

Energie rinnovabili dal mare, una strategia percorribile?

Renata Archetti, DICAM, Università di Bologna

Abstract

Viene presentata la fattibilità di estrazione di energia dai nostri mari. In particolare da campi eolici offshore (*wind farm*) presso alcuni siti dei mari Italiani (Canale di Sicilia, Mar Adriatico) e da dispositivi per la estrazione dell' energia da onda.

La prima parte della relazione ha riguardato una revisione dei dispositivi (più o meno collaudati) per l'estrazione di energia da onda (WEC, Wave Energy Converter), da marea e da corrente.

Al termine della presentazione è stata discussa la fattibilità di un parco eolico offshore al largo di Mazara del Vallo e la convenienza nell'accoppiare al wind farm un convertitore di energia da onde.

Introduzione

I mari e gli oceani contengono una fonte inesauribile di energia rinnovabile attualmente poco sfruttata. In linea di principio è possibile convertire svariati tipi di energia presenti nel mare: quella del vento, delle correnti, delle onde, delle maree, e del gradiente termico tra superficie e fondo marino.

La tecnologia per lo sfruttamento del vento è tra tutte le energie rinnovabili la più sviluppata. Nata per realizzazioni su terraferma è stata successivamente esportata in mare, dove il vento può raggiungere intensità e frequenze ben superiori rispetto a quelle terrestri. Per impostare campi eolici offshore sono necessarie buone condizioni di vento (per velocità, durata, assenza di ostacoli naturali, etc.) e fondali non troppo profondi. In alcuni paesi del nord Europa la produzione di energia da campi eolici copre il 20 % del fabbisogno nazionale, e l'installazione dei generatori eolici è in continuo aumento. Come esempio sono elencati in Fig. 1A i maggiori parchi eolici europei con le relative potenze installate, mentre nella Fig. 1B sono riportati i corrispondenti *load factor*, che esprimono l'energia prodotta per potenza installata e che corrispondono al numero di ore annue equivalenti con funzionamento del generatore elettrico a piena potenza.

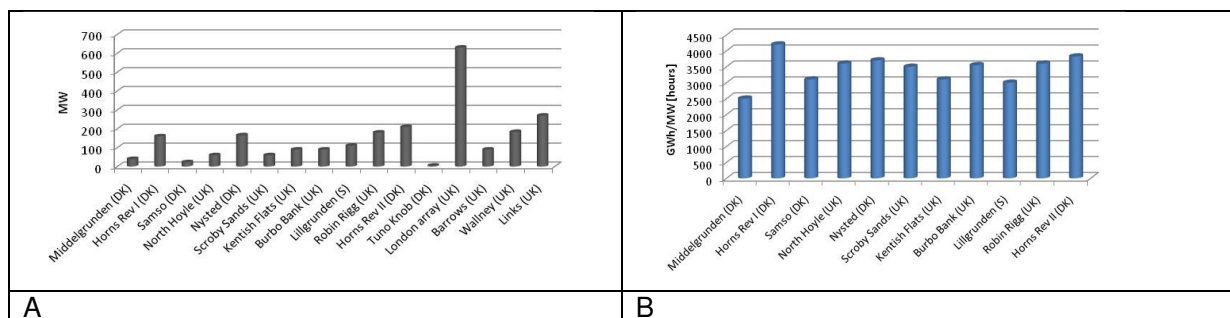


Fig. 1. Potenza ed ore equivalenti a piena potenza delle maggiori wind farm europee.

I risultati dell'esercizio dei primi impianti eolici offshore, che sono stati costruiti in Danimarca, Regno Unito, Irlanda e Svezia, sono incoraggianti ed inducono ad essere ottimisti sulla possibilità di utilizzare questa tecnologia su larga scala anche nel Mediterraneo, pur se vi sussistano alcune preoccupazioni per le procedure autorizzative ancora abbastanza farraginose con conseguenti lunghi tempi per passare dal progetto iniziale alla fase realizzativa vera e propria, per il mercato dei Certificati Verdi e per la determinazione del contributo sul kWh prodotto, per il finanziamento di grossi impianti data l'attuale situazione dell'economia, per l'affidabilità della rete elettrica nazionale circa la sua capacità ad assorbire le energie generate e sul loro adeguamento alle esigenze dei parchi eolici. Non sono problemi, né esclusivi, né tipici dell'eolica offshore, sono purtroppo largamente comuni a molte iniziative industriali del campo energetico. La posizione dei campi offshore europei è mostrata in figura 2.



