

# Energia dal mare: modelli numerici e GIS per la valutazione del potenziale energetico

di A. Bargagli, E. Caiaffa, A. Carillo, L. Liberti, G. Sannino

**Attraverso l'uso di modelli numerici oceanografici applicati al Mar Mediterraneo i ricercatori del laboratorio di modellistica climatica e impatti dell'ENEA stanno valutando il potenziale energetico contenuto nel moto ondoso lungo la fascia costiera e più in generale nei mari italiani, allo scopo di identificare i siti più idonei all'installazione di impianti di conversione del moto ondoso in energia elettrica.**

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.

Un panorama più completo di come l'energia può essere estratta dal mare attraverso tecnologie che si avvalgono dell'acqua di mare come forza motrice o che sfruttano il suo potenziale chimico o termico, è dato dalle seguenti sei fonti distinte:

- **Onde:** energia cinetica trasferita dal vento alla superficie degli oceani.
- **Maree:** energia potenziale derivata dall'attrazione gravitazionale luni-solare degli oceani.
- **Correnti di marea:** energia cinetica delle correnti marine derivate dall'innalzamento e abbassamento della colonna d'acqua a causa delle maree.
- **Correnti marine:** energia cinetica delle correnti dovute alla differenza di densità tra masse d'acqua e/o al vento superficiale.

- **Gradienti di temperatura:** energia termica derivata dalla differenza di temperatura tra gli strati superficiali degli oceani riscaldati direttamente dal sole e gli strati profondi più freddi.

- **Gradiente di salinità:** energia osmotica derivata dalla differenza di salinità tra gli oceani e l'acqua dolce presente alla foce dei fiumi.

Alcune di queste risorse, come le correnti marine e il gradiente di salinità, sono distribuite a livello globale, mentre altre forme di energia marina sono presenti in maniera complementare tra di loro. L'energia termica degli oceani,

per esempio, è principalmente presente ai tropici (latitudine 0° a 35°), mentre l'energia delle onde si concentra alle medie latitudini (tra 30° a 60°, Figura 1). Inoltre, mentre alcune risorse energetiche marine, come ad esempio quella termica, le correnti di marea, e i gradienti di salinità, possono essere usate per generare elettricità in maniera continua, altre sono soggette ad un'alta variabilità temporale e per questo possono produrre energia solo in maniera discontinua.

La figura 1 mostra la distribuzione a livello globale della stima dell'energia ricavabile dal moto ondoso in chilowatt per metro.

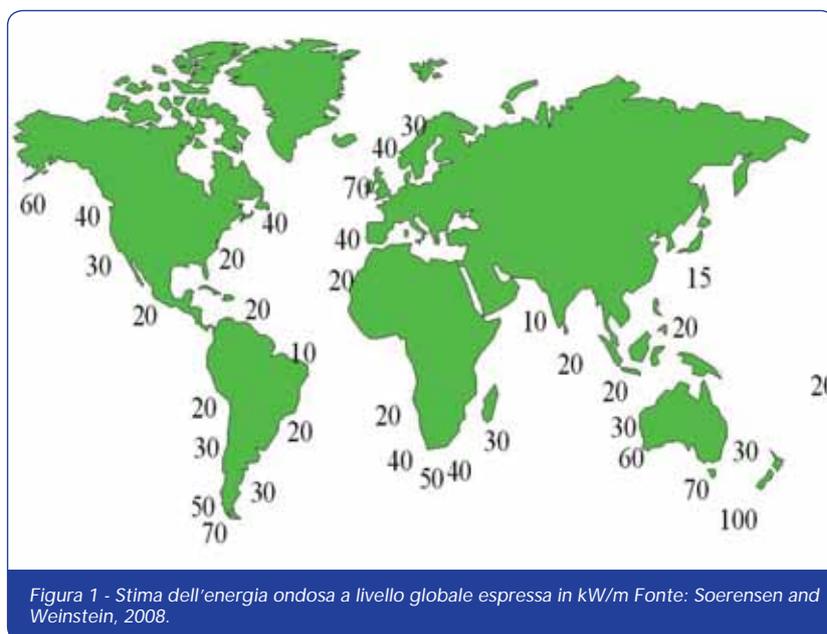


Figura 1 - Stima dell'energia ondosa a livello globale espressa in kW/m Fonte: Soerensen and Weinstein, 2008.

Sebbene una valutazione approfondita della risorsa energetica marina sia ancora in fase preliminare, le prime stime a livello globale hanno indicato come potenziale energetico teorico nelle sue diverse forme 7400 EJ/yr (1 Exajoule = 1018 joule) (Rogner et al., 2000). Di questi, la quasi totalità (7200 EJ/yr) deriva dal gradiente di temperatura, mentre le altre forme di energia sono così distribuite: 83 EJ/yr dal gradiente di salinità, 79 EJ/yr dalle maree, e 65 EJ/yr dalle onde. Per avere un termine di paragone, il consumo energetico mondiale nel 2006 è stato di circa 470 EJ (IEA, 2006). Recentemente Krewitt et al. (2009) hanno invece indicato come potenziale energetico globale degli oceani 3249 EJ/yr, con una distribuzione, nelle sue diverse forme, sostanzialmente simile alla precedente.

### Dispositivi di conversione brevettati nel mondo

Come si è detto, esistono diverse fonti di energia dal mare ed ognuna di queste richiede una specifica tecnologia per la conversione in energia elettrica. Numerosi progetti di ricerca sono stati indirizzati soprattutto alla conversione di energia dalle onde e dalle correnti di marea e taluni hanno ormai raggiunto la fase di prototipo dimostrativo. Tuttavia, nonostante molti di questi dispositivi abbiano dimostrato la loro applicabilità a causa di difficili condizioni operative, come mareggiate oceaniche, non si è ancora arrivati alla loro fase di commercializzazione (una lista si trova nel sito <http://www.equimar.org/equimar-project-deliverables.html>).

