



MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA SICUREZZA ENERGETICA

Sistema Integrato di Monitoraggio (SIM)

Progetto Esecutivo

ALLEGATO _VI_C.U.1.9

Previsione delle variabili metereologiche



**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU

Storia del documento

Versione	Data	Autore	Autorizzato da	Descrizione delle modifiche
1.0	24/11/2023	RTI DXC	MASE	Rilascio prima versione

Sommario

Sommario.....	3
1 CU.VI.9 – Previsione delle variabili metereologiche.....	5
1.1 Obiettivo del servizio applicativo.....	5
1.1.1 Introduzione.....	5
1.1.2 Scopo Generale.....	5
1.1.3 Esigenze e Requisiti Chiave	6
1.1.4 Chiave Tematiche e Obbiettivo Correlati.....	8
1.1.4.1 Prodotti previsionali meteo.....	8
1.1.4.1.1 Modelli LAM (modelli ad area limitata)	8
1.1.4.1.2 Modelli Globali.....	9
1.1.4.1.3 Previsione basate su modelli di "ensemble"	10
1.1.4.1.4 Previsioni specializzate.....	10
1.1.4.1.5 Prodotti della rianalisi meteorologica	10
1.1.5 Benefici Attesi.....	11
1.1.6 Vincoli e Limitazioni.....	11
1.1.7 Stakeholders Coinvolti	12
1.1.8 Conclusione e Riepilogo.....	13
1.2 Requisiti funzionali.....	13
1.2.1 Elenco dei requisiti funzionali.....	13
1.2.2 Requisiti non Funzionali Correlati	17
1.2.3 Vincoli e Limitazioni.....	20
1.3 Architettura logico-applicativa del Sistema.....	20
1.3.1 Requisiti Non-Funzionali	20
1.3.2 Diagramma Architetture.....	21
1.3.3 Piattaforme SIM utilizzate.....	22
1.4 Dati di input.....	30

1.4.1	Introduzione ai Dati di Input.....	30
1.4.2	Catalogo delle Fonti di Dati.....	31
1.4.3	Specifiche di contenuto.....	35
1.5	Sistemi federati	37
1.5.1	Introduzione ai Sistemi Federati.....	37
1.5.2	Elenco dei Sistemi Federati.....	37
1.6	Funzioni, Algoritmi e Modelli	37
1.6.1	Introduzione e Panorama Generale.....	37
1.6.2	Criteri di Selezione.....	38
1.6.3	Tipologie di Funzioni Applicative	38
1.6.4	Dettagli sugli Algoritmi	38
1.6.5	Dettagli sui Modelli	44
1.6.6	Interazione tra Algoritmi e Modelli.....	44
1.6.7	Analisi della Complessità Computazionale	44
1.6.8	Casistica di Utilizzo	44
1.6.9	Misure di Validazione e Verifica	45
1.7	Dati di output.....	45
1.7.1	Introduzione.....	45
1.7.2	Elenco Dati di Output	45
1.7.3	Dettagli sui Dati di Output	46

1 CU.VI.9 – Previsione delle variabili meteorologiche

1.1 Obiettivo del servizio applicativo

1.1.1 Introduzione

L'Italia è considerata una nazione ad alto rischio idrogeologico, circa il 94% dei comuni è considerata a rischio frane, alluvioni ed erosione costiera. La previsione meteorologica numerica ha visto nei decenni, con lo sviluppo della ricerca nel campo della meteorologia, della modellistica e delle discipline associate, con la crescita del volume di dati osservati da reti di sensori sempre più precisi, diffusi e interconnessi, e non ultimo con la crescita esponenziale delle tecnologie informatiche, un costante aumento della capacità previsionistica dei modelli sia in termini di affidabilità a un dato intervallo temporale di previsione, sia di dettaglio spaziale nelle previsioni e, conseguentemente, di capacità di prevedere eventi influenzati dalla componente meteo, attraverso modellistica in cascata. In particolare, negli ultimi decenni la ricerca e lo sviluppo si sono orientati alla produzione di scenari probabilistici, sia a breve termine (probabilità di occorrenza di determinati eventi) sia a lungo e lunghissimo termine, in relazione agli ormai accertati cambiamenti climatici e alle azioni tuttora possibili per contenerne l'entità e gli effetti distruttivi. Questa crescente massa di informazioni (costituita essenzialmente da matrici spazio-temporali di variabili atmosferiche previste) risulta così sempre più preziosa per le comunità e gli Enti preposti alla gestione e prevenzione dei rischi associati a fenomeni come alluvioni e frane. Attualmente i modelli atmosferici forniscono, ad esempio, dati preziosi per l'esecuzione di catene previsionali idrologiche ed idrauliche gestite dagli Enti preposti. La loro capacità di prevedere e simulare con elevati gradi di attendibilità gli scenari atmosferici futuri, a differenti scale temporali, contribuisce in modo significativo alla mitigazione del rischio a cui sono potenzialmente esposti i cittadini.

In tale contesto, emerge l'utilità di un tool che fornisca in modo semplificato accesso ai molteplici prodotti previsionali considerati di riferimento nel settore meteorologico. Essi si differenziano per tipologia di schemi fisici adottati per rappresentare i processi atmosferici, per estensione o risoluzione spaziale dei prodotti generati – tipicamente a larga scala (globale e sinottici) o ad area limitata (locale) – e per l'uso di approcci deterministici o probabilistici nella generazione dello scenario previsionale.

Risulta quindi necessario dotare il SIM di un'applicazione che possa integrarsi con gli altri strumenti del sistema per il monitoraggio del rischio idrogeologico e fornire una previsione quanto più esaustiva della situazione atmosferica, permettendo agli utenti di prendere decisioni potenzialmente più efficaci per la gestione di eventuali situazioni di pericolo imminente.

1.1.2 Scopo Generale

L'applicativo in oggetto si pone un duplice obiettivo. In primo luogo, quello rendere visualizzabili a schermo sulla stessa piattaforma SIM le previsioni meteorologiche prodotte operativamente dagli Enti Meteo e consentire la ricerca, l'accesso, la visualizzazione e il download da parte dell'utente.

A tale fine l'applicativo dovrà accedere automaticamente ai prodotti previsionali più recenti generati dai diversi Enti Meteo federati nel SIM e manipolare i dataset per consentire l'estrazione di sottoinsiemi di dati in base alle variabili, al dominio spaziale e agli intervalli temporali richiesti dall'utente.

Inoltre, il sistema realizzerà nel tempo un repository dei campi delle variabili atmosferiche generate dai diversi modelli disponibili, permettendo agli utenti più esperti di condurre analisi sull'evoluzione spazio-temporale dei fenomeni meteorologici, e di avere anche accesso, sulle aree di interesse, allo storico dei campi meteorologici globali, così come rielaborati mediante tecniche allo stato dell'arte di rianalisi atmosferica (attualmente ERA5-ECMWF Reanalysis V5, disponibile attraverso il Data Store del C3S-Copernicus Climate Change Service).

Queste ultime combinano lo storico globale delle misure ottenute dalla rete osservativa internazionale e dai sistemi di remote sensing e i risultati dei modelli atmosferici – via via più aggiornati e performanti – per una conoscenza sempre più accurata delle condizioni ambientali realizzatesi nel passato.

In questo modo l'applicativo 1.9 ricoprirà l'importante ruolo di congiunzione tra le informazioni sulle condizioni atmosferiche realizzatesi in Italia nel passato (attraverso dati uniformemente distribuiti nello spazio e nel tempo restituiti nella forma di campi tridimensionali delle variabili ambientali) e quelle ottenute in fase previsionale.

Queste informazioni, integrate come componente specialistica all'interno del verticale 1 dedicato al monitoraggio dell'instabilità idrogeologica, sono destinate ad **utenti di riferimento** sia di tipo pubblico che privato che necessitano sia di gestire gli effetti delle condizioni meteorologiche in arrivo che di analizzare eventi passati.

Tale apparato, inserito nel contesto degli applicativi della piattaforma SIM, mira a costruire un applicativo inedito per la tipologia di utenza a cui ci si rivolge, potendo coniugare una conoscenza di dettaglio del contesto ambientale passato, presente e futuro.

1.1.3 Esigenze e Requisiti Chiave

L'esigenza di sviluppare questo applicativo nasce dalla necessità di fornire una piattaforma integrata e user-friendly per l'analisi e la condivisione dei prodotti delle catene modellistiche meteorologiche di riferimento nel settore meteo-idrologico, che sono gestiti dagli "Enti Meteo" nazionali e locali definiti dalla norma (DPR 186/2020).

Di seguito vengono dettagliate ed espanse le esigenze e i requisiti menzionati.

Disponibilità di una GUI (Graphical User Interface)

Fornire un'interfaccia grafica intuitiva che faciliti l'interazione degli utenti con i dati georeferenziati e le funzionalità del sistema, rendendo l'accesso e l'analisi dei dati semplice ed efficace attraverso un ambiente di navigazione geografica GIS.

Profilazione Utente

Implementare un sistema di profilazione che permetta di gestire l'accesso e le autorizzazioni degli utenti in modo efficace, assicurando che ogni utente possa accedere solo alle funzionalità e ai dati pertinenti al suo ruolo.

Strumento di Disegno su Mappa

Fornire strumenti di disegno che permettano agli utenti di selezionare l'area geografica di proprio interesse e sui cui concentrare l'analisi dei dati.

Strumento di riduzione dimensionale delle variabili:

Fornire strumenti di selezione di campi delle variabili ridotte dal punto di vista dimensionale ai fini della visualizzazione in forma tri e bi-dimensionale e della facilità di accesso alle informazioni di prevalente interesse.

Strumento di Selezione delle fonti dati

Implementare un sistema di selezione che permetta agli utenti di selezionare quali tra i provider di dati disponibili nell'applicativo sarà usato per la previsione.

Strumento di Selezione dell'arco temporale

Implementare un sistema di selezione che permetta agli utenti, di definire l'arco temporale su cui si vuole fare la previsione.

Strumento di Selezione del modello

Implementare un sistema di selezione che permetta agli utenti, una volta selezionato il provider di fonti dati, di selezionare quali tra i modelli forniti usare per la previsione.

Selezione variabili di Output

Creare un catalogo strutturato che elenchi tutti i possibili output disponibili, fornendo la possibilità all'utente di selezionare solo quelli di proprio interesse.

Configurazione Modalità di Condivisione

Implementare opzioni di condivisione che permettano agli utenti di scaricare i dati localmente o di generare link per il download, facilitando la distribuzione e la condivisione dei prodotti di output.

API

L'applicativo deve poter essere interfacciato anche mediante API per consentire l'attivazione da parte di altri sistemi/applicativi.

Attraverso la realizzazione di questi requisiti, il sistema mira a fornire una soluzione robusta ed efficiente per il trattamento delle informazioni idrologiche e idrauliche nel contesto del progetto preliminare.

1.1.4 Chiave Tematiche e Obiettivo Correlati

L'applicativo ha come obiettivo quello di essere un portale per i prodotti dei servizi previsionali meteorologici e della rianalisi federati dalla piattaforma SIM.

1.1.4.1 Prodotti previsionali meteo

I prodotti dei servizi previsionali si rendono necessari per dotare la piattaforma SIM di uno strumento per la valutazione dei rischi ambientali attesi e associati a condizioni meteo critiche. In generale si tratta di dati fondamentali per la mitigazione del rischio a cui possono essere soggetti i cittadini, la gestione delle infrastrutture critiche e delle risorse primarie e per molti altri settori. I miglioramenti apportati dalle moderne tecnologie a supporto della modellazione meteo hanno contribuito a migliorare notevolmente l'accuratezza delle previsioni, mettendo a disposizione degli utenti un'ampia gamma di informazioni caratterizzate da un'elevata attendibilità degli scenari elaborati.

