

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/260637419>

Valutazione per lo studio di fattibilità di un dispositivo di generazione di energia elettrica dal moto ondoso, presso il Porto di Civitavecchia

DATASET · MARCH 2012

CITATIONS

4

READS

144

3 AUTHORS:



M. Peviani

Ricerca Sistema Energetico

73 PUBLICATIONS 84 CITATIONS

SEE PROFILE



Sergio Scanu

Tuscia University

19 PUBLICATIONS 8 CITATIONS

SEE PROFILE



Filippo Carli

Tuscia University

8 PUBLICATIONS 16 CITATIONS

SEE PROFILE

Valutazione per lo studio di fattibilità di un dispositivo di generazione di energia elettrica dal moto ondoso, presso il Porto di Civitavecchia

Maximo Peviani

Sergio Scanu (Università della Tuscia)

Filippo Carli (Università della Tuscia)

Contratto	Accordo di programma 2009÷2011 con il Ministero dello Sviluppo Economico per le attività di ricerca e sviluppo di interesse generale per il sistema elettrico nazionale. Piano Annuale di realizzazione 2011.
Titolo	Valutazione per lo studio di fattibilità di un dispositivo di generazione di energia elettrica dal moto ondoso, presso il Porto di Civitavecchia
Progetto	Studi su potenziali sviluppi delle energie rinnovabili
Linea di Ricerca	Generazione di energia da moti marini
Deliverable	16 - Rapporto aggiuntivo
Sintesi	Il presente studio è finalizzato alla realizzazione delle fasi preliminari di un progetto per l'installazione e lo sviluppo di una stazione sperimentale per la produzione di energia sfruttando il moto ondoso, includendo un'analisi dello stato attuale delle tecnologie, l'individuazione di un sito sperimentale e la proposta di un prototipo innovativo.

La parziale riproduzione di questo documento è permessa solo con l'autorizzazione scritta di RSE.

N. pagine 47 **N. pagine fuori testo** 0

Data 31/03/2012

Elaborato Peviani Maximo Aurelio (ASV)
12001443-436647 ALT
Sergio Scanu, Filippo Carli (Università della Tuscia)

Verificato Meghella Massimo (ASV)
12001443-436698 VER

Approvato Negri Antonio Nicola (ASV)
12001443-436621 APP

Ricerca sul Sistema Energetico – RSE S.p.A.

Società con unico socio soggetta alla direzione ed al coordinamento di GSE S.p.A.
Sede Legale - 20134 Milano - Via R. Rubattino, 54
Tel. +39 023992.1 - Fax +39 023992.5370 - PEC rse@legalmail.it
Reg. Imprese di Milano, P.IVA e C.F. 05058230961
R.E.A. di Milano n. 1793295
Cap. Soc. € 1.100.000 i.v.



ISO 9001 CH-32919

Indice

SOMMARIO.....	4
SUMMARY.....	5
RIASSUNTO ESTESO	6
1 INTRODUZIONE	8
2 METODOLOGIA DELLO STUDIO	8
3 CLASSIFICAZIONE DEI CONVERTITORI	9
3.1 Shoreline.....	9
3.1.1 Tipologia Oscillating Water Column	9
3.1.2 Tipologia Overtopping	10
3.1.3 Tipologia Oscillating Wave Surge Converter	12
3.1.4 Altre Tipologie	13
3.2 Nearshore	13
3.2.1 Tipologia Submerged Pressure Differential	13
3.2.2 Tipologia Point Absorber	15
3.2.3 Tipologia Oscillating Wave Surge Converter.....	18
3.2.4 Tipologia Attenuator	20
3.2.5 Altre Tipologie	21
3.3 Offshore.....	23
3.3.1 Tipologia Point Absorber	23
3.3.2 Tipologia Attenuator	25
3.3.3 Tipologia Overtopping	27
3.3.4 Tipologia Oscillating Water Column	28
4 INDAGINI DEI SITI PIÙ IDONEI PER UNO STUDIO PILOTA PRESSO IL PORTO DI CIVITAVECCHIA.....	29
4.1 Sopralluogo presso l'antemurale e banchine interne.....	29
4.2 Pratiche autorizzative per l'ottenimento dei permessi presso l'autorità portuale.....	35
5 STUDIO PRELIMINARE DI UN IMPIANTO PILOTA.....	35
5.1 Laboratorio strumentale	35
5.2 Valutazione preliminare dei costi della stazione sperimentale.....	36
6 SELEZIONE DEI DISPOSITIVI DA TESTARE.....	36
6.1 Tecnologie esistenti da adattare alle condizioni marine italiane	36
6.2 Prototipo di un dispositivo innovativo	36
7 CONVEGNO SULL'ENERGIA DAL MARE	38
8 CONCLUSIONI	38
9 BIBLIOGRAFIA.....	40

10	ALLEGATO 1	41
11	ALLEGATO 2	42
12	ALLEGATO 3	44
13	ALLEGATO 4	47

STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
00	31/03/2012	12001443	Prima emissione

SOMMARIO

Le risorse del mare sono una delle più promettenti fonti di energia rinnovabile. L'Italia, con quasi ottomila chilometri di coste, potrebbe essere uno dei paesi leader per la ricerca, lo sviluppo e l'implementazione di nuove tecnologie marine. Tuttavia, il minor potenziale energetico del Mediterraneo, se confrontato ad esempio con l'oceano Atlantico, determina la necessità di ulteriori sforzi nella valutazione dettagliata del potenziale energetico e nella ricerca scientifica sui metodi più idonei di generazione elettrica nel mare Mediterraneo.

Il presente studio è finalizzato alla realizzazione delle fasi preliminari di un progetto per l'installazione e lo sviluppo di una stazione sperimentale per la produzione di energia sfruttando il moto ondoso, con la collaborazione del Laboratorio di Oceanologia Sperimentale e Ecologia Marina della Università della Toscana, coordinato dal Prof. M. Marcelli.

In particolare, è stato realizzato un esaustivo analisi dello stato attuale delle tecnologie e si sono svolte le analisi preliminari indirizzate allo sviluppo di uno studio pilota, in stazione sperimentale, per la produzione di energia sfruttando il moto ondoso lungo la costa. Si riportano gli esiti del sopralluogo sulle zone ritenute più interessanti del Porto di Civitavecchia, e si propone il disegno preliminare di una metodologia innovativa, del tipo OWC (Oscillating Water Column), che permetterebbe di sfruttare l'energia dal moto ondoso per la generazione elettrica lungo le strutture dei molli portuali.

SUMMARY

Marine sources is one of the most promising sources of renewable energy. Italy, with almost eight thousand kilometers of coastline, could be one of the leading countries for research, development and implementation of new marine technologies. However, the lowest energy potential of the Mediterranean, compared for example with the Atlantic Ocean, determines the need for further efforts in the detailed assessment of the potential energy and scientific research on the most suitable methods of generating electricity in the Mediterranean Sea.

The present study is aimed at the realization of the preliminary phases of a project for the installation and the development of an experimental station for the production of energy by exploiting the wave motion, with the collaboration of the Laboratory of Experimental Oceanology and Marine Ecology of the University of La Tuscia, coordinate by Prof. M. Marcelli.

In particular, it was made an exhaustive analysis of the current state of technology, and were conducted preliminary analyzes addressed the development of a pilot study in experimental station for the production of energy by exploiting the wave along the coast. In addition, presents the results of the survey on the areas deemed most interesting of the Port of Civitavecchia, and proposes the preliminary design of an innovative methodology, the type OWC (Oscillating Water Column), that allows converting wave energy into electricity along the port structures.

RIASSUNTO ESTESO

Le risorse del mare sono una delle più promettenti fonti di energia rinnovabile. L'Italia, con quasi ottomila chilometri di coste, potrebbe essere uno dei paesi leader per la ricerca, lo sviluppo e l'implementazione di nuove tecnologie marine. Tuttavia, il minor potenziale energetico del Mediterraneo, se confrontato ad esempio con l'oceano Atlantico, determina la necessità di ulteriori sforzi nella valutazione dettagliata del potenziale energetico e nella ricerca scientifica sui metodi più idonei di generazione elettrica nel mare Mediterraneo.

Il presente documento è finalizzato alla realizzazione delle fasi preliminari di un progetto per l'installazione e lo sviluppo di una stazione sperimentale per la produzione di energia sfruttando il moto ondoso. In particolare, per avviare la ricerca è necessario conoscere sia la tecnologia - o le tecnologie - di riferimento che s'intende testare, siano le caratteristiche del luogo dove poter implementare una stazione pilota. La combinazione di questi fattori porta alla scelta della tecnologia più facilmente adattabili alle condizioni meteomarine locali ed alla scelta del sito più idoneo per le necessità specifiche del progetto.

Nello specifico, vengono presentati gli esiti del sopralluogo fotografico e rilevamento dei fondali sulle zone ritenute più interessanti del Porto di Civitavecchia, condotto in cooperazione con il Laboratorio di Oceanologia Sperimentale ed Ecologia Marina dell'Università della Tuscia e la Capitaneria di Porto di Civitavecchia, indirizzati ad individuare i siti più idonei agli studi e ad avviare le procedure di autorizzazione necessarie per l'implementazione di una stazione sperimentale (figura 1).



Figura 1 Distribuzione dei punti individuati durante le indagini presso il Porto di Civitavecchia

Dall'analisi approfondita sullo stato dell'arte, è emerso che alcuni dispositivi mostrano caratteristiche che li rendono più facilmente adattabili alle condizioni meteo-marine del Tirreno centrale e alle possibilità d'installazione presso il porto di Civitavecchia. In particolare, i dispositivi più interessanti per un'applicazione sperimentale sembrano essere soprattutto l'*Oscillating wave surge converter* della SDE Energy ed il sistema integrabile *Aegir Dynamo* della Ocean Navitas, ambedue ancora in fase sperimentale.

Nonostante molte tipologie di convertitori siano già stati proposti e/o sviluppati, la scarsità di progettazioni mature dal punto di vista tecnologico e l'efficienza, ancora non eccezionale, dei dispositivi verso una fase commerciale, spinge molti gruppi di ricerca a proporre nuove forme e nuovi concetti per conversione dell'energia delle onde. Nell'ambito della collaborazione tra RSE e l'Università della Tuscia si sta sviluppando un nuovo concetto di convertitore, denominato *Wave-Sax*. Per sintetizzare il concetto alla base, si potrebbe definirlo come un *Oscillating Water Column* (OWC), ma con la basilare distinzione che la turbina sfrutta direttamente il flusso dell'acqua, invece che dell'aria compressa all'interno di una camera (figure 2 e 3).

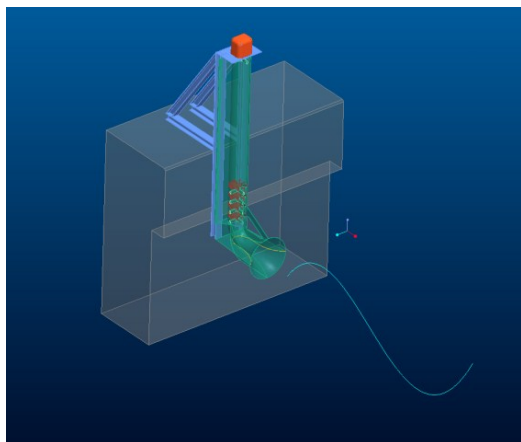


Figura 2 *Schema costruttivo*

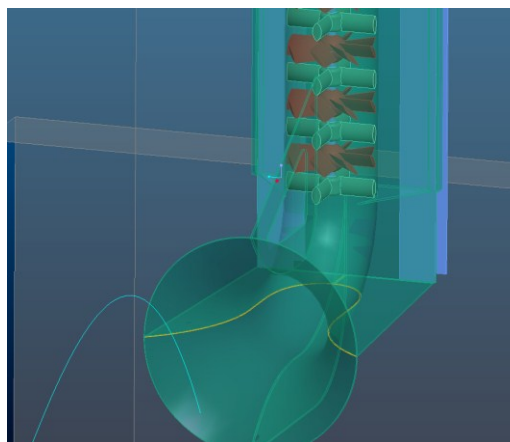


Figura 3 *Dettagli della sezione delle eliche*

Il dispositivo proposto, si orienta a “*incapsulare*” la potenza associata al moto ondoso, trasformandola in energia cinetica e poi in energia elettrica, nel suo passaggio attraverso una batteria di eliche di bassa velocità, collegate a sua volta ad un generatore di asse verticale.

Gli sviluppi futuri riguardano il passaggio alla seconda fase di progettazione, realizzando un prototipo in scala e conducendo test fisici in un laboratorio idraulico, come indicato nel “*Development and Evaluation Protocoll*” proposto dall’UE per lo sviluppo di questi tipi di convertitori energetici da fonti marine.

1 INTRODUZIONE

Il presente Rapporto è parte integrante della documentazione delle attività di Ricerca di Sistema previste dal “Piano Annuale di Realizzazione 2011” nell’ambito del progetto “Studi su potenziali sviluppi delle energie rinnovabili” (Area “PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA E PROTEZIONE DELL’AMBIENTE”) e ne costituisce il Rapporto Aggiuntivo al Deliverable n. 16.

