

## **Fonti rinnovabili - energia del moto ondoso**

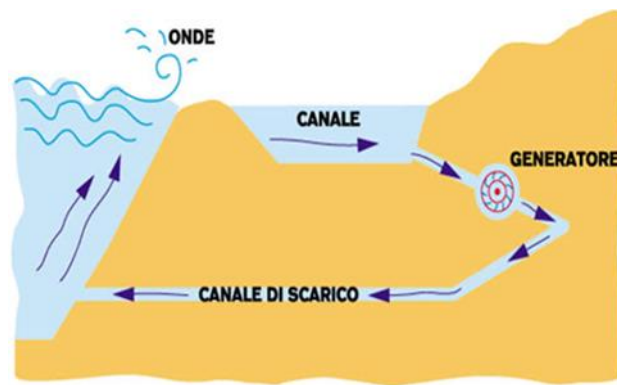
Nel mondo odierno la crisi climatica è un problema di prim'ordine, e alla base di esso si trova il massiccio utilizzo di combustibili fossili partito con la rivoluzione industriale e che continua tutt'ora. Eliminare questo consumo sarebbe l'ideale per proteggere l'ambiente – e anche la nostra futura sopravvivenza – ma esso è la principale fonte di energia sfruttata dalla nostra società, e abbandonarla repentinamente comporterebbe gravi danni all'economia mondiale e ai nostri stili di vita. L'unica soluzione è una progressiva, seppur rapida, conversione a fonti di energia rinnovabili che, come dice il nome, non si esauriranno e soprattutto inquineranno in quantità molto minore se non nulla.

Queste fonti di energia sono molteplici, e attingono da sorgenti molto diverse fra loro, come d'altronde sono diverse le tecnologie necessarie al loro sfruttamento. In questo lavoro prenderemo in considerazione le tecnologie che sfruttano il moto ondoso per ricavare energia, dividendole per principi di funzionamento, e valutandone pro e contro.

I sistemi analizzati sono in ordine i seguenti:

- Salto idrico
- Generatore a colonna d'acqua oscillante
- Sistemi ad ondata
- Sistemi basati sull'ampiezza dell'onda
- Sistemi basati sul principio di Archimede
- Generatore Pelamis

## IL SALTO IDRICO:



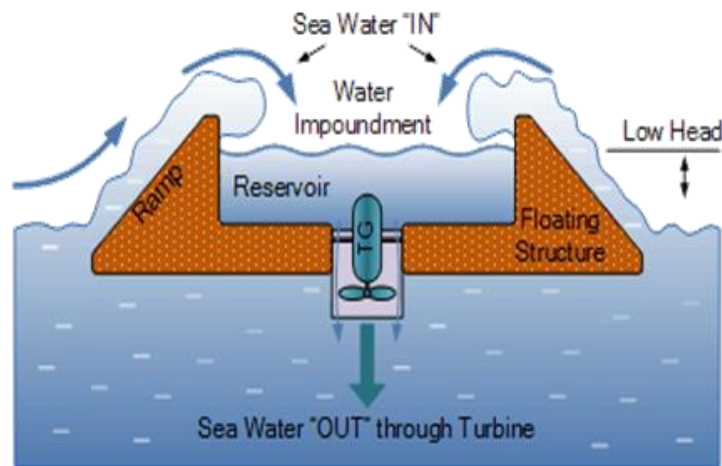
Il salto idrico è solo una delle tipologie di impianti che sfruttano il cosiddetto moto ondosso. Ma come funziona? Il meccanismo è abbastanza semplice.

Attraverso il passaggio delle onde in un canale di larghezza progressivamente decrescente (come avviene ad esempio in un'insenatura tra le rocce), o mediante particolari rampe, le onde raggiungono altezze superiori ed è quindi possibile riempire un bacino a quota superiore rispetto al livello del mare. Il principio è detto anche concentrazione o focalizzazione delle onde. Quindi, il deflusso continuo dell'acqua raccolta, tramite opportune opere civili, e il passaggio attraverso turbine idrauliche, permette la generazione di energia elettrica. Un prototipo precompetitivo ha potenza di 4-7 MW, ingombro orizzontale nell'ordine dei 200-300 metri (comprensivi del bacino, dello "scivolo" e delle paratie laterali per il convogliamento dell'acqua in arrivo).