Ad oggi i modelli per le previsioni meteorologiche possono essere suddivisi in due categorie principali: modelli LAM (modelli ad area limitata) e modelli globali. Questi modelli possono a loro volta permettere di ottenere:

- Previsioni deterministiche a breve termine normalmente caratterizzati da un'elevata risoluzione spaziale e prodotti da modelli di tipo LAM
- Previsioni deterministiche a medio o lungo termine, comunemente prodotte da modelli globali o sinottici caratterizzati da una ridotta risoluzione spaziale e che vengono impiegati come condizione a contorno dei modelli di tipo LAM
- Previsioni probabilistico tramite tecniche di "ensemble", statistiche svolte su *run* multipli inizializzati con condizioni iniziali processati con metodi perturbativi.

Di seguito si enunciano alcune principali caratteristiche degli approcci disponibili per la previsione meteorologica.

1.1.4.1.1 Modelli LAM (modelli ad area limitata)

In Italia, l'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) e il Dipartimento della Protezione Civile (DPC) hanno sviluppato il modello meteorologico ad alta risoluzione basato sugli schemi numerici WRF-ARW (Weather Research and Forecasting - NOAA) per la previsione del tempo a livello regionale e locale. Il modello WRF è un esempio di un modello LAM ed è ampiamente utilizzato da enti e servizi di tutto il mondo per migliorare la previsione meteorologica a breve termine. Questo modello è stato personalizzato e configurato per l'Italia per fornire previsioni meteo di alta risoluzione, tenendo conto delle caratteristiche geografiche uniche del paese, come le Alpi, gli Appennini e il mare circostante. Oltre al modello WRF, in Italia vengono utilizzati anche altri modelli meteorologici a livello regionale e locale, a seconda delle esigenze specifiche delle diverse regioni e istituzioni.

L'Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima ((ISAC) del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) ha sviluppato fin a partire degli anni 90 modelli ad area limitata per il contesto nazionale:

- **BOLAM**, modello idrostatico ad area limitata che integra le equazioni primitive, con parametrizzazione della convezione atmosferica, che è attualmente operativo, in diverse configurazioni, con estensioni anche al bacino Mediterraneo e all'Europa, all'ISAC-CNR, all'ISPRA, all'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente ligure (ARPAL) e all'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Sardegna (ARPAS) e dal Consorzio LaMMA;
- **MOLOCH**, modello in grado di fornire previsioni spazialmente dettagliate con rappresentazione esplicita dei fenomeni convettivi, operativo, con differenti configurazioni, all'ISAC-CNR, all'ISPRA, all'ARPAL e al Consorzio LaMMA.

Nell'ambito del consorzio LAMI (Limited Area Model Italy), che vede la collaborazione del Servizio meteorologico dell'Aeronautica militare, del Servizio IdroMeteoClima dell'Agenzia Regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna (ARPAE Emilia-Romagna) e dell'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Piemonte (ARPA Piemonte) per lo sviluppo e la gestione operativa delle catene numeriche previsionali nazionali in Italia basato sugli schemi numerici COSMO ([1]) (COSMO 5M e COSMO 2I), di riferimento nel contesto dei centri funzionali di protezione civile.

Questi sono alcuni esempi di modelli LAM contribuiscono in modo significativo a migliorare la previsione del tempo dal contesto nazionale al contesto locale/regionale in Italia, consentendo di affrontare le sfide legate al clima locale, alle condizioni meteorologiche estreme e agli eventi meteo localizzati.

1.1.4.1.2 Modelli Globali

I modelli globali di previsione meteorologica utilizzano dati meteorologici da stazioni terrestri, satelliti, boe oceaniche e altre fonti per inizializzare modelli di calcolo del comportamento atmosferico futuro a scala planetaria. In Italia, come in molti altri paesi, vengono utilizzati principalmente modelli globali e regionali. Di seguito alcuni dei modelli più noti a livello globale:

Modello Globale (IFS-Integrated Forecasting System) del Centro Europeo per le Previsioni Meteorologiche a Medio Termine (ECMWF): Questo è uno dei modelli globali più avanzati e ampiamente utilizzati in tutto il mondo. Fornisce previsioni meteorologiche di alta qualità a medio e lungo termine. Le previsioni dell'IFS sono utilizzate come condizioni iniziali e al contorno in diverse configurazioni dei modelli LAM operativi in Italia.

Modello Globale del National Weather Service (NWS) degli Stati Uniti (GFS): Il GFS è un altro modello globale importante utilizzato a livello internazionale. Fornisce previsioni meteo globali ed è utilizzato da molte agenzie meteorologiche in tutto il mondo.

¹ È prevista la sostituzione del modello Cosmo con il modello ICON.

Più recentemente, l'ISAC-CNR ha sviluppato un modello di circolazione generale idrostatico, GLOBO, che opera con una griglia con un passo di 19 km. Una versione di GLOBO a risoluzione ridotta viene utilizzata per produrre, a cadenza settimanale, previsioni mensili probabilistiche di ensemble.

1.1.4.1.3 *Previsione basate su modelli di "ensemble"*

Le previsioni di ensemble nel campo della meteorologia sono un approccio che impiega insieme (ensemble) di modelli meteorologici per fornire una stima della variabilità e dell'incertezza nelle previsioni del tempo. Queste metodologie sono state sviluppate per far fronte all'intrinseca incertezza associata alle previsioni meteorologiche numeriche, legata non solo all'accuratezza dei modelli ma anche alla natura caotica dei fenomeni atmosferici.

Le previsioni di ensemble si basano su questi passi:

- Inizializzazione
- Esecuzione del modello
- Raccolta dei risultati
- Analisi dell'ensemble
- previsione probabilistica

Attualmente, l'ARPAE Emilia-Romagna gestisce la catena operativa denominata [Cosmo Leps](#), un sistema di previsione probabilistica di ensemble basato sul modello Cosmo, che opera con un passo di griglia di 7 km e su un'area europea.

1.1.4.1.4 *Previsioni specializzate*

Queste coprono eventi meteorologici intensi o estremi, come uragani, tempeste di neve, ondate di calore, inondazioni e altro, e pertanto sono cruciali per la mitigazione del rischio a cui sono esposti determinati contesti. In questa categoria afferiscono inoltre previsioni utilizzate in specifici settori o necessità, alcuni esempi riguardano la pianificazione agricola della semina e della raccolta in base alle condizioni atmosferiche future, previsioni marittime per la navigazione e la sicurezza in mare, o previsioni per eventi sportivi all'aperto dove le condizioni atmosferiche possono influenzare significativamente lo svolgimento dell'evento. I modelli utilizzati sono di varia tipologia, si citano a titolo non esaustivo: i prodotti del nowcasting automatici e semi-automatici usati in diversi centri di ricerca e meteorologici (di tipo cell-tracker, ad es. TITAN, area tracker, di osservazione multipla, ad es. ANC, e metodi probabilistici come il PhaSt) e le metodologie di post-elaborazione per migliorare il riconoscimento di eventi in rapido sviluppo oppure l'accuratezza delle previsioni per grandezze specifiche (es Kalman Filtering, Bias Correction e Quantitative Precipitation Forecasting).

1.1.4.1.5 *Prodotti della rianalisi meteorologica*

I prodotti della rianalisi meteorologica forniscono alla piattaforma SIM uno strumento di riferimento per la conoscenza delle condizioni ambientali del passato in qualsiasi ambito territoriale.

ERA5, il modello di rianalisi globale sviluppato dall'ECMWF, incorpora tecniche sofisticate di assimilazione dei dati per integrare osservazioni eterogenee in un quadro coerente delle condizioni

atmosferiche passate. Il dataset si estende dal 1940 e copre variabili atmosferiche, oceaniche e terrestri, con una risoluzione spaziale di circa 30 km e una risoluzione temporale oraria.

Il valore di ERA5 risiede nella sua applicabilità in diversi settori, dalla ricerca climatica all'analisi degli impatti climatici e alla pianificazione ambientale. Il modello supporta la valutazione di eventi meteorologici estremi e l'analisi di tendenze climatiche a lungo termine, offrendo informazioni vitali per i modelli di previsione del clima e per la comprensione della variabilità climatica.

Il cuore tecnico di ERA5 è il suo processo di assimilazione dati, che fonde osservazioni da diverse fonti in un framework di previsione atmosferico avanzato. Questa integrazione consente di minimizzare le discrepanze tra osservazioni e modelli, migliorando significativamente l'accuratezza delle rianalisi. La risoluzione spaziale (circa 30 km a livello globale) e temporale (oraria) ottenuta dal modello lo rendono il sistema di riferimento nel settore. Questa risoluzione, associata alla copertura di calcolo globale, richiede un'enorme potenza di calcolo e tecniche sofisticate per modellare accuratamente i processi fisici considerati. La capacità di simulare fenomeni complessi come la turbolenza atmosferica, i cicli di convezione e i modelli di circolazione oceanica in una scala così dettagliata è fondamentale per comprensioni più profonde della dinamica atmosferica.

1.1.5 Benefici Attesi

Ci si attende che l'uso dell'applicativo possa portare benefici nel breve e nel lungo termine, fornendo all'utente uno strumento di analisi completamente integrato e facile da usare, sollevandolo dall'onere di dover interagire con diversi applicativi e fornitori di servizio.

A lungo termine il beneficio principale è quello di una maggiore attendibilità delle indicazioni di rischio connesse all'uso di più fonti di informazione previsionale oltre alla capacità di poter disporre di una struttura dati omogenea tra prodotti della rianalisi e prodotti previsionali.

1.1.6 Vincoli e Limitazioni

I principali vincoli e limitazione di questo applicativo sono legate ai fattori elencati di seguito:

Complessità della previsione meteorologica numerica operativa

La gestione e il mantenimento di una catena operativa di previsione meteorologica numerica rappresenta un compito di notevole complessità e che richiede alti livelli di affidabilità e di organizzazione. I modelli per la previsione meteorologica numerica sono oggetti molto complessi e articolati; il loro impiego operativo richiede elaborate catene di acquisizione, pre-e post-processamento dei dati che devono funzionare automaticamente senza interruzione e devono essere supervisionate da personale specializzato.

La stessa produzione di previsioni numeriche ha poco senso se non inserita in un contesto che prevede l'impiego di tali previsioni da parte di personale specializzato (meteorologi e non solo) e/o all'interno di ulteriori catene revisionistiche, per scopi di servizio e/o di ricerca. Ciò a maggior ragione

se la struttura in questione contribuisce anche alla verifica e allo sviluppo dei modelli stessi, come spesso accade.

Per queste ragioni la modellistica numerica operativa è normalmente gestita da enti di servizio o di ricerca entro programmi altamente strutturati.

Attualmente questa responsabilità in Italia è affidata agli Enti Meteo che li gestiscono operativamente, con il supporto di centri di ricerca e università.

La scelta progettuale è quella, pertanto, di affidarsi agli Enti Meteo che già forniscono le previsioni meteorologiche in modalità operativa e con più corse durante la giornata, per poter garantire l'accesso a prodotti modellistici nei tempi e nei modi richiesti.

Necessità di grandi capacità computazionali

La gestione di una catena operativa di previsione meteorologica numerica è estremamente esigente sia in termini di risorse computazionali che di risorse di storage.

