



Ricerca di Sistema elettrico

Progettazione e sviluppo del DSS-WebGIS “Waves Energy”

M. Pollino, L. La Porta, E. Caiaffa

PROGETTAZIONE E SVILUPPO DEL DSS-WEBGIS “WAVES ENERGY”

M. Pollino , L. La Porta, E. Caiaffa (ENEA)

Settembre 2014

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2013

Area: Produzione di energia elettrica e protezione dell'ambiente

Progetto: Studi e valutazioni sulla produzione di energia elettrica dalle correnti marine e dal moto ondoso

Obiettivo: Comunicazione e diffusione dei risultati

Responsabile del Progetto: Gianmaria Sannino, ENEA

Indice

SOMMARIO.....	4
1 INTRODUZIONE.....	5
2 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE E RISULTATI	6
2.1 LE APPLICAZIONI WEBGIS: CARATTERISTICHE GENERALI	6
2.2 GLI APPROCCI IMPLEMENTATIVI DI UNA APPLICAZIONE WEBGIS	7
2.3 ARCHITETTURA DELL'APPLICAZIONE WEBGIS "WAVES ENERGY"	16
2.4 FUNZIONALITÀ DELL'APPLICAZIONE WEBGIS "WAVES ENERGY"	18
3 CONCLUSIONI	46

Sommario

Le metodologie GIS costituiscono ormai un fondamentale e irrinunciabile supporto non solo nella gestione dei dati territoriali e geografici, ma anche (e soprattutto) nelle fasi di studio ed analisi dei fenomeni ambientali e territoriali, ai fini della comprensione delle loro caratteristiche e dinamiche. In tal senso, un ruolo centrale è giocato dalle consolidate metodologie di elaborazione e di analisi spaziale, nonché dalla conseguente possibilità di rappresentare i risultati ottenuti attraverso specifiche mappe tematiche.

In particolare, la pubblicazione di dati geografici attraverso il Web ha incentivato lo sviluppo di strumenti per la messa a punto delle cosiddette applicazioni *WebGIS*. Utilizzando piattaforme fisiche e tecnologiche di tipo *open source*, è possibile costruire un architettura GIS/WebGIS che si concretizza nella realizzazione di uno strumento di tipo *web-oriented*, per la pubblicazione, consultazione, analisi, ecc. di dati utili agli scopi progettuali.

Tra i vantaggi legati all'utilizzo della tecnologia WebGIS vi sono:

- la condivisione globale di informazioni geografiche e dati geospaziali;
- la facilità d'uso da parte dell'utente (le applicazioni WebGIS sono utilizzabili attraverso i comuni browser internet);
- la diffusione in rete e la capacità di raggiungere una platea più vasta di fruitori.

Fondamentale, pertanto, diviene l'utilizzo di tale approccio GIS come strumento di supporto ai processi decisionali e di pianificazione, ossia come componente di un sistema più articolato e complesso quale il cosiddetto Sistema di Supporto alle Decisioni (DSS, *Decision Support System*).

A tal fine, nell'ambito delle presenti attività progettuali è stato sviluppato un DSS di tipo GIS-based, denominato "Waves Energy" (<http://utmea.enea.it/energiadalmare/>) e finalizzato alla rappresentazione dei dati e delle informazioni territoriali, alla loro condivisione con utenti esterni ed a fornire supporto alla pianificazione delle nuove installazioni, al sistema previsionale ed alla gestione delle infrastrutture esistenti. In sostanza, il sistema è in grado di integrare i dati di interesse, effettuare elaborazioni, supportare la gestione di informazioni previsionali, in modo da fornire quadri sintetici, chiari e affidabili ai propri fruitori (tra cui possono figurare anche decisori istituzionali e gestori di infrastrutture tecnologiche).

Il WebGIS è stato strutturato per archiviare e gestire dati geografici e territoriali relativi alle aree marine e costiere di interesse. I dati geospaziali di base e le mappe elaborate sono stati archiviati e gestiti in un apposito *repository*, strutturato ad hoc. Il WebGIS costituisce la naturale interfaccia geografica del sistema previsto: le informazioni territoriali di base e le mappe elaborate possono essere visualizzate ed interrogate via web, tramite un comune browser internet o tramite dispositivi mobili (e.g., tablet). In tal modo, i principali risultati prodotti nel corso delle attività progettuali sono stati resi fruibili in maniera open ed accessibili on-line.

1 Introduzione

Le metodologie GIS messe a punto nell'ambito delle presenti attività progettuali sono state finalizzate alla gestione dei dati territoriali, all'elaborazione di analisi spaziali (*geoprocessing*) ed alla rappresentazione di mappe tematiche. I dati geospaziali di base e le mappe elaborate sono archiviati e gestiti in un apposito *repository*: essi possono essere visualizzati ed interrogati mediante applicativi di tipo desktop GIS o tramite l'applicazione WebGIS "Waves Energy" (<http://utmea.enea.it/energiadalmare/>) appositamente sviluppata. Quest'ultima costituisce l'interfaccia geografica di alcuni dei principali risultati prodotti nel Progetto, rendendoli fruibili in maniera open e accessibili on-line.

In sintesi, gli obiettivi specifici del WebGIS sono:

- Delineare e caratterizzare il territorio marino e costiero oggetto di studio ed analisi;
- Supportare l'analisi integrata delle aree di interesse, congiuntamente all'individuazione di specifici indicatori ambientali, per le fasi connesse alla progettazione di nuovi impianti;
- Fornire supporto al sistema di previsione e monitoraggio;
- Condividere dati, mappe e informazioni mediante il Web.

Tali funzionalità richiedono una gestione avanzata ed integrata di:

- dati geo-spaziali di base necessari alla caratterizzazione del territorio marino e costiero di interesse, nelle sue diverse componenti naturali ed infrastrutturali;
- dati geo-spaziali elaborati a supporto della gestione, della pianificazione, della previsione, ecc...

A tal fine, si è fatto ricorso a procedure ed algoritmi GIS di analisi spaziale (*geoprocessing*), finalizzati alla elaborazione geo-statistica ed alla visualizzazione spaziale per realizzare le funzionalità sopra descritte. Per poter sviluppare adeguatamente il WebGIS in oggetto, è stata implementata una architettura Client-Server (che verrà descritta in dettaglio nei successivi paragrafi) per l'interscambio dei dati geospaziali attraverso il Web, nella quale è stato utilizzato un *framework* software open-source evoluto. A tal fine, si è provveduto alla migrazione nella suddetta architettura evoluta della precedente piattaforma WebGIS "Waves Energy" (la cui prima versione era stata sviluppata nel corso del precedente anno di attività), al fine di migliorarne ed incrementarne caratteristiche, funzionalità e prestazioni.

2 Descrizione delle attività svolte e risultati

2.1 Le applicazioni WebGIS: caratteristiche generali

Quando si parla di WebGIS si fa riferimento non solo ad una specifica applicazione ma a tutto un insieme di tecnologie che permettono di sfruttare funzionalità GIS via Web (rete Internet/Intranet). A volte, vengono usati anche altri termini per indicare questa tipologia di applicazioni/tecnologie, come ad esempio Web-based GIS, Web-Mapping o Internet Mapping, Online GIS, Distributed GIS, etc.. Ciò che, comunque, è alla base di tutto è la capacità del WebGIS di rendere disponibili ad una grande audience (Internet) tutta una serie di dati ed informazioni geografiche, mappe tematiche ed informazioni geolocalizzate.

Un sistema informativo territoriale (SIT o GIS) che viene condiviso attraverso la rete intranet o internet, diviene appunto un WebGIS: le sue informazioni vanno oltre i limiti fisici del contenitore che le custodisce e assumono proporzioni globali. Lo strumento WebGIS può essere utilizzato semplicemente come elemento di consultazione delle informazioni potenziate dalla componente spaziale, oppure come mezzo di ricerca attraverso *query* di selezione. La ricerca può essere effettuata attraverso interrogazioni di tipo spaziale oppure mediante procedure predefinite e “preconfezionate” che rispondono a determinate caratteristiche dei dati e delle informazioni contenute nel WebGIS.

Un numero sempre crescente di organismi di ricerca, amministrazioni pubbliche ed aziende private utilizzano le applicazioni WebGIS a scopi decisionali e di pianificazione, favorendo la divulgazione delle informazioni cartografiche e descrittive degli oggetti in essi contenuti grazie alla rete internet ed alla vasta disponibilità di tecnologie e ambienti software.

In questo senso, il termine WebGIS abbraccia i servizi Internet/Intranet, gli ambienti software commerciali e non (usati per sviluppare tali servizi), le tecnologie di base e gli standard che sono stati sviluppati per rendere questi servizi possibili, le applicazioni create sia per supportare lo sviluppo di queste tecnologie e standard sia per condividere operativamente i risultati della ricerca scientifica, di analisi ambientali e territoriali, etc.

Le applicazioni WebGIS vanno dalle semplici mappe su una pagina web, ai modelli di GIS di tipo collaborativo e network-based (e.g. *Participatory GIS*, PGIS, o *Volunteered Geographic Information*, VGI), nel quale utenti in località remote condividono dati comuni ed informazioni geolocalizzate, contribuendo all’arricchimento delle informazioni stesse anche in tempo reale (e.g., OpenStreetMap, emergenze, etc.).

Le tecnologie disponibili per rendere possibile lo sviluppo di applicazioni WebGIS includono i software per i server (per gestire dati e applicazioni), quelli per i client (che fruiscono dei dati e le applicazioni) e la comunicazione su rete (che controlla il flusso di informazione tra server e client). Il WebGIS, pertanto, permette di aggiungere funzionalità spaziali e geografiche di tipo GIS ad applicazioni *network-based* nei settori più diversi come ricerca, pubblica amministrazione centrale e locale, imprese ed aziende private, organizzazioni non governative, etc.. Il WebGIS, in questa visione, rappresenta un valore aggiunto per un sito web o per una attività progettuale (specie se di ricerca), in quanto permette di condividere diffusamente i di dati di tipo spaziale ed altre informazioni di interesse, mediante vari tipi di servizi quali l’accesso alle mappe tematiche, ai dati geospaziali, ai risultati delle elaborazioni effettuate, etc.

La finalità di un WebGIS, dal punto di vista tecnologico, è quella di creare sistemi software che siano indipendenti dalla piattaforma hardware/software dell’utente (*platform-independent*) e aperti a reti TCP-IP, cioè ad ogni computer o dispositivo mobile connesso ad Internet.

Nella progettazione e sviluppo di una applicazione WebGIS bisogna anche porsi il problema di quali siano tipologia e caratteristiche dei fruitori, valutando ad esempio se gli utenti saranno esperti o meno di GIS e/o

di web, quali sistemi avranno, dove saranno collocati (interni all'organizzazione, a livello nazionale, internazionale, etc.). I vantaggi di usare tecnologia WebGIS sono la praticità nel condividere dati e risultati, la facilità d'uso, la grande pervasività di Internet, la possibilità di contribuire fattivamente alla diffusione di dati geografici ed informazioni geolocalizzate.

In un'architettura *Client-Server* due moduli indipendenti interagiscono per eseguire un compito. L'idea di base è quella che il client richiede l'esecuzione di un servizio al server, il quale lo esegue e ritorna la risposta al client. Un computer collegato alla rete è un server per un particolare servizio se gira il programma che fornisce quel servizio. Uno stesso computer può essere un servente (server) per un servizio e un cliente (client) per un altro. Nel mondo del Web il cliente e il servente sono due computer collegati alla rete e il servizio richiesto dipende dal particolare servizio di Internet che si sta richiedendo (telnet, ftp, www, etc...).

Il client è il generico utente che può accedere ad altri computer della rete attraverso un programma software detto appunto "Browser Web" (Firefox, Explorer, Chrome, Safari, ecc.) che di fatto costituisce l'interfaccia universale per la navigazione sui dati. Il browser manda una richiesta al server web in esecuzione su un computer connesso a Internet. La richiesta viene eseguita e la risposta viene rispedita indietro al client che visualizza il documento (il tutto si basa su codice HTML che è il linguaggio usato per formattare le informazioni su web).

Le applicazioni WebGIS vengono, nella pratica operativa, realizzate come specifiche pagine web, visualizzate dal browser e strutturate in modo da fornire alcune delle principali funzionalità dei sistemi informativi geografici. Ogni applicazione si può presentare in modo completamente differente dalle altre, in base, non solo alla veste grafica (layout) o alle funzionalità offerte, ma anche alle strategie adottate e ai servizi disponibili.

La diffusione dell'informazione geografica attraverso siti Web consente allora di raggiungere una vasta platea di utenti che non possiedono conoscenze specialistiche e di introdurre il valore aggiunto determinato dalla possibilità di manipolare dati georeferenziati.

2.2 *Gli approcci implementativi di una applicazione WebGIS*

Dal punto di vista realizzativo, possono essere seguito diversi approcci per implementare un WebGIS:

- Il modo più semplice ed intuitivo è quello basato sull'utilizzo di una serie di immagini già pronte e predefinite: in base ad una selezione alfanumerica, l'utente riceve l'immagine corrispondente ad una porzione predeterminata di una mappa. Una tipica applicazione in tal senso è lo stradario che, nelle forme più evolute, permette il calcolo e la visualizzazione del percorso pedonale tra due punti assegnati, in base al grafo della rete viaria.
- Un livello intermedio di implementazione è quello rappresentato dalle mappe in cui sono inserite porzioni sensibili al click del mouse: si tratta essenzialmente di immagini (raster) alle quali sono stati associati rimandi ipertestuali, in funzione delle coordinate geografiche in cui si trova il puntatore dell'utente al momento della selezione. Anche in questo caso, il risultato ottenuto è indipendente dal significato geografico vero e proprio, e comporta altresì il rischio di allungare inutilmente i tempi necessari per ottenere l'informazione desiderata, come visualizzazione nel proprio browser.
- Infine, il livello più complesso è quello interattivo, specifico e tipico di un'applicazione GIS, nel quale l'utente ottiene la rielaborazione della mappa in base alle funzioni attivate. Tali funzioni possono essere, ad esempio, le classiche operazioni di pan e zoom su una mappa, le quali comportano non solo il ridimensionamento dell'immagine, ma anche l'identificazione degli oggetti geografici presenti

in archivio (database) e relative all'area richiesta. La differenza fondamentale tra la mappa sensibile descritta al punto precedente ed un'applicazione GIS risiede, innanzitutto, nella modalità di selezione, che può essere rispettivamente grafica e spaziale. In ambiente GIS, infatti, la selezione avviene su un insieme di oggetti geografici che possiedono delle mutue relazioni spaziali (quali, ad esempio, la contiguità, l'adiacenza, l'intersezione, etc.) e sono dotati di attributi descrittivi (qualitativi/quantitativi) propri. Tali oggetti (definiti anche col termine *features*), sono generalmente selezionabili sulla base di una richiesta formulata con il linguaggio delle *query SQL*. La differenza, pertanto, non è tanto nel risultato (che all'interno del browser è visualizzato pur sempre una pagina HTML), quanto nella modalità con cui vi si perviene.

Ai suddetti metodi, tuttavia, è necessario aggiungere anche un quarto. Alcuni siti o portali cartografici offrono la possibilità di scaricare cartografia e/o strati informativi di vario tipo direttamente in formato digitale, nonché la consultazione mediante l'utilizzo di appropriati *viewer*. Quest'ultimo servizio, in realtà, si avvicina alquanto dalla definizione vera e propria di WebGIS, dal momento che della componente "web" possiede sola peculiarità di utilizzare la rete come mezzo di trasferimento unidirezionale, al fine di effettuare il download dei dati, ma lascia la consultazione dei dati medesimi ai *viewer* in modalità fuori-linea (*offline*). Se da un lato vi è un indubbio vantaggio legato all'utilizzo totale dalla propria macchina senza ausilio di alcun Server per l'elaborazione dei dati, d'altra parte vi sono anche degli aspetti negativi connessi alla possibile elevata lunghezza del tempo di download (dipendente, ad esempio, dalle dimensioni eccessive dei file contenenti necessariamente tutte le informazioni, anche quelle non utilizzate dal Client) ed alla non facile aggiornabilità del sistema.

Spesso, quando si affronta la problematica delle applicazioni GIS che utilizzano la rete (Internet/Intranet) come infrastruttura di comunicazione, si tende a considerare l'applicazione stessa come un'estensione delle applicazioni GIS/Desktop: in realtà, si tratta di un modello implementativo che va inquadrato all'interno della vasta categoria delle applicazioni software *web oriented*. La rete Internet, costituita da migliaia di sotto-reti di computer, universitarie, pubbliche e private, connesse fra di loro con reti ad alta velocità, è senza dubbio lo strumento più utilizzato per la condivisione e lo scambio di informazioni. L'accesso alle informazioni, come affermato in precedenza, avviene attraverso un comune browser web.

Per capire il funzionamento pratico di un simile approccio, si pensi ad esempio ad un utente che, mediante l'accesso ad un sito Web, sia in grado di localizzare lo sportello Bancomat più vicino alla sua posizione o determinare il percorso per raggiungere il più vicino ristorante, o ancora individuare la linea urbana in grado di condurlo ad una determinata località. È evidente che tali applicazioni, pur essendo trasparenti agli utenti, necessitano di un processo integrato tra diverse applicazioni. Negli esempi citati in precedenza, il server GIS (indirizzato dal Web server chiamato) esegue l'applicazione che gestisce il processo, effettua le interrogazioni SQL sul DBMS che contiene i dati, individua i necessari legami topologici, prepara le viste geografiche e trasferisce le informazioni al client, che attraverso un'elaborazione le visualizza localmente.

Un processo di tale complessità, che appare però all'utente perfettamente naturale, per essere realizzato in modo efficace e con performance accettabili richiede un'architettura hardware/software espressamente progettata ed in grado di soddisfare le crescenti richieste degli utenti. Prima di procedere alla progettazione è quindi indispensabile decidere l'insieme dei requisiti, come lo scopo del sito, il target di utenti, le funzionalità ed i servizi disponibili.

I criteri utilizzati nella scelta della tecnologia web, dal punto di vista del server (*server-side*) e del client (*client-side*), sono legati alla tipologia della rete e dell'utenza.

Di seguito, un elenco di opzioni/funzionalità tipiche di un applicazione WebGIS:

- Visualizzare semplicemente mappe statiche, con funzioni di pan e zoom;
- Consentire agli utenti di definire aree sulle mappe e produrre report o nuovi layer;
- Consentire agli utenti accesso libero ai dati o assicurarsi che i dati siano protetti in modo sicuro;
- Condividere mappe o dati spaziali tramite appositi protocolli o consentire il download diretto.

Tutte queste opzioni sono possibili ma richiedono una diversa progettazione e l'utilizzo di prodotti software che dispongano di specifiche funzionalità. Una scelta determinante riguarda, ad esempio, le modalità d'interazione degli utenti. Se nell'ambito di una mappa visualizzata all'interno di un browser utilizziamo l'approccio "per immagini", che consiste nel far produrre al GIS server una semplice immagine (ad esempio, in formato comune JPEG o GIF), le possibilità di effettuare uno zoom sono limitate ad un click su un'icona (*zoom in* — *zoom out*) che consente di ottenere la riproduzione dell'immagine ad una diversa scala o al massimo uno zoom centrato intorno al punto individuato prima dell'esecuzione del comando. Se sono previste, invece, funzionalità più sofisticate occorre incrementare le capacità del client mediante l'utilizzo di Applet¹ Java o di opportuni plug-in² del browser.

