

Ricerca di Sistema elettrico



Scelta e caratterizzazione del sito di installazione (LA1.3)

Mattiazzo Giuliana, Carapellese Fabio, Sirigu Sergej A., Paduano Bruno
Moscoloni Claudio, Bracco Giovanni

SCelta E CARATTERIZZAZIONE DEL SITO DI INSTALLAZIONE (LA1.3)

Mattiazzo Giuliana (Politecnico di Torino), Carapellese F. (Politecnico di Torino), Sirigu S. A. (Politecnico di Torino), Paduano B. (Politecnico di Torino), Moscoloni C. (Politecnico di Torino), Bracco Giovanni (Politecnico di Torino).

Febbraio 2024

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica - ENEA
Piano Triennale di Realizzazione 2022-2024

Obiettivo: *Decarbonizzazione/Digitalizzazione ed evoluzione delle reti*

Progetto: *Energia elettrica dal mare*

Linea di attività: *1.3*

Responsabile del Progetto: Gianmaria, Sannino, ENEA

Responsabile Linea di Attività: Giuliana, Mattiazzo, ENEA

Mese inizio previsto: 1

Mese inizio effettivo: 1

Mese fine previsto: 4

Mese fine effettivo: 4

Indice

1	RISULTATI ATTESI	3
2	RISULTATI OTTENUTI.....	4
3	SINTESI DELLE ATTIVITÀ SVOLTE	6
4	DETTAGLIO DELLE ATTIVITÀ SVOLTE.....	7

1 Risultati attesi

Il progetto 'Energia dal Mare' ha come obiettivo la costruzione e l'installazione in mare del prototipo PeWEC (Pendulum Wave Energy Converter), un dispositivo sviluppato attraverso la collaborazione fra ENEA e Politecnico di Torino, per la conversione dell'energia delle onde marine in energia elettrica. Il funzionamento del dispositivo si basa su un sistema pendolare inerziale che trasforma l'energia delle onde in energia elettrica. In tale ambito, risulta di fondamentale importanza la scelta del sito d'installazione del dispositivo, che ne pregiudica, in base al contenuto energetico dell'onda, sia il funzionamento sia le performance del sistema, in termini di energia totale estratta. A tal proposito l'isola di Pantelleria rappresenta il sito di sperimentazione ideale, sulla base di una duplice corrispondenza: una notevole disponibilità di risorsa ondosa, che presenta una marcata direzionalità, e la mancanza di interconnessione con il sistema energetico principale.

Considerando l'isola di Pantelleria come sito per l'installazione, la linea si occupa della scelta di una particolare area di mare, che rispetti canoni ben specifici per l'installazione del dispositivo PeWEC. In tale ambito, risulta essenziale il rispetto dei vincoli ambientali, che includono la presenza di aree protette per la flora marina e altre zone sottoposte a protezione, così come la considerazione del rispetto delle rotte del traffico marino e dei vincoli legati alla conformazione del fondale. La metodologia descritta è impiegata per selezionare un'area marina specifica attorno all'isola di Pantelleria, ma è replicabile per l'individuazione di altre aree di mare eleggibili in Italia.

Tale scelta è possibile tramite la generazione di una mappa comprendente le coordinate geografiche, espresse in latitudine e longitudine, dei siti d'installazione ammissibili nell'isola di Pantelleria. In particolare, l'intera attività si serve del software QGIS (QGIS Team. QGIS Geographic Information System), il quale consente l'automatizzazione degli algoritmi necessari all'identificazione delle aree idonee per l'installazione del dispositivo. In base all'analisi condotta con il software QGIS, si procederà alla selezione del sito di installazione, prendendo in considerazione le caratteristiche energetiche del luogo. Si consideri che la procedura burocratica per ottenere l'approvazione dell'area marina avrà un impatto significativo. Riassumendo, i risultati attesi sono i seguenti:

- Corografia dell'area di intervento.
- Carta dei vincoli.
- Algoritmo di selezione delle aree idonee.
- Planimetria dell'area di interesse.

2 Risultati ottenuti

La seguente attività ha l'obiettivo di selezionare e di caratterizzare, in termini di energia ondosa, un'area di mare nell'isola di Pantelleria, per l'installazione del dispositivo PeWEC. Per tale scopo sono state svolte tre attività, ognuna delle quali con i seguenti risultati:

1. Il primo risultato si concretizza nell'individuazione di una cartografia, ottenuta utilizzando il software QGIS, contenente le coordinate geografiche, espresse in latitudine e longitudine, dei siti d'installazione ammissibili. Questi sono rappresentati dalle aree marine che soddisfano i vincoli ambientali e rispettano gli usi concorrenti dello spazio marittimo. La cartografia risultata dal software QGIS, con le aree elegibili per l'installazione del dispositivo PeWEC, è rappresentata nella Figura 1.
2. Sulla base dell'analisi effettuata con il software QGIS, si procederà alla selezione del sito di installazione, tenendo conto sia delle caratteristiche energetiche sia dell'estensione possibile dell'area di installazione. In dettaglio, Figura 3 descrive la potenza media della risorsa nell'area analizzata, compiendo uno studio sulle serie temporali relative agli ultimi dieci anni, ottenuti tramite modelli SWAN. In particolare, essa sottolinea come la risorsa ondosa sia predominante lungo la costa ovest dell'isola, dove vi è indicata una zona di particolare interesse, anche per la vicinanza alla costa. Si noti però che in questa fase, è di fondamentale importanza considerare che la procedura burocratica per ottenere l'approvazione dell'area marina avrà un impatto significativo sul processo decisionale. In particolare, il Politecnico di Torino ha in concessione attualmente un'area marina (Evidenziata con un marker rosso in Figura 1), distante dalla costa circa 730 [m], per i test sperimentali di convertitori da moto ondoso nella zona nord-ovest dell'Isola, dove la risorsa ondosa è rilevante per la caratterizzazione delle prestazioni di tali dispositivi.
3. La terza fase coinvolge il calcolo delle proprietà energetiche del sito d'installazione prescelto, seguito dalla definizione della distribuzione delle occorrenze e dell'energia. Questi parametri sono essenziali per il successivo calcolo della produttività del dispositivo. La scatter delle occorrenze, generata tramite il database di ERA5 considerando i dati degli ultimi 20 anni, e la scatter dell'energia della risorsa ondosa disponibile nell'area selezionata sono mostrate in Figura 2