La potenza di calcolo disponibile e soprattutto la qualità dell'architettura hardware ai fini dell'efficienza nel calcolo parallelo, sono il principale fattore limitante nell'estensione e nella risoluzione dei modelli meteo, vista la necessità di fornire il risultato in tempi utili.

La capacità di storage limita a sua volta la possibilità di mantenere archivi storici lunghi e completi dei campi meteorologici previsti, la cui utilità a medio-lungo termine esula dai compiti della fornitura di previsioni quotidiane ma si rivela preziosa in molti campi della ricerca pura, applicata e dei servizi.

Un esempio su tutti è l'elaborazione dell'ensemble che richiede che lo stesso modello venga elaborato più volte o che vengono elaborati diversi modelli.

Anche questo fattore ha fatto propendere la scelta progettuale verso l'uso dei prodotti di modelli gestiti da Enti Meteo.

Disponibilità del dato

La disponibilità del dato risulta ad oggi il solo vincolo per cui non è possibile fare scelte alternative, ad oggi il dato e la frequenza di aggiornamento dello stesso è vincolata dal tipo di dati e dal fornitore.

1.1.7 Stakeholders Coinvolti

Tra i principali stakeholder interessati alla fruizione degli outputs è quindi possibile citare:

- l'Agenzia ItaliaMeteo
- le Autorità di Bacino distrettuale
- i Centri funzionali decentrati presso le Regioni e le Province autonome
- il Dipartimento della Protezione Civile
- ISPRA e il Sistema Nazionale di Protezione dell'Ambiente (SNPA)

- in generale, tutti gli Enti Meteo che potrebbero così beneficiare anche delle previsioni meteorologiche degli altri enti in modo sistematico e strutturato, così come l'accesso tramite il sistema alle reanalisi ERA5.

Rientrano nella categoria degli stakeholder di tipo fornitori dei dati/servizi utilizzati dall'applicativo:

- CNR-ISAC
- Aeronautica militare
- ISPRA
- ARPAE-SIMC
- ARPA Piemonte
- ARPAL
- ARPAS
- Consorzio LaMMA

1.1.8 Conclusione e Riepilogo

La realizzazione dell'applicativo ha come obiettivo primario quello di fornire all'utenza una piattaforma robusta per la ricerca, l'accesso, la visualizzazione, l'analisi e la condivisione di previsioni meteorologiche numeriche operative su grigliato.

La fase progettuale e di raccolta dei requisiti garantisce che l'applicativo sia in grado di supportare l'utente finale nelle attività quotidiane di monitoraggio del rischio legato a fenomeni metereologici, fornendo un'interfaccia grafica semplice ed intuitività, offrendo la possibilità all'utente di avere a disposizione un'ampia gamma di servizi in modo semplice e diretto.

1.2 Requisiti funzionali

1.2.1 Elenco dei requisiti funzionali

id_applicativo_id_rf	descrizione_rf	progettazione_rf	implementazione_rf
VIAP09_RF001	Disponibilità di un'interfaccia Grafica navigabile di tipo Web GIS	Attraverso un interfaccia web GIS si deve poter rendere disponibile la cartografica dell'Italia permettendo di fare ricerche attraverso funzioni di zoom e navigazione.	
VIAP09_RF002	L'utente, attraverso una interfaccia grafica progetta ad hoc, dovrà essere in	Predisposizione di menu per scelta dei modelli disponibili	Implementazione di un'interfaccia grafica che permetta di scegliere il modello di previsione.

id_applicativo_id_rf	descrizione_rf	progettazione_rf	implementazione_rf
	grado di scegliere il modello da utilizzare per la propria previsione		
VIAP09_RF003	Inserimento Area di interesse	Selezione dell'utente (su una mappa o su una dropdown) dell'area sulla quale fare l'analisi	Implementazione di un'interfaccia grafica per la selezione dell'area. Da verificare se si utilizzerà la mappa o un dropdown di selezione delle aree.
VIAP09_RF0004	Inserimento Intervallo temporale	Selezione tramite datepicker dell'informazione di inizio e fine	Implementazione dei datepicker all'interno dell'interfaccia grafica
VIAP09_RF005	Accesso attraverso credenziali	Creazione di una pagina di login e della componente di backend in grado di colloquiare correttamente con il sistema di autenticazione	
VIAP09_RF006	Possibilità di export delle mappe in formato grafico da definire (es. Jpg, png)	Creazione di funzionalità in grado di catturare lo schermo e salvarlo in formato di immagine	
VIAP09_RF007	Possibilità di estrazione dei dati	Creazione di una funzionalità che permette all'utente di estrarre i dati in formato NetCDF o GRIB	
VIAP09_RF008	Storicizzazione della ricerca all'interno del repository del SIM	L'applicativo dovrà storicizzare ogni ricerca nella zona definita "Atalante"	

Di seguito vengono descritti i requisiti sulla **modalità con cui il SIM risponderà alla necessità dell'Utente di riferimento.**

L'Utente di riferimento (di seguito abbreviato in Utente) accederà mediante login alla sezione dedicata del SIM ed avrà la possibilità di visualizzare la piattaforma geografica del portale per la selezione dell'area geografica e della tipologia di prodotto da visualizzare.

Il principale input richiesto all'utente consiste nella selezione dell'area geografica, attraverso un visualizzatore cartografico. Una volta selezionato l'area la piattaforma darà visibilità dei prodotti

modellistici disponibili tra quelli specificati nel capitolo “Funzioni, Algoritmi e Modelli” (ad es. modelli a scala locale come COSMO-I2, COSMO-I7 oppure modelli a scala globale come l’ECMWF IFS o l’NCEP GFS, etc.).

Selezionata la tipologia di modello tra quelle evidenziate come disponibili dalla piattaforma SIM sarà visualizzato un form di selezione della variabile ambientale da visualizzare (la descrizione è fornita nel capitolo “Funzioni, Algoritmi e Modelli”) e della tipologia di vista bi-dimensionale del campo della variabile.

La scelta della tipologia di vista sarà tra rappresentazioni di campi bi-dimensionali per livelli altimetrici o di pressione (campi x-y) e sezioni verticali (x-z o y-z). Nel caso di selezione di campi x-y un menù a tendina esporrà i livelli di pressione o altimetrici disponibili per il modello in questione mentre nel caso di selezione di sezioni verticali sarà possibile specificare il valore di latitudine o longitudine al quale vincolare la rappresentazione della sezione.

Per ultimo l’utente dovrà indicare l’intervallo temporale. Qualora la richiesta si riferisca ad un arco temporale compreso tra il quinto giorno passato e la data di un giorno futuro rispetto al momento di esecuzione della richiesta stessa, sarà data evidenza al sotto-insieme dei prodotti previsionali per i quali è presente il dataset per il periodo impostato. Nel caso in cui l’arco temporale impostato si riferisca a giorni antecedenti il quinto giorno passato rispetto a quello di esecuzione della richiesta stessa verrà automaticamente reso disponibile il prodotto della modellazione di rianalisi ECMWF ERA5.

A livello generale, sulla base dell’input dell’utente, verrà avviato il workflow specifico di elaborazione per la funzionalità richiesta. Nel Catalogo delle Risorse di Calcolo (modelli/algoritmi) saranno presenti i seguenti algoritmi, descritti nel capitolo “Funzioni, Algoritmi e Modelli”:

- Algoritmo di estrazione variabili da prodotti della modellazione atmosferica previsionale
- Algoritmo di estrazione variabili da prodotti del modello di rianalisi ERA5

Alla richiesta di esecuzione dell’algoritmo, il SIM presenterà all’Utente un riepilogo dei relativi dati di input impostati.

Una volta confermata la richiesta l’applicativo restituirà direttamente a schermo la vista del campo bi-dimensionale archiviato nell’RdS se già stato estratto tramite chiamate precedenti. In caso contrario, l’applicativo attiverà il relativo workflow di calcolo, basato sull’esecuzione degli algoritmi “Algoritmo di estrazione variabili da prodotti della modellazione atmosferica previsionale” e “Algoritmo di estrazione variabili da prodotti del modello di rianalisi ERA5” a seconda dell’intervallo temporale oggetto della richiesta stessa, e ne restituirà la vista al termine dell’elaborazione.

Nel caso di campi bi-dimensionali per livelli altimetrici o di pressione (campi x-z) la rappresentazione avverrà sottoforma di layer cartografico collocato in primo piano nel

visualizzatore della piattaforma SIM. La rappresentazione della variabile richiesta avverrà sotto forma di mappa, discretizzata attraverso una griglia della risoluzione spaziale medesima del dataset generato dal servizio sorgente, dove ogni cella assume un colore associato ai valori assunti dalla variabile stessa e definito tramite una apposita color bar. Si prevede inoltre la possibilità di visualizzare “contour lines” per meglio evidenziare i pattern bidimensionali della variabile in questione tramite isolinee, come ulteriore livello al di sopra della mappa di colore. La visualizzazione dei campi di vento verrà realizzata tramite un apposito layer che adotta la rappresentazione dei “wind barbs”, ovvero simboli che sintetizzano informazioni sulla direzione e la velocità del vento.

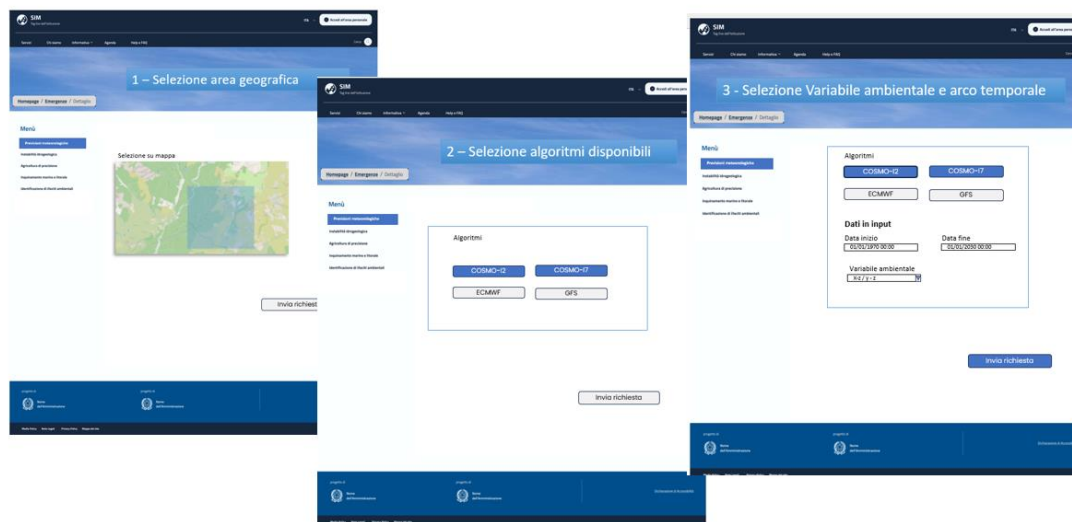
Nel caso di campi bi-dimensionali per sezioni verticali (x-z o y-z) comparirà un pop-up contenente il visualizzatore di immagini per la visualizzazione della variabile, discretizzata alla risoluzione spaziale medesima del dataset generato dal servizio sorgente, dove ogni cella assume un colore associato ai valori assunti dalla variabile stessa e definito tramite una apposita color bar.

In entrambi i casi sarà disponibile un selettore temporale per navigare tra le viste riferite ai diversi intervalli temporali disponibili all'interno del periodo impostato dall'utente.

