

WEB GIS PER L'INTEGRAZIONE DI OSSERVAZIONI IN TEMPO REALE E MODELLAZIONE METEOROLOGICA

Dr.ssa Valeria Mancini

Tutor: Dr. Attilio Colagrossi

Cotutor: Nicolò Giua

Indice

Introduzione.....	2
1 Tipologie di dati	6
1.1 Osservazioni termo-pluviometriche in tempo reale.	6
1.1.1 Rete di monitoraggio	7
1.2 Previsioni meteorologiche	9
1.2.1 Modelli	9
1.2.2 Ambiente di calcolo.....	11
1.2.3 Produzione di mappe meteo	13
2 Gli strumenti utilizzati	16
2.1 Sistemi Informativi Geografici.....	16
2.1.1 WebGIS: AlovMap.....	26
2.1.1.1 Linguaggi di markup	28
2.1.1.2 Linguaggi di scripting.....	29
3 Realizzazione prototipale di un sistema integrato	30
3.1 Acquisizione dei dati	31
3.2 Metodologia di studio.....	32
3.2.1 Ricerche cartografiche.....	34
3.2.2 Previsioni meteorologiche	35
3.2.3 Sistemi per la cartografia digitalizzata	37
3.2.4 Dati in tempo reale	38
4 Analisi di alcuni siti meteo Italiani.....	41
5 Conclusioni.....	54
Bibliografia.....	55

Introduzione

Tra le numerose competenze dell'APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici) assumono un rilevante aspetto quelle relative all'osservazione delle condizioni meteo-marine in vicinanza delle coste Italiane, e quelle inerenti l'ottenimento di previsioni numeriche sia meteorologiche che dello stato del mare sull'intero bacino del Mediterraneo.

Per la previsione numerica dei fenomeni idrologici, meteorologici e marini che interessano il territorio nazionale, è stato realizzato il Sistema Idro-Meteo-Mare a cura del Servizio Raccolta e Gestione Dati del Dipartimento Tutela delle Acque Interne e Marine dell'APAT.

Scopo di questo lavoro è quello di realizzare un Sistema Informativo Geografico interrogabile via Web (WebGIS), ovvero un GIS i cui dati possano essere disponibili all'esterno tramite la rete internet, attraverso il quale si possano integrare le osservazioni termo-pluviometriche e le previsioni meteorologiche.

Il servizio ACQ-DAT dell'APAT ha a disposizione diverse banche dati dalle quali attingere i dati in tempo reale delle Temperature e delle Precipitazioni (dati termopluviometrici). Questi dati vengono trasmessi dalle varie stazioni di rilevamento ai centri regionali e da questi all'APAT. I dati dei termometri e dei pluviometri (Figura 1) vengono registrati con un intervallo di tempo che varia da regione a regione e che va da un minimo di 5 minuti ad un massimo di 30.

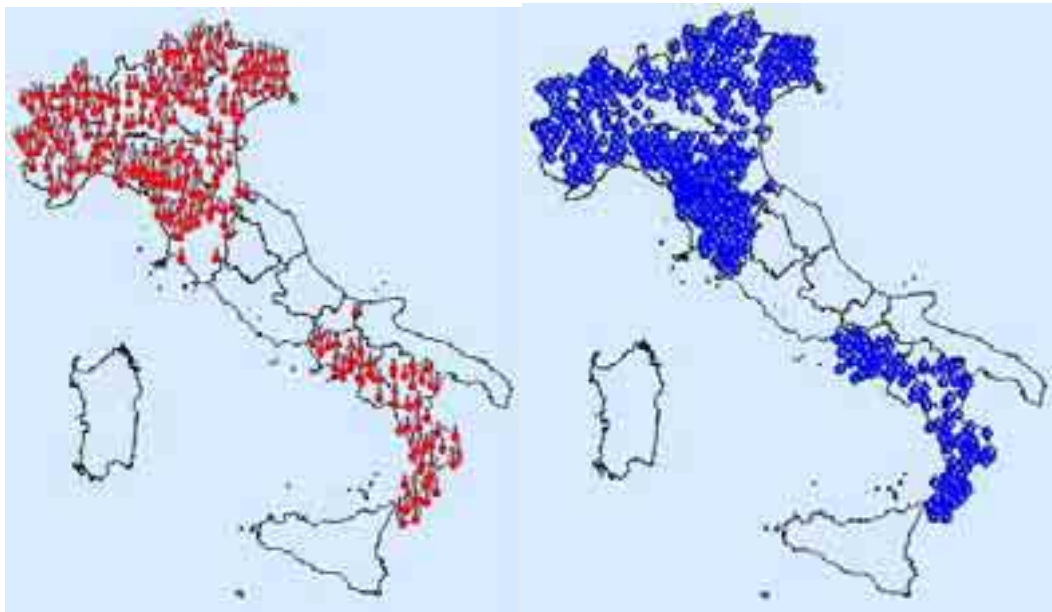


Figura 1. Stazioni termometriche e pluviometriche

Per ciò che concerne le previsioni meteorologiche vengono utilizzate quelle prodotte dal modello matematico QBolam sviluppato dal *CNR-FISBAT* di Bologna. Il grigliato del modello copre l'intero bacino del Mar Mediterraneo (Figura 2).

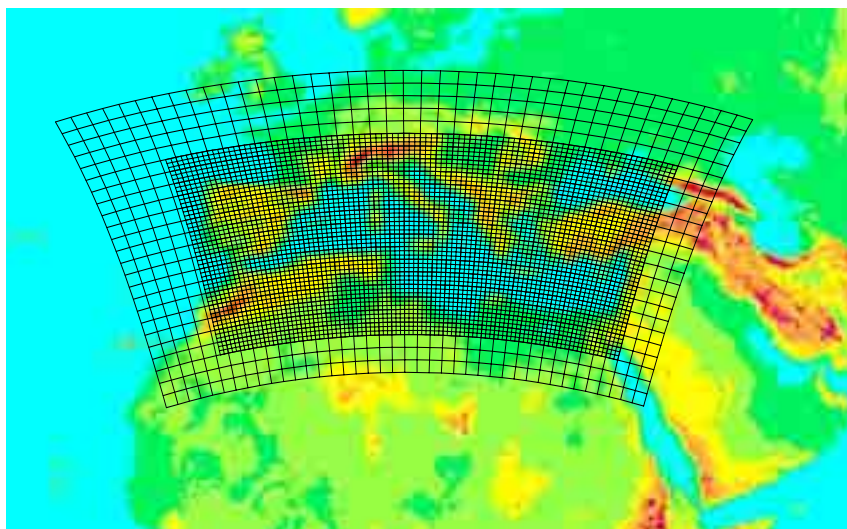


Figura 2. Bacino del Mediterraneo coperto dal modello previsionale

Nel sistema dell'APAT la produzione delle mappe previsionali, viene realizzata utilizzando il software GrADS che produce quotidianamente tre diverse tipologie di mappe meteo riguardanti rispettivamente temperatura, vento e pressione-precipitazione (Figura 3); il sistema fornisce, per ognuna di queste tipologie, una previsione ogni tre ore mediante la visualizzazione di 17 mappe meteo in sequenza, partendo dalle ore 00.00 proseguendo con le 03.00, 06.00, 09.00 e così via fino alle 00.00 del giorno successivo, per una previsione complessiva di 48 ore.