Solo un dispositivo di conversione dell'energia ondosa, il PELAMIS, ideato dalla Pelamis Wave Power Ltd, risulta pronto alla commercializzazione (Figura 2). La sola tecnologia in uso che commercializza l'energia prodotta è quella relativa agli sbarramenti di marea, il cui esempio più significativo è rappresentato da una installazione da 240 MW presente dal 1966 a La Rance, nella zona nord-ovest della Francia. Lo scorso agosto è stato inaugurato un altro impianto a sbarramento a Shihwa, in Corea del Sud. I lavori di costruzione di questo impianto sono durati sette anni, e il prossimo dicembre la centrale da 254 MW entrerà definitivamente a regime.

### Potenziale energetico del bacino del mediterraneo

Il settore delle energie rinnovabili sta sempre più estendendo i suoi interessi nel campo marino, valutando quanto sia vantaggioso estrarre energia elettrica sia dalle correnti di marea sia dalle



Figura 2 - Dispositivo di conversione dell'energia ondosa PELAMIS, prodotto dalla Pelamis Wave Power Ltd. Fonte: Pelamis Wave Power Ltd.

onde superficiali generate dal vento e da quelle sottomarine prodotte dall'interazione tra correnti e fondo del mare. Queste tre tipologie sono già in fase di utilizzo in diverse parti del mondo. Il possibile sfruttamento tuttavia è strettamente legato a una conoscenza dettagliata delle grandezze fisiche connesse (velocità della corrente, altezza delle onde, intensità delle maree) e allo sviluppo di tecnologie adatte.

Le mappe che descrivono le correnti marine disponibili per il Mar Mediterraneo, e i mari italiani in particolare, sono state realizzate interpolando spazialmente i dati sperimentali ottenuti dalle numerose campagne oceanografiche che si sono succedute negli ultimi quaranta anni. Nonostante la grossa mole di dati utilizzati, il risultato finale non può essere considerato sufficiente ai fini della valutazione del potenziale energetico delle correnti di marea anche a causa della disomogeneità spaziale e della discontinuità temporale dei dati raccolti. Di contro, gli attuali modelli numerici di circolazione marina hanno raggiunto un elevato livello di complessità, tale da renderli lo strumento più idoneo alla descrizione dettagliata della circolazione marina e del moto ondoso.

Uno dei vantaggi più evidenti legati allo sviluppo di modelli numerici per la simulazione delle correnti marine e il moto ondoso è rappresentato dalla possibilità di valutare in anticipo, e con un discreto grado di affidabilità, l'energia teorica disponibile nel sito in cui si è deciso di installare un dispositivo di conversione. La possibilità di

valutare l'energia teorica disponibile nel sito anche per il prossimo futuro, secondo gli scenari climatici per esempio suggeriti dall'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), costituisce un ulteriore vantaggio.

L'energia del moto ondoso disponibile per la conversione in energia elettrica nel Mediterraneo è relativamente bassa se paragonata a quella che può essere ricavata dagli oceani; le onde, infatti, risentono delle dimensioni ridotte del bacino e sono caratterizzate da altezze significative e periodi minori rispetto a quelle oceaniche.

Le correnti di marea sono movimenti orizzontali di acqua che risentono fortemente della variazione di profondità del fondale marino, e si intensificano negli stretti e nei canali.

Per quanto riguarda i mari che circondano l'Italia, le regioni più interessanti in termini di correnti di marea sono lo stretto di Messina, la laguna di Venezia, il canale di Sicilia e le Bocche di Bonifacio in Sardegna. Uno dei vantaggi più evidenti legati allo sfruttamento dell'energia delle correnti di marea è rappresentato dalla possibilità di valutare in maniera quasi esatta l'energia teorica disponibile annualmente in un sito. Questa fonte di energia rinnovabile è infatti indipendente dalle condizioni atmosferiche e dai cambiamenti climatici ed essendo legata esclusivamente alle fasi lunari è possibile conoscerne, per un dato sito, la velocità alle diverse ore del giorno, per ogni giorno dell'anno, potendo in questo modo predire con una certa precisione l'energia estraibile.

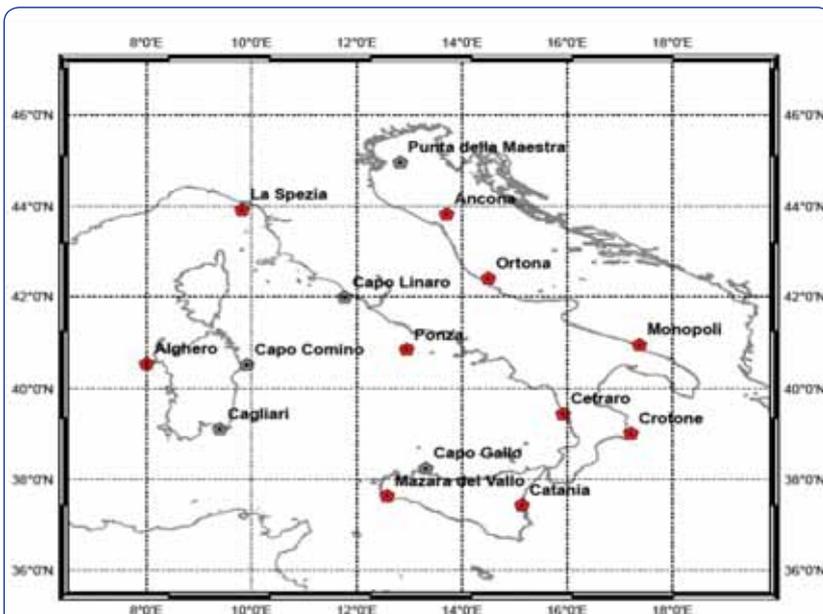


Figura 3 - Posizione delle boe della Rete Ondametrica Nazionale (RON). Sono stati utilizzati i dati delle boe evidenziate in rosso, mentre i dati delle boe indicate in grigio non sono stati considerate perché l'estensione temporale della serie non è sufficientemente lunga.