Ogni volta che verrà completato il processo di visualizzazione del campo richiesto, l'utente avrà modo di scaricare sia il pacchetto dati generato per la variabile richiesta ridotta dimensionalmente (in un formato binario standard da definire tra GRIB2 o NETCDF) che il file immagine della relativa vista visualizzata attraverso la piattaforma SIM. Nel caso di vista per livelli altimetrici o di pressione (campi x-z) il file immagine sarà di tipo georeferenziato TIFF mentre nel caso di vista delle sezioni verticali il file immagine sarà di tipo PNG o JPEG.

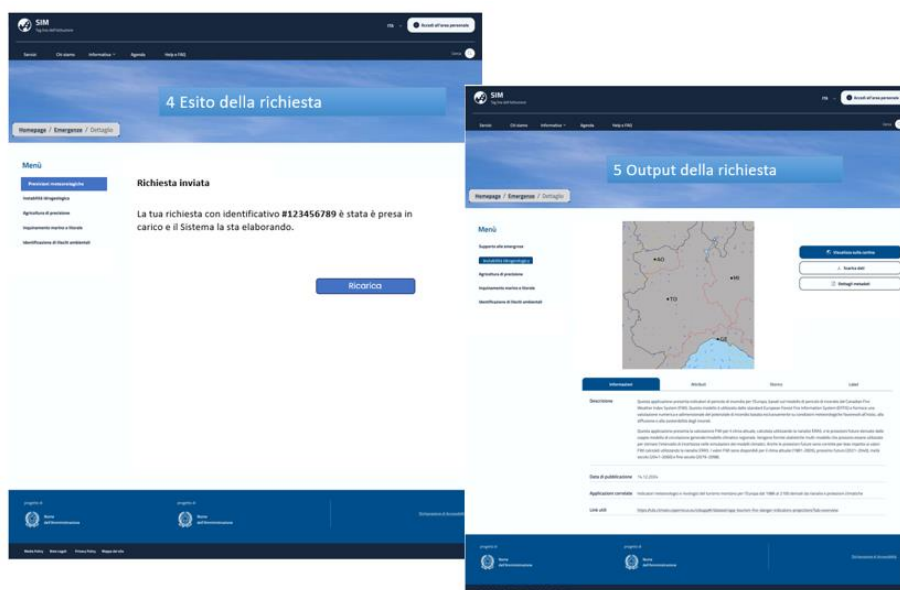
A titolo esemplificativo si riporta di seguito una sequenza di immagini, che posso rappresentare una sequenza di operazioni in carico all'utente.

Selezione degli input:



The first screenshot shows the '1 - Selezione area geografica' (Geographic area selection) step, featuring a map of Italy with a highlighted region. The second screenshot shows the '2 - Selezione algoritmi disponibili' (Available algorithm selection) step, with buttons for COSMO-0, COSMO-1, ECMWF, and GFS. The third screenshot shows the '3 - Selezione Variabile ambientale e arco temporale' (Environmental variable and time range selection) step, with input fields for 'Data inizio' (Start date), 'Data fine' (End date), and 'Variabile ambientale' (Environmental variable).

Output



The fourth screenshot shows the '4 Esito della richiesta' (Request result) step, indicating that the request with ID #123456789 has been received and is being processed. The fifth screenshot shows the '5 Output della richiesta' (Request output) step, displaying a map of the selected area and a table of results.

1.2.2 Requisiti non Funzionali Correlati

Per i requisiti non funzionali si rimanda alla parte architettuale e alle discussioni relative durante la fase di sviluppo.

id_applicativo_id_rf	descrizione_rf	progettazione_rf	implementazione_rf
VIAP01_RFN001	Interoperabilità. È fondamentale che il sistema possa interfacciarsi efficacemente con altre piattaforme e sistemi che forniscono dati di input.	Può essere realizzato attraverso API standardizzate, protocolli di comunicazione comuni come REST o SOAP, e formati di dati standard come JSON o XML, e federazione di servizio e fonti dati.	Esposizione di API, l'implementazione tecnica sarà oggetto dell'apposita analisi di dettaglio
VIAP04_RFN002	Orchestrazione del Processo. La necessità di un orchestratore è cruciale per gestire l'intero flusso di lavoro dal momento dell'attivazione del CU fino alla delivery del prodotto di output.	L'orchestratore deve essere in grado di coordinare e monitorare tutte le fasi del processo, gestire le dipendenze, e assicurare che ogni fase sia completata correttamente prima di passare alla successiva. Sarà in carico all'orchestratore gestire l'aggiornamento batch dei dati dove previsto.	La soluzione è scalabile orizzontalmente grazie all'architettura a container messa a disposizione del PSN. L'orchestratore sulla base di specifiche metriche provvede a scalare orizzontalmente le istanze applicative bilanciando di conseguenza il carico.
VIAP04_RFN003	Gestione dei Log. Un sistema di gestione dei log robusto è essenziale per tracciare e monitorare le attività del sistema, identificare e risolvere i problemi, e fornire insight sulle performance del sistema. I log dovrebbero essere facilmente accessibili, leggibili e archiviati in modo sicuro per eventuali analisi future.	Servizio per la scrittura dei log per tracciare ogni step applicativo, in modo da poter analizzare eventuali problemi o ricostruire lo storico di determinati processi	Elaborazione di un servizio Java di scrittura dei Log
VIAP04_RFN004	Gestione delle Interruzioni. La capacità di gestire interruzioni durante il processo è vitale per assicurare la resilienza del sistema.	Servizio per la gestione delle code dei processi, nel caso in cui uno dei processi vada in errore è possibile fare un restart del task dopo aver	Elaborazione di un servizio o integrazione di piattaforma che consenta la gestione delle code provenienti dalle transazioni

id_applicativo_id_rf	descrizione_rf	progettazione_rf	implementazione_rf
	Questo include la capacità di riprendere da dove si era interrotto in caso di fallimenti, e di notificare agli amministratori o agli utenti le interruzioni e i relativi dettagli.	visualizzato e corretto l'errore. In aggiunta l'applicativo attraverso un sistema di ticket dovrà permettere di gestire code di elaborazione in differita.	multiple, il dettaglio è da definirsi in fase di analisi tecnica di dettaglio
VIAP04_RFN005	Scalabilità. Il sistema dovrebbe essere scalabile per gestire un aumento del carico di lavoro o del volume dei dati. Questo può essere realizzato attraverso l'uso di risorse cloud scalabili, bilanciamento del carico, e altre tecniche di ottimizzazione delle performance. Il sistema dovrebbe essere scalabile per gestire un aumento del carico di lavoro o del volume dei dati. È necessario evidenziare come i processi di calcolo dei 2 algoritmi scelti per elaborare le varie grandezze meteorologiche possano richiedere in alcuni casi un carico computazionale non trascurabile.	Progettazione dipesa da quanto previsto dalla piattaforma cloud, ad ogni modo l'applicativo verrà ottimizzato per evitare sovraccarichi di sistema	La soluzione è scalabile orizzontalmente grazie all'architettura a container messa a disposizione del PSN. L'orchestratore sulla base di specifiche metriche provvede a scalare orizzontalmente le istanze applicative bilanciando di conseguenza il carico. Il sistema è inoltre in grado di elaborare un elevato numero di richieste senza alcun degrado delle prestazioni. Ci sono degli aspetti da considerare in merito l'elaborazione che proviene dall'integrazione dei sistemi esterni che ad oggi non è stimabile in termini di performance in quanto non si conoscono i service level agreement di questi sistemi.
VIAP04_RFN006	Manutenibilità. Il sistema dovrebbe essere progettato in modo da facilitare la manutenzione, l'aggiornamento e l'evoluzione nel tempo. Questo include una buona documentazione	Elaborazione dei documenti esplicativi del codice, fornitura di test automatizzati sulla qualità del codice (da definire piattaforma di scansione) e codice organizzato e versionato	Elaborazione di documenti descrittivi di dettaglio

id_applicativo_id_rf	descrizione_rf	progettazione_rf	implementazione_rf
	del codice, test automatizzati, e un'architettura modulare.		

1.2.3 Vincoli e Limitazioni

Nello specifico i principali vincoli e limitazioni sono legati alla disponibilità del dato e ai suoi tempi di aggiornamento. Considerando la complessità dell'argomento trattato durante la fase progettuale si è optato per fare uso dei servizi già disponibili presso gli enti federati (Enti Meteo) e non implementare algoritmi o modelli all'interno del SIM, ciò limita la complessità progettuale ma al contempo limita anche le funzionalità a quelle del fornitore stesso.

1.3 Architettura logico-applicativa del Sistema

Questo paragrafo contiene informazioni relative a specifiche applicative e funzionali del sistema, con l'obiettivo di trasmettere al lettore le logiche applicative del servizio.

1.3.1 Requisiti Non-Funzionali

L'architettura di questo applicativo si basa sui seguenti requisiti non funzionali:

REQUISITO	Descrizione
sicurezza	L'applicazione è soggetta agli standard di sicurezza per l'accesso alle risorse, solo gli utenti che sono in possesso di una utenza correttamente profilata possono accedere all'applicazione e interrogare il sistema. A seguito di una interrogazione l'interazione con i sistemi sottostanti avviene attraverso specifiche API anch'esse protette secondo gli standard di sicurezza dei prodotti di riferimento.
scalabilità	La soluzione è scalabile orizzontalmente grazie all'architettura a container messa a disposizione del PSN. L'orchestratore sulla base di specifiche metriche provvede a scalare orizzontalmente le istanze applicative bilanciando di conseguenza il carico
performance	I servizi implementati nell'Application Platform e nell'Intelligence Platform devono poter avere una infrastruttura scalabile sia verticalmente che orizzontalmente per venire incontro ai requisiti prestazionali richiesti dagli algoritmi.
scalabilità	I moduli software devono poter essere mandati in esecuzione in parallelo senza causare collisioni di processo o di dati
alta disponibilità	Il deployment dei servizi deve avvenire in continuous delivery o in continuous deployment mantenendo la disponibilità del servizio a front end durante i rilasci
alta disponibilità	I servizi devono garantire auto recovery mantenendo la consistenza dei dati ad ogni riavvio
performance	I tempi di risposta delle request API eseguite da interfaccia webGIS nel caso di funzionamento in modalità sincrona, devono rientrare nei tempi accettabili alle esigenze dell'utente
sicurezza	L'accesso all'interfaccia deve avvenire secondo le regole definite nel documento "classi di utenza" del SIM
interoperabilità	Lo scambio dei dati tra il SIM e gli stakeholder avviene secondo protocolli di interoperabilità definiti negli accordi di servizio tra il MASE e gli stakeholder

REQUISITO	Descrizione
microservizi	L'interazione tra i servizi e l'utente può avvenire in modalità sincrona nel momento in cui l'interfaccia utente aspetta l'esito del risultato, tipicamente in questo caso il controllo delle invocazioni delle request e delle relative response sono ad appannaggio del GIS Server. Oppure in modalità asincrona nel momento in cui l'interfaccia utente non attende l'esito del microservizio invocato, ma il risultato viene notificato all'utente tramite messaggio al termine dell'elaborazione. Nella modalità asincrona viene invocato il servizio di elaborazione che, a sua volta invia un messaggio a un message broker per notificare l'esito dell'elaborazione oppure per notificare una situazione di pericolo.
content sharing	I dati prodotti dalle applicazioni del SIM, utili tra diverse applicazioni vengono memorizzate nel repository del SIM a meno di diverse indicazioni degli stakeholder
policy di ingestion	In linea con la definizione di data mesh, i dati degli stakeholder vengono importati nel SIM su aree di storage temporanee solo nel momento in cui servono alla richiesta dell'utente.
logging	I log applicativi devono poter essere accessibili tramite interfaccia unica per facilitare le attività di operation nella ricerca delle cause di errore
logging	I log devono essere categorizzati e ordinabili per priorità (es: FATAL, ERROR, WARNING, ...), ordinabili per data e riconoscibili univocamente
compatibility	L'interfaccia webGIS deve essere compatibile con i browser più utilizzati (Google Chrome, Safari, Microsoft Edge, Firefox, Opera, Internet Explorer)

1.3.2 Diagramma Architeturale

L'architettura complessiva di tutta l'applicazione si compone di tre macroaree principali, una rivolta alla user experience, una al reperimento e processazione dei dati e l'ultima rivolta alla presentazione e storicizzazione del dato. L'interoperabilità tra i layer è quella dell'esposizione di API REST.