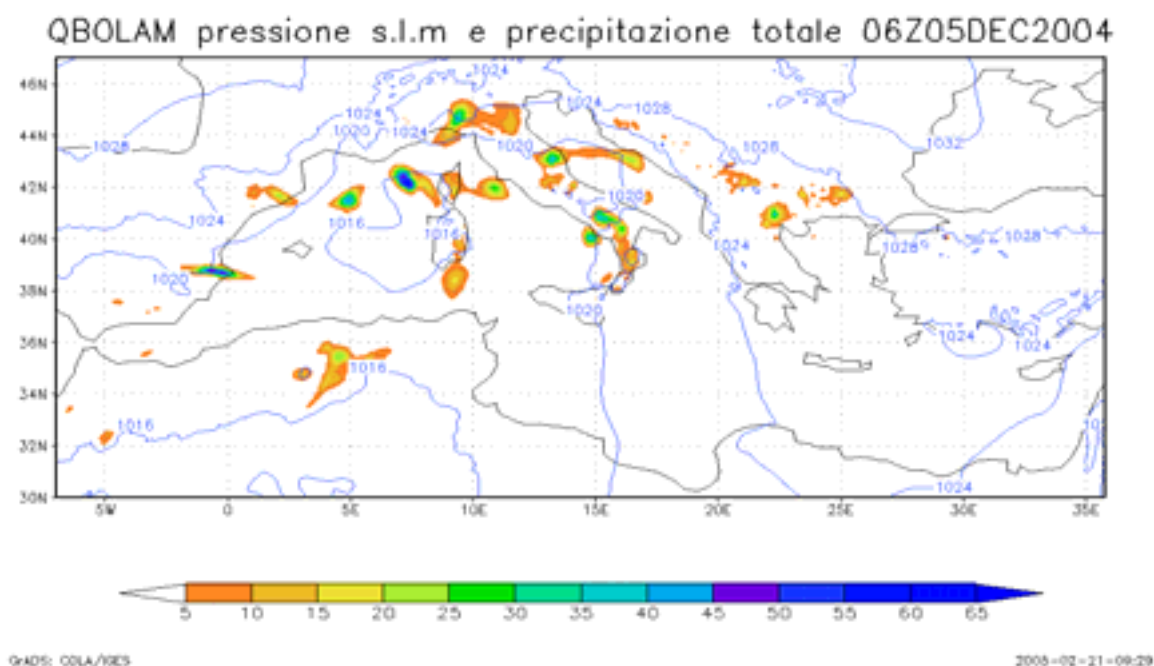


Figura 3. Mappa della Pressione sul livello del mare e delle Precipitazioni

Per poter valutare al meglio l'andamento della previsione nel corso dei giorni si è deciso di fornire nel sistema web al livello utente oltre alle 48 ore di previsione anche i dati relativi alle 24 ore del giorno precedente in modo tale da avere anche una visione più ampia dei cambiamenti di pressione, temperatura e vento nel corso dei tre giorni (ieri, oggi e domani).

Per la realizzazione dell'applicativo era necessario realizzare un sistema che non appesantisse il traffico di rete e la scelta è ricaduta su un linguaggio client side e su una soluzione WebGIS open source (linguaggio di programmazione di pubblico dominio illustrato più ampiamente in seguito); per questo è stato scelto il software ALOV Map/TMJava, un'applicazione Java dell'Università di Sydney, per la pubblicazione web di mappe vettoriali e raster con visualizzazione interattiva attraverso browser.

Obiettivo di questo lavoro è quello di realizzare un sistema integrato, ovvero un unico sistema attraverso il quale sia possibile accedere tramite un'interfaccia comune ad una serie di dati di tipo eterogeneo e renderli disponibili sul Web ad una vasta e varia utenza.

1 Tipologie di dati

I dati utilizzati in questo lavoro provengono dalle osservazioni termo-pluviometriche e dalle previsioni meteorologiche.

1.1 Osservazioni termo-pluviometriche in tempo reale.

Il modo in cui gli strumenti di misura (termometri e pluviometri) vengono esposti costituisce un fattore determinante nella misura di certe grandezze meteorologiche; al fine di poter comparare le osservazioni effettuate in stazioni differenti è, di conseguenza, necessario che le esposizioni siano scelte con criterio uniforme.

Le stazioni di misura di temperatura ed umidità dell'aria devono essere ubicate su un terreno livellato per una superficie di circa 9m x 6m, coperta da erba rasata, ma non da alberi o costruzioni e in una posizione che rappresenti con sufficiente approssimazione le condizioni climatologiche medie dell'ambiente circostante. Nei limiti del possibile la stazione non deve essere ubicata su pendii ripidi, su creste, su scarpate o in depressioni del terreno, né essere prossima ad importanti discontinuità di pendenza o nelle immediate prossimità di grandi costruzioni.

Gli strumenti per la misura delle precipitazioni hanno invece necessità di essere protetti, ad opportuna distanza, da alberi, arbusti o da analoghi ostacoli, che, disposti in modo opportuno, riparino i siti dal vento pur senza provocare fenomeni locali di turbolenza.

I dati dei termometri e dei pluviometri vengono registrati con un intervallo di tempo che varia da regione a regione e che va da un minimo di 5 minuti ad un massimo di 30 minuti.

Le regioni “coperte” dai termometri sono: Valle d'Aosta, Piemonte, Liguria, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia, Emilia Romagna, Toscana, Molise, Campania, Basilicata e Calabria.

Le regioni “coperte” dai pluviometri sono: Valle d'Aosta, Piemonte, Liguria, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia, Emilia Romagna, Toscana, Campania, Basilicata e Calabria.

1.1.1 Rete di monitoraggio

L'esattezza globale delle misure dipende dalla densità della rete d'osservazione; per accrescere l'esattezza delle osservazioni bisogna realizzare reti più fitte, tenuto conto dell'errore di interpolazione tra le stazioni. E' dunque essenziale considerare insieme l'esattezza delle osservazioni e la densità della rete d'osservazione, tenendo comunque presente che è necessario che la rete abbia una densità minima, tale da consentire l'individuazione e l'analisi dei sistemi meteorologici. Tutte le variabili vanno prese in considerazione contemporaneamente per effettuare una interpolazione globale, anche a scala planetaria, tenendo altresì conto del fatto che la scala spaziale dei sistemi atmosferici varia con la latitudine e la stagione.

Nella progettazione di una nuova rete di osservazione o nella ristrutturazione di una rete esistente, occorre tener conto degli scopi per i quali la rete stessa viene realizzata; in relazione a ciò, viene stabilita la densità ottimale delle stazioni di raccolta dati.

Il termine “rete di rilevamento di grandezze meteorologiche a fini idrologici” definisce, in generale, l'insieme delle installazioni fisse e temporanee che, distribuite su un dato territorio, vengono utilizzate per la misura dei valori locali. Requisito fondamentale di una rete è che l'insieme degli strumenti sia il più possibile coordinato ed efficiente.

