



C.U.G.R.I.
Consorzio inter-Universitario
per la Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi
Università di Salerno - Università di Napoli "Federico II"



Atti del Seminario
«ENERGIA DAL MARE»
Mercoledì 29 giugno 2016 – ore 14.00
Aula Magna dell'Università "Parthenope", Via Acton 38 Napoli

Seminario «Energia dal Mare»
29 giugno 2016
Università degli Studi di Napoli "Parthenope"

Relatore: Antonio Scamardella
antonio.scamardella@uniparthenope.it



C.U.G.R.I.
Consorzio Inter Universitario
per la Prevenzione e Prevenzione dei Grandi Rischi
Università di Salerno - Università di Napoli "Federico II"

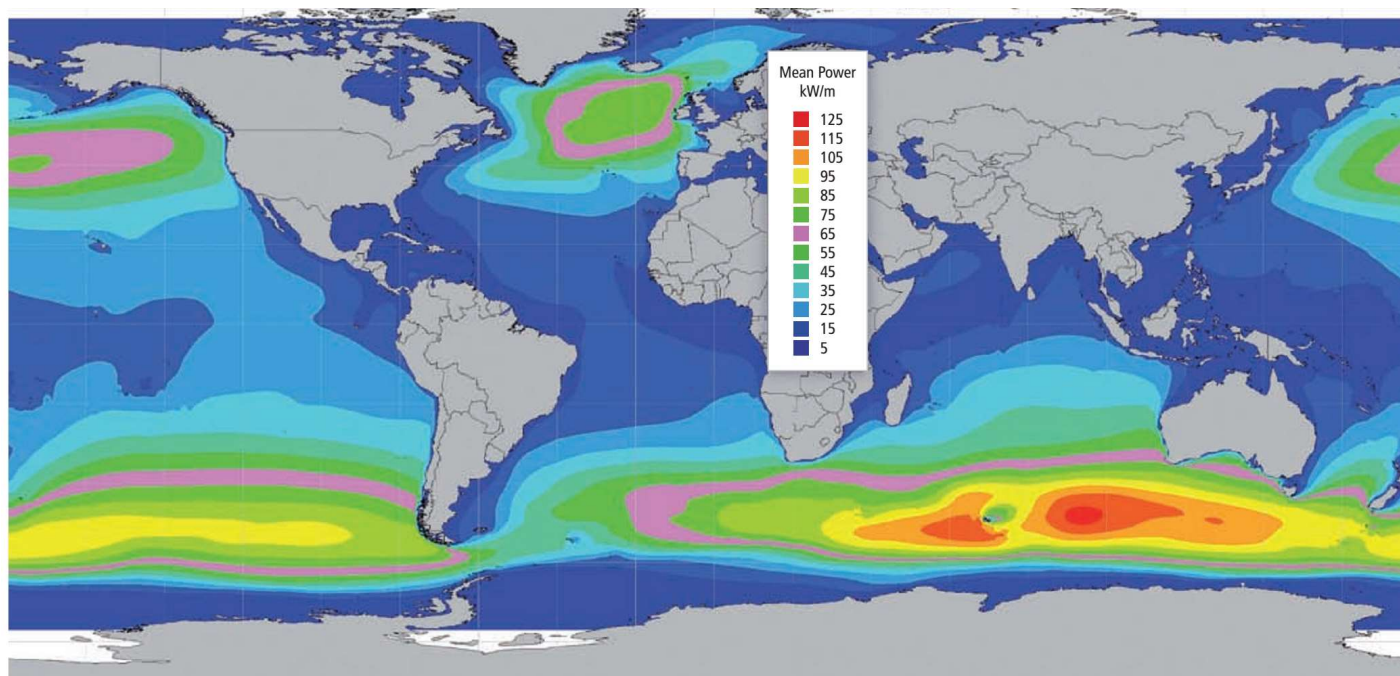


L'energia estraibile dal mare, in grado di soddisfare ampiamente il fabbisogno energetico mondiale, **può essere suddivisa nelle seguenti fonti primarie:**

- 1. Onde:** generate dal trasferimento dell'energia cinetica del vento alla superficie degli Oceani;
- 2. Escursioni di marea:** generate dall'interazione gravitazionale Terra-Sole-Luna;
- 3. Correnti di marea:** generate dalle escursioni di marea in diverse aree geografiche;
- 4. Correnti oceaniche:** generate dalla circolazione termoalina globale;
- 5. Gradienti termici oceanici:** dovuti alle differenze di temperatura tra la superficie degli Oceani e le masse d'acqua profonde, normalmente al di sotto dei 1000 m;

*Seminario «Energia dal Mare»
29 giugno 2016
Aula Magna dell'Università degli Studi di Napoli "Parthenope"*