Per quanto riguarda la tecnologia *Server-Side*, la strategia implementativa si focalizza nel fornire dati GIS su domanda del client da parte di un server primario (se necessario, molto potente) che ha accesso sia ai dati, sia al software predisposto all'elaborazione dei dati stessi.

Il client, in questo caso, non ha bisogno di una grossa potenza di calcolo, poiché è più che sufficiente la sola capacità di utilizzare un comune web browser.

Operativamente l'interazione (Figura 1) avviene nel seguente modo:

- un utente sottomette una richiesta tramite il proprio browser web;
- la richiesta viene mandata via internet al server;
- il server elabora la richiesta;
- la risposta ritorna all'utente, per essere visualizzata dal browser web.

La parte più importante di una applicazione WebGis server-side è realizzare l'interfaccia tra il Common Gateway Interface, CGI³, e il sistema GIS che può essere in esecuzione sulla macchina server stessa o su un

¹ Gli Applet sono veri e propri programmi che vengono scaricati dal browser web in locale sulla macchina dell'utente, dove vengono eseguiti. Gli Applet Java possono eseguire animazioni interattive, calcoli e altri compiti senza che l'utente debba inviare i dati al server web. In questo modo si alleggerisce il server dal peso della computazione che viene spostato sulla macchina client. Gli Applet sono codice eseguibile dalla Java Virtual Machine che è implementata sui browser web. Gli applet hanno delle restrizioni per garantire la privacy e la sicurezza degli utenti (ad esempio non possono scrivere sul disco locale e non possono spedire dati a server web che non sia quello di partenza) e possono essere inclusi in una pagina HTML.

² Le applicazioni plug-in sono programmi che possono essere facilmente installati e usati come parte del web browser (e.g. Adobe Acrobat Reader, Macromedia Shockwave, Macromedia Flash, etc.). Un plug-in è riconosciuto automaticamente dal browser e le sue funzioni sono integrate nel file HTML che viene presentato. Rispetto agli Applet che vengono scaricati automaticamente dal server sul client, richiedono un intervento esplicito dell'utente che deve occuparsi di installarlo sul suo PC. Una volta installato, il plug-in risiede in modo permanente sul client (l'utente può comunque disinstallarlo). I plug-in riconoscono le estensioni dei file a loro associati e si attivano quando questi file vengono caricati dal browser.

³ Il protocollo HTTP è in grado di includere, oltre a HTML, anche altri meccanismi come CGI (Common Gateway Interface) che permette di costruire pagine dinamiche, cioè pagine che non risiedono staticamente sul server, ma che vengono "costruite" dinamicamente da un programma CGI in dipendenza di dati che provengono da altre fonti, ad

altro server remoto. Le nuove generazioni di prodotti WebGIS hanno sviluppato molto la componente server: esse, infatti, forniscono assieme al GIS delle vere e proprie applicazioni server che gestiscono la pubblicazione delle mappe interfacciandosi col server web. In questo caso si tende a chiamare *map-server* l'applicazione GIS che si interfaccia con il server web. In questo caso, il map-server viene invocato dal server web, elabora l'informazione (ad esempio reperisce una mappa o una applicazione) e ritorna la risposta di nuovo al server web che la restituisce al client. In una architettura di questo tipo il server web agisce da intermediario

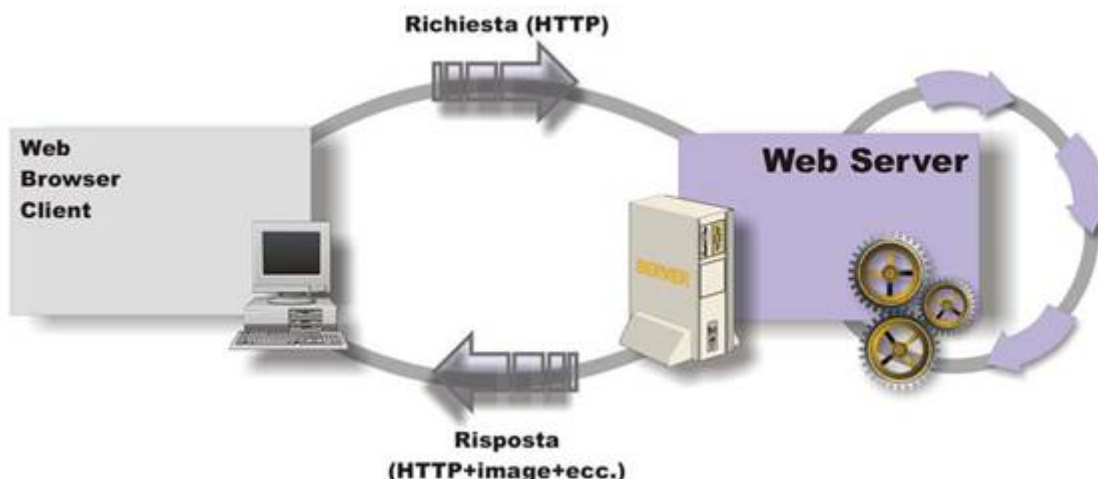


Figura 1. Esempio di modello *server-side*

tra il client web e il map-server. Si parla di *three tier architecture*, architettura WebGIS su tre livelli.

I vantaggi di una strategia server-side sono i seguenti:

- quando si usa un server molto potente, gli utenti possono accedere a insiemi di dati molto grandi e complessi che sarebbero difficili da trasferire attraverso internet ed elaborati localmente dai client;
- se il server è molto potente, anche un client che non ha grossa potenza di calcolo o hardware sofisticato può effettuare routine di analisi molto complesse;
- si possono effettuare controlli maggiori su cosa l'utente può fare sui dati, in modo tale che i dati siano usati correttamente.

Gli svantaggi, invece, possono essere quelli di seguito elencati:

- ogni richiesta, anche piccola, deve arrivare al server per essere elaborata. Successivamente, il risultato deve essere inviato al client via internet. Questo può comportare, in certi casi, il rallentamento dei tempi di risposta, poiché la performance è influenzata notevolmente dalla banda della rete e dal traffico su internet;
- non viene sfruttata la potenza di calcolo del client, che si limita ad inviare richieste e ricevere e visualizzare risposte.

esempio inseriti dall'utente o che risiedono su un database esterno. Il browser può richiedere di eseguire un programma CGI sul server. I CGI sono particolari programmi (eseguibili o script) che vengono eseguiti sulla macchina server e che ritornano l'output al browser.

In conclusione, questa strategia è la più adatta per applicazioni di larga scala con una vasta platea potenziale di utenti.

Nel caso di una applicazione basata su strategia client-side, le elaborazione dei dati vengono eseguite sul computer dell'utente (*thick client*). Ciò significa spostare parte o in tutto il peso della computazione sulla macchina dell'utente. I browser web non hanno capacità o potenza di calcolo, ma solo capacità di visualizzazione; esistono però meccanismi che contribuiscono a potenziare i browser web includendo al loro interno altre tecnologie come Java Applets, ActiveX e Plug-in.

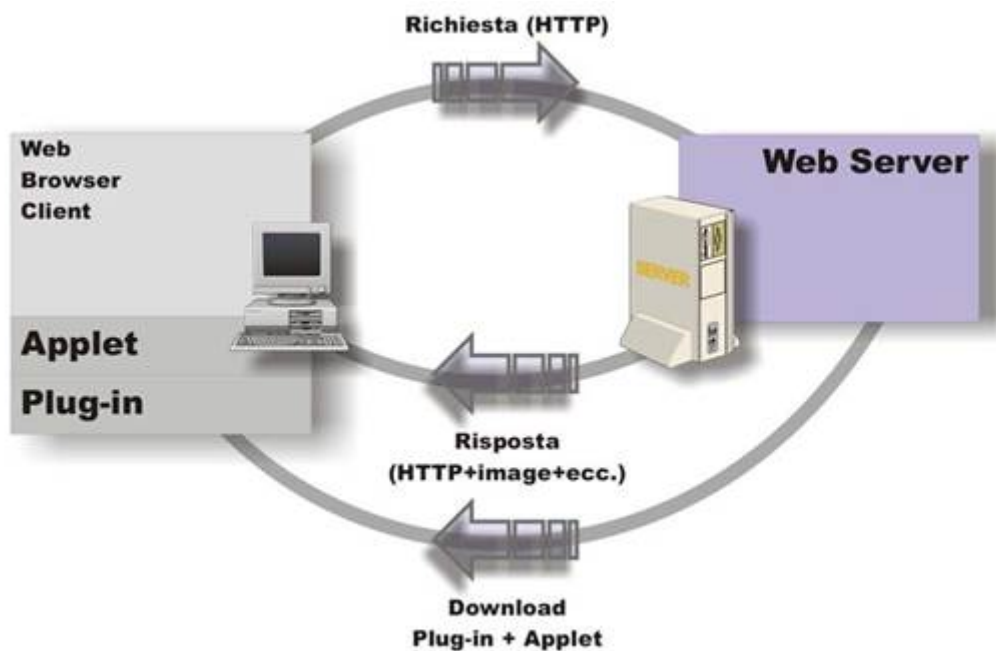


Figura 2. Esempio di modello *client-side*

Il processo di interrogazione e risposta avviene nel seguente modo (Figura 2):

- il client manda la richiesta al server;
- il server esegue la richiesta e spedisce indietro al client le informazioni necessarie;
- il client esegue l'elaborazione dei dati.

I vantaggi della strategia client-side risiedono nel fatto che:

- le applicazioni si avvantaggiano della potenza di calcolo del computer dell'utente;
- all'utente viene dato più controllo sul processo di analisi dei dati;
- una volta che il server ha spedito la risposta al client, l'utente può lavorare con i dati senza dover interagire ancora con il server via Internet.

Tra gli svantaggi, invece, si può osservare che:

- la risposta del server può coinvolgere il trasferimento di grandi quantità di dati o di applets e può causare ritardi nella risposta (laddove sia richiesto il download di applets e plug-in);

- *downloading* iniziale di dataset anche di grandi dimensioni (le informazioni potrebbero essere addirittura sovrabbondanti le richieste del client);
- se la macchina dell'utente non è molto potente (oppure, se si tratta di un dispositivo mobile come smartphone o tablet), può essere difficoltoso elaborare grandi quantità di dati o analisi GIS molto complesse;
- gli utenti potrebbero non avere le conoscenze necessarie per sfruttare le funzionalità di analisi in modo appropriato.

In generale, quindi, la strategia client-side è adatta in caso di applicazioni nelle quali la tipologia dell'utente è definita e gli utenti sono in massima parte competenti nell'uso di funzionalità GIS

In entrambi i casi, le realizzazioni di GIS *Web-oriented* richiedono, una volta definiti i vincoli di progetto, l'adozione di modelli architetturali che siano in grado di caratterizzare il sistema nelle sue principali componenti e determinare elevati livelli di:

- affidabilità;
- performance;
- scalabilità;
- sicurezza.

La definizione di un'architettura siffatta presenta oggettivi criteri di difficoltà in quanto in ambito Internet il grado d'interazione tra le varie componenti risulta particolarmente elevato. Ad esempio: la velocità della connessione influenza il totale dei dati trasferiti, i tipi di dati influenzano i volumi da trasferire, il numero di utenti influenza sia la connessione che le performance del sistema, il controllo degli accessi in modo protetto influenza la velocità di trasferimento dei dati, ecc. Occorre quindi, in fase iniziale, pensare globalmente per poi successivamente differenziare i vari aspetti allo scopo di ridurre la complessità del modello.

Un tipico esempio di modello architetturale, che presenta caratteristiche di elevata complessità ma anche di estrema generalità, è quello rappresentato nella Figura 3.

All'interno dello schema possiamo individuare una serie di sottosistemi ed in particolare:

- Area Repository Dati
- Storage Area Network (SAN)
- Area Storage Server
- Area Application Server
- Area Security Server
- Area Web Server
- Area di Network Communications
- Area client

Le aree possono presentare un diverso grado di approfondimento in funzione dei requisiti necessari, ma sono tra loro collegate.

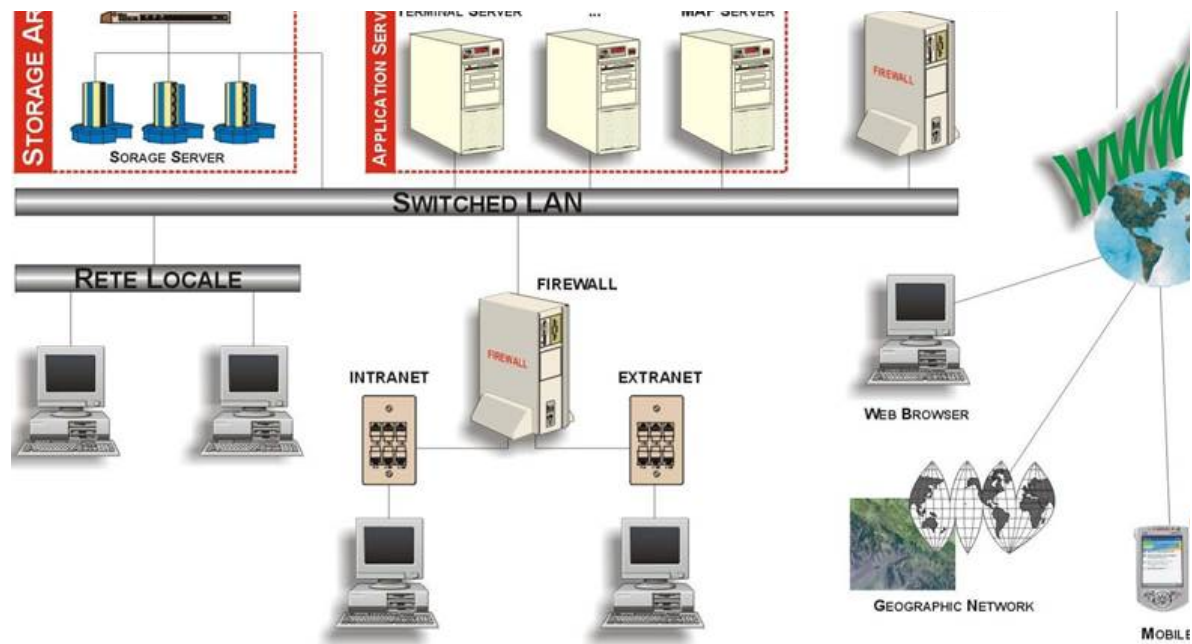


Figura 3. Esempio di modello hardware architetturale per una tipica applicazione WebGIS

Il Repository Dati individua quell'insieme di apparecchiature di archiviazione che contengono l'insieme dei dati da utilizzare in generale in formato elementare, e che consentono l'accesso unicamente ad apparati definiti fisicamente a livello della SAN, in modo da garantire l'assoluta integrità e coerenza degli stessi.

La Storage Area Network (SAN) è costituita da un insieme di componenti hardware (server, switch, ecc.), tra di loro connessi, e dai relativi software di gestione, che riescono a garantire una completa scalabilità (necessaria per volumi di dati che possono – in taluni casi – essere dell'ordine dei Terabyte) e ad ottenere prestazioni di trasferimento dati che possono arrivare ai Gigabit per secondo.

L'area degli Storage Server individua l'insieme degli apparati e dei relativi software (DMBS, *Database Management System*, DW, *Data Warehouse*⁴, etc.) dedicati alla memorizzazione dei dati in generale eterogenei, raccolti in formato non elementare e collegati tra di loro con delle strutture logiche che consentono di ottenere ottime prestazioni in fase d'interrogazione.

La separazione dei dati elementari da quelli organizzati in modo strutturato (ad esempio, in un Geodatabase) permette di ottimizzare le performance, indipendentemente dal volume di dati, in quanto si possono adottare approcci differenziati e specializzati per la memorizzazione. Inoltre, essa consente di ottenere sistemi ad alta affidabilità attraverso la duplicazione di componenti fisicamente distinte e collegate logicamente tra loro mediante particolari prodotti software che effettuano un'operazione di *clustering*, quest'ultima consiste nell'individuare all'interno di un insieme di apparati fisicamente distinti,

⁴ Un Data Warehouse è un archivio informatico contenente i dati di un'organizzazione, progettato per consentire di produrre facilmente analisi e relazioni utili a fini decisionali-aziendali. Componenti essenziali di tale sistema sono anche gli strumenti per localizzare, estrarre, trasformare e caricare i dati, come pure gli strumenti per gestire un dizionario dei dati.

ma gestiti unitariamente, le anomalie di sistema (blocchi, rotture, ecc.) e di gestire il guasto verso uno o più sistemi di ripristino (*recovery*), con l'ottica di ridurre al minimo il tempo di fermo per l'utente finale.

L'area degli Application Server individua l'insieme degli apparati e dei relativi software che gestiscono il complesso dei servizi applicativi. L'utilizzo di questi server posti all'interno dell'area protetta dal firewall (Demilitarized Zone) consente di ottenere un bilanciamento del carico applicativo, che viene totalmente eliminato dal Web Server, e di monitorare esattamente le prestazioni delle singole applicazioni. Nello schema di figura 4.3 l'insieme dei server indicati (Terminal Server, Map Server) è semplicemente indicativo di alcune possibili applicazioni tra quelle più comunemente utilizzate.

L'area dei Security Server individua l'insieme degli apparati e dei relativi software che garantiscono la protezione del sistema. Lo schema prevede l'utilizzo di firewall⁵, apparati specifici per il controllo del traffico ed il monitoraggio degli accessi, che consentono di separare la rete esterna da quella interna. Tale separazione prevede che il Web Server sia posto in una posizione intermedia, poiché essendo l'elemento logico di visibilità sulla rete deve essere raggiunto da tutti gli utenti e quindi non è possibile adottare politiche di controllo particolarmente sofisticate. Un controllo approfondito del traffico in rete riduce le performance complessive del sistema e, quindi, tale operazione deve essere limitata agli aspetti strettamente necessari ad assicurare il livello di sicurezza richiesto. Il modello può prevedere, in taluni casi, l'adozione di più firewall, se occorre differenziare gli accessi provenienti dalla rete Intranet (rete che connette l'insieme delle postazioni interne all'ente/azienda anche geograficamente distinte e che utilizza protocolli e tecnologie tipiche di Internet), da quelli della rete Extranet (rete che connette l'insieme delle reti di enti/aziende oggetto del collegamento - tipico l'esempio cliente/fornitori - e che utilizza protocolli e tecnologie tipiche di Internet) o più in generale da Internet.

L'area dei Web Server individua l'insieme degli apparati e dei relativi software che consentono al sistema di organizzare le informazioni e renderle fruibili alla rete. È essenziale che il Web Server, che può essere anche ridondato, si limiti unicamente alle funzionalità di gestione delle richieste (*dispatching*) e delle conseguenti risposte che sono comunque elaborate dagli Application Server. La separazione tra Web Server ed Application Server permette infatti di tenere sotto controllo la sicurezza (le macchine sono su reti diverse) monitorare esattamente il carico e le performance (si può quindi intervenire semplicemente per risolvere eventuali problemi) e garantire la scalabilità (al crescere delle richieste si possono adeguare opportuni server) senza modificare l'architettura di base. In molti casi, tuttavia, questo concetto non viene applicato per l'incremento dei costi che esso richiede: tale scelta va, quindi, valutata in termini di convenienza implementativa ed in termini di costi/benefici.