Fig. 2. Wind Farm in Europa (Fonte European Wind Energy Association, EWEA).

In Italia non si sono ancora avute concessioni per campi eolici offshore. Sono stati presentati vari progetti di fattibilità, come quelli al largo di Termoli e di Gela (Foti et al., 2010). Sono tutti sistemati su fondali di media profondità e sono necessariamente ubicati in vicinanza della costa. Soltanto uno di quelli fissati su fondale è prossimo alla accettazione ambientale da parte ministeriale, mentre un altro è localizzato in alto mare. E' previsto per esser ancorato al largo di Tricase (Stretto di Otranto) e per esser equipaggiato con turbine eoliche rette da piattaforme semisommerse. Purtroppo, le reazioni delle amministrazioni locali non sono state benevole rispetto alle proposte di impianti a mare. L'opposizione da parte dell'opinione pubblica, che non è mai stata adeguatamente informata nemmeno sulle possibili mitigazioni e sui conseguenti ritorni, è condizionata dalla presenza di turbine eoliche, la cui visibilità è ancora ritenuta invasiva, anche se le unità sono poste in mare ad alcune miglia dalla costa.

Lo sfruttamento della energia da onde, (ogni metro di fronte ondosu può sviluppare fino a 60 kW al largo e 20 kW sottocosta) contrariamente alle tecnologie per wind farm, non ha ancora raggiunto una fase di sfruttamento commerciale. La ricerca e lo sviluppo di tecnologie per convertire il moto delle onde del mare in energia elettrica, nonostante i problemi, non smette di solleticare la fantasia degli ingegneri. Vengono qui presentati brevemente i dispositivi ed una preliminare fattibilità.

Energia dal mare

Esistono diversi dispositivi che si basano su svariati principi (colonna d'acqua oscillante, OSW, principi idrostatici AWS e altri, Broke, 2003, de O. Falcão, 2010).

Tra i dispositivi che si basano sul principio dell'*Hydraulic motion attenuator*, quello che ha riscosso maggiore successo, si chiama *Pelamis Wave Energy Converter*. Si tratta di lunghi "serpenti" di metallo galleggianti composti da segmenti rigidi, legati tra loro tramite giunti mobili. I Pelamis, posti più o meno perpendicolarmente rispetto alla costa oscillano sulle onde, e grazie agli snodi collegati a dei generatori, al passaggio di ogni onda producono corrente elettrica. Ogni "serpente" produce ben 750 kWatt. Alcuni prototipi sono stati installati nel mare del nord e al largo delle coste degli Stati Uniti, e il primo *wave farm* nell'Oceano Atlantico al largo del Portogallo (Pelamis, 2008, Carcas M., 2007).

Altri sistemi che prevedono galleggianti per l'utilizzo di energia dalle onde sono descritti nei seguenti siti: www.owec.com, www.technologystudent.com, www.biopowersystems.com, www.finavera.com, www.aquamarinepower.com, www.sde.co.il, www.hidroflot.com

Sistemi con impianti sommersi

Anche il *principio di Archimede* si presta allo sfruttamento del moto ondoso, sono più di uno i sistemi che si basano sui principi idrostatici, tra i quali l'AWS (Archimedes Wave Swing). Questo sistema consiste in una struttura ancorata al fondo marino nella quale una camera d'aria è compressa al momento del passaggio dell'onda sopra il sistema e risale quando l'onda è passata. Nell'apparato commerciale si dovrebbe avere una potenza di 2 MW, con una struttura (completamente sommersa) alta 30 metri e 10 metri di diametro, la massima efficienza si prevede con onde con un'altezza di 5 metri.

