

RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

Studi e valutazioni sul potenziale energetico delle correnti marine

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 ad 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 rilevante. 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 sue coste sono bagnate da onde di piccola altezza e minor periodo. È quindi necessario cercare di sviluppare dispositivi che siano in grado di sfruttare al massimo 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

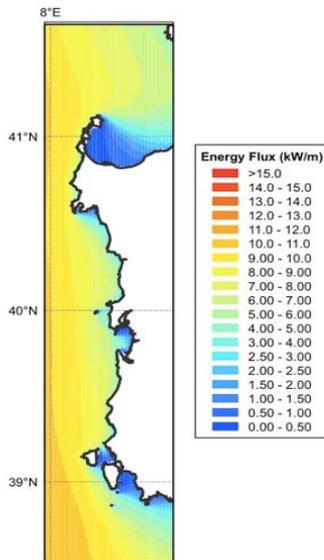
Le attività di ricerca del presente progetto mirano a quantificare l'energia che può essere immessa nella rete elettrica, ricavabile da appositi convertitori del moto ondoso e delle correnti marine in siti specifici della costa italiana. In particolare le attività hanno riguardato la stima del potenziale energetico del moto ondoso in tali siti. L'analisi è stata finalizzata alla valutazione dell'energia associata al clima ondoso e alla valutazione dell'intensità e della frequenza degli eventi estremi (dati determinanti durante la fase di progettazione e installazione dei dispositivi di conversione). L'attività di ricerca si è concentrata inoltre sulla valutazione del potenziale energetico delle correnti di marea presenti nello Stretto di Messina attraverso simulazioni numeriche e dati osservati.

Nel progetto si è proceduto inoltre a valutare le potenzialità di alcuni sistemi di conversione dell'energia del moto ondoso e delle correnti di marea. In particolare sono state valutate le prestazioni, l'efficienza e la quantità di energia che produrrebbero alcuni dispositivi di

conversione nel caso venissero installati in alcuni punti della costa italiana.

Risultati

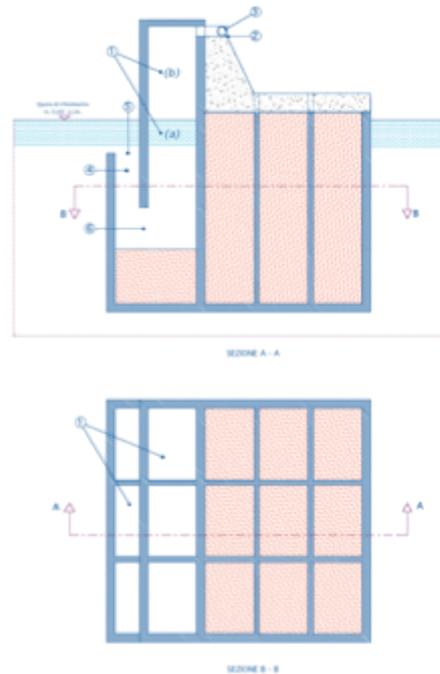
La stima del potenziale energetico associato al moto ondoso è stata realizzata attraverso l'implementazione di una serie di modelli numerici capaci di stabilire con sufficiente precisione il potenziale a pochi metri di distanza dalla costa. La tecnica modellistica utilizzata è stata quella del 'dynamical downscaling' che consiste nell'eseguire una sequenza di simulazioni via via sempre più definite nello spazio e nel tempo. I modelli utilizzati in cascata sono stati nell'ordine: il WAM (WAve Model) implementato per l'intero bacino del Mediterraneo ad una risoluzione di 7 km, lo SWAN (Simulating WAves Nearshore), che a differenza di WAM include algoritmi per la rappresentazione dei fenomeni specifici delle acque basse, implementato ad una risoluzione di 800 m, e il MIKE21 ad una risoluzione di poche decine di metri. A differenza di WAM, gli altri due modelli sono stati implementati solo per le aree di maggiore interesse della costa Italiana (Sardegna occidentale e canale di Sicilia).



Potenziale energetico associato al moto ondoso su scala climatologica di 10 anni per la costa occidentale della Sardegna

Nel corso del progetto sono state valutate le prestazioni di due convertitori di energia ondosa sviluppati di recente in Italia: REWEC3 e ISWEC.