L'area di Network Communications comprende l'insieme degli apparati e dei relativi software che realizzano l'infrastruttura di comunicazione integrata in grado di trasportare i dati tra le diverse locazioni. Le applicazioni GIS per loro natura trasferiscono elevati volumi di dati e quindi utilizzano intensamente la rete. Il progetto ed il dimensionamento deve essere quindi adeguato. Spostandoci verso la periferia, la capacità di trasmissione della rete può risultare minore, specialmente se si utilizzano collegamenti geografici, e quindi è importante limitare la quantità di dati da trasferire e dimensionare adeguatamente le linee di trasmissione per avere prestazioni accettabili. A titolo di esempio occorre ricordare che un tipico trasferimento di dati spaziali (ad esempio una mappa) richiede 1 MB a livello Server mentre per quanto riguarda la quantità dei dati trasferiti al client essa può variare tra 10 KB e 100 KB. Tale considerazione

⁵ In informatica, nell'ambito delle reti di computer, un firewall è un componente passivo di difesa perimetrale di una rete informatica, che può anche svolgere funzioni di collegamento tra due o più tronconi di rete, garantendo dunque una protezione in termini di sicurezza informatica della rete stessa.

implica che, se si vogliono in ambito Web gestire – ad esempio – 50 richieste contemporanee del tipo descritto, occorre dimensionare la connessione di accesso ad Internet per almeno 2 MB al secondo.

L'area Client, infine, include tutti gli apparati con i relativi software che costituiscono in generale gli originatori delle richieste e gli utilizzatori delle informazioni. Il modello delinea l'estrema variabilità di tali apparati, che vanno dal PC al tablet, e questo implica che il sistema deve prevedere in modo automatico la possibilità di differenziarsi, a partire da richieste standard, in funzione del tipo di apparato ricevente.

2.3 Architettura dell'applicazione WebGIS "Waves Energy"

L'applicazione WebGIS "Waves Energy" è stata appositamente progettata e sviluppata con l'obiettivo di rendere fruibili e consultabili on-line tutta una serie di risultati ottenuti nell'ambito delle presenti attività progettuali. Essa è consultabile all'indirizzo:

- <http://utmea.enea.it/energiadalmare/>

Per lo sviluppo di tale applicazione è stata implementata una strategia di tipo server-side (secondo il tipico approccio descritto nel paragrafo precedente) e si è scelto di avvalersi di pacchetti software Free/Open Source (FOSS), conferendo al tutto caratteristiche di originalità e versatilità applicativa.

L'architettura logica del WebGIS è riportata nella Figura 4 e si articola nella seguente catena operativa:

- Repository Dati -> Web Server (GeoServer) -> Libreria (OpenLayers) -> Map Viewer (WebGIS)

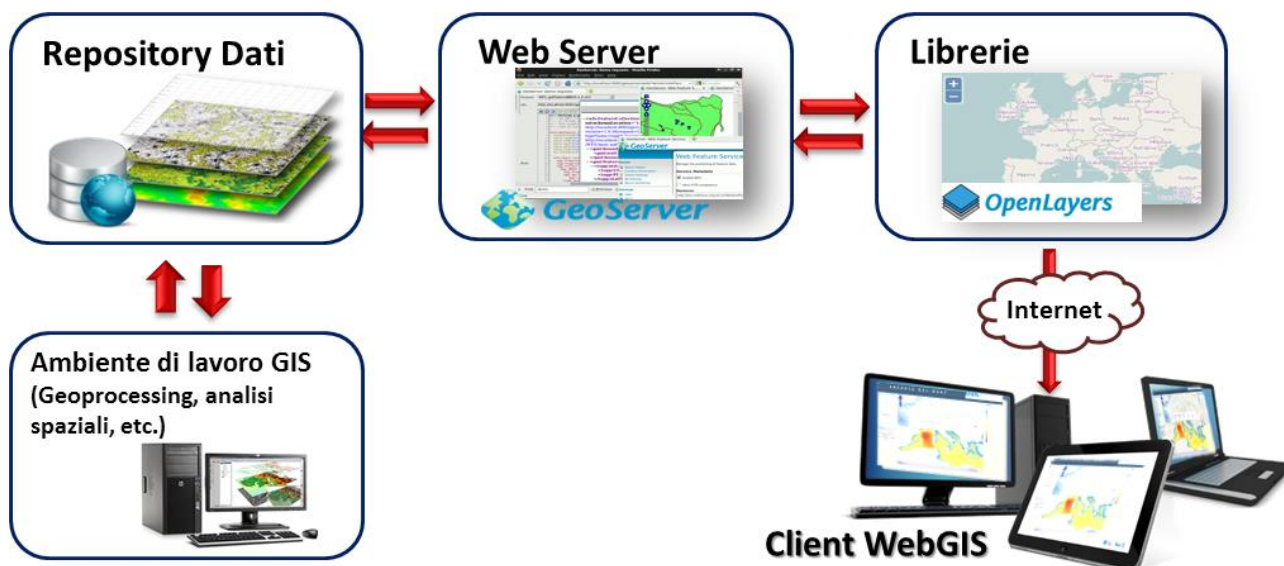


Figura 4. Schema architetturale dell'applicazione WebGIS "Waves Energy"

Il Repository Dati individua l'area di archiviazione che contiene l'insieme dei dati da utilizzare (in generale, in formato GIS) e che consentono l'accesso unicamente agli apparati definiti fisicamente a livello della Storage Area Network, in modo da garantire l'assoluta integrità e coerenza degli stessi.

Per Web Server si intende l'insieme degli apparati e dei relativi software che consentono al sistema di organizzare le informazioni e renderle fruibili alla rete. Nel caso in oggetto si è scelto di utilizzare GeoServer⁶. Esso è un Web Server che permette di fornire mappe e dati da una varietà di formati a client standard, come i browser web e software GIS di tipo desktop. Ciò rende possibile memorizzare i dati spaziali in quasi qualsiasi formato si preferisce. Rilasciato sotto licenza GPL (Free Software Foundation, 1991) per la gestione e la disseminazione di dati geospaziali secondo specifiche edite dall'Open Geospatial Consortium⁷ (OGC) e dall'ISO Technical Committee 211 (ISO TC 211), esso fornisce le funzionalità di base per creare Infrastrutture di Dati Territoriali, dette anche *Spatial Data Infrastructure* (SDI), basate su tali

⁶ <http://geoserver.org/>

⁷ <http://www.opengeospatial.org/>

standard. L'Open Geospatial Consortium (in precedenza OpenGIS Consortium) è un'organizzazione internazionale no-profit, basata sul consenso volontario, che si occupa di definire specifiche tecniche per i servizi geospaziali e di localizzazione (*location based*). OGC è formato da oltre 280 membri (governi, industria privata, università) con l'obiettivo di sviluppare ed implementare standard per il contenuto, i servizi e l'interscambio di dati geografici che siano "aperti ed estensibili" e che favoriscano l'interoperabilità. Le specifiche definite da OGC sono pubbliche (PAS) e disponibili gratuitamente.

Per interoperabilità si intende l'abilità di due o più sistemi di comunicare e cooperare tra loro, scambiando ed utilizzando i dati attraverso protocolli di comunicazione e formati standard [ISO/IEC 2382-1]. Il tema dell'interoperabilità riveste un ruolo fondamentale nell'implementazione di Infrastrutture di Dati Geografici; solo soluzioni interoperabili basate su standard internazionali abilitano le varie componenti di una SDI a comunicare tra di loro

GeoServer è stato sviluppato per ingerire, gestire e servire dati geospaziali sia vettoriali (*feature*) che raster (*gridcoverage*) ma anche per creare e disseminare mappe georeferenziate, ottenute sovrapponendo e componendo opportunamente versioni renderizzate dei dati summenzionati, secondo specifiche regole di stile, codificate secondo gli standard suddetti.

Dal punto di vista tecnico GeoServer, come affermato in precedenza, è stato creato per fornire il supporto a protocolli standard in modo da rappresentare un valido strumento per la creazione di infrastrutture distribuite geospaziali interoperabili. Esso supporta in modo nativo una vasta gamma di standard, sia promulgati da enti internazionalmente riconosciuti come OGC ed ISO TC 211, sia standard de facto creati all'interno della comunità degli sviluppatori di software geospaziale Open Source, quali ad esempio WMS-C, il protocollo l'accesso orientato ai *tile* del Web Map Service o WMS.

Gli standard attualmente supportati sono:

- OGC Web Map Service (WMS) 1.1.1 con supporto per OGC Styled Layer Descriptor (SLD) 1.0.0, OGC Web Map Service (WMS) 1.3 con supporto per OGC Symbology Encoding (SE) 1.1 (Muller, 2006) per la generazione e disseminazione di mappe georeferenziate a partire da dati sia raster che vettoriali.
- OGC Web Coverage Service (WCS) 1.1.0 and Web Coverage Service (WCS) 1.0.0 per la gestione e disseminazione dei dati raster in formato nativo. In altre parole questo servizio fornisce la possibilità di accedere a sotto-aree, riproiettare, ricampionare e cambiare formato dei dati raster. Notare che il WCS differisce dal WMS in quanto nella catena di processamento del dato raster non vi sono direttive di rendering.
- OGC Web Feature Service (WFS) 1.0.0 e 1.1.0: questo tipo di servizi permette la gestione e la disseminazione di dati vettoriali in formato nativo; è evidente il parallelo con il servizio WCS per i dati raster: tramite WFS è possibile avere accesso diretto al dato vettoriale originale, o comunque ad una versione riprocessata di esso secondo le indicazioni ricevute, piuttosto che ad un rendering degli stessi come tramite attraverso il servizio WMS. E' opportuno sottolineare che GeoServer supporta come formato di output il Geography Markup Language (GML) insieme a altri formati di largo uso quali Shapefile e GeoJSON.
- Altri standard supportati: OGC Keyhole Markup Language (KML), che permette al GeoServer di interagire con Google Earth e Google Maps; WMS-C, OGC WMS-T, TMS attraverso la sua estensione GeoWebCache; OGC Web Processing Service (WPS) 1.0.0, in modo da fornire supporto per la pubblicazione interoperabile di geoprocessi verso il web; GeoRSS (Geo), lo standard de facto per

estendere il formato di trasporto Remote Syndication Standard (RSS) in modo da aggiungere supporto per specificare topologie georiferite.

La lista di formati supportati in ingresso ed in uscita dal GeoServer è piuttosto vasta, grazie anche ad un largo numero di estensioni a disposizione che contribuiscono ad incrementarne l'estensione, mentre nuovi formati sono aggiunti continuamente dai membri della comunità degli sviluppatori.

GeoServer è sviluppato basandosi sui framework Java Enterprise più utilizzati in ambiente web ed è costituito da un vasto numero di moduli di base (*core*), necessari al corretto funzionamento di base della piattaforma, e da vari moduli di estensione, che aggiungono ulteriori funzionalità alla piattaforma oltre a quelli di base, sia verticali (forniscono servizi all'utente finale), che orizzontali (aggiungono funzionalità a livello di piattaforma piuttosto che di servizi verso l'utenza).

OpenLayers⁸ è una libreria JavaScript di tipo Open Source con licenza derivata dalla licenza BSD⁹ per visualizzare mappe interattive nei browser web. OpenLayers offre una cosiddetta Application Programming Interface (API) per poter accedere a diverse fonti d'informazioni cartografiche in Internet come: WMS, WFS, mappe di tipo commerciale (Google Maps, Bing, Yahoo, etc.), diversi formati vettoriali, mappe del progetto OpenStreetMap, ecc.

2.4 Funzionalità dell'applicazione WebGIS "Waves Energy"

Nello sviluppo dell'architettura prevista per il WebGIS in oggetto, come descritto in precedenza, attraverso un normale browser web l'utente (non necessariamente dotato di specifiche conoscenze GIS) può visualizzare le mappe che rappresentano i risultati prodotti nell'ambito delle presenti attività progettuali. In particolare, per la visualizzazione dei dati di interesse, si è fatto ricorso allo standard WMS¹⁰. Questa tipologia di *map-server interface* fornisce una semplice interfaccia HTTP, permettendo ad un client di effettuare la richiesta di immagini di mappa da uno o più database spaziali distribuiti. La risposta alla richiesta sono una o più immagini di mappa (restituite come JPEG, PNG, ecc.) che possono essere visualizzate in applicazioni desktop e browser.

Entrando più in dettaglio, il map-server consente di:

1. produrre una mappa di dati georeferenziati;
2. rispondere a query di base sul contenuto della mappa;
3. rendere noto ad altri programmi che tipo di mappe può produrre.

Il browser web, pertanto, richiede al map-server di eseguire queste procedure tramite il meccanismo delle URL. La specifica WMS standardizza il modo in cui i client richiedono le mappe. Essa definisce tre operazioni:

- *GetCapabilities*: fornisce metadati a livello del servizio, che sono descrizioni sul contenuto delle informazioni del servizio e sui parametri richiesti accettati;
- *GetMap*: fornisce una mappa i cui i parametri geospaziali e dimensionali sono ben definiti;
- *GetFeatureInfo* (opzionale): fornisce informazioni circa particolari elementi (features) mostrati sulla mappa.

⁸ <http://www.openlayers.org/>

⁹ <http://opensource.org/licenses/bsd-license.php>

¹⁰ <http://www.opengeospatial.org/standards/wms>

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 modello delinea l'estrema variabilità di tali apparati, che vanno dal PC al tablet. Ciò implica che il sistema è stato sviluppato in modo da garantire in modo automatico la piena fruibilità dell'applicazione, a partire da richieste standard, indipendentemente dal tipo di apparato ricevente.

I risultati ottenuti dalle simulazioni con i modelli numerici oceanografici (modello WAM su tutto il bacino del Mediterraneo) sono memorizzati sotto forma di file in formato NetCDF¹¹ (Network Common Data Form). Tramite opportune elaborazioni, tali file NetCDF sono stati trasformati in un formato GIS compatibile (Esri shapefile¹² .shp) e resi disponibili per le successive elaborazioni.

I dati esposti dal WebGIS possono essere raggruppati, in base alle loro caratteristiche e specifiche, in tre distinte tipologie:

- a) Previsioni ("Forecasting")
- b) Serie storiche ("Climatology")
- c) Strati informativi di base ("Other Layers")

I primi, disponibili per tutto il Mediterraneo (con 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 (*Wave Energy*);
- Altezza delle onde (*Wave Height*);
- Direzione delle onde (*Wave Direction*);
- Periodo (*Wave Period*).

Inoltre, questi stessi dati sono disponibili e visualizzabili in maggior dettaglio per alcune sotto-aree di interesse. I layer tematici in questione sono raggruppati nel WebGIS sotto la voce "Sub-zones" della categoria "Forecasting" (costa occidentale della Sardegna, Isole Egadi, Pantelleria, Lampedusa, Golfo di Napoli, Civitavecchia, Isola d'Elba, Mar Ligure, etc.)

I dati di cui al precedente punto b), invece, sono ricavati da serie storiche ed archiviati nel repository direttamente in formato shapefile. Essi 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. Tali layer tematici sono, ovviamente, raggruppati alla voce "Climatology" dell'applicazione WebGIS. In particolare nel WebGIS sono stati inseriti i seguenti dati:

- 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.

¹¹ <http://www.unidata.ucar.edu/software/netcdf/>

¹² <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/shapefile.pdf>

Nella terza categoria, infine, sono raggruppati tutta una serie di dati geospaziali ed informazioni territoriali/ambientali di base, quali informazioni tematiche accessorie ed a complemento delle precedenti per un migliore inquadramento geografico e tematico:

- Batimetria del Mediterraneo (fonte: GEBCO¹³);
- Subset della Batimetria compresa tra 0 e 200m;
- Fasce di distanza dalla costa: 0-25 km e 25-50 km (layer ricavati appositamente dai dati GEBCO);
- Porti principali;
- Aree Marine Protette Italiane (fonte: SINANET¹⁴).

In Figura 5 è visibile la schermata iniziale del WebGIS “Waves Energy”. In particolare, nel layout dell’applicazione si possono individuare 3 sezioni principali:

- A. La sezione “Layer” (sul lato sinistro): essa permette di selezionare il layer (mappa tematica) visualizzare;
- B. La sezione centrale “Main Contents”: 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): qui viene visualizzata la legenda relativa al layer (o ai layer) selezionato.

Inoltre, il WebGIS riporta le informazioni circa le coordinate geografiche (Latitudine e Longitudine), la scala di visualizzazione delle mappe nella sezione centrale, una breve descrizione del contenuto del layer selezionato per la visualizzazione, la finestra di dialogo per la scelta della e dell’ora di previsione/simulazione (posta sul lato sinistro sotto la sezione “Maps”). Sono disponibili varie funzionalità di base tipiche dei WebGIS, come zoom, pan, trasparenza, misure lineari ed areali, etc.

Dal punto di vista delle funzionalità specificatamente implementate, cliccando su un punto qualsiasi del layer selezionato, vengono mostrate le informazioni o gli attributi quantitativi relativi al punto prescelto (la cosiddetta funzione di *inquiry*). In particolare, nel caso dei layer tematici presenti nella Sezione “Forecasting”, tali informazioni sono presentate sotto forma di grafico (come mostrato, ad esempio, in Figura 27).

Dalla Figura 6 alla Figura 29 sono riportati e descritti numerosi esempi di visualizzazione e rappresentazione delle mappe tematiche prodotte e dei risultati conseguiti con l’applicazione WebGIS sviluppata.