Le risorse del mare sono una delle più promettenti fonti di energia rinnovabile. L'Italia, con quasi ottomila chilometri di coste, potrebbe essere uno dei paesi leader per la ricerca, lo sviluppo e l'implementazione di nuove tecnologie marine. Tuttavia, il minor potenziale energetico del Mediterraneo, se confrontato ad esempio con l'oceano Atlantico, determina la necessità di ulteriori sforzi nella valutazione dettagliata del potenziale energetico e nella ricerca scientifica sui metodi più idonei di generazione elettrica nel mare Mediterraneo.

Il presente documento è finalizzato alla realizzazione delle fasi preliminari di un progetto per l'installazione e lo sviluppo di una stazione sperimentale per la produzione di energia sfruttando il moto ondoso. In particolare, per avviare la ricerca è necessario conoscere sia la tecnologia - o le tecnologie - di riferimento che s'intende testare, siano le caratteristiche del luogo dove poter implementare una stazione pilota. La combinazione di questi fattori porta alla scelta della tecnologia più facilmente adattabili alle condizioni meteomarine locali ed alla scelta del sito più idoneo per le necessità specifiche del progetto.

Dall'analisi approfondita sullo stato dell'arte nel § 3, è emerso che alcuni dispositivi mostrano caratteristiche che li rendono più facilmente adattabili alle condizioni meteo-marine del Tirreno centrale e alle possibilità d'installazione presso il porto di Civitavecchia.

Inoltre nel § 4, vengono presentati gli esiti del sopralluogo fotografico e rilevamento dei fondali sulle zone ritenute più interessanti del Porto di Civitavecchia, condotto in cooperazione con il Laboratorio di Oceanologia Sperimentale ed Ecologia Marina dell'Università della Tuscia e la Capitaneria di Porto di Civitavecchia, indirizzati ad individuare i siti più idonei agli studi e ad avviare le procedure di autorizzazione necessarie per l'implementazione di una stazione sperimentale.

Nonostante molte tipologie di convertitori siano già stati proposti e/o sviluppati, la scarsità di progettazioni mature dal punto di vista tecnologico e l'efficienza, ancora non eccezionale, dei dispositivi verso una fase commerciale, spinge molti gruppi di ricerca a proporre nuove forme e nuovi concetti per conversione dell'energia delle onde. Nell'ambito della collaborazione tra RSE e l'Università della Tuscia si sta sviluppando un nuovo concetto di convertitore, denominato *Wave-Sax*, presentato nel § 4, che si potrebbe definire come un Oscillating Water Column (OWC), ma con la basilare distinzione che la turbina sfrutta direttamente il flusso dell'acqua, invece che dell'aria compressa all'interno di una camera.

2 METODOLOGIA DELLO STUDIO

Come descritto del precedente paragrafo, l'obiettivo della ricerca è quello di individuare le soluzioni tecnologiche più facilmente adattabili alle infrastrutture disponibili ed alla descrizione delle stesse, nei siti di maggior interesse lungo la costa italiana.

Il lavoro si articola in tre fasi. Nella prima viene effettuato un aggiornamento dello stato dell'arte delle tecnologie per la produzione di energia da moto ondoso, in cui si presentano le soluzioni più promettenti, sia prossime alla fase commerciale, sia ancora in fase sperimentale. Nella seconda fase vengono presentati i risultati del sopralluogo effettuato all'interno dello specchio d'acqua del Porto di Civitavecchia e sui lati interno ed esterno dell'antemurale, nonché una selezione dei dispositivi adatti alla sperimentazione, sia già esistenti che ex-novo.

Nella prima fase, il lavoro si concentra sulla descrizione delle tecnologie proposte a livello internazionale, suddivise in base alla loro posizione di installazione rispetto alla costa, con indicazione del principio di funzionamento e della fase di sviluppo. A causa della scarsità di informazioni su dispositivi ancora lontani dalla fase commerciale, la descrizione delle varie proposte non è sempre omogenea ed alcuni dati possono mancare.

Nella seconda fase, si effettua un sopralluogo fotografico con rilevamento dei fondali marini all'interno del Porto di Civitavecchia, condotto in cooperazione con la Capitaneria di Porto di Civitavecchia, riportando le immagini relative ai siti considerati più idonei per l'implementazione di una stazione sperimentazioni pilota, includendo le procedure autorizzative necessarie per l'avvio del progetto.

Finalmente, nella terza fase, si riportano considerazioni sui migliori dispositivi attualmente disponibili e la descrizione di una nuova tecnologia, al momento in fase di sviluppo, denominato *Wave-Sax* che permetterebbe di sfruttare l'energia disponibile dal moto ondoso per la generazione elettrica lungo le opere di difesa portuali.

3 CLASSIFICAZIONE DEI CONVERTITORI

3.1 Shoreline

3.1.1 Tipologia Oscillating Water Column

WAVEGEN (Scozia)

Il principale dispositivo della Wavegen è il LIMPET (Land Installed Marine Power Energy Transmitter) un OWC shoreline costruito sulla Islay Island, in collaborazione con la Queens University of Belfast. Il LIMPET è stato progettato come una struttura in calcestruzzo costruita nella roccia di una scogliera su un fondale di 10m; è stato realizzato per una capacità di 75 kW, utilizzando una turbina Wells ed un generatore a induzione. E' stata progettata una colonna d'acqua obliqua, preferita ad una verticale, sia per limitare turbolenza e perdita di energia, sia perché, per una data sezione della camera, permette di aumentare la superficie piana della colonna d'acqua. Il LIMPET è collegato alla rete elettrica.

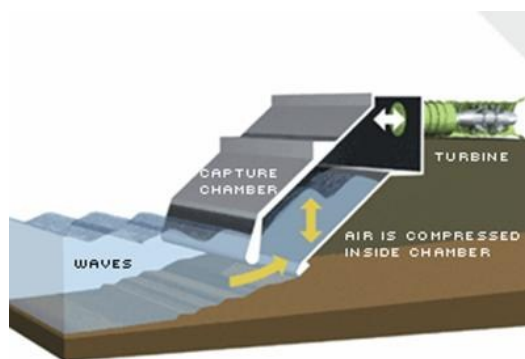


Figura 1 LIMPET. A sinistra schema di funzionamento, a destra prima installazione sperimentale

Il primo LIMPET che è stato installato, è stato commissionato nel 1991 come progetto dimostrativo e soprattutto come strumento di studio per la ricerca e lo sviluppo delle possibilità del dispositivo. E' stato in funzione fino al 1999. Nonostante la potenza di 75 kW non abbia permesso di certificare le possibilità di raggiungere una scala commerciale di produzione elettrica, il dispositivo è stato tuttavia molto utile nel fornire risposte sul campo e un importante database operativo. Sempre ad Islay, nel 2000, è stato installato il LIMPET 500, a cui sono state apportate alcune innovazioni tecnologiche che permettono di migliorare la resa energetica fino a 500 kW.

Un altro importante progetto è quello realizzato nel 2010 a Mutriku, Spagna, in cui è stata sviluppata la possibilità di installare dei piccoli generatori a colonna d'acqua oscillante sulle barriere frangiflutti in calcestruzzo. Nella città dei Paesi Baschi, su una struttura della lunghezza di 600m che poggia su un fondale di 7 m, sono state installate sedici colonne oscillanti da 18.5 kW ciascuna per una potenza nominale di circa 300kW.

WAVENERGY.IT

WAVENERGY.IT è una società nata nel 2010 come spin-off dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria, con lo scopo di sviluppare un dispositivo per la produzione di energia dalle onde del genere Oscillating Water Column.

Il convertitore, denominato REWEC (Resonant Wave Energy Converter), è concepito per essere integrato in barriere frangiflutti e strutture di difesa portuali.

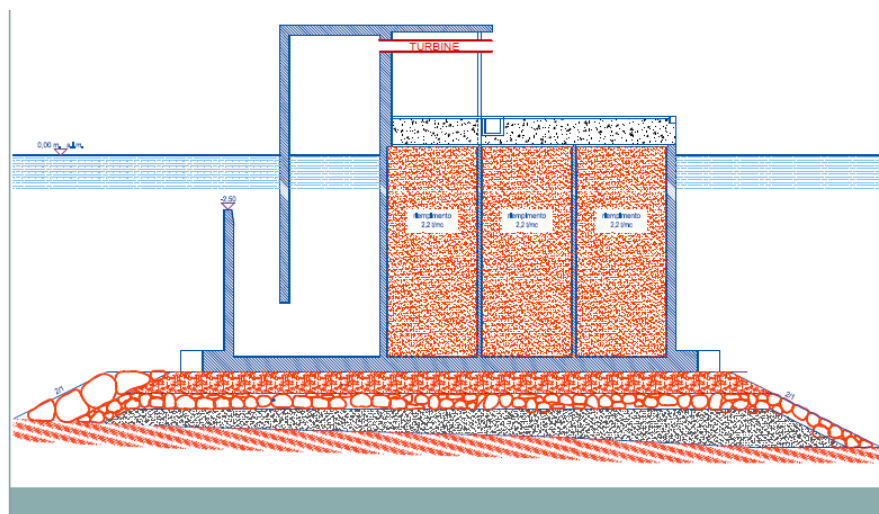


Figura 2 Sezione di un antemurale equipaggiato con un sistema REWEC

La caratteristica distintiva del REWEC è l'apertura di accesso della camera d'aria, che si articola in un doppio sbarramento, disegnato per massimizzare l'oscillazione del livello superficiale dell'acqua.

Dopo una serie di test in scala, sono stati installati dei dispositivi prototipo in scala reale in prossimità della sponda calabrese dello Stretto di Messina. Attualmente sono in fase di progettazione degli impianti da integrare nell'antemurale dei porti di Civitavecchia e Genova.

3.1.2 Tipologia Overtopping

WAVEENERGY

Il Seawave Slot-cone Generator (SSG) è un dispositivo del genere Overtopping sviluppato dalla società norvegese WAVEnergy. Questa tecnologia è stata concepita per funzionare allo stesso tempo come frangiflutti in aree costiere e come convertitore di energia. Il principio alla base del SSG è il classico overtopping in cui ad essere sfruttata è la differenza di energia potenziale gravitazionale tra cavo e cresta d'onda. La struttura consiste di una rampa per la risalita delle onde in cui a varie altezze si aprono fenditure per l'ingresso delle onde, la cui acqua raggiunge dei serbatoi interni posti a differenti elevazioni rispetto alla superficie libera dell'acqua. L'acqua immagazzinata viene lasciata fluire attraverso turbine durante il passaggio dei successivi cavi.

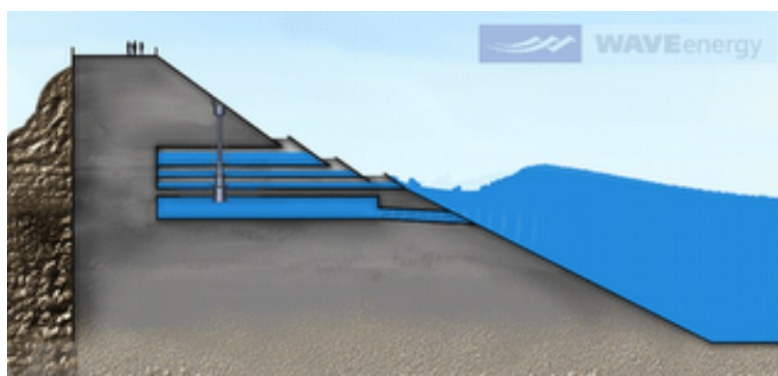


Figura 3 Sezione di un frangiflutti progettato con sistema SSG

Nel 2005 è iniziato un programma per la sperimentazione del Seawave Slot-cone Generator in scala reale, il progetto è in svolgimento a Kvitsøy, Norvegia, in collaborazione con NTNU (Norwegian University of Science and Technology) che fornisce l'assistenza tecnica.

WITTEVEN/DELTA MARINE/ DELFT

Una cooperazione olandese tra Witteveen+Bos Consulting Engineering, Delta Marine Consultants e Delft University of Technology ha portato ad un ulteriore sviluppo del concetto di overtopping per produzione di energia integrata con opere di difesa costiera.