Le reti possono essere classificate in base al livello di informazione richiesto:

1. livello di base, relativo a grandi aree geografiche, in cui interessa il lungo periodo, stagionale e/o annuale;
2. livello relativo alla scala subregionale, in cui interessa la scala temporale mensile ma anche il singolo evento;
3. livello locale, in cui interessa un dettaglio temporale molto elevato, sempre inferiore o pari alla durata del singolo evento meteorico.

La precisione con cui i diversi parametri meteorologici devono essere misurati, varia in funzione della utilizzazione prevista per i dati, sebbene si tenda a garantire in ogni caso, la compatibilità con i dati precedentemente rilevati al fine di assicurare l'omogeneità delle serie storiche.

Qualora risulti difficile attribuire un valore assoluto all'errore, come nei casi dei dati pluviometrici, l'esecuzione di misure complementari consente, in genere, la raccolta di dati sufficientemente precisi.

Per assicurare l'esattezza e la compatibilità dei dati è necessario dare corso con regolarità ad adeguate procedure di manutenzione e taratura degli strumenti. Di conseguenza, qualsiasi sia il programma di campionamento, si dovrà porre particolare attenzione a mantenere costante la precisione delle rilevazioni al fine di garantire la qualità dei dati.

I dati così ottenuti vengono trasmessi dalle stazioni di rilevamento ai vari centri regionali e da questi all'APAT (Figura 4).

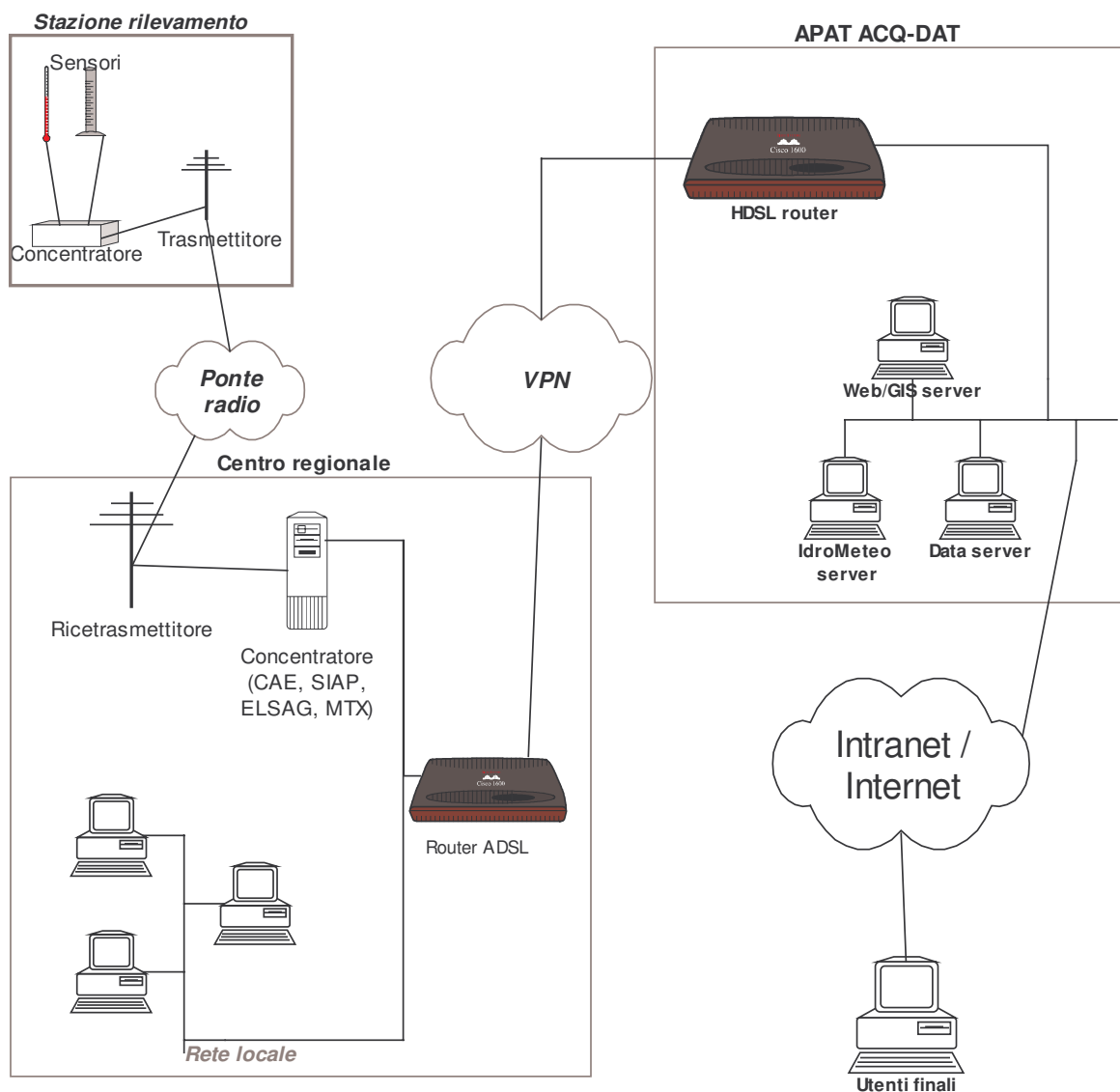


Figura 4. Rete di trasmissione dati

1.2 Previsioni meteorologiche

Il modulo principale del Sistema Idro-Meteo-Mare è composto da una serie di modelli in cascata, finalizzato da una parte alla previsione delle condizioni meteorologiche al suolo ad alta risoluzione, con particolare attenzione alle precipitazioni ed al vento, dall'altra alle condizioni del mare su tutto il Mediterraneo ed all'evoluzione dei fenomeni mareali all'interno della Laguna di Venezia, con particolare riferimento al fenomeno delle acque alte.

1.2.1 Modelli

Il sistema previsionale è composto da una serie di modelli numerici di tipo atmosferico ed oceanico, eseguiti in sequenza. Viene di seguito riportata una breve descrizione dei vari modelli utilizzati dal sistema previsionale:

- **Il Modello Meteorologico** Il modello meteorologico ad area limitata utilizzato nel sistema, denominato *QBOLAM*¹ è la versione parallela per supercalcolatori *Quadrics* del modello *BOLAM*² sviluppato dal *CNR-FISBAT* di Bologna. *QBOLAM* è un modello tridimensionale, che integra le equazioni di conservazione della massa, del momento e dell'energia. Le variabili prognostiche sono le componenti longitudinale e latitudinale della velocità del vento, la temperatura potenziale, l'umidità specifica e la pressione superficiale.
- **Il Modello Spettrale per il Mediterraneo** La previsione dell'ampiezza, della frequenza e della direzione delle onde del Mar Mediterraneo è ottenuta attraverso il modello *WAM*³. Tale modello descrive l'evoluzione dello spettro delle onde del mare risolvendo le equazioni del trasporto dell'energia. Lo spettro delle onde è modificato localmente da una funzione sorgente che rappresenta l'energia di *input* dovuta al vento, la ridistribuzione dell'energia dovuta alle interazioni non lineari e la dissipazione dell'energia dovuta alla rottura delle onde e agli attriti sul fondo. Nella configurazione standard lo spettro delle onde è discretizzato con 12 direzioni e con 21 frequenze che variano da 0.06 Hz a 0.42 Hz . La propagazione dell'energia e

¹ Nicastro and Valentinotti, 1998

² *Bologna Limited Area Model*, Buzzi et al., 1994

³ *Wave Model*, The WAMDI group, 1988

l'integrazione della funzione sorgente sono trattate numericamente con tecniche differenti.