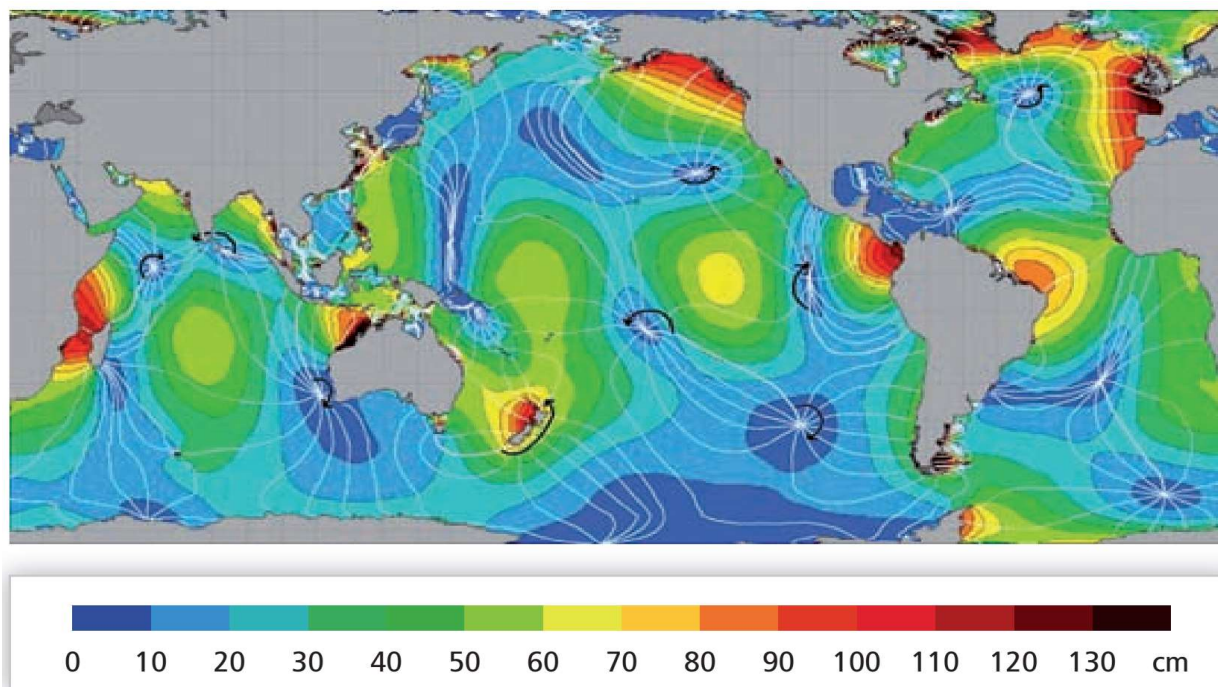
Il potenziale teorico annuo dell'energia prodotto dal **moto ondoso** è di circa 30000 TWh (Mork et al., 2010), ovvero il doppio del fabbisogno energetico mondiale registrato nel 2008, con la massima concentrazione del flusso energetico tra il 30° e il 60° parallelo.



(Fonte: Cornett, 2008)

Seminario «Energia dal Mare»
29 giugno 2016
Aula Magna dell'Università degli Studi di Napoli "Parthenope"

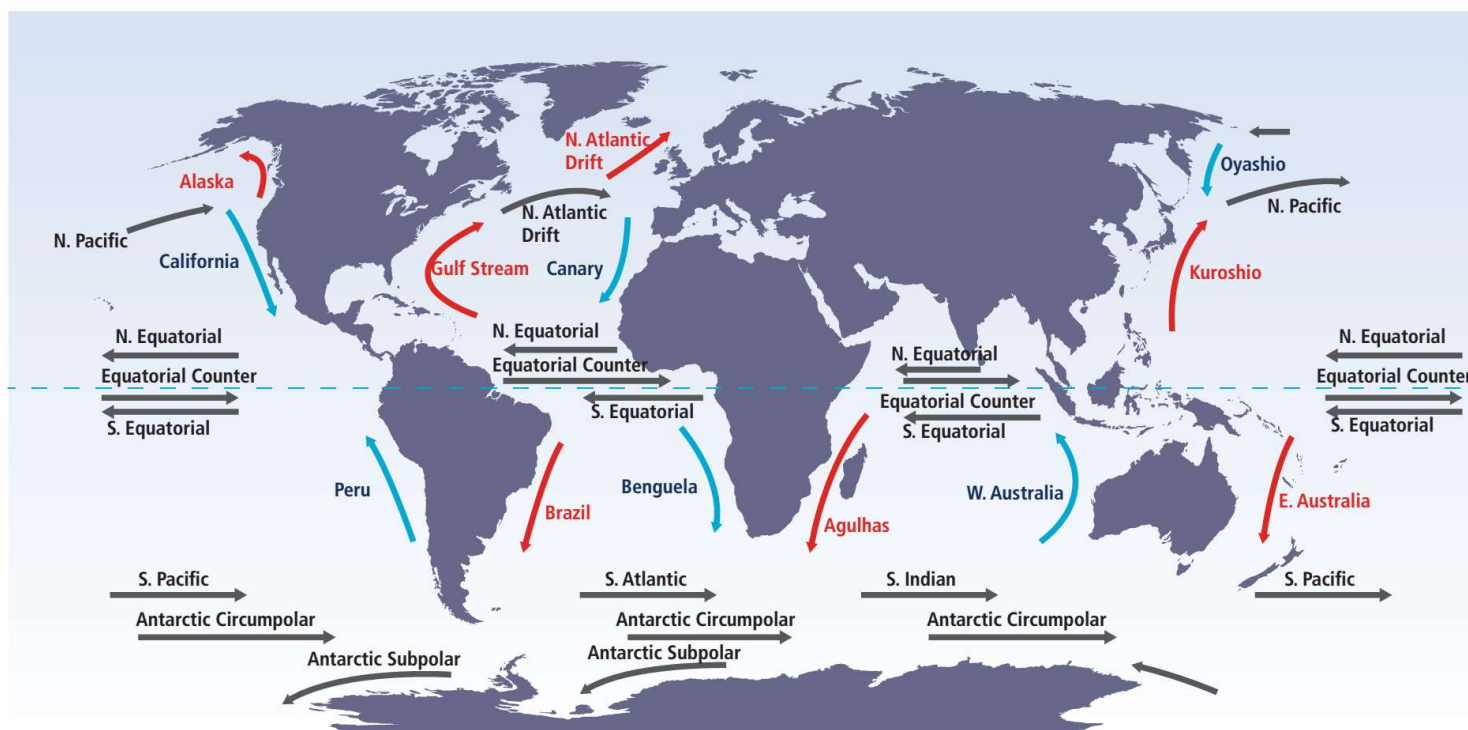
Le **escursioni di marea** e le correnti di marea da esse generate sono dovute all'interazione gravitazionale Terra-Sole-Luna, combinata con le forze centrifughe ed inerziali generate dal moto di rotazione terrestre. In figura si riportano le escursioni di marea semidiurna.