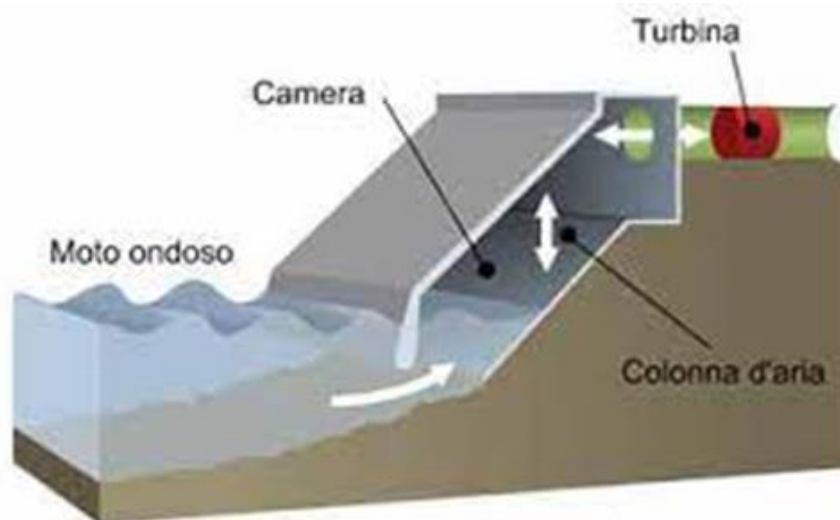
Andando ad analizzare i pro e i contro:

Come sappiamo questo sistema fornisce energia che sicuramente è rinnovabile e relativamente "green", infatti da analisi di esperti emerge che ci siano molti vantaggi in termini di contrasto al riscaldamento globale e all'inquinamento. Inoltre tra i vantaggi aggiungiamo anche i bassi costi di manutenzione e il fatto che ormai la tecnologia sia affidabile e collaudata.

Tra gli svantaggi ci sono gli elevati costi di investimento e, soprattutto il possibile impatto ambientale anche grave. I danni ambientali, anche se controllati, non possono mai essere del tutto eliminati: creare un bacino lì dove non ce n'era uno porta come prima cosa una modifica degli ecosistemi locali. Secondariamente, deviano i corsi d'acqua da zone molto ampie a canali e invasi circoscritti, sottraendo in alcuni casi l'acqua a intere popolazioni, piante e animali degli ambienti circostanti.



### GENERATORE A COLONNA D'ACQUA OSCILLANTE:



Un'altra tipologia di impianti che sfrutta il moto ondoso è proprio quella del generatore a colonna d'acqua oscillante (OWC, oscillating water columns).

Questo sistema sfrutta la variazione di pressione dell'aria, causata dalla onde, in una apposita camera. La camera è una sorta di contenitore, posto a una quota fissa, semi-immerso nel mare, completamente aperto nel fondo, e chiuso nella parte superiore. Le onde causano una variazione ciclica del livello dell'acqua nel contenitore, quindi della pressione dell'aria intrappolata nella parte superiore del vano. Se nel cielo della camera si operano aperture di sezione ridotta, l'aria ha possibilità di defluire nei due sensi, in base al moto ondoso. È possibile sfruttare questa corrente d'aria tramite particolari turbogeneratori ad aria, in grado di ricevere la spinta sia nella fase di compressione che in quella di decompressione, mantenendo inoltre lo stesso senso

di rotazione. Inoltre il sistema è sfruttabile anche al largo (e in questo caso le onde lunghe permettono una spinta maggiore).

In Italia si stanno costruendo impianti basati su questo principio nel porto di Civitavecchia, in quello di Genova, e sono previsti altri impianti in altri porti dove l'impatto estetico dei cassoni di cemento armato necessari al funzionamento delle turbine viene mitigato utilizzando gli stessi cassoni come frangiflutti delle varie dighe foranee dei porti.

