi gli sforzi di taglio lungo le travi orizzontali portanti dei deck e sono concentrati al centro delle quattro gambe verticali. In particolare il serbatoio di stoccaggio dell'acqua potabile (D3-T-001), costituente il carico maggiore della configurazione post-riconversione, è posizionato esattamente fra le 4 gambe portanti della piattaforma.

## 6 Analisi di sicurezza

L'analisi di sicurezza ha l'obiettivo di identificare i rischi legati alle deviazioni di processo, alla presenza dei lavoratori sul luogo di lavoro e ad eventi esterni durante le modalità operative dell'installazione.

Il rischio è valutato come la combinazione tra la probabilità che un determinato evento possa verificarsi e la conseguenza (danno) che tale evento possa causare. In termini matematici, il rischio legato ad un singolo scenario può essere espresso come [42]:

$$R_i = f_i \cdot D_i^k$$

con:

- $R_i$  rischio associato al singolo scenario  $i$  [danno/anno];
- $f_i$  frequenza di accadimento di un determinato scenario [eventi/anno];
- $D_i$  danno associato al determinato scenario [danno/evento];
- $k$  fattore che tiene conto della percezione del rischio da parte dell'opinione pubblica.

La valutazione del rischio e gli studi di sicurezza prevedono l'esecuzione dell'analisi considerando gli aspetti di:

- SICUREZZA (S): inteso come l'aspetto che valuta le conseguenze sui lavoratori e sulla popolazione;
- ENVIRONMENT (E): inteso come la valutazione dell'impatto dello scenario incidentale sull'ambiente in cui è ubicata l'installazione, e sull'ambiente in generale;
- ASSET (A): inteso come la valutazione dell'impatto sugli asset in termini di danneggiamento degli stessi e della perdita di produzione in termini economici.

Gli step da seguire per condurre un'analisi di sicurezza sono:

- Stabilire il contesto in cui si opera, la struttura e le modalità operative del sistema, i limiti di batteria, le fasi operative da considerare;
- Identificare i pericoli;
- Analizzare i rischi ad essi associati;
- Valutare i rischi (tramite l'utilizzo di una matrice di rischio);
- Gestire il rischio mediante azioni progettuali, operative e manutentive.

La gestione del rischio è quindi un processo ricorsivo, soggetto ad aggiornamenti e non si esaurisce nell'identificazione iniziale del rischio stesso.

Gli approcci principali utilizzati nella valutazione del rischio sono di tipo:

- Qualitativo
- Quantitativo
- Semi-Quantitativo

L'approccio Qualitativo prevede una valutazione del rischio su una scala qualitativa (tramite l'utilizzo di indici) precedentemente assegnata (ad esempio alto, medio e basso);

L'approccio Quantitativo riconduce le valutazioni del rischio a un valore numerico puntuale. Si tratta di un approccio più oneroso, perché richiede una valorizzazione degli asset e delle perdite che si

avrebbero in caso di incidente, nonché una valutazione accurata delle probabilità di accadimento degli scenari incidentali;

L'approccio semi-quantitativo è un compromesso tra i primi due, nel quale generalmente viene stimata in modo quantitativo la probabilità di accadimento dell'incidente e in forma qualitativa la stima dei danni.

I diversi approcci sono rappresentati in Figura 29 per chiarezza visiva.

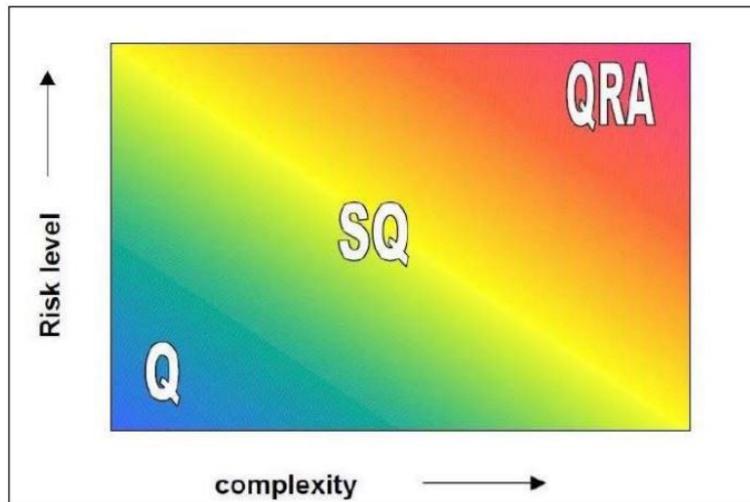


Figura 29: Rappresentazione grafica degli approcci applicabili per la valutazione del rischio [43]

Un approccio di tipo qualitativo risulta essere sufficiente per la valutazione del rischio nel caso di sistemi poco complessi e caratterizzati da livelli di rischio bassi. Al crescere della complessità del sistema e del livello di rischio coinvolto gli approcci di tipo quantitativo risultano necessari.

L'impianto qui descritto non risulta essere estremamente complesso, in più i livelli di rischio che lo caratterizzano si prevedono medio-bassi; per tale motivo si sceglie di sviluppare in modo completo la parte di valutazione qualitativa. Per far ciò possono essere applicate diverse tecniche, in questo specifico caso si opta per la tecnica HAZID (HAZard IDentification) che permette di identificare i pericoli e definire le matrici di rischio per la valutazione delle criticità e l'individuazione delle misure più opportune di controllo del rischio.

Per ciascun macro-scenario individuato grazie all'analisi HAZID, vengono evidenziate le principali barriere di protezione, sia di tipo preventivo che di tipo mitigativo, ingegneristiche e/o procedurali (es. tramite l'utilizzo della metodologia bow-tie).

A valle dell'identificazione dei pericoli, nel caso in cui emergessero aspetti di sicurezza rilevanti, si selezioneranno gli eventi per cui è necessaria un'analisi quantitativa, già richiamata nelle sezioni precedenti. Essa permetterà di ottenere delle stime numeriche della probabilità di accadimento attesa e delle conseguenze di potenziali scenari incidentali associati all'impianto come, ad esempio, rilasci di sostanze pericolose, incendi, esplosioni e di valutare che il rischio associato possa considerarsi pienamente accettabile.

## 6.1 Analisi HAZID

L'analisi HAZID è un metodo qualitativo utilizzato nelle fasi preliminari di progettazione, per l'identificazione dei pericoli di un impianto non strettamente legati ai parametri di processo.

Essa richiede l'utilizzo di informazioni riguardanti l'infrastruttura, il sito in cui il sistema è realizzato (dati meteo, dati ambientali, geotecnici, informazioni circa i possibili eventi naturali in grado di

compromettere operatività del sistema), le infrastrutture di servizio (rete elettrica, idrica, fognaria, pipelines, ecc.) con lo scopo di individuare i potenziali pericoli esterni in grado di compromettere la normale operatività del sistema oltre che le fasi di start-up, shut-down, stand-by o attività manutentive connesse, con potenziali danni per il sistema stesso, le persone, o l'ambiente. L'utilizzo della tecnica HAZID consente inoltre di esplorare alcuni dei pericoli per il lavoratore legati alla sicurezza sul luogo di lavoro.

L'analisi HAZID è un'attività basata su sessioni di brainstorming, guidate da un moderatore (HAZID Facilitator / Team Leader) e strutturate mediante l'applicazione di parole guida applicate al progetto, nelle quali un team multidisciplinare esamina i vari aspetti del sistema per individuarne i potenziali pericoli. La procedura HAZID identifica le attività, i pericoli connessi, le conseguenze derivanti dal mancato controllo di un pericolo e le misure di prevenzione e mitigazione previste.

Una sessione di analisi HAZID quindi consiste in un approccio sistematico supportato da una Check-List appositamente preparata dal team di lavoro; di seguito un esempio del foglio di lavoro HAZID usato per la raccolta di tutte le informazioni sugli scenari incidentali individuati durante la sessione. Il software di lavoro utilizzato è PHAWorks5, sviluppato da Primatech (USA).

Categoria	Guideword	Cause	Conseguenze	Target	Salvaguardie	S	L	R	Raccomandazioni	By	Note

Figura 30: Esempio foglio di lavoro HAZID

In Tabella 14, di seguito riportata, è chiarita in modo esaustivo la terminologia usata nel worksheet HAZID.

Tabella 14: Terminologia del worksheet HAZID

Informazione	Descrizione
<i>Categoria</i>	Identifica il campo ed il contesto cui appartiene il pericolo analizzato (es. errore umano, eventi esterni ecc...)
<i>Guideword</i>	Parole chiave atte a stimolare il pensiero creativo, durante la sessione di HAZID, verso l'identificazione di pericoli rappresentativi.
<i>Cause</i>	Cause degli scenari incidentali, correlate alla domanda "What-it"
<i>Conseguenze</i>	Conseguenze di scenari accidentali in termini di sicurezza, ambiente, business/asset.
<i>Target</i>	Ambito affetto dalle conseguenze dello scenario incidentale (Safety, Environment, Asset)
<i>Salvaguardie</i>	Salvaguardie in atto nel processo (prevenzione, mitigazione o rilevamento), per le quali è garantita affidabilità ed efficacia. Tali misure di salvaguardia possono essere integrate nel design o riferite alla gestione.
<i>Severity</i>	Misura dell'impatto dello scenario incidentale sul target analizzato
<i>Likelihood</i>	Misura della probabilità che lo scenario incidentale possa verificarsi

Informazione	Descrizione
<i>Risk</i>	Combinazione di frequenza di occorrenza di un evento e severità della conseguenza ad esso associata.
<i>Raccomandazioni</i>	Suggerimenti progettuali e/o gestionali per migliorare il processo in termini di riduzione della frequenza di accadimento o mitigazione degli scenari incidentali.
<i>By</i>	Indica la fase progettuale in cui sarà presa in carico la raccomandazione.
<i>Note</i>	Eventuali note o commenti per informazioni aggiuntive ritenute necessarie alla descrizione dello scenario analizzato.

L'analisi è stata condotta su un unico nodo in cui sono stati identificati tutti i pericoli associati alla struttura, alle sostanze presenti, alle attrezzature e alla loro movimentazione, al luogo di lavoro, ad eventi esterni di interesse e ad errori umani. Ciò è stato reputato sufficiente ai fini dell'analisi preliminare.

Inoltre l'impianto è stato considerato ed analizzato durante le seguenti fasi operative:

- Normal Operation: impianto di produzione e distribuzione di acqua potabile in operazione, alimentato da impianto fotovoltaico o da rete elettrica nazionale;
- Start-up/shutdown: primo avviamento o avviamento a valle di una fermata prolungata dovuta a manutenzione;
- Start-up/shutdown giornalieri: avviamento/spegnimento dell'impianto giornalieri poichè la fase produttiva dura in media 8,5 ore al giorno;
- Operazioni simultanee: l'unica tipologia di attività simultanea prevista è costituita dalla sovrapposizione di attività manutentive sul campo fotovoltaico e operazione del sistema di dissalazione in funzione con alimentazione da rete elettrica nazionale.

Dunque, la procedura HAZID identifica le attività, i pericoli connessi, le conseguenze derivanti dal mancato controllo di un pericolo e le misure di prevenzione e mitigazione previste. Se necessario, il Team individua ulteriori suggerimenti o prescrizioni mirate ad aumentare ulteriormente la sicurezza nelle attività oggetto dello studio.

### 6.1.1 Matrici di rischio

Individuati i pericoli connessi alle attività in esame e considerate le conseguenze ad esso dovute, la metodologia HAZID prevede la valutazione del rischio associato tramite l'utilizzo di una matrice opportunamente calibrata e che usa come dati di input la **gravità** (severity) dello scenario preso in considerazione e la **probabilità** (likelihood) che esso accada.

I due parametri di input sopra riportati (gravità e probabilità) sono considerati tramite l'introduzione di indici qualitativi che saranno di seguito utilizzati per la classificazione di un evento

In Tabella 15 sono riportati gli indici qualitativi per la stima degli effetti sugli aspetti di sicurezza, environment e asset.

Tabella 15: Indici qualitativi adottati per la stima degli effetti sui diversi aspetti considerati (S, E ed A)

<b>Sicurezza</b>	
<b>Index</b>	<b>Descrizione</b>
1	Infortunio di piccola entità, un intervento di primo soccorso risulta sufficiente
2	Infortunio minore che richiede un periodo di inabilità al lavoro fino a 3 giorni
3	Infortunio grave che richiede un periodo di inabilità al lavoro maggiore di 3 giorni
4	Infortunio che causa un danno permanente oppure un singolo decesso
5	Decessi multipli

<b>Asset</b>	
<b>Index</b>	<b>Descrizione</b>
1	Danno monetario trascurabile
2	Danno monetario sui componenti $\leq 5000$ €
3	Danno monetario sui componenti $5000€ < \text{danno} < 50000€$
4	Danno monetario sui componenti: $50000€ < \text{danno} < 500000€$
5	Danno monetario sui componenti $\geq 500000€$

<b>Ambiente</b>	
<b>Index</b>	<b>Descrizione</b>
1	Quantitativo di contaminante rilasciato in ambiente trascurabile
2	Quantitativo di contaminante rilasciato in ambiente, che richiede $< 1$ anno per il ripristino delle condizioni ambientali o con effetto minore ( $< 1 \text{ km}^2$ )
3	Quantitativo di contaminante rilasciato in ambiente, che richiede 1-2 anni per il ripristino delle condizioni ambientali o con effetto locale ( $< 10 \text{ km}^2$ )
4	Quantitativo di contaminante rilasciato in ambiente, che richiede 2-5 anni per il ripristino delle condizioni ambientali o con effetto esteso ( $< 100 \text{ km}^2$ )
5	Quantitativo di contaminante rilasciato in ambiente con conseguente danno ambientale di lungo termine ( $> 5$ anni)

In Tabella 16, con la medesima logica, sono riportati gli indici qualitativi utilizzati per la stima della probabilità di accadimento (likelihood) dell'evento analizzato.

Tabella 16: : indici qualitativi adottati per la stima della probabilità di accadimento di un evento

<b>Probabilità</b>
--------------------

Index	Descrizione
A	Evento non atteso durante la vita del sistema
B	Evento atteso al massimo 1 volta durante la vita del sistema
C	Evento atteso più di 1 volta nella vita del sistema e meno di 1 volta ogni 5 anni
D	Evento atteso più di 1 volta ogni 5 anni e meno di 1 volta all'anno
E	Evento atteso più di 1 volta all'anno

La matrice di rischio (Figura 31), utilizzata per l'analisi HAZID in questione, è frutto dell'incrocio degli indici qualitativi sopra riportati ed è calibrata per rispondere correttamente alle esigenze dell'analisi condotta in tale lavoro di tesi.

- Conseguenza				Probabilità				
Livello di severità	Persone	Asset	Ambiente	A	B	C	D	E
				Occorrenza rara	Occorrenza improbabile	Occorrenza credibile	Occorrenza probabile	Occorrenza frequente
1	Infortunio lieve	Impatto trascurabile	Impatto trascurabile					
2	Infortunio minore	Danno lieve	Effetto lieve					
3	Grave infortunio	Danno minore	Effetto minore					
4	Singola fatalità	Danno locale	Effetto locale					
5	Multipla fatalità	Danno grave	Effetto grave					

Figura 31: Matrice di rischio

La matrice di rischio consente la categorizzazione dei rischi, ed è utile per concentrare le azioni di intervento sulle attività o i processi più rischiosi. La matrice di rischio può essere usata come criterio di accettabilità del rischio, e quindi per identificare gli eventi accettabili o non accettabili, oppure quelli che richiedono delle valutazioni più raffinate. In generale vengono definite 3 categorie di rischio:

- I rischi considerati “accettabili” si riferiscono ad eventi caratterizzati da una probabilità di accadimento bassa e le cui conseguenze sono lievi;
- I rischi considerati “inaccettabili” si riferiscono ad eventi per cui occorre porre attenzione immediata e che richiedono la cessazione dell'attività in oggetto, fin quando le misure di riduzione del rischio non sono state implementate;
- Tra i rischi accettabili e quelli non accettabili è possibile individuare un'area intermedia nota come “ALARP” (As Low as Reasonably Practicable), ovvero eventi per cui il rischio deve essere ridotto, con un'opportuna pianificazione temporale, fino a quando un ulteriore intervento di riduzione del rischio non crei una sproporzione elevata tra costi e benefici.

