

## Tecnologie GIS per la valutazione della risorsa energia dal mare

Emanuela Caiaffa (\*), Flavio Borfecchia (\*), Adriana Carillo (\*), Luigi La Porta (\*),  
Maurizio Pollino (\*), Luca Liberti (\*\*), Gianmaria Sannino (\*)

(\*) ENEA - UTMEA (Unità Tecnica Modellistica Energetica ed Ambientale), C.R. Casaccia -  
Via Anguillarese, 301 Roma, Tel. 06.30483698, e-mail: emanuela.caiaffa@enea.it

\*\* ISPRA, Via Curtatone 3, 00185 Roma, e-mail: luca.liberti@isprambiente.it

### Riassunto

L'idea della possibilità di convertire in energia elettrica sfruttabile l'energia associata al moto ondoso (sia *off-shore* che in acque costiere) e alle correnti marine e fluviali, non è nuova e nel tempo sono stati sviluppati diversi progetti atti alla realizzazione di dispositivi per la generazione di energia elettrica dal mare.

Tuttavia rispetto alle altre fonti rinnovabili per eccellenza come l'eolico, il solare e le biomasse, lo sfruttamento della forza di onde del mare, correnti marine e maree avviene attualmente solo grazie a prototipi che tuttavia hanno dimostrato potenzialità molto promettenti, come risulta anche dal lavoro che ENEA ed altre Istituzioni pubbliche e private stanno effettuando.

L'articolo mostra come le sempre più avanzate tecnologie GIS siano in grado di fornire un utile strumento per la stima della risorsa energia dal mare, valutando sia se questa energia è sfruttabile, sia gli impatti sulle realtà sociali ed ambientali presenti in mare aperto e/o nell'ambiente costiero.

E' stata, inoltre, sviluppata una applicazione WebGIS per la visualizzazione, consultazione e fruizione condivisa di mappe e dati prodotti nel contesto delle attività di monitoraggio e previsione legate ad un potenziale utilizzo dell'energia dal mare.

### Abstract

*The idea of the possibility to convert into exploitable electrical energy, the energy associated with the marine wave motion (both off-shore and coastal) and with the marine and river currents, is not new and over time have been developed several projects aimed to realize devices for electrical energy generation from the sea. However, compared to other renewable sources for excellence such as wind, solar and biomass, the exploitation of the marine waves, currents and tides potency, is currently only in prototype form, that, however, have shown very promising potential, as it is also evident from the work that ENEA and other public and private institutions are performing.*

*The article shows how the GIS technologies are able to provide a very useful tool to assess the marine energy resource, evaluating if it is possible to exploit such resource and estimating also environmental, social and economical impacts with the open sea and / or with the coastal environment.*

*It was also developed a WebGIS application for viewing, browsing and use of shared maps and data produced in the context of monitoring and forecasting related to a potential use of energy from the sea.*

### Introduzione

Negli ultimi anni, tra le diverse discipline che regolano il settore delle energie alternative, hanno registrato una significativa crescita le attività relative allo sviluppo di tecnologie rivolte allo sfruttamento del potenziale energetico contenuto nel moto ondoso del Mare Mediterraneo e, più in particolare, nel moto ondoso presente lungo le coste italiane.

Sono in corso una serie di attività aventi lo scopo di pervenire ad una stima delle risorse energetiche disponibili nei mari italiani, necessaria alla individuazione dei siti più idonei ad ospitare l'eventuale installazione di generatori di conversione del moto ondoso in energia.

I dati relativi all'altezza, periodo, ecc. dell'onda, misurati dalla Rete Ondametrica Nazionale (RON) (figura 1), sono utilissimi per una validazione dei dati ottenuti dai modelli, ma non forniscono una copertura spaziale adeguata per tutta la superficie del Mediterraneo. E', pertanto, necessario l'utilizzo di dati provenienti da simulazioni modellistiche ad alta risoluzione spaziale. Inoltre, la scelta delle zone più idonee allo sfruttamento dell'energia ondosa deve essere effettuato considerando, oltre all'energia disponibile, anche una serie di parametri ambientali e socio-economici che possono costituire un ostacolo alla installazione dei dispositivi.