**Il moto ondoso**

Una stima dettagliata e completa dell'energia delle onde per i mari italiani non è fino ad oggi disponibile. Allo stato attuale, la quasi totalità delle informazioni relative al potenziale energetico del moto ondoso è valutata sulla base dei dati registrati dalle 15 boe della Rete Ondametrica Nazionale (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 in figura 3.

Tutte le boe RON sono situate in acque profonde, ossia la profondità in corri-

spondenza della boa è maggiore della metà del massimo della lunghezza d'onda, quindi è possibile calcolare il flusso di energia del moto ondoso utilizzando l'equazione:

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

dove  $\rho$  rappresenta la densità del mare (valore pari circa a 1025 Kg/m<sup>3</sup>) e  $g$  è la gravità.

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

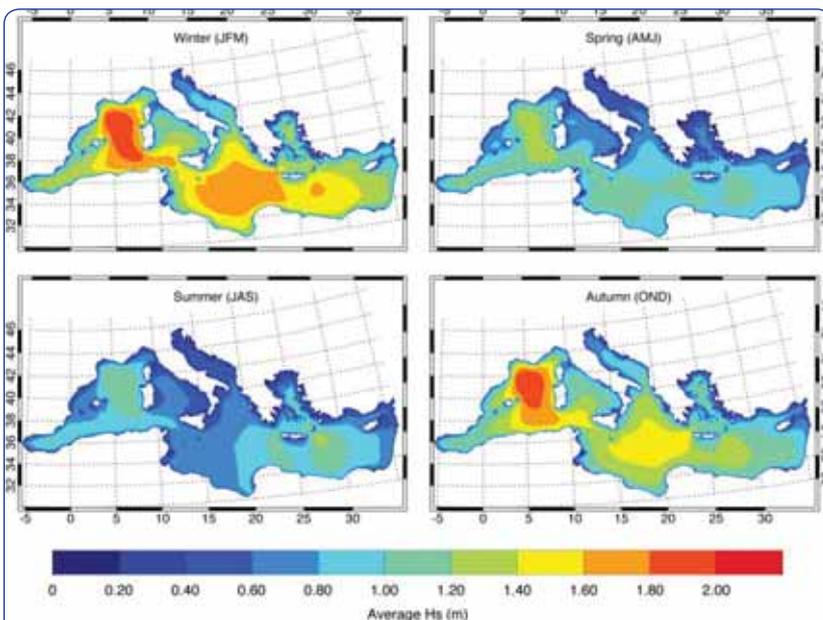


Figura 4 - Mappe di altezza significativa (Hs) in metri simulata dal modello WAM (SIM\_ECMWF). I valori riportati si riferiscono alla media stagionale calcolata per l'intervallo 2001-2010.

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. Lo strumento modellistico è quindi necessario per colmare questa limitazione.

Il presente articolo, non potendo addentrarsi nello specifico dei complessi modelli numerici utilizzati, descrive sommariamente i risultati ottenuti utilizzando il *Wave prediction Model (WAM, WAMDI-Group 1988)*.

Per gli scopi che si prefigge di ottenere, il modello viene forzato con uno dei migliori dataset di vento disponibile a fini scientifici che per l'area mediterranea è sicuramente costituito dalle analisi prodotte dal Centro Europeo per le previsioni meteo a medio termine (ECMWF).

In particolare, i campi di vento utilizzati provengono dalle analisi meteorologiche prodotte in modalità operativa per il periodo 2001-2010. La risoluzione spaziale del codice operativo del Centro Europeo ha raggiunto nel 2010 una risoluzione orizzontale di circa 40 km.

I risultati del modello WAM sono stati validati tramite il confronto con i valori misurati dalle boe RON, i cui dati sono disponibili all'indirizzo: <http://www.idromare.it/>.

Una volta verificato il buon accordo dei risultati della simulazione forzata con le analisi ECMWF rispetto ai valori misurati dalle boe RON, questa simulazione viene utilizzata per analizzare i campi del moto ondoso e del potenziale energetico delle onde per tutta l'area dei mari italiani.

Il valore aggiunto costituito dai risultati delle simulazioni numeriche, rispetto ai dati registrati dalle boe, è rappresentato dalla possibilità di ottenere informazioni sull'intero bacino mediterraneo.

In Figura 4 e 5 sono riportate, per l'area mediterranea, rispettivamente le mappe delle medie stagionali e la mappa annuale dell'altezza significativa dell'onda ( $H_s$ ) calcolate sulla base dei dati ricavati dalla simulazione WAM forzata con le analisi di vento ECMWF.

Le medie si riferiscono al periodo 2001-2010, e per questo possono essere considerate come rappresentative del clima presente del moto ondoso.

Come si evince dalla figura 4 il moto ondoso risulta particolarmente intenso durante la stagione invernale e autunnale, con i valori più elevati presenti nel Mediterraneo occidentale, in particolare nel golfo del Leone e nella zona compresa tra le isole Baleari e la Sardegna, dove viene raggiunto un

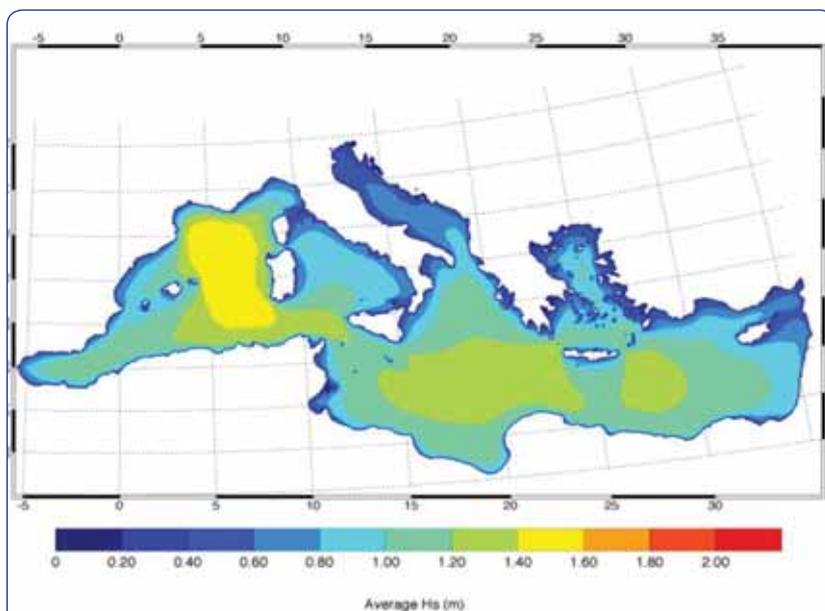


Figura 5 - Mappa di altezza significativa (Hs) in metri simulata dal modello WAM (SIM\_ECMWF). I valori riportati si riferiscono alla media annuale calcolata per l'intervallo 2001-2010.