In Figura 32 il riepilogo dei livelli di rischio considerati.

Livello di Rischio
In linea di massima il rischio accettabile, è necessario gestire il miglioramento continuo
Necessità di valutare l'implementazione di misure di riduzione del rischio (criterio ALARP)
Rischio non tollerabile, necessità di implementare misure di riduzione del rischio

Figura 32: Livello di rischio

Sulla base delle precedenti considerazioni e degli indici qualitativi presentati in Tabella 15 e in Tabella 16, i criteri di accettabilità del rischio sono stati definiti come segue:

- Per gli eventi caratterizzati da un livello di severità del danno pari a 1, a prescindere dalla frequenza di accadimento dell'evento, si è considerato il rischio come "accettabile" (colore verde), in quanto il danno associato al verificarsi dell'evento ha degli effetti trascurabili sugli aspetti di Safety, Environment e Asset;
- Per gli eventi caratterizzati da un livello di severità del danno pari a 2: se la probabilità di accadimento dell'evento è "rara" o "improbabile" (Indici di probabilità A o B), il rischio è considerato "accettabile" (colore verde) in quanto, nonostante il danno associato al verificarsi dell'evento abbia degli effetti minori (ma non trascurabili su Safety, Environment e Asset), la frequenza di accadimento dell'evento è prevista al massimo una volta nella vita del sistema; se la probabilità di accadimento dell'evento è "credibile", "probabile" o "frequente" (Indici di probabilità C, D o E), il rischio rientra nella categoria "ALARP" (colore giallo) in quanto l'evento è atteso più di una volta nella vita del sistema e dunque si considera necessario valutare l'implementazione di misure di riduzione del rischio, proporzionate ai benefici che ne deriverebbero ;
- Per gli eventi caratterizzati da un livello di severità del danno pari a 3: se la probabilità di accadimento dell'evento è "rara" (Indice di probabilità A), il rischio è considerato "accettabile" (colore verde) in quanto l'evento non è atteso durante la vita del sistema nonostante gli effetti su Safety, Environment e Asset siano piuttosto gravi (danni permanenti sulle persone; danni economici considerevoli; effetti locali sull'ambiente che richiedono interventi di ripristino di lunga durata); se la probabilità di accadimento dell'evento è "improbabile" o "credibile" (Indici di probabilità B o C), il rischio rientra nella categoria "ALARP" (colore giallo), dunque è necessario valutare l'implementazione di misure di riduzione del rischio, proporzionate ai benefici che ne deriverebbero; se la probabilità di accadimento dell'evento è "probabile" o "frequente" (Indice di probabilità D o E), il rischio è considerato "non accettabile" (colore rosso), in quanto il verificarsi dell'evento più di una volta ogni 5 anni, non può essere accettato fin quando non vengono implementate misure di riduzione del rischio.
- Per gli eventi caratterizzati da un livello di severità del danno pari a 4: se la probabilità di accadimento dell'evento è "rara" o "improbabile" (Indice di probabilità A o B), il rischio rientra nella categoria "ALARP" (colore giallo) mentre se l'evento ha una probabilità di accadimento "credibile", "probabile" o "frequente" (Indici di probabilità C, D o E) il rischio è considerato "non accettabile" (colore rosso) in quanto il verificarsi dell'evento più di una sola volta nella vita del sistema non può essere accettato fin quando non vengono implementate misure di riduzione del rischio.
- Per gli eventi caratterizzati da un livello di severità del danno pari a 5: se la probabilità di accadimento dell'evento è "rara" (indice di probabilità A), il rischio rientra nella categoria "ALARP" (colore giallo) mentre se l'evento ha una probabilità di accadimento "improbabile",

“credibile”, “probabile”, “frequente” (Indici di probabilità B, C, D e E) il rischio è considerato “non accettabile” (colore rosso) in quanto il verificarsi dell’evento nella vita del sistema non può essere accettato fin quando non vengono implementate misure di riduzione del rischio.

### 6.1.2 Risultati

L’analisi HAZID condotta ha permesso di individuare un numero totale di scenari pari a 57 suddivisi nelle categorie di accettabilità riportate al paragrafo 6.1.1. In Tabella 17 è riportato un riepilogo del numero di scenari individuati divisi per categoria di accettabilità.

*Tabella 17: Riepilogo numero degli scenari e livello del rischio associato*

Categorie di rischio	Numero degli scenari
Accettabile	39
ALARP / Tollerabile	18
Inaccettabile	0

L’analisi della nuova componentistica installata su GREEN1 e dei pericoli associati ha permesso di evidenziare 18 scenari classificati come “ALARP/Tollerabili”; di seguito sono riportati i principali:

- Con possibile impatto per gli aspetti di sicurezza per le persone (Safety):
  - Possibile caduta di equipment con possibile impatto su operatore nel caso di errata movimentazione dei carichi in fase di decommissioning della vecchia componentistica o in fase di costruzione / installazione delle nuove apparecchiature.
  - Impossibilità di effettuare correttamente i drenaggi del sistema con possibile accumulo dei fanghi all'interno della vasca di flocculazione con conseguente possibile trascinarsi e produzione di acqua potabile fuori specifica.
  
- Con possibile impatto per gli aspetti ambientali (Environment):
  - Possibile rilascio di gasolio in ambiente (400l) con conseguente impatto ambientale durante il travaso del combustibile per alimentare la gru.
  - Possibile sovra riempimento del serbatoio drenaggi. Possibile rilascio di fanghi e residui del processo di dissalazione in ambiente con conseguente impatto ambientale.
  
- Con possibile impatto sull’integrità delle strutture e dell’asset e sulla continuità della produzione:
  - Possibile danneggiamento strutturale dei pannelli solari a causa della grandine con conseguente perdita di produzione.
  - Possibile alta pressione all'interno del sistema con possibile superamento delle condizioni di design, rottura e rilascio di acqua trattata e perdita di produzione

### 6.1.3 Raccomandazioni

Per gli scenari classificati come “ALARP/Tollerabili” e per alcuni scenari classificati come “Accettabili” sono state suggerite delle raccomandazioni volte a migliorare la gestione del processo e/o a rafforzare le salvaguardie esistenti. Di seguito si riportano le raccomandazioni suggerite per gli scenari sopra elencati:

- Prevedere l'attivazione di un allarme ottico acustico durante il funzionamento della gru.

- Verificare le modalità e le tempistiche con cui condurre le attività di drenaggio della vasca di flocculazione. In caso di necessità valutare l'installazione di valvole automatiche per effettuare il drenaggio della vasca da remoto.
- Prevedere una procedura dedicata al travaso di diesel.
- Verificare che non sia possibile un sovra-riempimento del bacino di contenimento dovuto all'accumulo di acqua piovana.
- Verificare che le condizioni operative dei pannelli solari siano compatibili con l'area di installazione considerando anche i possibili cambiamenti climatici estremi.
- Verificare la presenza di valvole di sicurezza opportunamente dimensionate per sfogare una possibile sovrappressione.

In totale, durante l'analisi HAZID, sono state individuate e segnalate 36 raccomandazioni; in Tabella 18 è riportato il numero di raccomandazioni suddivise in funzione della fase progettuale e/o gestionale che avrà l'onere di implementarle.

Tabella 18: Riepilogo raccomandazioni HAZID

Fase di applicazione della raccomandazione	Numero di Raccomandazioni
Progetto basic	11
Progetto di dettaglio	19
Fase di decommissioning	2
Fase di costruzione	1
Fase di commissioning	2
Ispezione e manutenzione	1
<b>TOTALE</b>	<b>36</b>

#### 6.1.4 Riepilogo e conclusioni

Quindi, per concludere, l'analisi HAZID ha consentito di individuare 57 scenari incidentali di cui 39 accettabili e 18 tollerabili; questi ultimi sono riconducibili ad errori umani, con riferimento particolare all'errata movimentazione dei carichi, a condizioni ambientali estreme, come grandine e trombe d'aria, e ad errori di processo, come il fallimento del sistema di controllo o eventuali fallimenti meccanici dei componenti.

Considerando che l'impianto operi autonomamente, si sottolinea che non è richiesto personale di bordo durante le operazioni normali, di conseguenza la piattaforma non è normalmente presidiata; ciò diminuisce il rischio legato alla salvaguardia del benessere degli operatori. La presenza di operatori a bordo è prevista durante le fasi di decommissioning, costruzione, commissioning, durante le ispezioni periodiche dei componenti e durante le operazioni di manutenzione.

Dal momento che non sono stati individuati scenari classificati come "Inaccettabili" non si è ritenuto necessario procedere con un'analisi di tipo quantitativo.

L'analisi HAZID completa e specifica dell'impianto qui progettato è riportata nell'allegato 4.

## 7 Analisi ambientale

Il Capitolo 6 ha l'obiettivo specifico di identificare i rischi legati alle deviazioni di processo, alla presenza dei lavoratori sul luogo di lavoro e ad eventi esterni durante le modalità operative dell'installazione; infatti in esso sono analizzati anche potenziali pericoli per l'ambiente legati ad eventi accidentali.

Nel presente Capitolo invece sarà stabilita la metodologia e la modalità operativa per condurre un'**analisi ambientale** che avrà come principale obiettivo quello di individuare gli aspetti ambientali legati all'attività produttiva della piattaforma GREEN1 e determinare quali di questi aspetti possano avere impatti significativi sull'ambiente.

L'individuazione degli aspetti ambientali significativi è di particolare importanza non solo ai fini della gestione ambientale ma anche perché le scelte progettuali e tecnologiche e la definizione degli obiettivi ambientali sono effettuati sulla base di essi.

Gli step da seguire per effettuare una valutazione degli aspetti ambientali e della loro significatività sono:

- Stabilire il contesto in cui si opera, la fase in cui si trova il sistema e la modalità operativa in cui opera
- Selezionare ed identificare gli aspetti ambientali in gioco
- Valutare la significatività degli aspetti tramite il sistema di punteggi riportato nel paragrafo 7.3
- Gestire quell'aspetto la cui significatività non rispetta gli standard imposti

In ottica di un progetto di riconversione, il principale obiettivo in termini di aspetti ambientali è quello di minimizzare il loro impatto sull'ambiente; la valutazione dell'effetto ambientale è condotta secondo la metodologia qui definita.

Inoltre, sarà effettuata un'analisi comparativa fra gli aspetti ambientali pre e post riconversione; ciò permetterà di sottolineare, anche se solo a livello qualitativo, la natura "*green*" del progetto.

### 7.1 Contesto

Per l'individuazione degli aspetti ambientali è necessario considerare l'intera vita produttiva dell'impianto in esame, suddivisa nelle seguenti fasi:

- Decommissioning
- Costruzione e installazione dell'impianto post-riconversione
- Esercizio e manutenzione

Nella valutazione è considerata solo la condizione di normale operatività e quindi le fasi di:

- Avviamento
- Esercizio
- Arresto quotidiano e arresto prolungato
- Manutenzione

Le condizioni anormali, per esempio errori umani, incidenti o eventi esterni e le condizioni di emergenza, come incendi, esplosioni o eventi meteorologici estremi, non sono considerati nella presente analisi in quanto già inseriti e opportunamente analizzati nell'analisi di sicurezza (Capitolo 6).

## 7.2 Identificazione degli aspetti ambientali

Per tutte le condizioni operative e tutte le fasi della vita produttiva del sistema sono considerati i seguenti aspetti ambientali potenzialmente applicabili:

- **Emissioni in atmosfera:** rilascio in atmosfera di CO, di CO<sub>2</sub>, di particolato, vapori dovuti a sostanze volatili non opportunamente stoccate;
- **Emissioni liquide in mare:** rilascio di sostanze pericolose per la flora e la fauna marina, rilascio continuo di acqua con caratteristiche chimiche e fisiche alterate;
- **Produzione di rifiuti:** rifiuti legati ad attività umane, scarti di processi chimici e fisici;
- **Produzione di rumore e vibrazioni:** attività di pompe, compressori e turbine;
- **Produzione di calore:** attività di motori a scoppio o generatori di vapore;
- **Illuminazione:** illuminazione non conforme al ciclo sonno veglia delle specie acquatiche o potenzialmente pericolose per i mezzi aerei;

## 7.3 Valutazione degli aspetti ambientali

Individuati gli aspetti ambientali risulta ora necessario stabilire e valutare quali di questi aspetti possano generare degli impatti significativi sull'ambiente.

La valutazione della significatività di ogni singolo aspetto è resa possibile grazie ad un sistema di punteggi, messo a punto durante lo sviluppo di tale fase di analisi, e basato sui criteri riportati in Tabella 19.

Il sistema di punteggio prevede:

A=3 punti

B=2 punti

C=1 punto

Tabella 19: Criteri e metodo di punteggio della significatività degli aspetti ambientali

Criteri	A=3 punti	B=2 punti	C=1 punto
1- Limiti di legge	Possibilità di superamento dei limiti di legge ripetuto	Possibilità di superamento dei limiti di legge occasionale	Possibilità di superamento dei limiti di legge trascurabile
2- Immagine pubblica	Percezione negativa da parte di molti	Percezioni negativa da parte di una nicchia	Percezione negativa trascurabile
3- Economia	L'aspetto in esame porta a un costo sul bilancio considerevole ( $\geq 10\%$ )	L'aspetto in esame porta a un costo sul bilancio non trascurabile (1%).	L'aspetto in esame porta a un costo sul bilancio trascurabile.
4- Frequenza	Ogni volta che si svolge l'attività produttiva	Poche volte / solo in condizioni anormali	Mai o frequenza trascurabile
5- Grado dell'effetto	L'aspetto genera effetti ambientali su larga scala	L'aspetto genera effetti ambientali su scala locale	L'aspetto genera effetti ambientali trascurabili

Il punteggio totale può quindi variare da un minimo pari a 5 ad un massimo pari a 15. L'impatto sull'ambiente è classificato secondo i gradi di significatività riportati in Tabella 20.

Tabella 20: Significatività degli aspetti ambientali

	SIGNIFICATIVITÀ	DESCRIZIONE
Da 5 a 7	BASSO	L'impatto ambientale ha un effetto trascurabile
Da 8 a 11	MEDIO	L'impatto ambientale ha un effetto di media entità
Da 12 a 15	ALTO	L'impatto ambientale ha un effetto molto rilevante

Gli aspetti ambientali la cui significatività risulta **bassa** rientrano abbondantemente nella zona di accettabilità, non risulta necessario il monitoraggio di tali aspetti né la messa a punto di procedure mitigative.

Per gli effetti di **media** entità devono essere considerate procedure di monitoraggio e misure di protezione e prevenzione; in alcuni casi possono essere necessarie anche azioni migliorative atte ad abbassare la significatività dell'aspetto considerato.

Gli aspetti che risultano ad **alta** significatività richiedono la formulazione di un piano di miglioramento ambientale atto a riportare gli effetti analizzati in una zona di accettabilità.