Lo strumento GIS costituisce un valido mezzo per valutare quanto la risorsa energia dal mare sia di facile sfruttamento, legando tra loro le realtà ambientali, naturalistiche e socio-economiche che insistono nelle zone dove sarebbe potenzialmente possibile installare dispositivi di produzione, e su come quest'ultimi andrebbero ad impattare con le condizioni di mare aperto oppure con l'ambiente costiero.

Per una valutazione del potenziale energetico del bacino del Mediterraneo, si è rivelato utile lo studio di tre tipologie di fenomeni sfruttabili dal punto di vista energetico:

- correnti di marea;
- onde superficiali generate dal vento;
- onde sottomarine prodotte dall'interazione tra correnti e fondo del mare.

Il loro possibile sfruttamento è strettamente legato a una conoscenza dettagliata delle grandezze fisiche connesse come la velocità della corrente, l'altezza delle onde, l'intensità delle maree e susseguentemente allo sviluppo di tecnologie adatte alla conversione di tale energia.

### **Breve panoramica sui dispositivi di conversione**

Rispetto ad altre tipologie di fonti rinnovabili più mature (come eolico, solare e biomasse), lo sfruttamento della forza di onde, correnti e maree avviene grazie a specifici dispositivi, alcuni dei quali ancora in forma prototipale.

I dispositivi di conversione di energia dal mare sono ovviamente diversi a seconda della sorgente di energia che si vuole sfruttare. Per lo sfruttamento del moto ondoso, il più evoluto è *Pelamis*. Tale dispositivo si compone di diverse parti cilindriche che si muovono indipendentemente l'una dall'altra: sotto l'effetto del moto ondoso le diverse parti oscillano e, grazie ad un sistema di pistoni idraulici situati nei punti di collegamento delle diverse sezioni, viene accumulato un fluido ad alta pressione, consentendo una produzione continua di energia elettrica. Ne sono stati collocati sei esemplari in un sito delle Orcadi (<http://www.pelamiswave.com/>).

Il dispositivo *REWEC3*, ideato dal Laboratorio Naturale di Ingegneria Marittima NOEL ([www.noel.unirc.it](http://www.noel.unirc.it)) dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria, è un convertitore di moto ondoso costituito sostanzialmente da una diga a cassoni per lo sfruttamento dell'energia ondosa sotto costa. Viceversa, per lo sfruttamento di correnti marine e di marea è stato sviluppato un altro prototipo chiamato *Kobold*: una turbina marina sommersa ad asse verticale. Le turbine *Kobold* sono state installate nello Stretto di Messina a 200 metri dalla costa: con una corrente di 3m/s si generano circa 100 kW (<http://www.damiduck.it/Progetto%20ENERMAR%20kobold.pdf>).

Altro dispositivo è il *GEM*: una turbina marina ad asse orizzontale. Il primo prototipo a scala reale è stato installato nella laguna veneta. Ha una potenza attesa di circa di 20 kW, con velocità di corrente di laguna pari a 1,5 m/s. Quindi la produzione media annua prevista per un sito con velocità della corrente massima di 2,5 m/s è di circa 300 MWh ([http://www.adag.unina.it/gem%20volantino\\_ITA-def.pdf](http://www.adag.unina.it/gem%20volantino_ITA-def.pdf)).

### **Calcolo del potenziale energetico del moto ondoso**

La quasi totalità delle informazioni relative al potenziale energetico del moto ondoso è valutata sulla base dei dati registrati dalle 15 boe della RON, attiva dal 1989 e gestita dal Servizio

Mareografico dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA). Le boe RON sono distribuite lungo tutta la fascia costiera italiana come mostrato nella Figura 1.

Gli strumenti, in dotazione delle singole boe, sono dotati di un sistema di localizzazione che utilizza il satellite ARGOS per il controllo continuo della posizione. Ogni boa, ancorata su fondali dell'ordine di 100 metri, segue il movimento della superficie dell'acqua e permette di determinare l'altezza e la direzione delle onde. E' possibile calcolare l'energia del moto ondoso utilizzando l'equazione [1]:

$$P = \frac{\rho g^2 T_{m0,-1} H_{m0}^2}{64\pi \cdot 1000} \quad [Kw/m] \quad [1]$$

dove:

$\rho$  rappresenta la densità del mare (circa a 1025 Kg/m<sup>3</sup>)

$g$  è la gravità.