- **Il Modello di Circolazione per l'Adriatico** La circolazione nel Mar Adriatico è simulata utilizzando il modello oceanico *POM*⁴. Sebbene *POM* sia un modello tridimensionale, nel sistema il modello viene utilizzato in approssimazione barotropica in cui le variabili prognostiche sono l'elevazione della superficie libera e la velocità orizzontale mediata verticalmente.
- **Il Modello di Circolazione per la Laguna di Venezia** Il modello per la laguna di Venezia⁵ (*VL-FEM*), integra le equazioni di conservazione della massa e del momento orizzontale nelle incognite altezza e velocità dell'acqua. Il modello usa un metodo agli elementi finiti per l'integrazione spaziale e un metodo semi-implicito alle differenze finite per l'integrazione temporale. Il vantaggio di usare un modello agli elementi finiti è la possibilità di variare la dimensione e la forma degli elementi in maniera tale da poter meglio adattarsi alla complessa morfologia della laguna di Venezia (Figura 5). Il modello richiede, ad ogni *time step*, l'altezza dell'acqua alle bocche di porto e lo *stress* sulla superficie libera della laguna.

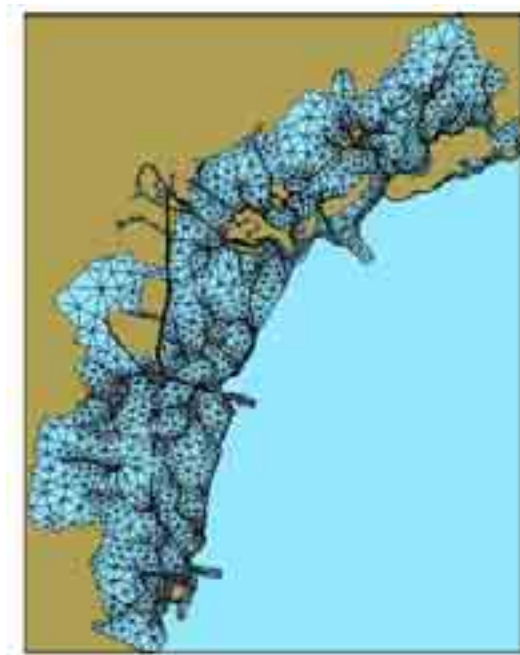


Figura 5. Mesh agli elementi finiti per la Laguna di Venezia.

⁴ *Princeton Ocean Model*, Blumberg and Mellor, 1987

⁵ Umgiesser et al., 1988

1.2.2 Ambiente di calcolo

In questa sezione viene descritto il sistema previsionale basato sulla piattaforma parallela *Quadrics/APE100*, che nel 1997 è stata scelta come l'architettura adatta a fornire le risorse computazionali necessarie per soddisfare le richieste di operatività.

In seguito verrà descritto il sistema basato su cluster Linux adottato nel 2003 quando l'APAT decise di affiancare al sistema operativo esistente un secondo sistema previsionale.

Il supercalcolatore Quadrics/APE100

Quadrics/APE100 è un computer parallelo basato su reticolo cubico tridimensionale di nodi di calcolo (processing elements, PE's) con condizioni periodiche al contorno. Ogni PE è composto da un processore per il calcolo e tutti i PEs eseguono lo stesso codice. Esiste inoltre un componente, chiamato Commuter, dedicato alla comunicazione dei dati da un nodo a ognuno dei sei nodi vicini lungo le tre direzioni spaziali.

La macchina scelta dall'APAT per eseguire il modello meteorologico in configurazioni di servizio è composta da 128 processori, per un totale di 6.4 GFlops di prestazioni di picco e di 512 MByte di memoria.

Il linguaggio di programmazione di Quadrics/APE100 è il *TAO*, un linguaggio ad alto livello, completo di funzioni per la gestione delle caratteristiche parallele della macchina e per le comunicazioni tra nodi.

Risultati del sistema Quadrics/APE100-QBolam

All'interno del sistema previsionale il modello meteorologico viene eseguito a due differenti risoluzioni spaziali. Con la sigla *HR-QBolam* (*High Resolution QBolam*) è stata indicata la configurazione ad alta risoluzione (circa 30 km di passo di griglia orizzontale) e con la sigla *VHR-QBolam* (*Very High Resolution QBolam*) è stata indicata la configurazione ad altissima risoluzione (circa 10 km di passo di griglia orizzontale). Il grigliato del modello *VHR-QBolam* copre l'intero bacino del Mar Mediterraneo ed è innestato nel grigliato di *HR-QBolam* nella maniera indicata in figura 6.

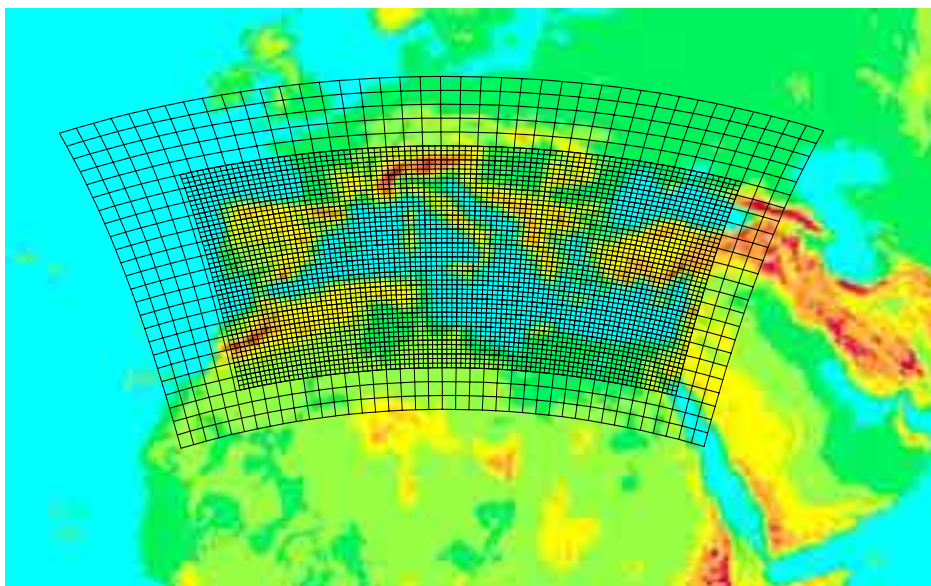


Figura 6. Domini computazionali del modello meteorologico per le due risoluzioni spaziali

Il sistema basato su cluster Linux

Dopo più di quattro anni di operatività del sistema l'APAT decise di affiancare al sistema operativo esistente un secondo sistema previsionale, in cui una nuova versione parallela del modello meteorologico ad alta risoluzione viene eseguita su un cluster Linux. Tale progetto ha prodotto come primo risultato lo sviluppo del codice *PBolam* per macchine parallele a memoria distribuita.