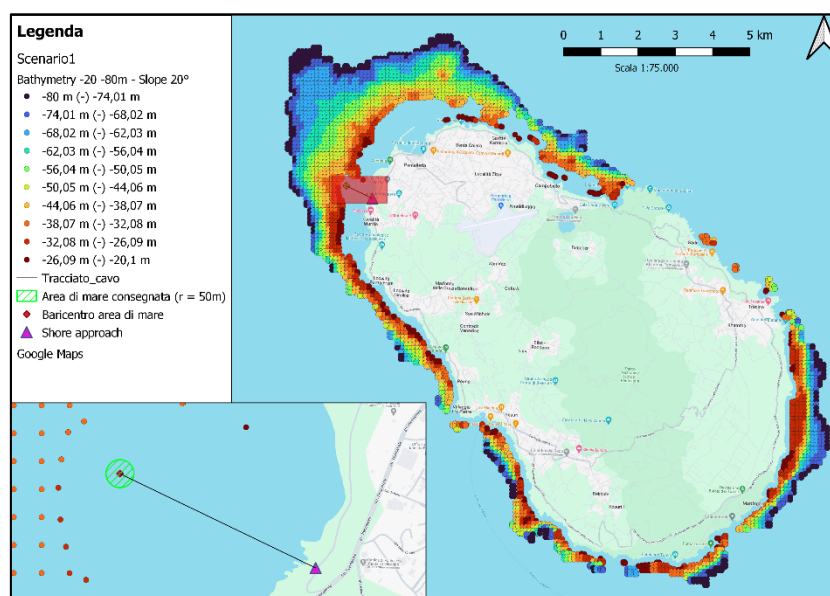


Figura 1 Cartografia dell'area di mare dell'isola di Pantelleria ed individuazione dell'area prescelta.

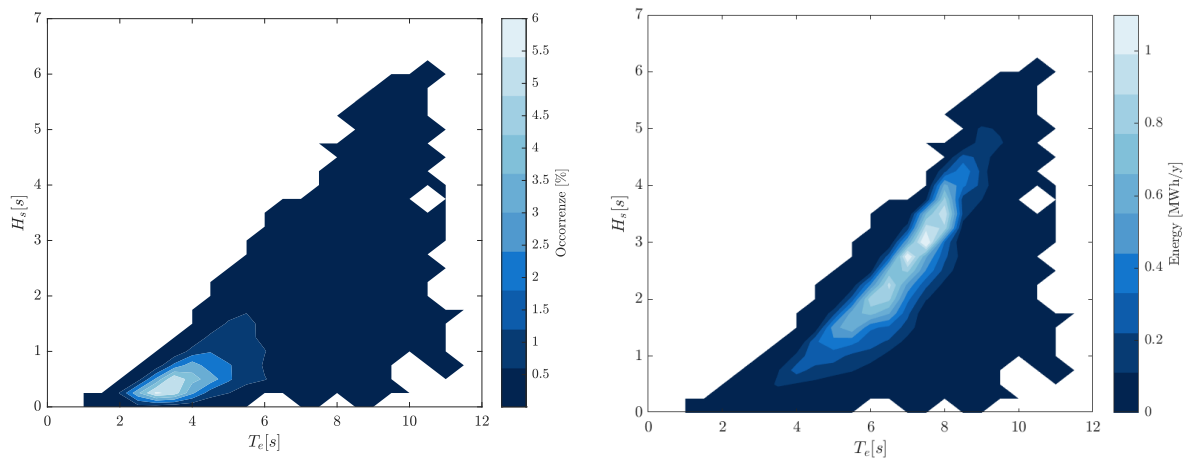


Figura 2 Scatter delle occorrenze (sinistra) e Scatter energetica del sito individuato a Pantelleria (destra).

