

# PIANO TRIENNALE DI REALIZZAZIONE 2022-2024 DELLA RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO NAZIONALE

Presentazione dei progetti di ricerca di cui all'art. 10 comma 2, lettera a) del  
decreto 26 gennaio 2000

## Tema di ricerca 1.8

### Titolo del progetto

#### Energia elettrica dal mare

- Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile [ENEA]
- Politecnico di Torino [POLITO]

**Durata del progetto: 36 mesi**

**Costo proposto: 2.200.000,00 €**

## 2. DATI GENERALI DEL PROGETTO

### 2.1 Dati progetto

**Titolo del progetto**

Energia elettrica dal mare

**Durata del progetto**

36 mesi

### 2.2 Descrizione progetto

**Abstract del progetto**

Il progetto 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.

Al momento, il livello di maturità tecnologica (TRL) raggiunto dalla tecnologia PeWEC è 4, grazie a due precedenti campagne sperimentali che sono state condotte su prototipi in scala 1:12 presso l'INSEAN di Roma e in scala 1:25 presso la vasca navale dell'Università Federico II di Napoli. Queste campagne sperimentali avevano lo scopo di dimostrare il principio di funzionamento del dispositivo, la sua capacità di generare energia, nonché l'affidabilità e la robustezza degli strumenti numerici utilizzati per la progettazione e sistema d'ormeggio del dispositivo anche in condizioni di onde estreme.

L'obiettivo del progetto attuale è quello di raggiungere un TRL 6 della tecnologia, attraverso l'installazione in mare del dispositivo in condizioni operative. Nel precedente Accordo di Programma (2019-2021), l'isola di Pantelleria è stata identificata come il sito di installazione ottimale per il dispositivo PeWEC, in quanto offre una risorsa energetica ondosa adeguata e caratteristiche favorevoli della batimetria, nonché un interesse energetico-economico, essendo l'isola non connessa alla rete elettrica nazionale.

La tecnologia per la conversione dell'energia da moto ondoso marino è ancora in una fase non matura tecnologicamente e industrialmente rispetto alla tecnologia solare e/o eolica. Le sfide che hanno impedito lo sviluppo e la diffusione di questa tecnologia sono rappresentate dai costi elevati di sviluppo e dai danni corrosivi causati dall'ambiente marino. La dimostrazione tecnologica in ambiente marino è fondamentale per validare il principio di funzionamento e dimostrare l'affidabilità di questa tecnologia altamente innovativa.

L'obiettivo delle attività previste è la progettazione, la costruzione e l'installazione presso l'isola di Pantelleria di un prototipo del dispositivo PeWEC che verrà testato in condizioni operative, con il successivo monitoraggio delle sue prestazioni e affidabilità.

Sulla base dei costi delle materie prime e dei dispositivi elettro-meccanici che saranno utilizzati per la costruzione del prototipo si prevede di realizzare un dispositivo avente un dislocamento compreso tra 60 e 100 tonnellate ed una potenza installata compresa tra 50 e 90kW. Queste specifiche sono state identificate come ottimali in base ai costi previsti per la costruzione, il trasporto e l'installazione, e sono adeguate alle finalità tecniche e scientifiche del progetto.

Il PeWEC appartiene alla categoria dei WAB (Wave Activated Bodies), la cui progettazione e successiva ottimizzazione richiedono l'utilizzo di strumenti di modellistica numerica in grado di simulare la risposta del dispositivo alle sollecitazioni indotte da tutte le forze agenti su di esso, sia idrodinamiche sia di carico esterno (ad esempio, il sistema di ancoraggio o il meccanismo di Power Take Off - PTO). Il progetto prevede, quindi, la realizzazione di previsioni di moto ondoso ad altissima risoluzione per lo spazio marittimo che circonda l'isola di Pantelleria, al fine di determinare accuratamente la pressione esercitata dalle onde sul dispositivo in condizioni di operatività, consentendone l'aggiustamento quotidiano dei parametri di funzionamento (es. altezza del pendolo). Parallelamente, si realizzeranno simulazioni dettagliate della circolazione oceanica locale, che contribuiranno a identificare la geometria di ancoraggio ottimale del convertitore in base alla direzione prevalente delle onde e correnti. Tali attività sfrutteranno le previsioni operative a scala di bacino prodotte dai sistemi operativi realizzati nel corso del precedente PAR, utili a determinare le condizioni al contorno necessarie alle nuove simulazioni a scala locale. La manutenzione di tali sistemi operativi è dunque anch'essa parte integrante del progetto, così come l'analisi dei risultati da essi prodotti.