¹³ GEBCO: General Bathymetric Chart of the Oceans, (Carta batimetrica generale degli oceani) è una rappresentazione batimetrica degli oceani e dei mari del mondo: http://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/

¹⁴ Sistema Informativo Nazionale Ambientale, ISPRA: <http://www.sinanet.isprambiente.it/it>

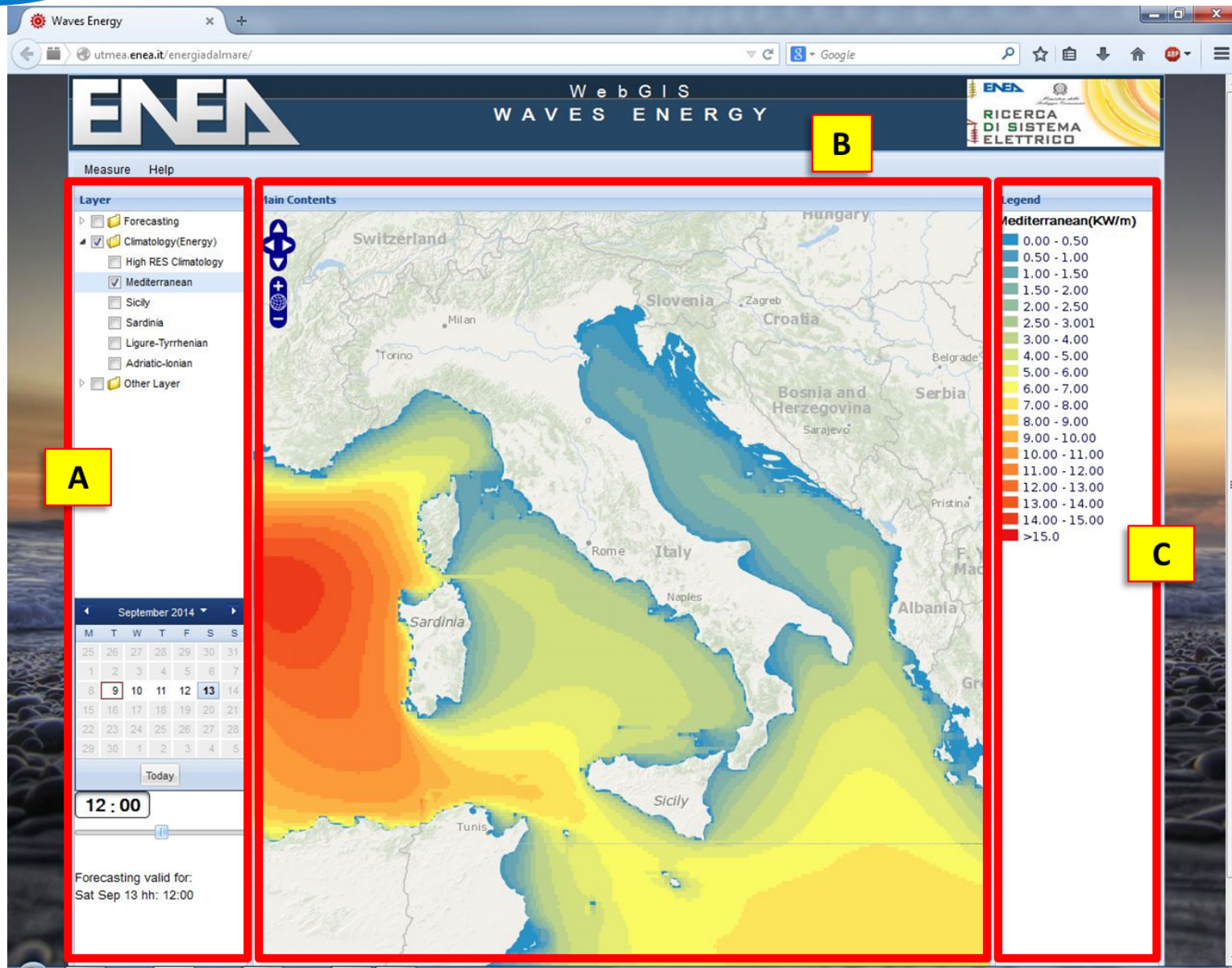


Figura 5. Interfaccia del WebGIS “Waves Energy” e sezioni principali dell’applicazione, raggiungibile all’indirizzo <http://utmea.enea.it/energiadalmare/>

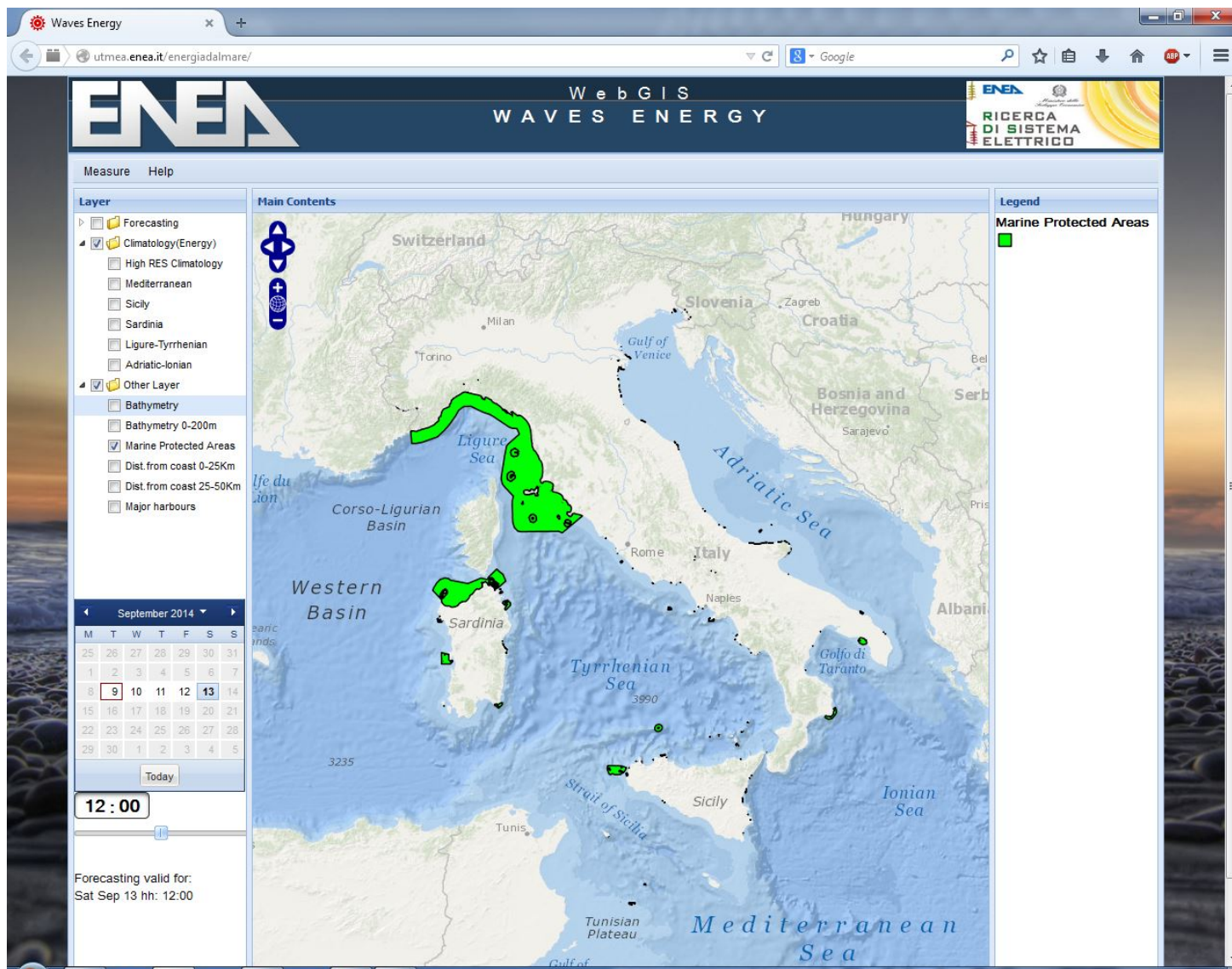


Figura 6. Visualizzazione delle Aree Marine Protette in Italia (fonte dato GIS: SINANET)

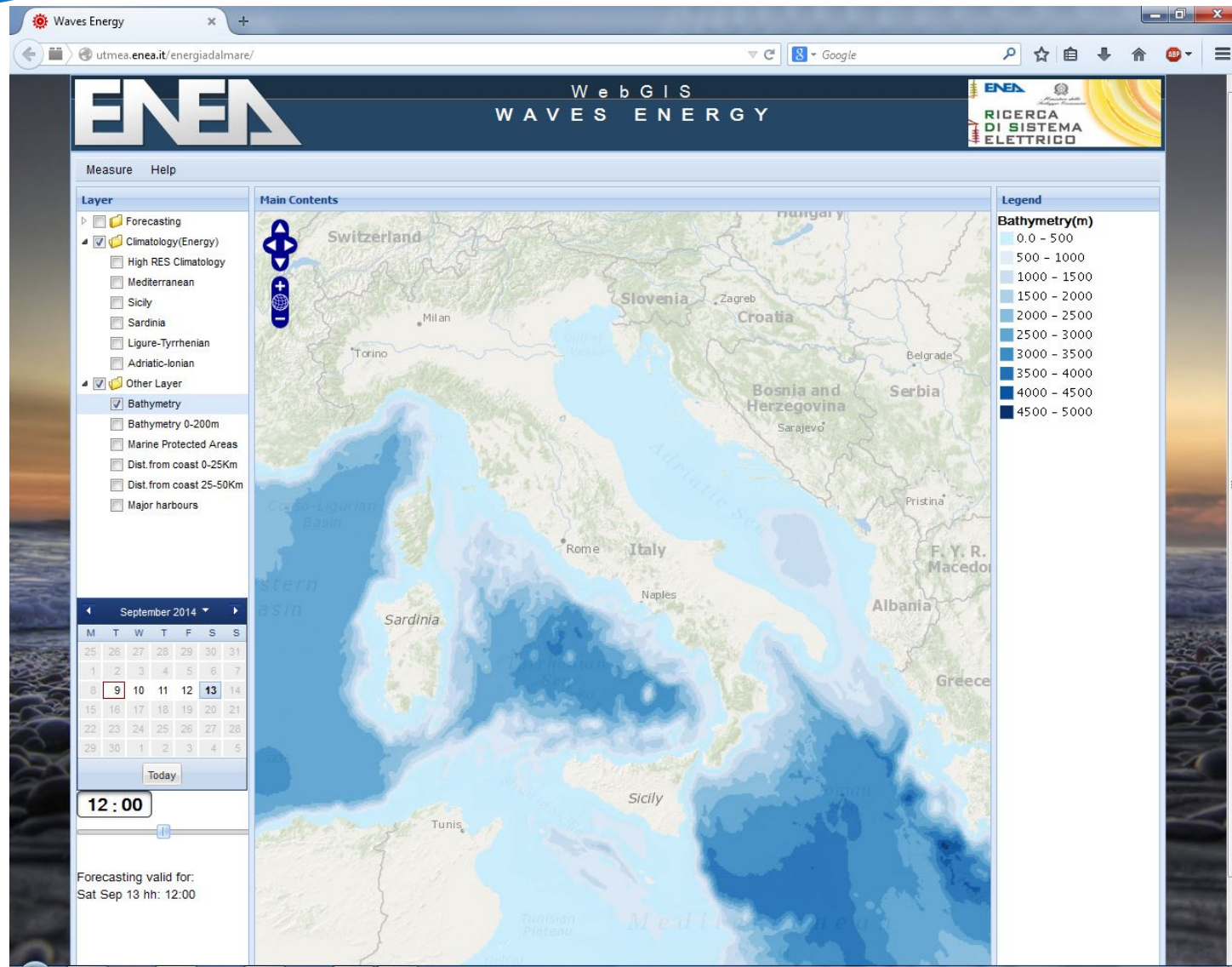


Figura 7. Rappresentazione tematica della batimetria del Mediterraneo (fonte dato geospaziale: GEBCO)

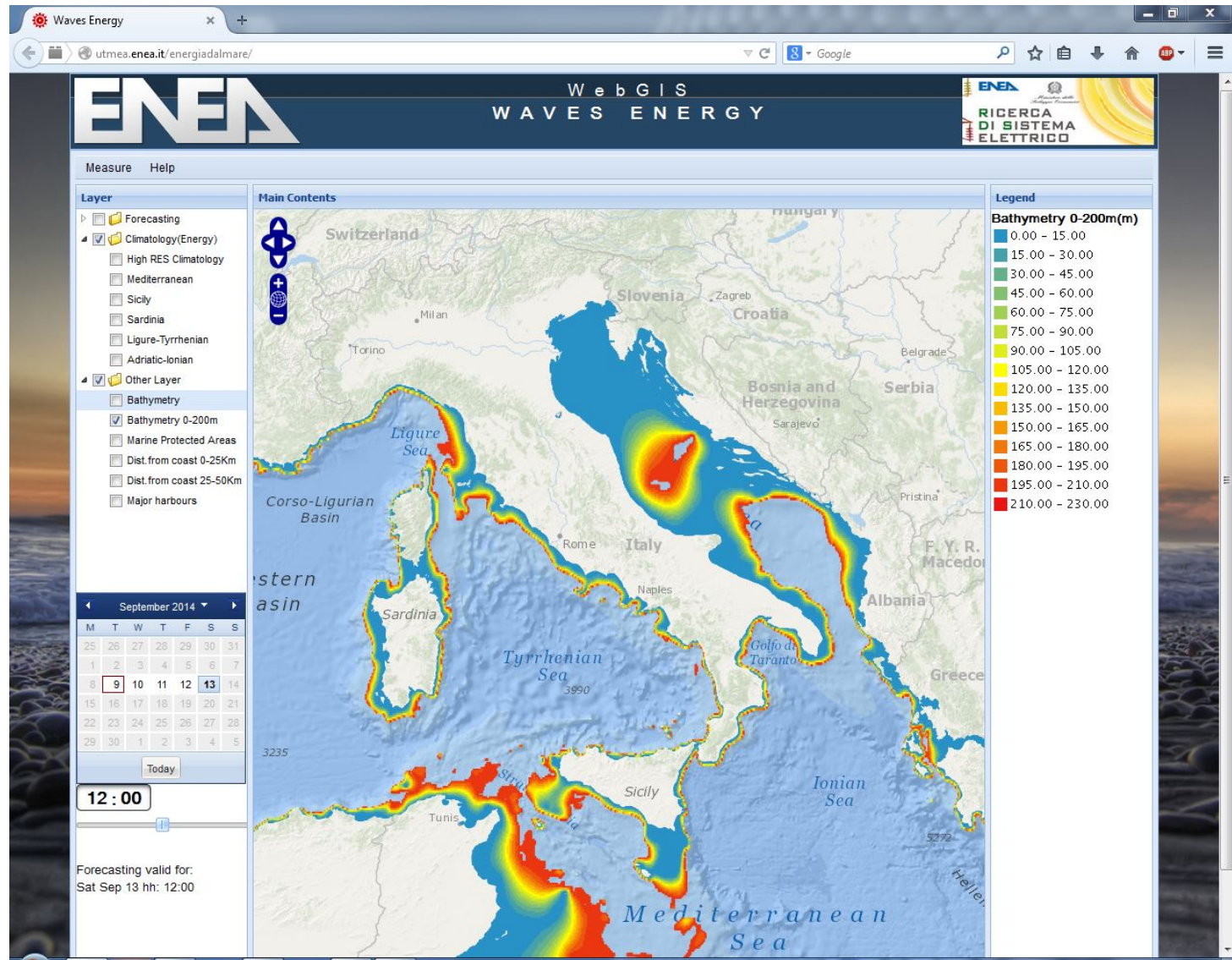


Figura 8. Rappresentazione tematica della batimetria del Mediterraneo compresa tra 0 e 200 m (fonte dato geospaziale: GEBCO)

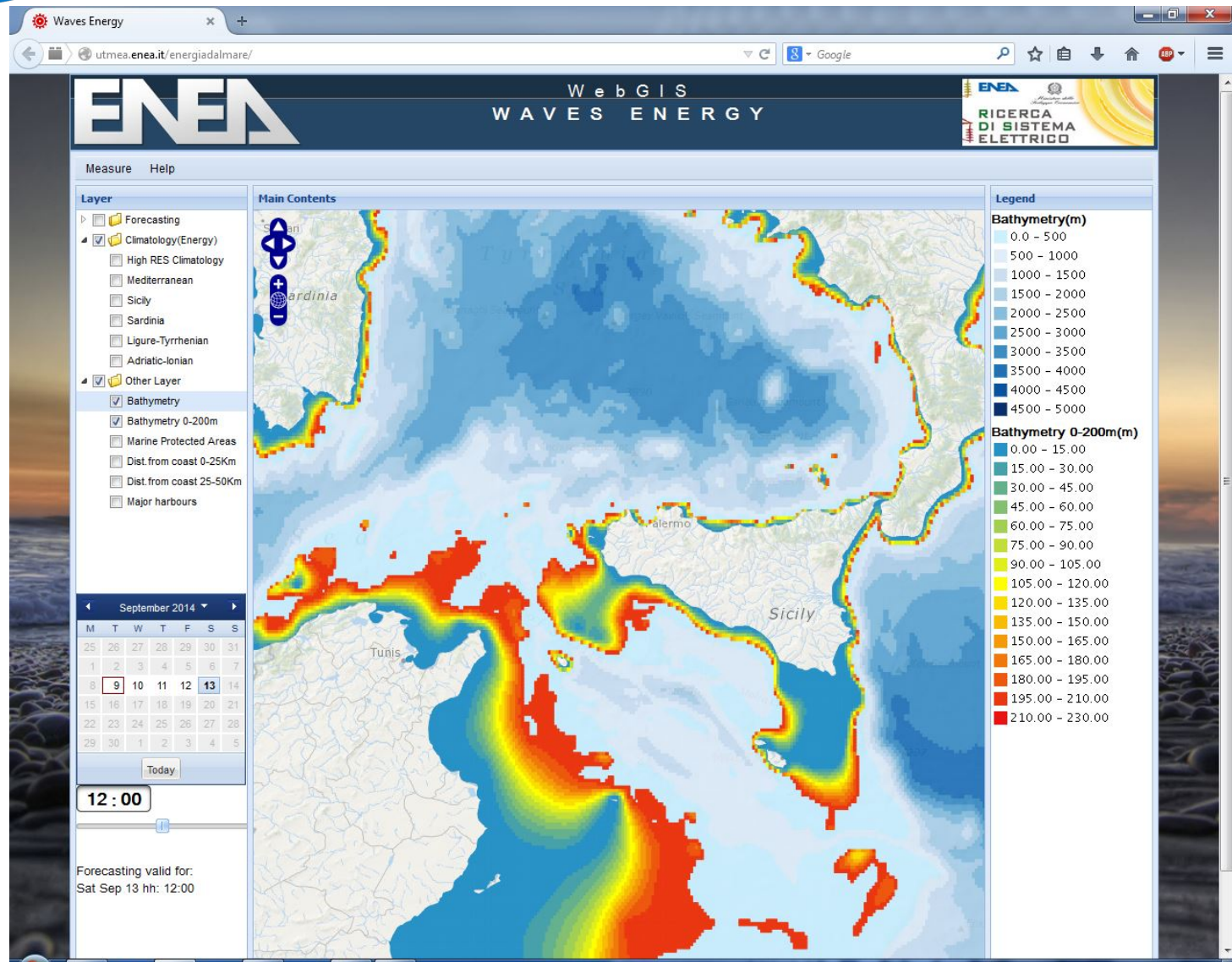


Figura 9. Visualizzazione della batimetria compresa tra 0 e 200 m: zoom sul Canale di Sicilia (elaborazione GIS ENEA)

