

**PIANO TRIENNALE DI REALIZZAZIONE 2025-27 - RICERCA DI SISTEMA  
ELETTRICO NAZIONALE**

**Progetti di ricerca di cui all'art. 10 comma 2, lettera a) del decreto 26 gennaio 2000**

**AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE, L'ENERGIA E LO SVILUPPO  
ECONOMICO SOSTENIBILE**

Obiettivo: Decarbonizzazione

Progetto 1.8 - Energia dal mare

Durata: 36 mesi

Periodo attività: 01/01/2025 - 31/12/2025

**ABSTRACT ATTIVITA' ANNUALE:**

Nel primo anno del progetto 1.8 - Energia dal mare sono state sviluppate, in coerenza con il cronoprogramma, le attività previste nei mesi 1-12 per sostenere lo sviluppo e la successiva dimostrazione in mare del Pendulum Wave Energy Converter (PeWEC), convertitore pendolare dell'energia del moto ondoso. L'annualità ha consolidato l'infrastruttura scientifica e tecnica necessaria alle fasi realizzative: sono proseguite le previsioni operative ad alta risoluzione dello stato del mare e della circolazione del Mediterraneo, con archiviazione e analisi dei dati; sono state avviate l'elaborazione e la visualizzazione integrata degli spettri direzionali d'onda e delle principali variabili meteomarine; è stata completata la linea dedicata agli algoritmi di controllo del Power Take-Off (PTO), mediante identificazione di modelli lineari comprensivi degli effetti dell'ormeggio e definizione dei parametri di controllo ottimo. Parallelamente, sono avanzate la progettazione esecutiva e le attività propedeutiche alla costruzione del prototipo, affiancate dall'avvio della supervisione tecnica; sono inoltre proseguiti lo studio di configurazioni PeWEC ibride con fotovoltaico, la comunicazione istituzionale e il coordinamento delle attività del Politecnico di Torino. I risultati del 2025 consistono pertanto in metodi, specifiche, procedure, strumenti modellistici e assetti organizzativi che riducono il rischio tecnico delle fasi successive e creano condizioni più solide per il coinvolgimento della cantieristica e delle imprese attive nella meccanica, mecatronica, sensoristica, automazione, elettronica di potenza e servizi offshore. Nel primo anno non rientrano l'installazione del prototipo in mare, il monitoraggio operativo, la validazione finale in ambiente reale né il conseguimento del livello di maturità tecnologica (Technology Readiness Level - TRL) 6, che costituiscono obiettivi delle annualità successive.

**ATTIVITA' SVOLTE**

**WP1: Energia dal mare**

| <b><i>AFFIDATARIO /<br/>COBENEFICIARIO</i></b> | <b><i>SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI RICERCA SVOLTE, RISULTATI<br/>CONSEGUITI E RICADUTE SUL SETTORE PRODUTTIVO</i></b>                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ENEA</b>                                    | <b>LA 1.1 - Previsioni operative dello stato del mare</b><br>La linea, attiva per l'intero triennio, nel 2025 ha assicurato la continuità operativa dei sistemi di previsione della circolazione marina e del moto ondoso nel Mediterraneo e nei sottobacini italiani. Le previsioni giornaliere a cinque giorni sono state prodotte e archiviate con frequenza |