A marzo 2004 l'americana Ocean Power Technologies, che sta mettendo a punto un sistema simile, ha annunciato la realizzazione di un impianto pilota al largo delle coste Spagnole, a differenza del sistema AWS quello della OPT prevede un elemento affiorante. Il costo del kWh per questa tecnologia è stimato in 3-4 centesimi per un impianto di 100 MW. Altri sistemi a boa sono descritti in www.fujitaresearch.com, www.wavebob.com.

Altri sistemi si basano sul principio della traccimazione dell'onda (overtopping) e possono essere installati sia a riva che in acque profonde. Il dispositivo in fase di maggiore sviluppo è il danese *wavedragon*.

L'estrazione di energie da correnti e da gradiente termico resta anch'essa nella fase di ricerca e sviluppo.

Analisi di fattibilità di Wind farm nei mari italiani

Scelta del sito

Per la realizzazione di campi eolici si necessita la compresenza di favorevoli condizioni, sia dei regimi anemologici, sia della profondità del fondale (con le tecnologie delle fondazioni fisse non è economicamente opportuno realizzare impianti a profondità superiori a 40/50 m). La scelta del sito idoneo per la realizzazione di una wind farm si è basata sui seguenti vincoli, la distanza, sufficiente per essere "*out of sight*", cioè alla distanza minima di 40 km dalla costa, e la profondità del fondale, che sia dell'ordine dei 40 m. Le condizioni sono riassunte nella Fig. 3. E' evidente come il Mare Adriatico sarebbe idoneo per la realizzazione di wind farms con esclusione del Mar Ligure e del Mar Tirreno. Si potrebbero ancora aggiungere alcuni siti nel canale di Sicilia. La loro individuazione va poi corroborata con le condizioni di vento. Dalla combinazione di questi fattori si potrebbero considerare tre siti, il primo al largo di Mazara del Vallo (52 30'-53 N // 6 -5 30' W) e due altri nel Mare Adriatico (45 00' - 45 30' N // 12 30' - 13 00' E , 41 30' - 42 00' N // 17 30' - 18 00' E). In

seguito a questa indicazione è stato analizzato il regime anemologico e quello ondoso per un eventuale accoppiamento con i convertitori di energia da onda (WEC).

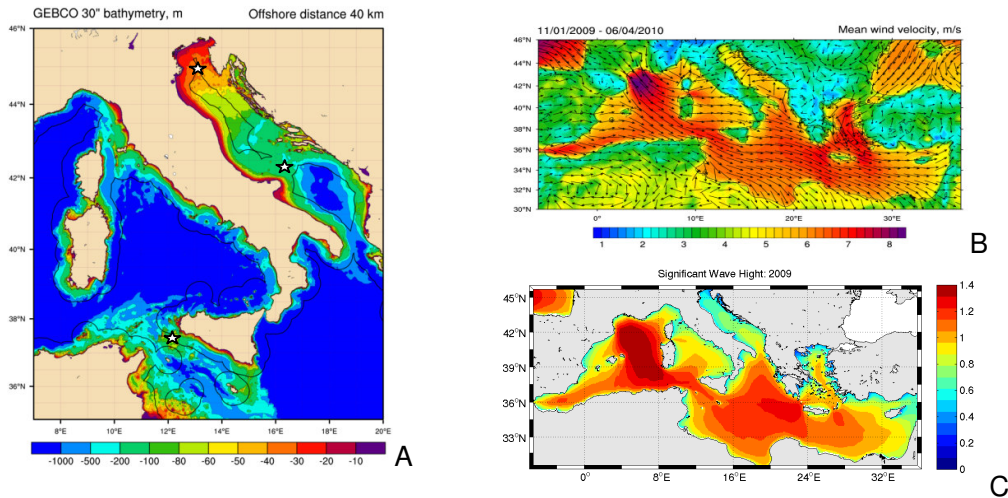


Fig. 3. A) Batimetria dei mari Italiani, la linea continua mostra la distanza di 40 km dalla costa (out of sight), Le stelle i siti analizzati nell'articolo. B) Mappa della velocità media del vento sul Mare Mediterraneo. C) Mappa dell'altezza d'onda significativa. (Da Archetti et al., 2010).