Prestazioni di PBolam su SGI Altix 350

La macchina Altix 350 è un cluster basato su una versione modificata di LINUX che permette di gestire fino a 16 processori. Il cluster Altix dell'APAT è composto da 4 nodi, ognuno con 2 processori per un totale di 8 processori (potenza di picco di 44.8 GFlops) e 8 Gbyte di memoria RAM.

L'intero sistema previsionale che verrà eseguito sul cluster Altix in un primo momento andrà ad affiancare il sistema oggi in configurazione di servizio per sostituirlo completamente nel prossimo futuro. L'architettura HW del nuovo sistema previsionale risulterà particolarmente semplificata dal fatto che tutti i codici, sia quelli paralleli sia quelli sequenziali, saranno eseguiti su un'unica macchina (l'Altix) eliminando l'uso sia del calcolatore parallelo Quadrics/APE100 sia dell'Alpha server e, di conseguenza, eliminando anche l'uso di tutti quei delicati meccanismi di trasferimento/processamento dei dati tra due architetture completamente eterogenee.

La fase più importante di questo progetto, ovvero lo sviluppo della versione parallela del codice BOLAM per macchina a memoria distribuita, è stata completata. Utilizzando tutti i processori dell'Altix, sono stati ottenuti tempi di esecuzione per PBolam di circa *un terzo* rispetto al tempo impiegato da QBolam su Quadrics/APE100.

1.2.3 Produzione di mappe meteo

Inizialmente la produzione di mappe meteorologiche, nel sistema dell'APAT, veniva realizzata mediante IDL, un software a pagamento, che produce quotidianamente tre diverse tipologie di mappe meteo riguardanti rispettivamente temperatura, vento e pressione-precipitazione; il sistema fornisce, per ognuna di queste tipologie, una previsione ogni tre ore mediante la visualizzazione di 17 mappe meteo in sequenza, partendo dalle ore 00.00 proseguendo con le 03.00, 06.00, 09.00 e così via fino alle 00.00 del giorno successivo, per una previsione complessiva di 48 ore.

In seguito è stata ottenuta una analoga visualizzazione delle mappe meteorologiche previsionali, utilizzando, sul sistema operativo Linux, il software GrADS ed il linguaggio di scripting ad esso associato. Questo perché l'APAT ha avviato, ormai da qualche tempo, una riorganizzazione dei sistemi software e hardware che porterà in breve alla graduale sostituzione di sistemi 'proprietary', di sistemi basati su script di basso livello, file system ecc. in favore dei sempre più diffusi programmi con licenza "GNU/GPL" come ad esempio Linux, Apache, MySQL, PHP, Java.

Giornalmente sono prodotti circa 186 MByte di dati relativi a 48 ore di previsioni meteo-marine; tra questi sono compresi anche i dati necessari alla produzione delle suddette mappe, ovvero temperatura a 2m (°C), componente longitudinale del vento a 10m (m/s), componente latitudinale del vento a 10m (m/s), precipitazione cumulata (mm) e pressione riferita al livello medio del mare (hPa).

Il post-processamento dei dati meteo, legge i dati e produce dei files contenenti i campi meteorologici in formato adatto alla visualizzazione con GrADS e dei files che rappresentano la descrizione dei dati (data descriptor files).

Vengono di seguito riportati esempi di mappe meteorologiche prodotte con GrADS: le mappe delle Precipitazioni (Figura 7), della Temperatura (Figura 8) e del Vento (Figura 9).