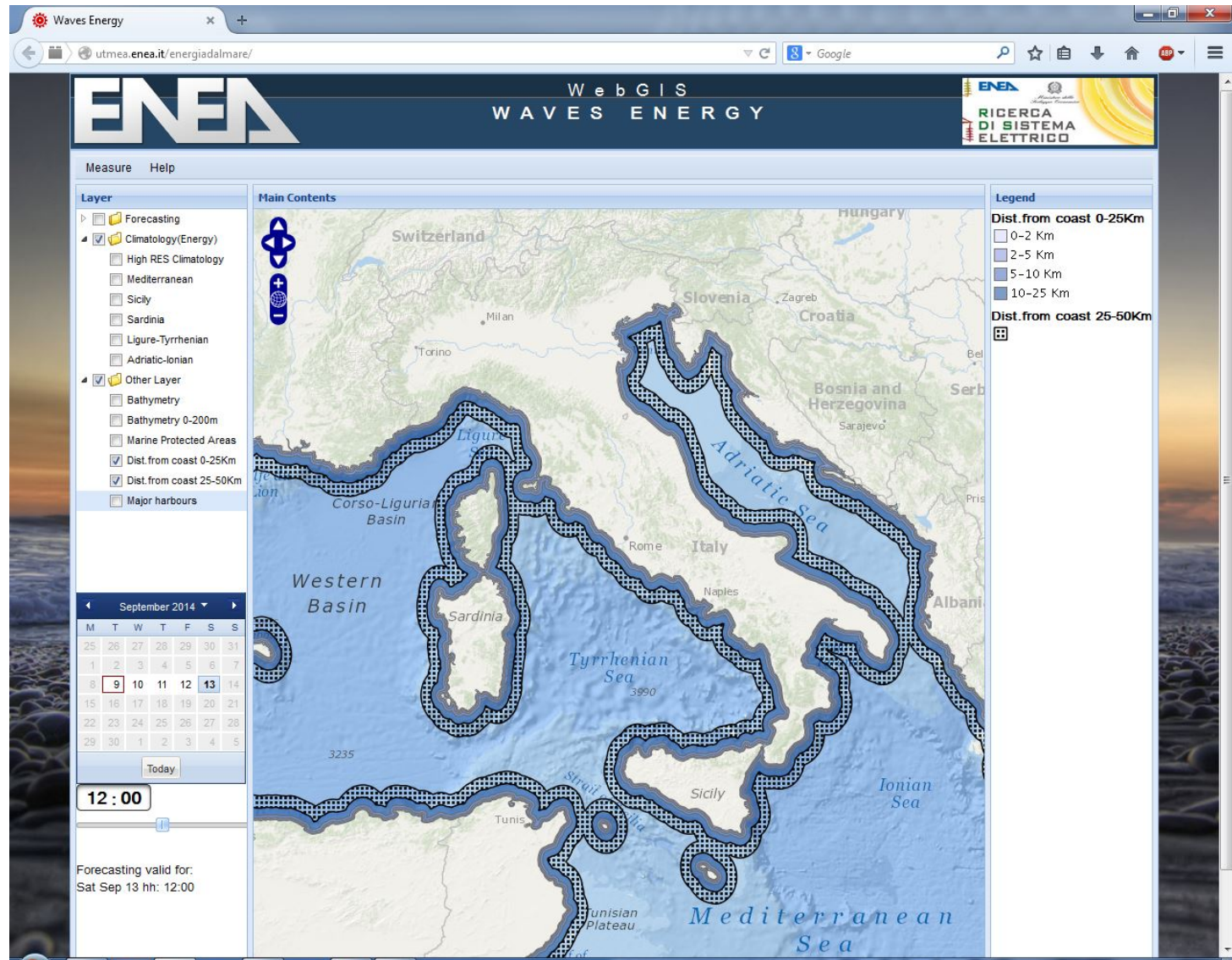


Figura 10. Rappresentazione tematica della distanza dalla linea di costa (0-25 km e 25-50, elaborazione GIS ENEA)

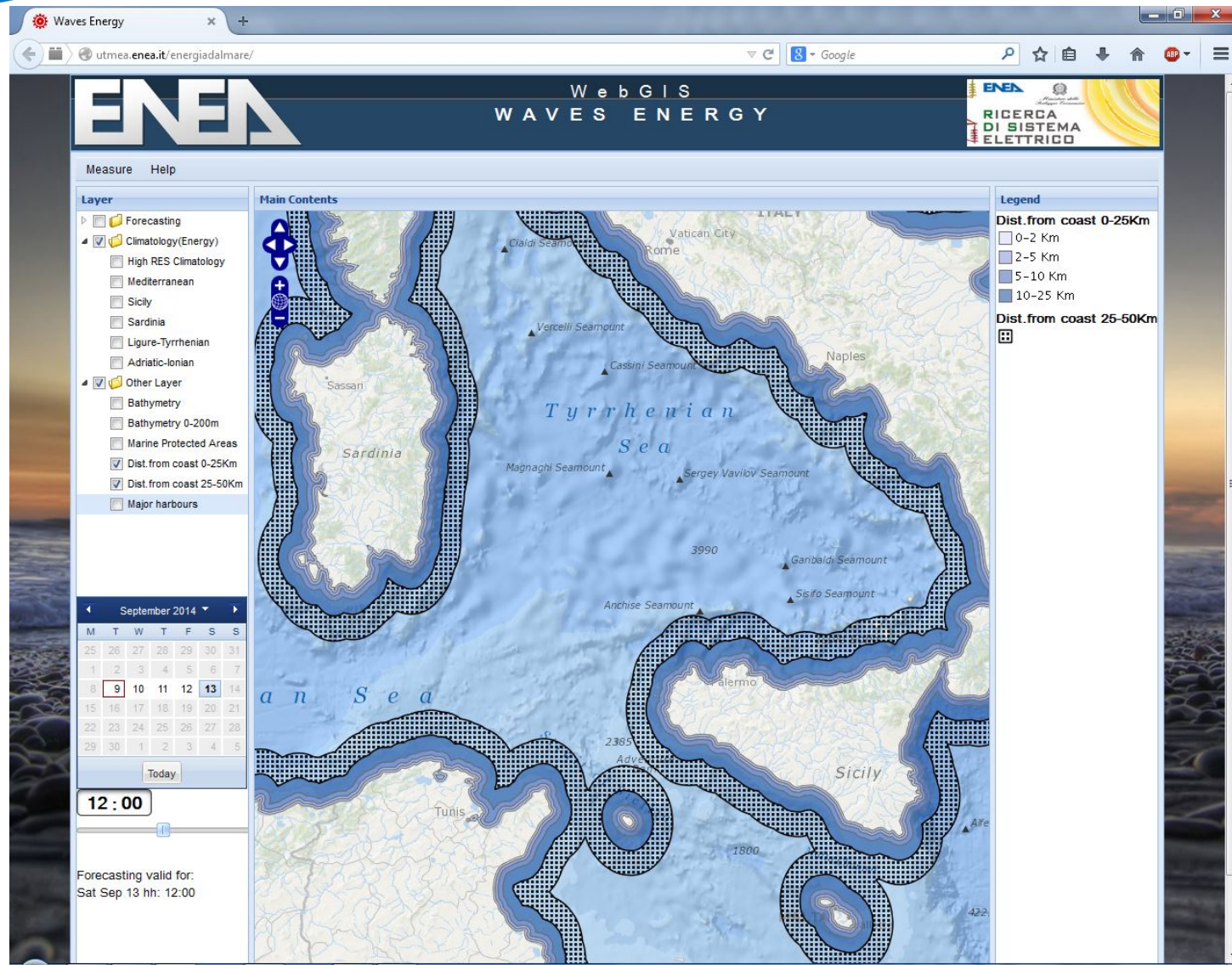


Figura 11. Particolare della distanza dalla linea di costa

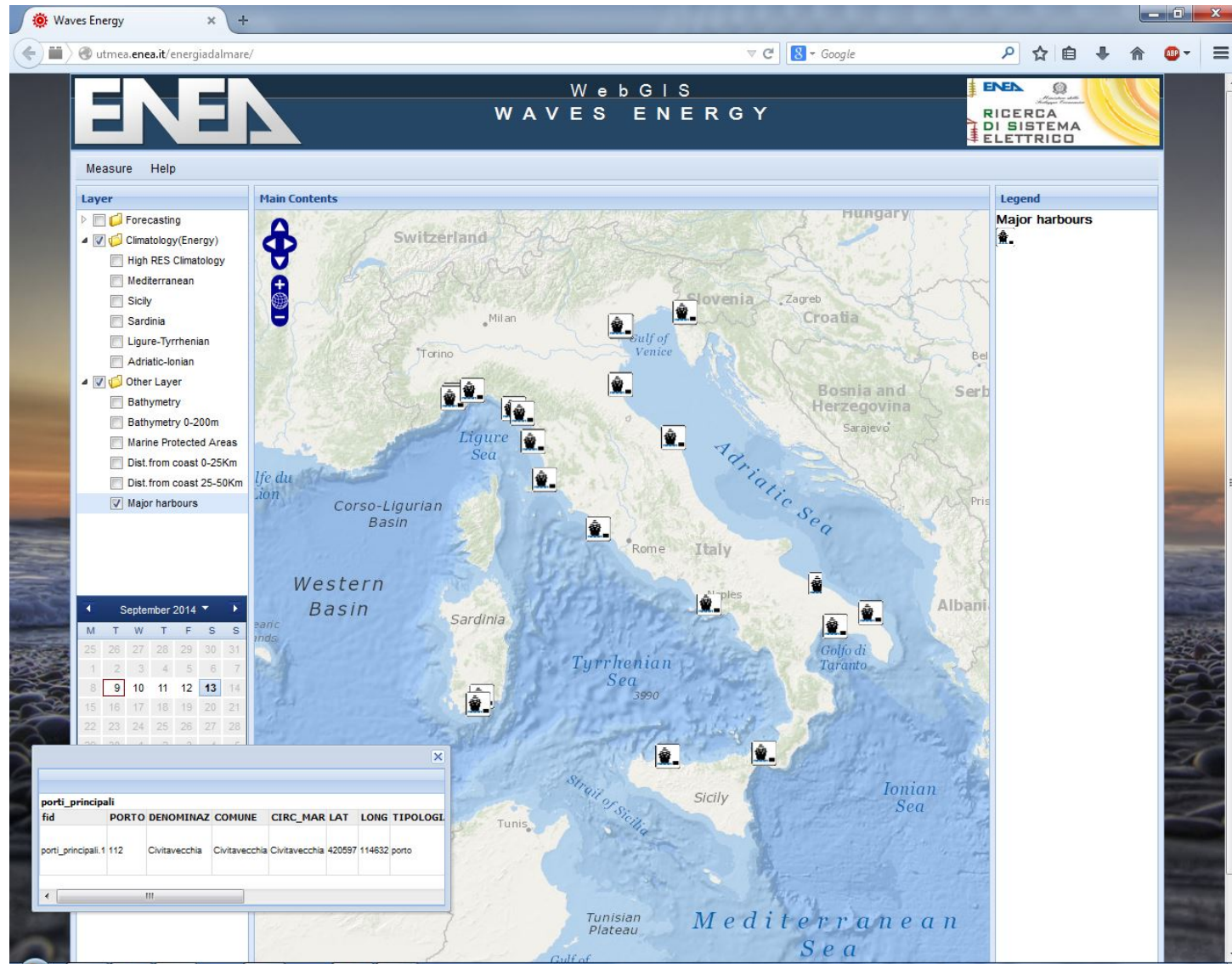


Figura 12. Tematismo dei principali porti italiani

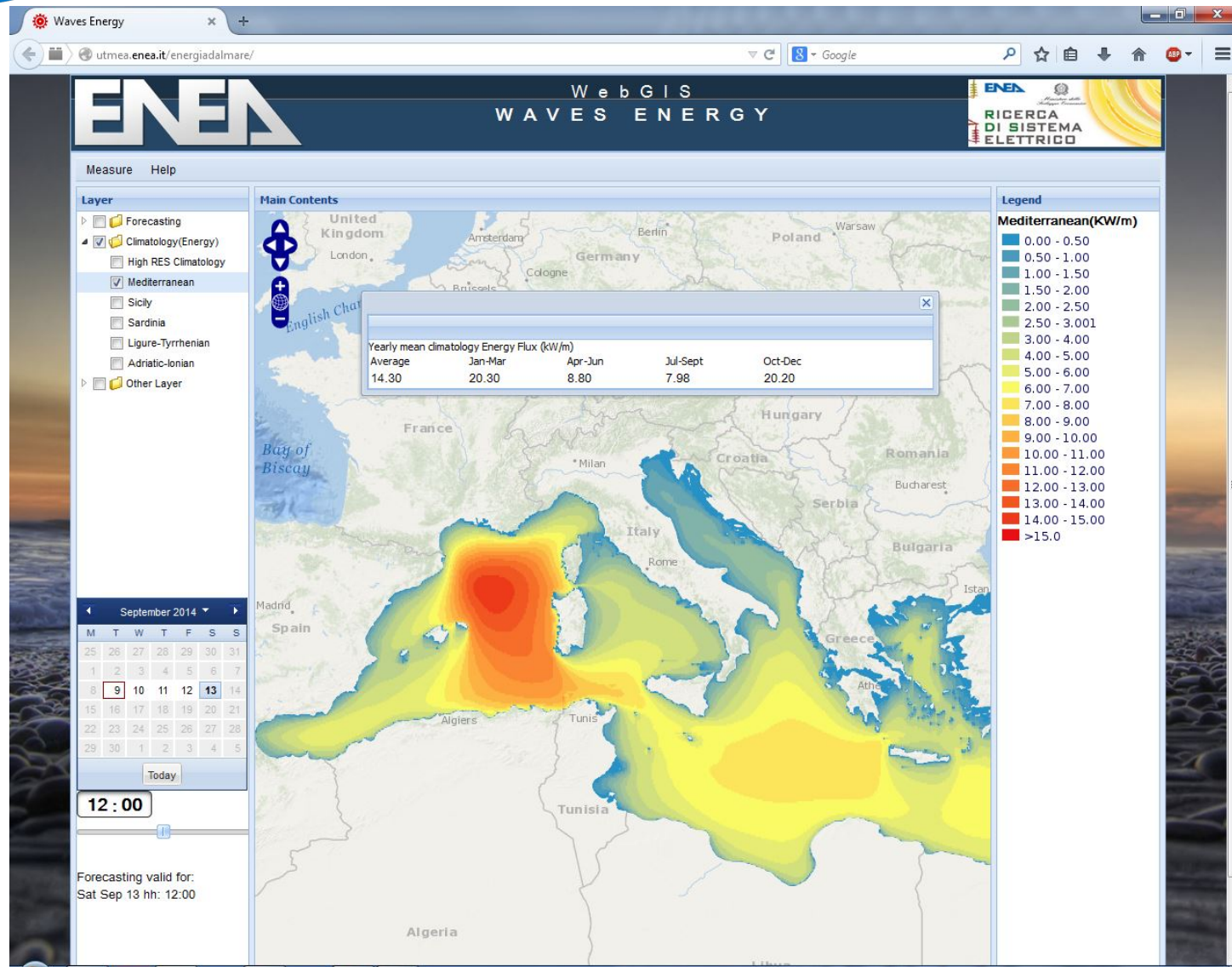


Figura 13. Mappa tematica dell'energia delle onde ricavata dai dati climatologici (2001-2010)

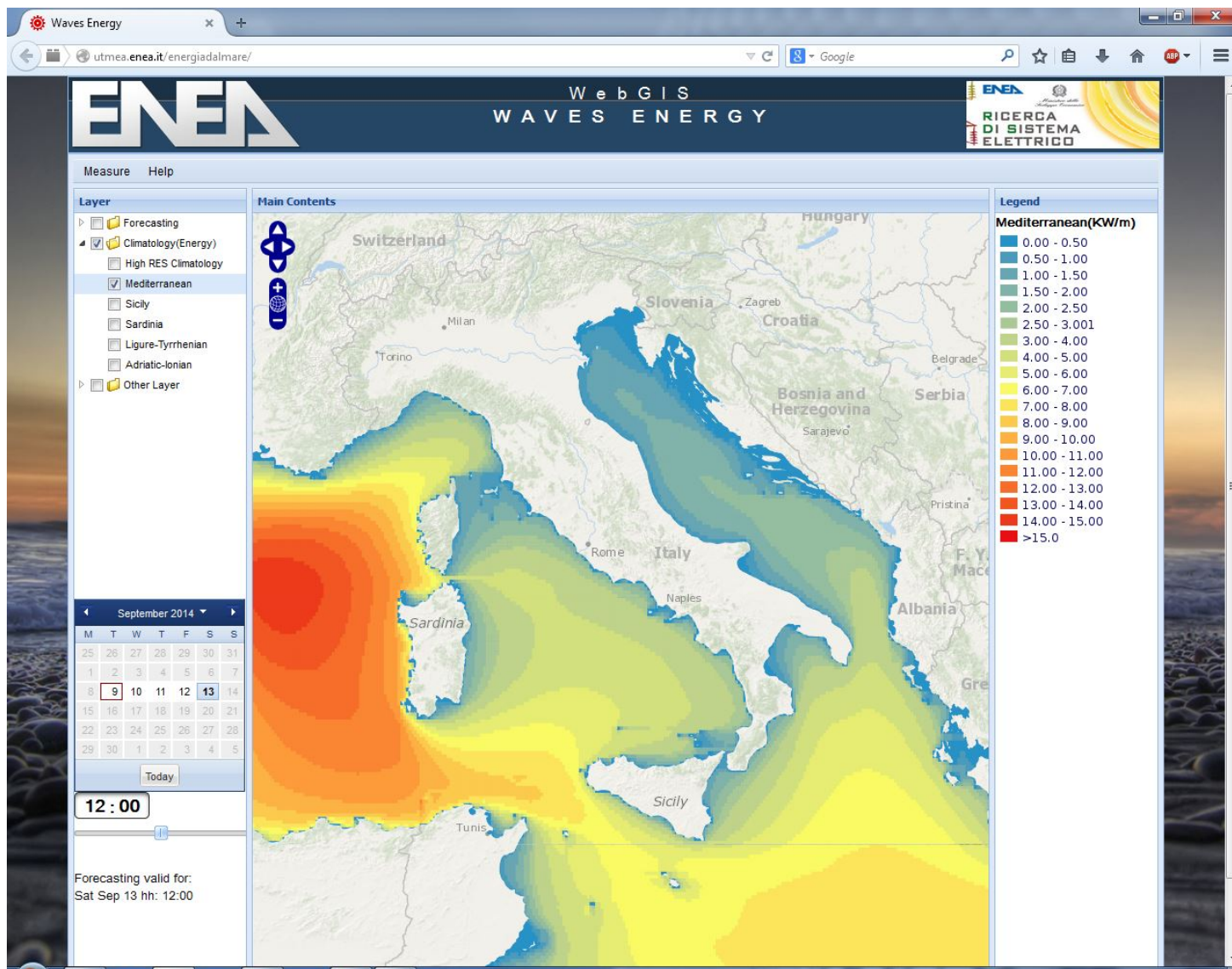


Figura 14. Mappa tematica dell'energia delle onde ricavata dai dati climatici: vista di dettaglio sull'Italia