(Fonte: NASA, 2006)

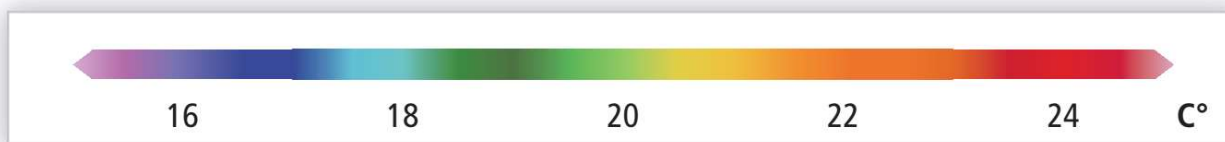
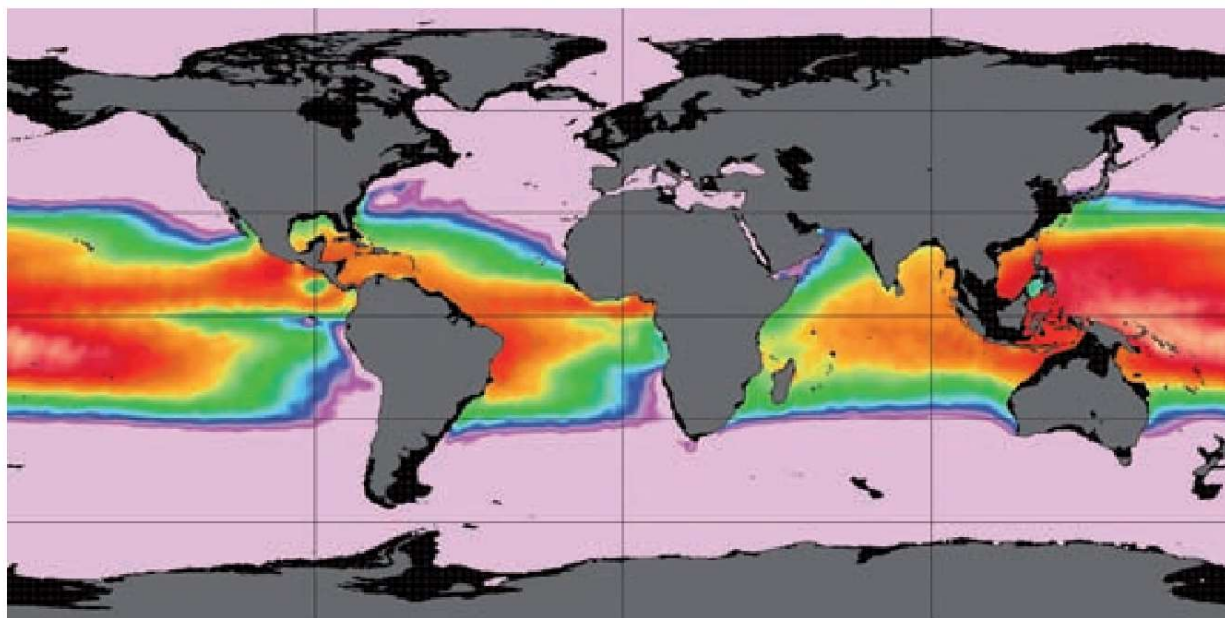
*Seminario «Energia dal Mare»
29 giugno 2016
Aula Magna dell'Università degli Studi di Napoli "Parthenope"*

Le **correnti oceaniche** hanno natura prevalentemente termalina, ovvero sono generate dai gradienti di temperatura e di salinità tra differenti aree geografiche.



(Fonte: Lewis et al., 2011)

Seminario «Energia dal Mare»
29 giugno 2016
Aula Magna dell'Università degli Studi di Napoli "Parthenope"



(Fonte: Nihous, 2010)

I **gradienti termici** sono dovuti alle differenze di temperatura tra gli strati oceanici superficiali, con picchi di 25°C ai tropici e le masse d'acqua profonde, dove la temperatura varia tra 5 e 10°C (Charlier and Justus, 1993), come mostrato in figura dove sono riportate le distribuzioni dei gradienti di temperatura.



C.U.G.R.I.
Consorzio Inter Universitario
per la Prevenzione e Prevenzione dei Grandi Rischi
Università di Salerno - Università di Napoli "Federico II"



Programma del Seminario «Energia dal Mare»

*Seminario «Energia dal Mare»
29 giugno 2016
Aula Magna dell'Università degli Studi di Napoli "Parthenope"*



C.U.G.R.I.
Consorzio Inter Universitario
per la Prevenzione e Prevenzione dei Grandi Rischi
Università di Salerno - Università di Napoli "Federico II"



14.00 Saluti e introduzione

Claudio Quintano (Magnifico Rettore Università degli Studi di Napoli " Parthenope")

Mario Calabrese (Delegato del presidente CONISMA)

Alberto Moroso (Presidente Atena)

Amedeo Lepore (Assessore Regione Campania)

14.30 Energia dal Moto Ondoso

- › *Sfide e sinergie tecnologiche nelle installazioni off-shore per la produzione di energia rinnovabile: Barbara Zanuttigh, (Università di Bologna)*
- › *DIMEMO-Diga Marittima per l'Energia del Moto Ondoso: installazione del primo prototipo nel porto di Napoli: Diego Vicinanza (SUN)*
- › *REWEC3: primi prototipi nei porti di Civitavecchia e di Salerno: Felice Arena (Università Mediterranea di Reggio Calabria)*
- › *Energia da onda nell'offshore italiano: tecnologie a confronto: Giuseppe Passoni (Politecnico di Milano)*