Analizzando i pro e i contro:

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 maremotori, dall'altro 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 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, soprattutto ad alti regimi di rotazione, risulta essere piuttosto rumorosa e, soprattutto in quei casi in cui l'impianto OWC è integrato in frangiflutti, necessita l'adozione di opportuni sistemi di protezione acustica, attivi e passivi.



### **SISTEMI BASATI SULL'AMPIEZZA DELL'ONDA:**

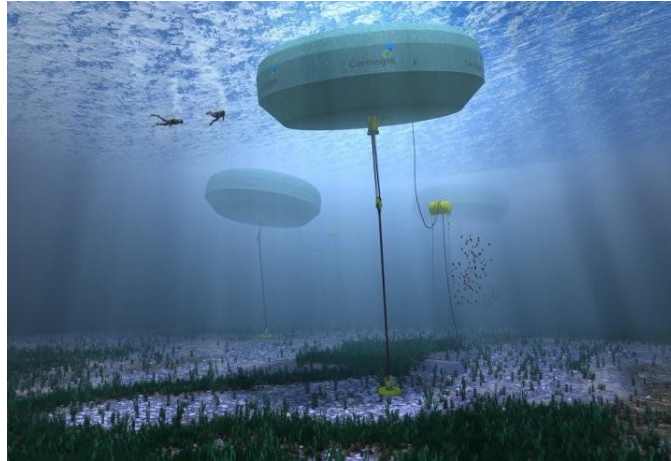
Un esempio del meccanismo è, per esempio, quello in cui le onde muovono una struttura galleggiante semisommersa che è costituita da vari vagoni di forma allungata collegati tra di loro in serie con opposti snodi. I materiali dello snodo devono essere resistenti all'azione corrosiva dell'acqua di mare e sono previsti accessi alla struttura per eventuali interventi di manutenzione e/o riparazione. Le onde alzano e abbassano i vari vagoni. Il motore idraulico, posto all'interno di uno degli elementi, è azionato da un fluido (in pressione in un circuito interno) messo in moto da pistoni idraulici posti in corrispondenza dei giunti.

Essi sono collegati a un generatore e trasformano il flusso cinetico in energia elettrica. Attualmente sono in fase di installazione impianti con una potenza di 750 kW e 2MW. Si stima che la taglia di un impianto full scale, da commercializzare, sia di circa 30 MW. Impianti di prova saranno installati al largo della Scozia (750 kW) e al largo dell'isola di Vancouver in Canada (2 MW). Gli impianti commerciali "coprirebbero" un Km quadrato di mare. I primi sistemi commerciali saranno installati davanti alle coste del Portogallo, il primo impianto sta per essere completato ed ha una potenza di 2,25 MW.

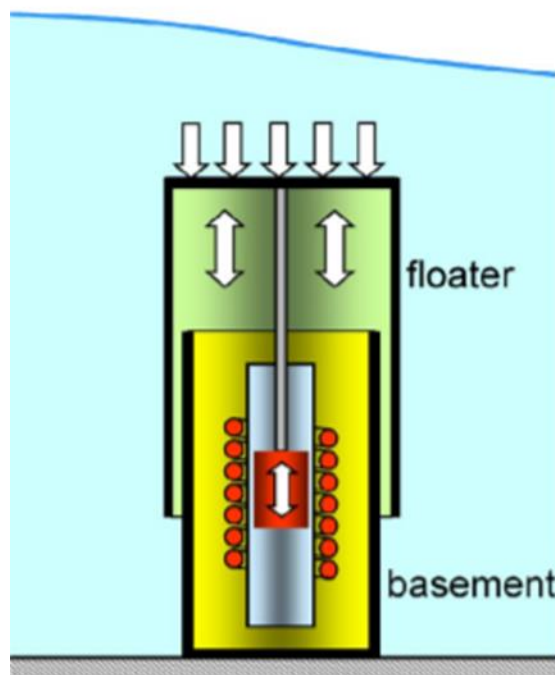


### **SISTEMI AD ONDATA:**

I sistemi ad ondata sono dei dispositivi concettualmente simili ai sistemi a colonna d'acqua oscillante. Essi sono formati da una sacca d'aria, ancorata a una boa, che quando è investita da un'onda si gonfia e si sgonfia. L'aria entra ed esce dalla sacca tramite un'apertura superiore nella quale è installato il turbogeneratore.