valore medio per l'altezza dell'onda di 1.8m. Altra regione interessata da valori elevati di altezza d'onda significativa, nelle stesse stagioni dell'anno, è quella del Canale di Sicilia e del Mar Ionio. Strutture analoghe si notano durante la primavera ma con valori ovunque inferiori. Il campo medio delle onde nel periodo estivo è significativamente più basso con valori medi superiori ad 1.2m solo nella zona orientale, in prossimità dell'isola di Rodi interessata dai venti etesiani.

Dall'esame delle mappe si possono anche individuare quali tra le regioni della costa italiana sono tra le più adatte allo

sfruttamento dell'energia dalle onde (figura 4 e 5).

Quindi basandosi sui dati prodotti dalla simulazione con WAM è possibile calcolare il potenziale energetico delle onde nel mar Mediterraneo secondo la formulazione del potenziale energetico già precedentemente enunciata [1].

La figura 6 mostra il confronto tra il valore misurato dalla boa (linea nera) e la simulazione ottenuta con WAM (linea rossa) per la stazione di Alghero. Il flusso medio di energia è in funzione del mese, calcolato come media sul periodo 2001-2010. Il sito di Alghero presenta valori di potenziale energetico parti-

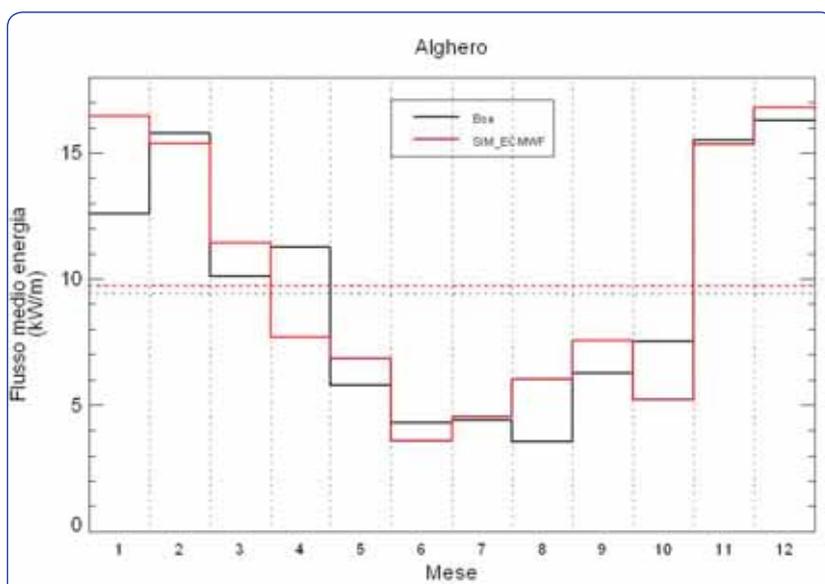


Figura 6 - Confronto del flusso medio di energia in funzione del mese tra il valore misurato dalla boa (linea nera) e la simulazione SIM\_ECMWF (linea rossa) per la stazione di Alghero. Medie effettuate su tutto il periodo 2001-2010. Le linee orizzontali tratteggiate corrispondono al flusso medio annuale.

colarmente elevati, attorno a 15 kW/m, nel periodo da novembre a febbraio e valori intorno a 4 kW/m nei mesi estivi. Le mappe stagionali per i valori di potenziale energetico relative a tutto il bacino mediterraneo sono riportate in Figura 7.

In particolare, analizzando la figura 7, per quanto interessa le coste italiane, i valori più elevati sono rilevati, nel corso dei mesi autunnali e invernali, lungo tutta la costa ovest della Sardegna.

In una visione integrata delle problematiche che ruotano attorno alle politiche energetiche, l'utilizzo di fonti di energia rinnovabili ha assunto un'importanza prioritaria. Infatti, come già delineato nel 1998 dal Consiglio europeo di Cardiff e, poi stabilito dalla Decisione n. 280/2004/CE del Parlamento europeo (relativa ad un meccanismo per monitorare le emissioni di gas a effetto serra nella Comunità e per attuare il protocollo di Kyoto), tutti i paesi europei sono chiamati ad abbattere il livello di emissioni di gas serra in atmosfera. Molti organismi, a livello internazionale, come la Commissione per lo Sviluppo Sostenibile dell'ONU (UN-CSD), l'Agenzia Ambientale Europea (EEA), l'Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico (OECD), l'EUROSTAT (Ufficio Statistica della Comunità Europea) e l'AIE (Agenzia Internazionale dell'Energia) stanno mettendo a punto piani di sviluppo in questa direzione. In questo contesto di studio per l'individuazione di fonti di energie sostenibili sin dal 1986, a livello europeo la CE si è fatta promotrice e sostenitrice di varie attività di ricerca e sviluppo sulla conversione dell'energia marina e del moto ondoso. Nel 1993 la CE ha inoltre finanziato una serie di conferenze internazionali sul tema "energia da moto ondoso", come ad esempio quella ad Edimburgo (UK), e poi a seguire le conferenze tenutesi a Lisbona (PT) nel 1995, a Patrasso (GR) nel 1998 e ad Aalborg (DK) nel 2000. Le ricerche e gli studi di fattibilità che sono seguiti a tutte queste iniziative hanno portato alla costruzione di impianti prototipali. L'ENEA stessa, nell'ambito dei suoi compiti istituzionali, è chiamata alla messa a punto di strumenti di analisi e valutazione di supporto alle amministrazioni centrali e locali per la definizione delle politiche di intervento in campo energetico-ambientale che si concretizzano in un insieme di attività di ricerca e sviluppo finalizzate a ridurre il costo dell'energia elettrica per gli utenti finali, migliorare l'affidabilità del sistema e la qualità del servizio, ridurre l'impatto del sistema elettrico sull'ambiente e sulla salute e consentire l'utilizzo razionale delle risorse energetiche ed assicurare al Paese le condizioni per uno sviluppo sostenibile.

