

WAVE SAX - un dispositivo modulare innovativo per la generazione d'energia elettrica dal moto ondoso

Peviani M., Agate G., Amicarelli A., Danelli A.

maximo.peviani@rse-web.it

INDICE

- 1. Principio di funzionamento**
- 2. Ottimizzazione disegno componente fissa (CFX)**
- 3. Analisi del dispositivo con girante Wells (CFX)**
- 4. Studi in scala - Laboratorio HMRC (Cork, Irlanda)**
- 5. Attività correlate e sviluppi futuri**

INDICE

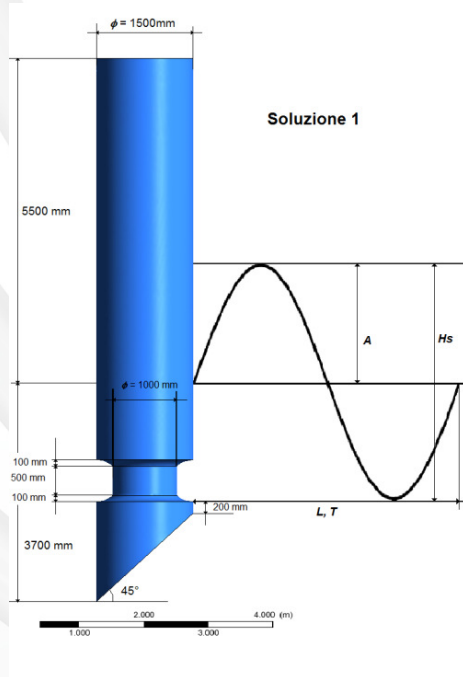
- 1. Principio di funzionamento**
2. Ottimizzazione disegno componente fissa (CFX)
3. Analisi del dispositivo con girante Wells (CFX)
4. Studi in scala - Laboratorio HMRC (Cork, Irlanda)
5. Attività correlate e sviluppi futuri

WAVE SAX - un dispositivo modulare innovativo per la generazione d'energia elettrica dal moto ondoso