Nel caso di modifiche strutturali all'impianto o ai processi coinvolti o modifiche normative riguardanti l'ambiente è necessario un aggiornamento degli aspetti ambientali significativi.

Al fine di garantire un'allocatione dei parametri riportati in Tabella 19 il più possibile omogenea e coerente si riportano di seguito indicazioni di riferimento da utilizzare durante l'analisi ambientale:

- 1. Limiti di Legge:** Nel caso in cui sia previsto dal progetto un parametro ambientale (ad es. uno scarico od un'emissione) molto prossimo ai limiti di legge imposti dalla normativa si considera l'attribuzione del parametro A; nel caso in cui ci sia un discreto margine rispetto ai limiti di legge imposti dalla normativa oppure lo sfioramento dei limiti di legge possa avvenire unicamente in condizioni non routinarie che si verificano raramente si considera l'attribuzione del parametro B, infine nel caso in cui l'aspetto ambientale non sia soggetto a una normativa di riferimento o il processo responsabile del parametro regolamentato sia discontinuo o trascurabile si considera l'attribuzione del parametro C;
- 2. Immagine Pubblica:** Nel caso in cui la percezione collettiva dell'impatto ambientale sia su scala nazionale o internazionale (riscaldamento globale, effetto serra) si considera l'attribuzione del parametro A; nel caso in cui la percezione collettiva dell'impatto ambientale sia su scala locale (inquinamento bacini idrici, alterazione del paesaggio) si considera l'attribuzione del parametro B, infine nel caso in cui la percezione dell'impatto ambientale sia trascurabile si considera l'attribuzione del parametro C;
- 3. Economia:** Nel caso in cui la gestione economica dell'impatto ambientale sul bilancio di esercizio sia maggiore o uguale al 10% si considera l'attribuzione del parametro A, nel caso in cui la gestione economica dell'impatto ambientale sul bilancio sia circa pari all'1% si considera l'attribuzione del parametro B, infine nel caso in cui la gestione economica dell'impatto ambientale sul bilancio sia trascurabile l'attribuzione del parametro C;
- 4. Frequenza:** Nel caso in cui l'attività che porta ad un possibile impatto ambientale sia continua (fase di Normale operazione) si considera l'attribuzione del parametro A, nel caso in cui l'attività che porta ad un possibile impatto ambientale sia discontinua (fase di Normale

operazione ma con frequenza mensile, fase manutentiva, avviamento, spegnimento) si considera l'attribuzione del parametro B, nel caso in cui l'attività che porta ad un possibile impatto ambientale sia rara (fase decommissioning o installazione) si considera l'attribuzione del parametro C;

5. **Grado dell'effetto:** Nel caso in cui l'impatto ambientale abbia effetti su larga scala (nazionale o internazionale) si considera l'attribuzione del parametro A, nel caso in cui l'impatto ambientale abbia effetti su scala locale (regionale o circoscritta all'area di installazione del sistema) si considera l'attribuzione del parametro B, nel caso in cui l'impatto ambientale abbia effetti trascurabili si considera l'attribuzione del parametro C.

## 7.4 Foglio di lavoro

Così come l'analisi di sicurezza anche l'analisi ambientale è condotta con l'ausilio di un foglio di lavoro, riportato in Tabella 21.

Tabella 21: Esempio foglio di lavoro analisi ambientale

Descrizione Attività	Fase Operativa	Descrizione impatto ambientale	Superamento limiti di legge	Immagine Pubblica	Economicità	Frequenza	Grado dell'impatto	TOTALE	Classificazione	Raccomandazioni	NOTE

Per ogni aspetto ambientale identificato in 7.2 sono analizzate le attività/cause dell'aspetto in esame indicandone anche la fase operativa. La parte centrale del foglio di lavoro è occupata dalle colonne relative alla valutazione di significatività che si conclude con la classificazione dell'attività analizzata. Sono infine riportate due colonne per le raccomandazioni e per eventuali note.

## 7.5 Risultati

L'analisi ambientale condotta ha portato ad individuare un totale di 25 attività, relative ad ogni aspetto ambientale considerato, potenzialmente dannose per l'ambiente. In Tabella 22 una panoramica sintetica delle attività individuate e suddivise nelle categorie di significatività riportate in Tabella 20.

Tabella 22: Riepilogo attività e significatività associata

Significatività	Numero degli scenari
Alto	0
Medio	2
Basso	23

Delle 25 attività individuate la quasi totalità presenta una significatività bassa. Le due attività a cui è stata associata una significatività media sono:

- Scarico della salamoia, relativo all'aspetto ambientali di emissione di liquidi in mare;
- Smaltimento dei pannelli fotovoltaici, relativo all'aspetto ambientale di produzione di rifiuti.

La prima è un'attività continua che non ha un effetto grave sull'ambiente dal momento che il design del sistema di scarico salamoia e la velocità di efflusso sono tali da garantire un rapido ed efficiente miscelamento con l'acqua di mare. L'attività inoltre non grava economicamente sull'organizzazione, dal momento che non sono previsti costi di gestione della salamoia, né supera alcun limite imposto dalla legge; essa ha però un effetto negativo per l'immagine pubblica dell'organizzazione soprattutto presso una nicchia di popolazione attenta agli aspetti ambientali.

La seconda attività è connessa allo smaltimento dei pannelli fotovoltaici installati sulla piattaforma GREEN1 arrivati a fine vita. Tale operazione è potenzialmente particolarmente impattante sia dal punto di vista della gestione delle risorse (materie prime recuperabili dai pannelli) sia dal punto di vista dell'opinione pubblica. Al fine di limitare tali impatti dovranno essere selezionati impianti autorizzati e tecnologie che garantiscano standard di eccellenza in termini di recupero/smaltimento, anche a fronte di aumentati costi di smaltimento.

Al fine di sottolineare come il progetto di riconversione relativo all'Opzione 1 raggiunga, molto efficientemente, il suo obiettivo di minimizzazione del numero e della significatività degli aspetti ambientali e dei loro impatti, è condotta un'analisi comparativa, a livello qualitativo, fra la configurazione pre-riconversione e quella post-riconversione; successive analisi quantitative saranno condotte durante lo sviluppo del progetto di dettaglio.

Per ogni aspetto ambientale identificato è riportato un breve confronto pre- e post-riconversione, sottolineando le sostanziali differenze fra le due configurazioni:

- **Emissioni di gas e vapori in atmosfera:** le emissioni dovute alla movimentazione della gru e delle imbarcazioni a servizio della piattaforma sono comuni ad entrambe le configurazioni. Quella pre-riconversione registra le maggiori emissioni inquinanti legate soprattutto all'attività del Diesel generator package, necessari alla produzione dell'energia elettrica a bordo, e alle attività di venting e flaring, misure di sicurezza necessarie per tale configurazione.
- **Emissioni di liquidi in mare:** oltre ai drenaggi, il maggior impatto della configurazione post-riconversione è legato al continuo sversamento della salamoia in mare. La configurazione pre-riconversione invece presenta sversamenti continui delle acque portate in superficie durante le attività estrattive dell'idrocarburo e quindi contenenti composti organici e non, delle acque utilizzate durante le fasi di manutenzione e lavaggio e delle acque utilizzate negli scambiatori di calore che sono sversate in mare a temperature più alte di quella marina. In tali sversamenti sono comprese anche le acque sanitarie e domestiche;
- **Produzione di rifiuti:** l'aspetto ambientale più impattante della configurazione post-riconversione riguarda lo smaltimento dei pannelli fotovoltaici. Per la configurazione pre-riconversione invece vanno considerati non solo i rifiuti legati all'attività estrattiva ma anche tutta la componentistica da sostituire durante la vita produttiva della piattaforma;
- **Rumore e vibrazioni:** nella configurazione post-riconversione l'aspetto relativo al rumore e alle vibrazioni è legato all'utilizzo di apparecchiature temporanee (es. per eventuali operazioni di taglio) o all'utilizzo di imbarcazioni al servizio della piattaforma; per la configurazione pre-riconversione oltre a tali attività, quelle più impattanti sono il rumore e le vibrazioni dovute all'attività di estrazione e movimentazione del gas;
- **Produzione di calore:** la configurazione post-riconversione non prevede alcuna attività che possa portare ad impatti ambientali legati a tale categoria. Nella configurazione pre-riconversione si ha il continuo scarico di acque ad alta temperatura frutto degli intercooler posti a bordo e dei gruppi scambiatori necessari al raffreddamento del gas estratto sottoposto a compressione e del diesel generator package;

- **Consumo di energia:** l'analisi comparativa di tale aspetto ambientale sottolinea la vantaggiosa natura del progetto di riconversione denominato Opzione 1; il consumo energetico è infatti minimo (legato maggiormente all'utilizzo di apparecchiature temporanee) poiché l'impianto è alimentato dal sistema fotovoltaico e quindi da energia rinnovabile. L'impianto installato nella configurazione pre-riconversione è invece un sistema tradizionale che sfrutta principalmente fonti energetiche di origine fossile (diesel generator package).

L'analisi ambientale completa e dettagliata è riportata nell'allegato 5.

## 8 Conclusioni

La riconversione di una piattaforma petrolifera, ormai alla fine della sua vita produttiva, con l'installazione di un impianto di dissalazione di acqua di mare, alimentato da energia fotovoltaica, ben si inserisce nell'ampia serie di progetti di ricerca che guardano allo sviluppo sostenibile come fine principale. Infatti, come già detto, *L'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile* pone come sesto obiettivo da raggiungere entro il 2030 quello di "Garantire a tutti la disponibilità e la gestione sostenibile dell'acqua e delle strutture igienico-sanitarie" [9]. Risulta dunque molto interessante e attuale la proposta, dell'Opzione 1, riguardante l'installazione di un impianto per la produzione di acqua di mare dissalata.

Alla luce della realizzazione del progetto preliminare dell'impianto è possibile affermare che gli scopi che ci si era posti all'inizio del lavoro di tesi sono stati raggiunti ed i risultati attesi ottenuti. La tesi dimostra che la conversione di una piattaforma off-shore in dismissione è realizzabile ed interessante, considerati i costi e la sua produttività. Inoltre la metodologia definita al Capitolo 2 ha un taglio molto ampio e non specifico, quindi adattabile anche ad altri progetti di conversione e a piattaforme differenti.

Il lavoro di tesi è stato svolto iniziando con il definire una ben precisa metodologia di lavoro che costituisce il filo conduttore dell'intera fase di progettazione ed analisi. Lo scopo fondamentale del lavoro, infatti, non è quello di realizzare un progetto prendendo come riferimento una piattaforma ben precisa ed esistente ma sviluppare un approccio sistematico alla riconversione di una piattaforma generica e adattare le scelte progettuali alle caratteristiche della piattaforma in questione. Per tale motivo la scelta di una piattaforma tipo è di fondamentale importanza ai fini del lavoro.

Definita la metodologia di lavoro e individuata una piattaforma off-shore "tipo" ha avuto inizio la fase di progettazione dei singoli componenti del sistema. Tale fase è stata condotta alla luce delle criticità individuate e dipendenti dalla particolare installazione off-shore. In modo particolare era necessario offrire un'elevata disponibilità del sistema e assicurarne il perfetto funzionamento evitando sversamenti in mare di acqua fuori specifica. La definizione della logica di controllo è infatti una parte centrale del lavoro ed è stata realizzata anche alla luce dei risultati ottenuti nell'analisi di sicurezza ed ambientale.

Altro step fondamentale è stato il posizionamento dei singoli componenti sulla struttura; ciò richiede una verifica preliminare della struttura portante dei vari deck e, nel caso fosse richiesto, dei lavori di rinforzo strutturale per sorreggere i nuovi carichi installati.

Ogni componente è stato infatti posizionato a bordo seguendo una logica di ingombri minimi, disponibilità del sistema e carichi non eccessivamente gravanti sulla struttura. Dunque si prevede di installare il campo fotovoltaico sul W.D. unico deck direttamente esposto ai raggi solari e di regolare l'orientamento dei pannelli e della gru per evitare ombreggiamenti. L'impianto elettrico, che fa da ponte fra il campo, l'impianto di dissalazione e la rete elettrica nazionale è installato sul M.D. e di conseguenza l'impianto di dissalazione, in una configurazione containerizzata, sul deck sottostante. L'installazione di tali ultimi sistemi sui suddetti deck non sottolinea particolari criticità legate agli spazi occupati e ai carichi. Diverso è il discorso invece per il serbatoio di stoccaggio del permeato; questo infatti costituisce il componente più pesante e più dimensionalmente difficoltoso da installare, di conseguenza si decide di installarlo sul L.D., sia perché libero da ulteriori ingombri sia perché deck con altezza sul livello del mare inferiore, il che rende possibile e plausibile l'installazione del carico maggiore su di esso.

Altra particolare criticità sorta riguarda la tutela della flora e fauna marina. Come detto infatti il presente lavoro si colloca nell'ottica della sostenibilità e soprattutto della cura dell'ambiente. Risultano dunque necessarie un'analisi di sicurezza, per tutelare gli operatori, gli asset e l'ambiente circostante; tale analisi si concentra su pericoli derivanti da eventi incidentali. L'analisi ambientale, invece, fa uno studio di tutte le attività svolte durante la vita utile dell'impianto e fra queste individua le più impattanti. È così sottolineato come non solo l'impianto è molto sicuro e tutela gli eventuali operatori e la struttura stessa ma soprattutto come gli aspetti ambientali impattanti si riducono a due e di media/bassa entità.

Inoltre, durante la progettazione, sono emersi ulteriori aspetti critici che è interessante sottolineare e ribadire.

Il primo riguarda la modalità di stoccaggio di energia. Risulta necessaria la connessione della piattaforma alla rete elettrica nazionale; lo stoccaggio di energia in loco richiederebbe un pacco batterie che comporterebbe importanti carichi aggiuntivi oltre a problematiche legate al loro costo, al loro degrado, considerando l'alta corrosività dell'ambiente marino, e soprattutto al loro smaltimento. La connessione alla rete risulta essere più flessibile ed economica oltre ad essere conveniente nell'ottica della sostenibilità; tale scelta progettuale impone però dei limiti in termini di posizione della piattaforma (per limitare le perdite legate al trasporto) e potrebbe richiedere l'installazione di un cavo elettrico.

Altre criticità da sottolineare riguardano i costi legati alle attività di conversione, che possono risultare maggiori rispetto a quelli relativi a medesimi sistemi ma on-shore; ciò è principalmente legato alla necessità di studi strutturali preliminari e alla manutenzione potenzialmente difficoltosa, considerata l'installazione del sistema off-shore.

È necessario sottolineare però anche gli aspetti positivi sorti dallo studio. L'impatto ambientale della fase di riconversione è sensibilmente inferiore di quello legato alla completa dismissione, in modo particolare per la flora e fauna marina sviluppatasi nei pressi della piattaforma. Inoltre non sorgono altre particolari criticità legate alla sicurezza ambientale dall'attività di riconversione.

