Colonne d'acqua oscillanti come risorsa energetica costiera

di Esmeralda Tuccimei

Nel panorama delle fonti rinnovabili attualmente esistenti hanno avuto notevole impulso, soprattutto nell'ultimo decennio, le tecnologie di produzione dell'energia dal moto ondoso. Tra le principali tecnologie esistenti in merito, quella delle Colonne d'Acque Oscillanti (OWC, Oscillating Water Columns) è ben avanzata e ricerche di vario tipo sono in atto anche nel nostro Paese, tuttavia, le particolari condizioni del Mare Mediterraneo, ed altri fattori, pongono vincoli d'impiego che richiedono ulteriori ricerche e sperimentazioni.

Ad oggi, dopo lo sviluppo di sistemi che raccolgono energia dal sole e dal vento, è possibile recuperare energia anche dal movimento di grandi masse d'acqua, quali oceani, mari e grandi laghi. I mari, di cui il nostro pianeta dispone in gran quantità, rappresentano una fonte di energia pressochè inesauribile e presente sotto varie forme. Basti pensare alle maree, alle correnti marine, al gradiente termico o salino, nonché al semplice moto ondoso, oggetto quest'ultimo di molteplici studi.

E'solo a partire dagli anni '70 che l'attenzione mondiale viene posta su questa nuova risorsa energetica, cominciando ad investire in tale direzione, in seguito alla crisi energetica del 1973. Attualmente sono numerosi i progetti sperimentali di varia tipologia realizzati e in fase di realizzazione, sostenuti da molti stati europei e non, che, come è ovvio aspettarsi, hanno chilometri e chilometri di coste lungo distese d'acqua come gli oceani. Nella figura 1 sono elencati alcuni impianti sperimentali di produzione di energia elettrica dal moto ondoso in uso, distinti in base al principio di funzionamento: questi sono ulteriormente distinguibili in *on-shore*, *shore-line* e *off-shore*, a seconda che siano costruiti sulla terra ferma, lungo la costa o in mare aperto.

Tre sono le principali tecnologie esistenti per lo sfruttamento del moto ondoso: Oscillating Water Column (OWC), Oscillating Body e Overtopping. In questo articolo parleremo della generazione di energia mediante OWC.

Impianti OWC

Uno dei pionieri nel mondo dell'energia dal moto ondoso fu l'ex comandante navale giapponese Yoshio Masuda, che verso la metà degli anni '70 propose la costruzione in Giappone del primo impianto basato sulla tecnologia OWC, chiamato Kaimei. Questo primo esperimento non ebbe il successo sperato, probabilmente perché la conoscenza e modellazione del moto ondoso e la conseguente progettazione dei singoli componenti necessitavano maggior impiego di risorse e perfezionamenti, cioè era una tecnologia ancora prematura a quei tempi.

Il primo esempio di impianto OWC in scala reale realizzato in Europa è quello presente sull'isola di Pico, nelle Azzorre (Portogallo), visibile in figura 2, impianto *shore-line* dalla capacità produttiva di 400 kW. Il primo impianto realizzato e connesso alla rete elettrica nazionale è invece quello di Limpet, sito nell'isola di Islay, in Scozia, di potenza di circa 500 kW. Un altro progetto, in fase di realizzazione in Spagna (presso Mutriku), si chiama Nereida, nel quale sono previste 16 OWC in parallelo, perfettamente integrate in un frangiflutti della lunghezza di 100 metri, e per una potenza complessiva di circa 300 kW. La particolare novità di detto impianto è proprio il ridotto impatto ambientale ottenuto 'mimetizzando' l'impianto in una struttura già esistente.