Partendo dalla prospettiva dell'utente, questi accede attraverso tutti i meccanismi di autenticazione, profilazione e routing alla pagina (portlet) dell'applicazione specifica che viene esposta attraverso la Digital eXperience Platform (1). Il portlet specifico racchiude tutte le possibili interazioni e vincoli con il livello sottostante, nonché tutte le librerie necessarie per la rappresentazione grafica del dato. L'utente autenticato sceglie attraverso l'interfaccia grafica quale dato e/o modello e tramite il discovery and access broker GEO DAB del SIM Master Catalog la sorgente dati (federata, RdS) (2a). Il sistema riconosce se è presente su RdS un dato storicizzato in corso di validità compatibile con la richiesta e lo restituisce all'utente (2b), altrimenti procede come descritto di seguito.

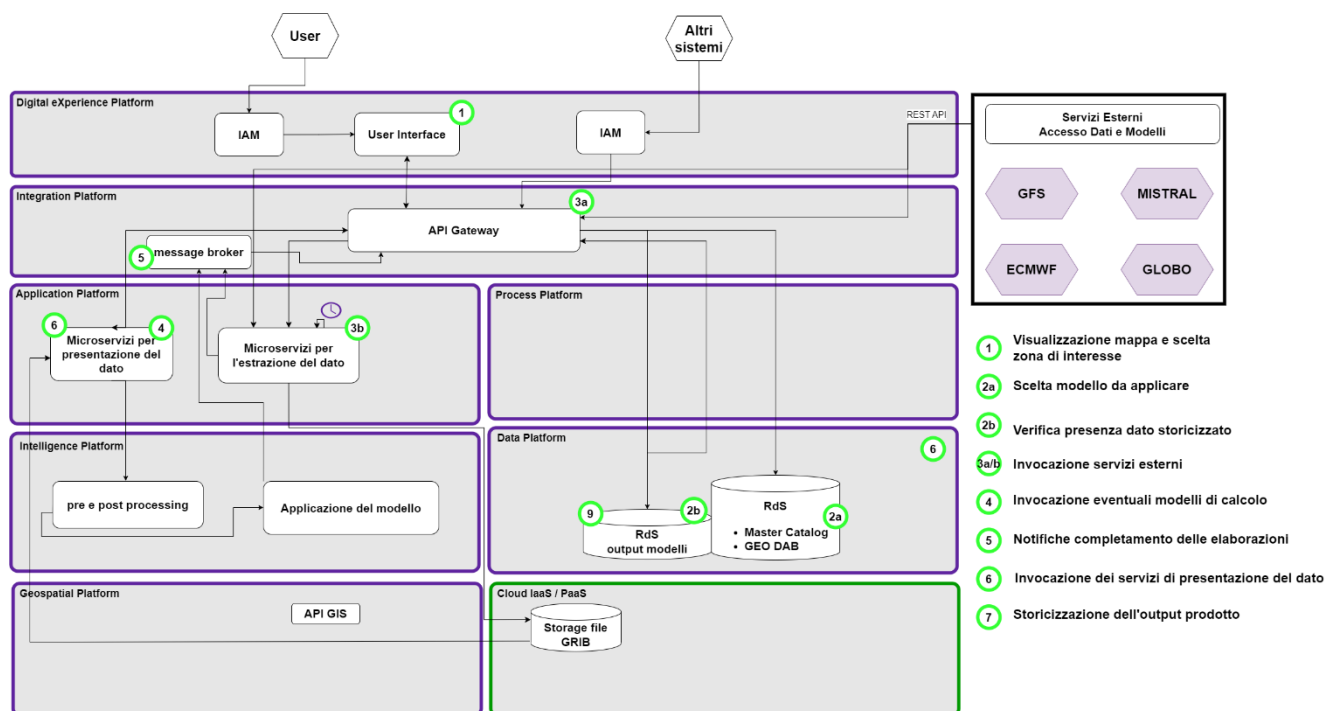
La digital experience platform ha come unica interfaccia l'orchestratore applicativo che ha il compito di instradare ed orchestrare i flussi applicativi, nel caso specifico si occupa di invocare i servizi esterni che espongono dati attraverso API pronti all'uso (3a) oppure di invocare microservizi applicativi per ottenere dati derivanti da elaborazioni più complesse (3b). Il risultato dell'invocazione è un file in formato GRIB che contiene alcune delle principali informazioni relative alla variabilità del meteo in una specifica area. Tale file viene storicizzato su un disco messo a disposizione delle applicazioni per un riutilizzo futuro.

Recuperati tutti i dati necessari all'elaborazione l'orchestratore applicativo invoca la componente di Intelligence Platform che si occupa di applicare i modelli di interpolazione tra le mappe e i dati recuperati attraverso l'utilizzo delle librerie Geoframe-NewAge (4).

Terminato il processo di elaborazione da parte dell'intelligence platform viene pubblicato sul broker un messaggio di completamento dell'elaborazione (5) che attiva l'orchestratore applicativo. L'orchestratore invoca il servizio di presentazione del dato (6) che applica le logiche di presentazione e ritorna il dato all'utente.

Una volta ritornato il dato all'utente l'orchestratore applicativo attiva attraverso la process platform il workflow di validazione dell'output (7) che a seguito della revisione di un utente abilitato decide se storicizzare il dato prodotto all'interno dell'RdS (8).

Questo processo di storicizzazione è utile a rendere disponibile il dato agli altri applicativi del SIM.



1.3.3 Piattaforme SIM utilizzate

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
Application Platform (DevSecOps)	Pipeline CI/CD Engine	SI	Il codice dei microservizi, degli algoritmi implementati all'interno dell'Intelligence Platform, Geospatial Platform e dell'eXperience

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
			Platform (come saranno descritti di seguito) saranno soggetti al deployment del software negli ambienti di collaudo e di produzione.
	Software Forge	SI	Il codice dei microservizi, degli algoritmi implementati all'interno dell'Application Platform saranno soggetti a versionamento. La gestione del versioning, del tracciamento dei problemi, la collaborazione tra gli sviluppatori ha impatti su tutte le piattaforme coinvolte nel disegno architetturale
	Application Defined Storage Engine	NO	
	Service Mesh	SI	È necessario un framework di Service Mesh per semplificare la comunicazione, monitorare e gestire i servizi, avere un'applicazione ad alta affidabilità, e

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
			gestire la sicurezza e la resilienza del sistema.
	Observability	SI	Sarà necessario comprendere, misurare e monitorare il comportamento dei sistemi software in esecuzione, in modo da poter diagnosticare problemi, tracciare le prestazioni e ottenere informazioni dettagliate sullo stato del sistema
Process Platform	Business Process Modelling	NO	
	Workflow Engine	SI	L'applicativo utilizza questo servizio per l'esecuzione del workflow del processo di validazione degli output prodotti
	Business Rule Engine	NO	
	Analytics and Reporting	NO	
	Integration and Connectivity	SI	Connettività con componenti interni al SIM tra interfaccia grafica e Process Platform per avviare i controlli e i processi di validazione. Una volta che il

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
			processo di validazione è terminato, il workflow gestisce il processo di pubblicazione nel Master Catalog
	Collaboration and Communication tools	NO	
	Security and Access Control	SI	Gestione degli accessi e delle utenze
	Complex Event Processing	NO	
Data Platform	Extract, Transform, Load (ETL) tools	NO	
	Data Modelling tools	NO	
	Business Intelligence tools	NO	
	Metadata Management tools	SI	L'utente usa il Master Catalog per ricercare i dataset in input e quindi fa uso dei metadati che sono ad essi associati.
	Data Governance tools	SI	Prima di essere utilizzati, i dati di input vengono sottoposti a verifiche e controlli che assicurano la qualità e la conformità dei dati, perché è condizione necessaria per essere censiti nel Master Catalog. Allo stesso tempo i dati di output da censire all'interno del Master Catalog

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
			dovranno essere gestiti tramite i tool di Data Governance, per assicurarne la gestione del ciclo di vita, l'aderenza agli standard qualitativi, la corretta indicizzazione, ecc
	Data modeling and Preparation tools	NO	
	Report creation/generation	NO	
	Data Visualization engines	NO	
	Indexing, search	SI	Gli utenti avranno a disposizione funzionalità per ricercare determinati dataset da utilizzare, mediante funzionalità di semantic search.
Intelligence Platform	AI/ML Frameworks catalog	SI	Nel master catalog vengono gestiti i modelli di AI/ML disponibili per l'applicazione in ambito
	AI/ML Flows	SI	Vengono predisposti strumenti di progettazione di workflow che implementano flussi condizionati di elaborazioni AI/ML

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
	AI Models Lifecycle Management	SI	Viene gestito il versioning dei modelli AI/ML, e il loro ciclo di vita
	AI Data Preparation	SI	Tramite gli strumenti relative alla componente di intelligence platform vengono gestiti eventuali step elaborativi di preparazione del dato, propedeutici all'applicazione dei modelli
	Model Deployment	SI	Servizio necessario per implementare e poi effettuare il deploy dell'algoritmo nell'Intelligence Platform
	Model Monitoring	SI	L'utente deve poter monitorare l'esecuzione degli algoritmi e verificarne l'esito
	ML Scaling Framework	NO	
Integration Platform	Integration Flows (Scenarios)	SI	L'applicativo utilizza questo servizio per far comunicare le piattaforme tra loro e con i servizi esterni tramite API.
	Connectors	SI	Vengono predisposti dei connettori per il

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
			reperimento dei dati dagli stakeholder
	Data mapping and transformation	SI	Si esegue un controllo sintattico e semantico sui dati letti dagli stakeholder e applicata una prima fase di trasformazione in modo da omogeneizzare i dati in input alle elaborazioni successive
	Integration workflow automation	SI	La connessione e i flussi di dati possono essere gestiti tramite schedulazioni asincrone di processi o tramite generazione di notifiche per istanziare comunicazioni sincrone tra le componenti delle piattaforme
	API management	SI	Si implementa il routing delle richieste API tra le varie componenti delle piattaforme
	API gateway	SI	Viene gestito il routing delle richieste API tra le varie componenti

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
	Policies, monitoring and analytics	SI	Le richieste API tra le varie component vengono monitorate per analizzarne le performance
	Security and compliance	SI	I dati in transito vengono gestiti secondo criteri di integrità e confidenzialità e l'accesso sicuro ai servizi è garantito tramite token di autenticazione
Digital Experience Platform	Content Management Service	NO	
	Mobile Devices Support	SI	Le mappe di output possono essere consultabili mediante App Mobile dedicata
	Content Personalization	NO	
	Content and Service Analytics	NO	
	Identity Management Support Integration	SI	
	Service Access Policies	NO	
	Single Page Apps	NO	
	Forms	NO	
	Asset Publisher	NO	
	Search	SI	L'applicativo utilizza questo servizio per dare la possibilità all'utente di richiamare da Front End un'API che effettua la ricerca di specifici dataset sul Master Catalog
	Fragments and Pages	NO	

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
	SEO and Page Analytics	NO	
Geospatial Platform	Data Integration	SI	L'applicativo integra e combina i vari tipi di input in formati differenti
	Remote Sensing	NO	
	GIS base services	SI	L'utente deve avere la possibilità di identificare e selezionare una zona di interesse sui layer dell'interfaccia webGIS predisposti per l'applicativo
	Spatial Analysis	NO	
	Risk Assessment	NO	
	Predictive Modeling	NO	
	Climate Change Analysis	NO	
	Environmental Impact Assessment	NO	
	Reporting and Visualization	NO	
	Historical Data Analysis	SI	Tramite questa capability l'applicativo permette delle analisi grafiche dei dati di serie storiche
	Scenario Planning	NO	

1.4 Dati di input

1.4.1 Introduzione ai Dati di Input

Volendo fare una panoramica dei dati di input che servono per poter ottenere le previsioni meteo, occorre ricordare che per scelta architetturale all'interno dell'applicativo non saranno predisposti modelli di previsioni meteo ma bensì saranno usati servizi federati, che forniranno direttamente le previsioni.