### SISTEMI SFRUTTANTI IL PRINCIPIO DI ARCHIMEDE:



I sistemi di questo tipo sono definiti AWS, ossia Archimedes Wave Swing, e sono degli impianti off-shore sviluppato da Teamwork Technology (Paesi Bassi). Consistono in strutture completamente sommerse e fissate al fondale, attivate dalle variazioni di pressione causate dalle onde superficiali. Essenzialmente, l'AWS è una camera d'acciaio a forma cilindrica riempita di aria, il cui coperchio, chiamato floater, è un grosso corpo oscillante, mentre la parte inferiore è fissata al fondale. La forza che muove il floater è data dalla differenza di pressione che agisce sulla sua cima. Quando la cresta dell'onda è al di sopra dell'AWS il volume della camera è ridotto dalla pressione dell'acqua alta che comprime il floater. Quando il ventre dell'onda è al di

sopra dell'AWS, il floater si solleva sotto l'azione della pressione interna. L'aria all'interno della camera si comporta come una molla la cui rigidità può essere regolata con il pompaggio di acqua dentro o fuori la camera stessa, variandone il volume. Il movimento verticale del floater aziona un generatore che produce corrente elettrica, ma non consente l'accumulo di energia e, come conseguenza, si ha una scarsa qualità della potenza elettrica in uscita.

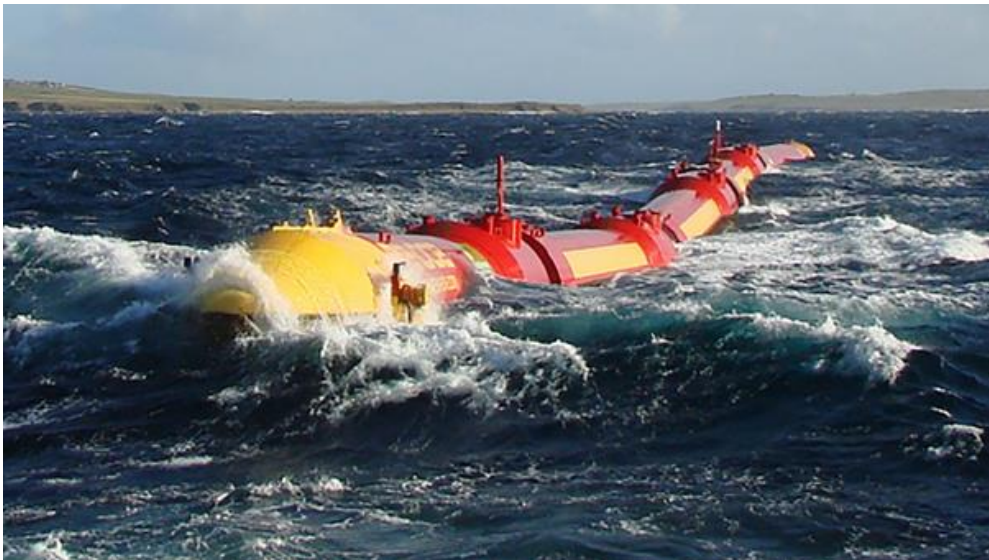
Dispositivi sommersi come l'AWS hanno il vantaggio di essere meno vulnerabili alle tempeste e meno impattanti dal punto di vista paesaggistico, ma la loro dimensione limita i fondali adatti all'installazione, e inoltre essendo sommersi solo di pochi metri potrebbero causare pericoli per la navigazione.

Un impianto di questo tipo è stato sviluppato e installato nel maggio 2004 al largo di Porto, in Portogallo. Il fondale era profondo 40 m, mentre l'impianto misurava 38 m d'altezza, 9 m di diametro e una corsa di 7 m. Il picco massimo fornito dal dispositivo era di 1 MN, con una potenza nominale di 2 MW. Nell'ottobre dello stesso anno è stato collegato alla rete fornendo per la prima volta energia.