La stima delle potenze ottenibili presso i siti scelti è stata condotta nei seguenti passaggi:

- Acquisizione dei dati di venti presso i tre siti;
- Trasferimento delle condizioni dalla quota di 10m slm alla quota del previsto rotore della turbina eolica (90m – 110m);
- Statistica delle durate del vento;
- Stima della potenza annuale attesa mediante l'utilizzo di aerogeneratori da 5 MW;
- Stima del *load factor* (numero di ore annue in cui il generatore lavora a piena potenza).

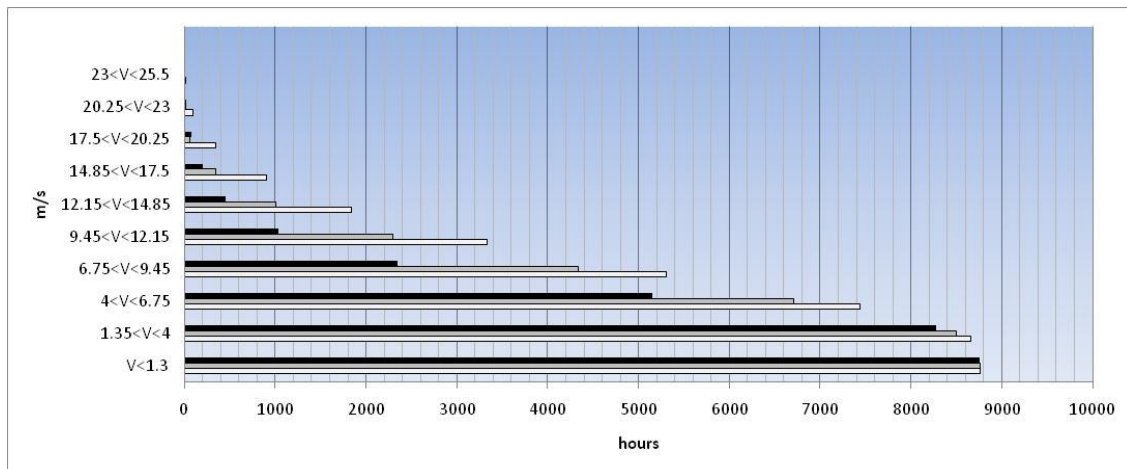


Fig. 4. Statistica delle durate per classi di intensità di vento presso l'Adriatico Settentrionale (■), l'Adriatico Meridionale (▒) e il Canale di Sicilia (□).

Nella Fig. 4 sono mostrate le statistiche di durata espresse in ore per classi di intensità di vento nelle tre località. La zona geografica, che appare più "produttiva", come era logico attendersi, è il canale di Sicilia. La stima di potenza ottenibile per MW installato è precisata nella Tab. 1. Vi è

elencata anche la percentuale di operatività, in cui si considerano le perdite medie attese. Il valore del load factor per il sito siciliano è elevato e paragonabile con quello ottenuto in alcuni impianti realizzati nei mari del Nord Europa (Fig.1).

Tab. 1. Risultati della produzione attesa nelle tre zone considerate

Siti	Load (MWh/MW)	factor	%
Adriatico settentrionale	1.650		15
Adriatico meridionale	2.900		26
Mazara del Vallo	3.980		37

Dimensionamento del campo eolico offshore

Per il solo sito siciliano è stato eseguito un dimensionamento preliminare per analisi di fattibilità di un parco eolico a mare. Si è ipotizzato di installare 60 aereogeneratori della potenza di 5 MW ciascuno per un totale di 300 MW e di fissarli su fondali con profondità variabile da 30 a 50 m al largo di Mazara del Vallo. Gli aereogeneratori scelti hanno una altezza della torre di 90 m per una quota massima della punta della pala di 153 m ed un raggio del rotore di 61.5 m. Ammettendo una configurazione rettangolare a passo triangolare di suddetto campo, la distanza tra le turbine è stata assunta a seconda della direzione in 850 m e in 650 m rispettivamente per i due assi principali, che sono tra loro ortogonali. La produzione annua di energia elettrica potrebbe superare il migliaio di GWh.