REWEC3 (REsonant Wave Energy Converter) è stato sviluppato presso l'Università Mediterranea di Reggio Calabria. È fondamentalmente un cassone portuale tradizionale, opportunamente modificato per trasformare l'energia delle onde che impattano contro di esso in energia elettrica.



Schema costruttivo di un cassone REWEC3 a celle indipendenti

La prima fase di attività è stata dedicata allo studio del dimensionamento del cassone per una ipotetica installazione nei siti di Porto Pischera in Sardegna, Pantelleria e Genova. Per ognuno di questi siti è stato valutato il periodo proprio di oscillazione dell'impianto, le sue condizioni di risonanza, e l'idrodinamica del moto dell'acqua e dell'aria all'interno dell'impianto in configurazione a celle indipendenti. I dati relativi agli eventi estremi di moto ondoso che caratterizzano i tre siti prescelti sono stati successivamente utilizzati per valutare le dimensioni necessarie a garantire la necessaria stabilità globale ai cassoni REWEC3. In particolare per tutte e tre le località oggetto di studio è stata considerata una configurazione standard della porzione attiva della struttura, avente larghezza del condotto verticale di 2 m, larghezza della camera di assorbimento di 4 m, altezza della luce di collegamento condotto verticale-camera di assorbimento di 3 m, affondamento della quota superiore del condotto verticale di 2 m.

Per tutte e tre le località è risultato che la struttura considerata è, in definitiva, ben verificata a stabilità globale. Sempre per i tre siti considerati è stata poi stimata la produzione elettrica nel caso in cui il REWEC3 sia dotato di una turbina monoplana di tipo Wells di 1,5 m di diametro e velocità angolare 3.000 giri/minuto. I risultati hanno evidenziato che il sito di Porto Pischera e quello di Pantelleria garantiscono una sufficiente produzione di energia (210 e 149 kWh/anno/turbina, rispettivamente); Genova, al contrario, fornisce valori di produzione più bassi (41 kWh/anno/turbina).

Il secondo sistema di conversione analizzato è stato ISWEC (Inertial Sea Wave Energy Converter), il cui prototipo è stato realizzato dal Politecnico di Torino. Il suo principio di funzionamento è basato sull'utilizzo di un sistema giroscopico installato su uno scafo galleggiante in grado di oscillare su un grado di libertà rispetto allo scafo. Lo scafo è caratterizzato da una forma che garantisce l'auto-allineamento con la direzione di incidenza delle onde. In questo modo il moto ondoso incidente induce sullo scafo un movimento prevalentemente di beccheggio. All'interno dello scafo è alloggiato il convertitore giroscopico che è soggetto al moto di beccheggio. Il moto del galleggiante perturba lo stato di moto del giroscopio che reagendo con un moto relativo di precessione aziona l'albero di un generatore elettrico che produce energia elettrica. Rispetto ad altri dispositivi di conversione ISWEC presenta un maggiore campo di funzionamento grazie alla sua possibilità di essere "sintonizzato" sulle diverse lunghezze d'onda. La regolazione di ISWEC avviene per mezzo di tre parametri di controllo: lo smorzamento torsionale e la rigidità torsionale imposti all'albero del generatore e la velocità di rotazione del giroscopio.



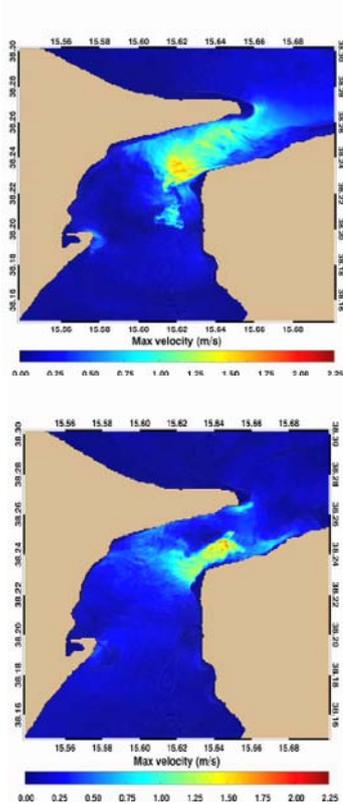
Dispositivo di conversione del moto ondoso ISWEC

In questo progetto sono stati individuati i parametri di controllo che per ogni stato di mare massimizzano la quantità di energia prodotta. Definita quindi la potenza associata al moto ondoso attraverso i modelli numerici precedentemente descritti è stato possibile stimare la produttività annuale di ISWEC. In particolare è stata calcolata l'energia che un sistema ISWEC della potenza nominale di 60 kW produrrebbe se fosse installato a pochi metri di distanza dal porto di Pantelleria. I risultati hanno mostrato che ISWEC produrrebbe una potenza media annuale di 31,5 kW corrispondenti ad un'energia annua prodotta di 276,3 MWh.