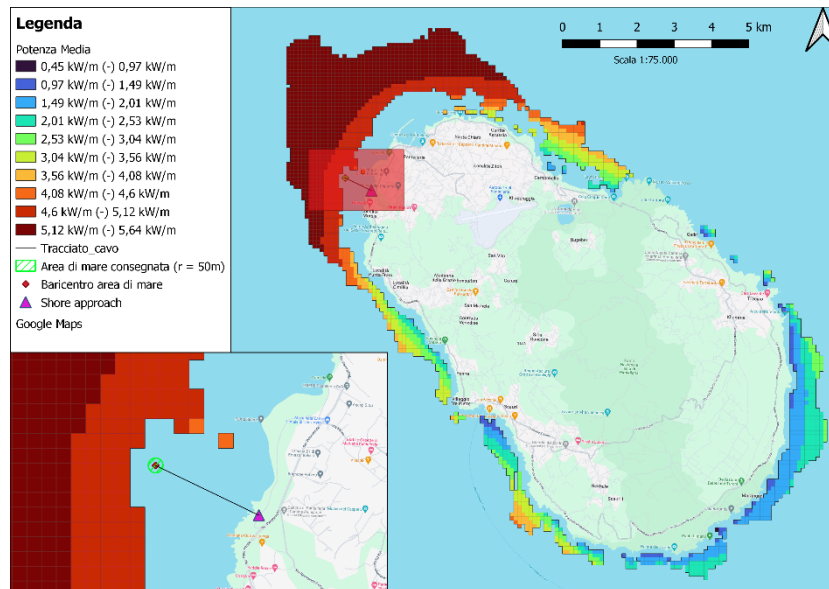


Figura 3 Mappa della potenza media dell'area di mare circostante all'isola di Pantelleria.

3 Sintesi delle attività svolte

L'identificazione delle aree idonee all'installazione di WEC tiene in considerazione differenti aspetti legati sia alle normative vigenti, in materia di installazione di dispositivi offshore nel territorio italiano, sia agli aspetti prettamente tecnici. Nello specifico, il metodo di identificazione ha seguito un criterio di esclusione implementato all'interno del tool QGIS.

Al fine di ottenere un'area di mare, sono stati considerati i seguenti input:

Input del software QGIS:

- Batimetria.
- Tipologia del fondale marino.
- Distribuzione di Posidonia Oceanica.
- Densità del traffico marittimo.
- Aree di protezione ambientale.

Come dettagliato nel seguito, sono stati identificati dei *threshold* per quanto riguarda la batimetria, legati principalmente a criteri di fattibilità tecno-economica. Inoltre, vengono escluse anche le aree caratterizzate da un elevato interesse per le attività umane, precisamente quelle zone più frequentate sia da imbarcazioni da diporto che commerciali. In relazione alle aree soggette a tutela ambientale, queste sono state escluse *a priori* dalle possibili aree idonee.

Output del software QGIS:

- Batimetria delle aree idonee.

La mutua esclusione delle aree interessate dai vincoli o non rispondenti ai criteri minimi adottati, ha determinato l'identificazione delle aree idonee all'installazione nelle acque antistanti l'isola di Pantelleria.

4 Dettaglio delle attività svolte

Nella sezione successiva sono dettagliate le analisi effettuate per la determinazione dei vincoli, input del sistema QGIS. Ciò include l'identificazione del traffico marino nelle aree marine circostanti all'isola di Pantelleria, la valutazione della batimetria dell'isola, l'individuazione delle aree sottoposte a protezioni ambientali e delle zone considerate off-limits a causa della presenza di Posidonia. Tutte queste analisi vengono esaminate nel dettaglio per l'utilizzo del software QGIS, il quale consente successivamente l'identificazione di aree elegibili per l'installazione del dispositivo, da cui, attraverso analisi successivi, si giunge all'identificazione di un'area ben precisa.

4.1 Batimetria

L'algoritmo implementato su Python effettua l'analisi batimetrica, suddividendo il fondale in celle, tramite i dati forniti da EDMONET, i quali fornisce i dati batimetrici considerando celle di 0,011 [km²]. Il dataset raccolto fornisce il profilo digitale del fondale marino in metri; applicando l'algoritmo di pendenza (ad esempio GDAL slope), lo strumento valuta la variazione della batimetria in base alla risoluzione del raster. Il lettore può far riferimento alla Figura 4 come riferimento alla pendenza batimetrica dell'isola di Pantelleria.

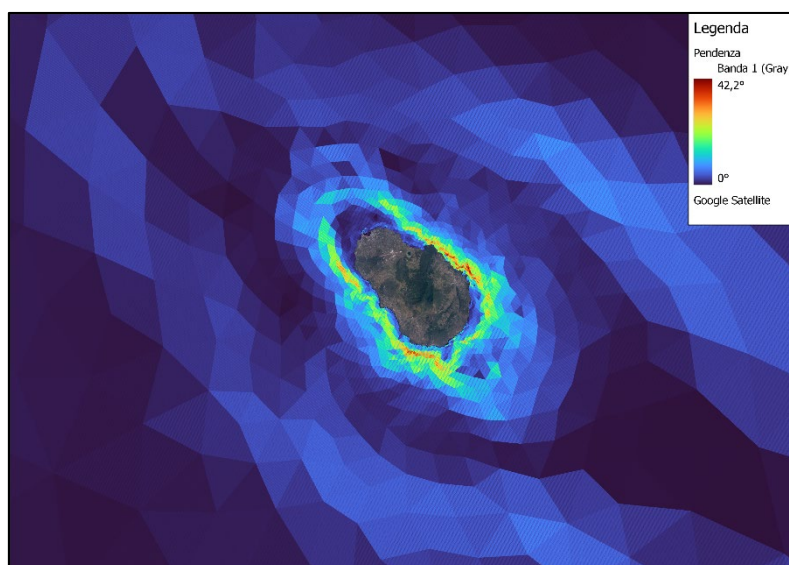


Figura 4 Mappa della pendenza batimetrica a Pantelleria (dati EMODNET).