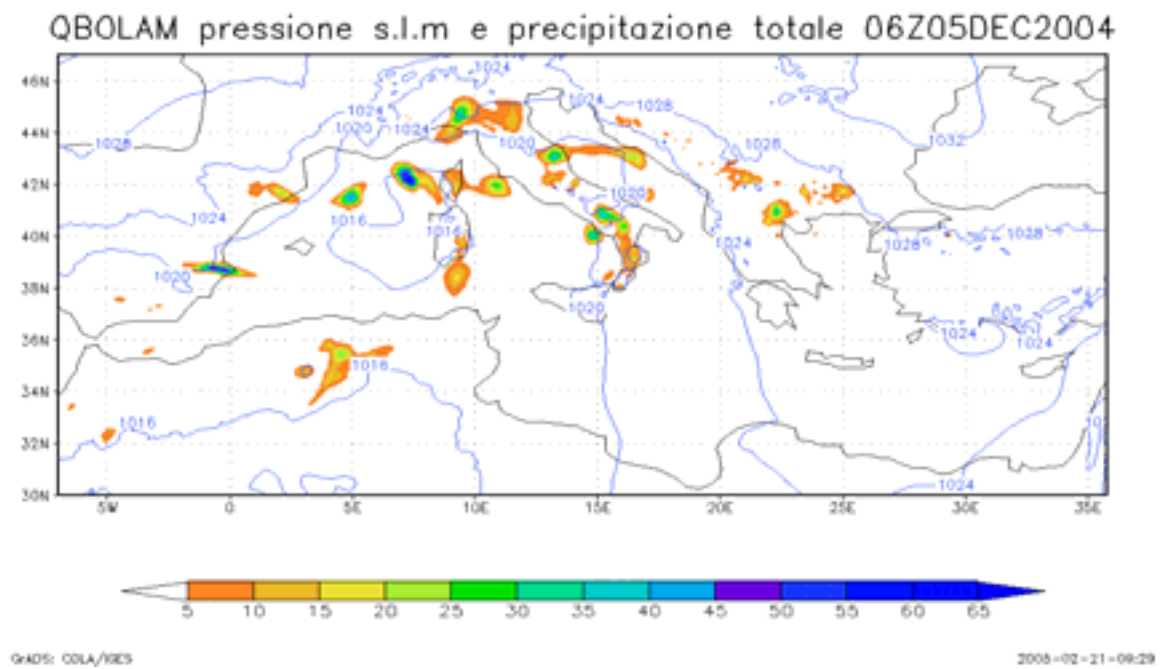


Figura 7. Mappa della Pressione sul livello del mare e delle Precipitazioni

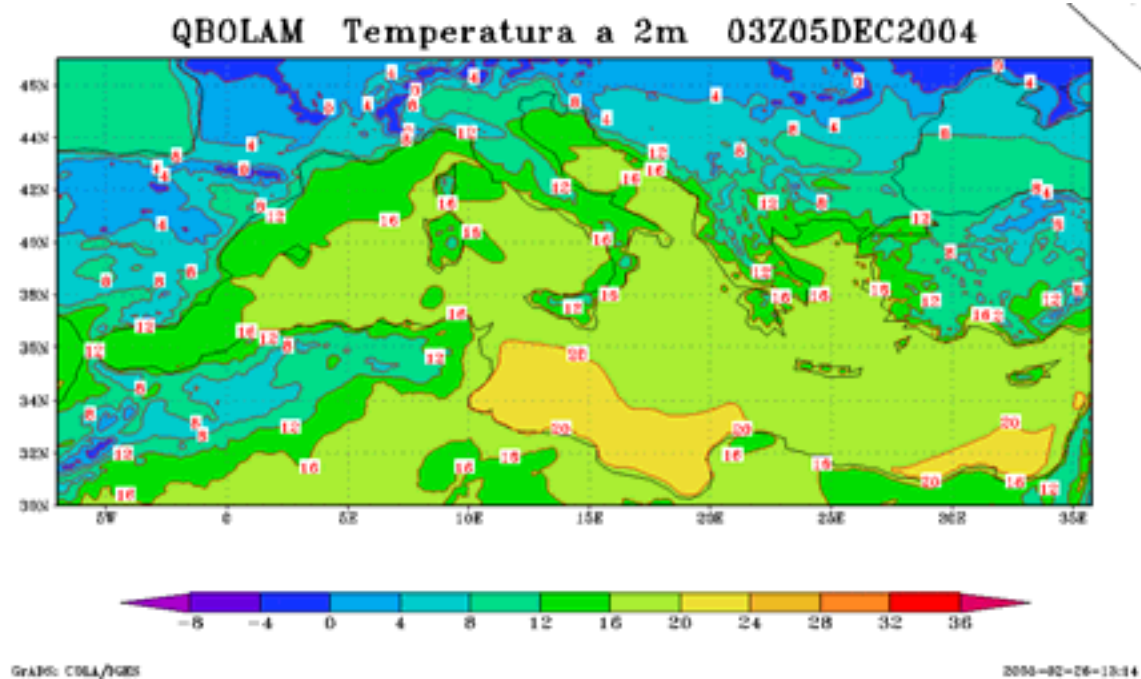


Figura 8. Mappa della Temperatura

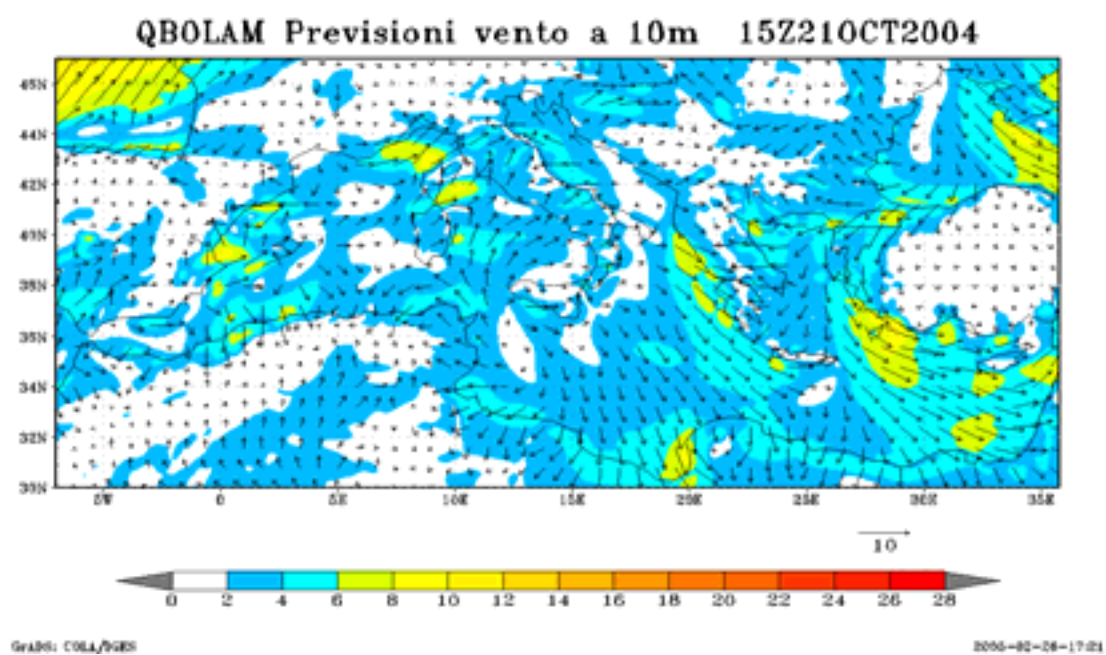


Figura 9. Mappa delle Previsioni del Vento

2 Gli strumenti utilizzati

2.1 Sistemi Informativi Geografici

I Sistemi Informativi Geografici (GIS) sono sistemi informatizzati per l'acquisizione, la memorizzazione, il controllo, l'integrazione, l'elaborazione e la rappresentazione di dati spazialmente riferiti alla superficie terrestre⁶.

La tecnologia GIS integra in un unico ambiente le più comuni operazioni legate all'uso di database (interrogazioni, analisi statistiche) con i benefici dell'analisi geografica consentita dalle mappe cartografiche. Questa particolarità fa del GIS un potente strumento utilizzabile da molteplici operatori privati e pubblici per pianificare eventi, predire risultati e definire strategie.

Un GIS consente di creare mappe, integrare informazioni, visualizzare scenari, risolvere complessi problemi e sviluppare effettive soluzioni esprimibili sia in forma cartografica che in forma quali-quantitativa.

Componenti di un GIS

Il GIS integra cinque componenti di base essenziali: hardware, software, dati, persone e metodologie (Figura 10).



Figura 10. Componenti di un GIS (Fonte: provincia di Brescia)

⁶ Arnaud et al., 1993

L'**hardware** è l'insieme dei computer con il quale il GIS opera. Attualmente un sistema GIS può operare su una vasta gamma di tipologie di computer, da un computer centralizzato a stazioni di lavoro isolate o collegate in rete.

I **software** GIS attualmente in commercio sono molti e supportano operazioni su dati spazialmente referenziati disponendo di funzioni e strumenti necessari a raccogliere, analizzare e visualizzare le informazioni geografiche.

Essi sono costituiti dai seguenti elementi fondamentali:

- ◇ strumenti per l'input e gestione degli elementi geografici
- ◇ un database relazionale (RDBMS)
- ◇ strumenti che supportano interrogazioni, analisi e visualizzazioni
- ◇ interfaccia utente grafica (GUI) per consentire un facile utilizzo anche da parte di utenti non esperti.

I **dati** rivestono fondamentale importanza nel GIS. I dati geografici e le tabelle descrittive associate possono essere realizzati ad hoc o acquisiti da organizzazioni commerciali. Il GIS può integrare i dati spaziali con fonti diverse tramite l'uso di database relazionali. I dati sono digitalizzati e resi disponibili direttamente oppure devono subire elaborazioni prima di essere immessi nel sistema. I dati digitalizzati possono essere memorizzati in formato *raster* oppure *vettoriale* a seconda del tipo di oggetto rilevato da restituire; a questi possono essere aggiunte o associate informazioni alfanumeriche.

Le **persone** ovvero i progettisti e gli utilizzatori: un GIS non avrebbe senso o avrebbe un effetto limitato se non ci fossero da una parte, le persone che progettano l'integrazione dei dati, organizzano il sistema e sviluppano i piani d'applicazione indirizzandoli alle finalità pratiche da raggiungere, e dall'altra gli utilizzatori

Come lavora un GIS

Mediante operazioni di analisi spaziale, partendo dalle informazioni esistenti in un database geografico, è possibile creare nuovi livelli informativi associando i dati in maniera da identificare relazioni altrimenti non chiaramente visibili; tipico esempio sono le analisi effettuate con la semplice sovrapposizione di più livelli informativi (*overlay*) come

l'uso del suolo ed i dati catastali, allo scopo di identificare, per ogni proprietà (particella catastale) la tipologia di uso del suolo.