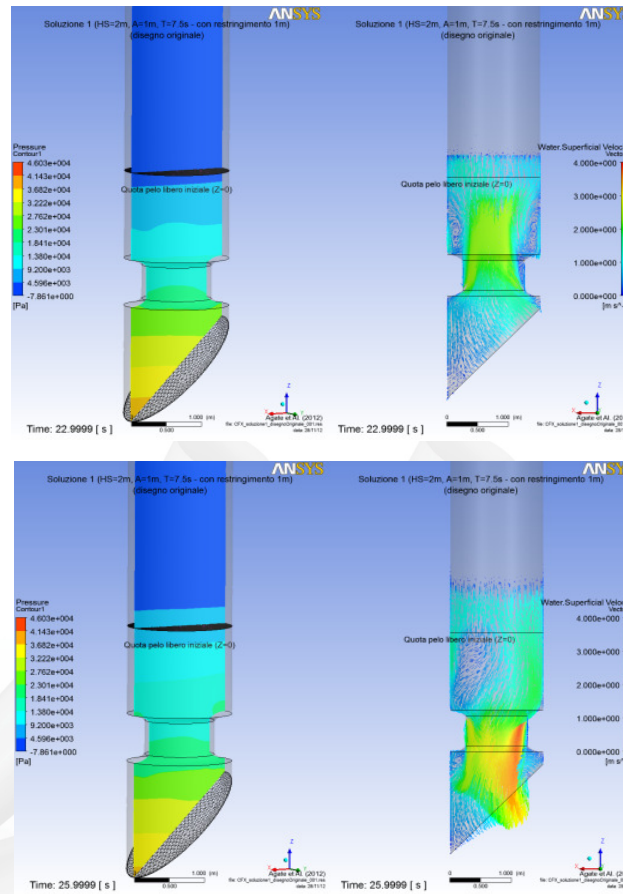
Principio di funzionamento

*WAVE TUBE * – Oscillating water column con turbina nella fase liquida*

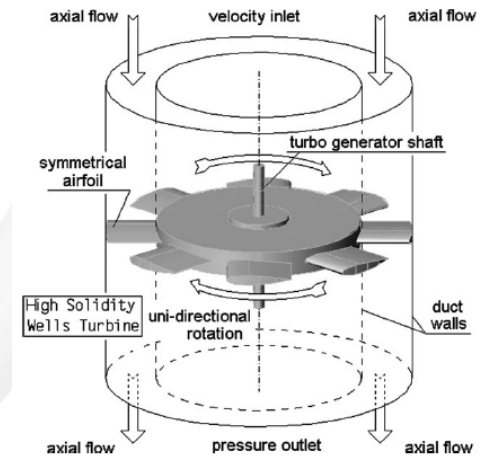


Dispositivo tipo OWC

* Brevetto UE

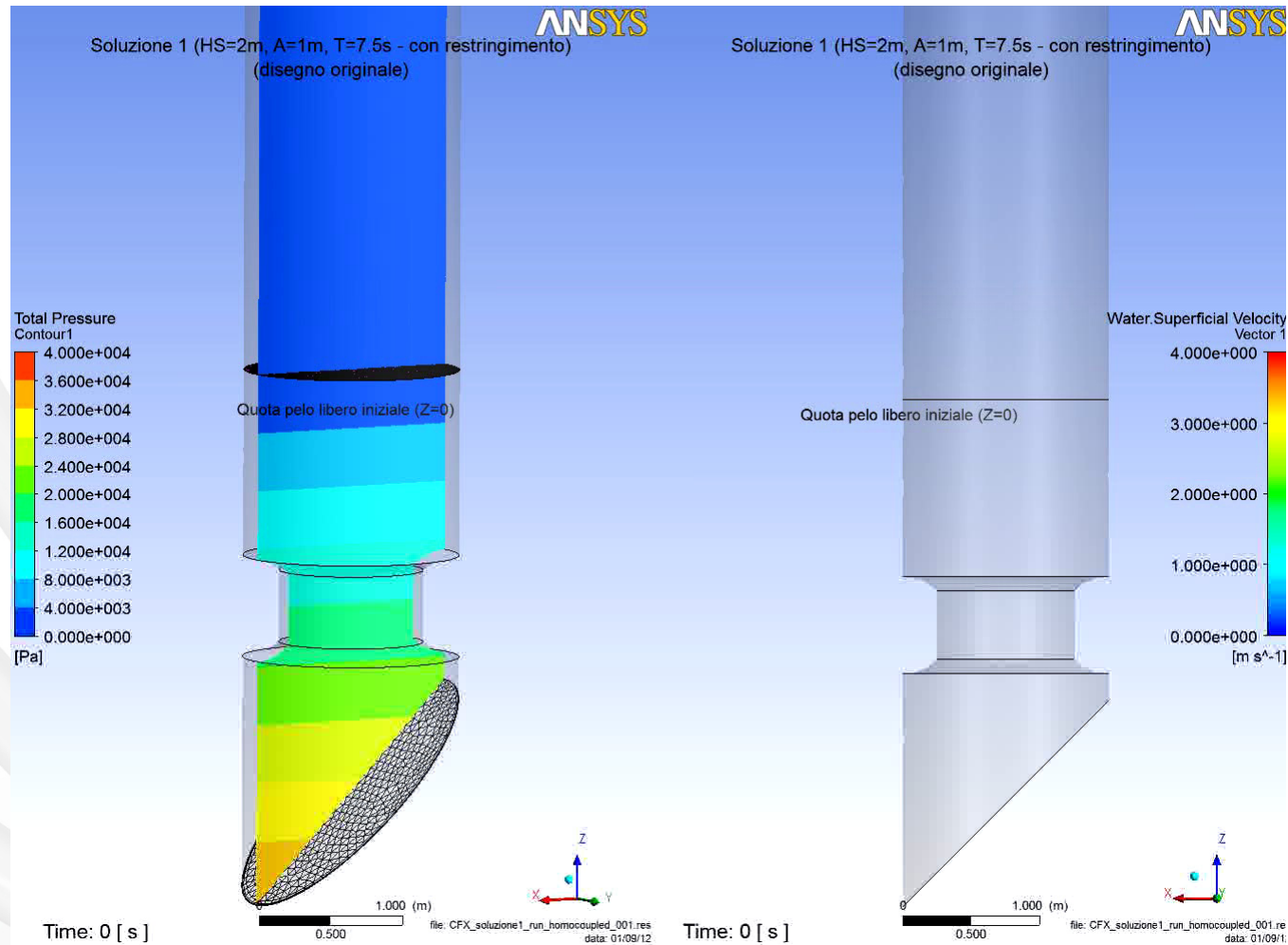


Campi di pressione (sinistra) e di velocità (destra), simulati con CFX



Turbina Wells installata nella fase liquida

WAVE SAX - un dispositivo modulare innovativo per la generazione d'energia elettrica dal moto ondoso



Simulazioni con RANS-CFD (Reynolds Average Navier-Stokes - Computational Fluid Dynamics) modelling

INDICE

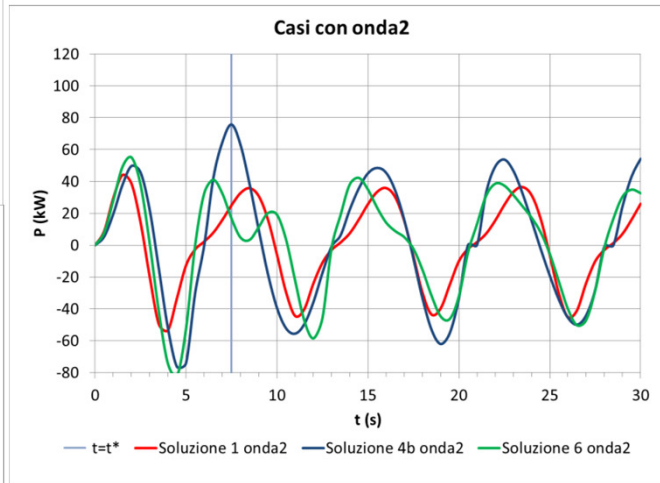
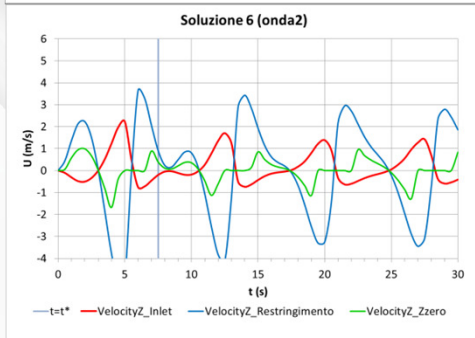
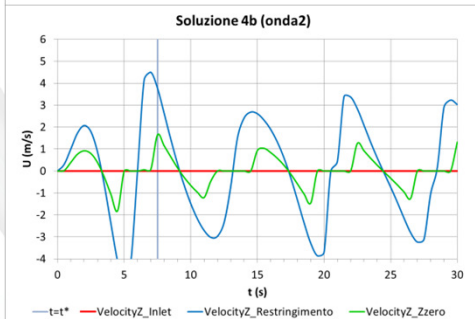
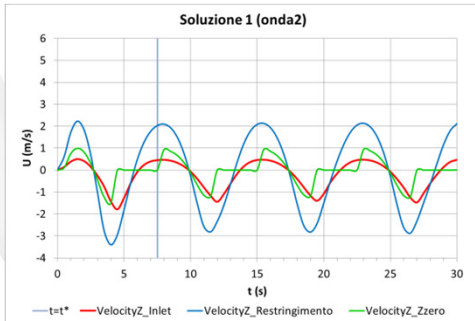
1. Principio di funzionamento
- 2. Ottimizzazione disegno componente fissa (CFX)**
3. Analisi del dispositivo con girante Wells (CFX)
4. Studi in scala - Laboratorio HMRC (Cork, Irlanda)
5. Attività correlate e sviluppi futuri