16.00 Coffe break

*Seminario «Energia dal Mare»
29 giugno 2016
Aula Magna dell'Università degli Studi di Napoli "Parthenope"*



C.U.G.R.I.
Consorzio Inter Universitario
per la Prevenzione e Prevenzione dei Grandi Rischi
Università di Salerno - Università di Napoli "Federico II"



16.15 Altri sistemi a mare e sulla costa

- › *Ormeggio di strutture galleggianti per sistemi energetici in acque profonde: Vincenzo Piscopo (Università Parthenope)*
- › *Energia eolica offshore nel Mediterraneo: Gaetano Gaudiosi (OWEMES)*
- › *Energia dalle correnti marine: una nuova opportunità per l'Italia; Francesco Salvatore (CNR-INSEAN)*
- › *Trasporto e gestione dell'energia elettrica in ambito offshore e costiero: Vincenzo Galdi (Università di Salerno)*

17.45 Domande dall'uditorio e risposte dei relatori- discussione

18.15 Conclusioni: Andrea Ferrante (PIANC Working Group 159 " Renewables and energy efficiency in ports ")

18.30 Termine

*Seminario «Energia dal Mare»
29 giugno 2016
Aula Magna dell'Università degli Studi di Napoli "Parthenope"*



C.U.G.R.I.
Consorzio inter-Universitario
per la Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi
Università di Salerno - Università di Napoli "Federico II"



*Seminario «Energia dal Mare»
29 giugno 2016
Università degli Studi di Napoli "Parthenope"*

Ottimizzazione delle caratteristiche idrodinamiche di *point absorber* per il Mar Mediterraneo

Guido Benassai, Luca Cozzolino*, Renata Della Morte*, Vincenzo Piscopo**, Antonio Scamardella***

** Dipartimento di Ingegneria – Università degli Studi di Napoli "Parthenope"*

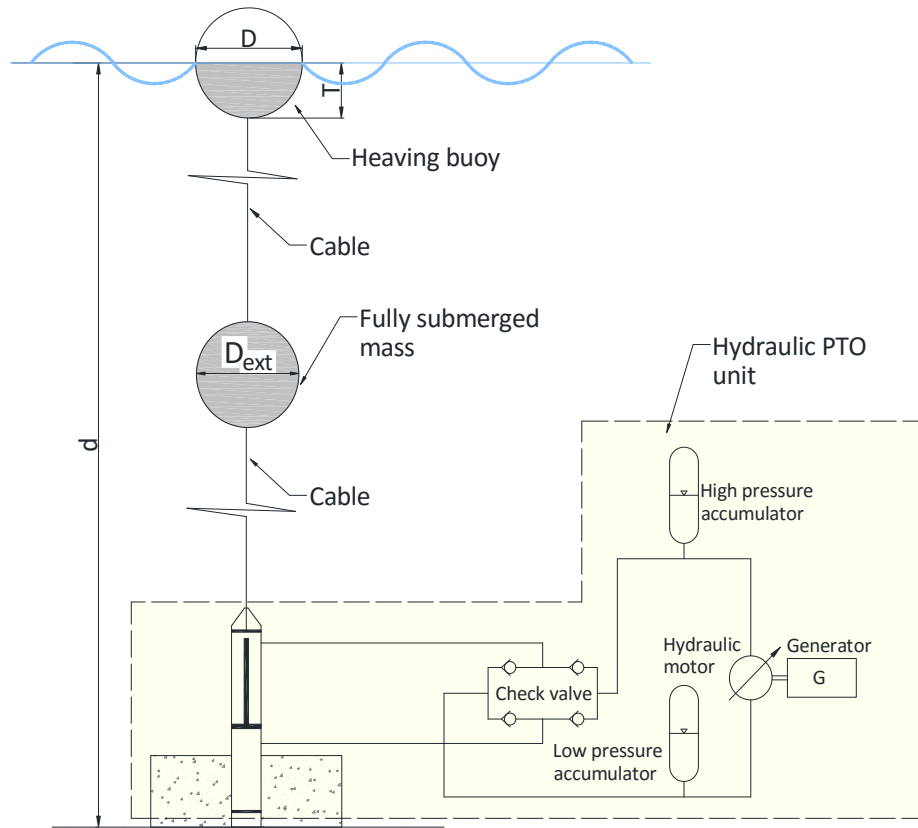
***Dipartimento di Scienze e Tecnologie – Università degli Studi di Napoli "Parthenope"*

Considerando una suddivisione regionale dell'energia annua complessiva del **moto ondoso**, il Mar Mediterraneo unitamente agli Arcipelaghi delle Azzorre, delle Canarie e di Capo Verde, produce circa il 4.4% dell'energia complessiva.

