



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero  
dell'Università  
e della Ricerca



ItaliaDomani  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



## REPORT TECNICO

relativo al Progetto DIGITALMED - *Digital Platform for Management of Renewable Energies Marine Resource Data in Mediterranean sea* - inserito nel BANDO a CASCATA progetto “Network 4 Energy Sustainable Transition (NEST)”, Codice progetto PE0000021, CUP D93C22000900001 finanziato nell’ambito del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, Missione 4 “Istruzione e ricerca” – Componente 2 “Dalla ricerca all’impresa” – Investimento 1.3, finanziato dall’Unione europea – NextGenerationEU.

Work Package 4: Development Of The DigitalMed Platform a cura del Dipartimento di Scienze e Tecnologie dell’Università degli Studi di Napoli “Parthenope”.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI  
**PARthenOPE**



Università  
degli Studi  
della Campania  
*Luigi Vanvitelli*



## Indice

1.	<i>INTRODUZIONE</i> .....
2.	<i>DEFINITION OF BACK-END INFRASTRUCTURE</i> .....
3.	<i>BIG DATA PROCESSING OF SPATIAL INFORMATION</i> .....
4.	<i>DEFINITION OF FRONT-END INFRASTRUCTURE</i> .....
5.	<i>PROCEDURE TO BOOST DIGITAL TWIN IMPLEMENTATION</i> .....





## 1. INTRODUZIONE

Il progetto DIGITAL\_MED mira a sviluppare una piattaforma digitale per la gestione dei dati, progettata appositamente per supportare il processo decisionale relativo all'installazione di tecnologie di conversione di energia rinnovabile da fonti marine, con particolare attenzione al Mar Mediterraneo.

L'infrastruttura digitale è concepita come un modello client-server, che collega:

- un livello di presentazione (front-end) e
- un livello di accesso ai dati e alle impostazioni del portale (back-end).

L'interfaccia della piattaforma web DIGITAL\_MED consentirà ai non esperti di accedere e gestire dati sul clima oceanico, sui parametri ambientali e sugli usi dello spazio marino in un ambiente GIS interattivo. Predisponendo il sistema a interrogazioni di selezione booleana relative a possibili aree di distribuzione, come risultato di procedure sovrapposte a diversi livelli.

L'infrastruttura digitale creerà soluzioni di analisi modulari e scalabili, adatte a carichi di lavoro mutevoli e alle esigenze degli utenti.

Operativamente, la piattaforma DIGITAL\_MED include tre tipi di fonti ambientali e climatiche:

- Dati numerici provenienti da database esterni (ECMWF), derivati da modelli di rianalisi matematica, che coprono l'intero bacino del Mar Mediterraneo [1].
- Dati sperimentali, ottenuti dai partner del progetto NEST tramite campagne di misurazione in situ.
- Dati sperimentali, ottenuti dal team DIGITAL\_MED tramite campagne di misurazione in situ in almeno 2 (due) siti sperimentali in due diverse regioni del Sud Italia).

Questo insieme di attività e output è perfettamente coerente con l'argomento di ricerca 1 della NEST Extended Partnership "Network 4 Energy Sustainable Transition".



## 2. Definition of Back-End infrastructure

L'infrastruttura back-end della piattaforma DIGITAL\_MED è stata progettata come nucleo di condivisione e gestione di dati geospaziali e variabili temporalmente. Il motore principale del portale è GeoServer, adottato per la piena aderenza agli standard OGC (*Open Geospatial Consortium*), per la capacità di esporre servizi interoperabili di tipo WMS (Web Map Service), WFS (Web Feature Service) e WCS (Web Coverage Service), come previsto nel framework di Sistema e per la compatibilità nativa con il formato NetCDF (Figura 1).