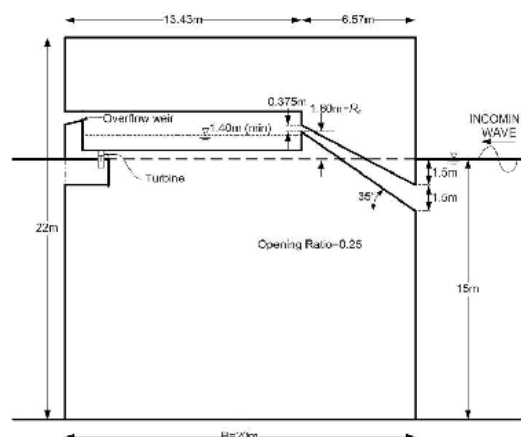
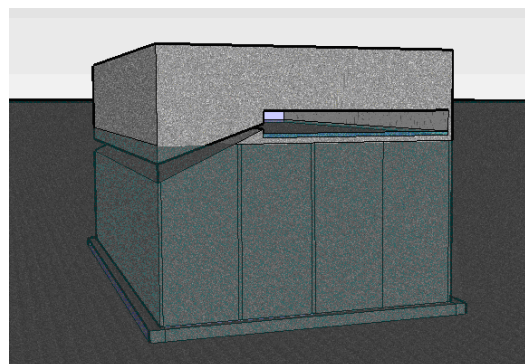


Figura 4 A sinistra immagine di un modulo di barriera dotata del sistema di conversione. A destra schema di funzionamento

Tale concetto prevede una struttura incassata nel frangiflutti, con un'apertura al disotto del livello medio della superficie del mare. Tramite un condotto che si stringe gradualmente per incrementare la pressione, l'acqua viene forzata in un serbatoio di accumulo, da cui viene rilasciata attraverso una turbina.

Secondo i risultati dei test effettuati in laboratorio fisico, l'output energetico medio è risultato essere compreso tra 5.8 e 16.7 kWh/m all'anno, per un range di altezza d'onda compreso tra 0.75 e 2.25 m (periodo di picco 6-12 secondi), con un'efficienza del 9-12%

3.1.3 Tipologia Oscillating Wave Surge Converter

SDE ENERGY

La SDE ha sviluppato una tecnologia Oscillating Wave Surge Converter per la conversione di energia dalle onde adatto in particolar modo per l'utilizzo su opere di difesa costiera e barriere frangiflutti dei porti, oltre che su altri tipi di sostegno per le applicazioni offshore. Si tratta di un modulo composto da due piastre galleggianti collegate a delle pompe idrauliche, a loro volta connesse ad una turbina: le onde che colpiscono la barriera sollevano le piastre galleggianti che comprimono nel loro movimento, le pompe idrauliche, le quali trasferiscono l'energia immagazzinata nel fluido interno, al rotore della turbina. Il sistema è molto semplice, e permette quindi una semplice manutenzione, sia perché non vi sono parti sommerse, sia perché è ridotto il numero delle componenti. Il modulo di maggiore capacità testato dalla SDE è tarato sui 40 kW, e può essere installato in serie per garantire una produzione anche oltre i 100 MW.



Figura 5 Immagine di un modulo di conversione di energia in scala reali durante i test in Israele

Il dispositivo è in fase commerciale. Dopo la fase di progettazione, il dispositivo è stato testato nelle acque israeliane per quasi un anno, ed è ora pronto per l'installazione su scala commerciale. La SDE ha ottenuto dal governo israeliano la concessione per produrre e vendere 50 MW di elettricità per 20 anni. Inoltre è attualmente in trattativa per lo sviluppo di progetti in Indonesia, per cui si sta analizzando la possibilità di costruire una centrale da 100 MW, in Pakistan in Tanzania ed in Gambia.

3.1.4 Altre Tipologie

OCEAN NAVITAS

Ocean Navitas sta sviluppando un convertitore per installazione su opere di difesa costiera come frangiflutti ed antemurali; tale dispositivo è denominato Aegir Dynamo e, oltre alla soluzione shoreline, può essere progettato per essere installato nearshore o offshore, assorbendo energia da tutte le direzioni di provenienza del moto ondoso con un point absorber.

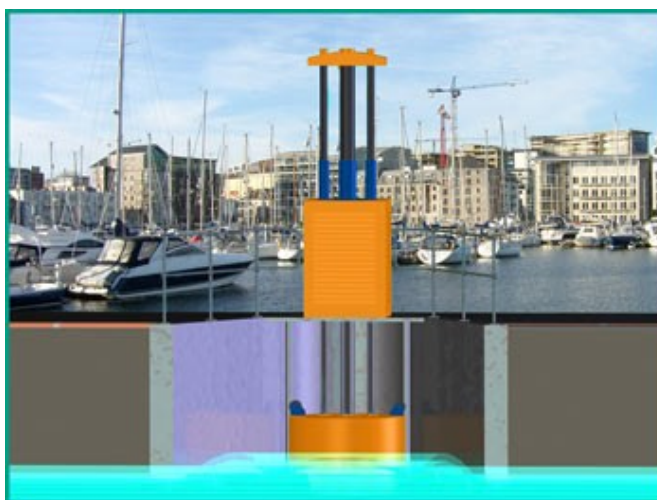


Figura 6 Immagine descrittiva di un generatore integrato in un frangiflutti

Aegir Dynamo è costituito da una struttura fissa ed emersa in cui sono alloggiati le componenti elettriche e da una boa galleggiante libera di compiere movimenti verticali seguendo il moto ondoso. Le oscillazioni della boa imprimono un movimento rotatorio ad un generatore, all'interno del quale è posizionato un magnete fisso, producendo elettricità. Tale sistema è in grado di iniziare a generare energia con onde di 30 Cm, con una produzione ottimale di 45 kW con onde di 1.5 metri per singolo modulo.

3.2 Nearshore

3.2.1 Tipologia Submerged Pressure Differential

CARNAGIE WAVE ENERGY LIMITED

È una società incorporata presso la Isle of Man – UK, il progetto di sviluppo tecnologico sullo sfruttamento dell'energia delle onde è ubicato in Australia.

Il dispositivo tecnologico sviluppato in Australia è chiamato CETO (schema del sistema in figura 7) ed è costituito da due elementi principali: un sistema di pompaggio, ed un generatore ad esso collegato, ubicato a terra. Il sistema di pompaggio è costituito da una serie di boe completamente sommerse e ancorate al fondo, il cui continuo movimento oscillatorio viene sfruttato come pistone per pressurizzare l'acqua marina che viene poi fatta decorrere verso riva. Le boe sono auto-settanti rispetto al range di

marea, allo stato del mare e all'altezza d'onda significativa. Quando l'acqua raggiunge la riva, la pressione a cui è sottoposta permette di forzare una turbina che genera elettricità.

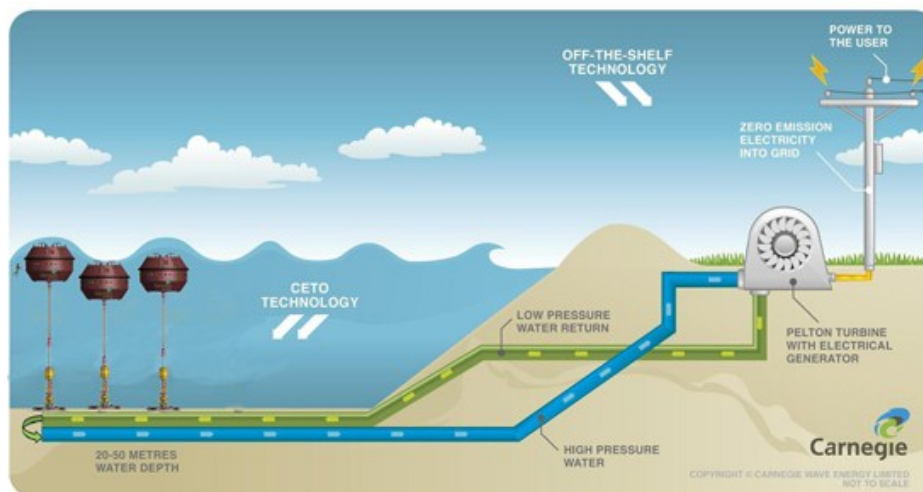


Figura 7 Principio di funzionamento del sistema CETO

Nel periodo dal 1999 al 2003 sono state effettuate le prime sperimentazioni, modelli in scala e test in laboratori fisici a generazione di onde; tra il 2003 e il 2006 è stato realizzato e testato un prototipo dimostrativo; nel periodo 2006-08 il sistema è stato sperimentato in scala reale in mare a Fremantle, Australia. Tra il 2009 e il 2011 sono stati condotti test in condizioni reali sulla più recente versione del dispositivo (CETO III). Nel 2012 il sistema CETO dovrebbe essere pronto per essere immesso sul mercato in scala commerciale.

AWS OCEAN ENERGY Ltd

Tecnologia: il principale prodotto è l'Archimedes Waveswing. Questo dispositivo consiste di una boa dalla forma cilindrica ancorata al fondale; le onde che arrivano muovono una struttura piena d'aria contro un cilindro fisso, e il movimento oscillatorio viene convertito in elettricità. Quando un'onda si avvicina la pressione idrostatica sul cilindro aumenta e la parte superiore del galleggiante comprime il gas all'interno per bilanciare la pressione; il contrario avviene quando passa il cavo dell'onda che permette al cilindro di espandersi. Il movimento relativo tra la parte flottante e la parte fissa inferiore è convertito in energia elettrica per mezzo di un sistema idraulico.

Un dispositivo tipico è costituito da una serie di 12 celle, ognuna delle quali è larga circa 16 metri e profonda 8, disposte intorno ad una struttura circolare con diametro complessivo di 60 m. un sistema di questo tipo è in grado di produrre una media di 2.5 MW in mari energetici. L'ancoraggio della struttura è stato disegnato per essere lasso e permettere un'installazione anche su fondali di 100 m di profondità



Figura 8 Immagine descrittiva di una serie di convertitori AWS

Dopo i test effettuati sulla singola cella, realizzati sia in canalette idrauliche, sia in mare, attualmente sono in corso sperimentazioni in laboratorio fisico dell' AWS-III completo in scala. Nel 2013 dovrebbero iniziare i test del dispositivo in scala reale, che secondo i programmi dovrebbe essere sottoposto a test in mare nel 2014.

3.2.2 Tipologia Point Absorber

WEMPOWER

WEM (Wave Energy Module), brevetto internazionale, è un sistema modulare studiato per estrarre energia dalle onde. Ogni modulo è composto da una struttura centrale di acciaio a cui sono collegati, tramite bracci, sei galleggianti del peso di circa 1.000 kg l'uno (peso che si ottiene grazie al riempimento parziale con acqua), andando a formare un'immagine simile a quella di un ragno. Il modulo misura circa 6 m di diametro e pesa 1.400 kg, cui si deve aggiungere il peso dei galleggianti. La struttura centrale contiene all'interno un generatore di 7 kilowatt nominali e viene posizionata a livello del 'medio-mare' (cioè tenendo conto delle maree), fissata (o ancorata) al fondo, in modo da poter resistere a eventuali correnti o mareggiate. I galleggianti, nella fase discendente dell'onda, trasferiscono la loro energia ad un dispositivo interno alla struttura centrale, tramite i bracci.



Figura 9 WEM. Test in mare di un singolo modulo

Lo Studio di Ingegneria WEMPOWER , dopo aver brevettato WEM a livello internazionale, ne ha costruito un prototipo con le caratteristiche del modulo base e ha condotto i primi test in mare, con esiti positivi. E' stata quindi studiata una nuova forma di galleggianti per un miglioramento dell'effetto spinta; di seguito sono previste altre prove in mare, per la verifica delle prestazioni complessive, in funzione dei diversi tipi di onda.

Lo sviluppo successivo di WEM prevede quindi la realizzazione di una piccola centrale dimostrativa di 18 moduli, per un totale di circa 130 kilowatt (dimensione sufficiente per fornire energia a una piccola comunità).

DARTMOUTH WAVE ENERGY LIMITED

SEARASER è il dispositivo proposto dalla società inglese Dartmouth Wave Energy Limited. Il sistema, disegnato per installazioni vicino alla linea di costa, è costituito da una serie di boe galleggianti tipo point absorber collegate ad un bacino di raccolta a terra. Quando le boe oscillano al passaggio delle onde viene generata una pressione, tramite la quale acqua di mare viene inviata a terra nel bacino di raccolta, posto al di sopra del livello del mare. Dal bacino l'acqua viene rilasciata attraverso condotte, al termine delle quali è posizionata una tipica turbina idroelettrica.