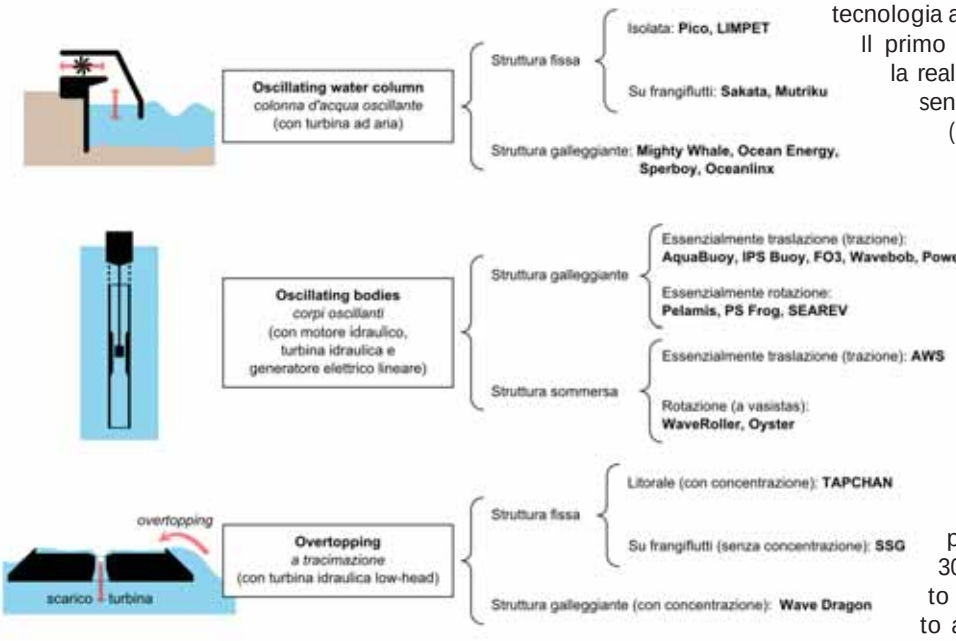

Figura 1 - Panoramica dei diversi sistemi di produzione di energia dal moto ondoso.

Figura 2 - Vista posteriore dell'impianto di Pico delle Azzorre (cortesia Wave Energy Centre).

Funzionamento di un impianto OWC

In figura 3 è rappresentato uno schema di funzionamento, peraltro assai semplice ed intuitivo, di un generico impianto OWC. Il movimento oscillatorio dell'acqua dovuto al moto ondoso comprime (nella fase di espirazione) ed aspira (nella fase di inspirazione) l'aria presente in una camera, opportunamente progettata, attraverso un condotto in cui è presente una turbina. Il moto oscillatorio dell'aria, provoca la rotazione della turbina che, opportunamente scelta, fornisce potenza ad un generatore elettrico. Un simile impianto è pertanto costituito da due parti fondamentali, la camera pneumatica e la turbina.

La progettazione delle due parti, che apparentemente possono considerarsi come due entità separate, è strettamente dipendente l'una dall'altra. Infatti dalle dimensioni della camera dipende la quantità di aria presente nella camera stessa e a disposizione dell'impianto.

In base alle portate d'aria realizzate nella camera viene derivato poi il corretto dimensionamento della turbina.

Poiché la direzione del flusso d'aria e la sua velocità cambiano in maniera oscillatoria è necessario utilizzare una turbina che mantenga lo stesso verso di rotazione, nonostante il flusso d'aria che l'attraversa inverta il moto in maniera periodica. E' il caso sia della turbina Wells che della turbina ad impulsi, anche se quest'ultima è meno impiegata, in quanto finora la semplicità costruttiva della Wells ha prevalso.

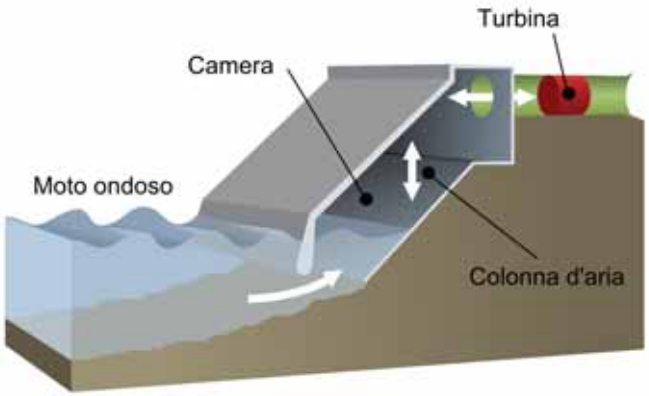

Figura 3 - Schema funzionale di un impianto OWC.