REGION	Wave Energy TWh/yr (EJ/yr)
Western and Northern Europe	2,800 (10.1)
Mediterranean Sea and Atlantic Archipelagos (Azores, Cape Verde, Canaries)	1,300 (4.7)
North America and Greenland	4,000 (14.4)
Central America	1,500 (5.4)
South America	4,600 (16.6)
Africa	3,500 (12.6)
Asia	6,200 (22.3)
Australia, New Zealand and Pacific Islands	5,600 (20.2)
TOTAL	29,500 (106.2)

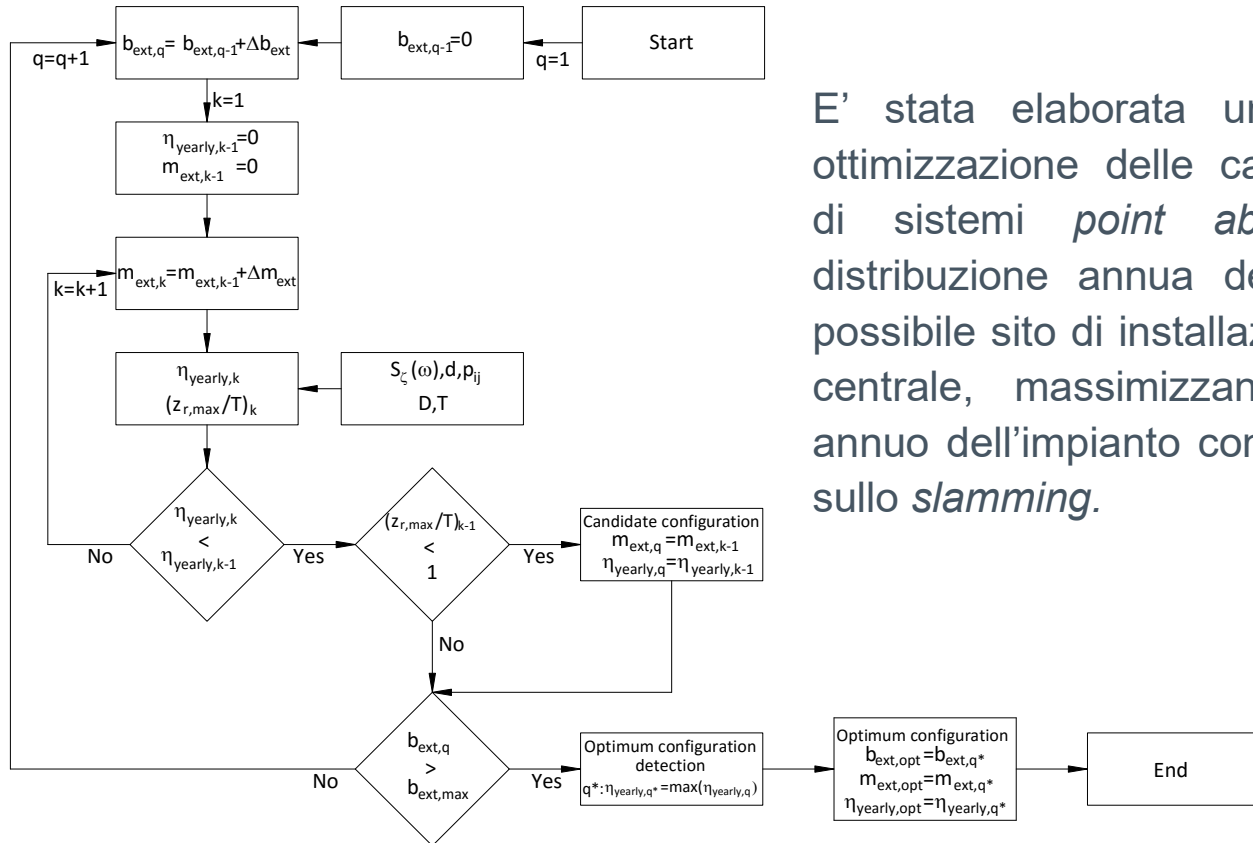
(Fonte: Mork et al., 2010)

*Seminario «Energia dal Mare»
29 giugno 2016
Aula Magna dell'Università degli Studi di Napoli "Parthenope"*

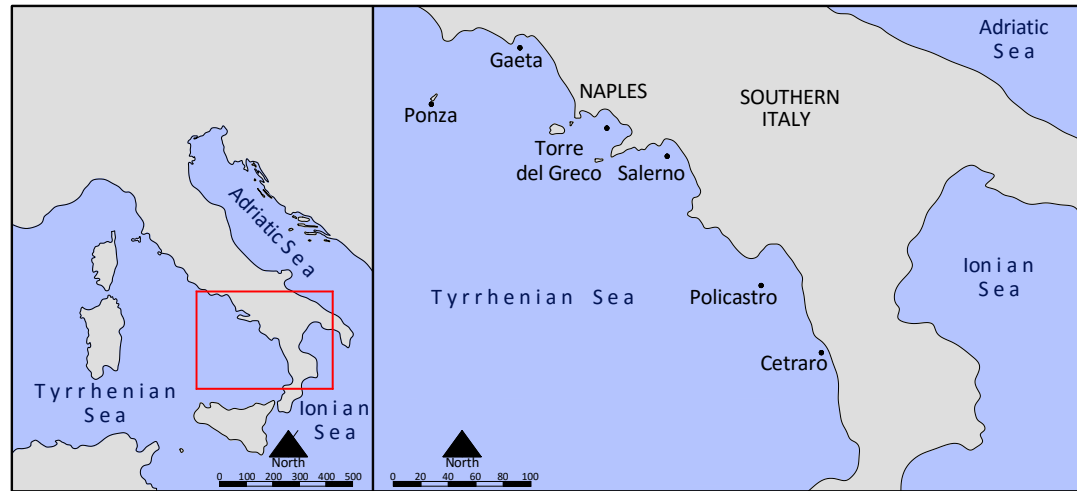


I *point absorber* convertono in energia il moto di sussulto di una boa galleggiante attraverso un *Power Take-Off* posizionato sul fondale.

Uno dei modi per ottimizzare la produzione energetica annua consiste nel tarare il periodo naturale del sistema, così da avvicinarlo a condizioni di funzionamento prossime alla risonanza con i periodi delle onde prevalenti nell'area di installazione dell'impianto, attraverso il posizionamento di una massa sommersa aggiunta.