**Abstract del progetto ENG**

The aim of the present project is the design, the construction and the installation at sea of a PeWEC (Pendulum Wave Energy Converter) prototype. The PeWEC has been developed during a long-standing collaboration between ENEA and the Politecnico di Torino - PoliTO, and it relies on an inertial pendulum system to transform wave energy into dispatchable renewable electricity. At the moment, the PeWEC has achieved TRL 4, after model-scale wave tank tests were conducted during two successive experimental campaigns in towing tanks, one in Rome, at the INSEAN facility (scale 1:12), and the other in Naples, at the University "Federico II" (scale 1:25). Such campaigns demonstrated the principle of operation and the power generation capacity of the PeWEC, as well as the robustness and reliability of the

numerical instruments adopted for the preliminary design of the device and of its mooring system, also in extreme conditions. The present project aims to further increase the PeWEC TRL up to level 6 by installing an operative device at sea, offshore the Pantelleria Island, which has been identified as an optimal site due to the amount of available wave energy, its favourable bathymetric features and the prospective economic advantages the Island would gain from energy self-sufficiency, it being currently disconnected from the Italian national electric network.

Wave Energy Converter (WEC) technology is still considered to be immature, if compared to the solar photovoltaic and wind electric generation. As a matter of fact, the severe environmental pressures WECs are exposed to in the marine environment (e.g. corrosion), and the still high energy production costs have so far limited their development and diffusion. Overcoming such barriers represents a challenge for engineering, thus technology demonstration in the real marine environment is indeed crucial to validate WEC feasibility in terms of effectiveness and reliability.

Project activities are finalized to the design, construction, and installation of an operative PeWEC prototype offshore the Pantelleria Island, and the subsequent monitoring of its performance and reliability.

Based on the current costs of the raw materials and of the electro-mechanical components that will be necessary for the construction of the PeWEC prototype, the project envisages the realization of a device with a displacement comprised between 60 and 100 tons, and an installed capacity between 50 and 90kW. Such characteristics also comply with the expected construction, transport, and installation costs, and are adequate to the scientific and technical scope of the project.

The PeWEC is classified as a WAB (Wave Activated Body), whose design and subsequent optimization require to employ numerical modelling tools that simulate the device response to all the external pressures it is exposed to, as originated by both hydrodynamics and external loads (e.g. the mooring system and the Power Take Off – PTO - mechanism). Very-high-resolution projections of wave motion in the area of the Pantelleria Island will therefore be produced, so as to accurately estimate the water pressure on the device in operative mode, thus allowing the daily adjustment of its operating parameters (e.g. the height of the pendulum). At the same time, detailed simulations of the local ocean circulation will be conducted, to allow the identification of the optimal mooring geometry for the device, according to the prevailing directions of waves and currents. Such activities will exploit the operative forecasts that are daily produced for the Mediterranean basin by the operative wave and circulation prediction systems delivered by the Programme Agreement (PAR) that was concluded in 2021. These will provide the necessary boundary conditions to the higher resolution local simulations. The maintenance of such operative systems is therefore also part of the present project, as well as the analysis of the produced data.

### 2.3 TRL progetto

TRL iniziale: 4

TRL finale: 6

Ad oggi, la tecnologia PeWEC ha raggiunto un TRL 4, a seguito della validazione del suo funzionamento e comportamento dinamico tramite prove sperimentali su modelli in scala, in ambiente rappresentativo in vasca navale. Nello specifico, le precedenti campagne sperimentali hanno riguardato un prototipo in scala 1:12 ed uno in scala 1:25, testati rispettivamente nella vasca navale CNR-INSEAN di Roma e nella vasca navale dell'università Federico II di Napoli. Le due sperimentazioni hanno permesso di validare il principio di funzionamento del PeWEC, la sua capacità di conversione del moto ondoso in energia elettrica e il funzionamento del sistema di ormeggio, in condizioni rappresentative del sito di installazione e in condizioni di sopravvivenza.

Il presente progetto si propone di innalzare l'attuale TRL fino al livello 6, testando le prestazioni del prototipo in ambiente reale.

In particolare, saranno accuratamente monitorati da remoto il funzionamento e l'affidabilità di ogni singola componente del PeWEC (PTO, generatore elettrico, elettronica di potenza e logiche di controllo), insieme alla tenuta degli ormeggi e alle prestazioni dello scafo. Saranno, inoltre, valutate la produzione di energia elettrica e l'efficienza nella conversione.