Soluzioni 1, 4b e 6

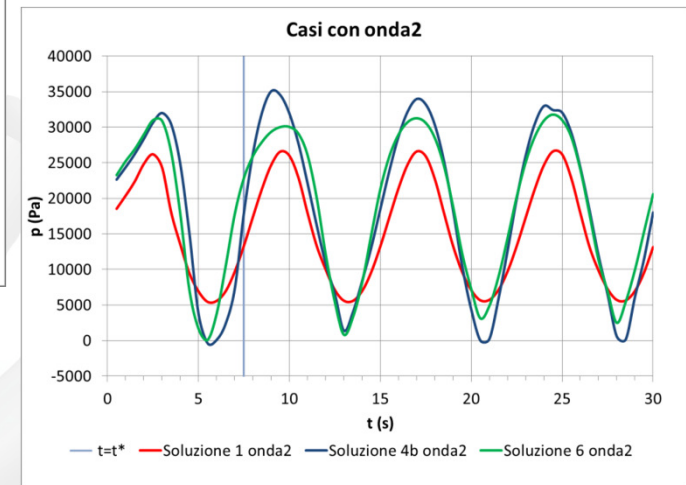
Flusso di potenza disponibile: termine cinetico + termine potenziale

G. Agate et al.

$$P_1 = \int_A \frac{1}{2} \rho |\underline{u}|^2 (\underline{u} \cdot \underline{n}) dA + \int_A p (\underline{u} \cdot \underline{n}) dA$$



Profili della potenza disponibile
Confronti in funzione della configurazione



Profili della pressione statica
Confronti in funzione della configurazione

Profili della velocità verticale
(media lungo la sezione)

Simulazioni numeriche soluzioni progettuali



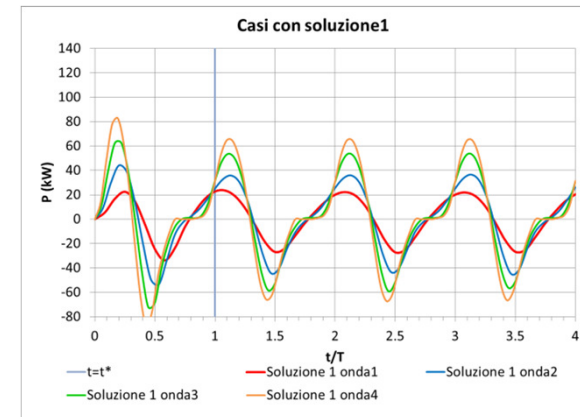
Soluzione 1

**Energia annuale disponibile
(velocità di cut-in nulla, pari a 1 m/s e a 2 m/s).**

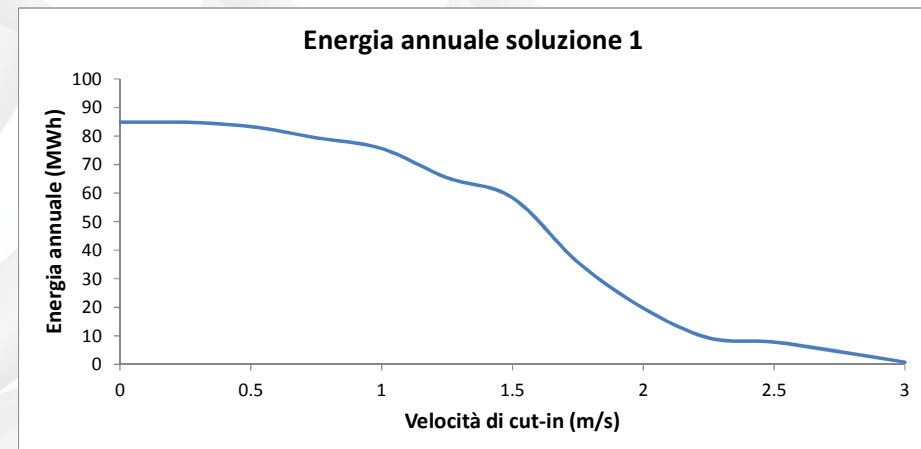
caso	Ampiezza (m)	Occorrenza (%)	Potenza disponibile (kW)	Energia annuale (MWh)
onda nulla	0	44.3	0.0	0.0
Soluzione 1 onda1	0.5	44.5	15.9	62.0
Soluzione 1 onda2	1	8.7	22.2	16.9
Soluzione 1 onda3	1.5	2.2	26.9	5.2
Soluzione 1 onda4	2	0.3	29.5	0.7
totale	-	100.0	-	84.8

caso	Ampiezza (m)	Occorrenza (%)	Potenza disponibile (kW)	Energia annuale (MWh)
onda nulla	0	44.3	0.0	0.0
Soluzione 1 onda1	0.5	44.5	14.0	54.5
Soluzione 1 onda2	1	8.7	20.4	15.6
Soluzione 1 onda3	1.5	2.2	25.0	4.9
Soluzione 1 onda4	2	0.3	29.1	0.7
totale	-	100.0	-	75.6

caso	Ampiezza (m)	Occorrenza (%)	Potenza disponibile (kW)	Energia annuale (MWh)
onda nulla	0	44.3	0.0	0.0
Soluzione 1 onda1	0.5	44.5	1.4	5.4
Soluzione 1 onda2	1	8.7	12.6	9.6
Soluzione 1 onda3	1.5	2.2	21.1	4.1
Soluzione 1 onda4	2	0.3	25.7	0.6
totale	-	100.0	-	19.7



**Energia annuale teorica pari a 65 MWh/m
(97,5 MWh)**



**Energia annua disponibile in funzione della
velocità di cut-in**

Potenza totale disponibile (velocità cut-in nulla)

$V_{cut-in}=0$ m/s	Potenza disponibile	Potenza disponibile / P_0	Termine cinetico	Termine potenziale	Velocità medie	Velocità massime	Potenza down	Potenza up
	(kW)	(%)	(kW)	(kW)	(m/s)	(m/s)	(kW)	(kW)
Senza restringimento onda2	23.8	100.0	0.9	22.9	0.2	1.5	11.1	12.7
Soluzione 1 onda2	22.2	93.4	3.2	19.0	0.9	2.9	10.5	11.7
Soluzione 4b onda2	34.0	143.0	6.7	27.3	1.1	3.9	16.4	17.6
Soluzione 6 onda2	25.1	105.7	5.2	20.0	1.0	4.1	12.2	12.9

$V_{cut-in}=1$ m/s	Potenza disponibile	Potenza disponibile / P_0	Termine cinetico	Termine potenziale	Velocità medie	Velocità massime	Potenza down	Potenza up
	(kW)	(%)	(kW)	(kW)	(m/s)	(m/s)	(kW)	(kW)
Senza restringimento onda2	14.7	100.0	0.7	14.0	0.2	1.5	6.0	8.7
Soluzione 1 onda2	20.4	138.8	3.1	17.3	0.9	2.9	9.9	10.5
Soluzione 4b onda2	31.5	214.3	6.6	25.0	1.1	3.9	14.4	17.1
Soluzione 6 onda2	22.5	153.0	4.6	17.9	1.0	4.1	11.8	10.7

Potenza totale disponibile (velocità cut-in 1 m/s).