4.2 Aree ambientali protette

In base alle normative italiane ed europee attualmente in vigore, ogni installazione di dispositivi all'interno di un'area protetta, dal punto di vista ambientale, deve essere valutata attentamente rispetto ai possibili impatti sulla biodiversità locale, seguendo la Rete Natura 2000. Queste aree sono state identificate in conformità con la Direttiva Habitat 92/43/CEE e la Direttiva Uccelli 79/409/CEE. Nonostante la normativa non vieti le installazioni a priori, l'analisi ha tenuto conto della presenza di una zona ambientale protetta.

Per quanto riguarda l'isola di Pantelleria, le aree protette dal punto di vista ambientale possono essere ottenute tramite il SITR (Sistema Informativo Territoriale Regionale) della Regione Siciliana, mentre a livello europeo ci si basa sulla Natura 2000.

4.3 Flora marina protetta

Nonostante le aree protette della flora marina siano normalmente integrate nelle zone di protezione ambientale, l'analisi d'impatto richiesta prevede una ricerca più approfondita delle aree costiere circostanti, per valutare la presenza della flora marina protetta che, de facto, vieta qualsiasi installazione di dispositivi. Nell'area di Pantelleria, è evidente una vasta presenza di Posidonia Oceanica, come mostrato nella Figura 5.



Figura 5 Presenza di Posidonia Oceanica nell'area marina di Pantelleria.

La presenza di Posidonia marina è segnalata su siti online, come i seguenti:

- OSGEO: <https://grass.osgeo.org/download/data/#GlobalDatasets>
- VLIZ: <https://www.vliz.be/en/find-datasets?module=dataset&dasiid=5104>

4.4 Aree di licenza 'Oil and Gas' e aree militari

Le licenze petrolifere e del settore del gas, nonché le aree militari, non sono compatibili con le installazioni dei dispositivi e sono state automaticamente escluse dalle aree idonee. La fonte dei dati è:

<https://hub.arcgis.com/datasets/OSRL::data-catalog-global/explore>

Come mostrato in Figura 6, non sono presenti licenze petrolifere e del settore del gas né aree militari nelle vicinanze di Pantelleria, le quali sono più concertate nei pressi dell'isola principale Siciliana.

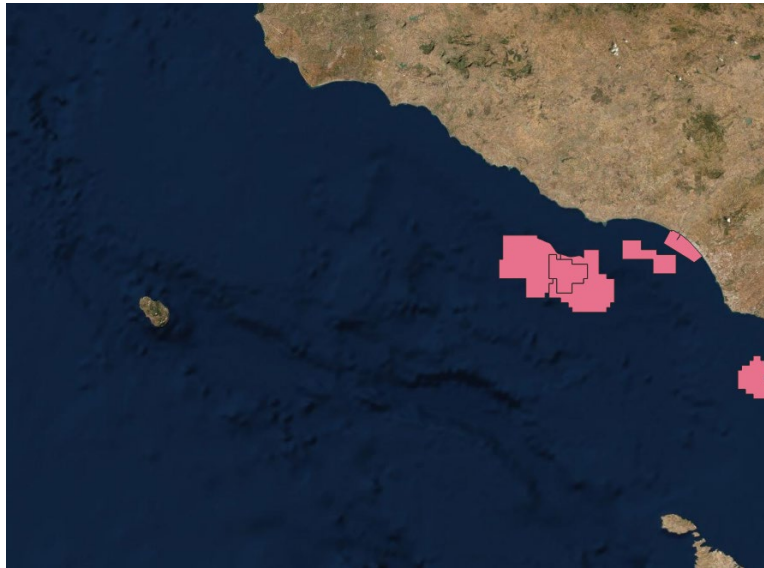


Figura 6 Aree militari e aree per installazioni petrolifere.

4.5 Densità del traffico marino

Ragionevolmente, l'installazione dei dispositivi non è compatibile con un'elevata presenza di traffico marittimo; per questo motivo, è stata condotta un'analisi delle rotte navali vicino a Pantelleria, utilizzando i dati forniti da EMODTNET: fonte Emodnet > Attività umane > Densità delle navi, URL:

<https://www.emodnet-humanactivities.eu/download-data.php>

La densità del traffico marittimo è espressa in ore per metro quadrato al mese (h/m²/mese), come mostrato nella Figura 7, il valore massimo raggiunto intorno all'area di Pantelleria è di circa 700 h/m²/mese. Attualmente, non è stato imposto alcun limite; ulteriori indagini saranno effettuate.

4.6 Caratteristiche del fondale marino

Un ulteriore input del software è il tipo di fondale marino con l'obiettivo di fornire considerazioni per ulteriori analisi sul sistema d'ormeggio installato. L'algoritmo consente di escludere categorie di fondali marini seguendo la classificazione fornita da EMODNET Come mostrato in Figura 8, il fondale marino di Pantelleria è roccioso e caratterizzato da un'ampia estensione di sabbia limosa.