|                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                         | <p>oraria; le principali variabili sono state rese consultabili attraverso il portale dedicato e sottoposte ad analisi e confronto con i dati osservativi disponibili. Il risultato dell'annualità è l'ampliamento coerente della banca dati di forecast meteomarini e il mantenimento di un servizio modellistico funzionale alle successive attività di progetto. Le metodologie e i dati prodotti presentano potenziali ricadute per operatori offshore, progettisti e fornitori di servizi, poiché supportano la valutazione della risorsa, la selezione delle finestre operative e la pianificazione di installazione, esercizio e manutenzione di dispositivi marini.</p> <p><b>LA 1.2 - Elaborazione e visualizzazione dei dati meteomarini per analisi di performance e gestione operativa</b><br/> La linea, avviata nel 2025 e ancora in corso, ha riguardato l'organizzazione dei dati prodotti dai sistemi previsionali e lo sviluppo delle componenti necessarie alla visualizzazione integrata degli spettri direzionali d'onda e dei meteogrammi delle principali variabili meteomarine nei siti di interesse, con priorità per l'area prevista per il PeWEC. È stata inoltre impostata la valutazione di schemi che collegano l'informazione spettrale alle funzioni di risposta idrodinamica del dispositivo, ai fini dell'analisi delle prestazioni e del controllo. I risultati intermedi comprendono procedure di trattamento dei dati, requisiti funzionali e un quadro metodologico per le successive implementazioni operative. Tali strumenti potranno essere trasferiti a servizi di supporto decisionale per impianti offshore e alla progettazione di sistemi di controllo e supervisione basati su previsioni ad alta risoluzione.</p> |
| <p><b>Politecnico di Torino</b><br/> <b>Dipartimento di</b><br/> <b>Ingegneria</b><br/> <b>Meccanica e</b><br/> <b>Aerospaziale</b></p> | <p><b>LA 1.3 - Sintesi di algoritmi di controllo basati sull'identificazione di modelli lineari</b><br/> La linea, prevista nei mesi 1-12, è stata conclusa nel 2025. È stata definita una procedura di identificazione lineare della dinamica complessiva del PeWEC, comprendente l'idrodinamica dello scafo, l'accoppiamento con il pendolo e gli effetti del sistema di ormeggio. Su tale base sono state sviluppate la procedura di progetto del controllo wave-by-wave e la determinazione dei parametri ottimali in funzione della forzante ondosa, includendo vincoli di coppia e velocità e logiche anti-windup per rispettare i limiti del generatore del Power Take-Off (PTO). Il risultato fornisce un riferimento tecnico per l'implementazione e la taratura del controllo nelle successive fasi di costruzione e prova. Le procedure sviluppate sono potenzialmente trasferibili ad altri convertitori di energia ondosa (Wave Energy Converter - WEC) e rafforzano competenze applicabili alla mecatronica, all'automazione e all'elettronica di potenza per sistemi marini.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <p><b>ENEA</b></p>                                                                                                                      | <p><b>LA 1.6 - Progettazione esecutiva e costruzione del PeWEC</b><br/> La linea, avviata nel 2025 e prevista fino al mese 22, ha interessato la fase iniziale della progettazione esecutiva e della realizzazione del prototipo. A partire dal capitolato tecnico e dai risultati del precedente triennio, sono state sviluppate le attività tecnico-amministrative e le specifiche necessarie all'affidamento della progettazione e della costruzione, con riferimento allo scafo, al sistema di ormeggio, all'unità pendolare, ai sistemi elettrici ed elettronici, al controllo e alla supervisione. Nel corso dell'annualità</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