A seguito di questa premessa i dati di input che l'utente sarà in grado di governare attraverso l'interfaccia sono i seguenti:

Area geografica

Attraverso l'interfaccia fornita dall'applicativo l'utente potrà selezionare all'interno del territorio coperto dalla previsione meteorologica (territorio italiano/bacino Mediterraneo/Europa) un'area di proprio interesse, l'interfaccia permetterà di selezionare un'area rettangolare su cui fare visionare le previsioni numeriche disponibili e/o le reanalisi ERA5 disponibili.

Fonte dati

Attraverso un menu a tendina l'utente sarà in grado di selezionare quale tra i fornitori di previsioni meteorologiche usare e/o di accedere alle reanalisi ERA5.

Arco temporale

Attraverso l'interfaccia grafica l'utente potrà selezionare un intervallo per cui visualizzare le proprie previsioni, si suggerisce di prevedere un'interfaccia in grado di selezionare parametri fissi quali per esempio 1h, 3h, ..., 24h.

Modello scelto per la previsione

L'utente avrà la possibilità di scegliere tra i modelli disponibili presso i fornitori, quello che ritiene essere più adatto alle proprie necessità

I valori modelli selezionabili dipenderanno dal fornitore delle previsioni, a titolo non esaustivo citiamo: Bolam ISAC-CNR, Blended ISAC-CNR, Cosmo 2I, Cosmo 5M (2), MOLOCH ISPRA, WRF LAMMA, ecc.

Misure da prevedere

L'utente avrà la possibilità di scegliere, tra le variabili disponibili, quali monitorare, sarà quindi possibile scegliere se monitorare il vento, il tasso di umidità, la precipitazione cumulata, ecc..

A valle dei dati che vengono esposti dall'interfaccia occorre considerare che in background l'applicativo gestirà alcuni parametri tecnici come dati di input, in maniera completamente trasparente all'utente.

1.4.2 Catalogo delle Fonti di Dati

Come indicato nel paragrafo precedente i dati di input si limitano ai soli dati forniti dall'utente attraverso l'interfaccia grafica.

A seguito della scelta dell'utente l'applicativo interrogherà i diversi servizi di cui di seguito elencate alcune informazioni:

2 È prevista la sostituzione del modello Cosmo con il modello Icon.

Id	Nome Sorgente Dati	Proprietà dei Dati (owner)	Modalità di Accesso	Frequenza di Aggiornamento	Soluzioni per l'Accesso ai Dati	Caratteristiche Sensibilità Dato	Uso del Dato	Criticità
VIAP09_DIO01	<ul style="list-style-type: none"> – COSMO-I2 – COSMO-I7 – COSMO-2I – COSMO-5M – COSMO-IT EPS – Moloch_deg rad_res – Moloch_full_res ISAC-CNR – MOLOCH ISPRA – MOLOCH ARPAL – MOLOCH LaMMA – Bolam ISAC-CNR – BOLAM ISPRA 	Si tratta di dati generalment e open source (CCBY compliant) forniti da enti diversi che ne detengono la proprietà e ne sono responsabili per quanto riguarda sia la disponibilità che la qualità del dato stesso.	File di tipo GRIB o NetCDF (a seconda del servizio che li produce) scaricati attraverso le interfacce API REST messe a disposizione dal servizio.	6 ore o 12 ore a seconda del servizio modellistico o interrogato	I dati saranno resi disponibili all'applicativo 1.9 attraverso il modulo di "Ingestion dati real-time" e storicizzati nel RdS	Dati coperti da licenza open source, generalmente di tipo CCBY	In termini generali, monitoraggio e nowcasting eventi precipitativi intensi. Nel contesto del servizio applicativo, il dato sarà acquisito con la frequenza di aggiornamento indicata e storicizzato nell'RdS al fine della disponibilità per la visualizzazione e il download da parte dell'utente attraverso l'applicativo di front-end. Sono previste elaborazioni per l'estrazione, riduzione del dataset e rappresentazione grafica da parte degli algoritmi indicati nella sezione "Intersezione con altri componenti".	

Id	Nome Sorgente Dati	Proprietà dei Dati (owner)	Modalità di Accesso	Frequenza di Aggiornamento	Soluzioni per l'Accesso ai Dati	Caratteristiche Sensibilità Dato	Uso del Dato	Criticità
	<ul style="list-style-type: none"> – Blended_precip – Globo_global – Globo_eu – ECMWF ENS – NCEP GFS – Lista non esaustiva 							
VIAP09_DIO02	– ECMWF Meteorological Archival and Retrieval System (MARS)	Si tratta di dati generalment e open source (Creative Commons CC-4.0-BY) forniti dall'ECMWF che ne detiene la proprietà e ne è responsabili	File di tipo GRIB o NetCDF (scelta da definire in fase esecutiva) scaricati attraverso l'API Web messe a disposizione dal servizio e supportate dalle librerie Python apposite pubblicate dall'ECMWF F	24 ore	I dati saranno resi disponibili all'applicativo 1.9 attraverso il modulo di "Ingestion dati real-time" e storicizzati nel RdS	Licenza Creative Commons CC-4.0-BY, trattamento soggetto all'ECMWF Terms of Use	In termini generali, monitoraggio e nowcasting eventi precipitativi intensi. Nel contesto del servizio applicativo, il dato sarà acquisito con la frequenza di aggiornamento indicata e storicizzato nell'RdS al fine della disponibilità per la visualizzazione e il download da parte dell'utente attraverso l'applicativo di front-end. Sono previste elaborazioni per l'estrazione, riduzione	

Id	Nome Sorgente Dati	Proprietà dei Dati (owner)	Modalità di Accesso	Frequenza di Aggiornamento	Soluzioni per l'Accesso ai Dati	Caratteristiche Sensibilità Dato	Uso del Dato	Criticità
		per quanto riguarda sia la disponibilità che la qualità del dato stesso.					del dataset e rappresentazione grafica da parte degli algoritmi indicati nella sezione "Intersezione con altri componenti".	

1.4.3 Specifiche di contenuto

ID	Specifiche di contenuto
VIAP09_DI001	<p>Pacchetto dati in formato binario contenente i campi 4D (x, y, z e t) dei valori numerici relativi alle variabili atmosferiche calcolate dai modelli previsionali gestiti dai diversi Enti. Qualora l'interfaccia API messa a disposizione dell'ente lo consenta, verrà filtrato il contenuto del pacchetto per limitarne le dimensioni. Saranno considerate almeno le seguenti variabili:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Geopotential height - Temperature - U component of wind - V component of wind - Vertical velocity (Pressure) - Relative humidity - Rain precipitation or specific rain water content - Snow precipitation or specific snow water content - Total precipitation <p>Ulteriori variabili saranno definite in fase di realizzazione in accordo con gli stakeholder</p>
VIAP09_DI002	<p>Pacchetto dati in formato binario contenente i campi 4D (x, y, z e t) dei valori numerici relativi alle variabili atmosferiche calcolate dal modello di rianalisi ERA5 dell'ECMWF. Grazie alle funzionalità dell'API messa a disposizione dell'ente, verrà filtrato il contenuto del pacchetto in fase di richiesta per limitarne le dimensioni. Saranno considerate almeno le seguenti variabili:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Geopotential height - Temperature - U component of wind - V component of wind - Vertical velocity (Pressure) - Relative humidity - Rain precipitation or specific rain water content - Snow precipitation or specific snow water content - Total precipitation <p>Ulteriori variabili saranno definite in fase di realizzazione in accordo con gli stakeholder</p>

1.5 Sistemi federati

1.5.1 Introduzione ai Sistemi Federati

In informatica si definisce un sistema federato un'architettura che collega più sistemi eterogenei, che possono essere distribuiti su reti diverse, garantendone l'interoperabilità.

Nel caso specifico del SIM si intendono per sistemi federati tutti quei servizi che attraverso API o altri protocolli sono utilizzati per fornire dati o servizi ad un applicativo specifico.

In questo particolare applicativo si è deciso di usare dove possibile i sistemi federati non come fornitori di dati ma come fornitori di servizi relativi alle previsioni meteo.

1.5.2 Elenco dei Sistemi Federati

I Sistemi federati che forniscono dati di utilità per questo applicativo verticale sono tutte le catene modellistiche degli enti regionali e nazionali che condivideranno la previsione meteorologica nel portale.

ID	Nome Sistema Federato	Descrizione Sis Fed	Proprietà del servizio (owner)	Modalità di Interazione	Caratteristiche Sensibilità Servizio
VIAPP09_SPF001	Meteo Hub	previsioni variabili meteorologiche a scala locale e previsioni di ensemble	Mistral	API	Dato accessibile previa registrazione sul portale attraverso API
VIAPP09_SPF002	Servizi vari (forecast)	previsioni variabili meteorologiche a scala globale	ECMWF	API	Dato pubblico
VIAPP09_SPF003	GLOBO	previsioni meteo a scala globale	ISAC-CNR	API	Dato pubblico
VIAPP09_SPF004	NOAA/Ncep	previsioni variabili meteorologiche a scala globale	GFS	API	Dato pubblico
VIAPP09_SPF005	Servizi vari (forecast)	previsioni variabili meteorologiche a scala locale	ISPRA, ...	API	Dato pubblico

1.6 Funzioni, Algoritmi e Modelli

1.6.1 Introduzione e Panorama Generale

Di seguito sono elencati gli algoritmi che saranno implementato all'interno dell'applicazione e del SIM stesso, al fine di rendere fruibile i dati ricavati dai vari portali federati.

- NWP_extractor
- ERA5_extractor

Gli algoritmi hanno come scopo l'estrazione di variabili da prodotti di previsione meteorologica numerica.

1.6.2 Criteri di Selezione

Sono stati scelti gli algoritmi ad oggi considerati standard del settore.