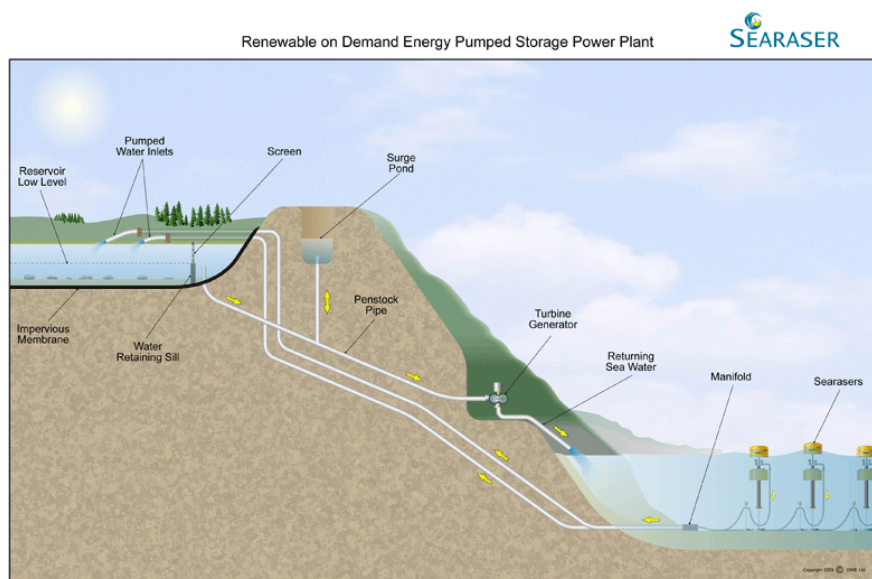


Figura 10 Principio di funzionamento del sistema di generazione SEARASER

Nel 2009 sono stati effettuati dei test in mare di un modello in scala della boa. Secondo le stime fatte in base ai risultati di questi test, il sistema in scala reale potrebbe produrre energia ad circa 0.02 € per kW, sebbene l'output nominale di produzione e il clima d'onda relativo non siano disponibili.

GIANTGIEM

GIANT-GIEM: i dispositivi proposti in questo progetto sperimentale, che sfruttano l'energia del moto ondoso, sono il GIANT (Generatore Integrato Autonomo Non Tradizionale) e il GIEM (Generatore Integrato ElectroMagnetico). Il brevetto Giant in particolare, produce energia tramite una parte fissa detta "statore" montata sulla parte rigida del sistema e una parte mobile detta "rotore" montata sul galleggiante o boa, a produrre energia elettrica. Alla fine del processo riesce a fornire energia elettrica con una tensione di 220V, quindi in grado di essere "accettata" dalla linea elettrica Enel.

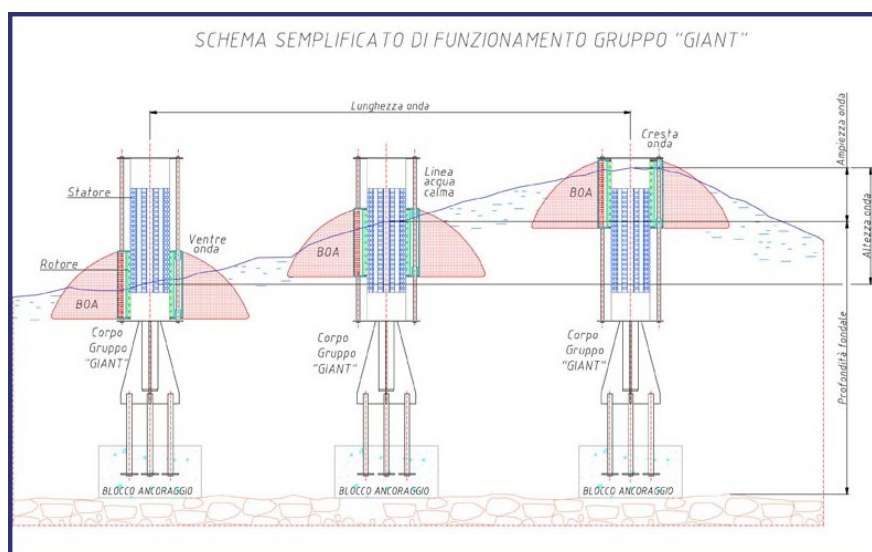


Figura 11 Disegno descrittivo del funzionamento dei moduli GIANT

I moduli in sperimentazione hanno una potenza nominale di 3 kW. Secondo le prime stime i costi di installazione dei moduli sono di 5-6.7 €/W

3.2.3 Tipologia Oscillating Wave Surge Converter

AQUAMARINE

L'Oyster è un dispositivo del genere Oscillating Wave Surge Converter, sviluppato dalla società scozzese Aquamarine. È costituito da una piattaforma ancorata al fondale su cui è fissata una grande piastra libera di seguire le oscillazioni indotte dal passaggio delle onde.

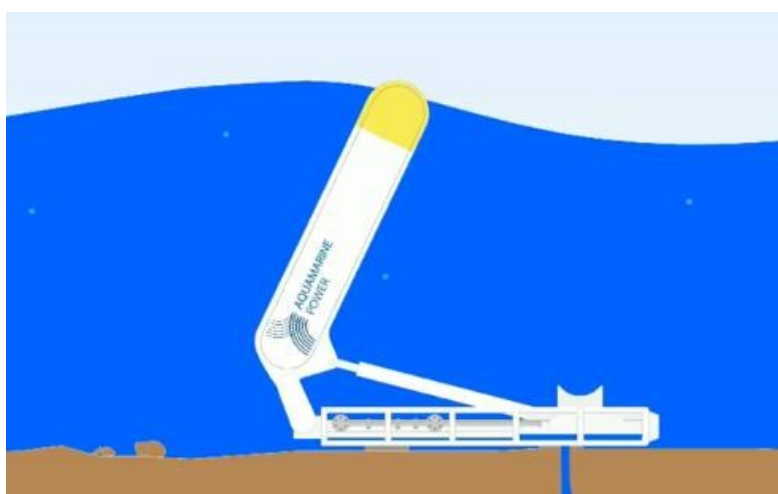


Figura 12 Immagine descrittiva del principio di funzionamento dell'Oyster.

Il sistema Oyster attualmente in fase di sviluppo ha grandi dimensioni ed è progettato per essere installato su fondali di 10-15 metri di profondità, o circa 500 m dalla costa, ma potrebbe essere sviluppato in dimensioni minori per essere adattato alle condizioni meteomarine mediterranee. Un fluido ad alta pressione viene spinto a terra tramite condotte sottomarine, qui viene sfruttato per forzare una turbina. Tale sistema consente di posizionare il generatore e la componente elettrica fuori dall'acqua, con grandi vantaggi in termini di gestione.

Tale sistema è stato testato in scala in canaletta idrauliche, nel 2009 sono iniziati i test in mare ed in scala reale. Attualmente sono in corso i lavori per l'installazione e successivo ampliamento di un array di dispositivi ad Orkney, Scozia, presso le infrastrutture dell'EMEC.

AW-ENERGY OY

Il WaveRoller è un dispositivo del genere Oscillating Wave Surge Converter sviluppato dalla società finlandese AW-Energy Oy. Concepito per installazione sul fondale marino, è in grado di convertire in elettricità la pressione indotta dal passaggio delle onde

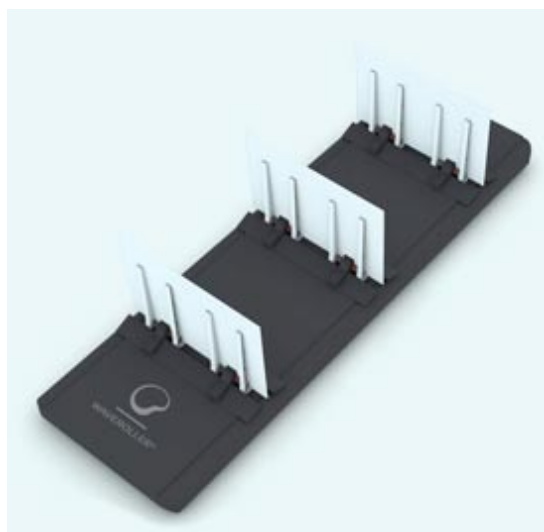


Figura 13 *Singolo modulo Waveroller, costituito da un supporto piano ancorato al fondo e dalle piastre libere di oscillare*

La struttura consiste di una piattaforma ancorata sul fondo su cui sono alloggiati tre piastre verticali, fissate alla base sulla piattaforma e libere di muoversi. Il passaggio delle creste e dei cavi d'onda inducono un movimento oscillatorio che viene convertito in elettricità tramite pompe idrauliche:

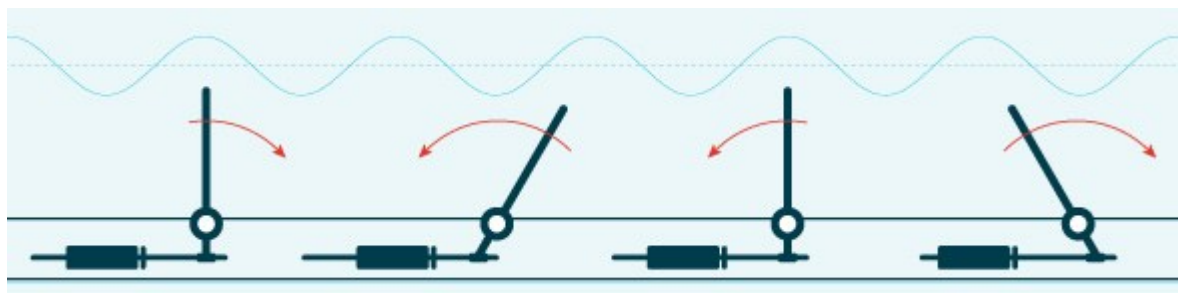


Figura 14 *Principio di funzionamento del Waveroller*

Il WaveRoller è stato testato sia a Peniche, Portogallo, sia in Scozia presso lo European Marine Energy Centre (EMEC).

BIOPOWER SYSTEM

La società australiana BioPower System ha sta sviluppando il BioWave, un dispositivo convertire l'energia del moto ondoso in acque poco profonde, inseribile nella categoria dei Oscillating Wave Surge Converter. Il principio alla base di tale strumento è ispirato alle macroalghe che, ancorate al fondale, percorrono tutta la colonna d'acqua fino alla superficie e d oscillano al passaggio delle onde.

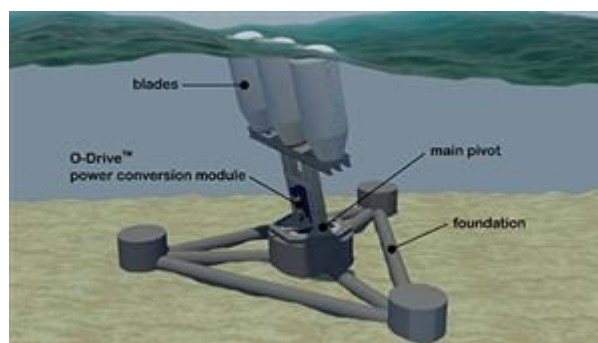


Figura 15 Immagine grafica di un modulo di conversione BioWave

Sebbene sia progettato per essere installato su fondali di 40-50 metri, con ulteriori sforzi di sviluppo potrebbe essere adattato per utilizzo su fondali meno profondi.

Attualmente il BioWAVE non è ancora arrivato alla fase commerciale e i test in scala reale sono ancora in fase preliminare, tuttavia esistono progetti di ricerca in Australia, California e Spagna.

3.2.4 Tipologia Attenuator

WAVESTAR ENERGY

Il Wave Star della Wave Star Energy consiste di una struttura costiera simile a un pontile, orientata perpendicolarmente al fronte d'onda incidente e dotata su entrambi i lati di una serie di boe galleggianti collegate alla struttura da sistemi idraulici; il passaggio delle creste e dei cavi d'onda determina un'oscillazione differenziale dei flottanti con conseguente conversione dell'energia del fronte in energia idraulica, sfruttata per forzare un generatore.



Figura 16 Sistema Wavestar durante i test in scala 1:2

Lo sviluppo del Wavestar è iniziato nel 2000. Nel 2004 sono iniziati i test in canaletta idraulica di un convertitore in scala 1:40, mentre nel 2005 è stata avviata la sperimentazione in mare di un modello in

scala 1:10 a Nissum Bredning. L'esito positivo di questi test ha portato all'installazione di un dispositivo in scala 1:2 nel 2009 che da Febbraio 2010 è stato connesso alla rete elettrica. I test sono tuttora in corso.

DEXAWAVE AS

DEXA è un convertitore di energia del moto ondoso sviluppato dalla danese DEXAWAVE. Il dispositivo consiste di due pontoni uniti insieme e liberi di oscillare uno rispetto all'altro. Alle estremità ci sono dei galleggianti tubolari a cui il passaggio di creste e cavi d'onda imprime movimenti verticali. Tali oscillazioni forzano un sistema di pompe idrauliche, il cui flusso in uscita forza una turbina.

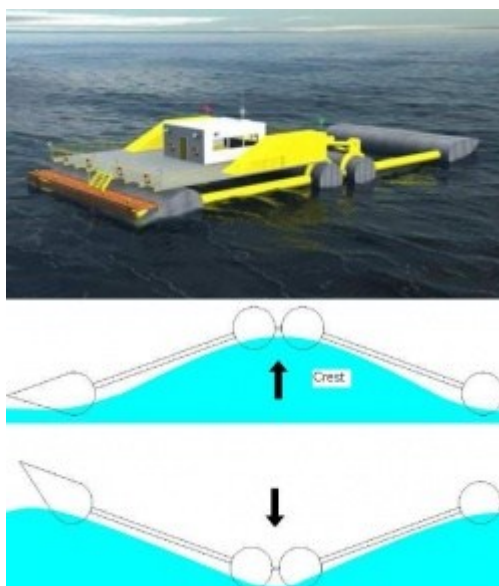


Figura 17 *Descrizione grafica del sistema di conversione DEXA*

Come tutti i convertitori, l'output energetico è dipendente dalle dimensioni della struttura e dal clima d'onda del sito specifico. Secondo i test effettuati in scala in laboratori fisici, la potenza in uscita, per un'onda di altezza significativa media di 1.5 metri, è di 13 kW ed il dimensionamento corretto per questo tipo di clima prevede una larghezza totale di 8 m e lunghezza 20 m.