E' stata elaborata una procedura iterativa di ottimizzazione delle caratteristiche idrodinamiche di sistemi *point absorber*, considerando la distribuzione annua degli stati di mare per un possibile sito di installazione nel Mar Mediterraneo centrale, massimizzando il rendimento medio annuo dell'impianto con una condizione di vincolo sullo *slamming*.

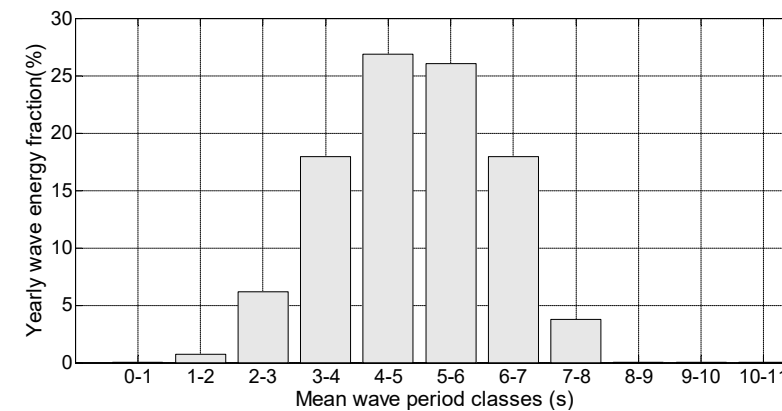
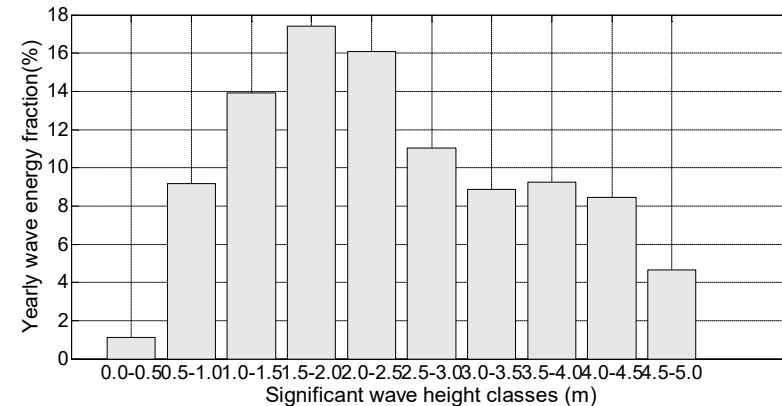


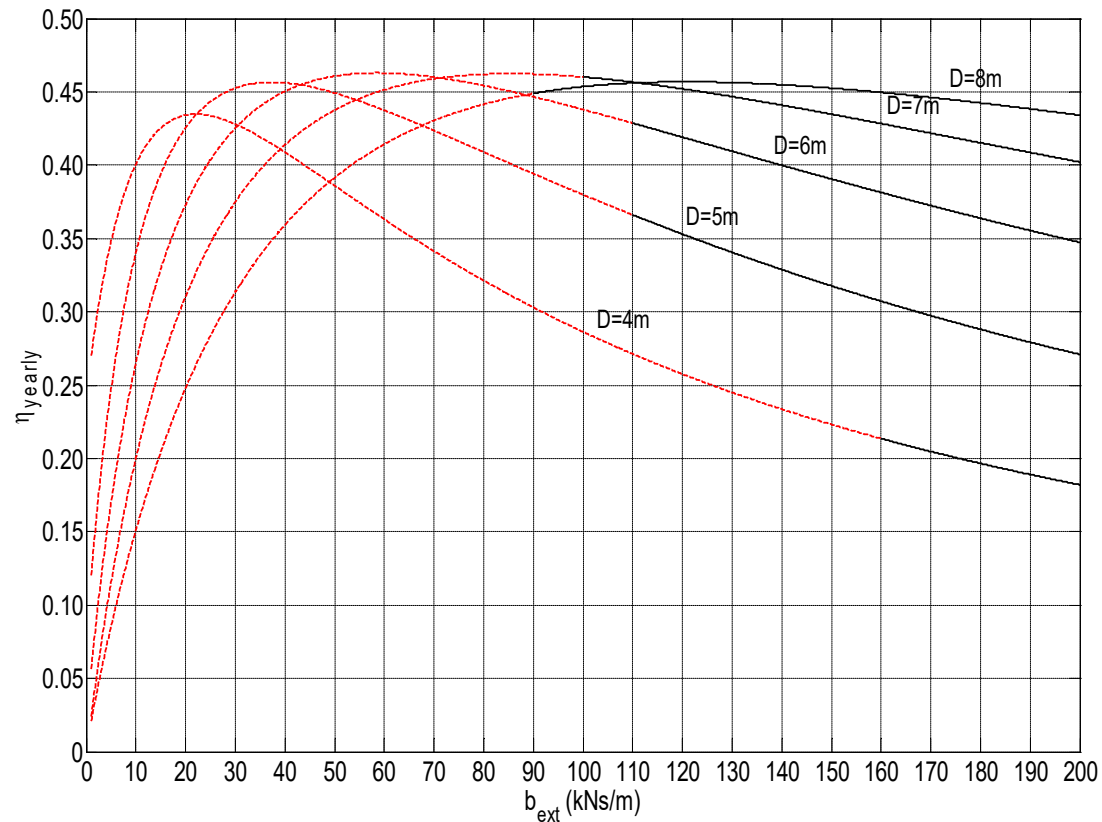
Location	Latitude	Longitude	Average annual wave power	December February	March May	June August	September November
			kW/m	%	%	%	%
Ponza	40°52'00.10"N	12°56'60.00"E	3.21	28.62	11.47	23.2	36.71
Gaeta	41°11'01.90"N	13°37'13.39"E	3.08	28.45	10.41	23.72	37.42
Torre del Greco	40°43'48.26"N	14°17'16.05"E	2.86	27.33	10.24	25.61	36.82
Salerno	40°34'22.04"N	14°44'56.22"E	4.22	27.78	12.48	18.93	40.81
Policastro	39°50'36.83"N	15°27'50.67"E	3.35	40.73	8.14	13.25	37.88
Cetraro	39°27'08.30"N	15°55'43.14"E	2.95	40.75	8.58	13.07	37.60