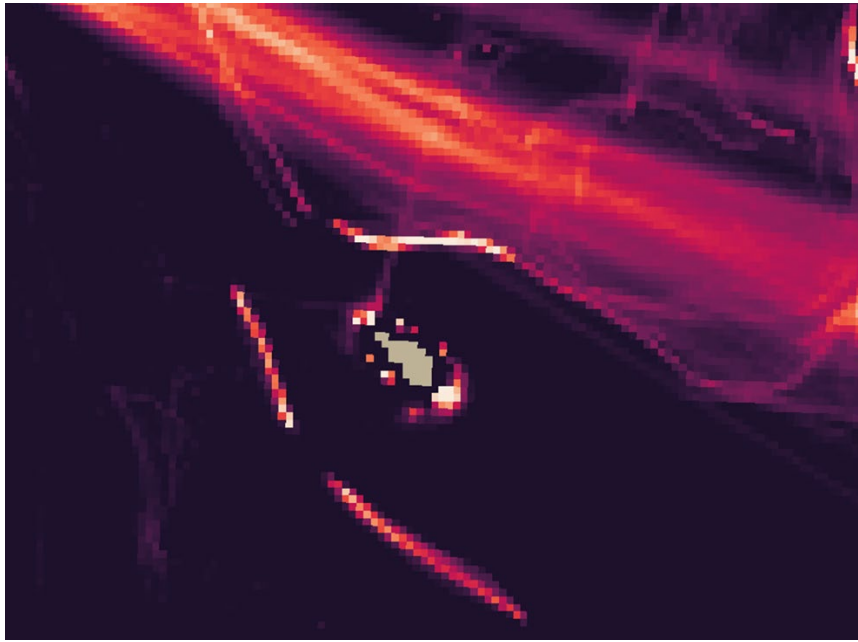


Figura 7 Traffico marino.

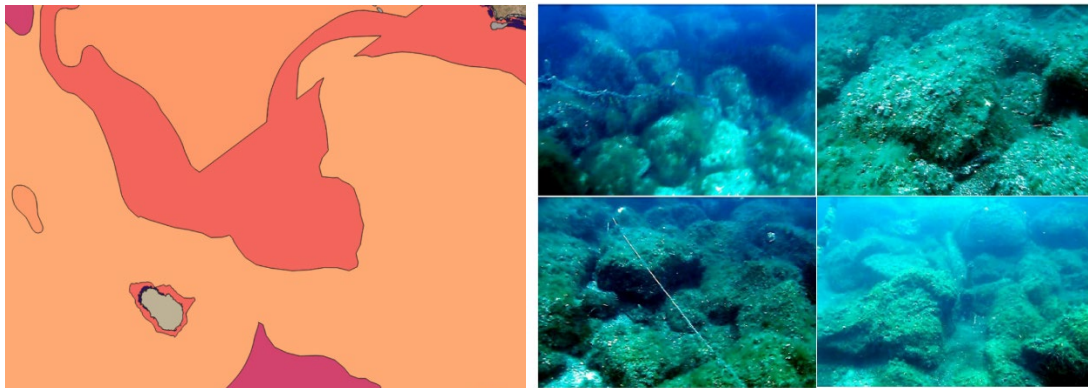


Figura 8 Classificazione del fondale marino (sinistra) e immagini del fondale marino riferiti alla zona prescelta (destra).

4.7 Analisi delle aree

In seguito agli input, il software QGIS restituisce tutte le aree eleggibile per l'installazione del PeWEC. A tal proposito, Figura 1 riporta le aree che rispettano tutti i vincoli input del software, soprattutto che sia rispettata la batimetria del fondale e la pendenza massima ammissibile.

L'area di maggiore interesse individuata è la zona a ovest dell'isola di Pantelleria. Come evidenziato nella Figura 3, questa zona manifesta un potenziale energetico rilevante: si osservano valori di densità di potenza che oscillano tra $5.12 [kw/m]$ a $5.64[kW/m]$. Nella scelta dell'area, la decisione sull'ormeggio assume un ruolo di primaria importanza, poiché il tipo di ancoraggio è strettamente correlato alle caratteristiche del fondale marino. Nello specifico contesto di Pantelleria, caratterizzato da un fondale roccioso, l'opzione ricade sugli ancoraggi gravitazionali. Pertanto, l'area contrassegnata in rosso si presenta di notevole interesse, poiché soddisfa non solo i vincoli di QGIS ma anche le specifiche di estensione necessarie per l'ancoraggio del sistema. Questa zona riveste un interesse particolare nel caso di un'eventuale installazione di un array di dispositivi. In aggiunta, è fondamentale sottolineare che il punto centrale, identificato dal marker rosso nella

Figura 1, è stato assegnato al Politecnico di Torino per l'installazione di WEC come PeWEC. Una schermata del software utilizzato QGIS è rappresentata in Figura 9.