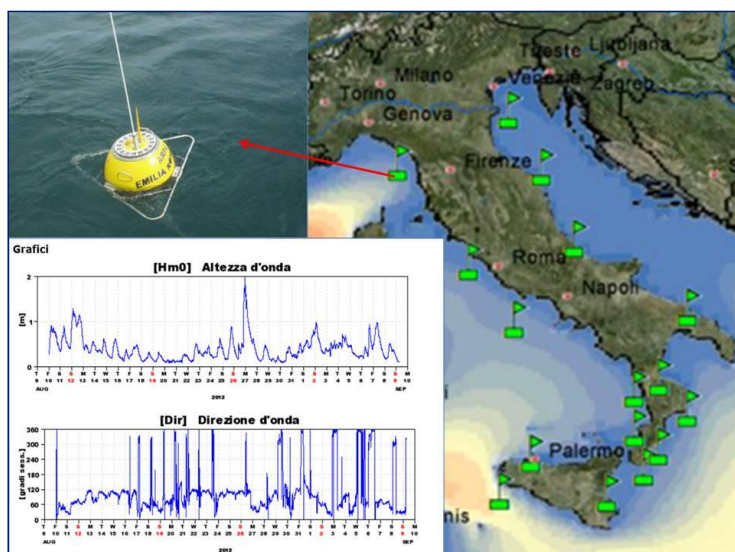


Figura 1. Rete Ondametrica Nazionale (RON) di ISPRA (<http://www.idromare.it/>).

In questa formula viene utilizzato il momento di ordine zero dell'altezza dell'onda  $H_{m0}$  ed il periodo medio dello spettro  $T_{m0,-1}$  che sono ricavati dai dati registrati dalle boe.

I dati ottenuti dall'analisi delle boe RON, nonostante costituiscano una fonte insostituibile di informazioni, non forniscono una copertura spaziale adeguata per l'individuazione dei siti costieri adatti all'estrazione dell'energia ondosa. Pertanto, per la descrizione del moto ondoso e delle relative energie ad esso associate ed eventualmente sfruttabili, si ricorre all'uso di modelli numerici di elevato livello che nel caso in descrizione è il modello di calcolo WAM (*Wave prediction Model*) per il moto ondoso (WAM, WAMDI-Group 1988).

Il modello WAM in questione viene forzato con il dataset di vento ottenuto dalle analisi prodotte dal Centro Europeo per le previsioni meteo a medio termine (ECMWF) a una risoluzione orizzontale di circa 40 Km.

I risultati del modello WAM sono validati tramite il confronto con i valori misurati dalle boe RON e il valore aggiunto fornito dai risultati delle simulazioni numeriche, rispetto ai dati registrati dalle boe, è rappresentato dalla possibilità di ottenere informazioni sull'intero bacino del mediterraneo.

Sono state prodotte una serie di mappe delle medie stagionali dell'altezza significativa dell'onda ( $H_s$ ) calcolate sulla base dei dati ricavati dalla simulazione WAM, forzata con le analisi di vento ECMWF. Basandosi dunque sui dati prodotti dalla simulazione WAM, che fornisce una valutazione

## Il WebGIS **“Energia dal Mare”**

All'utilizzo delle metodologie GIS come supporto ai processi decisionali e di pianificazione, si è aggiunta anche la scelta di rendere fruibili e consultabili on-line una serie di risultati ottenuti nell'ambito delle attività del progetto qui descritte. Il WebGIS denominato “Energia dal Mare” è stato, pertanto, concepito come uno strumento agile e funzionale per la consultazione interattiva dei dati sull'energia dal mare (dati geospaziali e mappe tematiche), rivolto anche a utenti non esperti.

L'applicazione è consultabile all'indirizzo: <http://utmea.enea.it/energiadalmare/>.