La turbina

La configurazione di base della turbina Wells, inventata negli anni '70 dal professore della Queen's University of Belfast di cui porta il nome, consente di mantenere lo stesso verso di rotazione, pur variando la "direzione" del flusso d'aria durante le fasi di inspirazione ed espirazione, grazie alla simmetria del profilo aerodinamico utilizzato per le palette e alla disposizione di queste a 90 gradi rispetto alla direzione del flusso (in figura 4 è mostrato un esempio di turbina Wells). Negli anni sono state studiate, e in alcuni casi anche applicate, configurazioni differenti, volte ad ottimizzare e migliorare le prestazioni della configurazione di base. A tal proposito basti pensare alla possibilità di avere più schiere coassiali di palette, co-rotanti o contro-rotanti; oppure ad un calettamento differente dai 90 gradi o addirittura all'introduzione di schiere statoriche (cioè palette fisse) in ingresso e/o in uscita dalla turbina.

Ovviamente ogni elemento introdotto, o variante apportata, comporta il miglioramento di alcune caratteristiche, ma anche il peggioramento di altre; la configurazione finale sarà il risultato di un compromesso tra le diverse caratteristiche progettuali dettate dalle esigenze specifiche richieste per il determinato impianto.

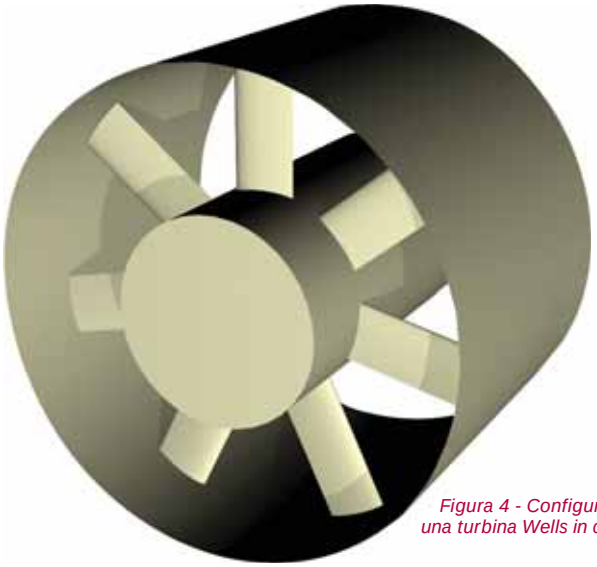

Figura 4 - Configurazione di una turbina Wells in condotto.

I vantaggi, rispetto ad una turbina ad impulsi, che incentivano l'utilizzo della Wells sono essenzialmente i seguenti:

- alta velocità di rotazione, che consente di utilizzare generatori più economici;
- efficienze abbastanza buone, dell'ordine del 70-80%;
- basso costo di realizzazione.

Gli svantaggi, ai quali si cerca di ovviare mediante l'adozione di opportuni accorgimenti, invece possono essere:

- i bassi valori di coppia, se non addirittura negativa, alle basse portate d'aria;
- le perdite di pressione, soprattutto se le velocità del flusso eccedono i valori critici di stallo della turbina;
- la necessità di dimensioni geometriche grandi per ottenere grandi potenze;
- il rumore, la turbina Wells, anche a causa delle sue elevate velocità di rotazione, risulta essere molto rumorosa. Ciò rappresenta un notevole svantaggio soprattutto nei casi in cui si voglia integrare un sistema OWC in strutture civili come i frangiflutti.

Presso il Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Aerospaziale (DIMA) dell'Università Sapienza di Roma un gruppo di ricercatori, coordinato dal prof. Rispoli e dal prof. Corsini, e di cui fa parte l'autrice, si occupa dello studio della turbina Wells per applicazioni OWC e dello sviluppo di nuove configurazioni, volte ad ovviare alle problematiche sopra citate e ad ottimizzare le prestazioni della macchina stessa in applicazioni tipiche per il Mar Mediterraneo.

La camera pneumatica

Pur sembrando banale, il progetto della camera è di fondamentale importanza, in quanto si deve tener presente che in questa avviene il trasferimento pneumatico di pressione dall'acqua all'aria, che, in un siffatto impianto, rappresenta il vettore energetico: studiare la geometria e le dimensioni della camera ha lo scopo di massimizzare tale trasferimento di potenza.
Al riguardo si possono citare gli studi, ed il brevetto, del prof. Boccotti dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria, che prevedono un cassone, chiamato REWEC (REsonant Wave Energy Converter) o U-OWC (Oscillating Water Column with U duct), avente una geometria come quella mostrata in figura 5. La pressione trasmessa dal moto ondoso all'aria viene ottimizzata così da ottenere massima l'energia disponibile alla turbina: in tal modo l'efficienza risultante sarà maggiore rispetto all'impiego di una camera convenzionale.

