

## Modellazione di un dispositivo *Point Absorber* per la conversione dell'energia in mari italiani

Adrià Moreno Miquel

Università di Bologna, CIRI E-C.

La generazione di elettricità da fonti di energia sostenibili è oggi una priorità per tanti paesi industrializzati per sopperire alla sempre crescente domanda di energia e per venire incontro alle direttive imposte dalla comunità europea sulla riduzione di emissioni di CO<sub>2</sub>. Tra le più promettenti risorse si può sicuramente individuare quella dovuta alle onde marine [1]. In questo articolo, si investiga la fattibilità della produzione di energia da onda nei mari Italiani, tramite il dispositivo Seabased WEC. Questa analisi preliminare si propone di aprire una nuova strada per il design di un WEC di tipo Point Absorber specificamente progettato per i climi ondosi italiani.

Il comportamento del dispositivo è descritto attraverso l'equazione del moto di un sistema a singolo corpo oscillante nella sola direzione verticale (heave), essendo questo il modo predominante [2]. Le forze idrodinamiche, includendo la forza di eccitazione, l'impedenza dovuta alla radiazione e la forza idrostatica sono state calcolate attraverso la teoria delle onde lineari. Il generatore è stato modellato basandosi sul modello analitico presentato da Thornburn et al. [3]. Si è determinata la dinamica del corpo galleggiante risolvendo la seguente equazione del moto, in cui si combinano le forze idrodinamiche  $F_H(t)$  e le forze resistenti  $F_R(t)$  dovute al PTO:

$$F_R(t) = -F_M(t) - F_K(t) \quad (1)$$

Dove  $m$  è la massa totale del sistema e  $\ddot{z}(t)$  rappresenta l'accelerazione verticale del sistema. Le forze idrodinamiche della boa sono state calcolate tramite:

$$F_H(t) = -m_a \ddot{z}(t) - R_D \dot{z}(t) - \frac{1}{2} \rho A C_D (\dot{z}(t) - \dot{\eta}(t)) |\dot{z}(t) - \dot{\eta}(t)| - \rho g A z(t) + F_e \frac{H}{2} \cos(\omega t + \alpha) \quad (2)$$

Dove si considerano i termini di massa aggiunta, smorzamento dovuto alla radiazione, smorzamento viscoso, forza di galleggiamento e forza di eccitazione rispettivamente elencati da sinistra verso destra nell'eq. 2. Le forze resistenti dovute al PTO sono state modellate della seguente forma:

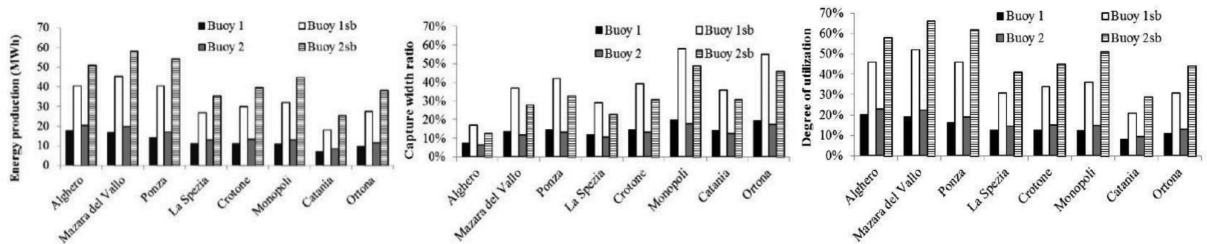
$$m \cdot \ddot{z}(t) = F_H(t) + F_R(t) \quad (3)$$

Dove  $F_K(t)$  rappresenta l'effetto di una molla attaccata al traslatore del generatore che funge da serbatoio di energia potenziale, mentre  $F_M(t)$  è la forza elettromagnetica dovuta al generatore elettrico lineare ricavata in base alle leggi di Maxwell.

Diverse tipologie di boe cilindriche, differenti in massa e diametro, sono state simulate con l'obiettivo di investigare l'effetto della variazione della geometria dei corpi galleggianti sulla produzione di energia e sulle loro prestazioni. I risultati indicano che il diametro della boa è il parametro predominante nel processo di assorbimento di energia ondosa, in accordo con Waters et al. [4]. Per questo motivo, si presentano solo i

risultati delle sole due geometrie aventi diametro 3 m (Buoy 1) e 5 m (Buoy 2). Al fine di massimizzare la potenza assorbita, ciascuna boa è stata dimensionata in modo da far coincidere la frequenza di risonanza del sistema con la frequenza d'onda predominante nei siti di studio (Buoy 1sb e Buoy 2sb).

Per aumentare il periodo naturale del sistema è stato collegato il corpo galleggiante con un corpo sommerso a galleggiamento neutro [5]. L'inerzia addizionale, dovuta alla massa del corpo sommerso e alla sua massa aggiunta, fa diminuire la frequenza di risonanza del sistema. In tali condizioni, se il secondo corpo è posizionato a sufficiente profondità, si annullano sia gli effetti indesiderati legati allo smorzamento per radiazione, che la forza di eccitazione agente su di esso. Per determinare tale profondità è stata condotta una analisi di sensitività, da cui è risultato che la profondità minima a cui deve essere collocato il corpo sommerso è pari a 25 m.



Il comportamento dei suddetti dispositivi è stato simulato per 874 stati di mare, così da ottenere la matrice di potenza utile a determinare le loro prestazioni negli otto siti di studio indagati. Per valutare il comportamento dei dispositivi, si è calcolata la capture width ratio per ogni configurazione e stato di mare.

La figura mostra come l'aggiunta del corpo sommerso nei dispositivi è in grado di produrre un aumento della produzione di energia elettrica media annua variabile tra il 100% e il 150%. Analogamente, per quanto riguarda la capture width ratio, si raggiungono valori pari al 50% fino ad un massimo del 60% in alcuni siti. Il Degree of utilisation conferma che i dispositivi sono dimensionati adeguatamente, in quanto i risultati derivanti dal modello attestano che i dispositivi in media operano dal 40% al 70% della loro capacità massima. Nonostante il presente sia uno studio preliminare, i risultati ottenuti possono essere considerati comunque significativi in quanto allo stato attuale lo sviluppo di tali tecnologie è ancora in fase di ottimizzazione.

## Bibliografia

1. Leijon, M.; Bernhoff, H.; Berg, M.; Agren, O. *Economical considerations of renewable electric energy production especially development of wave energy*. *Renew. Energy* 2003, 28, 1201-1209.
2. Lockett, F.P. *Mathematical Modelling of Wave Energy Systems*. In Proceedings of 4th World Renewable Energy Congress (WREC), Denver, CO, USA, 15-21 June 1996.
3. Thorburn, K.; Leijon, M. *Farm size comparison with analytical model of linear generator wave energy converters*. *Ocean Eng.* 2006, 34, 908-916.
4. Waters, R.; Rahm, M.; Eriksson, M.; Svensson, O.; Strömstedt, E.; Boström, C.; Sundberg, J.; Leijon, M. *Ocean wave energy absorption in response to wave period and amplitude - Offshore experiments on a wave energy converter*. *IET Renew. Power Gener.* 2011, 5, 465-469.
5. Ferdinande, V.; Vantorre, M. *Hydrodynamics of Ocean Wave-Energy Utilization*. In International Union of Theoretical and Applied Mechanics Symposium; Springer: Berlin, Germany, 1985; pp. 217-226.