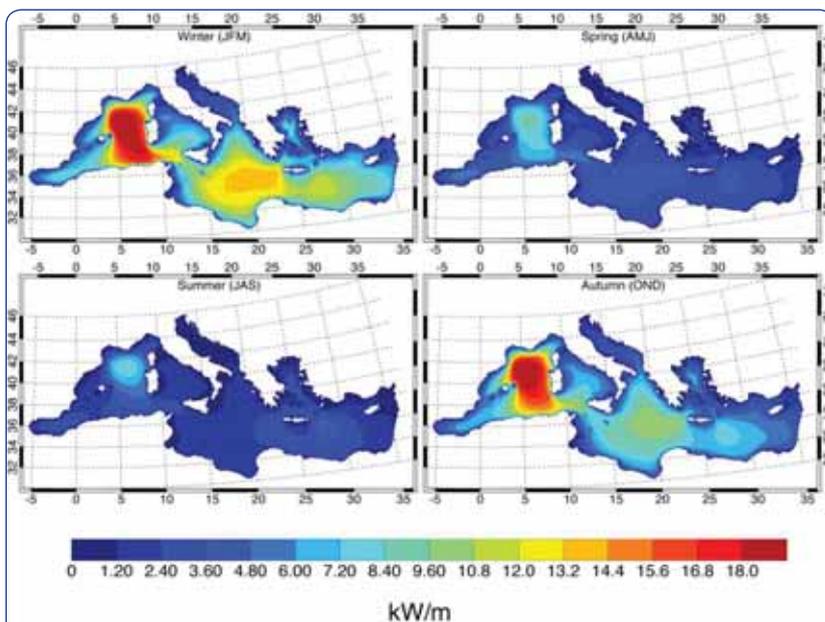


Figura 7 - Mappe di potenziale energetico (in kW/m) calcolate dai dati del modello WAM (SIM\_ECMWF). I valori riportati si riferiscono alla media stagionale calcolata per l'intervallo 2001-2010.

Le mappe mostrano che la zona successiva in ordine di importanza, per quanto riguarda il potenziale energetico delle onde, è rappresentata dalla costa sud-ovest della Sicilia.

**Il GIS per la caratterizzazione del potenziale energetico associato al moto ondoso**

Allo scopo di evidenziare meglio i risultati lungo le coste italiane, i valori del potenziale energetico, estratti lungo la fascia costiera (circa 12 Km dalla costa), sono riportati all'interno di un progetto GIS (Geographic Information System) e il risultato è mostrato nella Figura 8.

Tutta la costa ovest della Sardegna è caratterizzata da valori superiori a 12 kW/m e la zona dove vengono raggiunti i valori più elevati è quella situata a nord di Alghero (figura 8). Per quanto riguarda la Sicilia le due zone più significative si trovano alle due estremità est e ovest della costa Sud (figura 12). In questo caso la boa di Mazara del Vallo sembra collocata in una delle zone di maggiore intensità.

L'introduzione dello strumento GIS (Geographic Information System) in questo tipo di studi e di analisi fornisce l'opportunità di correlare tra loro una serie di dati ambientali, socio-economici,

climatici, ecc., utili sia alla definizione del potenziale energetico associato al moto ondoso, sia alla caratterizzazione delle aree dove effettivamente risulti possibile l'installazione di convertitori di energia dal mare.

Nel caso del Mediterraneo, alla luce di studi già assimilati, si è visto che un buon bilanciamento tra i diversi parametri scientifici e socio-economici che intervengono nel calcolo del potenziale energetico stesso, portano allo sfruttamento dell'energia da moto ondoso in zone costiere.

Per l'analisi dei numerosi parametri che intervengono nella definizione della presenza e del possibile sfruttamento di energia da moto ondoso, si capisce quanto sia importante la caratterizzazione di tali grandezze a livello territoriale. La visualizzazione, attraverso carte tematiche, dei valori misurati e soprattutto la possibilità di poter combinare vari strati informativi di diversa natura tra loro, permette di verificare gli aspetti socio-economici dell'impresa.

La figura 8 mostra la media sull'intera simulazione con il modello ondometrico WAM, del potenziale energetico lungo le coste italiane e risulta abbastanza immediata la localizzazione di quelle che sono le zone con maggiore potenziale energetico sfruttabile.

E' a questo punto che lo studio deve necessariamente prendere in considerazione altri parametri che devono tenere conto di altri aspetti legati alla reale possibilità di installare dispositivi di conversione di energia. Uno dei primi aspetti analizzati è stato quello della presenza di parchi marini o di zone comunque dichiarate Aree Naturali Marine Protette e Riserve Naturali Marine. I dati analizzati e caricati nel GIS sono quelli forniti dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio che ha stilato un elenco ufficiale delle suddette aree. Quindi, sovrapponendo allo strato informativo Energia media potenziale lo strato informativo Aree Protette sia marine che terrestri, come mostrato nelle figure 9, 10, 11 e 12 si evince immediatamente quali sono le zone, che pur presentando un buon potenziale energetico, risultano interdette a qualsiasi tipo di installazione in quanto aree protette.