$V_{cut-in}=2$ m/s	Potenza disponibile	Potenza disponibile / P_0	Termine cinetico	Termine potenziale	Velocità medie	Velocità massime	Potenza down	Potenza up
	(kW)	(%)	(kW)	(kW)	(m/s)	(m/s)	(kW)	(kW)
Senza restringimento onda2	0.0	-	0.0	0.0	0.2	1.5	0.0	0.0
Soluzione 1 onda2	12.6	-	2.4	10.2	0.9	2.9	7.3	5.3
Soluzione 4b onda2	19.3	-	3.8	15.5	1.1	3.9	10.0	9.3
Soluzione 6 onda2	13.2	-	2.1	11.1	1.0	4.1	8.6	4.6

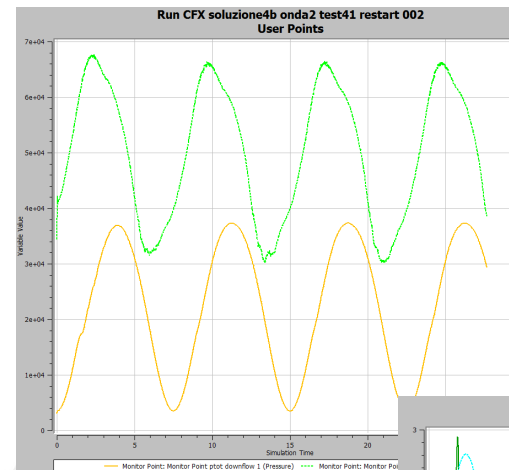
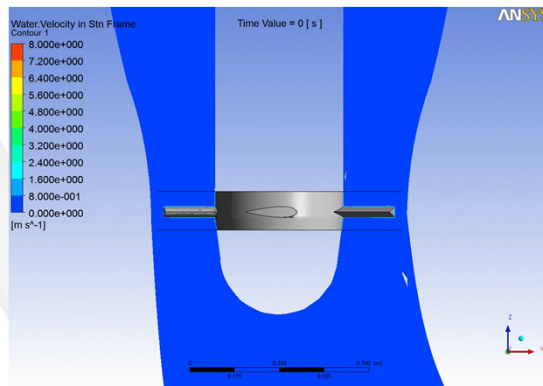
Potenza totale disponibile (velocità cut-in 2 m/s).

INDICE

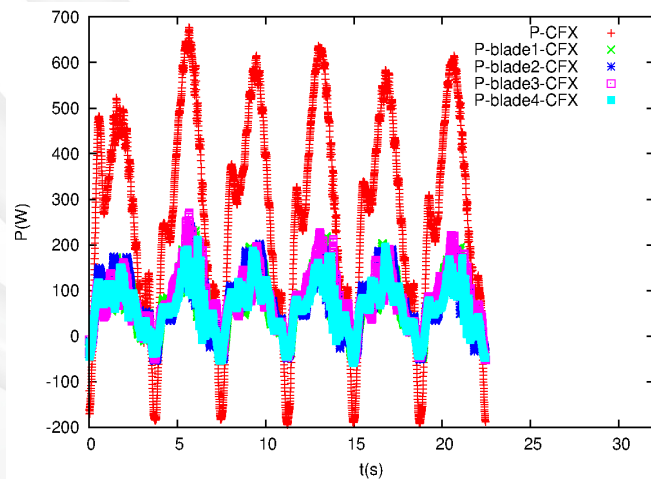
1. Principio di funzionamento
2. Ottimizzazione disegno componente fissa (CFX)
- 3. Analisi del dispositivo con girante Wells (CFX)**
4. Studi in scala - Laboratorio HMRC (Cork, Irlanda)
5. Attività correlate e sviluppi futuri

Analisi del dispositivo con girante Wells

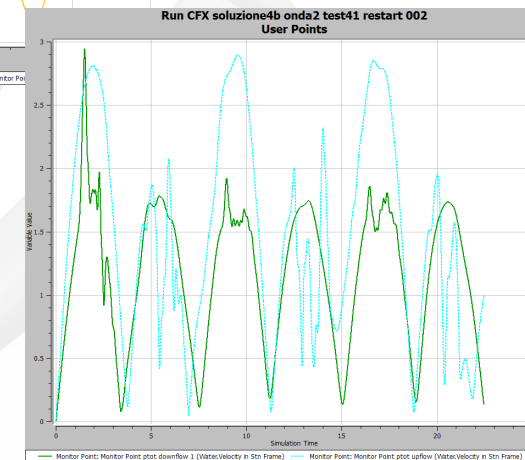
Simulazione con portata variabile indotta dall'onda di modellazione ($H_s = 2\text{m}$; $T = 7,5\text{ s}$)



Evoluzione temporale della pressione prima e dopo la girante (Pa)



Potenza raccolta dalla girante e da ciascuna pala (W)



Modulo della velocità (m/s)

INDICE

1. Principio di funzionamento
2. Ottimizzazione disegno componente fissa (CFX)
3. Analisi del dispositivo con girante Wells (CFX)
- 4. Studi in scala - Laboratorio HMRC (Cork, Irlanda)**
5. Attività correlate e sviluppi futuri

WAVE SAX - un dispositivo modulare innovativo per la generazione d'energia elettrica dal moto ondoso






