



Studi e valutazioni sulla produzione di energia elettrica dalle correnti marine e dal moto ondoso

SCENARIO DI RIFERIMENTO

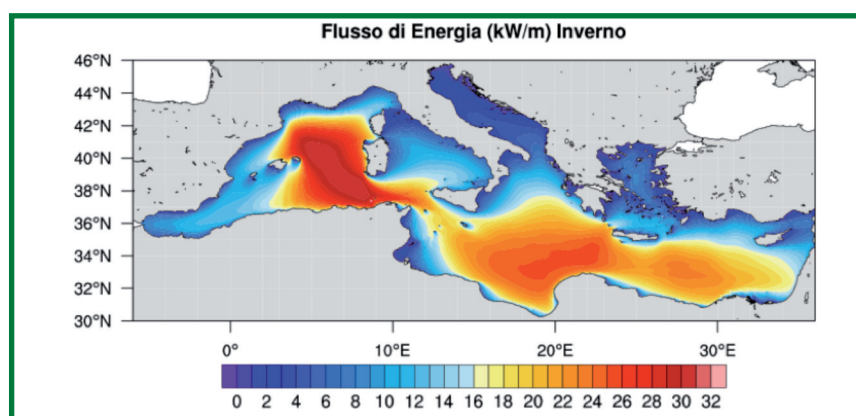
L'idea di convertire in energia elettrica l'energia associata al moto ondoso e alle correnti di marea non è recente; nel tempo sono stati sviluppati diversi progetti finalizzati alla realizzazione di dispositivi per la generazione di energia elettrica dal mare. Molti di essi sono attualmente in attività e hanno dimostrato di

poter essere operativi anche in condizioni difficili, come in occasione di mareggiate oceaniche. Essi sono installati sia in paesi Europei che in altri continenti, come ad esempio Australia e Asia. Lo sfruttamento

dell'energia dal mare è a uno stadio meno avanzato rispetto a quello di altre risorse rinnovabili quali il vento o il sole, anche perché presenta un grado di complessità operativa più elevato. Tuttavia, esso può essere di grande interesse per un Paese come l'Italia, con forte sviluppo costiero e limitate disponibilità di altre fonti energetiche. Sistemi di produzione di energia dal mare possono essere particolarmente interessanti per le numerose isole presenti in Italia, in molte delle quali l'approvvigionamento energetico, realizzato comunemente da centrali termoelettriche a gasolio, risulta oneroso dal punto di vista economico e di non trascurabile impatto ambientale. Inoltre, lo sviluppo dei sistemi di assorbimento e conversione energetica di tipo costiero, sia di tipo galleggiante che a barriere sommerse poggiate su bassi fondali, può avere una valenza significativa anche per la riduzione dei fenomeni di erosione costiera. Le attività di ricerca rivolte allo sfruttamento del moto ondoso e delle correnti di marea vedono primeggiare i centri di ricerca del nord Europa, quindi i sistemi la cui fase di sviluppo è più avanzata sono stati progettati per

operare con condizioni oceaniche, dove l'altezza delle onde è decisamente elevata. Nel caso dell'Italia, le coste sono bagnate da onde di piccola altezza e minor periodo ed è quindi necessario sviluppare dispositivi in grado di sfruttare al massimo proprio queste caratteristiche. La ricerca in ambito italiano nel

settore è attiva da circa dieci anni, con progetti mirati allo sviluppo di dispositivi atti a funzionare nel Mar Mediterraneo in particolare, e in zone oceaniche in genere. Il rapido espandersi di tecnologie per lo sfruttamento delle



correnti marine e delle onde rende necessaria una stima accurata delle risorse naturali potenzialmente disponibili nei mari italiani, e di quelle realmente sfruttabili dalle diverse tecnologie che si stanno affacciando sul mercato.