L'incremento da TRL 4 a TRL 6 rappresenta una fase critica per la tecnologia PeWEC, a causa delle importanti implicazioni che il passaggio dall'ambiente di laboratorio all'ambiente reale ha per la progettazione, la costruzione e l'installazione del prototipo, in termini di complessità e costi. Durante il progetto, dunque, saranno identificati i parametri ottimali della macchina per il sito di installazione individuato, per poi procedere alla progettazione di tutte le componenti del prototipo (ormeggio, scafo, meccanica, elettronica) e, successivamente, alla sua costruzione, installazione e collaudo. A valle dell'installazione del prototipo si prevede un adeguato periodo di monitoraggio del funzionamento della tecnologia PeWEC, durante il quale saranno acquisite le grandezze fisiche fondamentali utili a valutare le caratteristiche di conversione di energia del dimostratore e l'affidabilità delle sue diverse componenti.

Le previsioni operative ad alta risoluzione del moto ondoso e della circolazione oceanica costituiscono un elemento fondamentale per l'incremento del TRL del PeWEC, permettendo ai suoi sistemi di controllo di gestire le variazioni a piccola scala che possono comprometterne l'efficienza di conversione da energia ondosa a elettricità. In fase di progettazione esse consentiranno una valutazione accurata delle pressioni esercitate sulle componenti esposte del convertitore (ad esempio, scafo e ormeggio), finalizzata alla progettazione ottimale del sistema in ambiente reale. Le previsioni operative dello stato del mare sono, quindi, imprescindibili per tutte le fasi di sviluppo

del dispositivo, dalla progettazione, all'implementazione, gestione, manutenzione e smantellamento e sono, a tutti gli effetti, un elemento permanente del suo processo di industrializzazione.

## 2.4 Inquadramento del progetto nello stato dell'arte

### a) Stato dell'arte nazionale e internazionale relativamente alle attività previste nel progetto

La risorsa energetica derivante dal moto ondoso ha grandi potenzialità, per la quantità di potenza disponibile a livello globale, la sua densità di potenza, stimata in oltre 20 volte quella della risorsa eolica, e la sua maggiore prevedibilità.

È quindi in atto un grande sforzo da parte della comunità scientifica internazionale per sviluppare Wave Energy Converter (WEC), seguendo metodologie condivise per la valutazione del loro grado di maturità tecnologica (TRL) e convergendo verso un numero limitato di soluzioni ottimali che evitino la dispersione dei finanziamenti e delle competenze, tenendo conto delle diverse condizioni di utilizzo e delle necessità specifiche. Un ulteriore elemento di complessità è rappresentato dal fatto che il mare è un ambiente particolarmente severo, sia per le sollecitazioni meccaniche che per l'usura a cui sono esposte infrastrutture e dispositivi, che impone la ricerca di soluzioni innovative per contenere i costi di costruzione ed installazione dei dispositivi e renderli più appetibili per il mercato delle tecnologie di produzione di energia da fonti rinnovabili (FER).

La costruzione di prototipi e la dimostrazione della loro efficienza in ambiente reale rappresenta l'unica opzione tecnologica per superare le criticità evidenziate, permettendo una caratterizzazione efficace del funzionamento del dispositivo in termini di affidabilità e durabilità dei suoi sottosistemi. La costruzione e messa in mare di un dispositivo a scala prossima a quella reale consoliderà il know-how italiano nelle metodologie di progettazione, costruzione ed installazione dei convertitori di energia marina, rafforzando il vantaggio competitivo della filiera industriale ad essi collegata in ambito internazionale e creando le condizioni per superare gli attuali limiti economici alla loro diffusione.

Il raggiungimento del TRL 6 collocherà il PeWEC tra i progetti di WEC tecnologicamente più maturi, già testati nei siti internazionali messi a disposizione a tale scopo (EMEC, BIMEP, P MEC). Tra questi si ricordano:

- Corpower (bottom-referenced point absorber)
- Laminaria (bottom-referenced point absorber)
- Carnegie (bottom-referenced point absorber)
- OPT (self-referenced point absorber)
- Ocean Energy Buoy (floating oscillating water column)
- Oceantec Marmok (floating oscillating water column)
- AW Energy Oy (flap-type)
- Wave Roller (flap-type)

A questi si aggiungono due progetti italiani che già hanno raggiunto il TRL 6:

- ISWEC, i cui diritti industriali sono di proprietà di ENI S.p.A: un dispositivo di taglia energetica dell'ordine dei 60kW che, come il PeWEC, genera energia sfruttando la risposta dello scafo al moto ondoso e che è in fase di ulteriore sviluppo grazie alla collaborazione tra il Marine Offshore Renewable Energy Lab (Politecnico di Torino) ed ENI. Il primo prototipo full scale è stato installato nel 2015 in prossimità dell'isola di Pantelleria, ancorato al fondale marino grazie ad un sistema di ormeggio mediato da dei jumper che mantengono il dispositivo in posizione con una influenza minima sulla dinamica di beccheggio dello scafo.
- REWEC: un dispositivo pensato per essere integrato all'interno dei tradizionali frangiflutti e delle dighe foranee, che appartiene alla classe denominata Oscillating Water Column (OWC), che utilizza il movimento delle onde marine per attivare una turbina bidirezionale, producendo energia elettrica. Un primo prototipo è stato installato nel Porto di Civitavecchia, mentre un secondo dispositivo (in scala ridotta) è presente nei pressi di Reggio Calabria.

Il PeWEC si differenzia dai progetti precedenti per la sua maggiore economicità, minore richiesta di manutenzione e la capacità di adattarsi, tramite modifiche costruttive minori, a diverse condizioni del mare, che vanno da quelle presenti nei bacini semi-chiusi fino a quelle oceaniche.

Le attività di previsione del moto ondoso e della circolazione oceanica integreranno le banche dati climatologiche già disponibili per la caratterizzazione della risorsa energetica marina nel Mediterraneo, in termini di variabilità naturale. Tali previsioni consentiranno di supportare l'operatività dei dispositivi che, come ISWEC e PeWEC, richiedano una calibrazione in tempo reale. Esse andranno inoltre a costituire, nel tempo, un dataset in costante espansione che, essendo generato dalla successione di previsioni atmosferiche vincolate a una condizione iniziale osservata, sarà in grado di intercettare tempestivamente eventuali variazioni di breve/medio termine nelle caratteristiche d'onda, in anticipo rispetto ai continui aggiornamenti delle proiezioni climatiche standard.

### b) Attività svolte nel triennio precedente

La collaborazione sul tema della conversione del moto ondoso in energia elettrica tra ENEA e il Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Aerospaziale del Politecnico di Torino è stata avviata nel 2012 nell'ambito dell'Accordo di Programma per la Ricerca di Sistema elettrico

tra il Ministero dello Sviluppo Economico (MiSE) ed ENEA. L'obiettivo della ricerca era lo sviluppo di dispositivi offshore di conversione del moto ondoso che fossero economici, semplici da costruire, installare e mantenere. In particolare, la ricerca si è concentrata sullo sviluppo della tecnologia PeWEC (Pendulum Wave Energy Converter), attraverso la realizzazione di due campagne sperimentali che hanno valutato le prestazioni di un prototipo in scala 1:45 e di uno in scala 1:12. Successivamente, nel corso del PAR 2019-2021, sono state elaborate metodologie di ottimizzazione tecno-economica e di progettazione preliminare del dispositivo, con particolare attenzione al sistema di ormeggio, che rappresenta un elemento cruciale per il corretto funzionamento del dispositivo. Per raggiungere tali obiettivi sono state sviluppate funzioni di costo affidabili per tutte le componenti del PeWEC e del relativo sistema di ormeggio, così come la valutazione delle principali voci di costo per le procedure di installazione. Attraverso l'applicazione di metodologie afferenti al campo dell'intelligenza artificiale le funzioni di costo sono state ottimizzate e armonizzate nel loro insieme avendo come scopo ultimo la riduzione del costo dell'energia prodotta. Inoltre, sono stati studiati i requisiti progettuali e normativi dell'ormeggio, in linea con le prescrizioni del Registro Italiano Navale (RINA), del Comitato Elettrotecnico Internazionale IEC e dell'ente certificatore DNVGL. Per la definizione delle caratteristiche finali dell'ormeggio è stata condotta un'analisi approfondita degli stati limite di tensione e a fatica mediante lo sviluppo di nuovi modelli numerici e metodologie di dimensionamento, che sono stati validati nel corso di una campagna sperimentale in vasca navale presso l'Università Federico II a Napoli, utilizzando un prototipo in scala 1:25. Parallelamente, le attività di modellistica meteo-climatica, svolte nel corso del precedente Accordo di Programma (triennio 2019-2021) hanno prodotto dati aggiornati, ad alta risoluzione spaziale e per diverse scale temporali, utili alla valutazione della producibilità energetica lungo le coste italiane. In particolare, è stata sviluppata una suite di modelli operativi per produrre i dati utili alla calibrazione ottimale dei WEC, con lo scopo di definire i parametri delle prove in vasca e di contribuire all'abbassamento del costo dell'energia. La presente proposta progettuale si configura, dunque, come la naturale continuazione delle attività passate, valorizzando il lavoro già svolto e i risultati ottenuti negli anni precedenti. In quest'ottica, la dimostrazione della tecnologia in ambiente reale permetterà un notevole progresso tecnologico, consolidando definitivamente un metodo coerente di progettazione, costruzione e installazione per tecnologie offshore ad alto contenuto di innovazione ed accrescendo il know-how italiano nel campo.

