Origine del laboratorio, con i pionieristici esperimenti del professore Paolo Boccotti

Nel periodo 1989-94 un gruppo di docenti dell'Università di Reggio Calabria coordinato dal prof. Paolo Boccotti ha portato a termine, con successo, sei esperimenti in mare sulla meccanica delle onde generate dal vento e sull'interazione onde-strutture, i cui risultati sono stati pubblicati su prestigiose riviste internazionali del settore e sono stati diffusamente illustrati nei volumi di Boccotti 'Idraulica Marittima' (UTET, 1997), 'Wave Mechanics for Ocean Engineering' (Elsevier, 2000) e 'Wave Mechanics and Wave Loads on Marine Structures' (Elsevier BH, 2014). I predetti esperimenti prevedevano, per la prima volta al mondo, la realizzazione direttamente in mare di modelli (in scala ridotta di Froude) di strutture marittime, operando con tecniche da laboratorio.

Il mare di Reggio Calabria, grazie ad una serie straordinaria di fattori naturali, è un grande laboratorio naturale per le sperimentazioni di ingegneria marittima.

I primi esperimenti. EXP 1990 sulla verifica della teoria di Quasi-Determinismo. EXP1991 sulla riflessione delle onde di mare. EXP1992 sull'ingegneria offshore.

A seguito del successo in campo internazionale degli esperimenti nel mare di Reggio Calabria, nel 1996 si sono avviati i lavori per l'esecuzione di un laboratorio stabile sul lungomare della città di Reggio Calabria.

Il laboratorio è stato inaugurato nell'aprile 2005, con un nuovo importante esperimento che ha riguardato la verifica in mare di un nuovo dispositivo per la produzione di energia elettrica dalle onde di mare (v. foto): si tratta dell'U-OWC, o REWEC3, Resonant Wave Energy Converter. I risultati dell'esperimento sono stati pubblicati su *Ocean Engineering* nel 2007.

Esperimento di maggio 2005

Azioni di onde di mare alte su una diga a parete verticale(2010-2011)

Il NOEL, Natural Ocean Engineering Laboratory

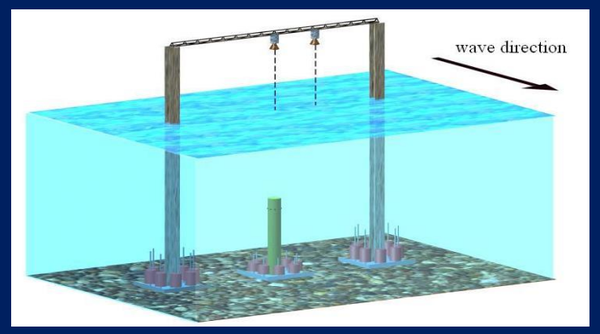
Il laboratorio naturale di ingegneria marittima è gestito direttamente dall'Università Mediterranea a partire dalla primavera del 2009: nasce il *Natural Ocean Engineering Laboratory, NOEL*.

Responsabile Scientifico del laboratorio è il *prof. Felice Arena*, con il Coordinamento scientifico del *prof. Paolo Boccotti* (Ordinari di Costruzioni Marittime nell'Università Mediterranea).

Con il passaggio all'Università Mediterranea, nella primavera del 2009, si è avviata una nuova fase del laboratorio, con l'avvio di collaborazioni internazionali, una serie di esperimenti in mare (oltre quindici nei primi sei anni di attività), una serie di eventi seminariali di carattere internazionale, corsi per studenti di ingegneria o per dottorandi di ricerca, workshops.

Il gruppo di ricercatori del NOEL (proff. F. Arena, G. Barbaro, V. Fiamma e A. Romolo, oltre a giovani ricercatori) ha pubblicato sulle più prestigiose riviste internazionali (*Journal of Geophysical Research, Journal of Physical Oceanography, Journal of Fluid Mechanics, Philosophical Transactions A* of the *Royal Society of London, Renewable Energy, Ocean Modelling, Energies, Physics of Fluids, Coastal Engineering, International Journal of Non-Linear Mechanics, European Journal of Mechanics, Probabilistic Engineering Mechanics, Ocean Engineering, ASCE Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, Mathematical Problems in Engineering, Wind and Structures, International Journal of Offshore and Polar Engineering, 'Journal of Coastal Research, Applied Ocean Research, ASME Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering*) e ha presentato i risultati in congressi nazionali ed internazionali.

Le attività svolte in laboratorio hanno visto la partecipazione attiva di docenti, dottori, dottorandi di ricerca in "Ingegneria Marittima" e studenti di ingegneria civile della Mediterranea (coordinatore del dottorato è il prof. Arena).