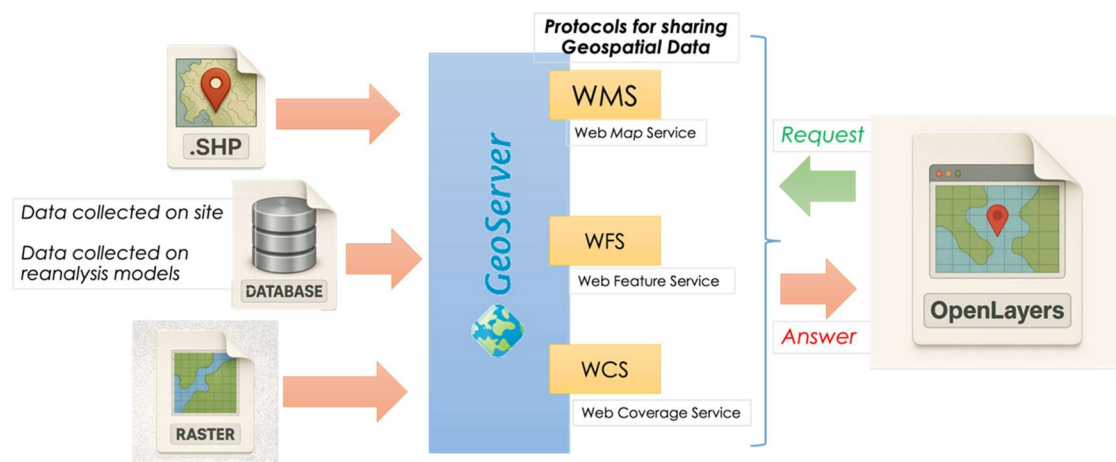


Figura 1 Architettura di pubblicazione e fruizione dei dati GIS: dati vettoriali (.SHP e database) e raster vengono caricati in GeoServer, che li espone tramite servizi standard WMS/WFS/WCS; il client OpenLayers invia le richieste e visualizza le risposte in mappa.

GeoServer può essere visto come il “motore” GIS del sistema: riceve i dataset (raster e vettoriali), li organizza in modo strutturato e li rende disponibili in rete tramite endpoint standard. Nello specifico, GeoServer consente di:

- importare e gestire sorgenti geospaziali (ad esempio layer vettoriali, raster e griglie/coverage), mantenendo coerenza tra dati eterogenei;
- strutturare l’informazione in workspace e layer group, così da pubblicare contenuti sia come singoli layer sia come insiemi tematici (ad esempio parametri meteo-marini, dati in situ, hot-spots);
- definire la resa cartografica tramite stili di rappresentazione (ad es. SLD), in modo che mappe e legende risultino coerenti e facilmente interpretabili dall’utente finale;



- gestire i sistemi di riferimento (CRS) e l'allineamento spaziale dei dataset, aspetto essenziale quando si combinano fonti diverse;
- configurare in modo controllato i servizi di pubblicazione, differenziando livelli di accesso e modalità di fruizione in funzione del tipo di dato e dell'uso previsto.

In breve, GeoServer non si limita a “mostrare mappe”, ma governa l'intero ciclo di pubblicazione: dal caricamento del dato alla sua condivisione e rappresentazione tramite protocolli standard, gestendo finanche la definizione della simbologia e della struttura logica dei layer.

Nel framework DIGITAL-MED i servizi OGC, rappresentano la modalità principale con cui il back-end dialoga con il front-end e con eventuali client esterni. La logica è quella di un'interazione basata su request/answer: il client invia una richiesta al servizio e riceve una risposta standardizzata, garantendo una maggiore interoperabilità. I principali servizi utilizzati sono:

Il Web Map Service (WMS) è il servizio orientato alla visualizzazione: restituisce una mappa renderizzata (tipicamente un'immagine) del layer richiesto, secondo uno stile definito sul server. È particolarmente efficace quando l'obiettivo è consultare rapidamente un contenuto in forma cartografica, senza trasferire grandi quantità di dati grezzi. In DIGITAL\_MED il WMS è utile, ad esempio, per la consultazione immediata di mappe tematiche su parametri meteo-marini (onde, vento, radiazione, ecc.), con simbologie e scale cromatiche coerenti come ad esempio i formati NetCDF;

Il Web Feature Service (WFS) è il servizio orientato alle feature vettoriali: non restituisce un'immagine, ma fornisce direttamente gli oggetti geografici (punti, linee, poligoni) e i relativi attributi. Questo permette interrogazioni più “analitiche”, come filtri, selezioni e download di entità geografiche. Nel contesto DIGITAL\_MED il WFS è particolarmente utile per layer vettoriali (ad esempio punti di misura, siti, elementi di interesse) quando è necessario ottenere l'informazione come dato strutturato e non solo come rappresentazione grafica.