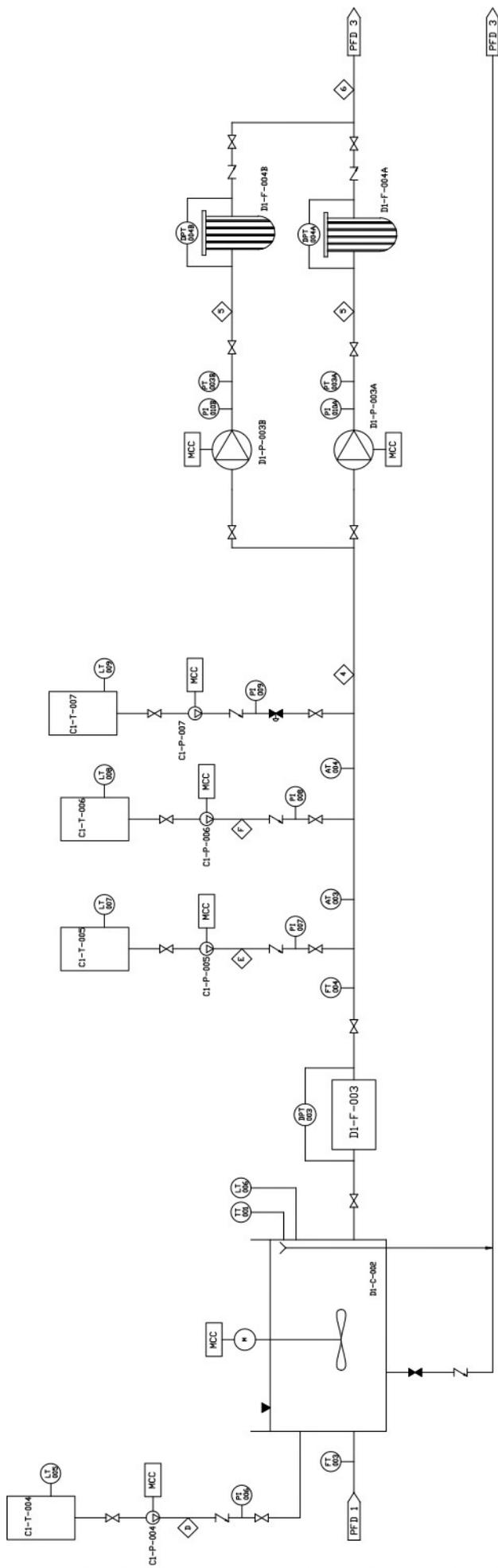
Quindi la tesi dimostra che strutture, prima dedicate all'estrazione di idrocarburi, possono ospitare installazioni che sfruttano fonti di energia rinnovabile; anzi questo è un primo step per la futura implementazione di tecnologie più avanzate.

Dunque, la realizzazione di tale progetto di tesi, oltre a sottolineare la fattibilità di una riconversione di una piattaforma preesistente e dell'installazione a bordo di un impianto di dissalazione alimentato da energia rinnovabile, il che ha portato ad affrontare diverse criticità di progettazione e varie difficoltà legate alla particolare installazione offshore, permette di sottolineare come tale filosofia di progettazione è adattabile a diverse tipologie di piattaforme off-shore e come l'impianto in questione è ampiamente rispettoso dei limiti ambientali e della flora e fauna marina. Il medesimo modus operandi sarà adattato ed applicato anche per le opzioni 2 e 3.

Possono essere individuati inoltre futuri sviluppi di tale progetto, da collocarsi sempre nell'ottica della sostenibilità e transizione energetica in atto. Come accennato infatti un sostanziale aggiornamento dell'impianto potrebbe essere l'installazione a bordo di un package di trattamento della salamoia per il recupero di metalli disciolti in quantità infinitesime all'interno dell'acqua di mare e/o il recupero di energia dal gradiente salino.

# ALLEGATO 1 - PROCESS FLOW DIAGRAM

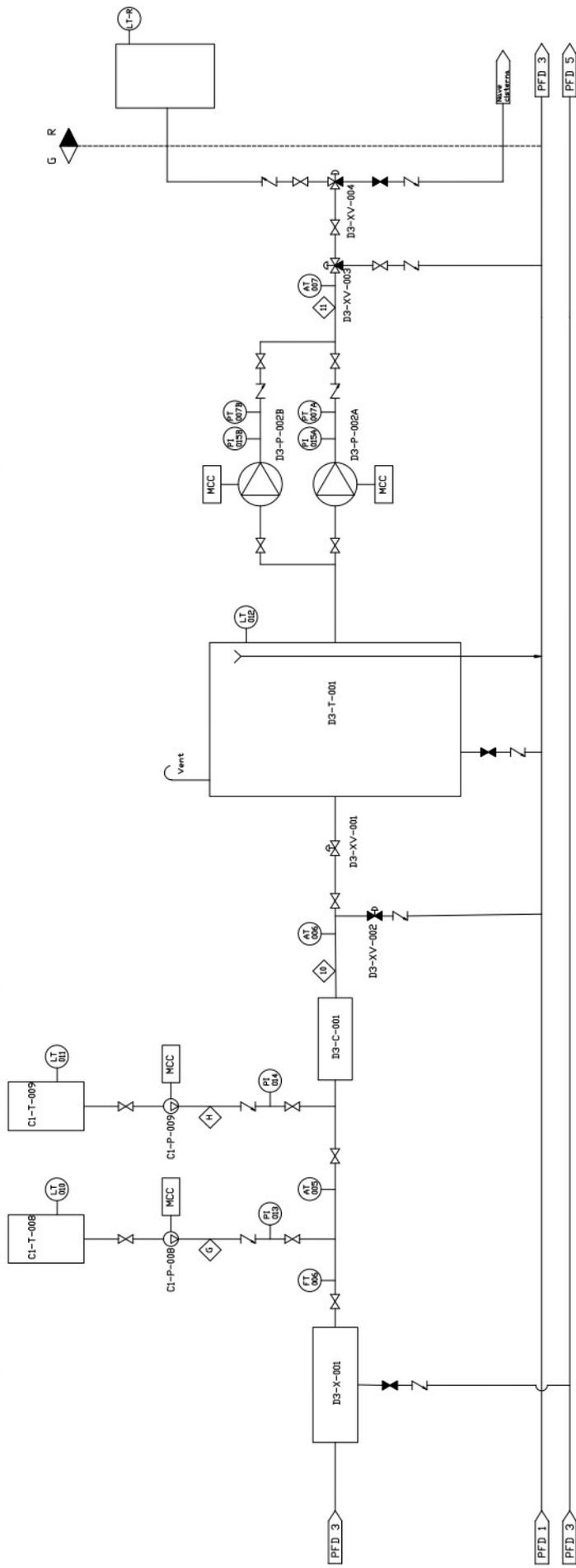




DI-C-002 Vesca di flocculazione  
 DI-F-003 Microgriglia  
 DI-P-003A/B Pompa di circolazione  
 DI-F-004A/B Filtro a cartuccia  
 CI-T-004 Tank Flocculante  
 CI-T-005 Tank NaHSD<sub>3</sub>  
 CI-T-006 Tank Antiscalant  
 CI-T-007 Tank H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>  
 CI-P-004 Pompa dosatrice flocculante  
 CI-P-005 Pompa dosatrice NaHSD<sub>3</sub>  
 CI-P-006 Pompa dosatrice Antiscalant  
 CI-P-007 Pompa dosatrice H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

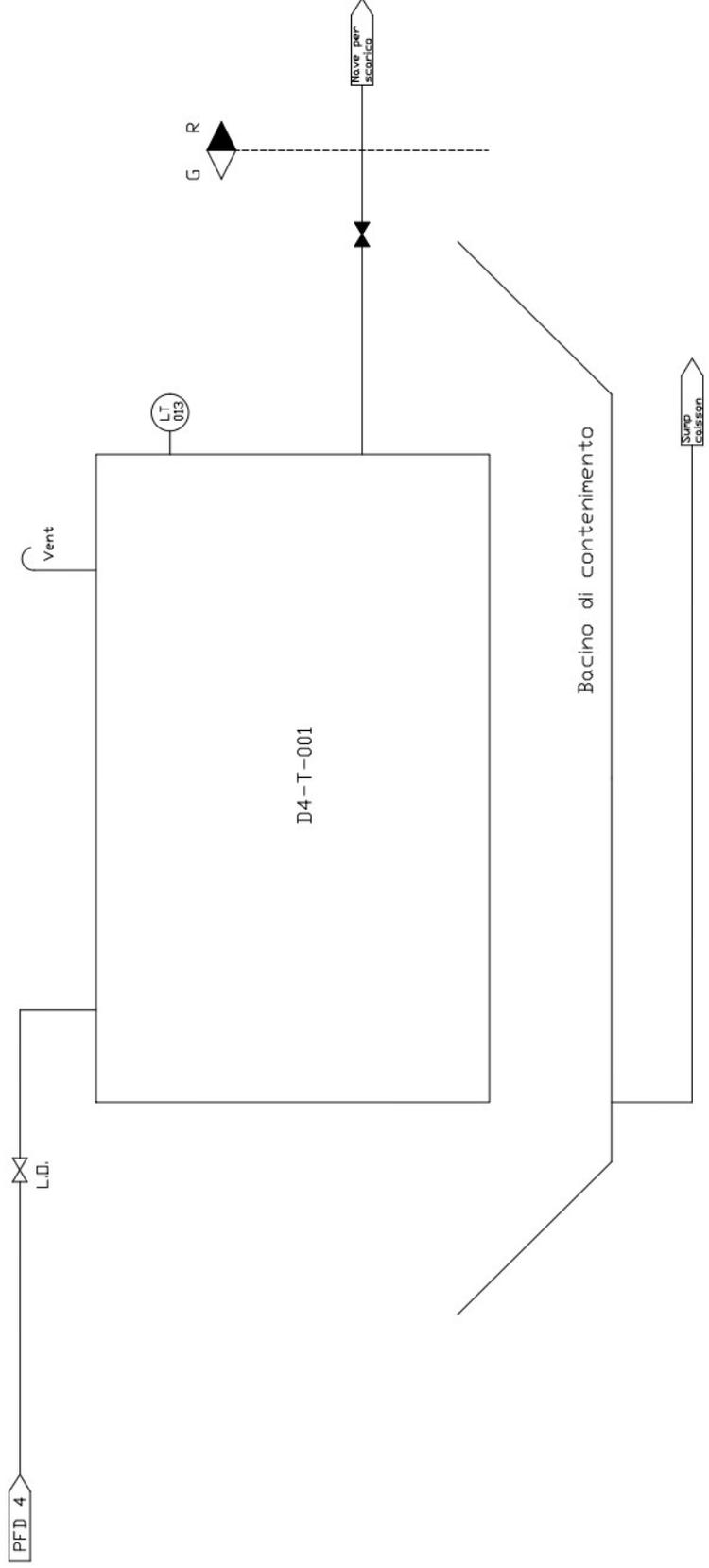
NUMERO FLUSSO	4	5	6
Acqua post flocculazione e decelerazione	Acqua post pompa filtro	Acqua post filtro a cartuccia	
Portata[m <sup>3</sup> /h]	3.53	3.53	3.53
Pressione[bar]	0.5	3.5	2.5
PH	7.5	7.5	7.5
NUMERO FLUSSO	D	E	F
Flocculante	Soluzione NaHSD <sub>3</sub>	Antiscalant	
Dosaggio[ppm]	1.50	3.00	4.50
% in peso	100.00	33.00	100.00
Portata [L/h]	0.005	0.025	0.014





- C1-I-008 Tank NaOH
- C1-I-009 Tank NaClO
- C1-P-008 Pompa dosatrice NaOH
- C1-P-009 Pompa dosatrice NaClO
- D3-X-001 Reattore a calcite
- D3-T-001 Tank di stoccaggio acqua potabile
- D3-P-002A/B Pompa di distribuzione
- D3-C-001 Miscelatore statico

NUMERO FLUSSO	10	11
NOME FLUSSO	Acqua potabile a storage	Acqua potabile post pompa di invio a cluster
Portata[m <sup>3</sup> /h]	0.88	0.88
Pressione[bar]	amb	2
pH	8,2	8,2

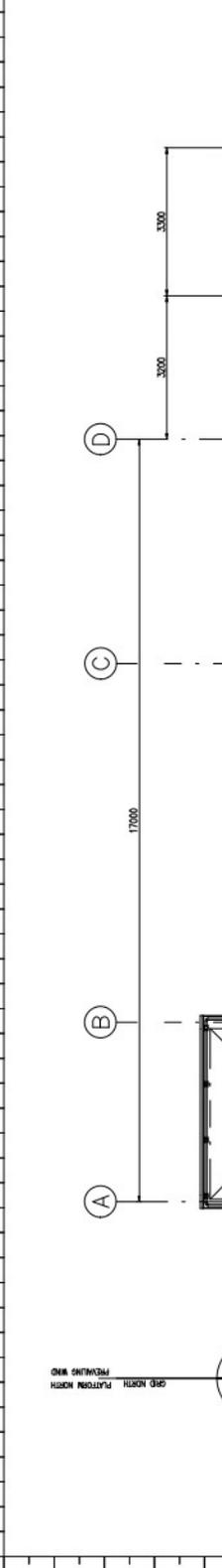


D4-T-001  
Closed drain

# ALLEGATO 2 - PLOT PLANT LAYOUT



ITEM	DESCRIPTION	ITEM
EL-18-001	Trasformazione	
EL-18-002	Trasformazione	
EL-18-003	Trasformazione	
EL-18-004	Trasformazione	
EL-18-005	Trasformazione	
EL-18-006	Trasformazione	
EL-18-007	Trasformazione	
EL-18-008	Trasformazione	
EL-18-009	Trasformazione	
EL-18-010	Trasformazione	
EL-18-011	Trasformazione	
EL-18-012	Trasformazione	
EL-18-013	Trasformazione	
EL-18-014	Trasformazione	
EL-18-015	Trasformazione	
EL-18-016	Trasformazione	
EL-18-017	Trasformazione	
EL-18-018	Trasformazione	
EL-18-019	Trasformazione	
EL-18-020	Trasformazione	
EL-18-021	Trasformazione	
EL-18-022	Trasformazione	
EL-18-023	Trasformazione	
EL-18-024	Trasformazione	
EL-18-025	Trasformazione	
EL-18-026	Trasformazione	
EL-18-027	Trasformazione	
EL-18-028	Trasformazione	
EL-18-029	Trasformazione	
EL-18-030	Trasformazione	
EL-18-031	Trasformazione	
EL-18-032	Trasformazione	
EL-18-033	Trasformazione	
EL-18-034	Trasformazione	
EL-18-035	Trasformazione	
EL-18-036	Trasformazione	
EL-18-037	Trasformazione	
EL-18-038	Trasformazione	
EL-18-039	Trasformazione	
EL-18-040	Trasformazione	
EL-18-041	Trasformazione	
EL-18-042	Trasformazione	
EL-18-043	Trasformazione	
EL-18-044	Trasformazione	
EL-18-045	Trasformazione	
EL-18-046	Trasformazione	
EL-18-047	Trasformazione	
EL-18-048	Trasformazione	
EL-18-049	Trasformazione	
EL-18-050	Trasformazione	



ITEM	DESCRIPTION	ITEM
EL-18-001	Trasformazione	
EL-18-002	Trasformazione	
EL-18-003	Trasformazione	
EL-18-004	Trasformazione	
EL-18-005	Trasformazione	
EL-18-006	Trasformazione	
EL-18-007	Trasformazione	
EL-18-008	Trasformazione	
EL-18-009	Trasformazione	
EL-18-010	Trasformazione	
EL-18-011	Trasformazione	
EL-18-012	Trasformazione	
EL-18-013	Trasformazione	
EL-18-014	Trasformazione	
EL-18-015	Trasformazione	
EL-18-016	Trasformazione	
EL-18-017	Trasformazione	
EL-18-018	Trasformazione	
EL-18-019	Trasformazione	
EL-18-020	Trasformazione	
EL-18-021	Trasformazione	
EL-18-022	Trasformazione	
EL-18-023	Trasformazione	
EL-18-024	Trasformazione	
EL-18-025	Trasformazione	
EL-18-026	Trasformazione	
EL-18-027	Trasformazione	
EL-18-028	Trasformazione	
EL-18-029	Trasformazione	
EL-18-030	Trasformazione	
EL-18-031	Trasformazione	
EL-18-032	Trasformazione	
EL-18-033	Trasformazione	
EL-18-034	Trasformazione	
EL-18-035	Trasformazione	
EL-18-036	Trasformazione	
EL-18-037	Trasformazione	
EL-18-038	Trasformazione	
EL-18-039	Trasformazione	
EL-18-040	Trasformazione	
EL-18-041	Trasformazione	
EL-18-042	Trasformazione	
EL-18-043	Trasformazione	
EL-18-044	Trasformazione	
EL-18-045	Trasformazione	
EL-18-046	Trasformazione	
EL-18-047	Trasformazione	
EL-18-048	Trasformazione	
EL-18-049	Trasformazione	
EL-18-050	Trasformazione	

**LEGEND**

ORIENTED PLATE  
 ESCAPE ROUTES  
 TOP OF STEEL  
 TOP OF BASE  
 TOP OF STEEL  
 TOP OF BASE  
 TOP OF STEEL  
 TOP OF BASE

**NOTES**

1) ALL DIMENSIONS ARE IN mm UNLESS OTHERWISE INDICATED.  
 2) ALL ELEVATIONS ARE REFERRED TO ULD L.A.T.