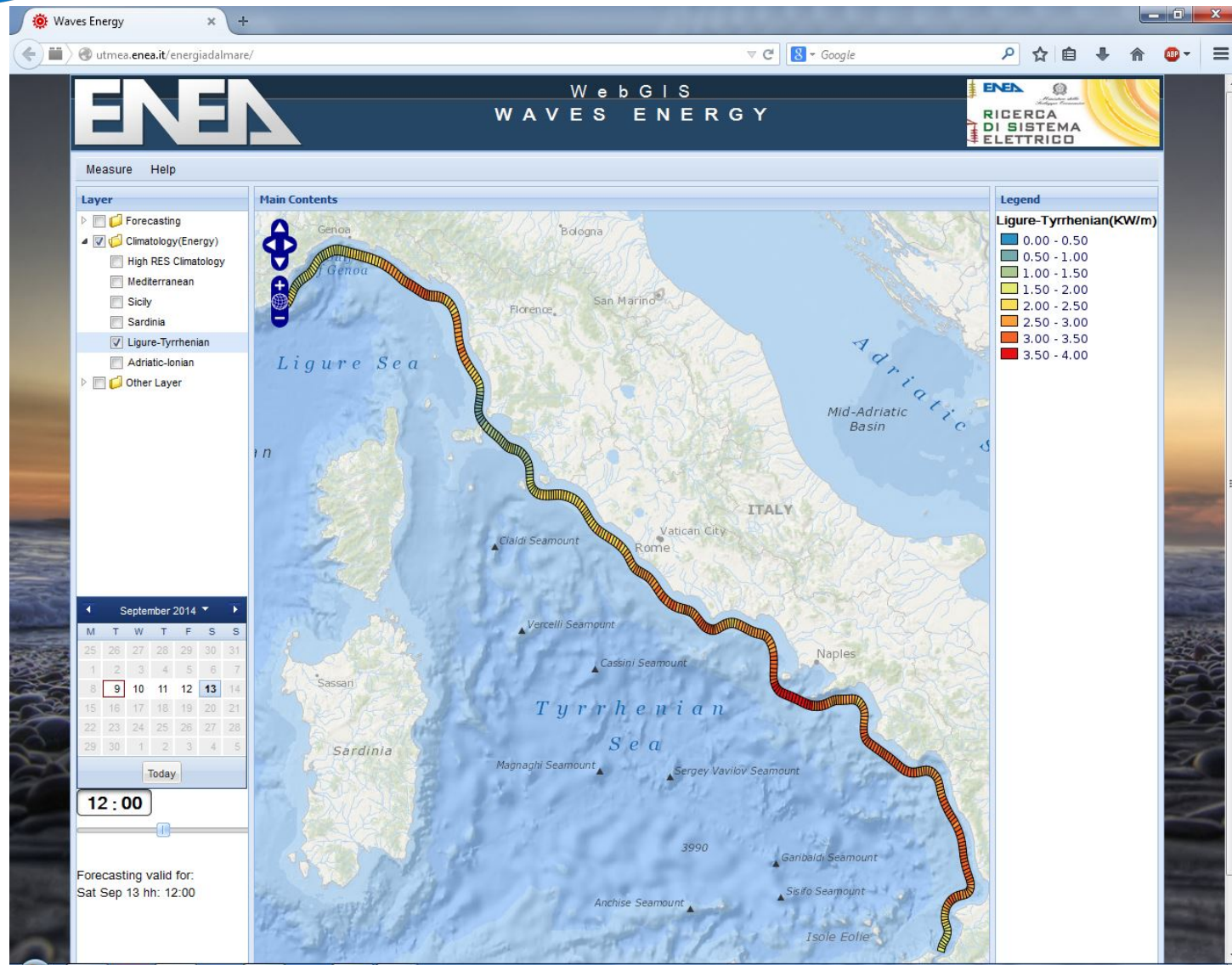


Figura 15. Tematismo dei valori medi di energia nel decennio di osservazione (2001-2010): Mar Ligure e Mar Tirreno

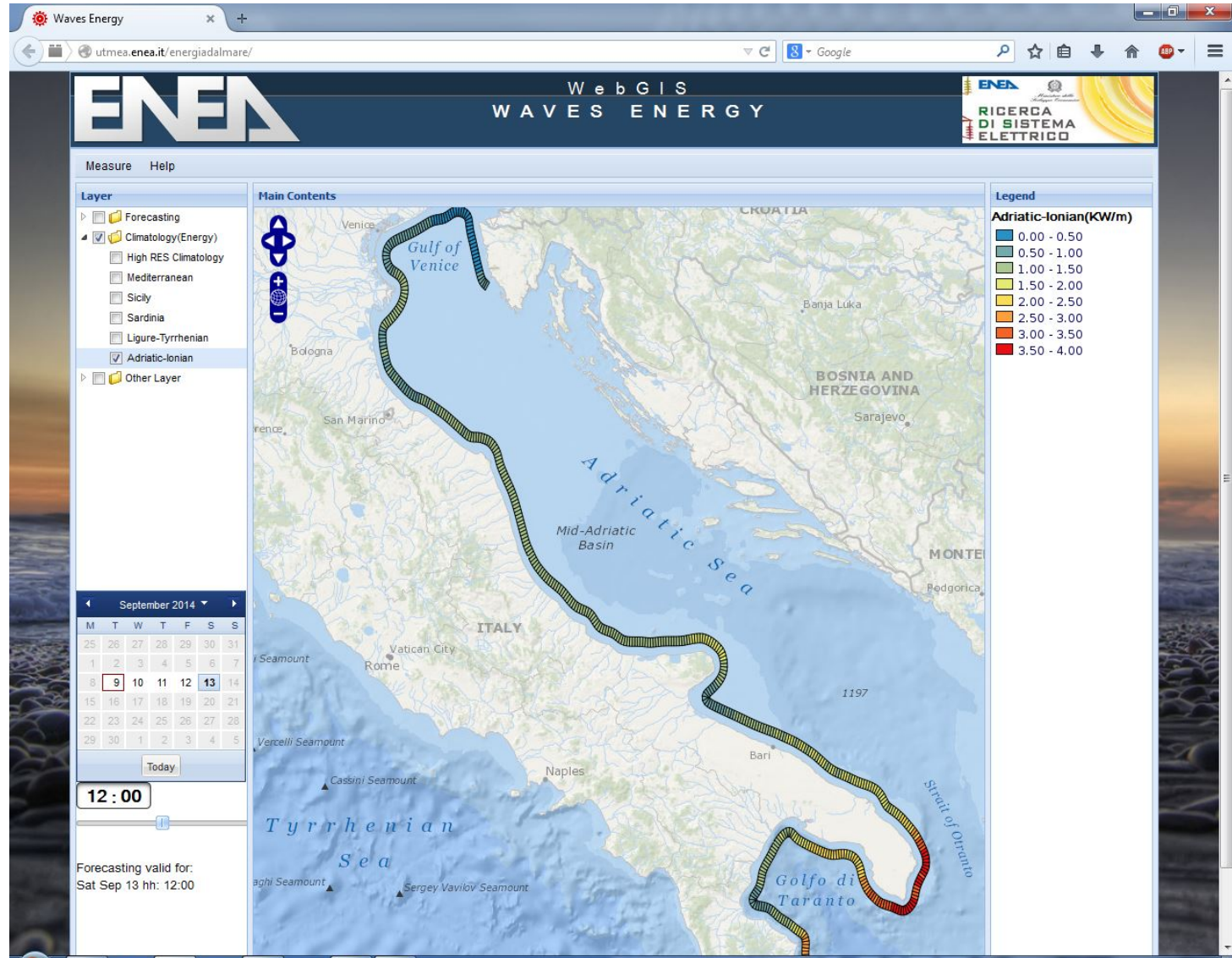


Figura 16. Tematismo dei valori medi di energia nel decennio di osservazione (2001-2010): Mare Adriatico e Mar Ionio

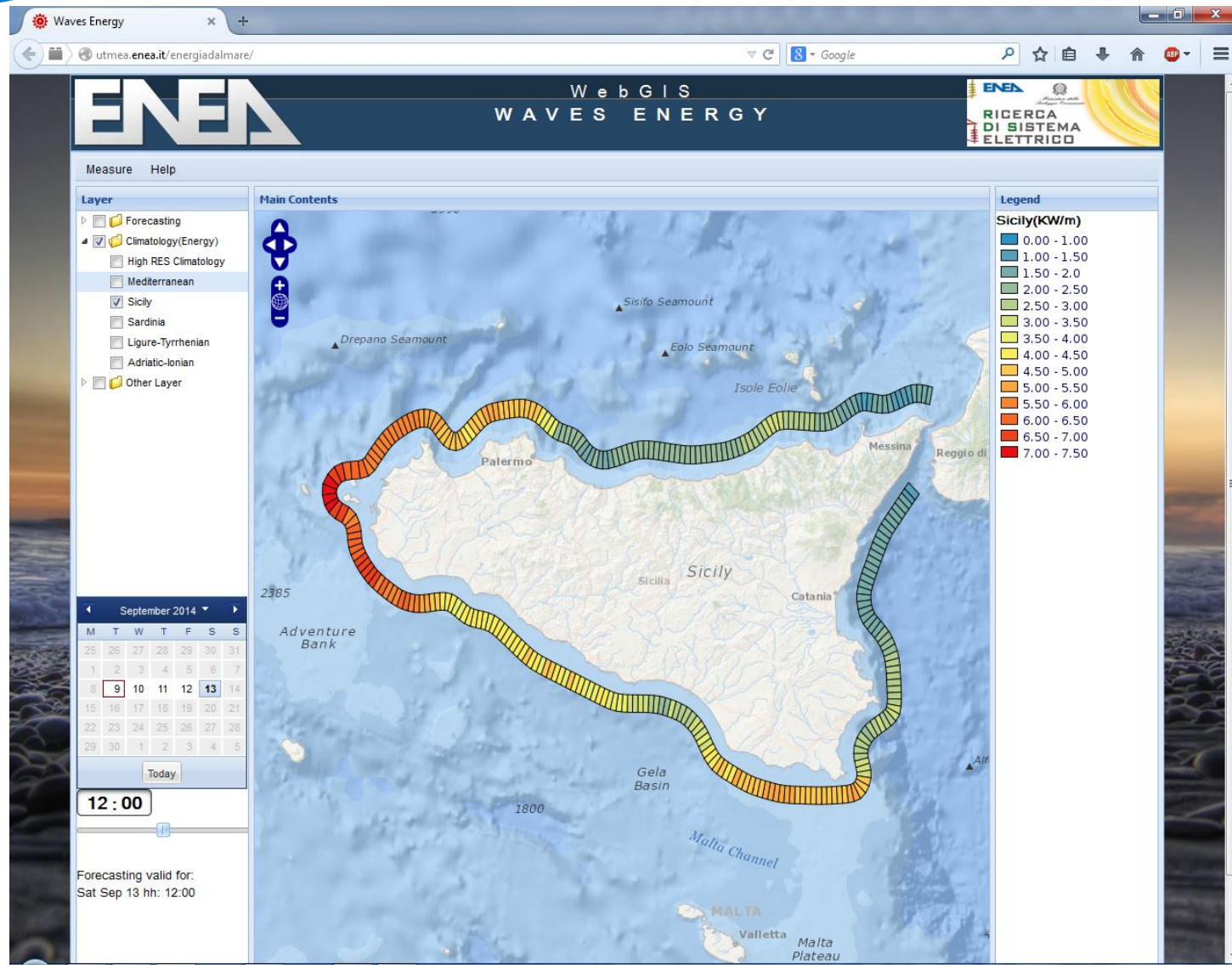


Figura 17. Tematismo dei valori medi di energia nel decennio di osservazione (2001-2010): Sicilia

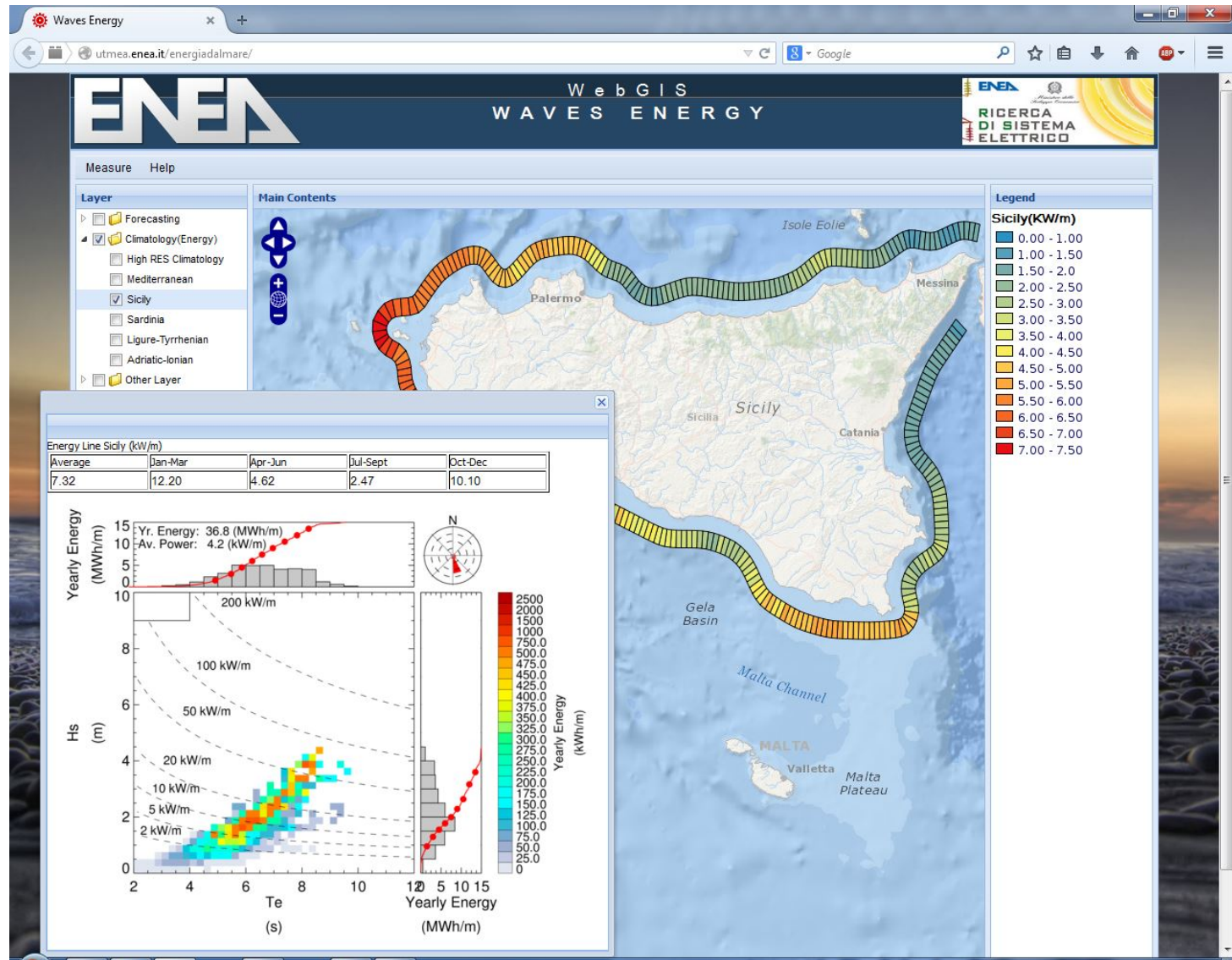


Figura 18. Tematismo dei valori medi di energia nel decennio di osservazione (2001-2010) e relativi grafici: Sicilia

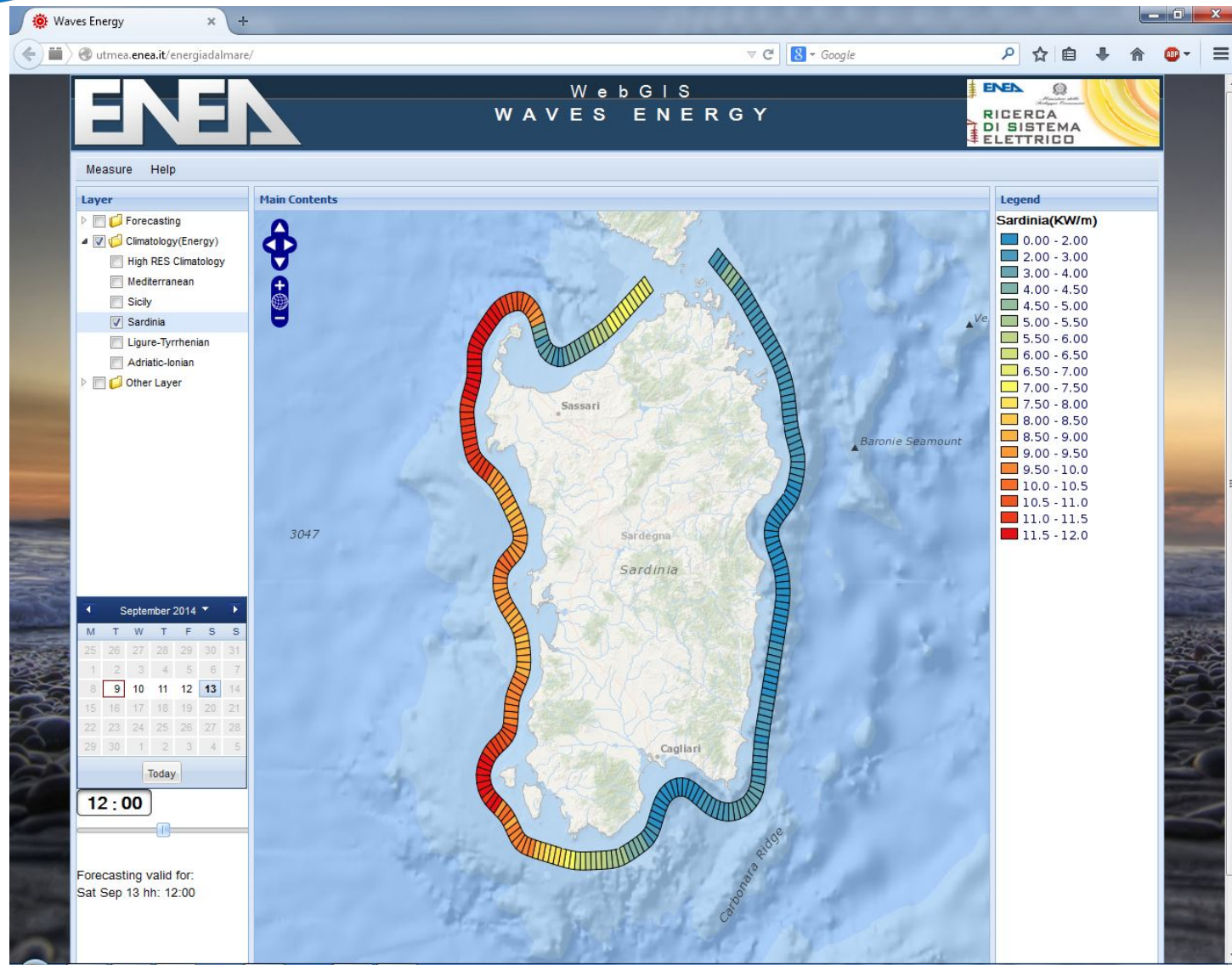


Figura 19. Tematismo dei valori medi di energia nel decennio di osservazione (2001-2010): Sardegna