Il Web Coverage Service (WCS) è il servizio orientato ai coverage, cioè ai dati grigliati/raster considerati come dato numerico e non come immagine. A differenza del WMS, qui l'obiettivo non è “vedere la mappa”, ma scaricare/ottenere i valori della griglia (o di una sua porzione) per analisi, confronti e post-elaborazioni. In DIGITAL MED il WCS risulta fondamentale per la



gestione di variabili meteo-oceanografiche derivate da modelli e rianalisi, perché consente di mantenere il legame con il contenuto informativo originale (valori e struttura del dataset) e supporta utilizzi più avanzati rispetto alla sola consultazione visiva .

Per l'hosting dei servizi è stato adottato un server dedicato DELL PowerEdge (Tower) con processore Intel Xeon, 32 GB di RAM ECC DDR5 e 12 TB di storage SATA hot-plug, dotato di doppia interfaccia di rete 1Gbps e gestione remota iDRAC9 (Figura 2).



Figura 2 Hardware utilizzato per il progetto

L'hardware è stato scelto dopo un'accurata ricerca di mercato, durante la quale si è tenuto conto delle seguenti caratteristiche:

- **Affidabilità e continuità di servizio:** componentistica server-grade e memoria ECC riducono il rischio di corruzione dei dati garantendo stabilità ai servizi OGC.
- **Capacità di archiviazione:** i 12 TB consentono di ospitare serie storiche pluriennali di reanalysis e dataset ad alta risoluzione (hot-spots e dati in situ), nonché file di grandi dimensioni come le tracce audio provenienti dall'idrofono con notevole margine per nuovi layer e versioning.
- **Espandibilità e manutenzione:** chassis con bay hot-plug e controller PERC permettono futuri ampliamenti/RAID e interventi rapidi senza lunghi fermi.
- **Gestione e sicurezza:** iDRAC9 abilita monitoraggio e amministrazione remota, utili per un'infrastruttura di ricerca operativa.
- **Prestazioni adeguate al carico web-GIS:** CPU Xeon e RAM dedicata supportano l'indicizzazione, il rendering cartografico e il caching, oltre a futuri moduli di analisi e plug-in AI-oriented.

### 3. Big data Processing of Spatial Information

Il sistema integra sorgenti dati eterogenee, provenienti sia da modelli di rianalisi sia da acquisizioni in situ. La strategia di gestione dei big data geospaziali è basata su pipeline di estrazione, trasformazione e caricamento (Extract, Transform, Load - ETL) che producono dataset pronti per la pubblicazione in GeoServer.