OBIETTIVI

Le attività di ricerca mirano a quantificare l'energia che può essere immessa nella rete elettrica, ricavabile da appositi convertitori del moto ondoso e delle correnti marine in siti specifici della costa italiana. Il primo obiettivo proposto riguarda la realizzazione di una nuova climatologia ad alta risoluzione spaziale dell'energia associata al moto ondoso nel bacino mediterraneo, e l'analisi di dettaglio riguardante gli spettri bidimensionali dell'energia in alcuni punti della costa italiana. Particolare attenzione è posta alla caratterizzazione dell'energia ondosa attraverso il calcolo di specifici indicatori di produttività.

Un secondo ramo delle attività riguarda la caratterizzazione sperimentale di un convertitore OWC in scala

ridotta e successivamente progettazione, costruzione e installazione di un OWC prototipale in scala 1:8 a geometria variabile.

Le attività di ricerca sono anche focalizzate sulla messa a punto del modello di calcolo CFD sulla base della geometria definitiva dell'apparato U-OWC sperimentale utilizzato già per la progettazione dell'OWC e in seconda fase sul confronto tra risultati numerici ottenuti e i risultati sperimentali derivati dalla campagna di misure condotte sull'OWC.

La realizzazione di prototipi ha poi lo scopo di realizzare, con successivi test in vasca, un convertitore WEC in scala 1:45 di tipo point absorber con PTO passivo. A questo è stato associato lo studio delle metodologie per l'installazione di sistemi WEC point absorber con PTO attivi in scala 1:1.

RISULTATI

Calcolo di indicatori di produttività energetica a partire dal clima ondoso

È stata generata una climatologia ad alta risoluzione e di lungo periodo, per l'intero bacino Mediterraneo. Il modello numerico WAM per la simulazione del moto ondoso è stato utilizzato alla risoluzione di $1/32^\circ$ per produrre una climatologia delle onde della durata di 25 anni, dal 1980 al 2004. Lo spettro di densità di energia è stato discretizzato utilizzando 36 direzioni angolari, corrispondenti ad una risoluzione angolare di 10° , e 32 intervalli di frequenza, che aumentano con progressione logaritmica a partire da 0,05 Hz. Sono stati utilizzati come forzante superfi-

ciali i venti provenienti da una simulazione di un modello atmosferico regionale, forzato a sua volta dalle analisi del Centro Europeo per le Previsioni a Medio termine (ECMWF).

Dalle mappe medie mensili di altezza significativa e di energia risulta evidente la forte stagionalità. Oltre alle grandezze integrate, quali altezza significativa dell'onda e direzione, in uscita dal modello WAM sono stati memorizzati, con frequenza oraria, gli spettri bidimensionali per 20 punti lungo la costa del bacino. Sono stati calcolati gli spettri ottenuti mediando nelle due dimensioni, frequenza e direzione. I valori massimi di energia vengono raggiunti nei tre mesi invernali, ampiezze di poco inferiori si possono osservare sia durante i mesi di marzo e aprile che nel mese di novembre. L'energia raggiunge i valori più elevati nelle zone occidentali della Sardegna e della Sicilia e a nord di Pantelleria, dove le basse frequenze indicano la prevalenza delle onde di lungo periodo che si propagano a partire dalla zona nord del bacino.

Attività sperimentale su dispositivi a colonna d'acqua oscillante OWC

Una prima attività svolta riguarda la sperimentazione sul campo di un modello in scala ridotta di un dispositivo a colonna oscillante del tipo U-OWC (U-Oscillating Water Column) è stata eseguita presso il laboratorio NOEL dell'università Mediterranea di Reggio Calabria. Le prove sono state eseguite su un prototipo di cassone REWEC3 in acciaio, alloggiato e opportunamente solidarizzato ad una diga in cemento armato della lunghezza di

16,10 m, ubicata alla profondità di 2 m. Il cassone in acciaio ha una larghezza della camera di assorbimento e del condotto verticale, rispettivamente, di 1 m e di 0,5 m. La larghezza longitudinale della camera attiva di 6,9 m.