TAV. 2
DESCRIZIONE TAVOLA 2: MEZZANINE DECK







## ALLEGATO 3 - MATRICI CAUSA/EFFETTO





# ALLEGATO 4 - WORKSHEET ANALISI HAZID

HAZID Worksheet Progetto Basic Piattaforma GREEN1 Opzione 1

Company: GREEN 1 - Opzione 1  
 Facility: GREEN 1 - Opzione 1

Session: (1) 12/05/2021  
 System: (1a) GREEN 1 - Package dissalazione, unita di pre- e post- trattamento, stoccaggio acqua potabile e linea di distribuzione, scarico salamoia, stoccaggio drenaggi, campo fotovoltaico  
 Drawings: GREEN1-PFD001  
 GREEN1-PFD002  
 GREEN1-PFD003  
 GREEN1-PFD004  
 GREEN1-PFD005

Parameter: External and Environmental Hazards

CATEGORIA	GUIDEWORD	CAUSE	CONSEGUENZE	TARGET	SALVAGUARDIE	S	L	I	R	RACCOMANDAZIONI	BY	NOTE
Man Made	1a.1. Attivita' terroristiche/criminali	1a.1.1. Sabotaggio delle apparecchiature	1a.1.1.1. Possibile manomissione / danneggiamento o furto delle apparecchiature. Possibile interruzione della produzione.	A	1a.1.1.1.1. Sistema di videosorveglianza di bordo.	3	A	A	A			
		1a.1.2. Attivita' criminali	1a.1.2.1. Possibile contaminazione dell'acqua potabile prodotta.	S	1a.1.2.1.1. Allarme analizzatore AT-007 per "Acqua potabile fuori specifica". Stop pompa di distribuzione acqua potabile D3-P-002A, shutdown e drenaggio del sistema.	3	A	A	A	1. Prevedere un sistema di cyber security adeguato a resistere a possibili attacchi informatici 2. Garantire una separazione fisica e software tra i sistemi di controllo della piattaforma GREEN1 e i sistemi di protezione della stessa. :See raccomandazione 1 :See raccomandazione 2		Progetto di dettaglio
		1a.1.3. Attacco informatico	1a.1.3.1. Possibile manomissione / danneggiamento delle apparecchiature. Possibile interruzione della produzione. 1a.1.3.2. Possibile contaminazione dell'acqua potabile prodotta.	A	1a.1.3.1.1. - 1a.1.3.2.1. -	3	A	A	A	1. Prevedere un sistema di cyber security adeguato a resistere a possibili attacchi informatici 2. Garantire una separazione fisica e software tra i sistemi di controllo della piattaforma GREEN1 e i sistemi di protezione della stessa. :See raccomandazione 1 :See raccomandazione 2 3. Prevedere che le piattaforme ricevute siano dotate di un analizzatore in sito indipendente per impedire il consumo di acqua fuori specifica.		Progetto di dettaglio
	1a.2. Contaminazione del sito precedente	1a.2.1. Errata attivita' di decommissioning (possibile danneggiamento stoccaggi chimici) 1a.2.2. Acqua di sito fuori specifica	1a.2.1.1. Possibile contaminazione del sito durante le attivita' di decommissioning 1a.2.2.1. Errato dosaggio dei chimici durante il processo di dissalazione con conseguente produzione di acqua potabile fuori specifica.	E	1a.2.1.1.1. - 1a.2.2.1.1. Allarme analizzatore AT-007 per "Acqua potabile fuori specifica". Stop pompa di distribuzione acqua potabile D3-P-002A, shutdown e drenaggio del sistema. 1a.2.2.1.2. Allarme analizzatore AT-001A per "Concentrazione fuori specifica su linea di pescaggio". Stop pompa di pescaggio D1-P-001A e pompa cosatrice C1-P-001, chiusura valvola D1-XV-002 e apertura valvola D1-XV-003. 1a.2.2.1.3. Procedura operativa di analisi chimica delle acque di sito in fase di commissioning dell'impianto per la calibrazione dei dosaggi di chimici.	2	A	A	A	4. Prevedere un'analisi di identificazione dei rischi dedicata alle attivita' di decommissioning.		Fase di decommissioning
	1a.3. Caduta oggetti / Movimentazione apparecchiature	1a.3.1. Errata movimentazione carichi in fase di...	1a.3.1.1. Possibile caduta di equipment con conseguente possibile....	A	1a.3.1.1.1. -	3	A	A	A	5. Prevedere un'analisi dedicata di caduta oggetti prima di procedere ...		Fase di decommissioning

PHAWorks by Primattech Inc.

HAZID Worksheet Progetto Basic Piattaforma GREEN1 Opzione 1

CATEGORIA	GUIDEWORD	CAUSE ...decommissioning .	CONSEGUENZE ...danneggiamento di parti della struttura.	TARGET	SALVAGUARDIE	S	L	R	RACCOMANDAZIONI ...con le attività di decommissioning.	BY ...ning	NOTE	
Infrastructure	1a.5. Trasporto per materiali di consumo	1a.5.1. Non applicabile: la piattaforma GREEN1 non sarà presidiata.	1a.3.1.2. Possibile caduta di equipment con possibile impatto su operatore.	S	1a.3.1.2.1. Procedura operativa per la limitazione dell'accesso nelle aree di movimentazione carichi	4	A	T	6. Prevedere l'attivazione di un allarme ottico acustico durante il funzionamento della Gru.	Progetto Basic		
		1a.6.1. Grandine	1a.3.2.1. Possibile caduta di equipment con conseguente possibile danneggiamento di parti della struttura	A	1a.3.2.1.1. -	3	A	A	7. Prevedere un'analisi dedicata di caduta oggetti prima di procedere con le attività di costruzione / operazione delle nuove apparecchiature	Fase di costruzione		
		1a.6.2. Tromba d'aria	1a.3.2.2. In caso di caduta di equipment di stoccaggio di chimici pericolosi per l'ambiente acquatico (NaClO, FeCl3), possibile rottura e rilascio di chimici in ambiente. Possibile impatto ambientale.	E		2	B	A				
		1a.6.3. Bassa temperatura esterna (Periodo invernale).	1a.3.2.3. Possibile caduta di equipment, con possibile impatto su operatore.	S	1a.3.2.3.1. Procedura operativa per la limitazione dell'accesso nelle aree di movimentazione carichi	4	A	T	A	:See raccomandazione 6		
Natural hazards	1a.6. Condizioni ambientali estreme	1a.4.1. Impatto sulla struttura della piattaforma.	1a.4.1.1. Possibile danneggiamento della struttura della piattaforma.	A	1a.4.1.1.1. Area di interdizione alla navigazione in prossimità della piattaforma GREEN1.	3	A	A				
		1a.5.1. Non applicabile: la piattaforma GREEN1 non sarà presidiata.	1a.4.1.2. Luci di segnalazione a bordo della piattaforma GREEN1									
		1a.6.1. Grandine	1a.6.1.1. Possibile danneggiamento strutturale dei pannelli solari con conseguente perdita di produzione.	A	1a.6.1.1.1. Alimentazione del sistema di dissalazione tramite connessione elettrica con la terraferma.	3	B	T	A	8. Verificare che le condizioni operative dei pannelli solari siano compatibili con l'area di installazione considerando anche i possibili cambiamenti climatici estremi.	Progetto Basic	
		1a.6.2. Tromba d'aria	1a.6.2.1. Possibile danneggiamento strutturale dei pannelli solari e possibile distacco e proiezione degli stessi all'esterno della piattaforma con conseguente perdita di produzione.	A	1a.6.2.1.1. Alimentazione del sistema di dissalazione tramite connessione elettrica con la terraferma.	3	B	T	A	9. In fase di progetto di dettaglio verificare il corretto ancoraggio dei pannelli solari al fine di resistere a fenomeni di forte vento	Progetto di dettaglio	
		1a.6.3. Bassa temperatura esterna (Periodo invernale).	1a.6.3.1. Possibile congelamento dell'acqua potabile nelle linee a valle dei package di dissalazione e possibile danneggiamento / rottura delle tubazioni con conseguente perdita di produzione.	A	1a.6.3.1.1. -	2	B	A	A	10. In fase di progetto di dettaglio verificare la possibilità di drenare da remoto le linee in caso di bassa temperatura esterna	Progetto di dettaglio	
		1a.6.4. Elevata salinità ambientale	1a.6.4.1. Possibile presenza di correnti parassite e possibili fenomeni di corrosione a lungo termine con conseguente danneggiamento delle apparecchiature.	A	1a.6.4.1.1. Tutti gli equipment sono idonei a lavorare in ambiente altamente salino (es. presenza di anodi sacrificali)	2	B	A	A	11. In fase di progetto di dettaglio verificare che la componentistica contro le correnti parassite già presente in piattaforma continui ad essere adeguata. Verificare l'eventuale necessità di anodi a valle dell'installazione delle nuove apparecchiature.	Progetto di dettaglio	
		1a.7. Fulminazione	1a.7.1. Possibile impatto di fulmini sulla struttura	A	1a.7.1.1.1. Possibile impatto di fulmini sui pannelli solari, possibile sovratensione e danneggiamento delle apparecchiature con conseguente perdita di produzione.	3	A	A	A	12. In fase di progetto di dettaglio, verificare la validità degli studi relativi al fenomeno di fulminazione del progetto originario.	Progetto di dettaglio	

HAZID Worksheet Progetto Basic Piattaforma GREEN1 Opzione 1

Company: GREEN 1 - Opzione 1  
Facility: GREEN 1 - Opzione 1

CATEGORIA	GUIDEWORD	CAUSE	CONSEGUENZE	TARGET	SALVAGUARDIE	S L R	RACCOMANDAZIONI	BY	NOTE	
Environmental	1a.8. Terremoti	1a.8.1. Possibile impatto del terremoto sulla struttura	1a.8.1.1. L'impatto di un terremoto sulla piattaforma GREEN1 non dipende dalla riconversione in analisi.				13. In fase di progetto di dettaglio, verificare la validità degli studi relativi alla resistenza strutturale del progetto originario tenendo in considerazione i carichi associati alle nuove apparecchiature e la rimozione degli equipment non più necessari. :See raccomandazione 13	Progetto di dettaglio		
	1a.9. Maremoto	1a.9.1. Possibile impatto del maremoto sulla struttura	1a.9.1.1. L'impatto di un maremoto sulla piattaforma GREEN1 non dipende dalla riconversione in analisi.							
	1a.10. Proprietà fisico-chimiche del piano mesolitorale	1a.10.1. Rilascio di salamoia in prossimità della piattaforma.	1a.10.1.1. Nessuna conseguenza significativa, lo scarico della salamoia è previsto oltre il piano mesolitorale.							
			1a.10.1.2. In caso di danneggiamento (perdita o fuoriuscita) della tubazione di scarico della salamoia, è possibile il rilascio di salamoia all'interno del piano mesolitorale, possibile contaminazione dell'acqua di alimentazione al sistema di dissalazione con conseguente possibile perdita di produzione	A	1a.10.1.2.1. Allarme analizzatore AT-001A per "Concentrazione fuori specifica" in linea per il serbatoio. Sito pompa di scarico D1-P-001A e pompa dosatrice C1-P-001, chiusura valvola D1-XV-002 e apertura valvola D1-XV-003.	2	A	14. Prevedere una procedura operativa di ispezione periodica della tubazione di scarico della salamoia.	Ispezione e manutenzione	
	1a.11. Emissione continua in aria	1a.11.1. Si faccia riferimento all'analisi ambientale dedicata								
	1a.12. Emissione continua in acqua	1a.12.1. Si faccia riferimento all'analisi ambientale dedicata								
	1a.13. Operazioni di travaso	1a.13.1. Travaso diesel di alimento della gru	1a.13.1.1. Possibile rilascio di gasolio in ambiente (400) con conseguente impatto ambientale.	E			1	A	15. In fase di progetto di dettaglio, prevedere una procedura dedicata al travaso di diesel.	Progetto di dettaglio
			1a.13.2. Travaso serbatoio drenaggi (D4-T-001)	1a.13.2.1. Possibile rilascio di fanghi e residui del processo di dissalazione in ambiente con conseguente impatto ambientale.	E		1	A	16. In fase di progetto di dettaglio, prevedere una procedura dedicata al travaso dal serbatoio drenaggi (D4-T-001).	Progetto di dettaglio
	1a.14. Scarico di emergenza	1a.14.1. Condizione di emergenza in piattaforma	1a.14.1.1. In caso di emergenza nella piattaforma GREEN1, non previsti carichi non controllati che entrano in acqua. Tutto il volume che viene scaricato durante l'ESD del sistema può essere contenuto nel serbatoio drenaggi (D4-T-001). Nessuna conseguenza per persone o ambiente.							
	1a.15. Gestione dei rifiuti	1a.15.1. Mancata attività di svuotamento del serbatoio drenaggi (D4-T-001)	1a.15.1.1. Possibile sovrariempimento del serbatoio drenaggi (D4-T-001), possibile rilascio di fanghi e residui del processo di dissalazione in ambiente.	E			1	A	1a.15.1.1.1. Allarme livellostato LT-013 per "Alto livello". Shutdown del sistema e stop della pompa di scarico salamoia D5-P-001A (per impedire il drenaggio del sistema).	

Session: (1) 12/05/2021  
System: (1a) GREEN 1 - Package dissalazione, unità di pre- e post- trattamento, stoccaggio acqua potabile e linea di distribuzione, scarico salamoia, stoccaggio drenaggi, campo fotovoltaico  
Drawings: GREEN1-PPD001  
GREEN1-PPD002  
GREEN1-PPD003  
GREEN1-PPD004  
GREEN1-PPD005  
Parameter: Facility Hazards

Intention:

CATEGORIA	GUIDEWORD	CAUSE	CONSEGUENZE	TARGET	SALVAGUARDIE	S L R	RACCOMANDAZIONI	BY	NOTE
Control Methods	1a.16. Filosofia di controllo / occupazione e Manutenzione	1a.16.1. Livello di occupazione della piattaforma GREEN 1	1a.16.1.1. La piattaforma GREEN 1 è normalmente non presidiata. Non sono previsti alloggi per il personale di bordo.						

PHAWorks by Pmmatech Inc.