Nel progetto è stato inoltre stimato il potenziale associato alle correnti di marea nello stretto di Messina attraverso due modalità differenti: l'analisi dei dati forniti da un modello numerico sviluppato appositamente e le tavole di marea relative all'anno 2004 (fonte: Istituto Idrografico della Marina). Al fine di ottenere la migliore rappresentazione possibile delle maree nello stretto di Messina è stato sviluppato un modello tridimensionale non-idrostatico dello Stretto forzato dalle principali componenti armoniche di marea. Il modello utilizzato è stato il MITgcm implementato ad una risoluzione orizzontale di circa 50 m. Per descrivere nel modo più accurato possibile la dinamica verticale delle correnti di marea sono stati utilizzati 72 livelli verticali che garantiscono una risoluzione verticale di pochi metri in superficie e poche decine di metri alla profondità di 500 metri. Dall'analisi combinata delle correnti di marea ottenute attraverso la simulazione e dalle tavole di marea è stato possibile descrivere in maniera particolareggiata la struttura delle correnti di marea nello Stretto di Messina.

Successivamente è stata valutata l'energia che si riuscirebbe a produrre dalla conversione delle correnti di marea presenti nello stretto di Messina da parte dei seguenti dispositivi: Sistema MCT SeaGen; Sistema KOBOLD; Sistema GEM; Sistema Fri-El; Sistema Verdant Power.

Allo scopo di effettuare stime confrontabili e di avere ingombri paragonabili dei diversi sistemi, si è assunto che le singole unità installate avessero tutte la stessa potenza massima pari a circa 1 MW.



Campo di velocità a 5 metri simulato dal MITgcm durante due istanti di tempo del ciclo di marea nello Stretto di Messina

Le dimensioni delle strutture sono state in prima approssimazione scalate proporzionalmente ai diametri delle turbine. Si è proceduto quindi ad un confronto tra i diversi sistemi di conversione considerati.

In particolare, si è valutato, per le diverse tecnologie considerate, gli aspetti relativi alla efficienza del sistema, alle difficoltà di installazione e all'impatto sull'ambiente marino.

Da tali analisi è risultato che uno dei sistemi di conversione più promettenti è il GEM. Il GEM è un dispositivo di conversione delle correnti marine progettato nell'ambito di un progetto di ricerca congiunto tra il Dipartimento di

Ingegneria Aerospaziale dell'Università di Napoli "Federico II" e il Parco Scientifico e Tecnologico del Molise. Il sistema GEM, denominato anche "aquilone del mare", consiste in una struttura galleggiante che supporta due turbine idrauliche, intubate in alcune configurazioni, per incrementare l'efficienza della conversione energetica.



Dispositivo di conversione delle correnti di marea GEM

La struttura è collegata attraverso un cavo di ormeggio ad un ancoraggio al fondo marino, costituito anche da un semplice corpo morto. Il sistema può orientarsi autonomamente nella direzione della corrente, consentendo l'utilizzo del sistema anche in regimi di correnti alternanti. Le dimensioni di GEM in configurazione da 1 MW sono le seguenti: diametro turbina: 15,7 m; larghezza massima: 52,3 m; lunghezza massima: 52 m.

Adottando tali dimensioni, una ipotetica unità del sistema GEM produrrebbe una potenza massima di 1000 kW alla velocità di 2,02 m/s. In base alle sue dimensioni sarebbe possibile installare nelle adiacenze di Punta Pezzo (il sito più energetico dello stretto) fino a 19 GEM della potenza di 1 MW ognuno ed estrarre annualmente circa 46.000 MWh.

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

Progetto 2.1.8: Studi e valutazioni sul potenziale energetico delle correnti marine

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

Novembre 2012

Documenti tecnici e aggiornamenti disponibili sul sito ENEA: www.enea.it