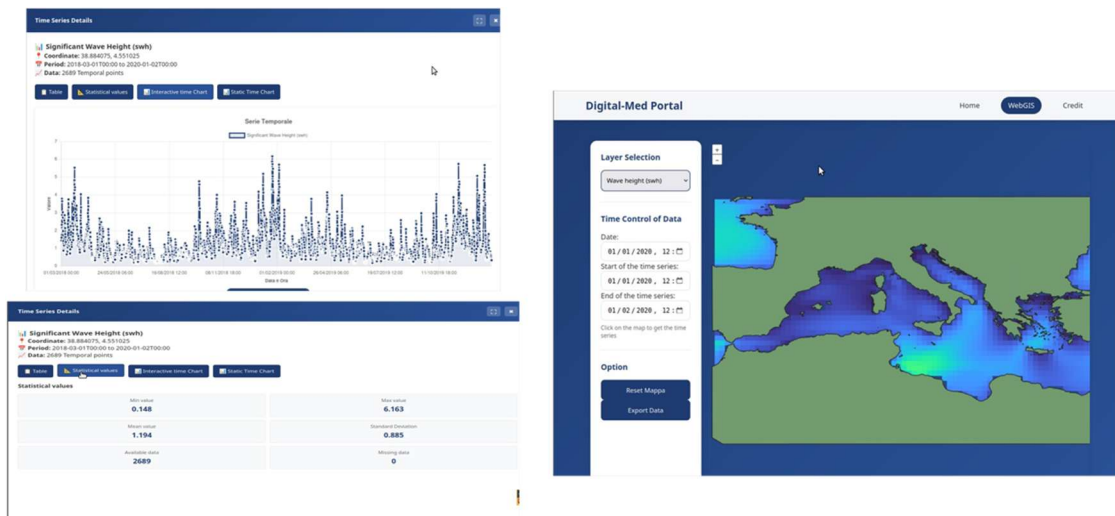


Figura 3 Esempio di visualizzazione dati nel portale

I dati di riferimento su scala del Mediterraneo sono stati ricavati dai dati di *reanalysis* ERA5, prodotta da ECMWF nell'ambito del Copernicus Climate Change Service. ERA5 è una rianalisi "di quinta generazione" che ricostruisce in modo coerente lo stato dell'atmosfera, della superficie e delle onde marine combinando modello numerico e osservazioni (in situ e satellitari) tramite tecniche di data *assimilation*. In pratica, il sistema produce campi globali completi e fisicamente consistenti, evitando i "vuoti" tipici delle sole misure e garantendo continuità spazio-temporale, caratteristica fondamentale per analisi climatiche e per studi di fattibilità energetica.

Dal punto di vista metodologico, ERA5 utilizza un sistema di assimilazione dati analogo a quello impiegato nella previsione numerica operativa: a intervalli regolari (a ECMWF tipicamente su finestre di 12 ore) una previsione precedente viene combinata con le nuove osservazioni per produrre una stima "ottimale" dello stato del sistema (analysis), da cui si riavvia

il ciclo. Nel caso della rianalisi, l'obiettivo non è la previsione in tempo reale, ma la ricostruzione storica consistente; questo consente anche di integrare versioni migliorate delle osservazioni disponibili e di mantenere un sistema “congelato” (non soggetto a cambi frequenti) per garantire omogeneità nel lungo periodo.

ERA5 copre il periodo da gennaio 1940 a oggi e viene aggiornato con cadenza giornaliera con una latenza di circa 5 giorni (release “timely”, spesso indicata come ERA5T); la versione consolidata può subire piccoli aggiustamenti nelle settimane/mesi successivi qualora vengano individuati problemi significativi nei dati preliminari. Questo aspetto è importante per pipeline automatiche: per analisi “storiche” conviene usare finestre temporali consolidate, mentre per monitoraggi quasi real-time si può usare la parte più recente consapevole della possibilità di aggiornamenti.

Il prodotto globale ERA5 è generato su una griglia di circa 31 km e rappresenta l'atmosfera con 137 livelli verticali (fino a circa 80 km). Per molte applicazioni climatiche e geospaziali, nel Climate Data Store è disponibile anche una versione “regridded” su griglia regolare  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$  (particolarmente comoda per workflow GIS e per il ritaglio su aree come il Mediterraneo). Per le variabili di onde marine e per gli indicatori di incertezza, sono disponibili risoluzioni diverse (es. regridding a  $0.5^\circ/1^\circ$  a seconda del sotto-prodotto), in linea con la natura dei campi e con esigenze di performance.

Per il progetto DIGITAL-MED sono risultati di particolare interesse:

- Vento a quota 100 m, fornito come componenti U e V, da cui si ricava intensità e direzione del vento (utile per valutazioni energetiche e forzanti meteo-marine).
- Parametri d'onda (es. altezza significativa e direzione media, periodo di picco), utili a descrivere il clima ondoso e a stimare la risorsa associata.
- Radiazione solare in superficie (*net short-wave*), utile per analisi energetiche complementari e come indicatore meteo-climatico.

Queste variabili rientrano nel set “*single levels*” (atmosfera/superficie/onde) tipicamente adottato nei sistemi web-GIS perché più immediato da pubblicare e interrogare.

Un elemento di valore di ERA5 è la disponibilità di informazioni di incertezza: il dataset campiona l'incertezza tramite un ensemble a 10 membri, con informazioni (mean/spread) pre-calcolate in base a specifiche risoluzioni temporali/spaziali.

Nel contesto DIGITAL-MED questo aspetto è utile per qualificare l'affidabilità dei campi in funzione del periodo storico (osservazioni più scarse in alcune epoche/aree) e per supportare interpretazioni più robuste dei risultati.