Studi a scala in vasca marina

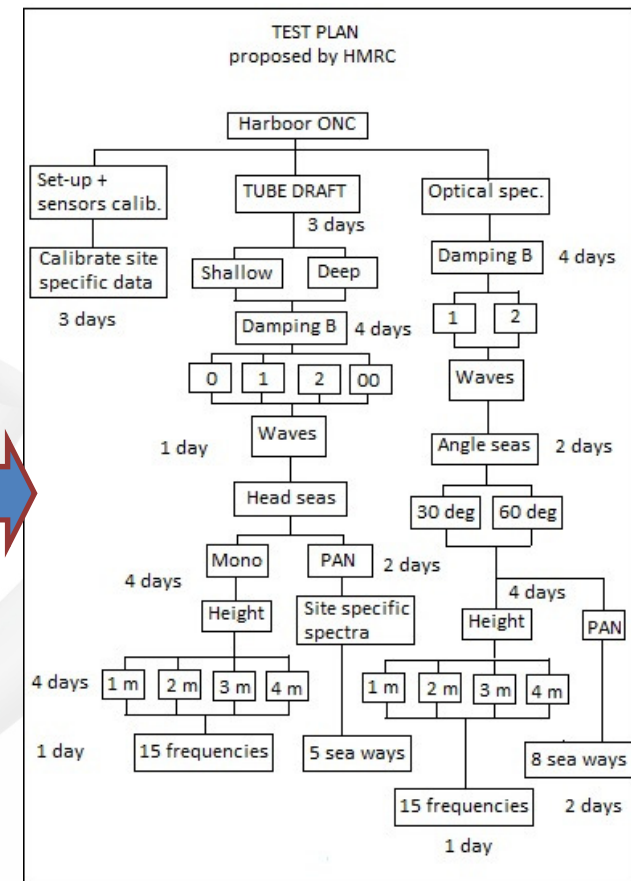


HMRC - Hydraulics and Marine Research Centre

Testing plan

(scale 1:20)

	<p>1</p> <p>Phase One – Validation Model</p> <ul style="list-style-type: none"> •Fundamental Testing in regular waves in a laboratory •Scale: 1:25 - 100
	<p>2</p> <p>Phase Two – Validation & Design Model</p> <ul style="list-style-type: none"> •Testing in realistic sea conditions in a laboratory •Scale: 1:10 - 25
	<p>3</p> <p>Phase Three – Process Model</p> <ul style="list-style-type: none"> •Testing in conditions representative of deployment site either in a laboratory or at sea •Scale: 1:10 – 15 or 1:1 - 4

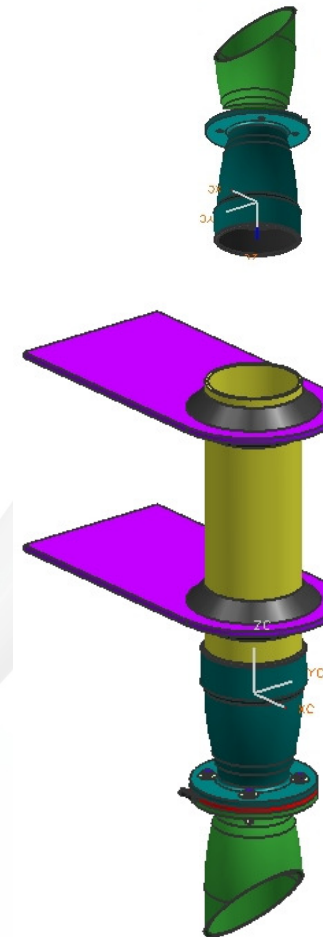


«Development and Evaluation Protocol»

WAVE SAX - un dispositivo modulare innovativo per la generazione d'energia elettrica dal moto ondoso



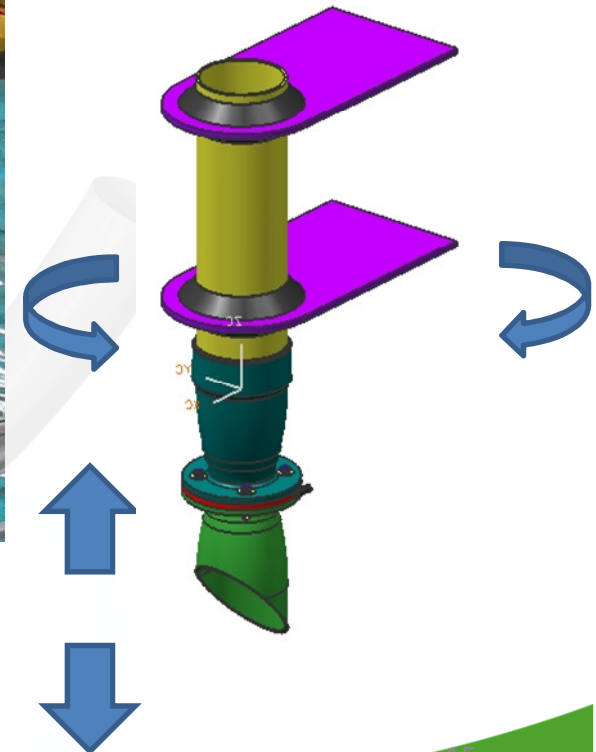
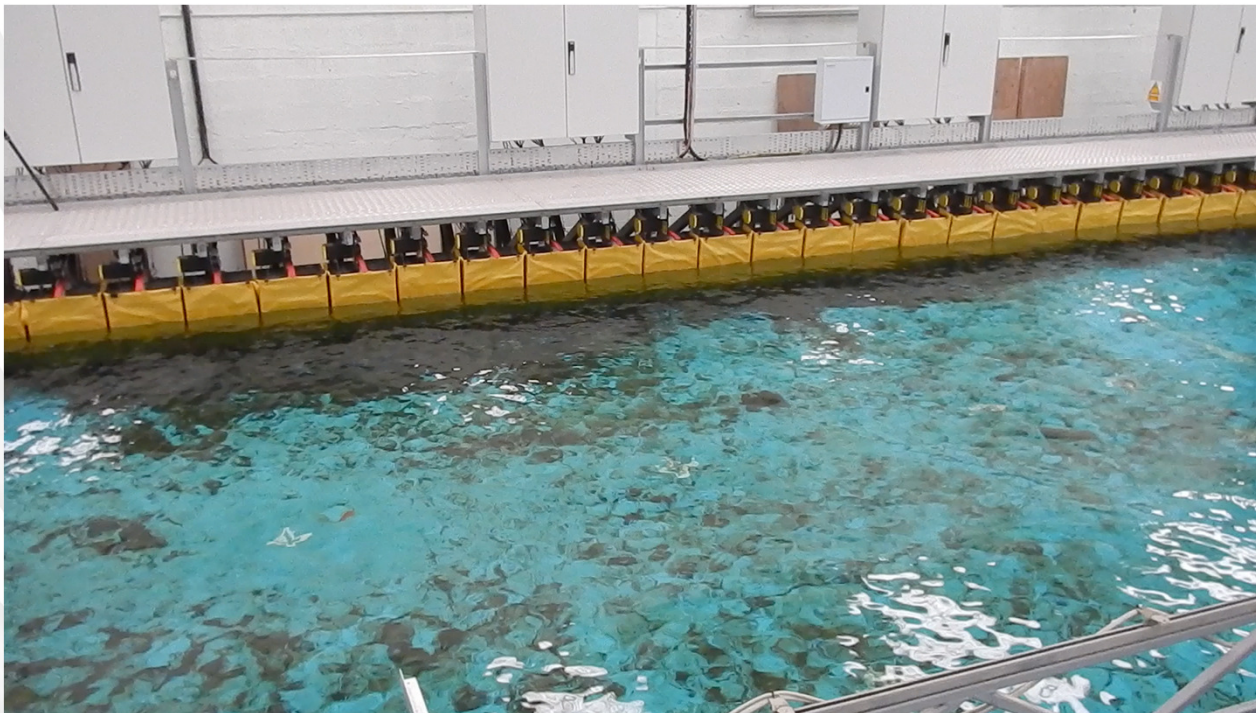
Costruzione prototipo