Per lo sviluppo del WebGIS è stato scelto di avvalersi di pacchetti *Geographic Free/Open Source Software* (GFOSS), conferendo al tutto caratteristiche di originalità e versatilità applicativa. L'architettura logica del WebGIS è riportata nella Figura 6 e si articola nella catena operativa: Repository Dati -> Web Server (*GeoServer*) -> Libreria (*OpenLayers*) -> Map Viewer (Interfaccia WebGIS, sviluppata in HTML-Javascript).

Il Repository Dati individua l'area di archiviazione che contiene l'insieme dei dati da utilizzare (in formato GIS). Per l'implementazione del Web Server che consente al sistema di organizzare le informazioni e renderle fruibili alla rete, si è scelto di utilizzare *GeoServer*. Esso permette di fornire mappe e dati (in una varietà di formati) a *client* standard, come i comuni browser web o i software GIS di tipo desktop. *OpenLayers* è una libreria JavaScript di tipo Open Source, utilizzata per visualizzare mappe interattive nei browser web.

Grazie all'architettura messa a punto per il WebGIS in oggetto, attraverso un normale *browser web* l'utente può visualizzare le mappe che rappresentano i risultati prodotti nell'ambito delle attività progettuali. In particolare, per la visualizzazione dei dati d'interesse, si è fatto ricorso allo standard WMS definiti dall'Open Geospatial Consortium (OGC). L'area *Client* include tutti gli apparati con i relativi software (ossia i *browser web*) che costituiscono in generale gli originatori delle richieste e gli utilizzatori delle informazioni. Il sistema è stato sviluppato in maniera da garantire in modo automatico la piena fruibilità dell'applicazione, a partire da richieste standard, indipendentemente dal tipo di apparato ricevente (dal PC al tablet).

I risultati ottenuti dalle simulazioni con i modelli numerici oceanografici (modello WAM su tutto il bacino del Mediterraneo, file in formato NetCDF, trasformati in formato Esri shapefile .shp) sono stati resi disponibili per la consultazione e l'interrogazione tramite il WebGIS. Essi sono di due tipologie: previsioni (“*Forecasting*”) e serie storiche (“*Climatology*”).

I primi, disponibili per tutto il Mediterraneo (risoluzione spaziale circa 3 km, 1/32 di grado), forniscono la previsione a 5 giorni, ad intervalli orari, delle seguenti grandezze fisiche:

- Energia delle onde;
- Altezza delle onde;
- Direzione delle onde;
- Periodo.

I secondi, invece, ricavati da serie storiche e direttamente in formato shapefile, sono relativi al potenziale energetico da onde e contengono i valori medi di energia in kW/m nel periodo 2001-2010, suddivisi anche per periodi trimestrali. In particolare nel WebGIS sono stati inseriti i seguenti dati:

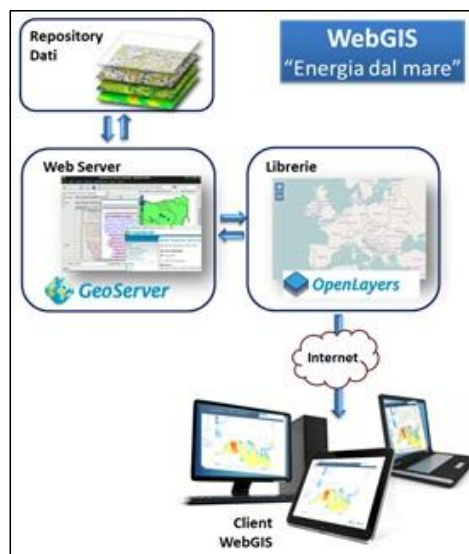


Figura 6. Architettura logica del WebGIS implementato per “Energia dal Mare”.

- Energia media 2001-2010 per tutto il Mediterraneo;
- Energia media 2001-2010 lungo la costa della Sicilia per una fascia di 12 Km;
- Energia media 2001-2010 lungo la costa della Sardegna per una fascia di 12 Km;
- Energia media 2001-2010 lungo la costa Ligure-Tirreno per una fascia di 12 Km;
- Energia media 2001-2010 lungo la costa Adriatica-Ionica per una fascia di 12 Km.