Attualmente è in corso una sperimentazione in mare, davanti alla città maltese di Marsascala, di un convertitore DEXA in scala 1:10. Questa sperimentazione risulterà particolarmente utile per conoscere le reali possibilità del dispositivo in bacini poco energetici come il Mediterraneo.

3.2.5 Altre Tipologie

WAVE FOR ENERGY

Wave for Energy è una società nata come spin-off del Dipartimento di Meccanica del Politecnico di Torino. Lo scopo è quello di sviluppare un nuovo concetto di conversione dell'energia del moto ondoso in un dispositivo chiamato ISWEC (Inertial Sea Wave Energy Converter). Tale sistema è costituito da un corpo galleggiante, ancorato al fondale, con l'asse principale orientato perpendicolarmente al fronte d'onda e sfrutta il beccheggio indotto dal passaggio di cavi e creste.

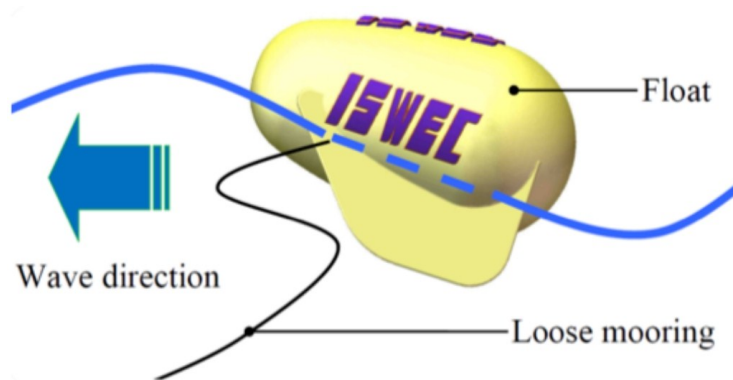


Figura 18 *Descrizione grafica del dispositivo ISWEC*

Grazie alla combinazione della velocità di beccheggio con la velocità di rotazione di un volano interno, nascono gli effetti inerziali che generano una coppia giroscopica attorno all'asse di precessione. Il moto di oscillazione indotto dalle onde è sfruttato per indurre un generatore, convertendone l'energia. Un convertitore tipico ha una potenza nominale di 60 kW

Il vantaggio di tale sistema ha una potenza nominale di consiste nel fatto che il parametro principale nella valutazione dell'energia estraibile è la frequenza delle onde, invece dell'altezza. Questa caratteristica rende il dispositivo ideale per installazioni in Mediterraneo, un bacino con altezze relativamente limitate, ma con alte frequenze.

Dalla costruzione del primo prototipo in scala, nel 2007, sono stati condotti numerosi test in divise canalette idrauliche. Tra la fine del 2011 e l'inizio del 2012 saranno condotte sperimentazioni in mare sia di un modello in scala, sia di un convertitore in scala reale.

IWAVE - INDIAN WAVE ENERGY DEVICE

Questo dispositivo sviluppato in India, è costituito da una struttura di supporto verticale fissata al fondale; alla base è alloggiata una boa collegata ad un pistone. Il movimento verticale indotto dal moto ondoso forza il pistone che, alla sua estremità superiore prevede un albero a gomiti. Questa componente permette di convertire il moto verticale del pistone direttamente in moto rotazionale, generando quindi elettricità tramite un alternatore.

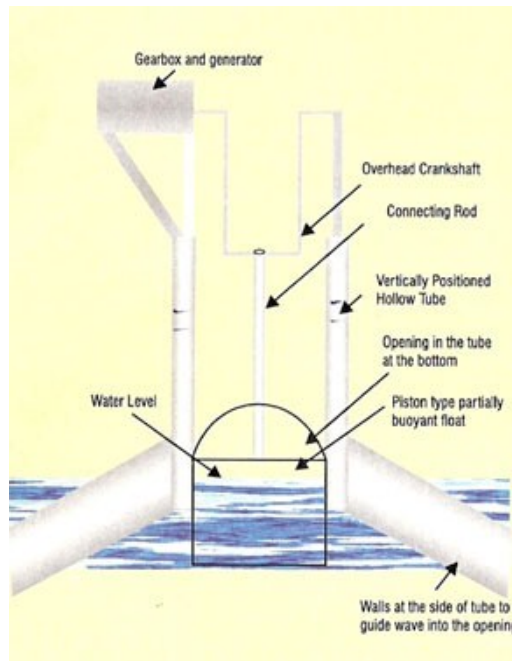


Figura 19 *Descrizione grafica della struttura dell'IWAVE*

Differenti altezze d'onda determinano differenti velocità di rotazione. Maggiore è la velocità di rotazione maggiore è l'energia prodotta. Il vantaggio di questo sistema consiste nel fatto che l'energia delle onde è convertita direttamente in energia meccanica in grado di produrre energia attraverso l'alternatore e limitano quindi perdite e dissipazioni. Un altro vantaggio è dato dal fatto che tutte le parti elettriche sono emerse e facilmente raggiungibili per la manutenzione.

3.3 Offshore

3.3.1 Tipologia Point Absorber

OCEAN POWER TECHNOLOGIES (USA)

I dispositivi finora testati sono OPT's Power Buoy, PB-40 (figura 19) tarato sui 40 kW, e PB-150 tarato sui 150 kW. E' un convertitore di energia meccanica delle onde, il cui corpo principale risulta quasi completamente sommerso. All'interno, una struttura simile a un pistone, è libera di muoversi verticalmente durante il passaggio delle onde; questo movimento forza un generatore che produce energia elettrica, che è poi inviata a terra tramite un cavo subacqueo. Le boe di questo tipo possono essere impiantate in serie e collegate insieme per generare la capacità elettrica necessaria. Lo schema di funzionamento e i dettagli tecnici non sono attualmente disponibili sul web.



Figura 20 OPT point absorber

Il convertitore in fase di sviluppo più avanzata è il dispositivo della potenza nominale di 40 kilowatt (PB40). È stato a lungo testato in condizioni reali al largo di Atlantic City, New Jersey; dai risultati di questi test sono state sviluppate due versioni del convertitore, una per l'arcipelago delle Hawaii ed uno per la costa atlantica della Spagna. Il progetto portato avanti ad Oahu, nelle Hawaii, è stato a fine 2010 il primo negli Stati Uniti ad essere collegato alla rete elettrica; ad oggi il convertitore è stato operativo per oltre 4400 ore. Il Progetto di Santona, Spagna, partito nel 2006 da una joint venture con Iberdrola e l'Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, porterà alla realizzazione di un impianto da 1.4 MW, collegato alla rete elettrica spagnola. Il prossimo passo di questo progetto è l'installazione di ulteriori boe da 150 kW (PB150). Quest'ultima tipologia, attualmente in fase di costruzione, sarà prima testata in scala reale nel 2011 in Inghilterra, presso il Wave Hub, in seguito verrà impiegata nella realizzazione della prima centrale commerciale americana, che sarà installata al largo dell'Oregon, probabilmente nel 2012; l'intero impianto avrà inizialmente una potenza nominale di 1.5 MW (fino a 50 MW nelle previsioni future), che con il clima d'onda della costa pacifica statunitense dovrebbe produrre secondo le stime, circa 4140 MWh/anno. Nel prossimo futuro verrà testato in mare anche la nuova versione del convertitore, il PB500.

WAVEBOB (Irlanda)

Il Wavebob è un self-reacting point absorber, con una struttura ad assi simmetrici caratterizzata da un ormeggio leggero. La naturale frequenza di galleggiamento del dispositivo può essere settata appositamente per ottenere il miglior adattamento possibile allo swell tipico del clima d'onda locale. Inoltre questo tipo di boa ha la capacità di compiere un tuning quasi istantaneo e un settaggio di lungo periodo delle naturali frequenze e bande di spettro. Per l'Atlantico si prevede una potenza elettrica media in uscita pari a circa 500 kW e oltre.



Figura 21 *Wavebob point absorber. A sinistra disegno grafico, a destra il Wavebob durante i test in mare*

Dopo alcune sperimentazioni in mare del Wavebob sulle coste irlandesi, e il positivo svolgimento dei test che hanno avuto buoni riscontri, sono stati siglati degli accordi per la costruzione di impianti di produzione di energia: in Irlanda, insieme alla società energetica statale svedese Vattenfall AB, è stato testato nel 2010 un dispositivo in scala reale, nell'ambito del progetto TONN Energy, che porterà nel 2013 all'inizio dei lavori dell'ipotetica centrale più grande del mondo, con una supposta capacità nominale di 250 MW.

3.3.2 Tipologia Attenuator

PELAMIS WAVE POWER (Società britannica operativa anche in Portogallo)

Pelamis Wave Power produce un dispositivo del genere attenuator, il Pelamis Wave Energy Converter (Figura 12). Questa macchina è una struttura articolata semi-sommersa composta da sezioni cilindriche collegate da giunzioni snodate. Il moto indotto dalle onde in queste giunture è contrastato da dei martinetti idraulici che pompano olio ad alta pressione attraverso dei motori idraulici che inducono dei generatori a produrre elettricità (rappresentazione grafica del modulo di generazione in figura 13). La tensione elettrica da tutte le giunture, è inviata attraverso un unico cavo dinamico ventrale ad una centralina posizionata sul fondo; in questo modo è possibile connettere più dispositivi ad un unico collettore. E' stata messa a punto una nuova configurazione delle giunture per indurre una risposta capace di adattarsi alle condizioni specifiche del sito, permettendo una massimizzazione dello sfruttamento energetico anche in bacini limitati. Il sistema è ancorato in maniera flessibile per fare in modo che la struttura sia sempre disposta frontalmente all'onda incidente. Il Pelamis è stato studiato per essere ancorato su fondali di circa 50-70 metri; ha una lunghezza di 140 m e 3.5 m di diametro, con tre moduli di conversione per macchina. La potenza nominale è di 750 kW.



Figura 22 Pelamis in funzione. A destra spaccato di un caratteristico modulo interno

Pelamis Wave Power è la prima società al mondo ad aver realizzato un impianto di generazione di energia dal moto ondoso al mondo su scala commerciale. Attualmente, tre convertitori Pelamis da 750 kW sono installati ed in funzione al largo di Aguçadoura, Portogallo, e ulteriori convertitori stanno per essere installati. Attualmente l'impianto è stato fermato in conseguenza di difficoltà economiche. Nell'ambito del progetto Aegir Wave Power, entro la fine del 2014, saranno installati i primi convertitori della centrale che sorgerà al largo delle Isole Shetland, con un array di circa 20 MW (26 macchine da 750 kW); la stessa potenza sarà installata anche al largo delle Isole Occidentali (Outer Hebrides) nell'ambito del Bernera Wave Farm, mentre è in fase di studio la realizzazione di un impianto do fronte alla costa di Bettyhill nel Sutherland che avrà, alla fine dell'ultima fase di installazione, una capacità di 50 MW.

CHECKMATE SEAENERGY

La società inglese Checkmate Seaenergy sta sviluppando un nuovo concetto di convertitore dell'energia del moto ondoso tramite un dispositivo chiamato Anaconda. Sebbene tale convertitore possa essere considerato un attenuator, per la tipologia di installazione perpendicolare al fronte d'onda, il principio di funzionamento differisce notevolmente dal classico Pelamis. Anaconda è infatti un lungo tubo di gomma riempito d'acqua, che galleggia appena al di sotto della superficie. Al passaggio di una cresta d'onda la testa del sistema viene sollevata e riportata verso il basso dal successivo cavo, generando un impulso all'interno del tubo che acquista energia muovendosi per la lunghezza del dispositivo e generando un flusso interno. L'energia delle onde viene immagazzinata all'interno del tubo, viene quindi convertita in elettricità tramite il sistema di generazione posto alla fine della struttura, che tramite una turbina sfrutta il flusso incanalato in questa maniera.