|                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                         | <p>sono stati consolidati requisiti, interfacce e criteri di verifica funzionali all'avanzamento della progettazione e all'avvio delle successive lavorazioni; la costruzione e il collaudo finale non sono considerati conclusi al mese 12. L'attività pone le basi per il coinvolgimento qualificato della cantieristica e delle imprese di carpenteria, meccanica, meccatronica, sensoristica, automazione ed elettronica di potenza, mediante specifiche tecniche replicabili anche per altri prototipi offshore.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <p><b>Politecnico di Torino</b><br/> <b>Dipartimento di</b><br/> <b>Ingegneria</b><br/> <b>Meccanica e</b><br/> <b>Aerospaziale</b></p> | <p><b>LA 1.7 - Supervisione tecnica delle fasi di costruzione e del collaudo del PeWEC</b></p> <p>La linea è stata avviata al mese 9 e nel 2025 ha coperto la fase iniziale della supervisione tecnica, in raccordo con la progettazione esecutiva e con le attività propedeutiche alla costruzione. Sono state impostate le modalità di coordinamento periodico, la verifica della documentazione tecnica e i criteri di controllo della conformità geometrica, inerziale, meccanica ed elettrica del prototipo rispetto alle specifiche di progetto. L'avanzamento raggiunto ha predisposto la tracciabilità delle verifiche, la gestione delle eventuali non conformità e la successiva supervisione in cantiere e durante i test a secco, senza anticipare il collaudo conclusivo previsto oltre il primo anno. Le procedure di controllo qualità e di documentazione tecnica sviluppate presentano potenziali ricadute per cantieri e fornitori impegnati nella realizzazione di sistemi offshore innovativi, contribuendo a ridurre rischi di integrazione e rilavorazioni.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <p><b>ENEA</b></p>                                                                                                                      | <p><b>LA 1.10 - Studio e simulazione di architetture e configurazioni avanzate per la progettazione di sistemi PeWEC ibridi</b></p> <p>La linea, avviata nel 2025 e prevista fino al mese 18, ha sviluppato lo studio preliminare dell'integrazione tra il generatore ondoso PeWEC e moduli fotovoltaici installati sulla struttura galleggiante. Le attività hanno esaminato criteri di selezione dei moduli, configurazioni mono o bifacciali, incapsulanti, dimensioni, connettori, superfici disponibili e possibili giaciture, considerando i vincoli dell'ambiente marino, la corrosione, i carichi ondosi e l'impatto visivo. Sono stati inoltre impostati il quadro simulativo per la valutazione delle prestazioni energetiche e del controllo e l'analisi dei costi di installazione, manutenzione e operatività. I risultati intermedi consistono in requisiti di progetto e configurazioni candidate, ancora da consolidare nel rapporto finale. L'attività crea opportunità prospettiche per produttori di componenti fotovoltaici, materiali, strutture offshore, sistemi di controllo e conversione elettrica.</p> <p><b>LA 1.12 - Comunicazione e diffusione dei risultati</b></p> <p>La linea, trasversale all'intero progetto, nel 2025 ha accompagnato l'avanzamento tecnico mediante l'avvio e il presidio delle attività di comunicazione e diffusione previste. È stata assicurata la continuità del sito dedicato alle previsioni dello stato del mare e della circolazione del Mediterraneo, quale strumento pubblico di consultazione dei risultati modellistici, ed è proseguito il raccordo con le sedi nazionali e internazionali di riferimento per l'energia dal mare. Sono state inoltre impostate le attività preparatorie per la diffusione dei risultati tecnici e per il workshop nazionale previsto dal progetto, senza attribuire al primo anno prodotti editoriali o iniziative non ancora documentati. La disponibilità di</p> |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>informazioni tecniche accessibili e il dialogo con la comunità scientifica e industriale pongono le basi per un più efficace trasferimento delle metodologie sviluppate e per il successivo coinvolgimento della filiera italiana delle energie marine.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|  | <p><b>LA 1.13 - Verifica e coordinamento attività co-beneficiari</b></p> <p>La linea, attiva per l'intero triennio, nel 2025 ha garantito il coordinamento delle attività affidate al Politecnico di Torino e la verifica sistematica del relativo stato di avanzamento. Il confronto è stato condotto mediante riunioni periodiche in videoconferenza, con registrazione e verbalizzazione degli elementi rilevanti, verifica della coerenza con obiettivi, tempi e interdipendenze tra le linee e individuazione tempestiva delle esigenze di raccordo tecnico. Le minute degli incontri costituiscono il prodotto documentale dell'annualità e assicurano tracciabilità alle decisioni e alle verifiche svolte. Pur non generando direttamente un prodotto tecnologico, l'attività ha ridotto il rischio di disallineamenti tra modellistica, controllo, progettazione e costruzione e ha rafforzato un modello di collaborazione tra ricerca pubblica e università funzionale al successivo coinvolgimento coordinato di imprese e fornitori.</p> |