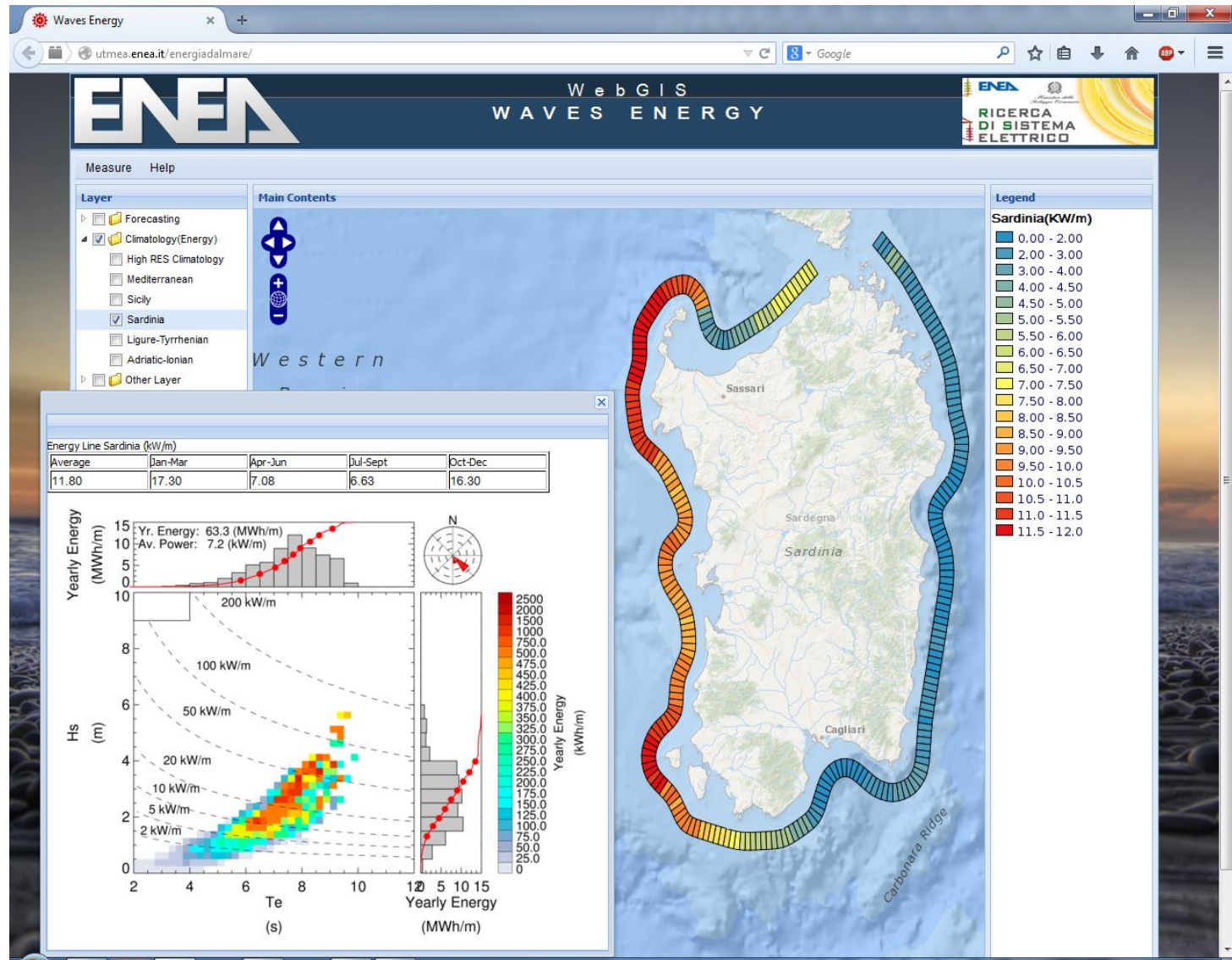


Figura 20. Tematismo dei valori medi di energia nel decennio di osservazione (2001-2010) e relativi grafici: Sardegna

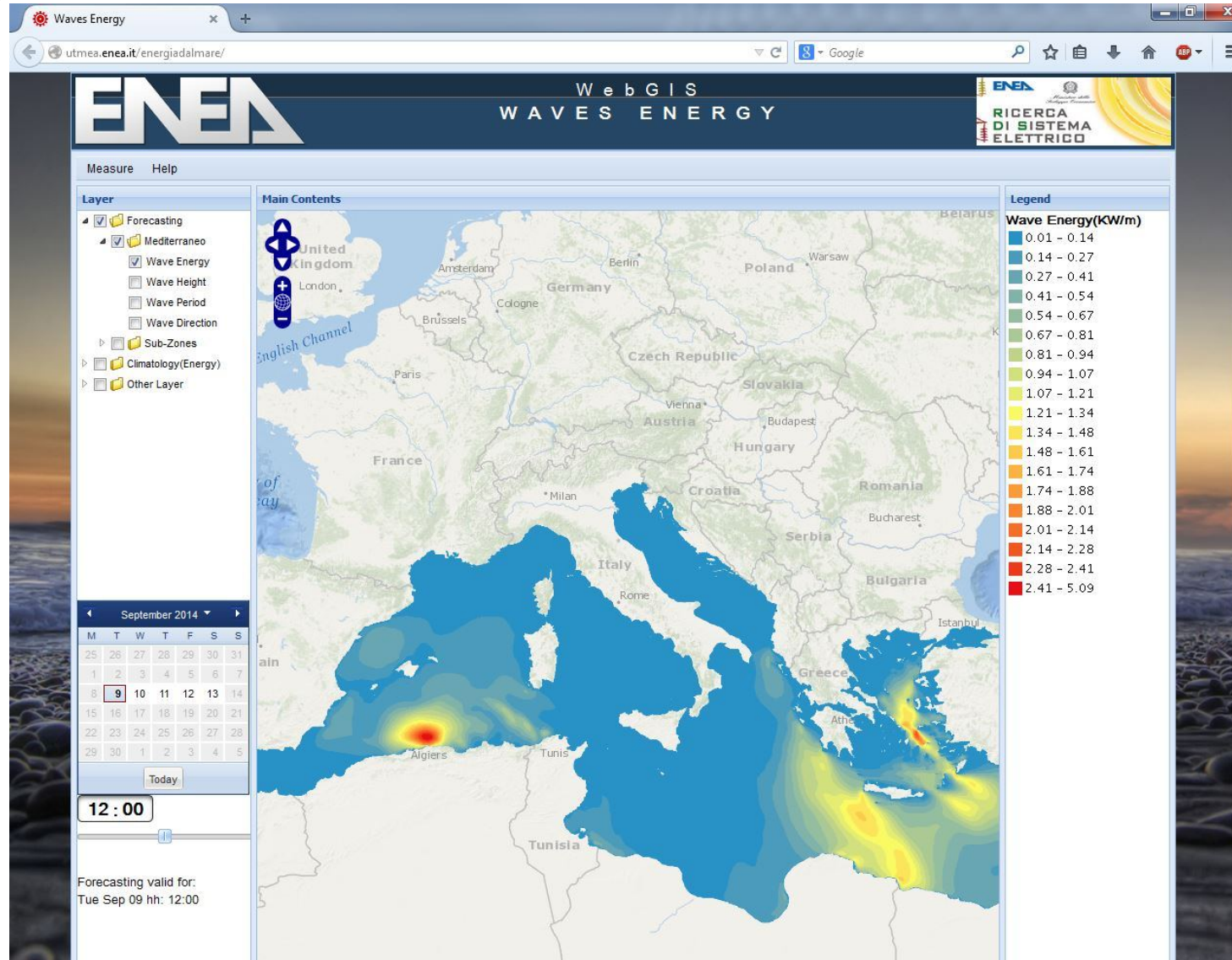


Figura 21. Forecasting: Mappa tematica dell'energia delle onde

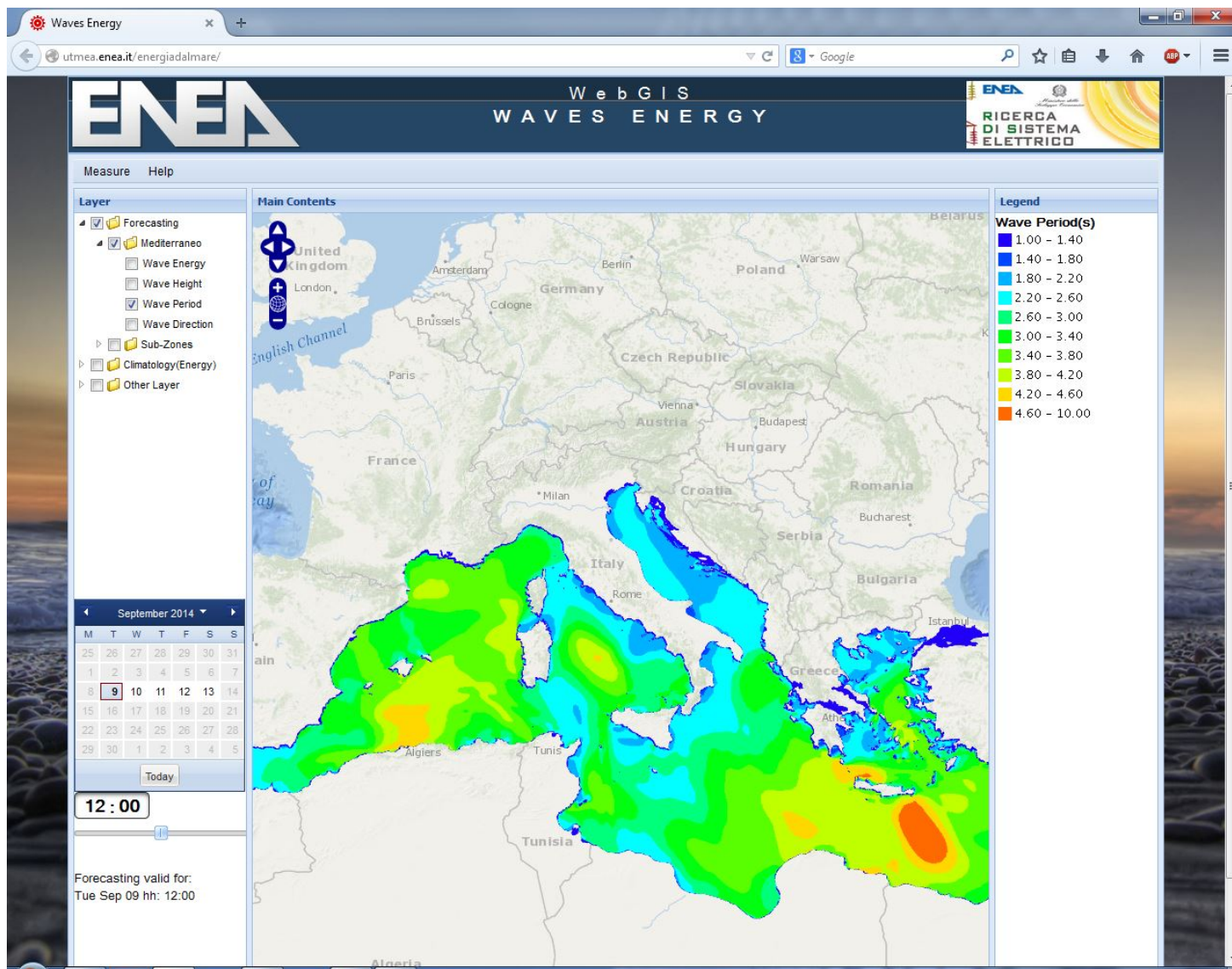


Figura 22. Forecasting: Mappa tematica del periodo delle onde

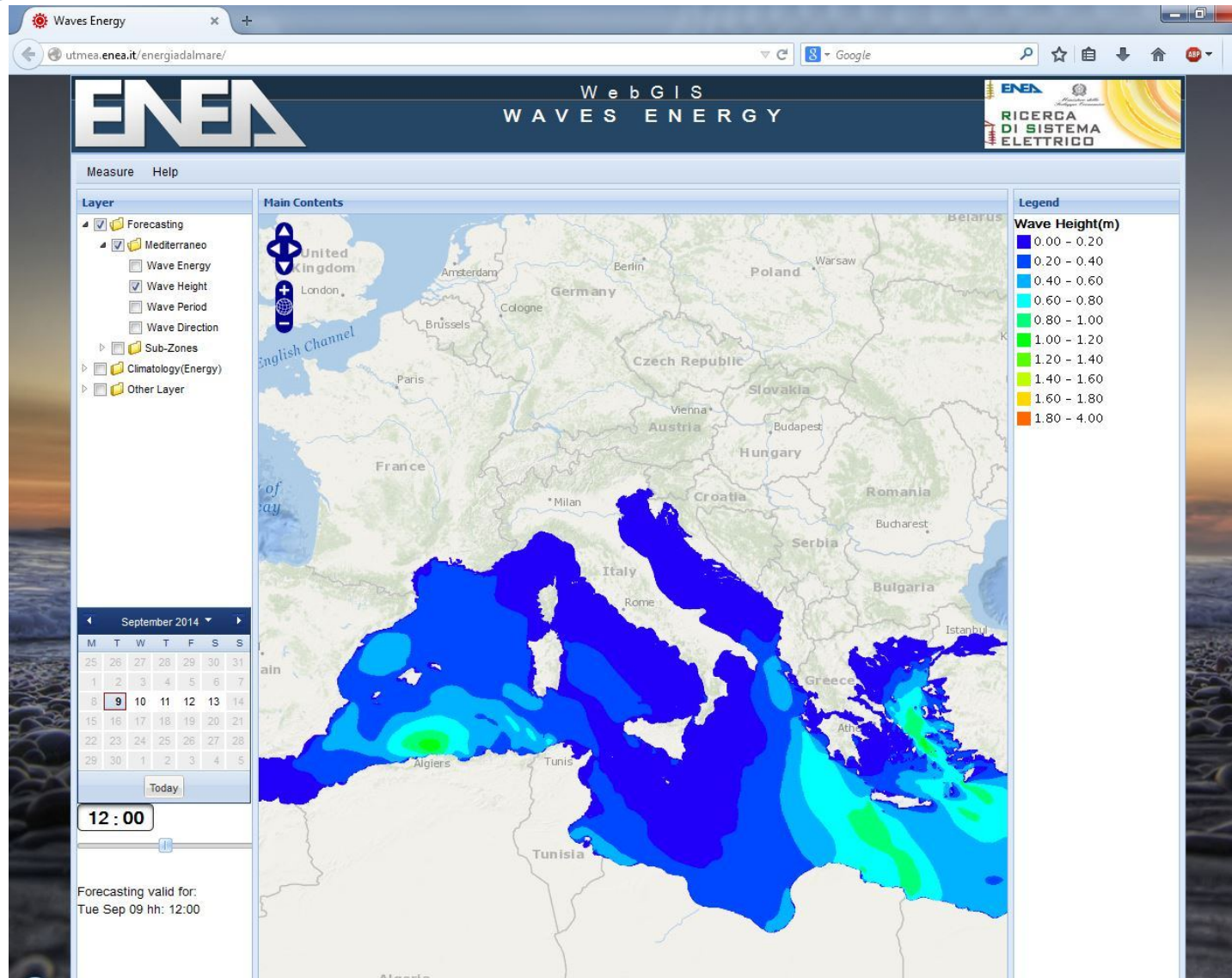


Figura 23. Forecasting: Mappa tematica dell'altezza delle onde

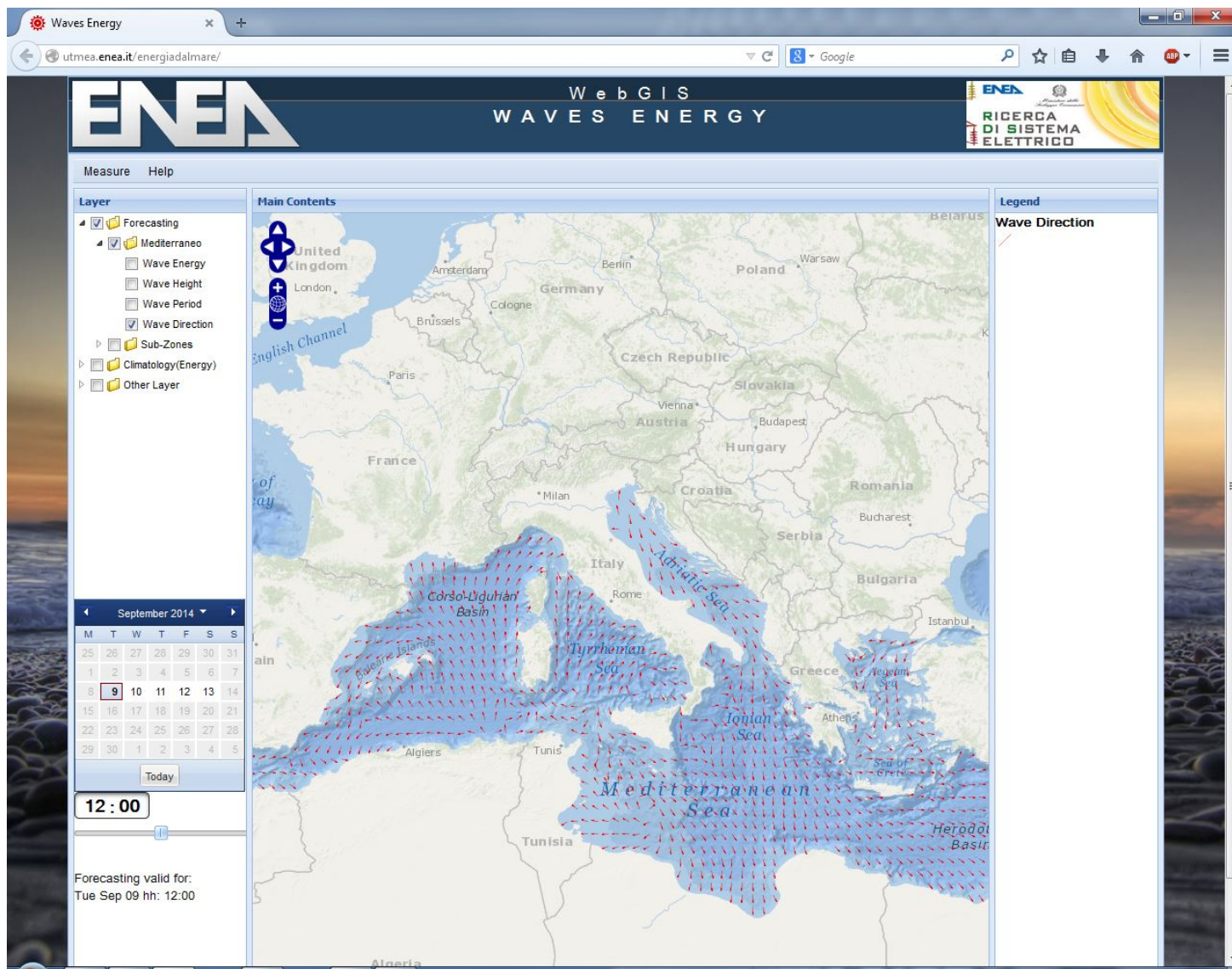


Figura 24. Forecasting: Mappa tematica della direzione delle onde

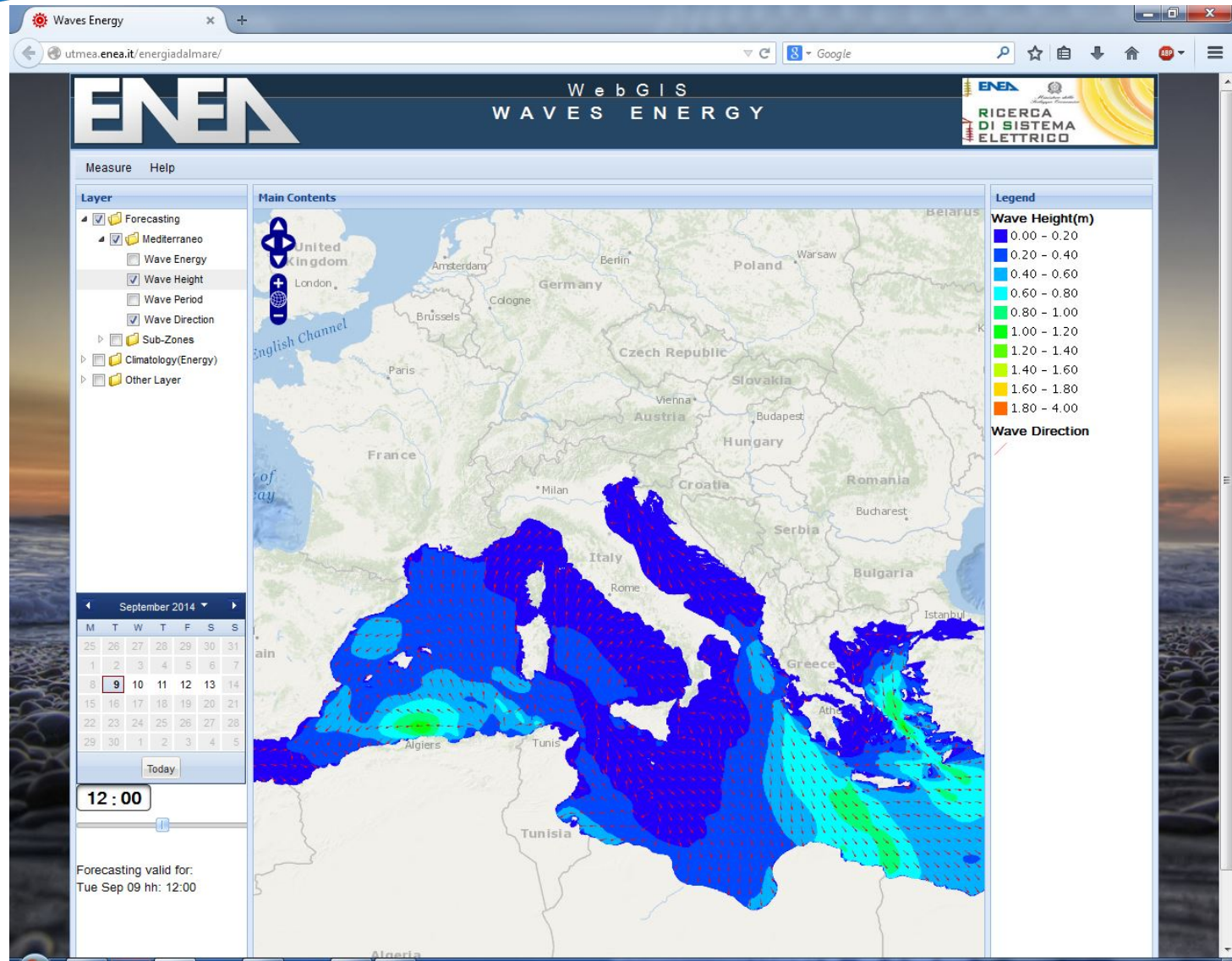


Figura 25. Forecasting: Sovrapposizione GIS delle mappe tematiche relative all'altezza ed alla direzione delle onde