*Seminario «Energia dal Mare»
29 giugno 2016
Aula Magna dell'Università degli Studi di Napoli "Parthenope"*

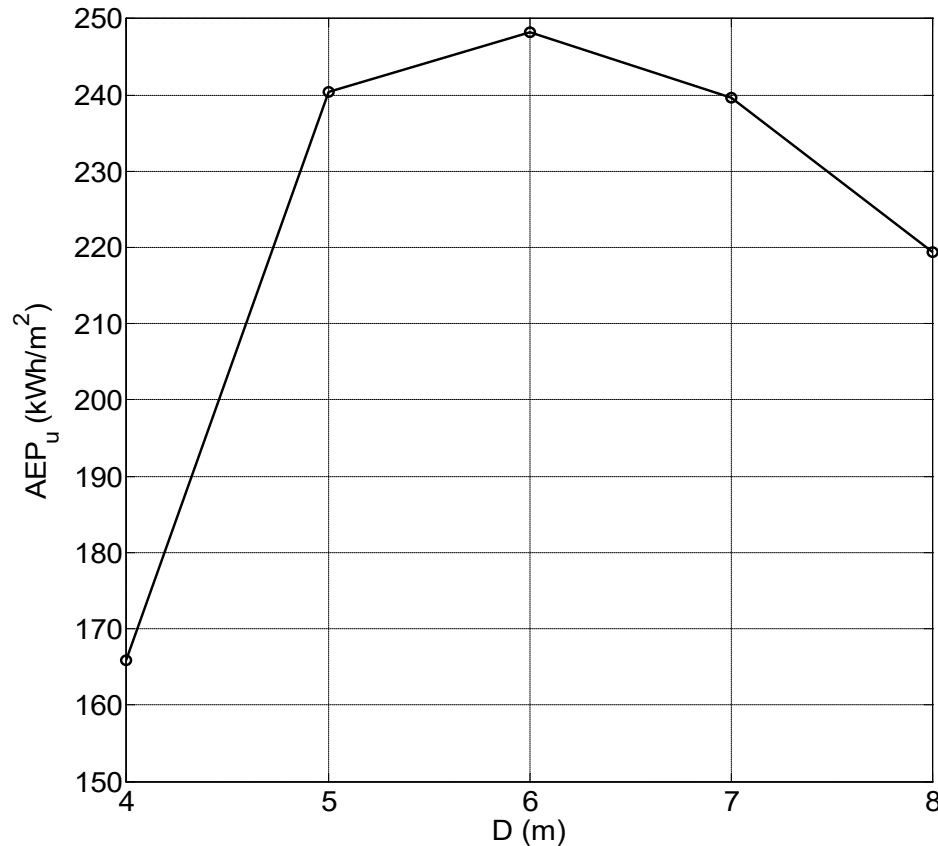
Il sito di Salerno è stato scelto come candidato per la possibile installazione di sistemi *point absorber*.

Le caratteristiche idrodinamiche sono state ottimizzate facendo variare il diametro della boa galleggiante nel range 4-8 m, con passo 1 m.





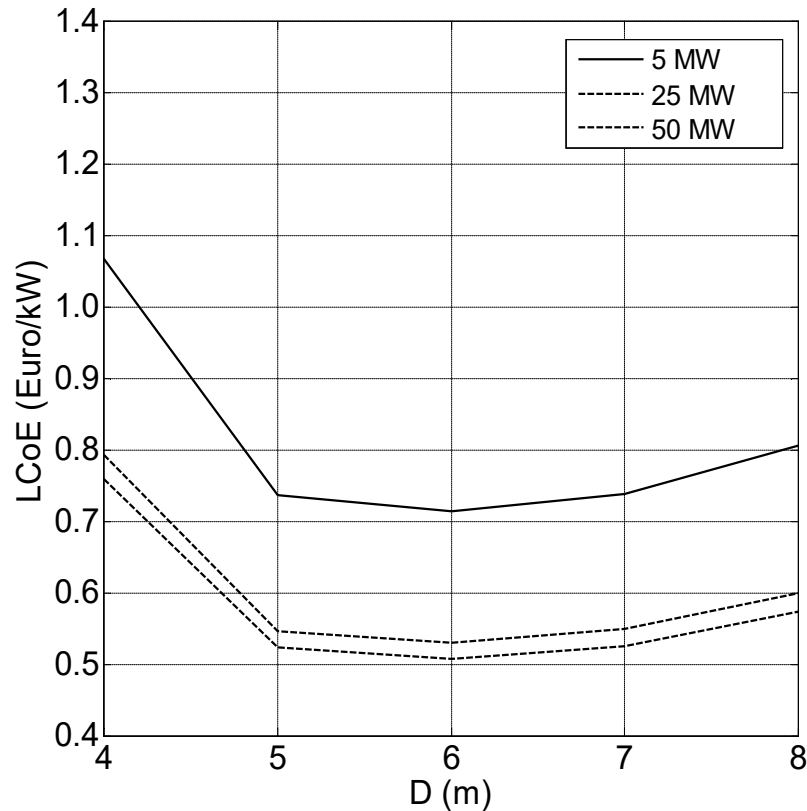
Nel grafico sono riportate le curve di rendimento ottimo di *sistemi point absorber* al variare del diametro della boa galleggiante, tarando le dimensioni del corpo profondamente immerso, in funzione del damping del Power Take Off. Le curve in rosso indicano condizioni operative in cui la condizione di verifica dello *slamming* non è soddisfatta.