HAZID Worksheet Progetto Basic Piattaforma GREEN1 Opzione 1

Company: GREEN 1 - Opzione 1  
 Facility: GREEN 1 - Opzione 1

Page: 4 of 9

CATEGORIA	GUIDEWORD	CAUSE	CONSEGUENZE	TARGET	SALVAGUARDIE	S	L	R	RACCOMANDAZIONI	BY	NOTE
				A		1	D	A			
	1a.16.2. Gestione della manutenzione del campo fotovoltaico	1a.16.2.1. Possibile perdita di efficienza dei pannelli fotovoltaici con conseguente riduzione della produzione.	1a.16.2.1. Possibile perdita di efficienza dei pannelli fotovoltaici con conseguente riduzione della produzione.	A	1a.16.2.1.1. Manuale uso e manutenzione dei pannelli fotovoltaici	1					
	1a.16.3. Gestione e sostituzione degli stoccaggi di chimici	1a.16.3.1. In caso di elevata richiesta di acqua potabile dalle utenze o mancata sostituzione degli stoccaggi chimici, possibile esaurimento degli stoccaggi con conseguente cavitazione delle pompe dosatrici.	1a.16.3.1. In caso di elevata richiesta di acqua potabile dalle utenze o mancata sostituzione degli stoccaggi chimici, possibile esaurimento degli stoccaggi con conseguente cavitazione delle pompe dosatrici.	A	1a.16.3.1.1. Allarme di "Basso livello" in sala controllo dai livellatori per il controllo degli stoccaggi di chimici. Stop delle pompe dosatrici per evitare la cavitazione.	1	D	A			
				S	1a.16.3.1.2. Procedura operativa di controllo e sostituzione stoccaggi schedulata ogni 6 mesi						
	1a.17. Piano di emergenza	1a.17.1. Condizione di emergenza sulla piattaforma GREEN 1	1a.17.1.1. In caso di personale a bordo sono previste escape routes per garantire un'efficiente evacuazione della piattaforma.	S	1a.16.3.2. Possibile produzione di acqua potabile fuori specifica.	3	A	A		Progetto di dettaglio	
	1a.18. Operazioni contemporanee	1a.18.1. Attività manutentive sul campo fotovoltaico AND sistema di dissalazione in funzione (Alimentato dalla rete elettrica nazionale)	1a.18.1. Nessuna conseguenza significativa, le due attività possono essere eseguite in contemporanea attenendosi alle istruzioni del manuale uso e manutenzione degli equipment	A	1a.16.3.2.1. Allarme analizzatore AT-007 per "Acqua potabile fuori specifica". Stop pompa di distribuzione acqua potabile D3-P-002A, shutdown e drenaggio del sistema.					Progetto Basic	
	1a.19. Start-up/Shutdown	1a.19.1. Errato allineamento del sistema in fase di start-up (primo avviamento o a valle di fermata prolungata)	1a.19.1.1. Possibile danneggiamento delle apparecchiature con conseguente perdita di produzione.	A	1a.19.1.1.1. Procedura operativa di allineamento sistema in accordo ai manuali uso e manutenzione degli equipment.	3	A	A	17. In fase di progetto di dettaglio, prevedere uno studio EERA (Escape, Evacuation, Rescue Analysis) dedicato. 18. Prevedere dei pulsanti di sgancio rapido del campo fotovoltaico posizionati in maniera tale da poter essere attivati anche in caso di technical room non accessibile (di sotto del Mezzanine Deck) 19. In fase di progetto di dettaglio, verificare la compatibilità dell'area in manutenzione con i livelli di rumore generati dai package di dissalazione. In caso di alto livello di rumorosità prevedere dei dispositivi di protezione individuali adeguati.	Progetto di dettaglio	
				A	1a.19.1.1.1. Procedura operativa di allineamento sistema in accordo ai manuali uso e manutenzione degli equipment.					Progetto di dettaglio	
				S	1a.19.2.1.1. Allarme analizzatore AT-007 per "Acqua potabile fuori specifica". Stop pompa di ...	3	A	A	20. In fase di progetto di dettaglio, verificare che le filosofie di avviamento e spegnimento del sistema siano compatibili/adequate ai package di dissalazione. 21. In fase di progetto di dettaglio, verificare che la filosofia di controllo e sicurezza sia compatibile/adequata al package di dissalazione e venga opportunamente integrata nella gestione generale del sistema. 22. Nelle prime fasi di avviamento del sistema in caso di primo avviamento o di fermata prolungata, prevedere una procedura di avviamento ottimizzata al fine di evitare possibili contaminazioni dell'acqua potabile stoccata.	Progetto di dettaglio	
	1a.19.2. Errato avviamento giornaliero del sistema	1a.19.2.1. Possibile produzione di acqua fuori specifica.	1a.19.2.1. Possibile produzione di acqua fuori specifica.	S	1a.19.2.1.1. Allarme analizzatore AT-007 per "Acqua potabile fuori specifica". Stop pompa di ...	3	A	A	23. In fase di commissioning, prevedere una procedura di avviamento / spegnimento...	Fase di commissioning	

PHAWorks by Primatex, Inc.

HAZID Worksheet Progetto Basic Piattaforma GREEN1 Opzione 1

CATEGORIA	GUIDEWORD	CAUSE	CONSEGUENZE	TARGET	SALVAGUARDIE	S L R	RACCOMANDAZIONI	BY	NOTE
Fire / Explosion Hazards	1a.20. Stoccaggio di infiammabili	1a.20.1. Rilascio di diesel dallo stoccaggio per la movimentazione della Gru.	1a.20.1.1. Possibile rilascio di gasolio in ambiente (400l) con conseguente impatto ambientale.	E	...distribuzione acqua potabile D3-P-002A, shutdown e drenaggio del sistema. 1a.19.2.1.2. Allarme analizzatore AT-001A per Concentrazione fuori specifica su linea di pescaggio. Stop pompa di pescaggio DI-P-007A e pompa dosatrici CI-P-001, chiusura valvola DI-XV-002 e apertura valvola DI-XV-003.	1 B A	24. Validare l'installazione dell'analizzatore AT001A sulla linea in ingresso alla vasca di polmonazione con una linea di drenaggio dedicata in caso di acqua fuori specifica. 25. Validare l'installazione di un analizzatore aggiuntivo sulla linea in uscita dalla vasca di polmonazione con una linea di drenaggio dedicata in caso di acqua fuori specifica. 26. Prevedere un bacino di contenimento dedicato al serbatoio di stoccaggio diesel	Progetto Basic	
	1a.21. Sorgenti di innesco	1a.21.1. Possibile innesco da apparecchiature elettriche (cabina di trasformazione / technical room)	1a.21.1.1. Nessuna conseguenza significativa: non sono presenti sostanze infiammabili a bordo della piattaforma.	A	1a.22.1.1.1. -	2 D T	27. In fase di progetto di dettaglio, prevedere il massimo angolo di rotazione della gru e la sua posizione di riposo tale da non generare fenomeni di ombreggiamento.	Progetto di dettaglio	
	1a.22. Layout apparecchiature	1a.22.1. Posizionamento della Gru. 1a.22.2. Posizionamento del vent stack.	1a.22.1.1. Possibile ombreggiamento del campo fotovoltaico con conseguente perdita di potenza e riduzione della produzione elettrica. Possibile danneggiamento dei pannelli. 1a.22.2.1. Nessuna conseguenza significativa: il posizionamento dell'equipament e compatibile con le nuove apparecchiature.	E	1a.23.1.1.1. Bacini di contenimento dedicati ai singoli stoccaggi chimici.	2 B A			
	1a.23. Perdita di contenimento	1a.23.1. Rilascio da serbatoi di stoccaggio chimici 1a.23.2. Rilascio da serbatoio drenaggi (DH-T-001)	1a.23.1.2. Possibile contatto dell'operatore con i prodotti chimici rilasciati con conseguenti possibili lesioni cutanee e oculari 1a.23.2.1. Possibile rilascio di fanghi e residui del processo di dissalazione in ambiente con conseguente impatto ambientale.	S	1a.23.1.2.1. Docce di emergenza 1a.23.1.2.2. Dispositivi di protezione individuali adatti alla movimentazione di chimici	3 A A			
Process Hazards	1a.24. Fallimento del sistema di controllo (Alta pressione o Alta temperatura)	1a.24.1. Malfunzionamento pompa alta pressione (pacchetto dissalazione D2-P-001). 1a.24.2. Valvola sulla linea di mandata pompe chiusa / Filtri otturati / membrane otturate.	1a.24.1.1. Possibile alta pressione all'interno del sistema con possibile superamento delle condizioni di design, rottura e rilascio di acqua trattata. 1a.24.2.1. Possibile alta pressione all'interno del sistema con possibile superamento delle condizioni di design, rottura e rilascio di acqua trattata.	E	1a.24.1.1.1. Allarme "Alta pressione" sul serbatoio a valle della pompa PT-004i. Shutdown del sistema, stop della DC-001A e scarico salamoia DC-001A e chiusura valvola DS-XV-001A (per impedire il drenaggio del sistema) 1a.24.2.1.1. Allarme "Alta pressione" sui serbatoi a valle delle pompe. Shutdown della pompa e start-up della rispettiva pompa spare. 1a.24.2.1.2. Allarme "Alta pressione differenziale sui filtri" (efficace in caso di filtri otturati). In caso di ...	1 B A	28. In fase di progetto di dettaglio, verificare che non sia possibile un sovrainnalzamento del bacino di contenimento dovuto all'accumulo di acqua piovana. 29. In fase di progetto di dettaglio, verificare la presenza di valvole di sicurezza opportunamente dimensionate per sfogare una possibile sovrappressione. See raccomandazione.29	Progetto di dettaglio	

HAZID Worksheet Progetto Basic Piattaforma GREEN1 Opzione 1

CATEGORIA	GUIDEWORD	CAUSE	CONSEGUENZE	TARGET	SALVAGUARDIE	S I L R	RACCOMANDAZIONI	BY	NOTE
		1a.24.3. Malfunzionamento controllo temperatura dell'acqua della vasca di flocculazione D1-C-002	1a.24.3.1. Possibile aumento del regime di rotazione all'interno della vasca di flocculazione D1-C-002, possibile processo di flocculazione inefficiente. Possibile acqua potabile fuori specifica.	S	...ostruzione del filtro D1-F-001A e chiusura della valvola D1-XV-001A e D1-XV-001B (per utilizzare il filtro spare). In caso di ostruzione del filtro D1-F-004 shutdown della pompa D1-P-003A e startup della pompa D1-P-003B. In caso di ostruzione del filtro D1-F-002 o D1-F-003 shutdown del sistema. stop della pompa di scarico salamoia D5-P-001A e chiusura valvola D5-XV-001A (per impedire il drenaggio del sistema)	3 C T			
		1a.24.4. Malfunzionamento sonde temperatura trasformatore / Ostruzione ventilazione naturale gabinato trasformatore	1a.24.4.1. Possibile danneggiamento delle spire del trasformatore e conseguente danneggiamento dell'equipment. Impossibile cedere/assorbire energia elettrica da rete elettrica nazionale.	A	1a.24.3.1.1. Allarme analizzatore AT-007 "Acqua potabile fuori specifica". Stop pompa di distribuzione acqua potabile D3-P-002A, shutdown e drenaggio del sistema.	2 C T			
		1a.24.5. Ostruzione ventilazione naturale technical room	1a.24.5.1. Possibile alta temperatura nella technical room con conseguente possibile malfunzionamento e/o danneggiamento delle apparecchiature elettriche. Perdita dell'energia elettrica dal campo fotovoltaico e del PLC.	A	1a.24.4.1.1. Sonda di temperatura dedicata per sgancio rapido del trasformatore.	2 C T			
	1a.25. Fallimento del sistema di controllo (Bassa pressione o Bassa temperatura)	1a.25.1. Fermata spurta pompe di alimentazione e circolazione	1a.25.1.1. Arresto della circolazione all'interno del sistema di dissalazione. Possibile perdita di produzione.	A	1a.25.1.1.1. Allarme "Bassa pressione" sui pressostati a valle delle pompe. Startup della rispettiva pompa spare.	1 C A			
		1a.25.2. Perdita da connessioni o tubazioni sistema dissalazione	1a.25.2.1. Possibile rilascio di acqua trattata in ambiente con conseguente possibile perdita di produzione.	A	1a.25.2.1.1. Allarme "Bassa portata" dai flussostati dedicati.	1 C A			
		1a.25.3. Malfunzionamento controllo temperatura TT-001 della vasca di flocculazione D1-C-002	1a.25.3.1. Possibile riduzione del regime di rotazione dell'agitatore all'interno della vasca di flocculazione D1-C-002, possibile processo di flocculazione inefficiente. Possibile acqua potabile fuori specifica.	S	1a.25.3.1.1. Allarme analizzatore AT-007 per "Acqua potabile fuori specifica". Stop pompa di distribuzione acqua potabile D3-P-002A, shutdown e drenaggio del sistema.	3 C T			
	1a.26. Fallimento del sistema di controllo (Alto livello)	1a.26.1. Malfunzionamento controllo livello LT-002 della vasca di polimerizzazione D1-I-001 di acqua trattata.	1a.26.1.1. Alto livello con possibile sovrariempimento e rilascio in ambiente acqua trattata.	E	1a.26.1.1.1. Allarme "Altissimo livello" nella vasca di polimerizzazione D1-I-001. Shutdown pompa D1-P-001A e chiusura valvola D1-XV-002.	1 B A			
		1a.26.2. Malfunzionamento controllo livello LT-006 della vasca di flocculazione D1-C-002	1a.26.2.1. Alto livello con possibile sovrariempimento e rilascio in ambiente acqua trattata.	E	1a.26.2.1.1. Allarme "Altissimo livello" nella vasca di flocculazione D1-C-002. Shutdown del sistema, stop della pompa di scarico salamoia D5-P-001A e chiusura valvola D5-XV-001A (per impedire il drenaggio del sistema)	1 B A			
		1a.26.3. Malfunzionamento controllo livello LT-012 del...	1a.26.3.1. Alto livello con possibile sovrariempimento e rilascio in...	E	1a.26.3.1.1. Allarme "Altissimo livello" nel serbatoio di stoccaggio...	1 B A			