WAVE SAX - un dispositivo modulare innovativo per la generazione d'energia elettrica dal moto ondoso

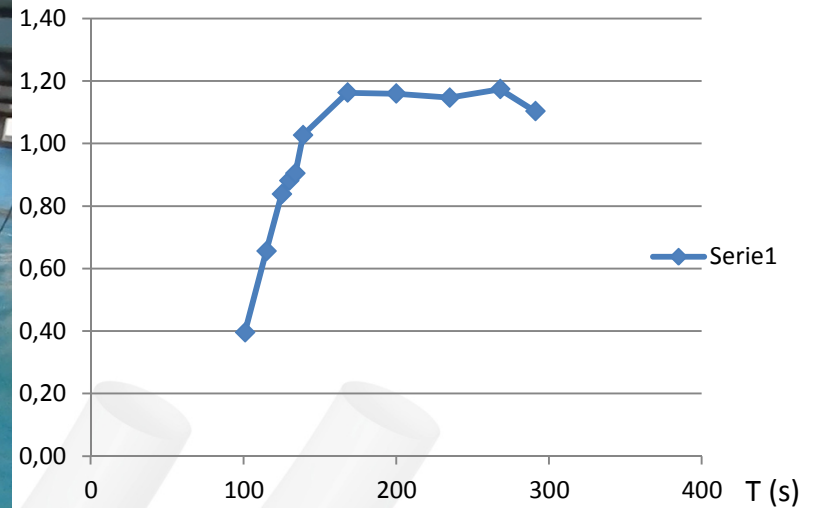
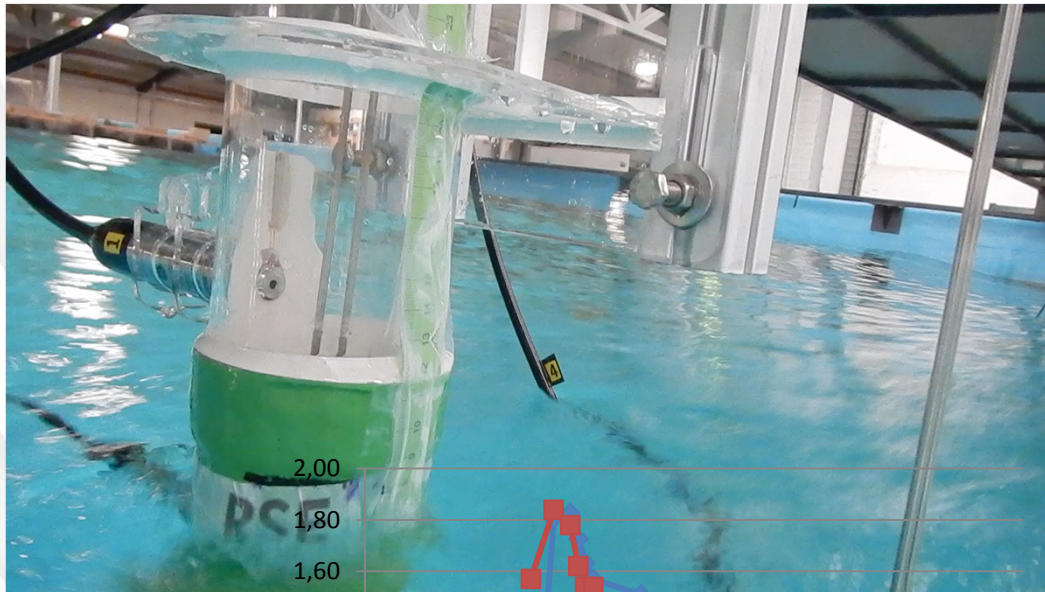


Prove in vasca marina

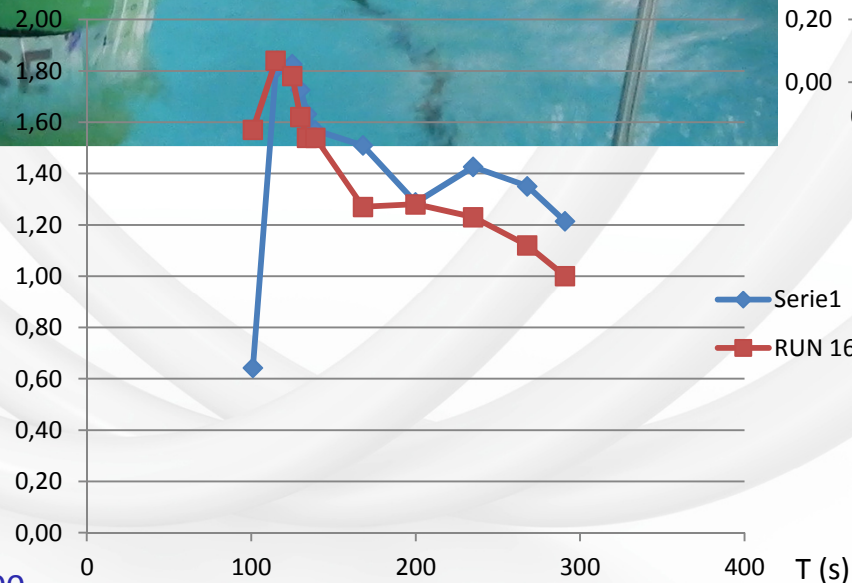


**imbocco, sommergenza,
direzione, perdita di carico girante**

Prove in vasca marina



RUN 14 - D150 ; H100



RUN 3 - D100 ; H100

Response Amplitud Operator (RAO)