In particolare, come mostrato nella figura 10 le aree tematizzate con il grigliato obliquo nero, ricavate dall'Elenco Ufficiale delle Aree Naturali Protette, 5° aggiornamento del 2003, sono denominate Santuario per i mammiferi marini e presentano il codice EUAP1174 e rispondono alla Tipologia di Area Naturale Marina di Interesse Internazionale. Dalla carta tematica di Figura 10 e, an-

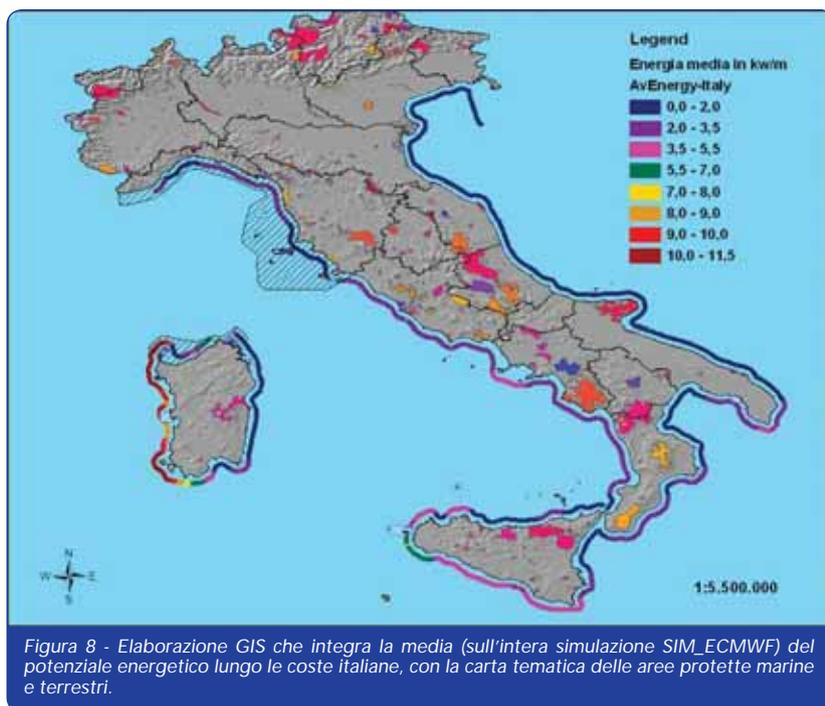


Figura 8 - Elaborazione GIS che integra la media (sull'intera simulazione SIM\_ECMWF) del potenziale energetico lungo le coste italiane, con la carta tematica delle aree protette marine e terrestri.

cora meglio, dalla figura 11 si possono poi individuare delle aree colorate di celeste, la maggior parte delle quali attorno ad isole o penisole. Tali aree rispondono alla Tipologia di Aree Naturali Marine Protette o di Riserva Naturale Marina.

Nelle figure 10 e 11 vengono riportati alcuni particolari della zona relativa alla Sardegna con la visualizzazione dell'interrogazione dei dati con il GIS.

Le figure 9 e 12 mostrano in dettaglio la situazione energetica potenziale rispettivamente per la Sardegna e per la Sicilia.

Nelle considerazioni generali di cui tenere conto un altro aspetto importante è la verifica delle condizioni batimetriche delle aree sotto esame. Quindi risulta importante poter interfacciare attraverso il GIS anche le informazioni

batimetriche del Mediterraneo. Sarebbe auspicabile avere a disposizione 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 ondata. Tali informazioni risulterebbero di considerevole aiuto per la progettazione effettiva degli impianti di sfruttamento dell'energia marina.

La presente relazione tiene conto solo dei dati che attualmente si hanno a disposizione e che si sono potuti integrare all'interno del GIS. Molteplici analisi si possono condurre avendo a disposizione una più ampia gamma di informazioni anche di tipo socio-economico.

Le carte tematiche qui presentate sono state ottenute utilizzando molte delle funzioni offerte dallo strumento GIS.

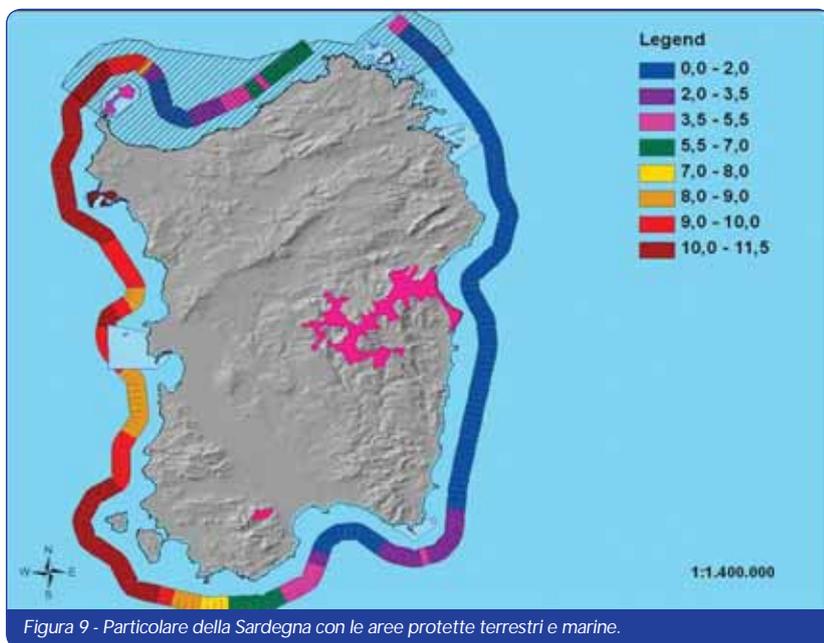


Figura 9 - Particolare della Sardegna con le aree protette terrestri e marine.