1.6.3 Tipologie di Funzioni Applicative

Le funzioni applicative riguardano le seguenti operazioni:

- Funzionalità di interprete dei prodotti delle catene modellistiche a scala globale e locale dei sistemi federati ed estrazione di set di campi bi e tri-dimensionali delle variabili meteorologiche più rilevanti.
- Funzionalità di interfaccia per l'import dei dati della rianalisi ECMWF ERA5 ed estrattore delle variabili ritenute di interesse in campi bi-dimensionali;

Le principali tipologia di queste funzioni si basa sugli algoritmi che esse stesse implementano e sono descritti nel dettaglio nella relativa sezione; di seguito si riporta la solo una breve descrizione:

- Algoritmo di estrazione variabili da prodotti previsionali
- Algoritmo di estrazione variabili da prodotti della rianalisi ERA5

1.6.4 Dettagli sugli Algoritmi

Estrazione variabili da prodotti previsionali:

Nome dell'algoritmo: NWP_extractor;

Descrizione: interprete dei principali pacchetti dati di export dei modelli di previsione meteorologica numerica federati dal SIM ed estrattore delle variabili ritenute di interesse in campi bi-dimensionali per assegnato valore di latitudine, longitudine o livello da salvare come pacchetti dati nel filesystem. I pacchetti dati più vecchi di 5 giorni saranno automaticamente rimossi dal filesystem. Se la richiesta riguarderà periodi antecedenti, non verranno scaricati pacchetti.

Di seguito un elenco, non esaustivo, delle Le principali variabili atmosferiche estraibili tramite l'algoritmo sono le seguenti:

- Geopotential height (gpm)
- Temperature (K)
- U component of wind (ms⁻¹)
- V component of wind (ms⁻¹)
- Vertical velocity (Pressure) (Pa s⁻¹)
- Relative humidity (%)
- Rain precipitation or specific rain water content (kg kg⁻¹)

- Snow precipitation or specific snow water content (kg kg^{-1})
- Total precipitation (kg m^{-2})

Lista da rivedere durante la fase di sviluppo in accordo con gli stakeholder.

Passaggi Chiave:

- Se i valori dei parametri di input relativi al tempo iniziale e finale della finestra di estrazione dei prodotti eccedono il limite di 5 giorni precedenti al momento dell'esecuzione, non verrà eseguita l'estrazione per il periodo antecedente.
- Lettura ed estrazione dei campi 4-dimensionali (x, y, z, t) delle variabili ambientali di interesse dai pacchetti dati generati dai sistemi di previsione ambientale federati dal SIM selezionati come parametri di ingresso insieme al periodo temporale;
- Estrazione di cambi tri-dimensionali di tipo (x, y, t), (x, z, t) o (y, z, t) per assegnati valori di, rispettivamente z, y e x della variabile data;
- Archiviazione dei campi bi-dimensionali delle variabili di interesse nel filesystem come file di output;

Input:

Dati (3)	Parametri di Configurazione o Controllo:
COSMO-I2: modello COSMO-IT deterministico ad area locale su una griglia che copre l'Italia con risoluzione orizzontale di 0,065 gradi in coordinate ruotate (circa 7 km), 40 livelli atmosferici	Lista delle variabili da estrarre e archiviare
COSMO-I7: modello COSMO-IT deterministico ad area locale su una griglia che copre l'Italia con risoluzione orizzontale di 0,025 gradi in coordinate ruotate (circa 2,8 km), 45 livelli atmosferici	Lista dei modelli da interrogare.
COSMO 5M: previsioni numeriche sull'area mediterranea con modello COSMO gestite dal consorzio LAMI (ARPA Piemonte, Arpa-SIMC Emilia-Romagna e Servizio nazionale aeronautico nazionale AM) con un passo di griglia di 5 km, un intervallo temporale di tre giorni e due corse previsionali al giorno.	Modalità di accesso ai prodotti previsionali. La scelta è tra l'ultimo run disponibile (last) oppure definizione periodo temporale (window). Verranno estratti pacchetti solo per i periodi non antecedenti i 5 giorni il momento dell'esecuzione.
COSMO 2I: previsioni numeriche sull'area mediterranea con modello COSMO gestite dal consorzio LAMI (ARPA Piemonte, Arpa-SIMC Emilia-Romagna e Servizio nazionale aeronautico nazionale AM) con un passo di griglia di 2.2 km. COSMO 2I elabora previsioni per due giorni due volte al giorno, esso genera inoltre previsioni a più breve scadenza (18 ore) riaggornate ogni tre ore	(Solo in modalità window) Definizione timestamp di start ed end del periodo di ricerca dei run disponibili

3 in futuro è previsto che il modello Cosmo sarà sostituito dal modello Icon

Dati (3)	Parametri di Configurazione o Controllo:
e, infine, una previsione probabilistica di ensemble una volta al giorno.	
CO COSMO-IT EPS: un sistema di previsione d'insieme di COSMO-IT che permette la convezione.	<p>Dimensione da ridurre definita secondo i seguenti parametri:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ <code>redux_dim</code> = <dimensione ridotta, può assumere valori x, y, z o t> ○ <code>redux_dim_value</code> = <solo in caso di x, y, e z, valore in coordinate geografiche lat/lon EPSG 4326 WGS 84 oppure s.l.m.>
COSMO LEPS: catena operativa gestita da ARPAE-SIMC, sistema di previsione probabilistica di ensemble basato sul modello Cosmo, che opera con un passo di griglia di 7 km e su un'area europea.	
ICON-IT: modello non idrostatico a griglia icosaedrica gestito da AM e in grado di risolvere la convezione intensa. ICON-IT è integrato due volte al giorno (00 e 12 UTC) fino a 48 ore su una griglia che copre l'Italia (passo di 2.2 km e 65 livelli verticali). ICON-IT utilizza le condizioni al contorno del modello ECMWF-HRES ed è inizializzato con l'analisi deterministica prodotta dalla configurazione ad altissima risoluzione del sistema di assimilazione di tipo ensemble (LETKF) che è calcolata ogni ora utilizzando 40 membri e la stessa tipologia di osservazioni usata nel sistema di assimilazione di COSMO-IT.	
MOLOCH_degrad_res: 2 giorni di previsioni MOLOCH, questo prodotto offre le previsioni ad alta risoluzione di MOLOCH su una griglia di densità di 1,5 km sull'Italia, fornendo aggiornamenti orari sulla superficie.	
MOLOCH ISPRA: 3 giorni e mezzo di previsioni MOLOCH con risoluzione spaziale a 2.5 km eseguite due volte al giorno.	
MOLOCH-GFS LAMMA: versione in uso presso il LAMMA innestato sul GFS con risoluzione spaziale pari a 2.5 km	
MOLOCH-ECMWF LAMMA: versione in uso presso il LAMMA innestato sul GFS con risoluzione spaziale a 2.5 km	
MOLITA15_Italy: modello MOLOCH di ARPA Liguria Il dominio del MOLOCH copre interamente l'Italia ad una risoluzione di 0.014 gradi (circa 1.5 km) con 882 x 898 punti griglia su 60 livelli verticali. Previsioni fino a 48 ore.	
MOLITA15_Zoom: modello MOLOCH di ARPA Liguria Il dominio del MOLOCH copre il nord Italia con risoluzione spaziale pari a 1.5 km	

Dati (3)	Parametri di Configurazione o Controllo:
MOLOCH_full_res: sfruttando una griglia di risoluzione con punti dati variabili, MOLOCH_degrad_res aggiorna tutte le principali variabili meteorologiche ogni tre ore. Adotta una griglia di risoluzione assottigliata, in pratica un punto "sì" e un punto "no".	
BOLAM: 3 giorni. Le previsioni BOLAM, con un'impressionante risoluzione di 8 km, forniscono aggiornamenti completi su tutte le variabili meteorologiche rilevanti ogni tre ore e copre il territorio Europeo.	
BOLAM-MOLOCH Blended Precipitation: un prodotto sintetico che combina le capacità di BOLAM e MOLOCH. Offre previsioni di precipitazioni miste sulla griglia Moloch, con periodi di accumulo variabili aggiornati ogni tre ore.	
BOLAM ISPRA: versione del BOLAM a 7.8 km eseguita due volte al giorno con previsioni estese a 5 giorni e mezzo	
BOLAMN-GFS LAMMA: versione in uso presso il LAMMA su base GFS con risoluzione spaziale pari a 7 km.	
BO08_Europe: modello BOLAM di ARPAL Liguria innestato innestato nell'IFS dell'ECMWF. Il dominio copre gran parte dell'Europa con una risoluzione di 0.074 gradi (circa 8 km), per un totale di 442 x 392 punti griglia su 60 livelli verticali. Previsioni fino a 72 ore.	
Globo_global: per chi cerca una prospettiva globale, le previsioni di Globo_global coprono il mondo intero su una griglia di risoluzione di 19 km, aggiornando importanti variabili meteorologiche ogni 12 ore.	
Globo_eu: incentrate sulla regione euro-atlantica, le previsioni di Globo_eu includono tutte le principali variabili, con aggiornamenti disponibili ogni sei ore.	
ECMWF IFS: Il modello meteorologico ad area globale IFS (Integrated Forecast System) elaborato operativamente da ECMWF nella sua realizzazione deterministica (intesa come processo di simulazione dell'evoluzione atmosferica nei giorni successivi, effettuata per mezzo di modelli fisico-matematici). Il modello gira operativamente due volte al giorno (00UTC e 12UTC), al fine di definire gli scenari nel breve e medio termine a grande scala. I campi meteorologici hanno risoluzione spaziale di circa 25km e temporale di 6 ore e coprono una finestra previsionale di 10 giorni a partire dalla data di inizializzazione	

Dati (3)	Parametri di Configurazione o Controllo:
ECMWF ENS: è un ensemble di 51 previsioni con una risoluzione orizzontale di circa 9 km. Comprende una previsione di controllo (CNTWRL) e 50 previsioni con condizioni iniziali e fisica del modello leggermente modificate.	
NCEP GFS: previsione globale di 0,25 gradi singoli con il parametro più comunemente utilizzato	
WRF-GFS 12KM LAMMA: Il modello WRF_12km del LAMMA gira su una griglia lambertiana a 12 km di risoluzione su di una vasta area che copre tutta l'area mediterranea con 50 livelli verticali e parametrizzazione dei cumuli.	
WRF-GFS 3 KM LAMMA: Il modello WRF_3km gira su una griglia lambertiana a 3 km di risoluzione su di una area che copre la penisola italiana con 50 livelli verticali senza parametrizzazione dei cumuli (convezione esplicita)	
WRF ARPA FVG: modello WRF di tipo LAM. L'implementazione operativa in Arpa FVG prevede tre domini di calcolo, innestati in sequenza e ciascuno avente risoluzione spaziale maggiore del precedente. Con questa procedura il dettaglio dei campi atmosferici sulla regione Friuli Venezia Giulia raggiunge i 2 km x 2 km, in orizzontale, mentre l'evoluzione temporale viene salvata in file con la risoluzione dell'ora. L'area a massima risoluzione copre l'intera regione AlpeAdria.	
Si prevede l'aggiunta di ulteriori modelli su specifica eventuale degli stakeholder	

Output: per ogni run del modello previsionale considerato dall'algoritmo vengono creati dei pacchetti dati (in un formato da definire tra GRIB o NCEP) che consistono in un set ridotto di dimensioni e variabili.

Esempio:

nome pacchetto: <model_name>.t<run_time_hour>z.<resolution>.f<forecasting_time>. <x, y or z value>. <extension>.

Per ogni prodotto estratto vengono create delle rappresentazioni grafiche sottoforma di contour plot o mappe ad area di colore dove la coordinata orizzontale rappresenta una delle due dimensioni planimetriche (x o y) e la coordinata verticale la quota altimetrica (z). (formato PNG o JPEG).