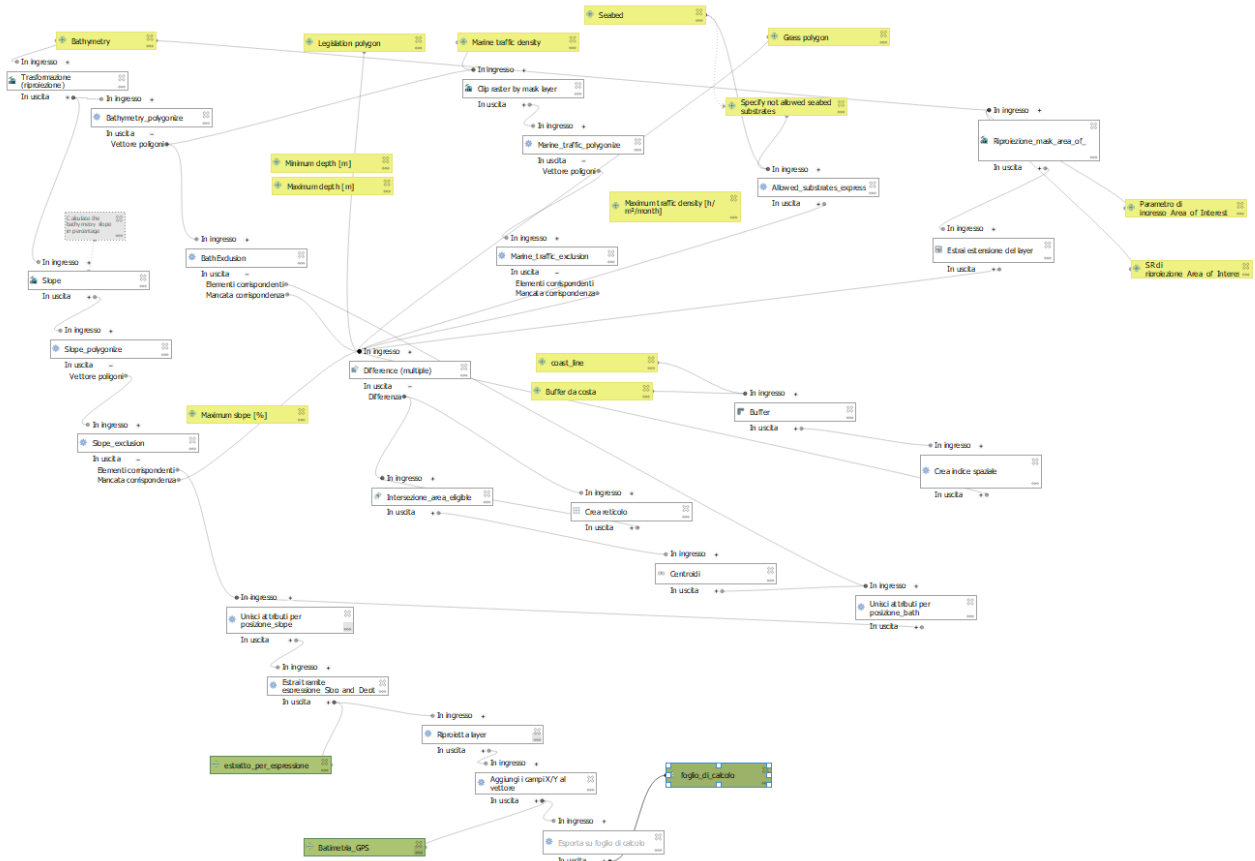


Figura 9 Architettura di QGIS.

4.8 PLANIMETRIE DELL'AREA DI INTERESSE

Il sito scelto per l'installazione del sistema di produzione di energia del moto ondoso (evidenziata con il marker rosso in Figura 1) è a sud-ovest del porto di Pantelleria ad una distanza di circa 300 m dalla costa in località Arenella, le cui caratteristiche sono di seguito dettagliate:

- È esposta al vento di Maestrale ed ha quindi il maggiore potenziale energetico dell'isola, sia in termini eolici che in termini di moto ondoso.
- La zona dell'Arenella è scarsamente valorizzata e valorizzabile. Essa è, infatti, una zona industriale e la balneazione è interdetta a causa degli scarichi della fognatura di Pantelleria
- La centrale termoelettrica a gasolio della SMEDE (la società privata che gestisce la produzione di energia elettrica in Pantelleria), nonché principale nodo della rete elettrica isolana, si trova a poche centinaia di metri. Tale sito è considerato quindi ottimale per una possibile immissione di energia elettrica nella rete isolana.

4.8.1 Caratteristiche meteomarine

La zona selezionata è caratterizzata da una risorsa ondosa particolarmente energetica, le cui onde sono generate sia da venti locali, sia dal vento di fetch. La distribuzione dei fetch, riportata in Figura 10, presenta quattro zone ben distinte:

- Si estende da NW a NE con fetch di media lunghezza (400-500 km) limitati dalle coste della Sardegna e dell'Italia Centrale.
- Si estende a NW in un settore angolare molto ristretto ed è limitato dalle isole Baleari e dalle coste spagnole.
- Si estende a NE-E e SW-W con fetch molto ridotti (70-100 km) e limitati dalle coste, rispettivamente, della Sicilia e del golfo di Hammamet.
- si estende a sud ed è limitato dalle coste della Tunisia e della Libia.