#### **c) Obiettivi scientifici e tecnologici e progressi attesi rispetto allo stato dell'arte**

Le attività svolte nel corso dei precedenti Accordi di Programma hanno portato la tecnologia PeWEC ad un grado di maturità tecnologica pari a TRL 4. L'obiettivo del presente progetto è di portare il TRL della tecnologia al livello 6 tramite la realizzazione di un prototipo in scala vicina a quella reale e la sua installazione in mare al largo di Pantelleria. In considerazione dello stato dell'arte dei WEC, il raggiungimento del TRL 6 costituisce un importante passo avanti per il consolidamento delle metodologie di progettazione, per l'industrializzazione della tecnologia e l'installazione di questi sistemi. Di seguito si elencano in dettaglio i principali obiettivi e progressi attesi:

- Progettazione e costruzione del prototipo PeWEC in scala vicina a quella reale
- Installazione del prototipo in mare
- Monitoraggio del funzionamento e delle prestazioni del prototipo
- Valutazione dell'affidabilità della tecnologia
- Validazione dei modelli numerici con i risultati delle prove in mare

La pubblicazione delle procedure di progettazione, costruzione ed installazione in rapporti dedicati, permetterà di diffondere il know-how acquisito nelle diverse fasi di realizzazione del prototipo.

Un rilevante traguardo scientifico sarà costituito dalla validazione dei modelli numerici utilizzati per valutare le prestazioni del sistema (in particolare delle sue componenti meccaniche ed elettriche), ai fini della sua ottimizzazione tecno-economica.

Per quanto riguarda la modellistica del moto ondoso e della circolazione, le attività del presente PAR faranno leva sui risultati già conseguiti, garantendo la manutenzione dei sistemi previsionali esistenti. Inoltre, a supporto delle attività di progettazione e installazione del PeWEC, saranno prodotte previsioni ad hoc per lo spazio marino circostante l'Isola di Pantelleria, utilizzando una versione a più alta risoluzione del modello di onde e un modello di circolazione agli elementi finiti.

#### **d) Eventuali collegamenti con altri progetti relativamente alle attività previste nel progetto**

Non sono previsti collegamenti con altri progetti in corso.

## **2.5 Obiettivi e risultati**

### **a) Obiettivi finali del progetto**

Il progetto in questione mira a realizzare e installare in ambiente marino il prototipo del sistema di conversione dell'energia delle onde denominato PeWEC, raggiungendo il Technology Readiness Level (TRL) 6 per questa tecnologia. L'obiettivo finale è quello di dimostrare le prestazioni del prototipo in ambiente reale e a una scala significativa. Il raggiungimento del TRL 6 rappresenta un importante passo avanti nella maturazione della tecnologia e consentirà di valutarne la fattibilità e l'efficacia in condizioni di utilizzo reali.

Lo sviluppo di questo progetto rappresenta un'opportunità importante per l'incremento del know-how del nostro Paese in materia di dispositivi WEC, grazie al trasferimento tecnologico verso società specializzate nella progettazione, costruzione ed installazione di questi sistemi.

Contrariamente alle pratiche adottate in generale nello sviluppo di prototipi, in cui le informazioni sul progetto sono considerate segrete, i risultati del progetto saranno interamente open-access. Ciò significa che la metodologia di progettazione e installazione, nonché le misure ottenute durante la campagna sperimentale in mare, saranno disponibili pubblicamente. Questa scelta rappresenta un'opportunità unica per condividere la conoscenza acquisita nel corso del progetto con il resto della comunità scientifica e tecnologica, consentendo di migliorare e perfezionare la tecnologia stessa.