### **GENERATORE PELAMIS:**



Pelamis è un convertitore di energia prodotto da Ocean Power Delivery Ltd (Scozia, UK) costituito da diverse parti mobili connesse tra loro. È composto da una serie di corpi cilindrici connessi da articolazioni mobili. Il moto delle onde mette in movimento i vari corpi uno rispetto all'altro. Questi movimenti azionano le articolazioni, collegate a dei pistoni interni ai corpi cilindrici che azionano dei generatori elettrici. Le articolazioni hanno una rigidità regolabile in relazione alla forza delle onde, e per

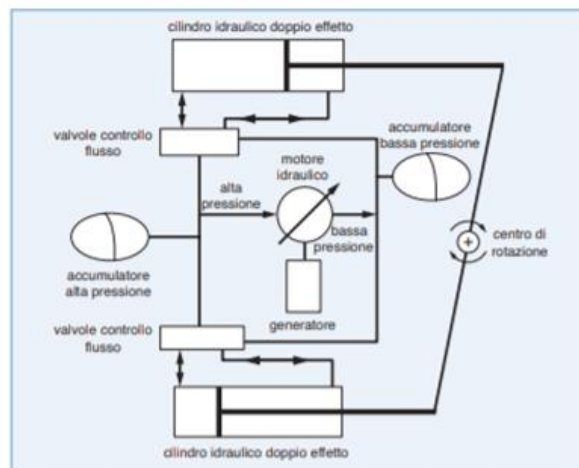


ottenere risultati ottimali il sistema deve essere posto parallelamente al moto ondoso. Per questo la struttura deve essere ancorata al fondale.

Un prototipo è stato sviluppato e costruito, nonché installato, nel 2004 al largo delle coste di Orkney, nel Regno Unito. La lunghezza dell'impianto era di 150 m e sviluppava una potenza massima di 750 kW. Questo risultato fu dichiarato soddisfacente e quindi l'impianto fu collegato alla rete elettrica.

Il principio di funzionamento non è nuovo, ma deriva da progetti passati come Cockerell Raft e Duck. Quest'ultimo fu sviluppato nel 1974 da Stephen Salter, composto in modo simile al generatore Pelamis, ma i corpi invece che essere cilindrici erano a forma di camma. In questo modo, oltre a sfruttare il principio utilizzato dal Pelamis, i corpi si muovevano anche lungo un asse longitudinale permettendo di sfruttare anche quel movimento per generare elettricità. Sfortunatamente la tecnologia necessaria all'epoca era troppo costosa rispetto ad un eventuale ricavato dal suo impiego, e di conseguenza il progetto fu abbandonato.

Il principale svantaggio di impianti di questo tipo è il loro posizionamento, che intralcia notevolmente la navigazione.



Sopra: schema di funzionamento di un generatore Pelamis – Sotto: esempio di impianto Duck



## BIBLIOGRAFIA

<https://www.geopop.it/energia-idroelettrica-cos-e-come-funziona-vantaggi-e-svantaggi/>

[http://www.scuolacastiglione.it/index.php?option=com\\_content&view=article&id=44&Itemid=194&lang=it](http://www.scuolacastiglione.it/index.php?option=com_content&view=article&id=44&Itemid=194&lang=it)

<https://ojs.mediageo.it/index.php/GEOmedia/article/viewFile/47/46>

<http://www.energoclub.org/page/ricerca-e-sviluppo-sistemi-marini>

<https://www.logtogreen.it/greenpedia-lenergia-delle-onde-e-delle-correnti-marine/>

[https://www.nextville.it/Tecnologie\\_innovative/714/Energia\\_dal\\_mare](https://www.nextville.it/Tecnologie_innovative/714/Energia_dal_mare)

[https://online.scuola.zanichelli.it/pidatellameccanica-files/vol2/approfondimenti/Zanichelli\\_Pidatella\\_approfondimento\\_2\\_21B.pdf](https://online.scuola.zanichelli.it/pidatellameccanica-files/vol2/approfondimenti/Zanichelli_Pidatella_approfondimento_2_21B.pdf)

<http://tesi.cab.unipd.it/25081/1/tesi.pdf>