

## DALL'IDEAZIONE ALLA REALIZZAZIONE DEI CONVERTITORI DI ENERGIA ONDOSA: LA FASE DELLA SPERIMENTAZIONE

P. Ruol<sup>1</sup>, L. Martinelli<sup>2</sup>, e P. Pezzutto<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Università di Padova, Dip. IMAGE, V. Ognissanti 39, 35129 PADOVA. email: piero.ruol@unipd.it

<sup>2</sup> IMAGE. email: luca.martinelli@unipd.it

<sup>3</sup> IMAGE. email: paolo.pezzutto@studenti.unipd.it

**Introduzione.** Nell'ambito delle energie rinnovabili, il settore dedicato alla conversione dell'energia ondosa è ancora allo stadio iniziale, ed è caratterizzato da una grande quantità di nuovi brevetti, spesso proposti da inventori con scarsa competenza o limitata esperienza specifica. Tipicamente, l'inventore contatta il mondo della produzione o il mondo accademico, con la convinzione di avere un dispositivo assolutamente efficiente, in grado di convertire la quasi totalità dell'energia ondosa disponibile, a costi irrisori.

L'inventore è disposto a investire quanto necessario sia a brevettare l'idea, sia a comprovare in modo obiettivo l'efficienza del suo dispositivo.

Si tratta spesso di investimenti ad altissimo rischio, ottenuti dalla cerchia dei cosiddetti FF&F (Family, Fools & Friends). È quindi opportuno appellarsi alla serietà professionale di chi procede alla stesura del brevetto e di chi esegue gli studi di settore, affinché sia scoraggiato l'investimento su idee improponibili. Se ci si basa su quanto ottenuto dalla ricerca e sviluppo dei convertitori di energia ondosa (CEO, più frequentemente noti con l'acronimo WEC-Wave Energy Converters) effettuata negli ultimi dieci anni, si può concludere che anche nel caso di idee convincenti l'inventore non riesce a ricavarne un utile. Ne consegue che sarebbe altamente consigliabile co-finanziare le spese degli studi sui CEO con progetti di ricerca e sviluppo nazionali o europei, per non far gravare tutte le spese della ricerca sulle spalle del privato, che non gode dei benefici indiretti allo sviluppo della conoscenza.

**Scopo.** Al fine di poter confrontare l'efficienza delle varie invenzioni, risulta utile predisporre una sorta di protocollo comune per lo studio dei convertitori. D'altro canto, è necessario rilevare che man mano che ci si avvicina alla fase realizzativa del prototipo a scala reale, l'efficienza appare diminuire, a causa dei molti problemi legati alle installazioni in mare.

Scopo di questa nota è proporre un protocollo comune per la stima dell'efficienza dei CEO, da riferire alla singola fase di avanzamento nello stadio di sviluppo degli stessi.

**Fasi.** In Europa, sono stati studiati e portati alla fase realizzativa una decina di CEO. Fra questi, gli Autori, hanno considerato i seguenti (in ordine alfabetico): DEXA, Leancon, OE Buoy, Pelamis, Poseidon, REWEC, Wave Buoy, Wave Dragon, Wave Power, Wave Roller, Wave Star.

Sulla base di tali esperienze, maturate anche da autori di analoghe ricerche (Frigaard, 2008), si è cercato di valutare quali siano le fasi che portano un CEO dall'idea alla realizzazione.

Si sono identificate le seguenti sei Fasi:

- Fase 1: verifica dell'idea:
  - Prove in laboratorio con onde regolari finalizzate a verificare se il dispositivo "funziona". Nessuna misura di laboratorio. modello in piccola scala con simulatore di PTO (Power Take Off).
  - Report fotografico/video.
  - Costo: costruzione del modello (500-3'000 €)
  - Tempi: 1-3 mesi.
- Fase 2: stima dell'efficienza del dispositivo:
  - Prove in laboratorio con onde irregolari finalizzate ad una grezza stima dell'energia annua convertibile.
  - Modello usato in Fase 1 o migliorato.
  - Misura dell'onda incidente e della corrispondente potenza producibile.
  - Report di circa 20 pagine.
  - Costo orientativo: 10'000-20'000 €.
  - Tempi: 1-6 mesi.
- Fase 3: Studio di fattibilità:
  - Stima dei costi/Ricavi
  - Valutazione di impatto ambientale.
  - Piano industriale preliminare (scelta delle sperimentazioni, costi e tempi, risorse).
  - Scelta dei possibili siti di installazione.
  - Report di circa 30 pagine.
  - Costo orientativo: 5'000-10'000 €.
- Fase 4: Studi approfonditi:
  - N modelli fisici e numerici per dimensionare e ottimizzare il PTO, gli ancoraggi, gli spessori delle membrature, ecc.
  - Reports di circa 100 pagine.
  - Costo orientativo: N \* 20'000-50'000 €.
  - Tempi: 1-2 anni.
- Fase 5: Studio in campo su modello in scala 1:4-1:10. Un sito ideale di indagine può essere per es. l'alto Adriatico o lo Stretto di Messina o un lago, soggetti ad onde modeste e con molti periodi di calma.
  - Finalizzato ad esaminare le tecnologie scelte (meccanismi, cavi, valvole, apparato elettrico, strategie di gestione del PTO, ecc.).
  - Costo orientativo di progetto, realizzazione, sperimentazione: 0,5-5 Milioni di €.
  - Tempi: 1-3 anni.