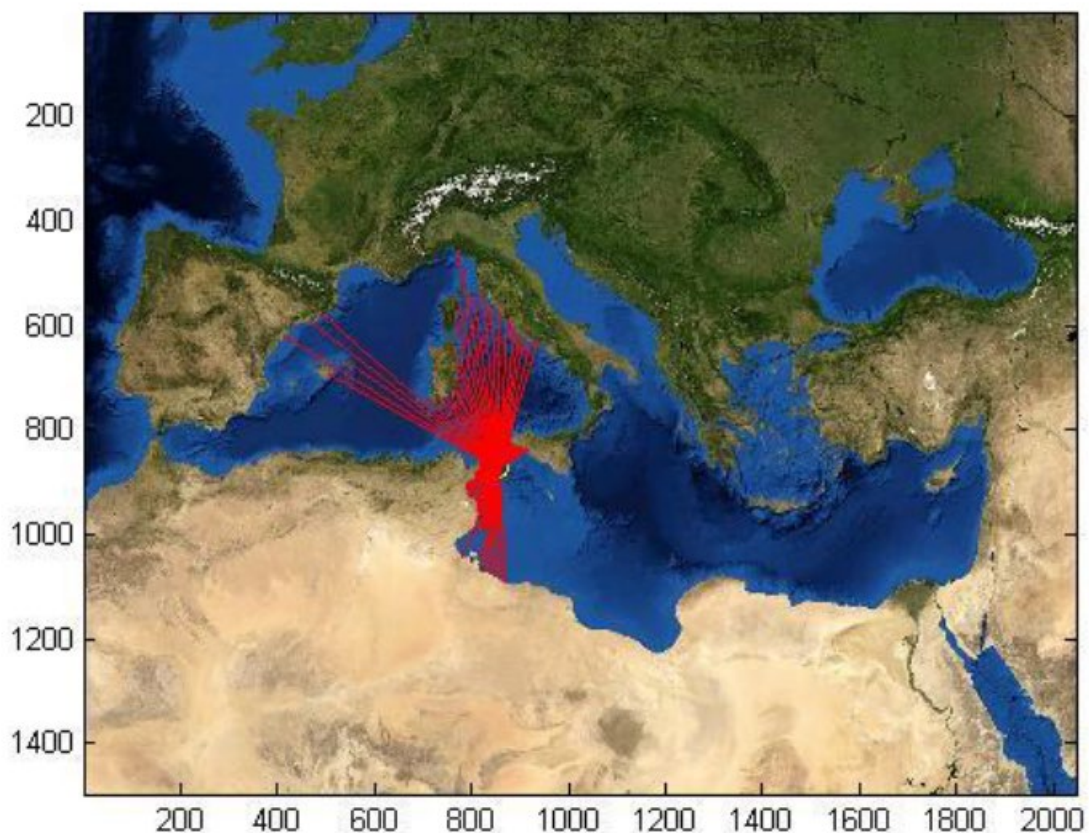


Figura 10 Distribuzione delle distanze di fetch in funzione della direzione del vento

4.8.2 Batimetria

La profondità dell'acqua da considerare nella progettazione del sistema di ormeggio è di circa 32[m], come indicato in Figura 11.

4.8.3 Onda

Le condizioni d'onda estreme sono state prese in considerazione secondo normative nazionali o internazionali con periodo di ritorno di 50 anni, che è conservativo considerando la vita di progetto di 3 anni.

Le onde sono caratterizzate dallo spettro di JONSWAP, i parametri in tabella indicano rispettivamente il periodo energetico dell'onda e l'altezza significativa. Il parametro di picco del JONSWAP è da ritenersi uguale a 3.3, qualora non sia altrimenti specificato.