In Figura 7 è visibile il *layout* del WebGIS “Energia dal Mare”, in cui si possono individuare tre sezioni principali: A) La sezione “Maps” (sul lato sinistro): essa permette di selezionare il *layer* (mappa tematica) da visualizzare; B) La sezione centrale: è l’area in cui è possibile la visualizzazione del *layer* o dei tematismi selezionati, nonché la loro interrogazione (informazioni, grafici, etc.); C) La sezione “Legend” (posta sul lato destro), nella quale viene visualizzata la legenda relativa al *layer* selezionato. Dal punto di vista delle specifiche funzionalità implementate, cliccando su un punto qualsiasi del *layer* selezionato, vengono mostrate le informazioni o gli attributi quantitativi relativi al punto prescelto. Nel caso delle mappe tematiche presenti nella Sezione “Forecasting”, tali informazioni sono presentate sotto forma di grafico (Sezione B di Figura 7). Per i dati della sezione “Climatology”, oltre al dato puntuale sui valori medi di energia (nel decennio e per ciascun trimestre nel medesimo intervallo), sono visualizzabili e consultabili anche i relativi grafici (Figura 8).

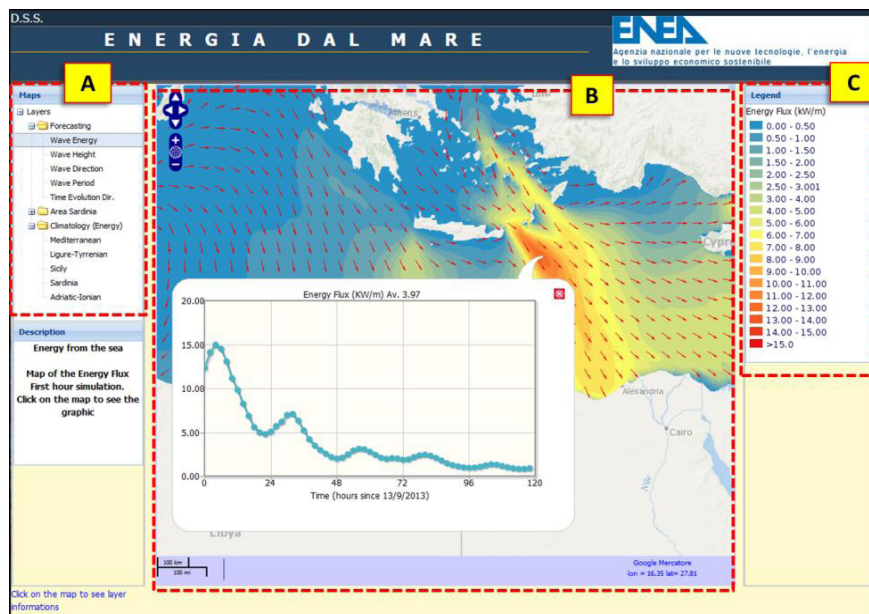


Figura 7. WebGIS “Energia dal Mare” (<http://utmea.enea.it/energiadalmare/>): layout dell’applicazione. Esempio di Mappa tematica dell’energia delle onde e relativo grafico orario.

### Conclusioni e sviluppi futuri

Nelle considerazioni conclusive e sviluppi futuri sarebbe auspicabile poter interfacciare, attraverso il GIS, anche valori batimetrici e geomorfologici del fondale marino e costiero con una elevata risoluzione, almeno nelle aree ritenute più interessanti al fine di uno sfruttamento dell’energia ondosa: ciò risulterebbe di considerevole aiuto per la progettazione effettiva degli impianti di sfruttamento dell’energia marina.