Quindi un GIS memorizza le informazioni geografiche come una collezione di *layers* (strati) tematici che possono essere tra loro relazionati tramite collegamento e sovrapposizione geografica (Figura 11): questo semplice ma estremamente potente e versatile concetto è applicato per risolvere diversi problemi reali quali ottimizzazione di percorsi, applicazioni di pianificazione urbanistica, modelli di circolazione atmosferica, ecc.



Figura 11. Layers tematici (Fonte: provincia di Brescia)

Dati Vettoriali e Raster

Il GIS lavora con due fondamentali differenti tipi di modelli geografici: il modello *vettoriale* ed il modello *raster*, con i rispettivi dati (Figura 12).

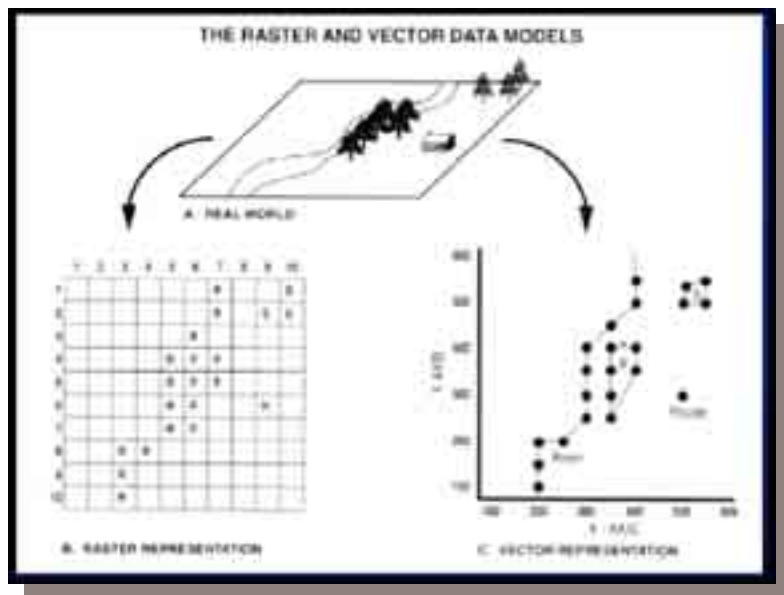


Figura 12. Differenza tra modello vettoriale e raster (Fonte: pasture.ecn.purdue.edu)

Nel modello **vettoriale** i dati, codificati in punti, linee e poligoni, sono memorizzati sotto forma di coordinate x, y (Figura 13). La localizzazione di un elemento puntuale, es. una fermata del bus, può essere descritta come una singola coppia di coordinate x, y. Gli elementi lineari, ad esempio una strada o il corso di un fiume, possono essere memorizzati come una sequenza di coordinate puntuali. Gli elementi poligonali, ad esempio un territorio comunale, una superficie boscata, possono essere memorizzati come un anello chiuso di coordinate. Il modello vettoriale è funzionale alla descrizione di elementi conclusi (con propria dimensione e spazio geografico), ma meno pratico per descrivere informazioni che variano continuamente, come ad esempio la morfologia di un suolo.

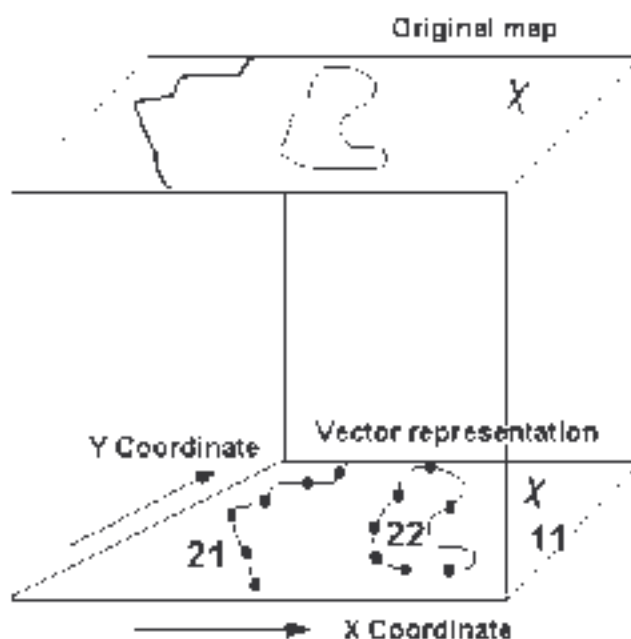


Figura 13. Modello vettoriale (Fonte: www.unescap.org)

Tipici dati memorizzati in formato vettoriale sono quelli che provengono dalla digitalizzazione di mappe, dai rilievi topografici con strumenti di campagna, dai CAD, dai GPS (*Global Positioning System*), ed i relativi standard di trasferimento più comuni sono il formato DXF e l'IGES; più specificatamente per la cartografia esistono l'NTF e DIGEST. Infine, è opportuno ricordare i formati propri degli ambienti ESRI ArcInfo ed ArcView, utilizzati nel corso di questo lavoro: si tratta delle Coverages (in grado di gestire nella medesima struttura informatica punti, linee e poligoni con relativi attributi) e dei più semplici Shapefiles (.shp).

Per i diversi formati di trasferimento dei dati esistono, nei sistemi GIS più completi, programmi che consentono di convertire da e verso i formati più diffusi. E' necessario dire che i dati vettoriali GIS sono sempre accompagnati da informazioni topologiche, e che quindi la conversione tra i due formati deve seguire procedure particolari.

Il modello **raster** risulta invece idoneo per la rappresentazione di elementi continui: i dati vengono memorizzati tramite la creazione di una griglia regolare in cui ad ogni cella (assimilabile ad un *pixel*) è assegnato un valore alfanumerico che ne rappresenta un attributo (Figura 14).

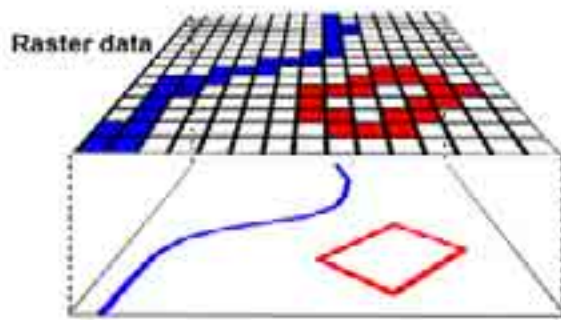


Figura 14. Modello raster (Fonte: www.macavsat.org)

I valori assegnati alle celle possono rappresentare sia singoli fenomeni naturali od antropici (temperatura, uso del suolo, ecc), sia il risultato della combinazione di più informazioni attraverso metodologie d'analisi (ad esempio: la risultante, per ogni cella, della combinazione di temperatura, direzione del vento, tipo di copertura vegetale) o anche semplicemente attributi grafici come la tonalità di grigio od il colore. E' questo il tipico formato di memorizzazione dei dati in un DEM (*Digital Elevation Model* – Modello Digitale delle Elevazioni): ad ogni cella della matrice *raster* viene assegnato un valore di tono di grigio (da 0 a 255) stante ad indicare il valore di quota relativo al punto. Nella visualizzazione dell'immagine, più scuro apparirà il tono di grigio e minore sarà il valore di quota associato. Più in generale, tipici dati raster sono quelli generati dagli *scanner* e dai programmi di trattamento immagini come quelli utilizzati per le immagini da satellite.