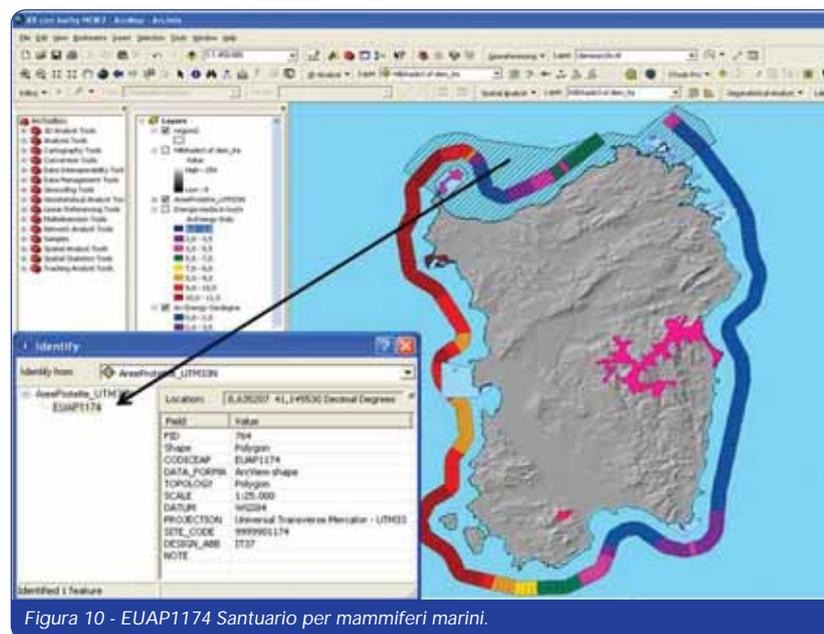


Figura 10 - EUAP1174 Santuario per mammiferi marini.



## Software di Modellazione Urbana e Territoriale da dati GIS

Progettazione e Pianificazione Urbana, Preservazione del Paesaggio, Integrazione Infrastrutture, Studi di Impatto Ambientale...

LandSIM3D è un software di nuova generazione per la simulazione 3D del paesaggio sviluppato per i professionisti. Potente e facile da utilizzare, offre un'interfaccia facile ed intuitiva che vi permetterà di visualizzare rapidamente complessi dati geografici territoriali di un'area in 3D in maniera interattiva e con un altissimo livello di realismo.

LandSIM3D modella il paesaggio partendo da dati georeferenziati in modo da riprodurre un territorio esistente in 3D.

Strade ed edifici vengono automaticamente ricostruiti, così come la vegetazione e il terreno, in accordo alla mappa del rilievo fotografico. Strade, infrastrutture ed edifici sono ricostruiti automaticamente. La vegetazione e il terreno sono distribuiti in base alle mappe di utilizzo. Un progetto esterno può essere facilmente importato e inserito con precisione nel modello 3D creato.

- **MODELLA** in pochissimo tempo un paesaggio reale in 3D al fine di meglio analizzarlo, studiarlo e capirlo.

- **INSERISCI** in modo semplice il tuo progetto architettonico, urbanistico o di un'infrastruttura nell'ambiente 3D creato.

- **STUDIA** le possibili alternative al tuo progetto, il suo impatto ambientale e la futura evoluzione del territorio e della crescita della vegetazione.

- **PRESENTA** le tue decisioni e **SPIEGA** le tue scelte grazie alla visualizzazione 3D interattiva. Uno strumento indispensabile per pubbliche presentazioni e riunioni con i clienti.



Studia le varianti di progetto e crea facilmente alternative in 3D per una migliore presentazione e per spiegare le scelte progettuali effettuate.

Visualizza il presente e simula il futuro tramite i potenti strumenti di simulazione. LandSIM3D associa la nozione di tempo a ciascun oggetto inserito nel progetto. Ciò vi permette di visualizzare le trasformazioni del paesaggio nel tempo.



NBL s.r.l.

Sede Legale: Via Cremona, 28 - 46100 - Mantova

Sede Operativa: SP87 'Giuseppina', Km 24,225

26030 - Solarolo Rainerio (CR) - ITALY

Tel: +39.0375.311038 - Fax: +39.0375.311039

[info@nbsoftware.it](mailto:info@nbsoftware.it) - [www.nbsoftware.it](http://www.nbsoftware.it)

**Bibliografia e Sitografia**

- Soerensen, H.C. and A. Weinstein, Ocean Energy: Position paper for IPCC, Key Note Paper for the IPCC Scoping Conference on Renewable Energy, Lübeck, Germany, January 2008.
- Rogner, H.-H., F. Barthel, M. Cabrera, A. Faaij, M. Giroux, D. Hall, V. Kagramanian, S. Kononov, T. Lefevre, R. Moreira, R. Nötstaller, P. Odell, and M. Taylor (2000). Energy resources. In: World Energy Assessment. Energy and the Challenge of Sustainability. United Nations Development Programme, United Nations Department of Economic and Social Affairs, World Energy Council, New York, USA, 508 pp.
- A. Bargagli, A. Carillo, V. Ruggiero, P. Lanucara, G. Sannino, "Modello di onde per l'area mediterranea" [http://www.enea.it/it/Ricerca\\_sviluppo/ricerca-di-sistema-elettrico/correnti-marine](http://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/ricerca-di-sistema-elettrico/correnti-marine)
- 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. J. Phys. Ocean. 18, 1775 – 1810
- Janssen P. and Bidlot J.R. – ECMWF Wave Model Operational implementation 9 April 2002 – IFS Documentation Cy25R1
- ECMWF Wave Model Operational implementation 26 January 2010 – IFS Documentation Cy36R1
- Caiaffa E., ECDL GIS La rappresentazione cartografica e i fondamenti del GIS. Ed. McGrawHill 2011.
- Caiaffa E., Sistemi Informativi Geografici. Un percorso attraverso il vasto mondo dell'Informazione Geografica. Ed. Scientifiche ENEA 2006.
- Sito web del progetto: <http://utmea.enea.it/projects/energiadalmare/> Dati Rete Ondametrica Nazionale (RON)- URL: <http://www.idromare.it/>

**Parole chiave**

FONTI DI ENERGIA RINNOVABILI, POTENZIALE ENERGETICO DEL MOTO ONDOSO, GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM.