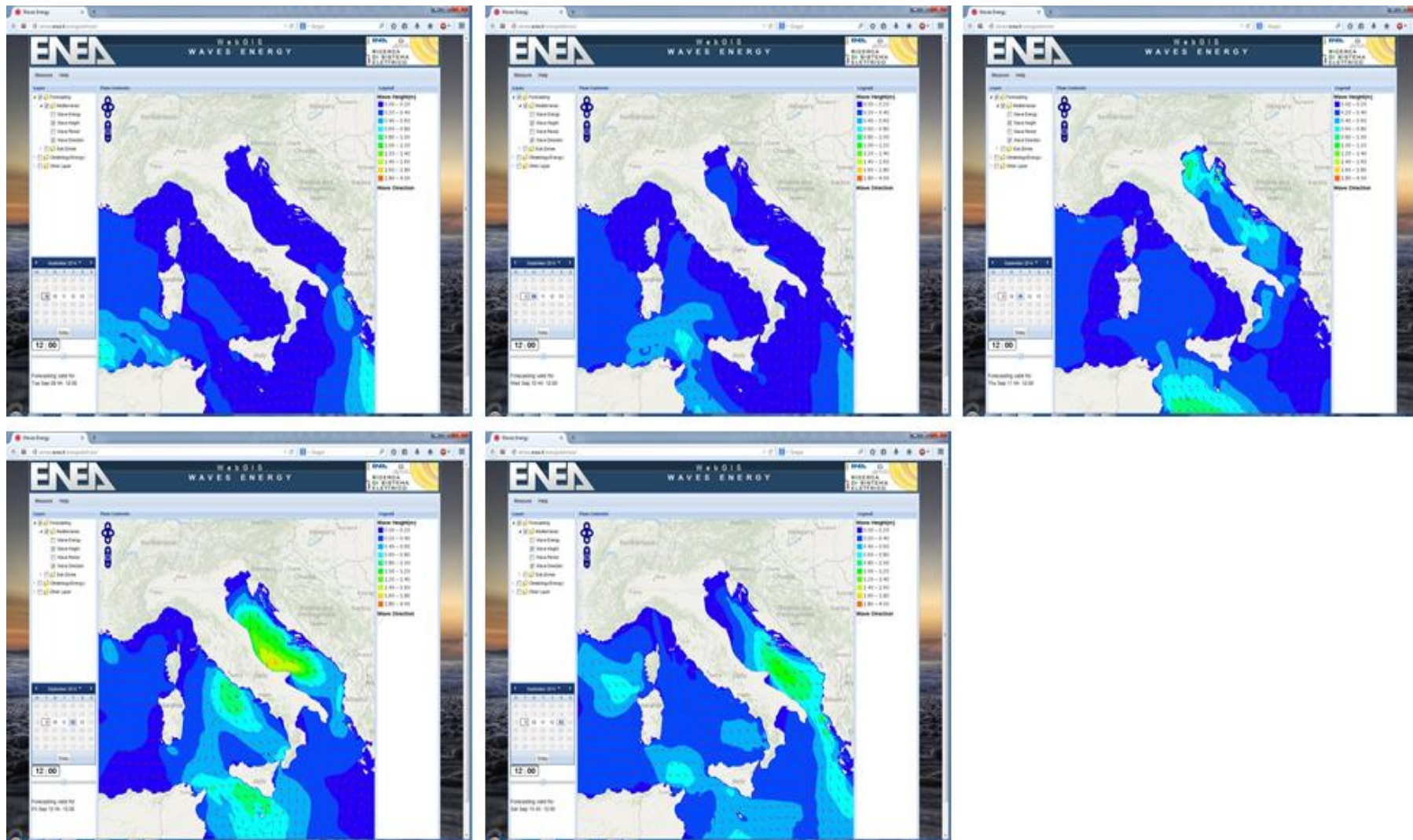


Figura 26. Forecasting: Mappe tematiche rappresentative dell'evoluzione dell'altezza e della direzione delle onde, per ciascuno dei cinque giorni di previsione/simulazione disponibili. Tale funzionalità è eseguibile attraverso l'apposito tool del WebGIS, collocato in basso a sinistra dell'interfaccia

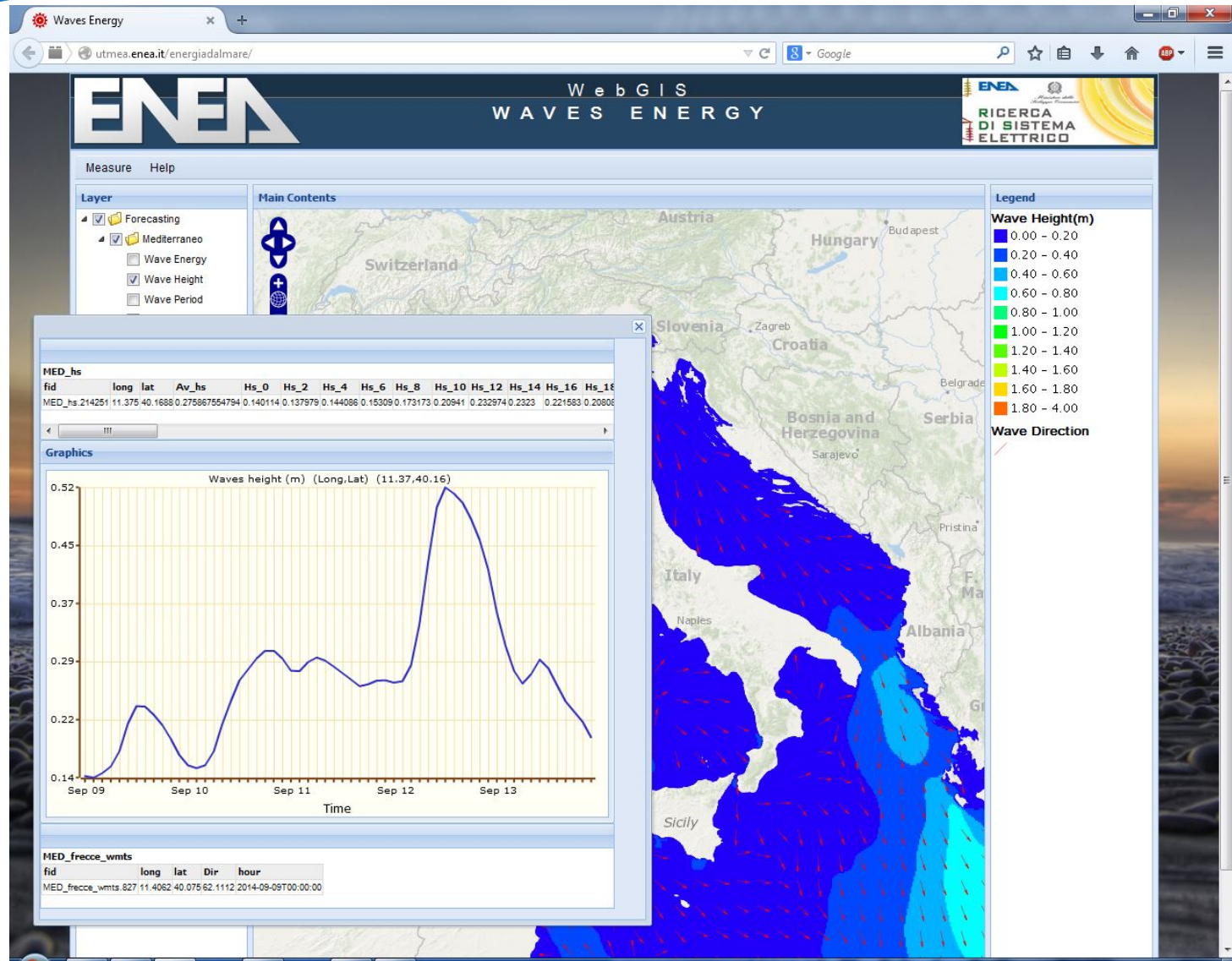


Figura 27. Forecasting: Sovrapposizione GIS delle mappe tematiche relative all'altezza ed alla direzione delle onde, con relativo grafico orario giornaliero

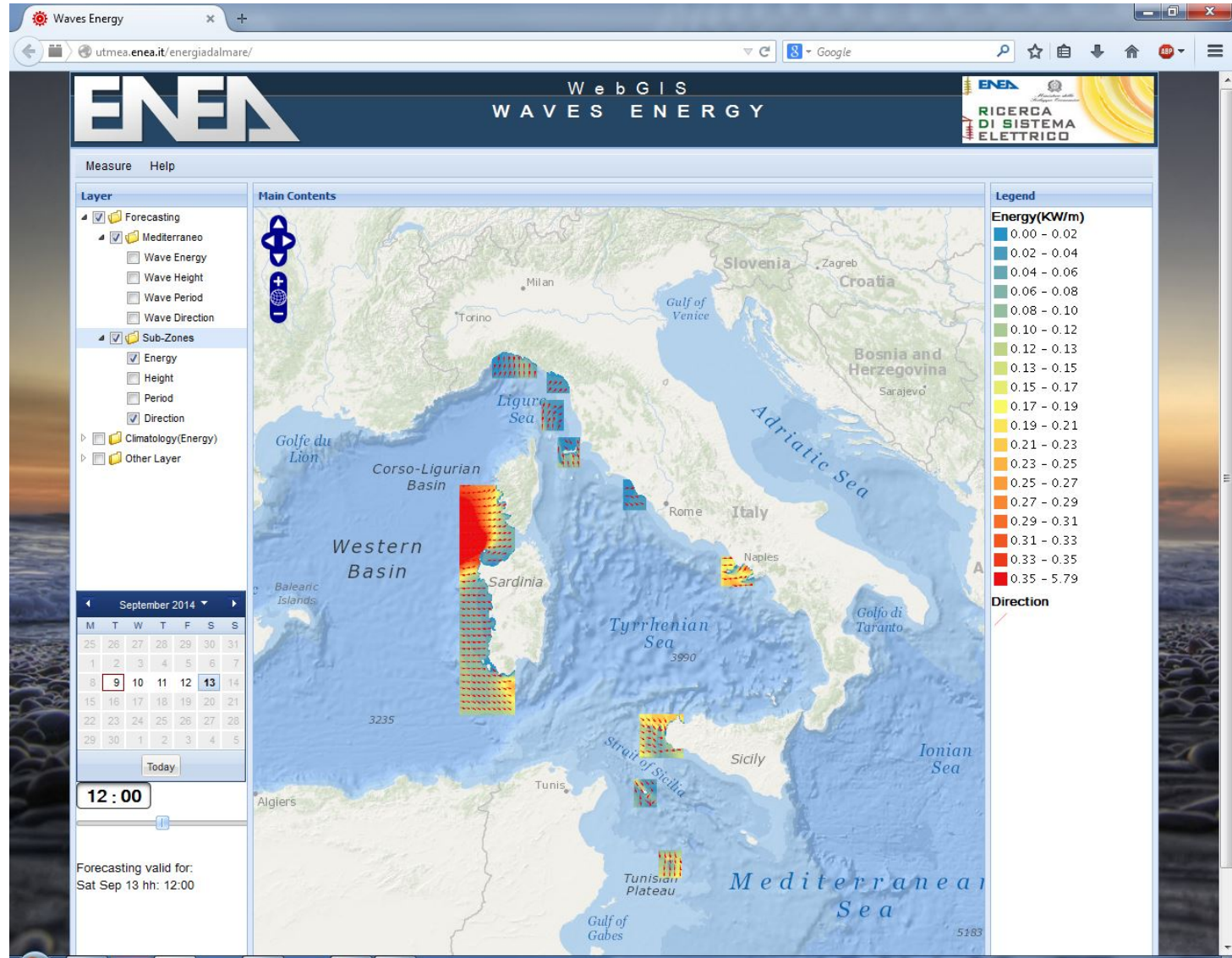


Figura 28. Mappe di forecasting: subset per particolari aree di interesse

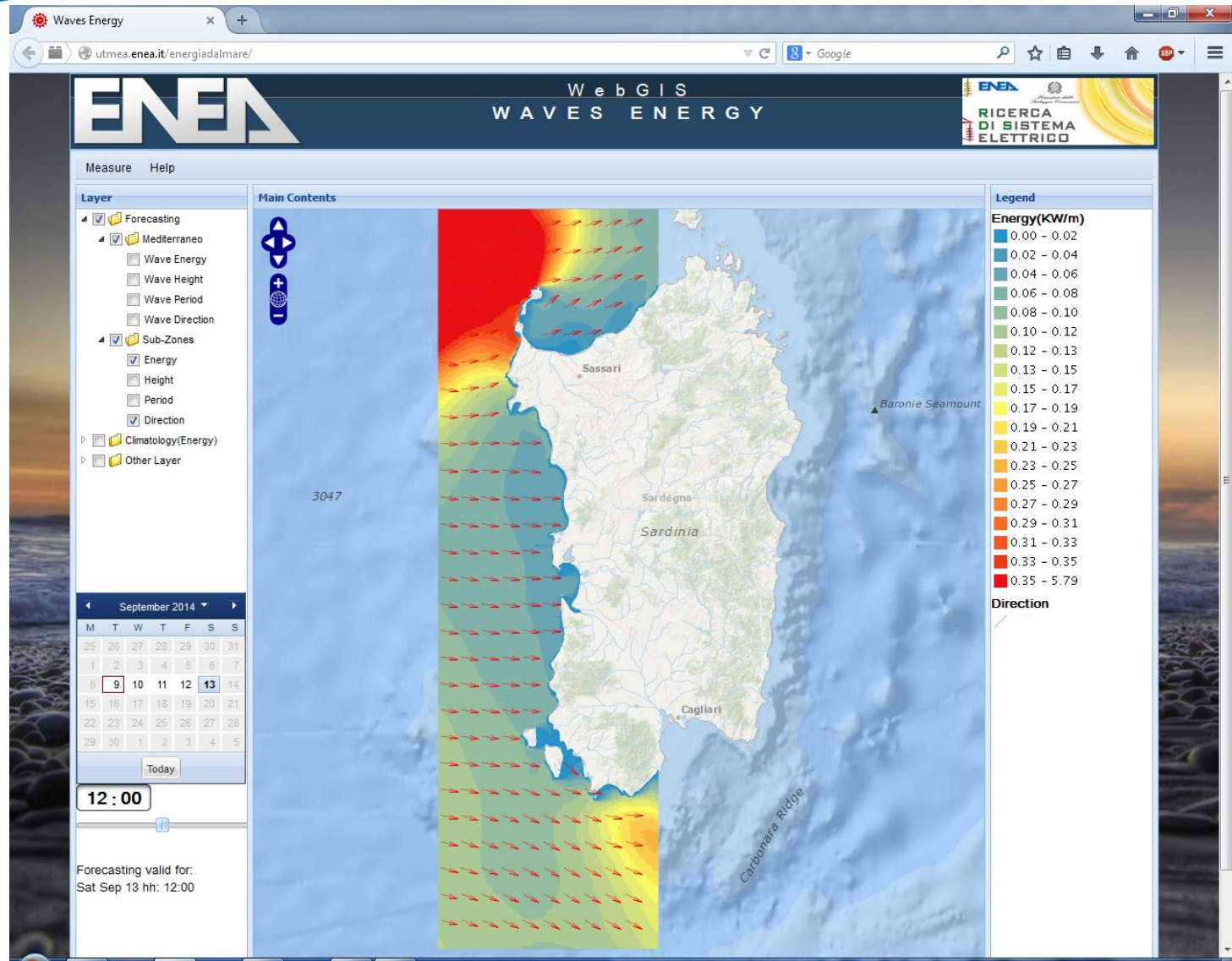


Figura 29. Mappe di forecasting: subset l'area di interesse della costa sarda occidentale

3 Conclusioni

È universalmente riconosciuta la capacità delle mappe digitali di offrire una visione d'insieme di fenomeni ambientali, contribuendo attraverso opportune descrizioni e tematizzazioni alla comprensione degli stessi, nonché alle relazioni che li legano tra loro e con altre entità compresenti.

Le attività progettuali descritte nel presente report si sono concretizzate nello sviluppo di una specifica applicazione WebGIS, finalizzata alla pubblicazione delle cosiddette mappe/layer tematici di *forecasting* e di *climatology* elaborate, nonché alla condivisione in rete delle informazioni geospaziali utilizzate e di quelle prodotte. Le mappe tematiche prodotte sono in grado non solo di mostrare una serie di informazioni e dati di interesse, ma anche di rappresentare uno strumento a supporto delle politiche di gestione e monitoraggio.

Per consultare ed interrogare adeguatamente tali mappe è stato progettato e sviluppato la specifica applicazione GIS di tipo Web, denominata "Waves Energy" e raggiungibile direttamente all'URL:

- <http://utmea.enea.it/energiadalmare/>

Dal punto di vista pratico, il WebGIS è stato realizzato ricorrendo ad ambienti di sviluppo di tipo free/open source, che comprendono un insieme di soluzioni applicative adatte agli scopi suddetti ed implementabili nel contesto di una piattaforma ben integrata e di agevole utilizzo.

Questa soluzione ha permesso di pubblicare su Web le informazioni geospaziali suddette, secondo gli standard previsti dall'Open Geospatial Consortium (OGC), mediante una serie di specifiche funzionalità per la visualizzazione e la consultazione delle mappe tematiche in un framework avanzato concepito su misura per l'applicazione "Waves Energy".