I dati ERA5 sono stati scaricati dal *Copernicus Climate Data Store* via interfaccia web. Il formato nativo è GRIB; è possibile richiedere conversioni in NetCDF (soprattutto quando si lavora su griglie regolari), anche se la conversione richiede processamento aggiuntivo e può essere soggetta a limiti di dimensione richiesta rispetto al GRIB. Per il portale in oggetto si è preferito utilizzare i NetCDF.

In DIGITAL-MED i dati ERA5 sono usati come strato “di base” su scala mediterranea: è possibile effettuare ritagli spaziali sul dominio di interesse, eventuale regridding/armonizzazione e aggregazioni temporali. I prodotti risultanti vengono poi convertiti in formati adatti alla pubblicazione e organizzati in layer tematici, così da renderli fruibili tramite servizi standard (WMS/WCS) e confrontabili con le misure in situ quando disponibili. e posso essere esportati in formato CSV particolarmente utile per la comunità scientifica (Figura 4).

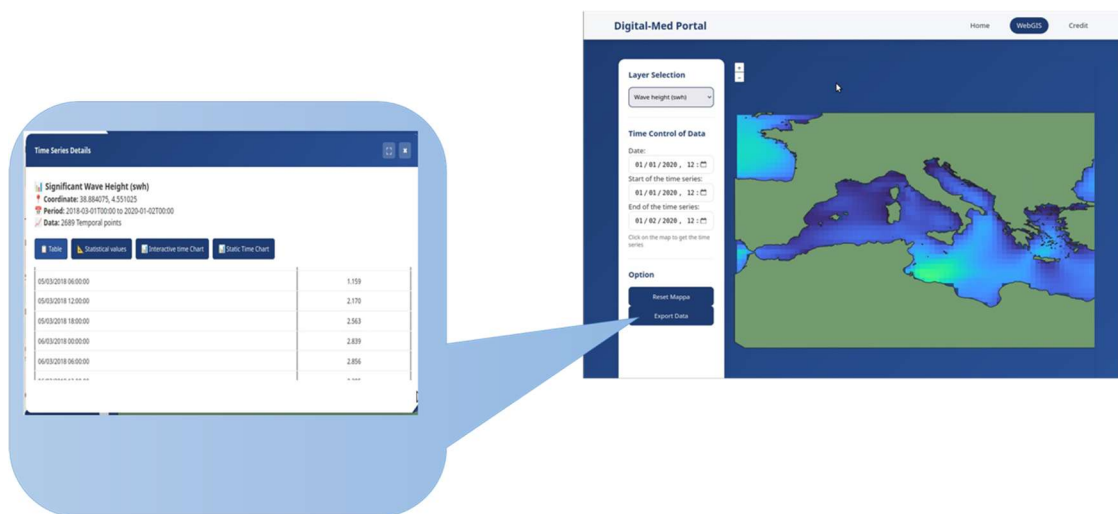


Figura 4 - Esempio di dati da esportare

All'interno del framework di gestione dei big data geospaziali, gli *hotspot* rappresentano un elemento chiave per rendere sostenibile (sia dal punto di vista computazionale sia da quello operativo) l'analisi di dataset meteo-oceanografici estesi nel tempo e nello spazio. In pratica, mentre l'intero bacino mediterraneo viene gestito come dominio “di contesto” per una

consultazione ampia e omogenea, gli hotspot identificano aree geografiche prioritarie su cui concentrare elaborazioni più intensive e prodotti a maggiore frequenza temporale.

#### 4. Definition of Front-End infrastructure

L'infrastruttura front-end della piattaforma DIGITAL\_MED è stata sviluppata come web-GIS interattivo, orientato a utenti non esperti e in grado di accedere ai servizi geospaziali del back-end. Il framework adottato è OpenLayers, utilizzato per la visualizzazione cartografica e l'interazione con i layer pubblicati da GeoServer.

Il front-end utilizza principalmente:

- WMS per la visualizzazione delle mappe tematiche (raster) e dei layer di contesto.
- WFS per interrogazioni e download di feature vettoriali.
- WCS per l'accesso a coverage e dati grigliati quando richiesto da analisi specifiche.