**Autori**

A. BARGAGLI, E. CAIAFFA,  
A. CARILLO, G. SANNINO

ENEA, UTMEA-CLIM  
VIA ANGUILLARESE, 301 00123 ROMA  
GIANMARIA.SANNINO@ENEA.IT

L. LIBERTI

ISPRA  
VIA CURTATONE 3, 00185 ROMA  
LUCA.LIBERTI@ISPRAMBIENTE.IT

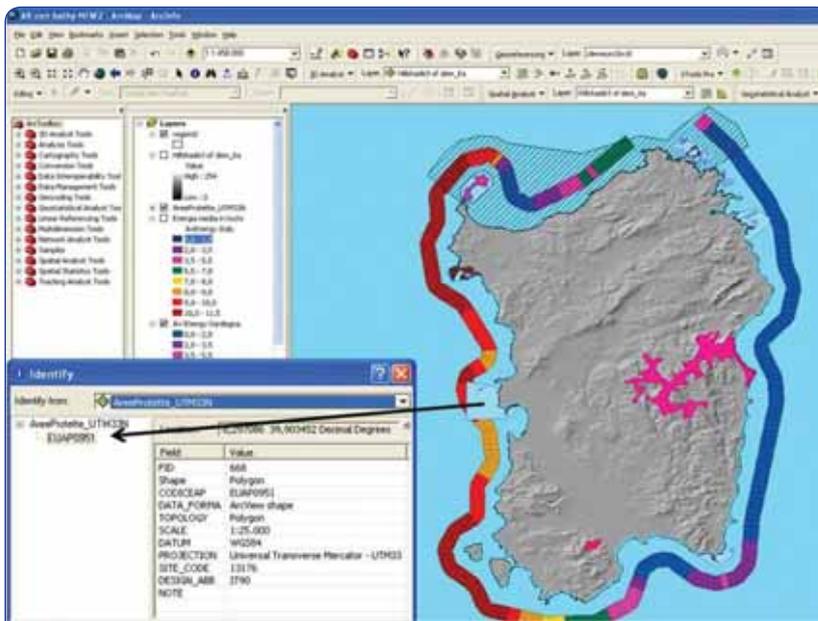


Figura 11 - EUAP0951 Area naturale marina protetta Penisola del Sinis – Isola Mal di Ventre.

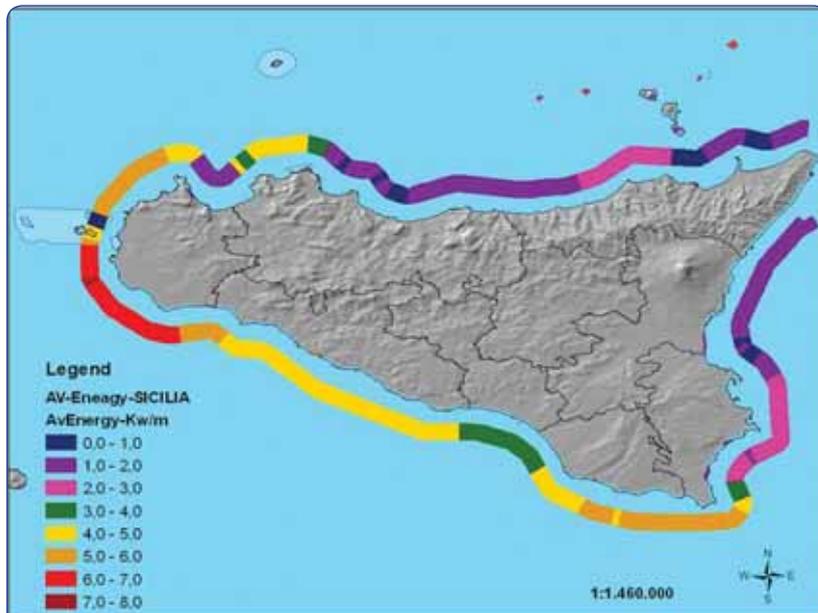


Figura 12 - Energia potenziale media per la Sicilia con le zone delle aree marine protette.

**Abstract**

**Energy from the sea: numerical models and GIS for the evaluation of potential production**

Marine renewable energy is an emerging sector with great potential to contribute in achieving European renewable energy and decarbonisation targets. Marine renewable energy is here defined to include both wave and tidal current energy. With a diverse set of technologies in development and policy support mechanisms introduced in a number of European countries, the sector is working towards achieving commercial deployments in the near future. The present paper after a short and simple description of the WAVE prediction Model (WAM), a numerical wave model to assess the wave potential energy in the Mediterranean basin, describes the potential advantages in integrating the numerical results in a GIS (Geographic Information System) containing environmental and territorial data. The analysis of multiple layers of geo-referenced information allows to explore the spatial relationship between the wave energy potential and other variables such as the location of protected areas or navigational routes. This kind of analysis helps identifying the most suitable areas for the installation of wave energy converters. As an example, in order to better highlight the results along the Italian coast, the values of the potential energy, extracted along the coast (about 12 km from the coast), have been included in a series of thematic maps.

# SITI Catasto

Per gestire, integrare e pubblicare  
dati e cartografie catastali  
nel proprio Sistema Informativo



## solutions

Qualsiasi organizzazione oggi si basa su una rete di persone e processi collaudati che sempre più necessitano di sistemi integrati con la realtà del territorio. Abaco offre un sistema TRP (Territory Resource Planning) attraverso prodotti e piattaforme tecnologiche utili per dare una visione gestionale ai classici sistemi informativi territoriali

... >

## about us

ABACO è leader nel settore dei Sistemi Informativi Integrati di Gestione e Pianificazione delle Risorse Territoriali e nello sviluppo di tecnologia e soluzioni per il trattamento di dati territoriali in 2D e in 3D. ABACO è una azienda di Information Technology fondata nel 1990 la cui missione è ispirata dai principi di specializzazione, professionalità ed innovazione

... >

## extra



## language



[www.abacogroup.eu](http://www.abacogroup.eu)  
[info@abacogroup.eu](mailto:info@abacogroup.eu)

sede legale e operativa  
c.so Umberto I, 43  
46100 Mantova MN  
tel. +39 0376.222181  
fax +39 0376.222182



abacogroup.eu