Forze idrodinamiche di onde di mare su cilindri verticali (2012-2013)

Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria

Laboratorio Naturale di Ingegneria Marittima

NOEL
NATURAL OCEAN ENGINEERING LABORATORY

www.noel.unirc.it

Località Rada delle Mura Greche,
Lungomare Falcomatà, Reggio Calabria

Per informazioni sul laboratorio contattare il direttore del NOEL **prof. Felice Arena**, Ordinario di Costruzioni Marittime presso l'Università Mediterranea di Reggio Calabria
(Tel. 0965/1692260; E-mail: arena@unirc.it)

in copertina: Frecce Tricolori durante l'esibizione a Reggio Calabria nel 2015

Un sito eccezionalmente favorevole

In mare è molto difficile trovare onde con dimensioni da vasca di laboratorio, che siano anche pure onde di vento. Di solito, onde di quelle dimensioni sono sovrapposizioni di onde di vento ed onde di mare-lungo le quali conservano i periodi che avevano nell'area di generazione, ma hanno altezze evidentemente ridotte. Pertanto per tali onde, la similitudine di Froude tra lo stato di mare cui è sottoposto il modello e lo stato di mare cui è sottoposto il prototipo (dimensioni reali) non è più rispettata.

Le prove eseguite a Reggio Calabria con modelli di strutture diverse hanno avuto successo grazie alle condizioni eccezionalmente favorevoli del sito.

La prima fondamentale condizione è che frequentemente si formano degli stati di mare con dimensioni tipiche da grossa vasca di laboratorio (altezze significative H_s comprese tipicamente tra 0.2m e 0.8m e periodi dominanti T_P compresi tra 1.8s e 2.8s) i quali consistono di onde pure di vento. Trovare in mare onde con H_s<0.50m e spettri da pure onde di vento non è per niente facile; a Reggio Calabria tale condizione si verifica per alcuni giorni al mese, grazie alla concomitanza di tre condizioni favorevoli:

i) la grande stabilità del vento locale di NNW, il cosiddetto "vento di canale", che soffia da Messina verso Reggio;

ii) l'orientamento locale della costa: il tratto di litorale davanti al centro della città piega verso NE per chi risale lo Stretto da SUD, e pertanto risulta naturalmente protetto dalle onde di mare-lungo che provengono dall'imboccatura SUD;

iii) l'estensione relativamente limitata (circa 10 km) del fetch sul quale agisce il vento di canale.

E' probabile che condizioni simili in termini di caratteristiche delle onde possano realizzarsi in alcuni laghi; ed infatti è soprattutto ai laghi che bisogna guardare per sviluppare la modellistica naturale.

Tuttavia il laboratorio pioneristico di Reggio Calabria possiede una serie di ulteriori vantaggi che lo rendono difficilmente superabile.

1. La piccola escursione di marea (ampiezza tipicamente contenuta entro i 10cm) che è un requisito necessario per la buona riuscita degli esperimenti su modelli in scala ridotta.

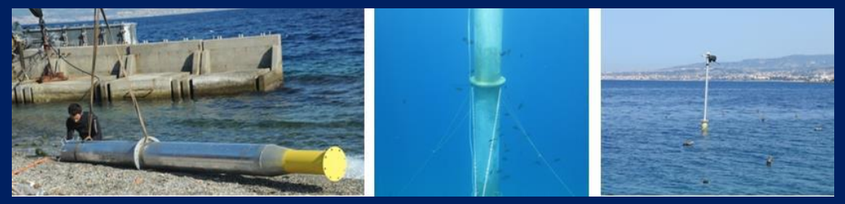
2. La grande limpidezza dell'acqua, davvero impensabile davanti ad un centro urbano: è del tutto evidente che la limpidezza dell'acqua è un altro prerequisito per l'attività di laboratorio in ambiente naturale.

L'Università Mediterranea, a seguito delle attività sperimentali del prof. Paolo Boccotti che hanno evidenziato l'eccezionalità del sito, ha costruito il Natural Ocean Engineering Laboratory NOEL, sul lungomare di Reggio Calabria, in località Rada delle Mura Greche.

ENERGIA DALLE ONDE DI MARE

Nuove attività sperimentali sono in corso sullo sfruttamento dell'energia delle onde di mare con un Resonant Wave Energy Converter REWEC3 (conosciuto anche come dispositivo a colonna d'acqua oscillante U-OWC), brevettato dal professore Paolo Boccotti. La diga è realizzata in cemento armato, con la parte attiva in acciaio. Una turbina di Wells è collegata alla camera di assorbimento del cassone centrale. Il cassone di sinistra è ancora un REWEC3 con geometria variabile (progetto ENEA). Un cassone è in corso di costruzione nel Porto di Civitavecchia (il prof. Arena è supervisore del progetto).