INDICE

1. Principio di funzionamento
2. Ottimizzazione disegno componente fissa (CFX)
3. Analisi del dispositivo con girante Wells (CFX)
4. Studi in scala - Laboratorio HMRC (Cork, Irlanda)
5. **Attività correlate e sviluppi futuri**

WAVE SAX - un dispositivo modulare innovativo per la generazione d'energia elettrica dal moto ondoso



Mappatura della risorsa marina: MAREENERGY

The screenshot displays the MAREENERGY web application interface. At the top, the RSE logo and the title "MAREENERGY" are visible, along with the subtitle "Il sito dedicato allo sviluppo dell'energia da fonte marina in Italia". The main area features a map of Italy with various coastal locations marked, including Bibione, Punta della Maestra, Punta Sdobba, Spezia, Ancona, Marina di Cecina, Piombino, Montalto, Civitavecchia, Marina di Stabia, Marina di Gioia, Tarento, Pindisi, Fiume Santo, Alghero, Cagliari, Capo Palinuro, Crotone, Sant'Antioco, Marettimo, Pizzolungo, Catania, Mazara del Vallo, Capo Passero, and Siracusa. The map is overlaid with colored lines and markers representing energy potential. A search bar at the top left contains "Cerca per..." and a scale bar below the map shows "Scala 1: 13195370". On the right side, a panel titled "VALUTAZIONE DELL'ENERGIA DAL MOTO ONDOSO" lists several checked options: "Dati marini", "Mappa del potenziale nazionale", "Mappa del potenziale regionale (Regione Lazio)", "Mappa del potenziale locale (Civitavecchia)", "Mappa del potenziale regionale (Sardegna Occ.)", "Mappa del potenziale locale (Sardegna Occ.)", "Cartografia di riferimento", and "Altri dati di interesse". A small inset map of Italy is located at the bottom right of this panel. The footer of the application reads "Ricerca sul Sistema Energetico - RSE S.p.A. © 2012 - Tutti i diritti riservati - Informazioni legali".

<http://map.rse-web.it/mares/map.phtml>

WAVE SAX - un dispositivo modulare innovativo per la generazione d'energia elettrica dal moto ondoso



Risorse rinnovabili e gestione integrata delle aree marine costiere : TRITONE

RSE Ricerca Sistema Energetico

TRITONE

Strumento per la gestione integrata delle aree marine e costiere

Cerca per... Info Tools

Scala 1: 15344320

Info risorsa "Correnti Marine"
Aree di studio delle correnti marine:
Area

Info risorsa "Eolico"
Descrizione modulo di calcolo
WebGIS ATLAEOLICO

km 0 250 500 750

WGS84-UTM Zone32N X: 2413087 Y: 4168831

- Pescierecci (tonnellaggio per comune)
- Ricettività turistica (posti letto)
- Traffico merci (ton/anno)
- Traffico passeggeri (k/anno)
- Posti barca da diporto (n.)
- USO DEL MARE**
 - Porti - profondita' (m)
 - Impianti Energetici
 - Piattaforme offshore
 - Rotte turistico-mercantili
 - Reti sottomarine
 - Aree con vincoli di utilizzo
- AREE MARINE PROTETTE**
 - Riserve naturali
 - SIC marini
 - ZPS marini
 - Posidonia - Stazioni di monitoraggio Si.Di.Mar.
 - Praterie di Posidonia (Si.Di.Mar.)
- CARATTERISTICHE DELL'AMBIENTE MARINO**

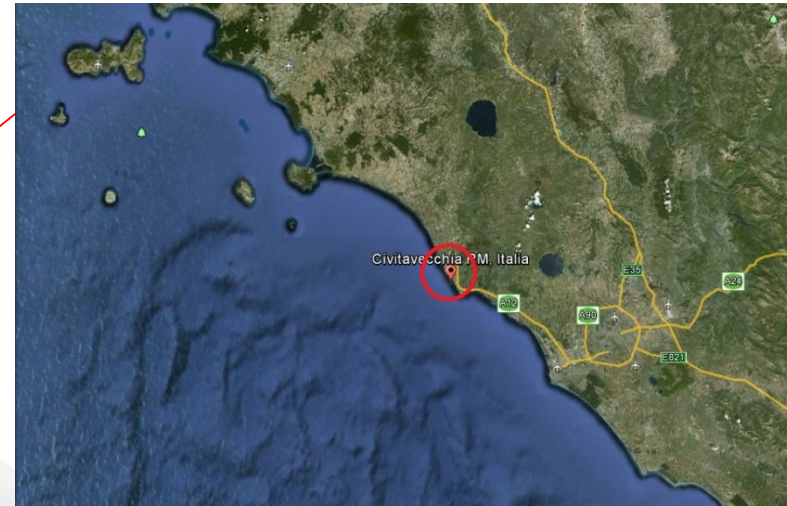
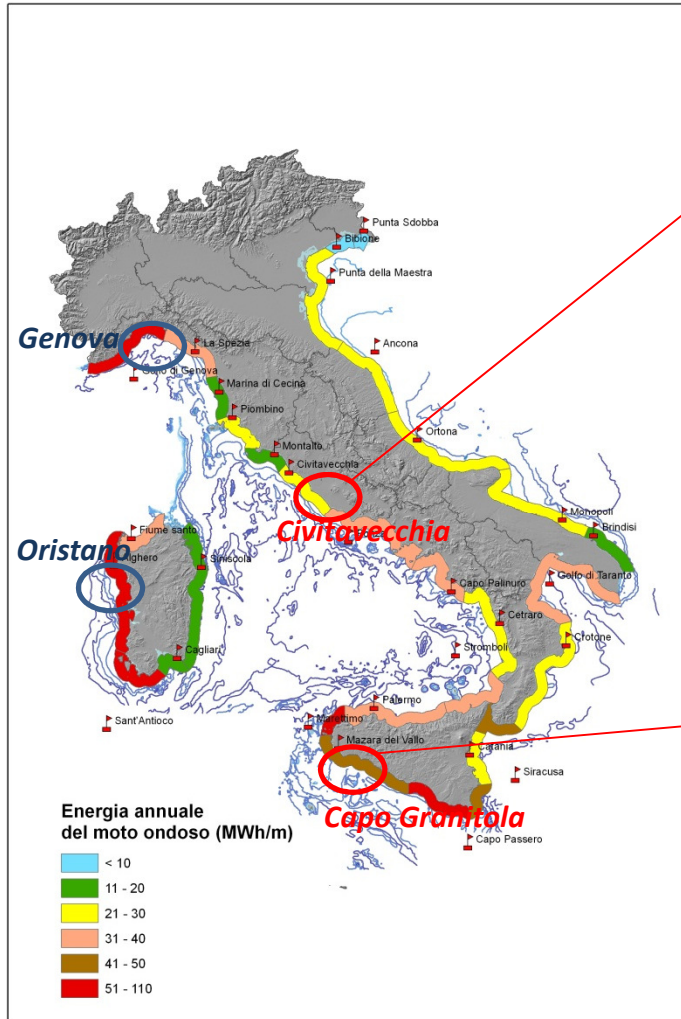
Ricerca sul Sistema Energetico - RSE S.p.A. © 2012 - Tutti i diritti riservati - Informazioni legali