Complessità computazionale: alta;

Utilizzo: nowcasting e previsione meteorologica;

Grado di Maturità: consolidato;

Estrazione variabili da prodotti della rianalisi ERA5;

Nome dell'algoritmo: ERA5_extractor;

Descrizione: interfaccia per l'import dei dati della rianalisi ECMWF ERA5 ed estrattore delle variabili ritenute di interesse in campi bi-dimensionali per assegnato valore di latitudine, longitudine o livello da archiviare in pacchetti dati nel filesystem del SIM;

Passaggi Chiave:

- Lettura ed estrazione dei campi 4-dimensionali (x, y, z, t) delle variabili ambientali di interesse da ERA5 per il periodo temporale definito dall'utente;
- Estrazione di campi tri-dimensionali di tipo (x, y, t) , (x, z, t) o (y, z, t) per assegnati valori di, rispettivamente z , y e x della variabile data;
- Archiviazione dei campi bi-dimensionali delle variabili di interesse in pacchetti dati nel filesystem del SIM.

Input:

Dati	Parametri di Configurazione o Controllo:
ERA5: ERA5 è la quinta generazione di rianalisi atmosferica ECMWF del clima globale che copre il periodo da gennaio 1940 a oggi. ERA5 è prodotta dal C dall'ECMWF è accessibile attraverso il Data Store del Copernicus Climate Change Service (C3S). Stime orarie di un gran numero di variabili climatiche atmosferiche, terrestri e oceaniche di ECMWF. I dati coprono la Terra su una griglia di 30 km e risolvono l'atmosfera utilizzando 137 livelli dalla superficie fino a un'altezza di 80 km.	Lista delle variabili da estrarre e archiviare
	Modalità di accesso ai prodotti previsionali. La scelta è tra l'ultimo <i>run</i> disponibile (<i>last</i>) oppure definizione di un periodo temporale (<i>window</i>).
	(Solo in modalità <i>window</i>) Definizione <i>timestamp</i> di <i>start</i> ed <i>end</i> del periodo di ricerca dei dati disponibili. Per ogni istante temporale (qui chiamato <i>reanalysis_time</i>) disponibile nel repository di ERA5 viene svolta l'estrazione.
	Dimensione da ridurre definita secondo i seguenti parametri: <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>redux_dim</i>=<dimensione ridotta, può assumere valori x, y, z o t> ○ <i>redux_dim_value</i>=<solo in caso di x, y e z, valore in coordinate geografiche lat/lon EPSG 4326 WGS 84 oppure s.l.m.>

Output:

- per ogni dataset estratto vengono creati dei pacchetti dati (in un formato da definire tra GRIB o NCEP) che consistono in un set ridotto di dimensioni e variabili. Esempio nome pacchetto: ERA5.f<reanalysis_time>. <x, y or z value>. < extension>;
- per ogni prodotto estratto vengono create delle rappresentazioni grafiche sottoforma di contour plot o mappe ad area di colore dove la coordinata orizzontale rappresenta una delle due dimensioni planimetriche (x o y) e la coordinata verticale la quota altimetrica (z). (formato PNG o JPEG).
- Per ogni prodotto estratto vengono create delle rappresentazioni grafiche sottoforma di mappe georeferenziate delle variabili atmosferiche per la loro rappresentazione nei visualizzatori GIS (formato TIFF)

Complessità computazionale: alta;

Utilizzo: analisi climatologiche;

Grado di Maturità: consolidato;

1.6.5 [Dettagli sui Modelli](#)

All'interno di questo applicativo non saranno implementati dei modelli di previsione, ma saranno usati modelli esposti dai fornitori terzi, una breve elencazione dei modelli si trova nei paragrafi iniziali di questo documento.

1.6.6 [Interazione tra Algoritmi e Modelli](#)

Il risultato dei modelli dovrà essere interpretato e gestito all'interno dell'applicativo per renderlo fruibile all'utente finale.

Il ruolo degli algoritmi è quello di "interpretare" il risultato dei modelli stessi di estrarne esclusivamente le variabili richieste dall'utente.

1.6.7 [Analisi della Complessità Computazionale](#)

I modelli sono implementati fuori dal SIM considerata la loro complessità e difficoltà di implementazione, l'applicativo e quindi il SIM non risentono della complessità computazionale dei modelli stessi ma della sola componente algoritmica.

1.6.8 [Casistica di Utilizzo](#)

I modelli sono implementati fuori dal SIM si faccia riferimento alla documentazione del fornitore o al paragrafo sugli algoritmi.

1.6.9 Misure di Validazione e Verifica

Argomento non trattato, che va ricondotto alla documentazione dei gestori dei diversi sistemi previsionali.

1.7 Dati di output

1.7.1 Introduzione

I dati di output sono trattati come parte integrante dell'elaborazione degli algoritmi stessi, qui viene riportato un dettaglio sintetico di quanto viene estratto dall'algoritmo.

1.7.2 Elenco Dati di Output

I dati forniti in output saranno i dati forniti all'interno del file GRIB ed eventuale elaborazione di fase di post processing. Di seguito riportiamo un esempio degli output generati. In funzione del modello e del fornitore scelto saranno applicati diversi algoritmi:

- Geopotential height (gpm)
- Temperature (K)
- U component of wind (ms⁻¹)
- V component of wind (ms⁻¹)
- Vertical velocity (Pressure) (Pa s⁻¹)
- Relative humidity (%)
- Rain precipitation or specific rain water content (kg kg⁻¹)
- Snow precipitation or specific snow water content (kg kg⁻¹)
- Total precipitation (kg m⁻²)

Output: per ogni dataset estratto vengono creati dei pacchetti dati (in un formato da definire tra GRIB o NCEP) che consistono in un set ridotto di dimensioni e variabili.

ID	Nome	Categoria	Algoritmo
V1AP01_DO001	previsioni delle condizioni meteorologiche	file binario	NWP_extractor
V1AP01_DO002	mappe delle condizioni meteorologiche	file GIS	NWP_extractor
V1AP01_DO003	vista altimetrica delle previsioni delle condizioni meteorologiche	file immagine	NWP_extractor
V1AP01_DO004	rianalisi delle condizioni meteorologiche	file binario	ERA5_extractor
V1AP01_DO005	mappa dei prodotti della rianalisi delle condizioni meteorologiche	file GIS	ERA5_extractor
V1AP01_DO006	vista altimetrica dei prodotti della rianalisi delle condizioni meteorologiche	file immagine	ERA5_extractor

1.7.3 Dettagli sui Dati di Output

ID	Descrizione	Proprietà dei Dati (owner)	Soluzioni per l'Accesso ai Dati	Frequenza di Aggiornamento	Caratteristiche Sensibilità Dato	Criticità
V1AP01_DO001	previsioni delle condizioni meteorologiche. Per ogni pacchetto dati ottenuto dai modelli previsionali atmosferici vengono creati dei file che consistono in un set ridotto di variabili con dimensione limitata escludendo una coordinata spaziale oppure temporale. file GRIB o netCDF	SIM	Informazioni visualizzabili attraverso il visualizzatore e cartografico GIS del front-end del SIM e scaricabili	Ad ogni esecuzione dell'algoritmo "NWP_extractor"	Si ritiene che il dato elaborato a partire dai dati generati dai sistemi federati sia dotato della medesima classificazione e di riservatezza	
V1AP01_DO002	mappe delle condizioni meteorologiche. Per ogni pacchetto dati ottenuto dai modelli previsionali atmosferici vengono create delle rappresentazioni grafiche sottoforma di mappe georeferenziate delle variabili atmosferiche per la loro rappresentazione e nei visualizzatori GIS.	SIM	Informazioni visualizzabili attraverso il visualizzatore e cartografico GIS del front-end del SIM	Ad ogni esecuzione dell'algoritmo "NWP_extractor"	Si ritiene che il dato elaborato a partire dai dati generati dai sistemi federati sia dotato della medesima classificazione e di riservatezza	

ID	Descrizione	Proprietà dei Dati (owner)	Soluzioni per l'Accesso ai Dati	Frequenza di Aggiornamento	Caratteristiche Sensibilità Dato	Criticità
	file TIFF georeferenziato					
V1AP01_DO003	<p>vista altimetrica delle previsioni delle condizioni meteorologiche.</p> <p>Per ogni pacchetto dati ottenuto dai modelli previsionali atmosferici vengono create delle rappresentazioni grafiche sottoforma di <i>contour plot</i> o mappe ad area di colore dove la coordinata orizzontale rappresenta una delle due dimensioni planimetriche (x o y) e la coordinata verticale la quota altimetrica (z). file PNG o JPEG</p>	SIM	Informazioni visualizzabili attraverso l'interfaccia grafica del front-end del SIM e scaricabili	Ad ogni esecuzione dell'algoritmo "NWP_extractor"	Si ritiene che il dato elaborato a partire dai dai pacchetti dati generati dai sistemi federati sia dotato della medesima classificazione e di riservatezza	
V1AP01_DO004	<p>analisi delle condizioni meteorologiche</p> <p>Per ogni prodotto della rianalisi ECMWF ERA5 estratto vengono creati dei pacchetti dati che consistono in un set ridotto di variabili con dimensione</p>	SIM	Informazioni visualizzabili attraverso il visualizzatore e cartografico GIS del front-end del SIM	Ad ogni esecuzione dell'algoritmo "ERA5_extractor"	Si ritiene che il dato elaborato a partire dai dai pacchetti dati generati dai sistemi federati sia dotato della medesima classificazione e di riservatezza	

ID	Descrizione	Proprietà dei Dati (owner)	Soluzioni per l'Accesso ai Dati	Frequenza di Aggiornamento	Caratteristiche Sensibilità Dato	Criticità
	limitata escludendo una coordinata spaziale oppure temporale. file GRIB o netCDF					
V1AP01_DO005	mappa dei prodotti della rianalisi delle condizioni meteorologiche Per ogni prodotto della rianalisi ECMWF ERA5 estratto vengono create delle rappresentazioni grafiche sottoforma di mappe georeferenziate delle variabili atmosferiche per la loro rappresentazione e nei visualizzatori GIS. file TIFF georeferenziato	SIM	Informazioni visualizzabili attraverso il visualizzatore e cartografico GIS del front-end del SIM	Ad ogni esecuzione dell'algoritmo "ERA5_extractor"	Si ritiene che il dato elaborato a partire dai pacchetti dati generati dai sistemi federati sia dotato della medesima classificazione e di riservatezza	
V1AP01_DO006	vista altimetrica dei prodotti della rianalisi delle condizioni meteorologiche Per ogni prodotto della rianalisi ECMWF ERA5 estratto vengono create delle rappresentazioni grafiche sottoforma di <i>contour plot</i> o		Informazioni visualizzabili attraverso l'interfaccia grafica del front-end del SIM e scaricabili	Ad ogni esecuzione dell'algoritmo "ERA5_extractor"	Si ritiene che il dato elaborato a partire dai pacchetti dati generati dai sistemi federati sia dotato della medesima classificazione e di riservatezza	

ID	Descrizione	Proprietà dei Dati (owner)	Soluzioni per l'Accesso ai Dati	Frequenza di Aggiornamento	Caratteristiche Sensibilità Dato	Criticità
	mappe ad area di colore dove la coordinata orizzontale rappresenta una delle due dimensioni planimetriche (x o y) e la coordinata verticale la quota altimetrica (z) file PNG o JPEG					