Inoltre, i risultati del progetto potranno essere utilizzati come base per lo sviluppo di altre tecnologie per la conversione dell'energia da fonti rinnovabili offshore e per altre posizioni di installazione, amplificando notevolmente l'impatto delle attività svolte.

L'implementazione di soluzioni di questo tipo rappresenta una grande opportunità per affrontare i problemi energetici del nostro tempo, in un'ottica di sostenibilità e rispetto per l'ambiente.

Per raggiungere l'obiettivo finale, il progetto prevede la collaborazione tra un team di esperti provenienti da diverse discipline. Sono previste attività di ricerca e sviluppo, modellizzazione numerica, progettazione, costruzione e installazione del prototipo. In particolare, l'installazione in mare del prototipo richiederà una pianificazione e una logistica particolarmente complesse, a causa delle difficoltà legate alla posa e alla manutenzione del sistema in un ambiente marino ostile.

## b) Principali risultati attesi/deliverable

Di seguito viene riportata la lista dei deliverable del progetto con relativa descrizione dei risultati attesi:

D01 (LA1.1): Report relativo all'analisi dei prodotti dei modelli operativi – Il report descriverà le analisi standard delle previsioni operative prodotte dai modelli numerici di circolazione e di moto ondoso

D02 (LA1.2): Report relativo alle previsioni ad alta risoluzione per il sito di Pantelleria Report sulle previsioni ad alta risoluzione di circolazione e onde a supporto della campagna sperimentale

D03 (LA1.3) Analisi sito di installazione a Pantelleria: in questo documento si riportano le analisi che riguardano il sito di installazione, che influenza la progettazione del prototipo: geografia, caratterizzazione meteomarina (onde, vento, correnti), profilo batimetrico, tipologia fondale, distanza della costa, area di concessione.

D04 (LA1.4) Report di ottimizzazione tecno-economica e simulazione del prototipo: questo documento riporta i parametri della configurazione ottimale del prototipo da installare al largo di Pantelleria e le simulazioni per valutare sia le prestazioni energetiche attese sia i carichi agenti su tutti i sottosistemi: ormeggio, ancore, scafo, unità pendolo ecc.

D05 (LA1.5) Report di sintesi delle attività gestionali del progetto

D06.1 (LA1.6) Report di fattibilità tecnica: questo report costituisce il primo documento di progettazione del prototipo e riporta l'individuazione del layout preliminare di tutti i sistemi e l'individuazione dei commerciali critici più rilevanti.

D06.2 (LA1.6) Report di progettazione esecutiva del prototipo: all'interno di questo report sono contenuti diversi documenti che fanno riferimento alla progettazione di dettaglio e report di calcolo dei vari sottosistemi: ormeggio, scafo, unità meccanica pendolo ed elettronica di potenza e controllo.

D06.3 (LA1.6) Piano di installazione: in questo report vengono definite le varie fasi per il completamento dell'installazione, dalle ispezioni necessarie in loco e posa degli ormeggi fino alla messa in funzione del prototipo in mare

D06.4 (LA1.6) Report di costruzione e collaudo: in questo report vengono documentate le varie fasi di costruzione del prototipo con ausilio materiale fotografico. Inoltre, vengono descritti i vari test di collaudo, come l'identificazione dei parametri della macchina e la mappatura delle perdite del sistema.

D07 (LA1.7) Report di installazione: In questo report vengono documentate con ausilio di materiale fotografico le varie fasi di installazione del prototipo: ispezione del sito di installazione, posa delle ancore e linee di ormeggio, varo e trasporto del prototipo sul sito di installazione, assemblaggio delle linee di ormeggio e prototipo e messa in funzione della macchina.

D08 (LA1.8) Prestazioni della macchina e monitoraggio: In questo report vengono riportati i risultati del funzionamento della macchina durante i mesi di funzionamento. Tutti i segnali acquisiti verranno elaborati per valutare le prestazioni della macchina e confrontati con i modelli numerici per validarne l'affidabilità simulativa. I segnali acquisiti comprendono i dati della boa ondometrica attualmente installata a Pantelleria, i dati cinematici dello scafo e unità pendolo, la coppia e velocità meccanica sul generatore elettrico e la potenza elettrica prodotta. In questo report inoltre verranno riportati i risultati legati all'affidabilità della macchina con descrizione di eventuali guasti o fermi macchina con ausilio di materiale fotografico da ispezioni regolari sul prototipo.