- Fase 6: Dimostrazione:
  - Studio in sito in scala 1:1 o 1:2, con dispositivo connesso alla rete, finalizzato a dimostrare le reali attese economiche.
  - Costo orientativo di progetto, realizzazione, monitoraggio: 5-20 Milioni di €.
  - Tempi: 1-3 anni.

Questa generica indicazione fornisce a chi si avventura nella strada che porta alla realizzazione di un CEO un ordine di grandezza dei costi e dei tempi necessari alla sua realizzazione. Si noti che i tempi sono spesso dilatati a causa della difficoltà di passare celermente da una fase alla successiva, a causa della mancanza di risorse necessarie.

### Le due regole d'oro:

1. Chi ha saltato una delle fasi giungendo troppo rapidamente alla fase di dimostrazione, è sempre incorso in grossi problemi tecnici con ingenti perdite economiche.
2. L'inventore è spesso portato a risolvere i vari problemi che emergono nello sviluppo del dispositivo attraverso ulteriori invenzioni o utilizzando tecniche e tecnologie innovative. È invece necessario che vengano utilizzati componenti il più possibile affidabili, limitando la sperimentazione ad uno solo di essi.

**La sperimentazione in laboratorio.** La sperimentazione in laboratorio svolge un ruolo fondamentale nella realizzazione delle fasi 1,2 e 4.

Il laboratorio marittimo della Università di Padova si avvale di un canale di 36x1x1.3 m, con generatore a pala in moto rototraslatorio, dotato di assorbitore, in grado di generare onde irregolari e onde regolari esatte al secondo ordine, con altezza significativa massima dell'ordine dei 25 cm. Lo stesso laboratorio si avvale inoltre di una vasca 20.6x17.8x0.8m, dotata di pala di lunghezza 8 m in grado di generare onde a cresta lunga regolari ed irregolari.

Grazie agli studi eseguiti su alcuni dispositivi di conversione dell'energia ondosa denominati OEBuoy ([www.oceanenergy.ie](http://www.oceanenergy.ie), Irlandese ormai alla fase 5) e Seabreath ([www.seabreath.it](http://www.seabreath.it), italiano, in fase 3), il laboratorio si è dotato della strumentazione necessaria, consistente in sonde di livello, celle di forza, trasduttori di posizione, accelerometri, strumenti per la misura della pressione dell'aria che circola del sistema, nonché della sua velocità e portata.

**La scala.** Normalmente, le prove vengono fatte in scala di Froude, non distorta, riproducendo il modello più fedelmente possibile al prototipo.

Il valore del rapporto di scala è di norma legato al rapporto fra le massime onde producibili in laboratorio rispetto alle massime onde prevedibili in situ. Se, per esempio, la massima onda riproducibile

in laboratorio è di 0.25 m e si vuole simulare un'onda massima di 10 m, la scala deve essere dell'ordine di 1:40.

La stima della energia prodotta derivante dalle prove ha una discreta incertezza (dell'ordine del 20%), legata agli effetti modello, agli effetti scala, ed alle incertezze di misura.

**La procedura di stima dell'efficienza.** La modalità di stima dell'efficienza è pressoché la stessa per le varie fasi di sviluppo, ed i risultati possono variare molto poco. Ciò nonostante, qualsiasi stima deve essere associata alla propria fase di sviluppo. Non si può infatti confrontare l'efficienza di un modellino in fase iniziale con quello di un dispositivo in fase dimostrativa. Quest'ultimo è stato ottimizzato da numerosi studi, e la performance può essere stata sacrificata per ragioni economiche o di affidabilità.

La procedura proposta per la stima della produzione energetica è quella di misurare il rendimento per diverse onde irregolari, con periodo ed altezza variabile. In particolare, si suggerisce di fissare un'onda di riferimento, con altezza significativa e periodo di picco assegnati, e ripetere la prova per altri 4 valori del periodo di picco e 2 valori di altezza significativa, per un totale di 7 stati di mare irregolari di durata adeguata (circa 200 onde).

La scelta del carico sulla turbina, ovvero la strategia di utilizzo del PTO, deve essere la migliore possibile. In Fase 2, la scelta del carico ottimale potrebbe essere troppo dispendiosa in termini temporali. Si suggerisce pertanto di generare più volte dei treni di 20-30 onde regolari equivalenti a quelle irregolari (stesso flusso di energia media) e variare il carico sulla turbina. Una volta che si è definito il carico ottimale, potrà essere utilizzato quel carico anche in condizioni di onda irregolare.

La stima della risposta del modello in termini di efficienza consente di costruire una curva che valuta l'efficienza in funzione di periodo e altezza d'onda.

Assumendo che l'efficienza sia invariante al passaggio di scala, si calcola la produzione energetica annua per un qualunque sito di riferimento. Si suggerisce in particolare di esaminare il clima italiano a più alto contenuto energetico, cioè quello relativo al paraggio di Alghero.

**Conclusioni.** Questo contributo elenca le varie fasi di ricerca e sviluppo di un convertitore di energia ondosa, evidenziando il ruolo primario della sperimentazione in laboratorio.

Si è proposta inoltre una procedura comune di analisi, finalizzata ad una definizione comune dell'efficienza dei vari dispositivi.

**Bibliografia.** Frigaard P., J.P. Kofoed, K. Nielsen (2008). Assessment of Wave Energy Devices. Best Practice as used in Denmark. WREC 2008.