Sulla base dei dati di input e di output registrati, è stato possibile validare il modello di calcolo CFD implementato. I risultati ottenuti hanno dimostrato l'ottimo livello



Diga e cassone metallico REWEC3, con installata turbina di tipo Wells, esistente presso il NOEL

di efficienza dell'impianto sia in assenza che in presenza di turbina funzionante.

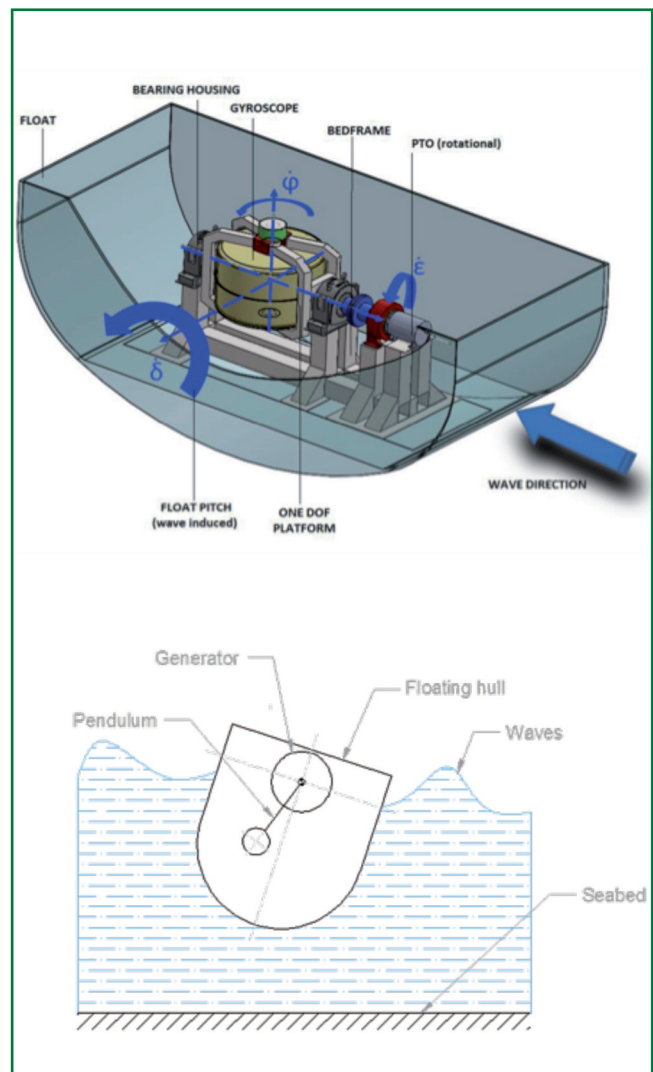
Una seconda attività ha riguardato la progettazione e la realizzare un nuovo modello di impianto U-OWC in scala 1:8 a geometria modificabile da installare presso il laboratorio NOEL. La finalità è quella dello studio dell'idrodinamica ottimizzata dell'impianto, per incrementare i rendimenti di assorbimento del convertitore. Al fine di potere analizzare diverse configurazioni di U-OWC, è stato, quindi, progettato un nuovo modello di U-OWC caratterizzato da un'elevata modularità. Infatti, esso è dotato di 2 setti interni rimuovibili, che permettono di partizionare la camera in 3 celle indipendenti. Il progetto è riuscito a identificare la configurazione ottimale del U-OWC analizzando configurazioni con differenti larghezze della camera.

Analisi fluidodinamica CFD su dispositivi a colonna d'acqua oscillante OWC

Le attività hanno riguardato la messa a punto del modello di calcolo CFD sulla base della geometria definitiva dell'apparato U-OWC sperimentale e il confronto tra risultati numerici ottenuti e i risultati sperimentali derivati dalla campagna di misure condotte.

Per le analisi fluidodinamiche (CFD), si è utilizzato il codice di calcolo OpenFOAM – The open source CFD toolbox – versione 2.2.1. In particolare è stato utilizzato il solutore interFoam, specifico per flussi bifase isoterme caratterizzati da fluidi immiscibili e incompressibili che utilizza come modello bifase il VOF (volume of fluids). Visto il notevole peso computazionale, le simulazioni sono state fatte girare sulle macchine appartenenti al sistema di calcolo ad alte prestazioni del progetto CRESCO.