<http://map.rse-web.it/tritone/map.phtml>

WAVE SAX - un dispositivo modulare innovativo per la generazione d'energia elettrica dal moto ondoso



Stazioni di monitoraggio del moto ondoso



Porto di Civitavecchia (Tirreno)

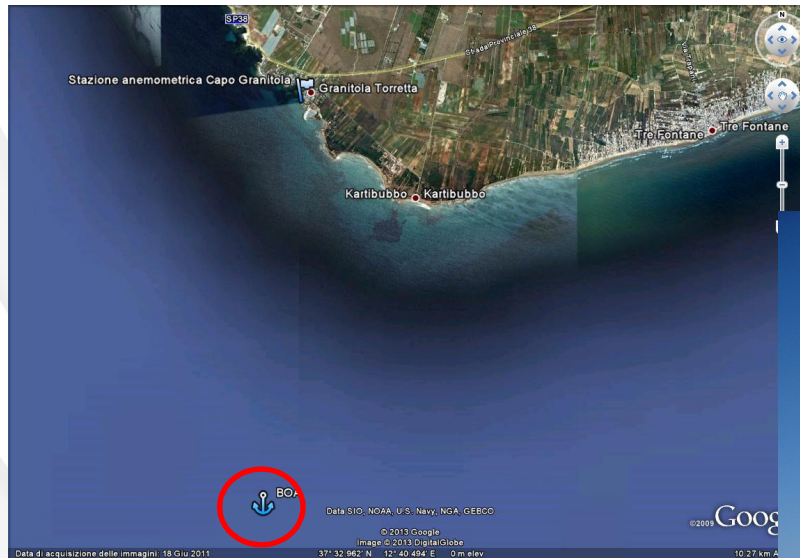


Capo Granitola (Sicilia)

WAVE SAX - un dispositivo modulare innovativo per la generazione d'energia elettrica dal moto ondoso



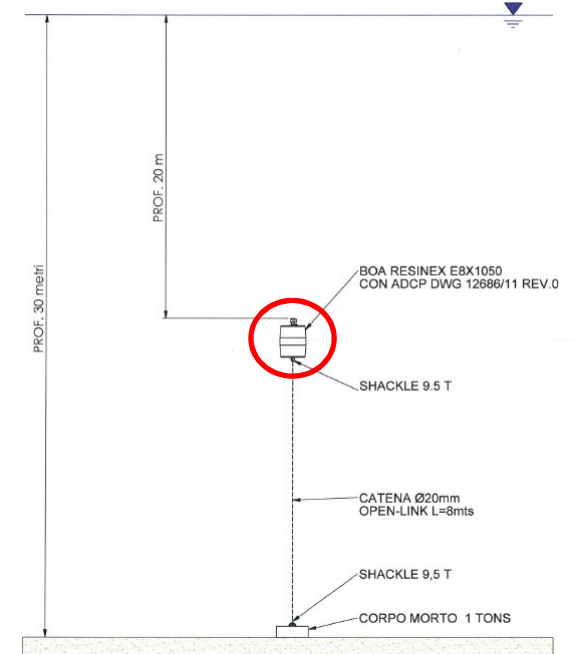
Capo Granitola



Installazione da eseguire presso la boa anemometrica del RSE (Capo Granitola)



Schema d'installazione con boa sommersa

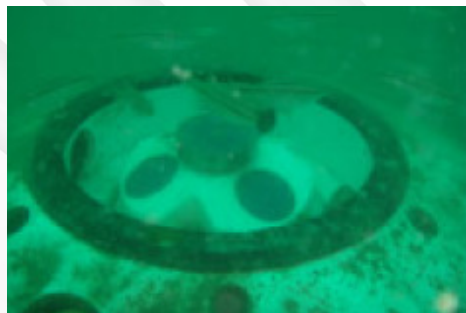


Sontek Mini ADP-1,5 MHz

WAVE SAX - un dispositivo modulare innovativo per la generazione d'energia elettrica dal moto ondoso



Porto di Civitavecchia



Barnacle + Mini ADP 1,5 MHz

Sito potenziale installazione pilota del WAVE SAX



Questo lavoro è stato finanziato dal Fondo di Ricerca per il Sistema Elettrico nell'ambito dell'Accordo di Programma tra RSE S.p.A. ed il Ministero dello Sviluppo Economico - D.G. Nucleare, Energie rinnovabili ed efficienza energetica - in ottemperanza del DM, 8 marzo 2006.

maximo.peviani@rse-web.it