Altre analisi si possono condurre avendo a disposizione una più ampia gamma di informazioni di tipo ambientali, naturalistiche e anche di tipo socio-economico. Si pensi all’impatto che i suoni rilasciati in mare, dai movimenti dei dispositivi di produzione, potrebbero produrre sulla fauna

marina, così come i campi elettromagnetici prodotti dai cavi sottomarini per il trasporto a terra dell'energia prodotta, che potrebbe risolversi con l'interramento dei cavi stessi sotto il livello del fondale marino. Altre considerazioni investono l'area socioeconomica, come la pesca commerciale, rotte delle navi, aree marine protette, ecc. Viceversa i dispositivi di produzione potrebbero diventare sede di habitat per specie marine fatto che potrebbe alterare il funzionamento del dispositivo stesso. Inoltre, tra gli sviluppi futuri del WebGIS, si prevede l'inserimento di ulteriori strati informativi, quali ad esempio le mappe tematiche relative al potenziale energetico di aree di maggior dettaglio, per le quali i dati saranno prodotti ad una maggiore risoluzione spaziale (circa 800 m).

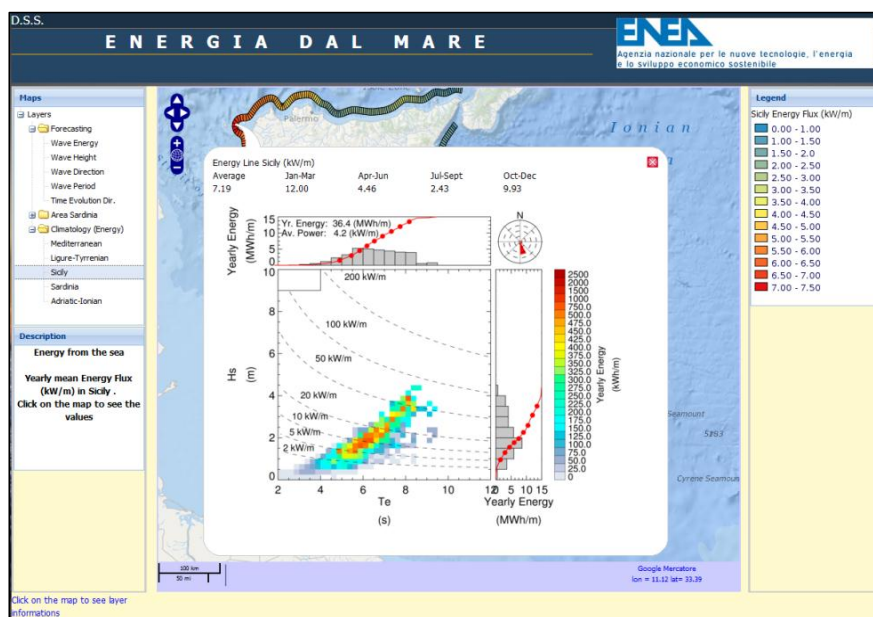


Figura 8. Esempio di visualizzazione dei valori medi di energia nel decennio di osservazione (2001-2010) e relativi grafici.

## Bibliografia

- WAMDI-group: S. Hasselmann, K. Hasselmann, E. Bauer, P.A.E.M. Janssen, G.J. Komen, L., Bertotti, P. Lionello, A. Guillaume, V.C. Cardone, J.A. Greenwood, M. Reistad, L. Zambresky and J.A. Ewing, (1988), "The WAM model - a third generation ocean wave prediction model. *Journal of Physical Oceanography*, 18:1775-1810
- Janssen P. and Bidlot J.R. – ECMWF Wave Model Operational implementation 9 April 2002 – IFS Documentation Cy25R1
- Caiaffa E. (2011), *ECDL GIS La rappresentazione cartografica e i fondamenti del GIS*, Edizioni McGrawHill.
- Pollino M., Fattoruso G., La Porta L., Della Rocca A.B, James V. (2012) "Collaborative Open Source Geospatial Tools and Maps Supporting the Response Planning to Disastrous Earthquake Events", *Future Internet*, 4:451-468
- Liberti L., Carillo A., Sannino G. (2013), "Wave energy resource assessment in the Mediterranean, the Italian perspective", *Renewable Energy*, 50:938-949
- Sito web del progetto "Energia dal Mare": <http://utmea.enea.it/projects/energiadalmare/>
- ISPRA, Rete Ondametrica Nazionale (RON): <http://www.idromare.it/>
- Geoserver: <http://geoserver.org/display/GEOS/Welcome>
- OpenLayers: <http://www.openlayers.org/>