HAZID Worksheet Progetto Basic Piattaforma GREEN1 Opzione 1

CATEGORIA	GUIDEWORD	CAUSE	CONSEGUENZE	TARGET	SALVAGUARDIE	S	L	R	RACCOMANDAZIONI	BY	NOTE
		serbatoio di stoccaggio di acqua potabile D3-T-001	ambiente di acqua potabile. Nessuna conseguenza significativa.		di acqua potabile D3-T-001. Shutdown del sistema, stop della pompa di scarico salamoia D5-P-001A e chiusura valvola D5-XV-001A (per impedire il drenaggio del sistema)				...linea di scarico salamoia.		
	1a.26.4. Rilascio da serbatoio drenaggi (D4-T-001)	1a.26.4.1. Possibile sovrarimpimento del serbatoio drenaggi. Possibile rilascio di fanghi e residui del processo di dissalazione in ambiente con conseguente impatto ambientale.	E		1a.26.4.1.1. Bacino di contenimento	1	C	A	:See raccomandazione 28		
	1a.27. Fallimento del sistema di controllo (Basso livello)	1a.27.1. Malfunzionamento controllo livello LT-002 della vasca di polmonazione D1-T-001	1a.27.1.1. Possibile danneggiamento delle pompe del sistema dissalazione per cavitazione. Possibile perdita di produzione.	A	1a.27.1.1.1. Allarme "Bassissimo livello" nella vasca di polmonazione D1-T-001. Shutdown del sistema, stop della pompa di scarico salamoia D5-P-001A e chiusura valvola D5-XV-001A (per impedire il drenaggio del sistema)	1	B	A			
		1a.27.2. Malfunzionamento controllo livello LT-006 della vasca di flocculazione D1-C-002	1a.27.2.1. Possibile danneggiamento delle pompe del sistema dissalazione per cavitazione. Possibile perdita di produzione.	A	1a.27.2.1.1. Allarme "Bassissimo livello" nella vasca di flocculazione D1-C-002. Shutdown del sistema, stop della pompa di scarico salamoia D5-P-001A e chiusura valvola D5-XV-001A (per impedire il drenaggio del sistema)	1	B	A			
		1a.27.3. Malfunzionamento controllo livello LT-012 del serbatoio di stoccaggio di acqua potabile D3-T-001	1a.27.3.1. Possibile danneggiamento delle pompe del sistema dissalazione per cavitazione. Perdita di produzione	A	1a.27.3.1.1. Allarme "Bassissimo livello" nel serbatoio di stoccaggio di acqua potabile D3-T-001. Stop della pompa di distribuzione acqua potabile D3-P-002A	1	B	A			
		1a.27.4. Malfunzionamento controllo livello dei serbatoi stoccaggio chimici.	1a.27.4.1. Possibile danneggiamento delle pompe del sistema alimentazione chimici per cavitazione.	A	1a.27.4.1.1. Allarme di "Basso livello" in sala controllo dai livellostati per il controllo degli stoccaggi di chimici. Stop delle pompe dosatrici per evitarne la cavitazione.	3	B	T			
		1a.27.4.2. Possibile acqua prodotta fuori specifica	1a.27.4.2. Possibile acqua prodotta fuori specifica	S	1a.27.4.2.1. Allarme analizzatore AT-007 per "Acqua potabile fuori specifica". Stop pompa di distribuzione acqua potabile D3-P-002A, shutdown e drenaggio del sistema.	3	A	A			
		1a.28.1. Presenza di contaminanti (rilascio di sostanze dalle piattaforme limitrofe / grandi imbarcazioni)	1a.28.1.1. Possibile acqua all'interno del sistema di dissalazione fuori specifica con conseguente produzione di acqua fuori specifica.	S	1a.27.4.2.2. Allarme analizzatore AT-001A per "Concentrazione fuori specifica su linea di pescaggio". Stop pompa di pescaggio D1-P-001A e pompa dosatrice C1-P-001, chiusura valvola D1-XV-002 e apertura valvola D1-XV-003	3	B	T			
	1a.28. Fallimento del sistema di controllo (Errata composizione)	1a.28.1.1. Presenza di contaminanti (rilascio di sostanze dalle piattaforme limitrofe / grandi imbarcazioni)	1a.28.1.1. Possibile acqua all'interno del sistema di dissalazione fuori specifica con conseguente produzione di acqua fuori specifica.	S	1a.28.1.1.1. Allarme analizzatore AT-007 per "Acqua potabile fuori specifica". Stop pompa di distribuzione acqua potabile D3-P-002A, shutdown e drenaggio del sistema.	3	B	T			
			1a.28.1.2. Allarme analizzatore AT-001A per "Concentrazione fuori specifica su linea di pescaggio"....								

HAZID Worksheet Progetto Basic Piattaforma GREEN1 Opzione 1

Company:  
Facility: GREEN 1 - Opzione 1

Page: 8 of 9

CATEGORIA	GUIDEWORD	CAUSE	CONSEGUENZE	TARGET	SALVAGUARDIE	S	L	R	RACCOMANDAZIONI	BY	NOTE
		1a.28.2. Malfunzionamento analizzatori per adduzione chimici in linea.	1a.28.2.1. Possibile acqua all'interno del sistema di dissalazione fuori specifica con conseguente produzione di acqua fuori specifica.	S	...Stop pompa di pescaggio D1-P-001A e pompa dosatrice C1-P-001, chiusura valvola D1-XV-002 e apertura valvola D1-XV-003.  1a.28.2.1.1. Allarme analizzatore AT-007 per "Acqua potabile fuori specifica". Stop pompa di distribuzione acqua potabile D3-P-002A, shutdown e drenaggio del sistema.  1a.28.2.1.2. Allarme analizzatore AT-001A per "Concentrazione fuori specifica su linea di pescaggio". Stop pompa di pescaggio D1-P-001A e pompa dosatrice C1-P-001, chiusura valvola D1-XV-002 e apertura valvola D1-XV-003.	3	B	T			
		1a.28.3. Mancato o parziale lavaggio delle membrane	1a.28.3.1. Possibile acqua all'interno del sistema di dissalazione fuori specifica con conseguente produzione di acqua fuori specifica.	S	1a.28.3.1.1. Allarme analizzatore AT-007 per "Acqua potabile fuori specifica". Stop pompa di distribuzione acqua potabile D3-P-002A, shutdown e drenaggio del sistema.	3	B	T			
		1a.28.4. Malfunzionamento analizzatori su linea acqua (AT001A / AT006)	1a.28.4.1. Possibile acqua all'interno del sistema di dissalazione fuori specifica con conseguente produzione di acqua fuori specifica.	S	1a.28.4.1.1. Allarme analizzatore AT-007 per "Acqua potabile fuori specifica". Stop pompa di distribuzione acqua potabile D3-P-002A, shutdown e drenaggio del sistema.	3	B	T			
		1a.28.5. Malfunzionamento analizzatori su linea acqua (AT007)	1a.28.5.1. Possibile acqua all'interno del sistema di dissalazione fuori specifica con conseguente produzione di acqua fuori specifica.	S	1a.28.5.1.1. Allarme analizzatore AT-006 per "Acqua potabile fuori specifica". Shutdown del sistema e apertura valvola D3-XV-002	3	B	T			
	1a.29. Fallimenti meccanici	1a.29.1. Perdita dalle tenute delle pompe sistema dissalazione.	1a.29.1.1. Possibile rilascio di acqua trattata in ambiente, danneggiamento pompa. Perdita di produzione.	A	1a.29.1.1.1. Allarme "Bassa portata" dai flussostati dedicati	1	C	A			
		1a.29.2. Perdita dalle tenute delle pompe alimentazione chimici.	1a.29.2.1. Possibile rilascio di chimici (NaClO, FeCl3) in ambiente con conseguente impatto ambientale.	E	1a.29.2.1.1. Bacini di contenimento dedicati ai singoli stoccaggi chimici.	2	B	A			
			1a.29.2.2. Possibile contatto dell'operatore con i prodotti chimici rilasciati con conseguente possibili lesioni cutanee e oculari	S	1a.29.2.2.1. Docce di emergenza 1a.29.2.2.2. Dispositivi di protezione individuali adatti alle movimentazioni di chimici	3	A	A			
Utility Systems	1a.30. Energia elettrica	1a.30.1. Perdita di energia elettrica da fotovoltaico	1a.30.1.1. Mancata alimentazione del sistema. Possibile perdita di produzione.	A	1a.30.1.1. Alimentazione spare dalla rete elettrica nazionale.	1	C	A			
		1a.30.2. Perdita alimentazione.	1a.30.2.1. Mancata alimentazione del sistema. Possibile perdita di produzione	A	1a.30.2.1.1. Attivazione UPS per spegnimento sicuro del sistema	1	C	A	34. Verificare l'idoneità delle posizioni di fallimento delle valvole in caso di blackout completo del sistema.	Progetto Basic	
	1a.31. Drenaggi	1a.31.1. Mancanza connessione con serbatoio drenaggi D4-T-001	1a.31.1.1. Impossibilità di effettuare correttamente i drenaggi del sistema. Possibile accumulo dei fanghi all'interno della vasca di flocculazione con conseguente possibile trascinarsi e produzione di acqua fuori specifica.	S	1a.31.1.1.1. Allarme analizzatore AT-007 per "Acqua potabile fuori specifica". Stop pompa di distribuzione acqua potabile D3-P-002A, shutdown e drenaggio del sistema.	3	C	T	35. In fase di progetto di dettaglio, verificare le modalità e le tempistiche con cui condurre le attività di drenaggio della vasca di flocculazione. In caso di necessità valutare l'installazione di valvole...	Progetto di dettaglio	

PHAWorks by Primtech Inc.

HAZID Worksheet Progetto Basic Piattaforma GREEN1 Opzione 1

Company:  
Facility: GREEN 1 - Opzione 1

CATEGORIA	GUIDEWORD	CAUSE	CONSEGUENZE	TARGET	SALVAGUARDIE	S	L	R	RACCOMANDAZIONI	BY	NOTE
1a.32	Comunicazione con la terra	1a.32.1. Perdita di comunicazione	1a.32.1.1. Impossibilità di monitorare il sistema da remoto. Il sistema è in grado di continuare ad operare senza nessuna conseguenza significativa.		1a.32.1.1. Attivazione UPS per mantenimento dei sistemi di comunicazione.				...automatiche per effettuare il drenaggio della vasca da remoto 36. Valutare di lucchettare aperta la valvola manuale sulla linea in ingresso al serbatoio di stoccaggio	Progetto Basic	

# ALLEGATO 5 - ANALISI AMBIENTALE

## Emissioni di liquidi in mare

Descrizione Attività	Fase Operativa	Descrizione impatto ambientale	Superamento limiti di legge	Immagine Pubblica	Economicità	Frequenza	Grado dell'impatto	TOTALE	CLASSIFICAZIONE	Raccomandazioni	NOTE
Scarico salamoia	Normale operazione	La salamoia è prodotta ogni qualvolta il package disalzoia sia in funzione. Non ci sono limiti di legge che ne regolino lo scarico in mare, tuttavia una nicchia di popolazione attenta agli aspetti ambientali malvede gli scarichi incontrollati. L'impatto ambientale è circoscritto alla zona di rilascio.	C	B	C	A	B	9	MEDIO	Valutare l'implementazione di un sistema di trattamento salamoia al fine di recuperare metalli rari/energia	Il design del sistema di scarico salamoia e la velocità di efflusso sono tali da garantire un rapido ed efficiente miscelamento con l'acqua di mare
Scarico acqua prodotta fuori specifica	Avviamento	Il transitorio di avviamento prevede che l'acqua prodotta sia scaricata in mare finché il transitorio di accensione non sia terminato e finché la composizione dell'acqua non rientri entro i limiti di accettabilità. L'acqua fuori specifica è scaricata in mare. Non ci sono limiti di legge che ne regolino lo scarico, tuttavia una nicchia di popolazione attenta agli aspetti ambientali malvede gli scarichi incontrollati. L'impatto ambientale è trascurabile.	C	B	C	B	C	7	BASSO		Il design del sistema di scarico salamoia e la velocità di efflusso sono tali da garantire un rapido ed efficiente miscelamento con l'acqua di mare
Drenaggio vasca di polmonazione	Spegnimento per manutenzione	Il drenaggio della vasca di polmonazione avviene solo in caso di manutenzione o fermata prolungata dell'impianto e prevede lo scarico in mare di acqua di mare con un piccolo quantitativo di NaClO. Non ci sono limiti di legge che ne regolino lo scarico, tuttavia una nicchia di popolazione attenta agli aspetti ambientali malvede gli scarichi incontrollati. L'impatto ambientale è trascurabile, considerati anche i volumi in gioco.	C	B	C	B	C	7	BASSO		Acqua di mare + NaClO (quantitativo scaricato limitato, max 18 mc)
Drenaggio linea post trattamento	Spegnimento per manutenzione	Il drenaggio della linea di post trattamento avviene solo in caso di manutenzione o fermata prolungata dell'impianto e prevede lo scarico in mare di acqua potabile. Non ci sono limiti di legge che ne regolino lo scarico. L'impatto ambientale è trascurabile.	C	C	C	B	C	6	BASSO		

## Emissioni di gas e vapori in atmosfera

Descrizione Attività	Fase Operativa	Descrizione impatto ambientale	Superamento limiti di legge	Immagine Pubblica	Economicità	Frequenza	Grado dell'impatto	TOTALE	CLASSIFICAZIONE	Raccomandazioni	NOTE
Movimentazione Gru	Decommissioning / pre-riconversione / Decommissioning / post-riconversione / Installazione / Manutenzione	La movimentazione della gru viene effettuata tramite l'utilizzo di un motore diesel durante le fasi di decommissioning (pre- e post riconversione), installazione di nuove apparecchiature e manutenzione. Non sono previsti superamenti di limite di legge né impatti sull'ambiente, considerata anche l'aleatorietà dell'impiego della gru.	C	C	C	B	C	6	BASSO		
Movimentazione imbarcazioni a servizio della piattaforma	Decommissioning / pre-riconversione / Decommissioning / post-riconversione / Installazione	In fase di decommissioning (pre- e post riconversione) e installazione di nuove apparecchiature, è previsto l'utilizzo di imbarcazioni di dimensioni rilevanti a servizio della piattaforma. Dal momento che l'imbarcazione deve stazionare nei pressi dell'installazione per un tempo prolungato, si considera che produca un impatto ambientale locale senza superamento dei limiti di legge.	C	C	C	C	B	6	BASSO		In fase di decommissioning è prevista la presenza di vessel con serbatoi di stoccaggio per la bonifica di equipment e pipeline.
Movimentazione imbarcazioni a servizio della piattaforma	Normale operazione / Manutenzione	In fase di normale funzionamento e manutenzione è previsto l'utilizzo di imbarcazioni, che stazionano nei pressi della piattaforma per un periodo di tempo limitato. Si considera che producano un impatto ambientale locale senza superamento dei limiti di legge.	C	C	C	B	C	6	BASSO		

## Produzione di rifiuti

Descrizione Attività	Fase Operativa	Descrizione impatto ambientale	Superamento limiti di legge	Immagine Pubblica	Economicità	Frequenza	Grado dell'Impatto	TOTALE	CLASSIFICAZIONE	Raccomandazioni	NOTE
Smaltimento fanghi Close Drain	Normale operazione	I fanghi del processo di dissalazione sono accumulati nel serbatoio closed drain (DA-T-001) che deve essere periodicamente svuotato. I fanghi sono inviati ad impianti autorizzati per il recupero / smaltimento. Visti i quantitativi esigui previsti si considera che l'attività abbia un impatto ambientale trascurabile e un costo di gestione limitato. Si reputa plausibile il superamento dei limiti di legge considerando la complessità dell'attuale panorama normativo.	B	C	C	B	C	7	BASSO		
Smaltimento serbatoi chimici esauriti	Normale operazione	I volumi di stoccaggio chimici in piattaforma sono dimensionati per soddisfare il fabbisogno annuale dell'impianto. In caso di esaurimento, se ne prevede la sostituzione. Si prevede inoltre la restituzione dei serbatoi esauriti al fornitore in modo che possano essere riutilizzati.	C	C	C	B	C	6	BASSO		Ove possibile si procederà con la restituzione dei serbatoi chimici al fornitore
Smaltimento membrane disalatore	Normale operazione	Le membrane dei disalatore devono essere sostituite periodicamente nel corso della vita dell'impianto. Se ne prevede la restituzione al fornitore affinché siano recuperate.	C	C	C	B	C	6	BASSO		Ove possibile si procederà con la restituzione delle membrane utilizzate al fornitore
Smaltimento e recupero materiale ferroso	Decommissioning pre-riconversione / Decommissioning post-riconversione	Si prevede di recuperare il materiale ferroso derivante dalla fase di decommissioning pre- e post- riconversione al fine di trasformarlo in materia prima secondaria. Si reputa plausibile il superamento dei limiti di legge considerando la complessità dell'attuale panorama normativo.	B	C	C	C	C	6	BASSO		
Smaltimento componenti elettrici	Decommissioning pre-riconversione / Decommissioning post-riconversione	Si prevede di recuperare il materiale elettrico derivante dalla fase di decommissioning pre- e post- riconversione al fine di trasformarlo in materia prima secondaria. Si reputa plausibile il superamento dei limiti di legge considerando la complessità dell'attuale panorama normativo.	B	C	C	C	C	6	BASSO		
Smaltimento Liquidi e reflui di bonifica	Decommissioning pre-riconversione	I liquidi e i reflui di bonifica sono inviati ad impianti autorizzati per il recupero / smaltimento con conseguente impatto del costo relativo alla gestione del rifiuto pari a circa l'1% sul bilancio. Si reputa plausibile il superamento dei limiti di legge considerando la complessità dell'attuale panorama normativo.	B	C	B	C	C	7	BASSO		
Smaltimento materiale da colbertazione	Decommissioning pre-riconversione	I materiali da colbertazione sono inviati ad impianti autorizzati per il recupero / smaltimento con conseguente impatto del costo relativo alla gestione del rifiuto pari a circa l'1% sul bilancio. Si reputa plausibile il superamento dei limiti di legge considerando la complessità dell'attuale panorama normativo.	B	C	B	C	C	7	BASSO		
Smaltimento Pannelli fotovoltaici	Decommissioning post-riconversione	I pannelli fotovoltaici sono inviati ad impianti autorizzati per il recupero / smaltimento con conseguente impatto del costo relativo alla gestione del rifiuto pari a circa l'1% sul bilancio. Si reputa plausibile il superamento dei limiti di legge considerando la complessità dell'attuale panorama normativo. Una nicchia di popolazione attenta agli aspetti ambientali considera il ciclo vita dei pannelli fotovoltaici particolarmente impattante dal punto di vista ambientale.	B	B	B	C	C	8	MEDIO		