D09 (LA1.9) Report sulle attività di Comunicazione e diffusione dei risultati

## 2.6 Fattibilità tecnico-scientifica

### a) Fattibilità tecnico-scientifica

Il prototipo PeWEC si basa sul funzionamento di un pendolo che entra in risonanza con la frequenza delle onde incidenti, principio relativamente semplice e intuitivo, soprattutto se paragonato alle soluzioni attualmente implementate nei convertitori di energia da moto ondoso. L'intero progetto del prototipo PeWEC fa uso di componenti commerciali (riduttore meccanico, generatori elettrici ecc.) e

lavorazioni di carpenteria che vengono comunemente adottate dalla cantieristica navale italiana. Le operazioni di posa degli ormeggi e installazione del prototipo rientrano all'interno delle capacità dei maggiori gruppi per operazioni offshore presenti nel panorama nazionale e internazionale. Queste caratteristiche rafforzano la fattibilità tecnica del progetto.

Come delineato in dettaglio nel piano di lavoro, il progetto consiste nella realizzazione di un elaborato progettuale di livello definitivo ed esecutivo del prototipo PeWEC, nella sua costruzione e nell'installazione all'interno di un'area autorizzata localizzata nelle acque antistanti l'isola di Pantelleria. Nel corso delle attività verranno individuati i fornitori per la componentistica e il cantiere che sarà responsabile della progettazione esecutiva e della costruzione del prototipo, tenendo presenti i vincoli sia tecnici che logistici.

Il prototipo verrà installato nell'area di pertinenza da operatori specializzati nel campo delle installazioni offshore. In ultimo, verrà effettuato il monitoraggio delle prestazioni.

Nell'identificare la zona di installazione si terrà conto dei potenziali impatti sull'ecosistema marino, in particolare escludendo le aree caratterizzate dalla presenza di Posidonia Oceanica e/o soggette a vincoli ambientali.

La presenza del dispositivo nell'area di Pantelleria impatterà in modo positivo sul tessuto economico dell'isola e favorirà le attività della cantieristica navale regionale e delle professionalità specializzate nelle operazioni subacquee per le attività di posa in opera e manutenzione. Inoltre, un futuro collegamento con la rete isolana potrà garantire che l'energia prodotta rimanga nella titolarità dell'amministrazione comunale, che ne potrà disporre per incidere sul consumo degli edifici pubblici, con una riduzione dei costi per la popolazione locale.

Riguardo la fattibilità tecnica-scientifica si sottolinea inoltre che il co-beneficiario POLITO ha sviluppato ed installato in collaborazione con ENI un prototipo (50 kW di potenza installata) del dispositivo ISWEC nel 2018 a largo di Ravenna e un convertitore da 250 kW a largo di Pantelleria nel 2023. Il gruppo MOREnergy Lab con sede al POLITO ha collaborato con ENI allo sviluppo del convertitore ISWEC a partire dal 2016 attraverso contratti di ricerca commerciali. Tali attività di ricerca hanno riguardato principalmente lo sviluppo di modelli numerici avanzati per la progettazione del sistema, la progettazione preliminare del dispositivo e suo sistema di ormeggio, attività di sperimentazione e monitoraggio della macchina in mare.

## 2.7 Impatto sul sistema energetico e benefici attesi

### a) Impatto e benefici sul sistema energetico

Il dispositivo PeWEC è particolarmente idoneo ad essere utilizzato nelle isole minori, principalmente quelle non connesse alla rete elettrica nazionale, che in Italia sono 14 su 50, costrette alla produzione di energia da fonti fossili di difficile approvvigionamento, altamente inquinanti e costose.

In particolare, facendo riferimento al caso di Pantelleria, la produzione di energia è attualmente ottenuta mediante generatori Diesel con un elevato livello di emissioni di CO<sub>2</sub>. Facendo riferimento all'Agenda di Transizione Energetica dell'isola di Pantelleria, la quota di emissioni dovuta alla generazione di energia elettrica, compresa quindi l'energia necessaria per la dissalazione dell'acqua, pesa per circa il 54% sulle emissioni totali del sistema.

Lo sviluppo di questa tecnologia potrà contribuire all'autosufficienza energetica dell'isola, riducendo le emissioni inquinanti e climalteranti, con notevoli benefici in termini di qualità dell'aria e impatto ambientale. Inoltre, l'introduzione di una fonte rinnovabile particolarmente stabile all'interno del mix energetico può portare benefici sensibili contribuendo a stabilizzare la produzione di energia elettrica. L'installazione del prototipo PeWEC può anche portare benefici dal punto di vista delle ricadute ambientali, in quanto l'interdizione dell'area di mare che ospita il dispositivo favorisce il ripopolamento della fauna marina, mentre la presenza dei corpi di ormeggio costituisce un supporto per l'insediamento di nuova flora e fauna.