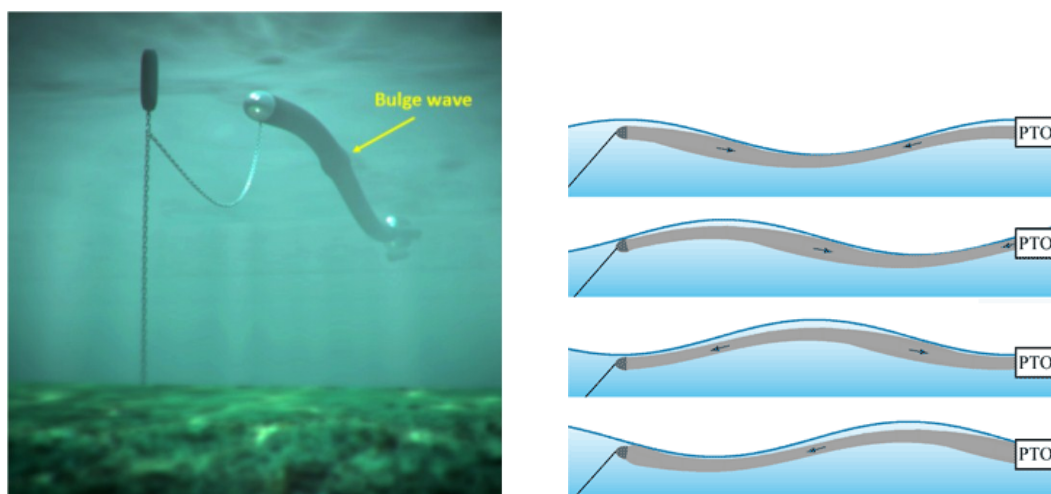


Figura 23 *A sinistra immagine grafica di un Anaconda installato e del suo ancoraggio. A destra principio di conversione del moto ondoso*

Attualmente il sistema non è ancora stato sperimentato in mare o dimensioni reali, anche se è stato sottoposto a numerose sperimentazioni in canaletta idraulica, per questo motivo non ci sono dati sufficienti sulla reale produzione potenziale. Secondo le prime stime di Checkmate Energy, un array di 50 dispositivi in scala reale sarebbe in grado di produrre energia sufficiente per 50000 abitazioni.

3.3.3 Tipologia Overtopping

WAVE DRAGON Ltd (Danimarca)

Tecnologia: il Wave Dragon (Figure 7 e 8) è un dispositivo per utilizzo offshore ancorato al fondo. Il principio è quello di sfruttare l'energia potenziale delle onde imponendo a queste un wave set-up su una rampa artificiale; è costituito da un corpo centrale contenente le turbine, un ampio serbatoio, e da due larghe ali con la funzione di convogliare le onde verso le turbine. Le onde vengono dirette verso una rampa, costruita con una particolare forma ellittica molto corta e relativamente ripida per minimizzare la perdita di energia, e da qui vengono immagazzinate nel serbatoio che, essendo posto sopra il livello del mare, ne conserva l'energia potenziale. Durante il passaggio del cavo tra due onde successive, l'acqua accumulata nel serbatoio è rilasciata attraverso una serie di turbine che iniziano e terminano la propria rotazione individualmente, in modo da avere una produzione elettrica più o meno costante. Le turbine sono classiche turbine idroelettriche che sfruttano un generatore a magnete fisso. L'altezza di galleggiamento del dispositivo viene settata automaticamente tramite un sistema ad aria compressa per sfruttare al meglio le diverse altezze d'onda.

La Wave Dragon è stata la prima società al mondo ad installare un dispositivo dimostrativo offshore connesso alla rete elettrica.

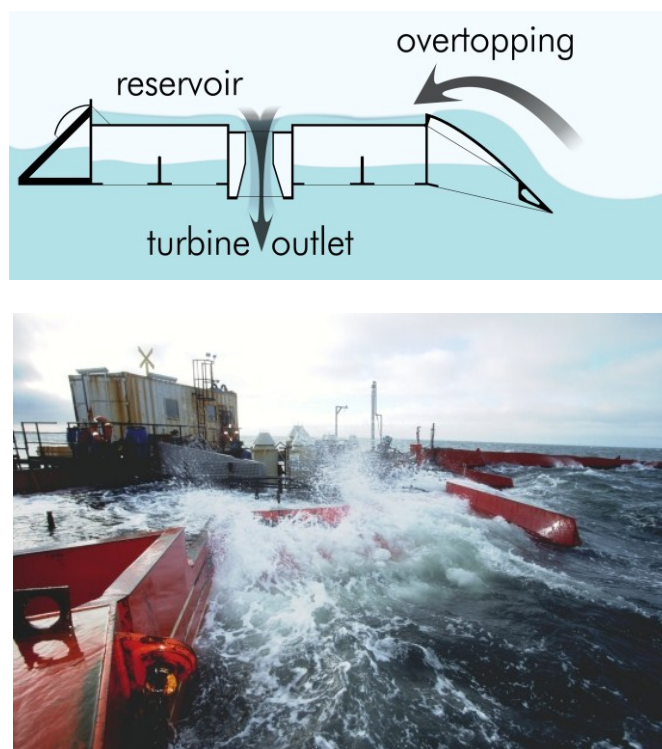


Figura 24 *In alto principio di funzionamento del sistema overtopping.
In basso il Wave Dragon durante i test in condizioni reali*

Il Wave Dragon è stato sottoposto ad una serie di esperimenti basati sulla modellistica numerica e fisica, ed è attualmente in fase di sperimentazione in mare. La Wave Dragon sta testando il dispositivo dal 2003 a largo di Nissum Bredning, ed ha accumulato oltre 20000 ore di attività operativa. Inoltre, la Wave Dragon Wales Ltd., dopo aver effettuato i test, sta mettendo a punto un impianto dimostrativo da 7 MW che sarà installato a largo delle coste del Pembrokeshire per una durata di 3-5 anni.

Tramite la società Tecdragon è partito un progetto per la costruzione di una centrale da 50 MW in Portogallo, con la collaborazione del governo portoghese e di investitori tedeschi; i siti più accreditati per la costruzione della centrale sono l'arcipelago delle Azzorre o di Madeira.

3.3.4 Tipologia Oscillating Water Column

OCEANLINX

L'Oceanlinx è un classico dispositivo a colonna d'acqua oscillante, ma ideato per installazioni offshore, in cui la compressione dell'aria all'interno di una camera, dovuta al moto oscillatorio delle onde, è convertita in energia elettrica da una turbina. La novità apportata al dispositivo è costituita dalla sostituzione della turbina Wells con una turbina Denniss-Auld brevettata. Questo meccanismo è in grado di funzionare in entrambe le direzioni di rotazione e a velocità più basse. La turbina Denniss-Auld utilizza un sistema sensore con un trasduttore di pressione che misura la pressione esercitata sul fondo da ogni onda che si avvicina alla camera di cattura, o che entra nella camera. Il trasduttore invia un segnale elettrico proporzionale alla pressione che identifica l'altezza, il periodo e la forma di ogni onda. Il sistema è calibrato per evitare che rumori di fondo a piccola scala attivino la turbina. Il segnale elettrico è inviato al Programmable Logic Controller (PLC) che adatta i vari parametri in tempo reale, come l'angolo delle pale della turbina o la velocità di rotazione. Questi sono calibrati sull'algoritmo

basato sulle specifiche condizioni e sul potenziale energetico del sito in ogni determinato istante temporale.



Figura 25 Oceanlinx durante i test in mare

L'Oceanlinx è stato sperimentato con successo tramite modelli numerici e in laboratorio, dove è stato testato sia in modelli fisici in vasche d'acqua, sia nella galleria del vento. Dal 2005 a Port Kembla, New South Wales, Australia, sono iniziate le sperimentazioni in mare aperto di un prototipo da 450 kW. Attualmente i progetti più importanti prevedono l'installazione di dispositivi Oceanlinx a Portland, Australia; in Cornovaglia, UK, dove sarà realizzata una centrale di produzione da 5 MW; nel Rhode Island, USA, per l'installazione di un dispositivo da 1.5 MW che sarà seguita dalla creazione di un complesso da 20 MW; in Namibia, dove sarà costruito un dispositivo di prova da 1.5 MW che sarà seguito da altri nove dispositivi per la creazione di un complesso da 15 MW; nelle Hawaii, USA, dove è previsto un sistema da 2.7 MW.

4 INDAGINI DEI SITI PIÙ IDONEI PER UNO STUDIO PILOTA PRESSO IL PORTO DI CIVITAVECCHIA

4.1 Sopralluogo presso l'antemurale e banchine interne

Personale del RSE, assieme con colleghi del Laboratorio di Oceanologia Sperimentale ed Ecologia Marina dell'Università degli Studi della Tuscia, ha condotto un sopralluogo fotografico e di rilevamento dei fondali nel Porto di Civitavecchia, finalizzato all'individuazione dei siti più idonei per la realizzazione di una stazione sperimentale di produzione di energia elettrica sfruttando il moto ondoso.

In particolare, la Capitaneria di Porto di Civitavecchia ha messo a disposizione una vedetta per portare gli operatori in prossimità dell'antemurale, normalmente interdetto alla navigazione libera, mettendoli in condizione di eseguire i rilievi necessari nei punti ritenuti di maggiore interesse.

L'area portuale interessata dai rilievi ha compreso il lato interno dell'ultimo tratto di antemurale ed il suo corrispettivo esterno, nonché l'ultima banchina interna prima dell'ingresso allo specchio d'acqua.

I punti considerati sono riassunti nella figura 26, in cui si indicano latitudine, longitudine e profondità del fondale antistante. Tali dati sono stati rilevati tramite gli strumenti GPS ed ecoscandaglio in dotazione all'imbarcazione della Guardia Costiera.

Nome_punto	Latitudine	Longitudine	Profondità
P1	42.10033	11.7738	21
P2	42.10222	11.77057	22.3
P3	42.10462	11.76683	20
P4	42.10598	11.76333	26.5
P5	42.10687	11.76193	28
P6	42.1045	11.76313	20
P7	42.10177	11.76608	33
P8	42.09925	11.76983	32
P9	42.10625	11.76602	20
P9/A	42.10603	11.76802	16
P9/B	42.10528	11.77012	16

Figura 26 *Punti individuati durante il sopralluogo fotografico, con indicazione della latitudine, longitudine e profondità del fondale*

L'insieme dei punti individuati è visualizzato graficamente nella Figura 27. Sono stati presi in considerazione tre punti in corrispondenza del lato interno dell'antemurale, uno al termine della struttura, quattro punti in corrispondenza del lato esterno e due punti relative alla banchina interna.



Figura 27 *Distribuzione dei punti individuati durante il sopralluogo fotografico*

Di seguito vengono presentate le fotografie dei siti individuati, scattate dall'imbarcazione della Capitaneria di Porto. Per il punto 9/A, al quale è stato possibile accedere anche via terra, viene presentata anche la fotografia scattata dalla banchina portuale.



Figura 28 Specchio d'acqua, antemurale lato interno (Punto P1)



Figura 29 Specchio d'acqua, antemurale lato interno. Ormeggio navi da crociera (Punto P2)



Figura 30 Specchio d'acqua, antemurale lato interno. Banchina (Punto P3)



Figura 31 *Antemurale esterno, tratto finale (Punto P4)*



Figura 32 *Porzione finale del frangiflutti (Punto P5)*



Figura 33 *Antemurale esterno. Porzione attigua al tratto finale (Punto P6)*



Figura 34 *Antemurale esterno (Punto P7)*



Figura 35 *Antemurale esterno (Punto P8)*



Figura 36 *Banchina interna posizionata nei pressi dell'ingresso del porto (Punto P8)*

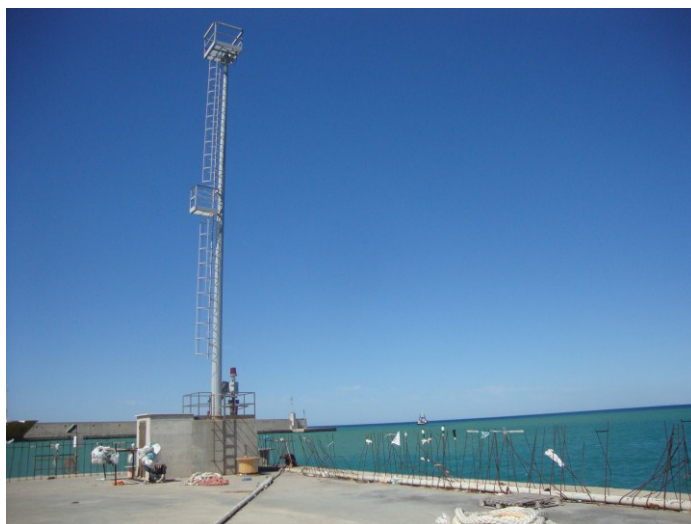


Figura 37 *Banchina interna posizionata nei pressi dell'ingresso del porto (visuale da terra Punto P9/A)*



Figura 38 *Banchina interna (Punto P9/B)*

In particolare i due siti ritenuti più idonei, evidenziati con un riquadro nella figura 27, corrispondono all'antimurale esterno (figura 32) e alla banchina interna posizionata nei pressi dell'ingresso del porto (figura 35).

Per completare l'installazione dell'intera struttura, è necessario comprendere anche un punto di monitoraggio delle condizioni meteomarine in prossimità della stazione pilota. A questo scopo potrebbe essere particolarmente utile l'utilizzo della meda presente all'ingresso del porto, che è posizionata a breve distanza dalla banchina interna, ma sottoposta al regime del moto ondoso che entra effettivamente all'interno dello specchio d'acqua portuale, pur restando maggiormente indisturbata rispetto alla banchina 26. La meda è riportata nella seguente figura 39 (fotografia scattata dalla banchina 26).