## Produzione di rumore e vibrazioni

Descrizione Attività	Fase Operativa	Descrizione impatto ambientale	Superamento limiti di legge	Immagine Pubblica	Economicità	Frequenza	Grado dell'impatto	TOTALE	CLASSIFICAZIONE	Raccomandazioni	NOTE
Movimentazione Gru	Decommissioning pre-riconversione / Decommissioning post-riconversione / Installazione / Manutenzione	La movimentazione della gru viene effettuata tramite l'utilizzo di un motore diesel durante le fasi di decommissioning (pre- e post riconversione), installazione di nuove apparecchiature e manutenzione. Non sono previsti superamenti di limiti di legge. Il rumore e le vibrazioni indotte dall'utilizzo della gru possono causare un impatto sull'ecosistema marino circostante.	C	C	C	B	B	7	BASSO		Il rumore massimo prodotto dalla gru è pari a 85 dB.
Package Dissalazione	Normale operazione	Le parti in movimento dell'impianto di dissalazione provocano rumori e vibrazioni. Viste le dimensioni degli equipment, le portate minime in gioco e il design del sistema, si considera l'impatto ambientale trascurabile.	C	C	C	A	C	7	BASSO		
Movimentazione imbarcazioni a servizio della piattaforma	Decommissioning pre-riconversione / Decommissioning post-riconversione / Installazione	In fase di decommissioning (pre- e post riconversione) e installazione di nuove apparecchiature, è previsto l'utilizzo prolungato di imbarcazioni di dimensioni rilevanti a servizio della piattaforma. Si considera che il rumore e le vibrazioni indotte dallo stazionamento delle imbarcazioni per un tempo prolungato e dall'utilizzo degli equipment a bordo possano causare un impatto sull'ecosistema marino circostante.	C	C	C	C	B	6	BASSO		
Utilizzo di apparecchiature temporanee (es. per operazioni di taglio)	Decommissioning pre-riconversione / Decommissioning post-riconversione / Installazione	In fase di decommissioning (pre- e post riconversione) e installazione di nuove apparecchiature, è previsto l'utilizzo di apparecchiature temporaneamente installate in piattaforma. Si considera che il rumore e le vibrazioni indotte possano causare un impatto sull'ecosistema marino circostante.	C	C	C	C	B	6	BASSO		

## Produzione di Calore

Descrizione Attività	Fase Operativa	Descrizione impatto ambientale	Superamento limiti di legge	Immagine Pubblica	Economicità	Frequenza	Grado dell'impatto	TOTALE	CLASSIFICAZIONE	Raccomandazioni	NOTE
Non sono presenti attività che possano portare ad impatti ambientali di questo tipo											

## Inquinamento luminoso

Descrizione Attività	Fase Operativa	Descrizione impatto ambientale	Superamento limiti di legge	Immagine Pubblica	Economicità	Frequenza	Grado dell'impatto	TOTALE	CLASSIFICAZIONE	Raccomandazioni	NOTE
Luci di segnalazione piattaforma	Tutte le fasi	Le luci di segnalazione della piattaforma sono accese continuamente. Si prevede tuttavia che i livelli di illuminazione non superino il minimo necessario per garantire la sicurezza e che le luci di segnalazione siano orientate in maniera tale da minimizzare l'impatto sui recettori sensibili durante la notte	C	C	C	A	C	7	BASSO		Considerando che la piattaforma non è presidiata l'unica sorgente di inquinamento luminoso è costituita dalle luci di segnalazione. Si prevede di effettuare le operazioni di manutenzione con presenza di personale a bordo durante il giorno.

## Consumo di energia e risorse

Descrizione Attività	Fase Operativa	Descrizione impatto ambientale	Superamento limiti di legge	Immagine Pubblica	Economicità	Frequenza	Grado dell'impatto	TOTALE	CLASSIFICAZIONE	Raccomandazioni	NOTE
Alimentazione del sistema di dissalazione da rete elettrica nazionale	Normale operazione / Manutenzione	Si prevede di alimentare il sistema di dissalazione da rete elettrica nazionale in caso di indisponibilità del campo fotovoltaico. Considerati i consumi esigui dell'impianto, si prevede un impatto ambientale trascurabile.	C	C	C	A	C	7	BASSO		Si specifica che il campo fotovoltaico è stato dimensionato per garantire un bilancio energetico annuo positivo.
Pescaggio acqua di mare per alimentazione del sistema di dissalazione	Normale operazione	Il sistema di dissalazione prevede una portata di ingresso di acqua di mare pari a 30mc/giorno. Considerati i consumi esigui dell'impianto, si prevede un impatto ambientale trascurabile.	C	C	C	A	C	7	BASSO		
Utilizzo di combustibile per movimentazione della gru e utilizzo imbarcazioni	Tutte le fasi	Si prevede l'utilizzo di combustibile per movimentazione della gru e per imbarcazioni in modo saltuario durante tutte le fasi di vita dell'impianto. Vista la distanza dell'installazione dalla costa e dalla piattaforma limitrofe, visto che le operazioni di manutenzione previste sono minime grazie alla semplicità dell'impianto e per lo più limitate alla sostituzione di stoccaggi chimici, si considera un impatto ambientale trascurabile.	C	C	C	B	C	6	BASSO		
Utilizzo di apparecchiature temporanee	Decommissioning pre-riconversione / Decommissioning post-riconversione / Installazione	In fase di decommissioning (pre- e post riconversione) e installazione di nuove apparecchiature, è previsto l'utilizzo di apparecchiature temporaneamente installate in piattaforma che implicano un consumo di energia. Data che l'attività è circoscritta nel tempo, si considera un impatto ambientale trascurabile.	C	C	C	C	C	5	BASSO		

## Bibliografia

- [1] Disponibile al link:  
<https://medium.com/@RadioBullets/endangered-i-fantasma-del-petrolio-818ea56f4b5e>
- [2] Disponibile al sito:  
<http://www.mie.uth.gr/labs/mex-lab/FigureB2-8.html>
- [3] Disponibile al sito:  
<https://www.focus.it/tecnologia/innovazione/come-fanno-le-piattaforme-petrolifere-a-rimanere-ferme-in-mare>
- [4] M. Y. Mir Babayev, «The role of Azerbaijan in the world's oil industry,» *Azerbaijan Technical University*, 2013.
- [5] B. Hughes, «Baker Hughes Worldwide rig count,» Baker Hughes, 2021.
- [6] E. Mattei, «Idrocarburi e industrializzazione della sicilia,» *Gatto Selvatico*, 1959.
- [7] Prospettive future di Snam sul tema dell'idrogeno, disponibile al sito  
[https://www.snam.it/it/transizione\\_energetica/idrogeno/snam\\_e\\_idrogeno/](https://www.snam.it/it/transizione_energetica/idrogeno/snam_e_idrogeno/)
- [8] Stuart MV Gilfillan, Barbara Sherwood Lollar - Solubility trapping in formation water as dominant CO<sub>2</sub> sink in natural gas fields (2009)
- [9] Assemblea generale dell'Organizzazione delle Nazioni Unite - Trasformare il nostro mondo: l'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile
- [10] UN World Water Development Report 2020 'Water and Climate Change', disponibile al sito  
<https://www.unwater.org/world-water-development-report-2020-water-and-climate-change/>
- [11] Andrea Marchese, "Conversione di piattaforme offshore per la dissalazione dell'acqua marina: modellazione e confronto di scenari operativi", Politecnico di Torino, 2019
- [12] Francesco Silletti, "Conversione di piattaforme offshore per la dissalazione dell'acqua marina: modellazione e studio di fattibilità economica", Politecnico di Torino, 2019
- [13] ENI spa; Interventi di ottimizzazione del Progetto Offshore Ibleo – Campi Gas Argo e Cassiopea; Piano di dismissione e ripristino dell'ambiente nella configurazione marina ante-operam - Prescrizione A.18 Allegato 1 - Dec. VIA/AIA n.°149/14; 2020
- [14] ENI spa; Studio di fattibilità - Decommissioning Bonaccia NW; 2015
- [15] SAFETEC – Main report: risk analysis of decommissioning activity, disponibile al sito  
<https://www.hse.gov.uk/research/misc/safetec.pdf>
- [16] Brigitte Sommer, Ashley M. Fowler, Peter I. Macreadie – Decommissioning of offshore oil and gas structure – Environmental opportunities and challenges; Science of the total environment, 2019
- [17] M.-D. UNMIG, «Elenco delle piattaforme marine e strutture assimilabili».
- [18] Elenco delle piattaforme in dismissione mineraria, MISE. Disponibile al sito:  
<https://unmig.mise.gov.it/index.php/it/dati/dismissione-mineraria-delle-piattaforme-marine/elenco-piattaforme-in-dismissione>
- [19] Ubicazione delle piattaforme marine in formato KML, disponibile al link

<https://unmig.mise.gov.it/index.php/it/dati/ricerca-e-coltivazione-di-idrocarburi/piattaforme-marine>

- [20] MiSE di concerto con il MATTM e il MiBACT, Decreto del 15 febbraio 2019, “Linee guida nazionali per la dismissione mineraria delle piattaforme per la coltivazione di idrocarburi in mare e delle infrastrutture connesse”
- [21] WebGIS RSE, Atlante Eolico Interattivo, disponibile al link <http://atlanteeolico.rse-web.it/>
- [22] Windfinder, “Previsioni eoliche e meteorologiche in tutto il mondo”, disponibile al link <https://it.windfinder.com/windstatistics>
- [23] “Dati sulla radiazione solare nelle province italiane”, disponibile al link <http://www.infopannellisolari.com/dati/>
- [24] Rapporto annuale – Bollettino Mare in Forma Emilia-Romagna (Arpae)
- [25] INVG, Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006, All. 1b - Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale, disponibile al link [http://zonesismiche.mi.ingv.it/mappa\\_ps\\_apr04/italia.html](http://zonesismiche.mi.ingv.it/mappa_ps_apr04/italia.html)
- [26] Elenco delle norme API per la costruzione e corretta gestione di piattaforme offshore, disponibile al sito: <https://www.api.org/-/media/Files/Oil-and-Natural-Gas/Exploration/Offshore/API-standards-for-safe-offshore-operations-brochure.pdf>
- [27] [www.arpae.it](http://www.arpae.it)
- [28] E.R Jones, M. T.H. van Vliet, V. Smakhtin – The state of desalination and brine production: a global overview, Science of the total environment, 2019
- [29] LennRO SW 1000 <https://www.lenntech.it/prodotti/LennRO/LennRO-SW-S-1000/1000-L/h-Small-sea-water-desalination-plant/index.html>
- [30] M. Wilf - The guidebook to membrane desalination technology. Balaban Desalination, 2007.
- [31] Guideline for the remineralisation of desalinated water. Manuel Hernandez – Suarez, 2010
- [32] Dow Water & Process Solutions FILMTEC™ Reverse Osmosis Membranes. Technical Manual. [www.dowwaterprocess.com](http://www.dowwaterprocess.com)
- [33] Voutchkov N. Considerations for selection of seawater filtration pretreatment system. Desalination 261 (2010) 354 – 364.
- [34] Van’t Reit K., Bruijn W., Smith J. - Real and Pseudo Turbulence in the Discharge Stream from a Rushton turbine. Chem. Eng. Sci. 31 (1976), 407 – 412.
- [35] MWH. Trussel R., Hand D. - Water treatment, principles and design. Wiley, 2005.
- [36] Sunerg Solar Energy – XMAX – Monocristallino [https://www.sunergsolar.com/it/prodotti/fotovoltaico/moduli-fotovoltaici/x-max\\_51.html](https://www.sunergsolar.com/it/prodotti/fotovoltaico/moduli-fotovoltaici/x-max_51.html)
- [37] Inverter Solari - Inverter di stringa ABB PVI-10.0/12.5-TL-OUTD da 10 a 12.5 kW <https://new.abb.com/power-converters-inverters/it/>
- [38] GBE – Trasformatori in resina e a secco <https://www.gbeonline.com/wp-content/uploads/2020/05/resina-ITA-ENG.pdf>

- [39] Voutchkov, Re-mineralization of Desalinated Water - a SunCam Continuous Education Course, 2011
- [40] S. A. Bello, J. N. Hahladakis, N. zouari, M. A Al-Ghouti – An overview of brine management: Emerging desalination technologies, life cycle assessment and metal recovery methodologies; Journal of environmental management, 2021
- [41] Decreto Presidente Repubblica 1 agosto 2011, n. 151 - Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione degli incendi, a norma dell'articolo 49, comma 4-quater, del decreto-legge 31 maggio 2010, n. 78, convertito, con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n. 122.
- [42] T. H. Trung e T. V. Bui, «Application of quantitative risk assessment approach on off-shore Oil & Gas industry, 2014», n. October, 2014.
- [43] D. Salmon e Lord Cullen House Aberdeen, «HSE Information sheet Guidance on Risk Assessment for Offshore Installations This information sheet provides guidance for Asset Managers, Safety Managers and Safety Engineers in the offshore industry on suitable and sufficient risk assessment, particularl», n. 3, 2006.



## ***Ringraziamenti***

*Ringrazio tutti coloro che hanno reso possibile la realizzazione di questo progetto.*

*In primo luogo il Professore Andrea Carpignano, sempre disponibile ad offrire un consiglio preciso e puntuale; senza la sua grande esperienza e conoscenza non sarebbe stata possibile la realizzazione della mia tesi.*

*Ringrazio tutti i miei correlatori, l'Ing. Gabriele Ballocco e la Prof.ssa Raffaella Gerboni sempre gentili e disponibili per un confronto; è stato un enorme piacere lavorare con loro. Un grazie speciale va alla Dott.ssa Anna Chiara Ugenti, il suo contributo sia tecnico sia umano è stato fondamentale e ha reso la mia esperienza estremamente serena e positiva.*

*Un ulteriore ringraziamento è da fare al Politecnico di Torino, che mi ha fatto crescere sia come studente sia come persona e a RAMS&E S.r.l. che mi ha permesso di realizzare questo progetto, rendendo il mio primo approccio al mondo del lavoro estremamente piacevole.*