Alcune indagini sono state eseguite per stimare il vantaggio di accoppiare alla wind farm i convertitori di energia da onda (WEC). L'accoppiamento delle due tecnologie permette di ottimizzare l'uso di infrastrutture comuni (quali cavi sottomarini, trasformatori e altro) e di ottenere mediante i WEC energia quando gli aereogeneratori non producono (per troppo vento o per poco vento, Stoutenburg et al., 2010). La convenienza di utilizzare una produzione di energia da forme diverse va, quindi, analizzata in dettaglio, basandola sulla correlazione di dati d'onda e di vento, e da una particolareggiata indagine dei costi. Dalle prime valutazioni, eseguite analizzando i dati d'onda misurati per 22 anni dalla boa ondometrica della RON (Rete Ondometrica Nazionale) installata al largo di Mazara (Archetti et al., 2011), emerge che mediante un WEC tipo *point absorber* (aquabuoy, potenza max 240 KW) e seguendo una procedura analoga a quella utilizzata per gli aerogeneratori, sarebbe possibile ottenere una produzione annua di 80 MWh, con un load factor pari a solo 3.8 %.

Considerazioni conclusive

La energia rinnovabile nel mare Mediterraneo sembra essere promettente, soprattutto per l'eolico. La zona di mare vicino alla costa potrebbe essere presto occupata dalle attività offshore già programmate nell'ultimo decennio. Poiché l'impatto ambientale è alto, come si è osservato in precedenza, sarà necessario spostarsi 'out of sight', cioè verso l'alto mare ove le profondità potranno essere maggiori di 30 metri. Fondamentali per la scelta della tecnologia e per il dimensionamento del sito idoneo alla realizzazione di una centrale di produzione elettrica da mare sono le informazioni relative alle condizioni geologiche e geofisiche del sito e alle condizioni meteo climatiche dei nostri mari. Per quanto riguarda altre tecnologie più nuove WEC, da indagini preliminari (Archetti et al., 2011), è emerso che i dispositivi esistenti sono sovradimensionati per le nostre condizioni. Il clima ondosso a nord ovest della Sardegna presenta condizioni che potrebbero essere sfruttate per la produzione di energia da onde.

Bibliografia

Archetti R., Bozzi S. and Passoni G., Feasibility study of a wave energy farm in the Tirrenian sea: comparison among different technologies. Proc. OMAE 2011.

Archetti R., N. Pinardi, A. Lamberti, F. Cesari, G. Passoni e D. Pettenuzzo Quale e quanta energia disponibile nei nostri mari? Atti II Convegno Nazionale di Oceanografia Operativa. Cesenatico, Maggio 2010.

Brooke J. 2003. Wave Energy conversion. Elsevier Ocean Engineering Book Series, pp.188.

Foti E., Musumeci R. E., Leanza S., Cavallaro L., 2010, Feasibility of an Offshore Wind Farm in the Gulf of Gela: Marine and Structural Issues. 2010. *Wind Engineering. Multi Science Publishing*. 34 (1)

de O. Falcão A. F. 2010, Wave energy utilization: A review of the technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 14, (3), April 2010, Pages 899-918.

Stoutenburg E. D., N. Jenkins., M. Z. Jacobson, 2010. Power output variations of co-located offshore wind turbines and wave energy converters in California. *Renewable Energy*. 35 2781-2791.

Stoutenburg E. D., Jacobson M. Z., 2009. Quantifying the benefits of combining offshore wind and wave energy. San Francisco: American Geophysical Union Fall Meeting; December 14-18, 2009.

Pelamis. Ocean energy, <<http://www.pelamiswave.com/>>; 2008.

Carcas M., The Pelamis wave energy converter. 2007. Ocean Power Delivery Ltd., <http://hydropower.inl.gov/hydrokinetic_wave/pdfs/day1/09_heavesurge_wave_devices.pdf>;.