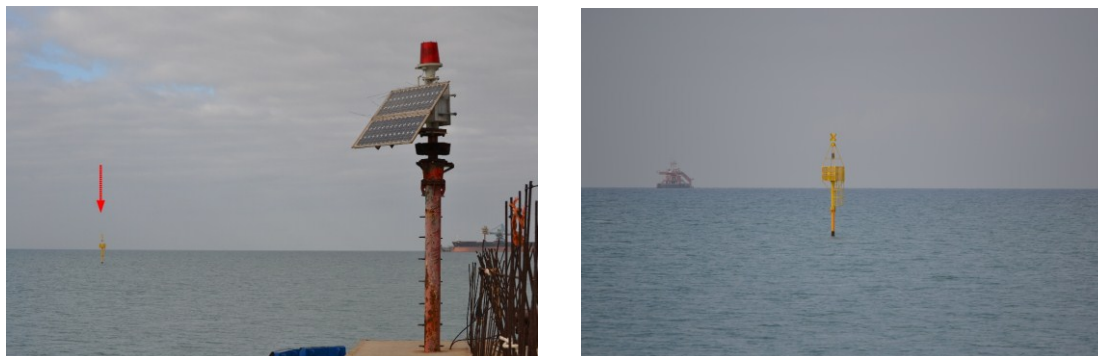


Figura 39 Immagine della meda per l'installazione dei sensori del moto ondoso (fotografie scattate dalla banchina 26)

4.2 Pratiche autorizzative per l'ottenimento dei permessi presso l'autorità portuale

Sono state avviate, con la collaborazione dell'Università della Tuscia, le procedure necessarie presso il Porto di Civitavecchia per l'ottenimento dei permessi d'accesso e uso dello spazio individuato all'interno del porto, così come per l'installazione dei dispositivi necessari per gli studi pilota nei due siti prescelti.

Durante l'incontro con l'ing. Calogero Burgio dell'Autorità Portuale di Civitavecchia, sono state discusse le possibilità d'implementazione di una stazione sperimentale per la produzione di energia da moto ondoso all'interno del porto. In quest'occasione l'ing. Burgio ha richiesto l'invio di una lettera formale per avviare l'iter burocratico per l'ottenimento dei permessi preliminari per l'avvio dei lavori d'installazione della strumentazione, indicando la tipologia di opera che s'intende realizzare, nonché la localizzazione dei siti scelti per la sperimentazione pilota (vedi lettera in Allegato 2). Dopo questa prima fase sarà necessario procedere con l'iter previsto dall'Autorità Portuale per la negoziazione dei contratti vincolanti per la stessa Autorità, il RSE e l'Università della Tuscia.

5 STUDIO PRELIMINARE DI UN IMPIANTO PILOTA

5.1 Laboratorio strumentale

Poiché l'impianto pilota dovrà costituire una stazione sperimentale, questo dovrà essere sfruttato anche a scopi scientifici, dotandolo di strumentazione sia per il controllo dei convertitori sia per il monitoraggio meteo marino e ambientale. In questo senso, oltre agli strumenti necessari per il rilevamento in continuo del comportamento funzionale del prototipo, deve essere installato un sistema di osservazione delle caratteristiche del moto ondoso e del vento, oltre al monitoraggio riguardante i parametri ambientali di maggiore interesse (i.e. qualità della colonna d'acqua, biocenosi, ecc.).

Finalmente, perché un impianto di produzione di energia da moto ondoso sia completo, oltre ai convertitori veri e propri, il sito d'installazione deve prevedere anche un alloggiamento per la strumentazione elettrica, in grado di valutare l'output energetico e gestirne i flussi. Quest'apparato dovrà essere installato in area sicura della banchina del porto, non lontana dai convertitori energetici da testare.

I parametri meteo marini che dovrebbero essere misurati nella stazione sperimentale sono il moto ondoso (direzione, altezza e periodo), clima del vento (direzione e intensità), pressione atmosferica, umidità e irradianza. Per quanto riguarda invece la colonna d'acqua, oltre alle proprietà fisico-chimiche, come temperatura conducibilità o pH, si possono aggiungere sensori di misura di alcuni parametri biologici significativi, come la fluorescenza della clorofilla a, e di inquinanti, come ad esempio idrocarburi totali, idrocarburi aromatici (IPA), policloro bifenili (PCB).

5.2 Valutazione preliminare dei costi della stazione sperimentale

Si è inoltre compiuta una stima di massima dei costi d'acquisto e installazione della strumentazione per la stazione sperimentale che viene riportata nell'Allegato 3.

6 SELEZIONE DEI DISPOSITIVI DA TESTARE

6.1 Tecnologie esistenti da adattare alle condizioni marine italiane

Dall'analisi dello stato dell'arte, presentata nel Capitolo 3, è emerso che alcuni dispositivi mostrano caratteristiche che li rendono più facilmente adattabili alle condizioni meteomarine del Tirreno centrale ed alle possibilità di installazione presso il porto di Civitavecchia.

Le caratteristiche del sito e la necessità d'installazione in corrispondenza dell'antemurale o delle banchine interne, così come proposto dalla stessa Autorità Portuale di Civitavecchia, hanno ristretto la scelta dei dispositivi attualmente disponibili alle sole tecnologie per installazione *shoreline* (paragrafo 3.1), ovvero quelle che possono essere integrate su opere di difesa costiera.

In particolare i dispositivi più interessanti per un'applicazione sperimentale presso il porto sembrano essere soprattutto l'*Oscillating wave surge converter* della SDE Energy ed il sistema integrabile *Aegir Dynamo* della Ocean Navitas. Per quanto riguarda i progetti di sviluppo italiani, particolare interesse potrebbe presentare la sperimentazione che sta portando avanti da GIANT-GIEM, riguardante un sistema del tipo *Submerged pressure differential* per la generazione elettrica dal moto ondoso di amplitudine ridotta. Un altro sistema in corso di sviluppo è il REWEC, proposto dalla WAVENERGY, che sfrutta l'aria che si comprime all'interno di una camera del tipo *Oscillating Water Column*.

6.2 Prototipo di un dispositivo innovativo

Nonostante molte tipologie di convertitori siano già stati proposti e/o sviluppati, la scarsità di progettazioni mature dal punto di vista tecnologico e l'efficienza, ancora non eccezionale, dei dispositivi verso una fase commerciale, spinge molti gruppi di ricerca a proporre nuove forme e nuovi concetti per conversione dell'energia dal moto ondoso.

Nell'ambito della collaborazione tra RSE e l'Università della Tuscia si sta sviluppando un nuovo concetto di convertitore, denominato *Wave-Sax*. Per sintetizzare il concetto alla base, si potrebbe definirlo come un *Oscillating Water Column* (OWC), ma con la basilare distinzione che la turbina sfrutta direttamente il flusso dell'acqua, invece che dell'aria compressa all'interno di una camera, come riportato nella figure 40 e 41.

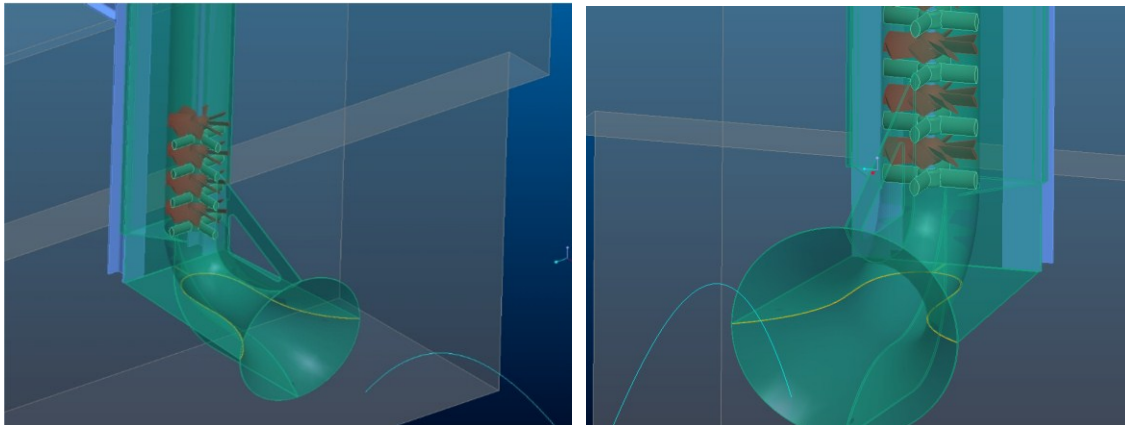


Figura 40 Disegno preliminare e dettagli della sezione delle eliche del Wave-Sax

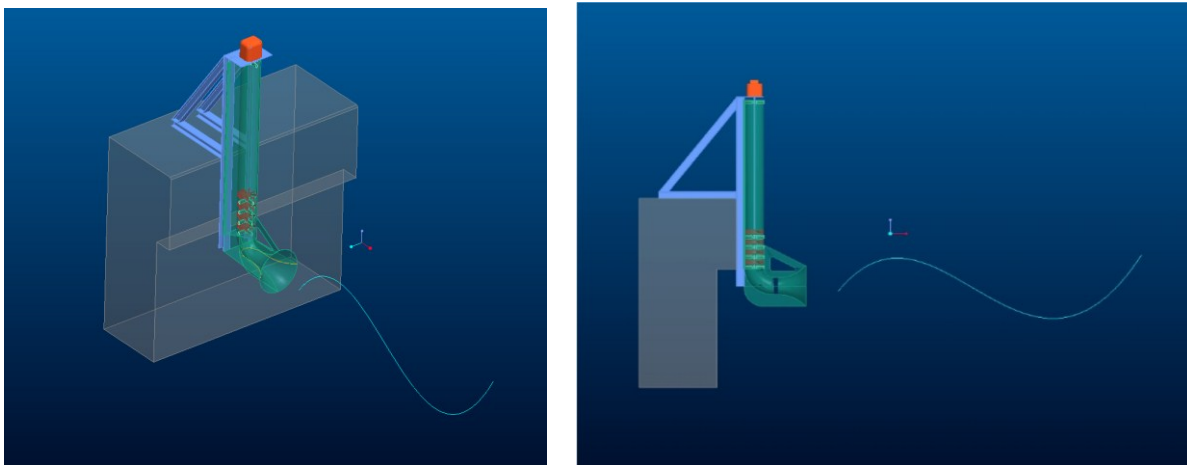


Figura 41 Schema d'installazione del dispositivo Wave-Sax

Il dispositivo proposto, si orienta a “incapsulare” la potenza associata al moto ondoso descritta dalla equazione riportata di seguito, trasformandola in energia cinetica e poi in energia elettrica, nel suo passaggio attraverso una batteria di eliche di bassa velocità, collegate a sua volta ad un generatore di asse verticale.

$$P = \frac{1}{2} \rho g H^3$$

Concetti fondamentali da considerarsi nello sviluppo del dispositivo *Wave-Sax*, rendendolo più attraente nei confronti d'altri metodi proposti, sono la sua versatilità e facilità d'installazione e manutenzione, che permetterebbe d'estendere la sua applicazione a diverse configurazioni di porti nei mari italiani. Una valutazione dei costi di costruzione ed installazione del prototipo e del modello si presentano in Allegato 3.

Per il momento il sistema *Wave-Sax* è nella prima fase di progettazione, ovvero nell'elaborazione dei disegni teorici e analisi di pre-fattibilità tecnico/economica. Gli sviluppi futuri riguardano il passaggio alla seconda fase di progettazione, realizzando un prototipo in scala e conducendo test fisici in un laboratorio idraulico, come indicato nel “Development and Evaluation Protocol” proposto dall'UE per lo sviluppo di questi tipi di convertitori energetici da fonti marine. A proposito, è stata presentata una

proposta nella prima call del progetto MaRINET, per lo studio in modello del sistema *Wave-Sax* corrispondenti al Stage 1 – Validation Model (scala 1:50) e Stage 2 – Validation and Design model (scala 1:20), come riportato nell'Allegato 4. Allo stesso tempo, si propone di predisporre la stazione sperimentale pilota presso il Porto di Civitavecchia, per permetterebbe di testare la strumentazione in condizioni di mare reali del bacino Mediterraneo.

7 CONVEGNO SULL'ENERGIA DAL MARE

A fini di aggiornarsi e di creare sinergie fra i diversi gruppi che stano lavorando sullo sviluppo dell'energia da fonte marine in Italia, è stato realizzato un Convegno intitolato “*Energia dal mare: le reali prospettive di sviluppo per il territorio nazionale*”, tenutosi presso il Porto di Civitavecchia, il 19 Marzo 2012.



Figura 5: Copertina del convegno

Il programma dell'convegno (figura 5), cui hanno partecipato i principali enti coinvolti nello sviluppo di questo tipo d'energia rinnovabile in Italia, è stato composto da dieci relatori e una Tavola rotonda di discussione sull'argomento “*dalla progettazione alla sperimentazione*”.