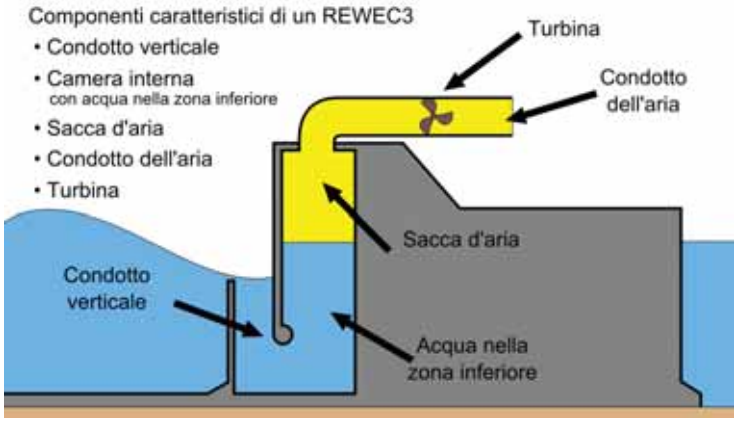

Figura 5 - Configurazione prevista per l'impianto sperimentale OWC (Poseidone) in costruzione in Calabria e basato sullo schema REWEC della camera pneumatica.

Altre considerazioni

Se da una parte un impianto OWC presenta estrema semplicità costruttiva, è relativamente economico, e consente una facile manutenzione in fase operativa, tutte cose peraltro che lo favoriscono rispetto ad altre tipologie di impianti mare-motore, dall'altra tale impianto è soggetto comunque a problematiche che necessitano di attenzione, alcune delle quali tipicamente dovute all'ambiente in cui viene installato. Per esempio, la presenza dell'aria e acqua marina comportano una rapida corrosione dei materiali impiegati, la cui scelta si rende a questo punto necessariamente accurata. Altro immediato effetto è la crescita marina (*fouling*) di elementi organici su parti dell'impianto, che in alcuni casi potrebbero compromettere il normale funzionamento di quest'ultimo.
Si tenga inoltre presente che ci sono delle parti rotanti, le quali possono essere soggette facilmente a problemi di fatica e usura.
Problema di carattere più generale, che si ha ogni qualvolta si parla di impianti a fonti rinnovabili, è l'impatto ambientale che questo può avere sull'ecosistema: nello specifico la turbina Wells, soprattutto ad alti regimi di rotazione, risulta essere piuttosto rumorosa e, soprattutto in quei casi in cui l'impianto OWC è integrato in frangiflutti (vedi Mutriku), necessita l'adozione di opportuni sistemi di protezione acustica, attivi e passivi.
La quantità di energia a disposizione che, come è facile immaginare, è strettamente legata al sito scelto per l'installazione dell'impianto, può rappresentare in taluni casi un problema per la progettazione di un impianto OWC, caratterizzandone spesso anche le dimensioni stesse dell'impianto. Nel caso dell'Italia, che per quasi tutta la lunghezza dei suoi confini avrebbe dei potenziali siti di installazione, si ha una bassa energia delle onde: la media annua è stimata intorno ai 5 kW per metro di fronte d'onda e ciò, se comparato con le onde presenti nelle regioni atlantiche che hanno valori pari a circa 70 kW/m, rende necessaria l'adozione di tecniche e geometrie differenti per poter sfruttare al massimo la poca potenza disponibile.
Tipicamente per prevedere la produttività di un convertitore di energia da onda è necessaria la conoscenza delle caratteristiche meteo-climatiche del luogo stesso: al momento l'unica fonte di dati ondametrici in Italia è costituita dalla Rete Ondametrica Nazionale, attiva dal 1989, che dispone di 15 boe disposte a largo dei nostri litorali.
Ogni boa è collocata in acque alte e da queste si possono ricavare informazioni in merito all'altezza dell'onda, al periodo d'onda e alla direzione di provenienza. Tali dati sono pubblici e consultabili in tempo reale sul sito riportato nei riferimenti. Da questi dati è possibile stimare la potenza fornita dal moto ondoso in ogni singola località: il mar Adriatico è quello che presenta un'energia ondosa media più piccola, pari circa a 2 kW/m; poi seguono il mar Ionio, il nord e medio Tirreno con un valore medio di circa 3 kW/m; il sud Tirreno con un valore di circa 4 kW/m. L'unica eccezione riscontrata riguarda la zona al largo di Alghero, che ha una potenza media annua stimata di circa 13.1 kW/m.