I dati sperimentali, per il confronto con le simulazioni CFD, sono le registrazioni delle evoluzioni della pressione in due punti dell'apparato sperimentale, il primo posizionato in corrispondenza della superficie di ingresso/uscita dell'acqua di mare, il secondo posizionato in corrispondenza della copertura della camera interna, quindi nella zona occupata dall'aria. L'andamento nel tempo della pressione sulla superficie di ingresso/uscita dell'acqua è stato utilizzato per ottenere la forzante nella simulazione CFD. Il confronto dei risultati mostra che, da un punto di vista quantitativo, i risultati calcolati e quelli sperimentali presentano delle forti discordanze dovute presumibilmente al fatto che il modello CFD non può tenere conto di fenomeni dinamici, che possono es-



Gli schemi dei sistemi ISWEC e PEWEC

sere anche legati a variazioni atmosferiche, i quali influenzano invece le misurazioni sperimentali. Dal punto di vista qualitativo i risultati del modello numerico e quelli sperimentali presentano un buon accordo verso la fine del periodo temporale simulato a dimostrazione della bontà del modello numerico sviluppato.

Studio delle prestazioni di un dispositivo di tipo point absorber “attivo” in scala reale, e progettazione di un sistema oscillante “passivo” per il recupero di energia dal moto ondoso

L'attività riguarda l'identificazione di metodologie per l'installazione di sistemi di conversione dell'energia da moto ondoso (WEC - Wave Energy Converter). Tali WEC sono sistemi che producono energia elettrica a partire dalla fonte ondosa. I WEC considerati in questo rapporto sono i sistemi ISWEC e PEWEC.

1. ISWEC (Inertial Sea Wave Energy Converter), sistema galleggiante “attivo” che tramite l’utilizzo dei fenomeni giroscopici permette la conversione del moto di beccheggio di un galleggiante in energia elettrica.
2. PEWEC (PEndulum Wave Energy Converter), sistema galleggiante “passivo”, composto da un pendolo incernierato allo scafo e libero di muoversi all’interno di esso. L’oscillazione dello scafo provocata dalle onde induce un’oscillazione del pendolo.

Sono state svolte attività teoriche e di progettazione di base necessarie a definire le caratteristiche del prototipo da realizzare per lo sviluppo della tecnologia, attività di progettazione di dettaglio e di fabbricazione del prototipo ed infine, la sintesi delle prime due fasi, che riguarda le attività sperimentali condotte con il prototipo e ne illustra i risultati ottenuti.

Le attività svolte permettono di affermare che la tecnologia dei sistemi inerziali passivi risulta promettente dal punto di vista applicativo, con rendimenti oltre il 45% e potenze stimate “full scale” fino a circa 250 kW per unità. Inoltre le conoscenze teoriche e costruttive acquisite con le attività descritte consentono di affrontare con sicurezza lo studio e la realizzazione di prototipi di scala maggiore.

Comunicazione e diffusione dei risultati

Sono state intraprese diverse attività per la comunicazione e la diffusione dei risultati, dall’organizzazione di un workshop alla produzione di articoli scientifici passando per presentazioni a congressi e workshop per finire nello sviluppo di piattaforme web-gis. A livello europeo sono state attivate sinergie attraverso la partecipazione al programma congiunto di ricerca sull’energia dal mare (JP Marine Renewable Energy) proposto dalla EERA European Energy Research Alliance. ENEA partecipa in maniera attiva al progetto congiunto attraverso il coordinamento delle Università e dei centri di ricerca nazionali.



Prototipo sperimentale di PEWEC

Area di ricerca: Produzione di energia elettrica e protezione dell'ambiente

Progetto B.1.5: Studi e valutazioni sulla produzione di energia elettrica dalle correnti marine e dal moto ondoso

Referente: G.Sannino, gianmaria.sannino@enea.it