8 CONCLUSIONI

L'analisi approfondita sullo stato dell'arte delle tecnologie per la generazione d'energia dal moto ondoso mostra che, nonostante molte tipologie di convertitori siano state proposte, questi sono ancora in fase sperimentale con scarsità di progettazione mature dal punto di vista tecnologico e di efficienza. Inoltre, si rende necessario proporre sistemi di generazione innovativi facilmente adattabili alle condizioni meteo-marine del Mediterraneo, e che abbiano sufficiente flessibilità per poter essere implementati su strutture costiere già esistenti. Gli studi effettuati nella presente ricerca hanno permesso di individuare due siti ideali per l'implementazione di una stazione sperimentale di generazione di energia sfruttando il moto ondoso presso il Porto di Civitavecchia.

Inoltre, si propone un disegno di massima per lo studio di un convertitore innovativo d'installare sui molli portuali. Gli sviluppi futuri del sistema *Wave-Sax* riguardano gli studi di un prototipo in scala

conducendo test fisici in un laboratorio idraulico, seguendo il “Development and Evaluation Protocoll” proposto dall’UE per lo sviluppo di questi tipi di convertitori energetici da fonti marine. Concetti fondamentali da considerarsi nello sviluppo del dispositivo *Wave-Sax*, che lo rendono più attraente nei confronti d’altri metodi proposti, sono la sua versatilità e facilità d’installazione e manutenzione, che permetterebbe d’estendere la sua applicazione a diversi configurazione di porti nei mari italiani

9 BIBLIOGRAFIA

- [1] Arena F. (2011): "Progettazione del primo prototipo di un nuovo dispositivo per la conversione dell'energia ondosa in energia elettrica". Atti del workshop "Prospettive di sviluppo dell'energia dal mare per la produzione elettrica in Italia" – Convegno ENEA 2011.
- [2] Bracco G., Giorcelli E., Gulisano A., Mattiazzo G., Poggi D. (2011) : "Energia da moto ondoso nel Mediterraneo: esempi di fattibilità e produttività". Atti del Workshop "Prospettive di sviluppo dell'energia dal mare per la produzione elettrica in Italia" – Convegno ENEA 2011
- [3] Carli F.M.(2009): "Stato dell'arte della produzione di energia rinnovabile da fonti marine, analisi delle soluzioni tecniche adattabili alle coste italiane e caratterizzazione energetica del litorale laziale" – Tesi di Laurea, Facoltà di SS.MM.FF.NN. Università della Tuscia.
- [4] Carli F.M., Bonamano S., Marcelli M., Peviani M.A.(2009): "Existing Technologies for Marine Energy Production and Potentialities of Development Along the Italian Coasts" OWEMES.
- [5] Frigaard P., Tedd J., Kofoed J.P., Friis-Madsen E.(2006): "3 years experience with energy production on the Nissum Bredning Wave Dragon prototype". CA-OE Workshop Lisbon.
- [6] Japan Agency for Marine-Earth Sciences and Technology (JAMSTEC) (2004): "Research and Development of Technology on Wave Energy Utilization Development on Offshore Floating Type Wave Power Device Mighty Whale".
- [7] M. Peviani, F. Carli, S. Bonamano (2012): Mappa del potenziale energetico dal moto ondoso nelle coste italiane (RSE - Rapporto Aggiuntivo 11000809)
- [8] Schoolderman J., Reedijk B., Vrijling H., Molenaar W., ten Oever E., Zijlema M. (2008): "Generating electricity at a breakwater in a moderate wave climate"
- [9] Vicinanza D.; Kofoed J.P.; Frigaard F (2006): "Wave Pressure On Seawave Slot-Cone Generator" - Atti del convegno OWEMES.

10 ALLEGATO 1

Tabella di riferimento dei prototipi presentati nel rapporto.

Società	Paese	Convertitore	Indirizzo Web
Wavegen	Scozia	Wavegen OWC	http://www.wavegen.co.uk/
Wavenergy.it	Italia	REWEC	http://www.wavenergy.it/
Waveenergy	Norvegia	Seawave Slot-cone Generator	http://waveenergy.no/
SDE Energy	Israele	SDE Energy OWSC	http://www.sde.co.il/
Ocean Navitas	Inghilterra	Aegir Dynamo	http://oceannavitas.com
Carnegie Wave Energy	Australia	CETO	http://www.carnegiewave.com/
AWS Ocean Energy	Scozia	Archimedes Wave Swing	http://www.awsocan.com/
Wempower	Italia	Wave Energy Module	http://www.wempower.it/
Dartmouth Wave Energy	Inghilterra	Searaser	http://dartmouthwaveenergy.com/
GiantGiem	Italia	GIANT	http://www.giantgiem.it/
Aquamarine	Scozia	Oyster	http://www.aquamarinepower.com/
AW-Energy OY	Finlandia	WaveRoller	http://www.aw-energy.com/
BioPower System	Australia	BioWave	http://www.biopowersystems.com/
Wavestar Energy	Danimarca	Wavestar	http://wavestarenergy.com/
Dexawave AS	Danimarca	DEXA	http://www.dexawave.com/
Wave for Energy	Italia	ISWEC	http://www.waveforenergy.com/
Nualgi	India	Indian Wave Energy Device	http://waveenergy.nualgi.com/
Ocean Power Technologies	USA	OPT Power Buoy	http://www.oceanpowertechologies.com/
Wavebob	Irlanda	Wavebob	http://wavebob.com/
Pelamis Wave Power	Scozia	Pelamis	http://www.pelamiswave.com/
Checkmate Seaenergy	Inghilterra	Anaconda	http://www.checkmateseaenergy.com/
Wave Dragon	Danimarca	Wave Dragon	http://www.wavedragon.net/
Oceanlinx	Australia	Oceanlinx OWC	http://www.oceanlinx.com/

11 ALLEGATO 2

Lettera di richiesta autorizzazione all'installazione della stazione sperimentale



All'Autorità Portuale di Civitavecchia, Fiumicino e Gaeta
All'attenzione di Ing Calogero Burgio
Molo Vespucci
00053 Civitavecchia – Italia

c/c
Ing. Maximo Peviani
RSE Ricerca sul Sistema Energetico
Via Rubattino, 54
Milano - Italia

Oggetto: Richiesta autorizzazione installazione strumentazione sperimentale per la generazione di energia dal moto ondoso

Spettabile Autorità Portuale,
con riferimento alla Vostra lettera del 3 aprile 2009 (protocollo numero: 0004905 del 09/04/2009) riguardante la manifestazione d'interesse del Porto di Civitavecchia sulla realizzazione di un progetto pilota di produzione di energia elettrica dal moto ondoso, siamo a richiederVi l'autorizzazione ad installare una innovativa strumentazione sperimentale nel porto di Civitavecchia. Tale strumentazione serve per le attività di ricerca e sviluppo portate avanti nell'ambito della collaborazione tra il Laboratorio di Oceanologia Sperimentale ed Ecologia Marina (DEB - Università della Tuscia) e RSE – Ricerca sul Sistema Energetico.

In particolare si richiede l'autorizzazione ad installare una stazione composta da una struttura parzialmente sommersa fissata alla banchina, per la conversione di energia ondosa, dimensioni stimate 10 m di lunghezza, 3 m di altezza e 2 m di spessore. Inoltre si richiede il permesso di accesso all'area per una postazione strumentale mobile (furgone) per la raccolta ed elaborazione dati della strumentazione elettrica e di monitoraggio dei parametri meteomarinari ed ambientali.

A tale scopo abbiamo individuato due siti da sottoporre alla Sua attenzione:

Sito 1: estremità banchina 26 (vedi allegato).

Sito 2: tratto intermedio dell'antemurale, lato esterno (vedi allegato).

La strumentazione da installare sarà di proprietà di RSE e del Laboratorio, e ogni istituzione si farà carico delle rispettive spese assicurative e eventuali riparazioni della suddetta strumentazione, nonché della sua installazione e manutenzione.

Garantendo che la strumentazione installata è concepita per non arrecare alcun tipo di disturbo né di intralcio alla navigazione ed alle attività portuali in genere, restiamo in attesa di un Suo riscontro in merito alla localizzazione dei siti proposti.

Restando a Sua completa disposizione per ogni eventuale occorrenza, l'occasione ci è gradita per porgerLe

cordiali saluti

Prof. Marco Marcelli
Laboratorio di Oceanologia Sperimentale ed Ecologia Marina
DEB - Università degli Studi della Tuscia

12 ALLEGATO 3

Valutazione dei costi della stazione sperimentale

Unita strumentale mobile

No	Descrizione	Costo	Fornitore/Note
	Alimentazione		
10	Sistema d'alimentazione a pannelli solari	20W 15Ah 350 €/cad	TecnoEI
2	Batteria Zenith ZGLI20070	200 €/cad	Central Fer – RS Components
	Box acquisizione dati		
1	Box stagno	100 €	RS components (IP66-67)
1	Acquisitore dati (data logger)	1700 €	CR1000 TecnoEI
1	Trasmissione dati GSM integrato al CR1000	450 €	TecnoEI
	Sensori/Monitoraggio a mare		
1	Clima d'onda a ridosso del luogo (sulla meda)	20.000 €	SONTEK
1	Sonda per la misurazione della velocità di flusso	950 €	Global Water
1	Campo di pressione (celle di pressione in 5 livelli nella verticale)	350 €	Druck RS Components
1	Misura livello medio mare (ultrasuoni)	270 €	Sensore ultrasonico UM 30-2 RS Components
	Sensori elettrici		
1	Multimetro	2250 €	FLUKE
	Sensori/Monitoraggio atmosferico		
1	Velocità e direzione del vento	1300 €	Young TecnoEI
1	Velocità e direzione del vento	3000 €	Sonico 3D TecnoEI
1	Termoigrometro	370 €	TecnoEI
1	Pressione	700 €	TecnoEI
1	GPS	400 €	TecnoEI
1	Bussola	750 €	TecnoEI
1	Tripode	400 €	TecnoEI

	Unità mobile acquisizione/elaborazione dati		
1	Desk stop	300 – 500 €	Varie
1	PC portatile	500 – 700 €	Varie
1	Mini server per banca dati (5 - 10 TB)	2000 €	Web Informatica
1	Stampante laser	50 €	HP
1	Modem con collegamento WiFi e GSM/UMTS	350 €	Globesurfer
1	Antenna GPS	30 €	Garmin
1	Generatore (con inverter)	2577 €	Honda
1	Inverter	350€	Melchioni (Z12V-S3000W)
1	Furgone (usato)	4000€ - 7000€	IVECO
	Software unità mobile		
	Sistema GIS	2500 €	ESRI ArcGIS
	MathLab	5000 - 6000 €	MathWorks
	Loggernet CR1000	750 €	TecnoEI
	Sub Totale	55000 - 60000 €	
	Costi d'installazione stimati	20%	
	Totale	66000 – 72000 €	
	Costi di manutenzione annuale stimati	2000 €	

Prototipo Wave-sax

No	Descrizione	Costo (€) (iva escl.)	Fornitore/Note
1	Prototipo Wave-sax scala 1:1		
	Progettazione	7000 €	Medmarine
	Materiali da costruzione in acciaio inox	10000 €	Medmarine
	Costruzione carpenteria	10000 €	Medmarine
	Parte elettrica	5000 €	Medmarine
	Costruzione turbina	5000 €	Medmarine
	Messe a punto (teoriche ed eventuali)	5000 €	Medmarine
	Montaggi e installazione (esclusi trasporti)	5000 €	Medmarine
	Totale	47000 €	
1	Modello Wave-sax scala 1:10		
	Costo totale stimato	20.000 €	Medmarine

13 ALLEGATO 4

Proposta prove sperimentali su modello in scala del sistema Wave-Sax (presentata nella 1° call del progetto MaRINET)



APPLICATION FORM FOR TRANSNATIONAL ACCESS TO MARINET INFRASTRUCTURE

Project proposal number 67

WAITING FOR APPRAISAL

Project acronym

WAVE SAX

Project title

WAVE SAX, addressed to test an innovative device to transform wave power into electric energy in ports and harbours

User group personnel

Leader

Family name: Peviani
First name: Maximo Aurelio
Birth year: 1954
Nationality: Italy
Position in Home Institution: Environment & Sustainable Development Department - Direction Staff
Country where applicant works: Italy
Phone: +39 02 3992 7776
Email: maximo.peviani@rse-web.it
Home Institution name: RSE Research on Energetic Systems
Home Institution acronym: RSE
Home Institution country: Italy
Home Institution postal address: RSE Ricerca sul Sistema Energetico via Pastrengo, 9 24068 Seriate (BG) Italy
Home Institution web address: www.rse-web.it

Family name: Scanu
First name: Sergio
Birth year: 1966
Nationality: Italy
Position in Home Institution: Project Manager
Country where applicant works: Italy