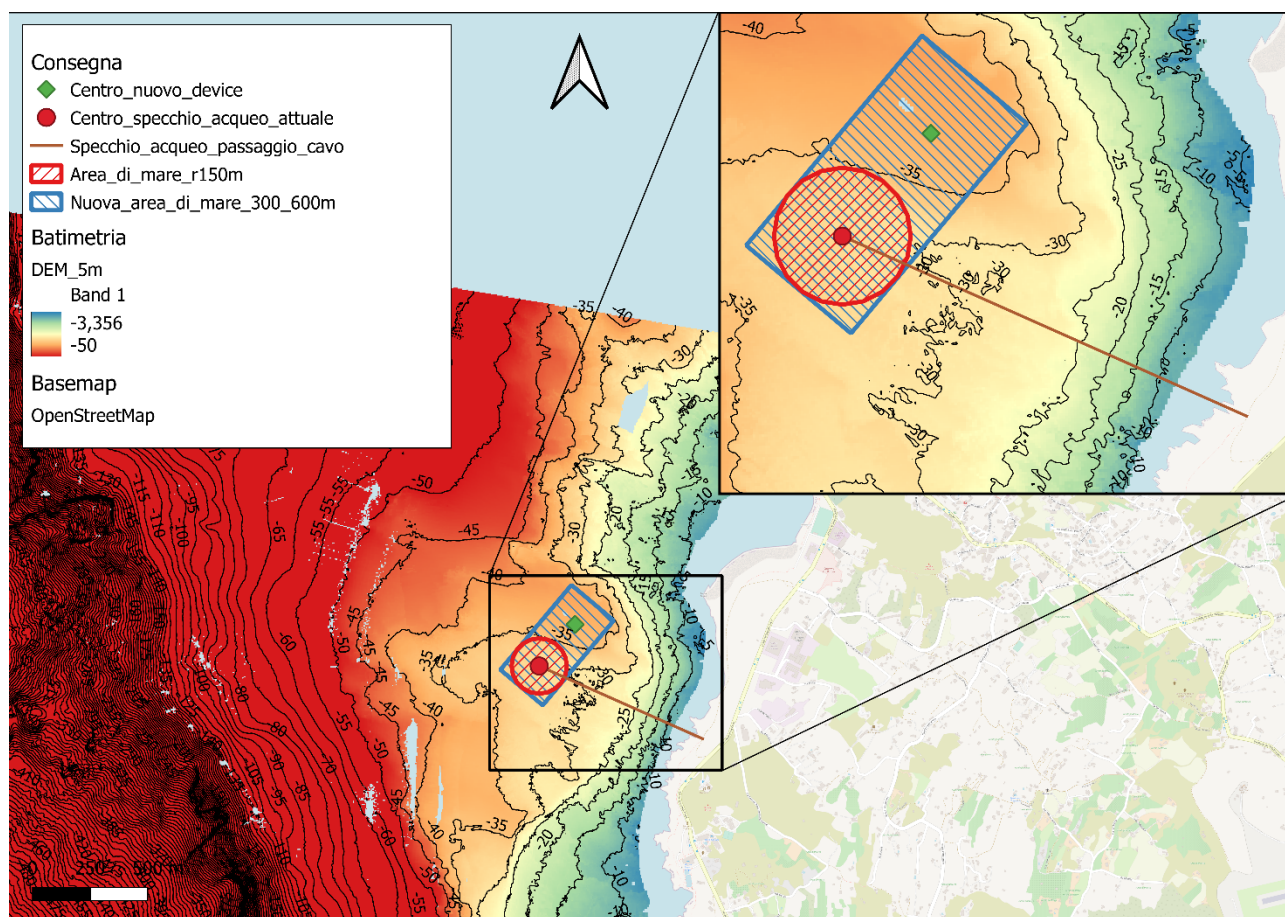


Figura 11 PeWEC – Batimetria del sito d’installazione, e zoom sull’area di concessione attuale e la nuova area, di cui sarà richiesta la concessione.

4.8.4 Corrente

Le condizioni di corrente estreme sono state prese in considerazione secondo normative nazionali o internazionali. I valori annuali omnidirezionali devono essere considerati per tutte le analisi.

Il valore preliminare di corrente a 10 m dalla superficie è da considerarsi inizialmente di 1.2m/s.

I carichi di corrente dello scafo devono essere inclusi nel modello attraverso i coefficienti di resistenza aerodinamica e le aree di resistenza definiti successivamente in fase più avanzata di progetto.

Vento

Le condizioni di vento estreme sono state prese in considerazione secondo normative nazionali o internazionali. I valori annuali omnidirezionali devono essere considerati per tutte le analisi.

Il valore preliminare di vento a 10 m dalla superficie è da considerarsi inizialmente di 29m/s.

La velocità vento RP di dieci anni deve essere utilizzata per l'analisi in base a normative nazionali o internazionali.

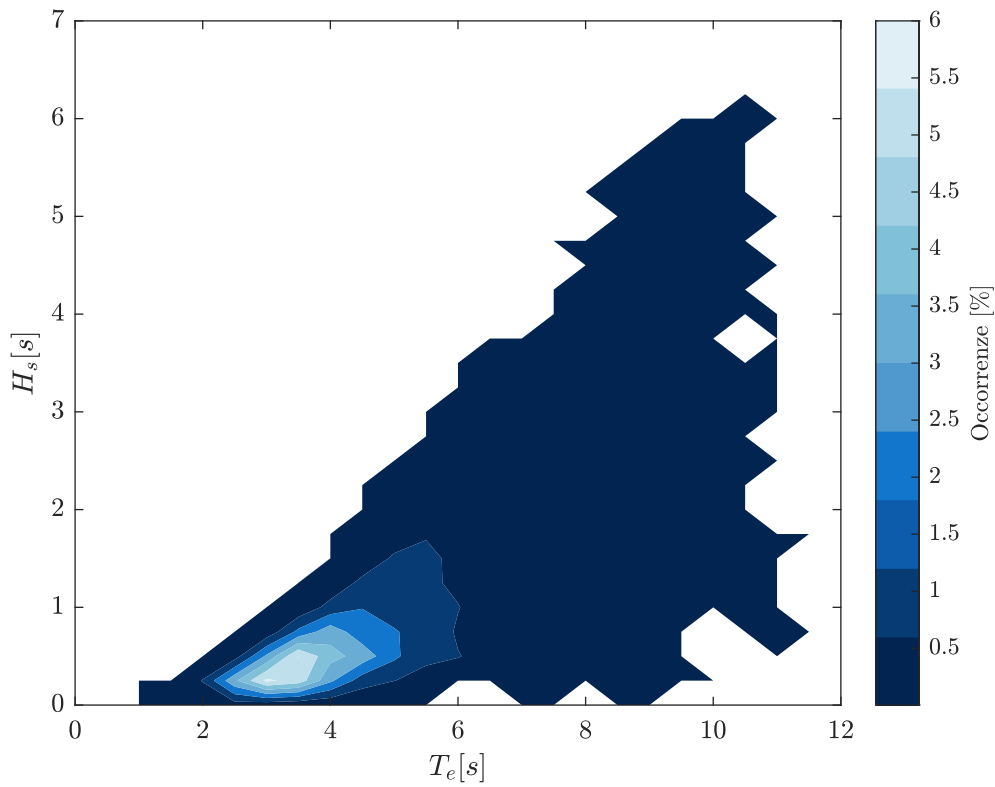


Figura 13 Scatter occorrenze delle onde

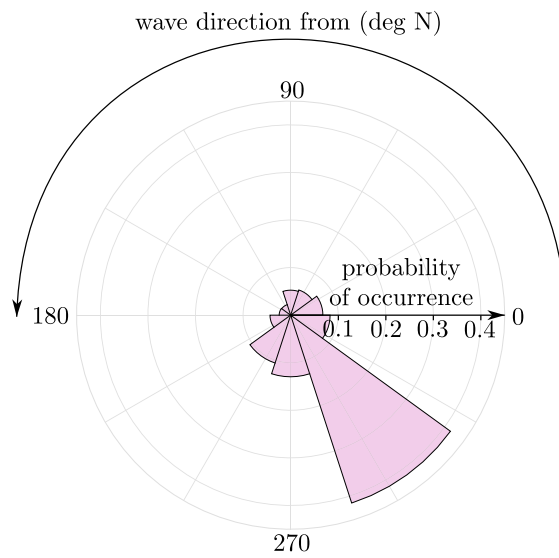


Figura 14 - Diagramma polare occorrenza onde.