Data la sua struttura, la parte emersa del dispositivo PeWEC è notevolmente contenuta, limitando al minimo l'impatto visivo e non incidendo quindi sulla percezione del paesaggio. Infine, data l'assenza di componenti meccaniche in movimento, l'impatto acustico è decisamente ridotto.

### b) Benefici per gli utenti

Il dispositivo PeWEC è particolarmente idoneo ad essere utilizzato nelle isole minori, principalmente quelle non connesse alla rete elettrica nazionale, che in Italia sono 14 su 50, costrette alla produzione di energia da fonti fossili di difficile approvvigionamento, altamente inquinanti e costose.

In particolare, facendo riferimento al caso di Pantelleria, la produzione di energia è attualmente ottenuta mediante generatori Diesel con un elevato livello di emissioni di CO<sub>2</sub>. Facendo riferimento all'Agenda di Transizione Energetica dell'isola di Pantelleria, la quota di emissioni dovuta alla generazione di energia elettrica, compresa quindi l'energia necessaria per la dissalazione dell'acqua, pesa per circa il 54% sulle emissioni totali del sistema.

Lo sviluppo di questa tecnologia potrà contribuire all'autosufficienza energetica dell'isola, riducendo le emissioni inquinanti e climalteranti, con notevoli benefici in termini di qualità dell'aria e impatto ambientale. Inoltre, l'introduzione di una fonte rinnovabile particolarmente stabile all'interno del mix energetico può portare benefici sensibili contribuendo a stabilizzare la produzione di energia elettrica. L'installazione del prototipo PeWEC può anche portare benefici dal punto di vista delle ricadute ambientali, in quanto l'interdizione dell'area di mare che ospita il dispositivo favorisce il ripopolamento della fauna marina, mentre la presenza dei corpi di

ormeggio costituisce un supporto per l'insediamento di nuova flora e fauna.

Data la sua struttura, la parte emersa del dispositivo PeWEC è notevolmente contenuta, limitando al minimo l'impatto visivo e non incidendo quindi sulla percezione del paesaggio. Infine, data l'assenza di componenti meccaniche in movimento, l'impatto acustico è decisamente ridotto.

#### **c) Previsione delle ricadute applicative**

Le ricadute applicative provenienti dall'installazione del prototipo PeWEC riguardano principalmente l'avanzamento tecnologico nell'ambito della produzione di energia da impianti offshore.

L'installazione di un dispositivo PeWEC operativo in ambiente reale permetterà ai proponenti di diventare un punto di riferimento nel settore innovativo delle tecnologie offshore di conversione di energia rinnovabile marina. L'accrescimento del know-how tecnologico permetterà di generare esternalità positive a beneficio del comparto nazionale di riferimento, contribuendo alla nascita di iniziative nel medesimo campo e aprendo opportunità di penetrazione nel mercato internazionale.

Ci si aspetta che la realizzazione di un prototipo pre-commerciale determini le condizioni per la partecipazione dei principali stakeholders nazionali a programmi specifici di finanziamento, che consentiranno l'innalzamento del livello tecnologico del prototipo PeWEC fino a TRL9.

## **2.8 Verifica dell'esito del progetto**

#### **a) Oggetti e documentazione dei risultati finali**

Il prodotto principale del presente progetto è la realizzazione del prototipo PeWEC e la validazione delle sue prestazioni in ambiente reale, a partire dai risultati ottenuti nel corso dei precedenti Accordi di Programma. Tutte le attività previste concorrono sinergicamente a questo obiettivo. L'attività iniziale è rappresentata dalla realizzazione del progetto preliminare, utilizzando tecniche modellistiche consolidate, per poi proseguire con la progettazione esecutiva e la realizzazione in cantiere navale del prototipo. Queste fasi potranno essere monitorate e valutate attraverso i rapporti tecnici specifici dedicati a ciascuna attività e attraverso eventuali sopralluoghi in cantiere.

La fase finale di installazione in mare e testing del dispositivo potrà essere verificata direttamente in situ oltre che attraverso le relazioni tecniche che verranno redatte.

Per quanto riguarda le previsioni operative, oltre che valutate grazie alle relazioni contenenti le analisi dei risultati effettuate per tutto il periodo del progetto, esse potranno essere visualizzate quotidianamente sul portale ENEA dedicato.