In figura si riporta la distribuzione del parametro AEP_u (Annualised Energy Production per Unit Area), in funzione delle dimensioni della boa galleggiante.

$$AEP_u = \frac{AEP}{\pi(D^2 + D_{ext}^2)}$$

D	m_{ext}	D_{ext}	R	AEP	AEP_u
m	t	m	kW	kWh	kWh/m ²
4	95	4.90	30	20844	165.8
5	160	5.83	60	44558	240.4
6	235	6.63	85	62343	248.2
7	325	7.39	110	78014	239.7
8	415	8.02	130	88454	219.4

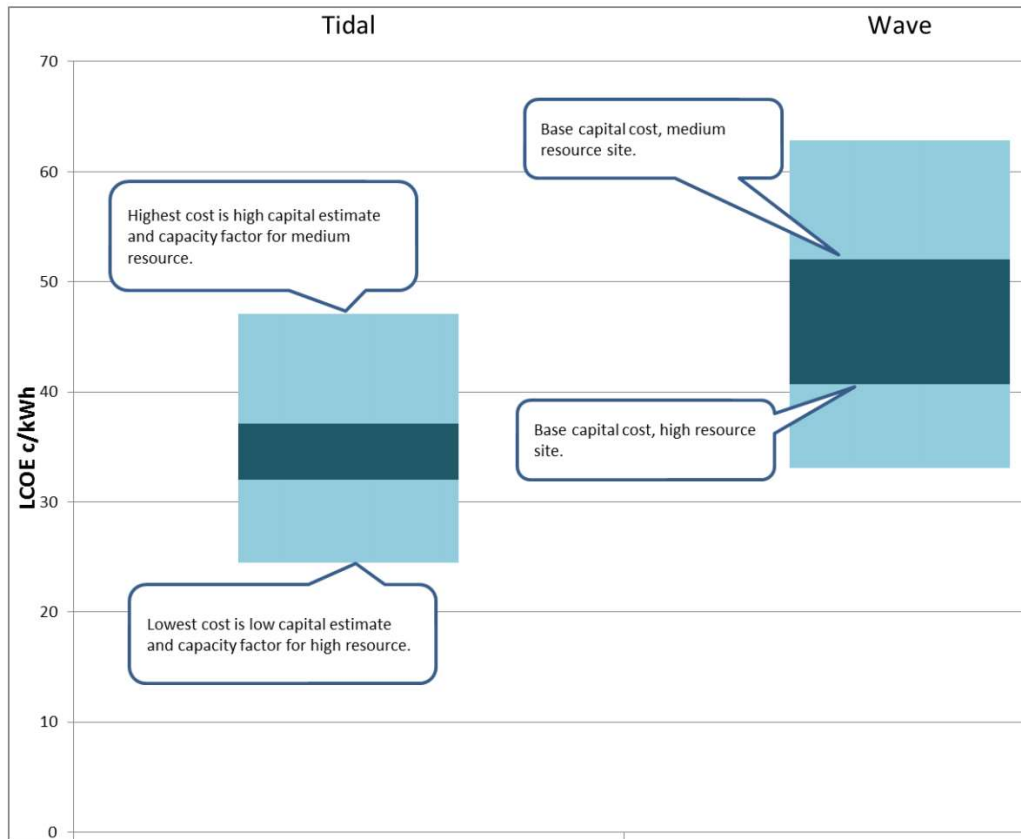


In figura si riporta la distribuzione del parametro LCoE (Levelised Cost of Energy), in funzione delle dimensioni della boa galleggiante e delle dimensioni dell'impianto, sulla base del cost-breakdown proposto da Previsic (2012).

Items	Plant Capacity		
	5 MW	25 MW	50 MW
Capex			
Power Take Off	13.2	16.3	17.5
Structure	53.1	62.2	65.0
Mooring	5.4	7.1	8.1
Infrastructure	3.6	2.6	2.4
Installation	10.2	6.3	4.5
Permitting & Environment	14.5	5.5	2.5
Opex			
Operations	20.5	20.5	21.0
Replacement parts	18.5	30.6	41.9
Marine monitoring	35.2	16.3	9.3
Insurance	25.8	32.6	27.8
Yearly Opex as percent of Capex	6.3	4.7	3.7

Seminario «Energia dal Mare»
29 giugno 2016

Aula Magna dell'Università degli Studi di Napoli "Parthenope"



Tale analisi preliminare mostra che il costo medio della produzione energetica nel Mar Mediterraneo è in linea con quello relativo a siti caratterizzati da flussi energetici medi, e comunque tale da rendere economicamente possibile l'installazione di sistemi *point absorber*.



C.U.G.R.I.
Consorzio Inter Universitario
per la Prevenzione e Prevenzione dei Grandi Rischi
Università di Salerno - Università di Napoli "Federico II"



Grazie per l'attenzione!

References

Piscopo, V., Benassai, G., Cozzolino, L., Della Morte, R., Scamardella, A., 2016. A new optimization procedure of heaving point absorber hydrodynamic performances. *Ocean Engineering* 116, 242-259.

Piscopo, V., Benassai, G., Della Morte, R., Scamardella, A., 2016. Towards a cost-based design of heaving point absorbers. *Applied Ocean Research*, under review.

*Seminario «Energia dal Mare»
29 giugno 2016
Aula Magna dell'Università degli Studi di Napoli "Parthenope"*