ENERGIA DAL VENTO OFFSHORE È in corso un'attività sperimentale, iniziata nel luglio 2015, che ha per oggetto lo studio del moto di una struttura galleggiante di tipo SPAR, che rappresenta in scala 1:30 un supporto per turbine eoliche offshore. Questa tipologia strutturale è molto promettente per lo sviluppo futuro della produzione di energia da fonti rinnovabili ed è dunque importante studiarne il comportamento in modo più approfondito. Il supporto è costituito da un corpo cilindrico in acciaio lungo circa 4 m, mentre la torre eolica è rappresentata con un cilindro in alluminio lungo di circa 3 m con un massa in cima. La struttura è ancorata con catene su un fondale profondo circa 7 m ed è strumentata con un'antenna GPS e una piattaforma AHRS per registrare gli spostamenti e le rotazioni. Lo SPAR e visibile nello specchio acqueo, in direzione NORD.

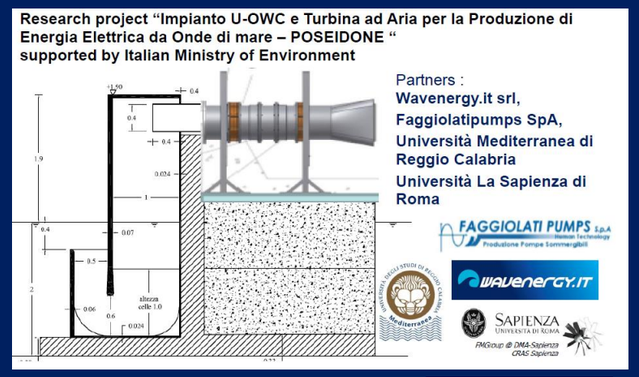


Attività seminariali presso il NOEL

PRINCIPALI PROGETTI NELL'ULTIMO TRIENNIO

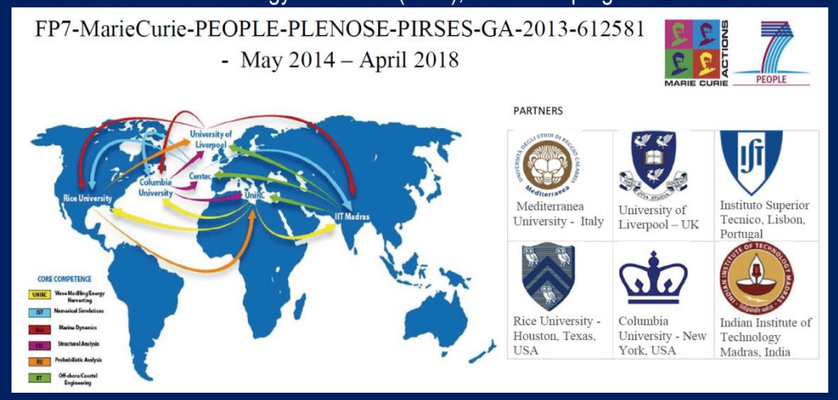
POSEIDONE

U-OWC con una turbina di Wells da 2kW, installata nel NOEL, per produrre energia elettrica dalle onde di mare –Ministero dell'Ambiente – Durata 2011-2014.



REWEC-GV - ENEA : Ricerca sistema elettrico (2012-2016).

PLENOSE : EU project "LARGE MULTIPURPOSE PLATFORMS FOR EXPLOITING RENEWABLE ENERGY IN OPEN SEAS", finanziato nell'ambito della Marie Curie action FP7-PEOPLE-2013-IRSES. Il progetto coinvolge : Mediterranea University of Reggio Calabria (Italy – capofila – coordinatore scientifico : prof. F. Arena); University of Liverpool (UK); Instituto Superior Tecnico, Lisbon, (Portugal); Rice University, Houston (Texas, USA); Columbia University, New York (USA); Indian Institute of Technology of Madras (India); durata del progetto: 2013-2018.



TEN-T European Project "Study for the development of the green mobility in the port of Civitavecchia through the implementation of the pilot technology REWEC 3 - 2013-IT-92050-S", supported by the EU's TEN-T Programme. Il progetto ha finanziato il monitoraggio di un REWEC3 con turbina nel Porto di Civitavecchia (con Autorità Portuale di Civitavecchia & Wavenergy.it). Durata progetto: 2014-2015

La prima turbina da 20 kW installata nella diga REWEC3 del Porto di Civitavecchia.

Collaborazioni Scientifiche con: Cranfield University, tecnalia, Ifremer, Universidade Federal do Rio de Janeiro