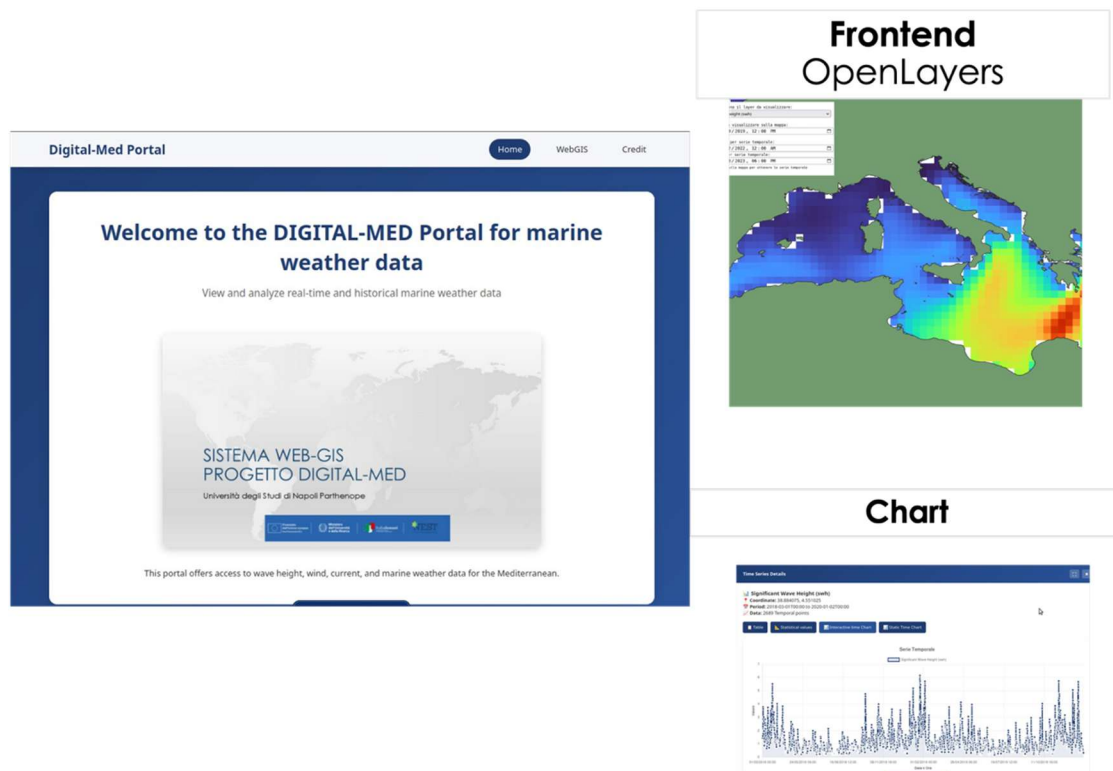


Figura 5-Esempio di schermata Front End



Per la componente di analisi e consultazione delle serie temporali è stata integrata una sezione di charting, che consente di rappresentare l'evoluzione nel tempo dei parametri selezionati (ad es. altezza d'onda, vento, periodo di picco). Le chiamate ai servizi sono orchestrate tramite script JavaScript sul client; script Python sono utilizzati a supporto delle fasi di pre-processing/aggiornamento dei dataset e per automatizzare procedure ripetitive (es. preparazione layer e metadati).

L'architettura modulare consente di aggiungere nuovi pannelli, strumenti di interrogazione e filtri temporali senza modificare il nucleo applicativo, facilitando la scalabilità funzionale della piattaforma.

## 5. Procedure to boost digital twin implementation

Per supportare l'implementazione di un digital twin del contesto meteo-marino, il WP4 ha adottato una strategia di integrazione multi-scala e multi-sorgente. Il processo parte da dataset a copertura ampia e risoluzione temporale più bassa (reanalisi) e prosegue verso dataset puntuali ad alta risoluzione temporale (misure in situ), consentendo una progressiva raffinazione delle informazioni nelle aree di interesse.

In pratica, la piattaforma permette di:

- Analizzare le serie storiche pluriennali di reanalisi per individuare pattern e valori caratteristici delle variabili meteo-marine.
- Selezionare aree hot-spot e attivare dataset a maggiore risoluzione (1 h) per valutazioni più dettagliate.
- Integrare misure in situ (10 min) per validazione, calibrazione e arricchimento informativo locale.
- Combinare layer e indicatori in logiche di selezione (overlay/filtri) orientate al supporto decisionale.