Sviluppi futuri

Attualmente è in fase di realizzazione il primo esempio di impianto pilota con tecnologia OWC in Italia ((Si veda in proposito l'articolo pubblicato a pag. XX di questo stesso numero), che verrà posizionato presso il laboratorio 'open ocean' dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria, nelle acque dello stretto di Messina. Il progetto, dal nome evocativo Poseidone, prevede una diga con cassone U-OWC ed una turbina ad aria di nuova concezione ottimizzata per la produzione di energia elettrica da onde nei climi meteo-marini propri del Mar Mediterraneo con una potenza di circa 2 kW. Obiettivo della ricerca, sarà lo sviluppo di una tecnologia dedicata e capace di superare alcuni dei limiti operativi propri delle soluzioni allo stato dell'arte (controllo dello stallo e del rumore). L'installazione prototipale consentirà di effettuare tutta una serie di campagne di prova al variare delle condizioni meteo-marine e delle configurazioni di impianto, per effettuare l'analisi del comportamento di detto impianto e della sua integrazione con una rete di potenza.
Tali dati così ottenuti, sono realistici e assolutamente attendibili poiché l'impianto, seppur in scala ridotta, è direttamente posto in mare, cioè si troverà a lavorare in condizioni reali, tipiche del Mar Mediterraneo, ben diverse, come logico che sia, da quelle di laboratorio.
Il progetto, della durata di 36 mesi, ed avviato ad Ottobre 2011, è finanziato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, e prevede la cooperazione tra l'Università Sapienza di Roma, che si occupa principalmente della progettazione aerodinamica della turbina Wells, e che avrà così la possibilità di sperimentare nuove configurazioni studiate ad hoc per le condizioni tipiche del Mar Mediterraneo, il dipartimento di Meccanica e Materiali dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria, che invece si occupa della progettazione della camera. Per quanto riguarda invece i partner industriali del progetto la Faggiolati Pumps S.p.A. si occuperà della progettazione elettro-meccanica del gruppo turbo-alternatore e lavorerà in vista della produzione di serie di turbine mare-motrici, mentre la WavEnergy S.r.L. si occuperà della realizzazione e messa in opera della cassone REWEC.

Tale progetto rappresenta inoltre un esempio di cooperazione tra ambienti accademici ed industriali che, mettendo a disposizione l'esperienza maturata nel settore della ricerca e quella del comparto industriale italiano, potrebbero spianare la strada ad una futura diffusione su larga scala di questa sconosciuta, ma promettente, tecnologia.

Ringraziamenti

L'autrice coglie l'occasione per ringraziare non solo il corpo docente, ma i collaboratori, ingegneri, dottorandi e ricercatori, con cui quotidianamente lavora, nonché i partner del progetto Poseidone (Università Sapienza di Roma, Università Mediterranea di Reggio Calabria, Faggiolati Pumps e WavEnergy) e il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, che ha permesso l'avvio del progetto.

Parole chiave

OWC, Turbina Wells, Rewec, Moto ondoso, Energie rinnovabili.

Autore

Esmeralda Tuccimei
esmeralda.tuccimei@gmail.com

Abstract

Oscillating Water Columns as coastal energy source.
In the wide range of existing renewable energy sources, the last decade witnessed the great boost given to wave energy production technologies. Among them, the technology of Oscillating Water Columns is well advanced and different types of research are underway also in Italy. The specific conditions of the Mediterranean Sea and other factors, however, impose utilization constraints that require further research and testing.

Riferimenti

Impianto di Pico delle Azzorre: http://www.pico-owc.net/
Dipartimento di ingegneria Meccanica e Aerospaziale dell'Università "Sapienza" di Roma: http://www.dima.uniroma1.it/dima/
Università Sapienza di Roma: http://www.uniroma1.it/
Dipartimento di Meccanica e Materiali dell'Univ. Mediterranea di Reggio Calabria: http://www.unirc.it/ateneo/dett_amministrazione.php?Cod_struttura=616
Rete Ondametrica Nazionale: http://www.telemisura.it/
Faggiolati Pumps: http://www.faggiolatipumps.it/
WavEnergy: http://www.wavenergy.it/it