Integrazione di dati raster e vettoriali

Nel modello dei dati di un GIS, i dati vettoriali e i dati raster coesistono integrandosi, e sono generalmente usati i primi per dati discreti e i secondi per dati continui (ad esempio, rete viaria vettoriale derivata dalla cartografia per i primi e umidità al suolo derivata da immagini da satellite per i secondi). Inoltre, sono disponibili programmi in grado di convertire in modo più o meno automatico dati raster in vettoriali e viceversa, anche se generalmente con risultati discutibili.

Entrambi i tipi di dati possono essere associati ad attributi: per i primi saranno legati alle primitive grafiche e agli oggetti, per i secondi ai singoli *pixel* (Figura 15).

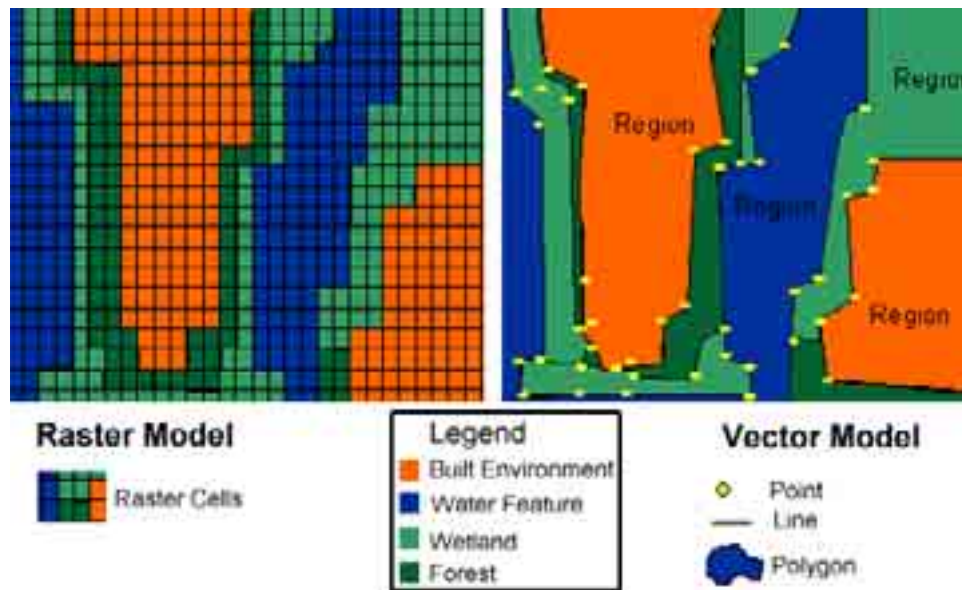


Figura 15. Esempio di modelli raster e vettoriale (Fonte: www.csc.noaa.gov)

Gli attributi

Gli elementi più importanti del modello dati di un GIS rimangono in ogni caso gli attributi. Infatti, se un'applicazione per cartografia ha come obiettivo principale quello di riprodurre su carta le caratteristiche fisiche, un GIS ha come fondamento metodologico l'analisi e l'elaborazione relazionata dei dati contenuti al suo interno.

Gli attributi, che possono risiedere anche su più sistemi ed essere aggiornati da molti applicativi, sono in genere memorizzati su dei *database* relazionali ed interrogabili mediante linguaggi di tipo SQL (*Structured Query Language*).

Operazioni GIS

In termini generali i GIS consentono di svolgere le seguenti operazioni:

- Input
- Manipolazione-Gestione
- Interrogazione ed analisi
- Visualizzazione

Input - Per essere utilizzati all'interno di un GIS i dati devono essere rappresentati in formato digitale.

Il processo di conversione dalle carte su supporto cartaceo in strutture elementari di dati è chiamato digitalizzazione (digitizing). Si può procedere alla digitalizzazione usando il

cosiddetto tavolo digitalizzatore, oppure utilizzare la tecnologia della scansione e digitalizzare direttamente a video.

Manipolazione - Spesso i dati necessari a svolgere un determinato progetto GIS devono essere trasformati o manipolati per essere compatibili con il proprio sistema di riferimento geografico, infatti in genere le informazioni possiedono scale diverse, grado di dettaglio e accuratezza vari (es. particelle catastali a livello di isolato, assi stradali a scala comunale, limiti comunali a scala provinciale).

La tecnologia GIS offre diversi strumenti per integrare fra loro le basi dati spaziali, renderle congruenti alla scala di analisi del progetto, arrotondare ed eliminare quelle in eccesso.

Gestione - Per piccoli GIS potrebbe essere sufficiente memorizzare le informazioni geografiche in semplici files. Tuttavia, quando il volume dei dati comincia a crescere e soprattutto quando gli utenti sono molteplici, appare logico utilizzare un database (DBMS) esterno per memorizzare, gestire e organizzare i dati.

Query ed analisi - Le informazioni geografiche e le funzionalità espresse dalla tecnologia GIS consentono di effettuare al sistema semplici domande del tipo:

- Chi è il proprietario di questa particella?
- Dove si trova la zona per usi industriali?
- A che distanza sono queste due località?

Oppure domande più complesse:

- Quali sono i siti più indicati per edificare nuove case?
- Quale è il tipo di suolo prevalente nel territorio provinciale?
- Quali sono i boschi siti in luoghi con pendenza rilevante?

Il GIS consente sia di effettuare delle semplici query interattive (point-and-click) sia di compiere sofisticate analisi legate ai contenuti propri di specifiche discipline territoriali. In particolare due sono le funzionalità più rilevanti:

Proximity Analysis

- Quante sono le case situate nei pressi di 1.000 metri dalla condotta principale dell'acqua?

- Quanti sono gli abitanti serviti nel raggio di 600 metri dalla fermata dell'autobus?

Il problema è riconducibile alla determinazione di aree di rispetto intorno a specifici elementi geografici (Figura 16), ad esempio linee elettriche, fiumi, ripetitori di onde elettromagnetiche etc. questo è possibile grazie alle funzioni di *buffering*, in grado di creare un'area di rispetto intorno agli elementi geografici che sono presenti nel database.

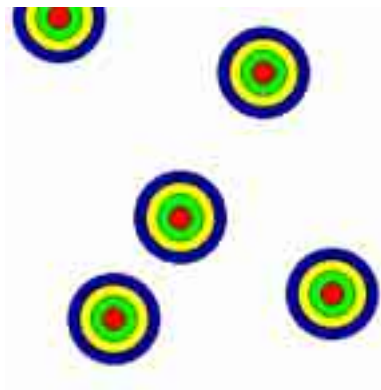


Figura 16. Un esempio di *buffer*

La possibilità di modulare questa operazione secondo le necessità dell'operatore dà modo di risolvere, con pochi passaggi, problemi altrimenti difficilmente risolvibili; ad esempio la capacità di effettuare *buffering asimmetrici* rispetto ai due lati di un elemento lineare oppure di effettuare un *buffering parametrizzato* a seconda delle caratteristiche dell'elemento: ad esempio per creare fasce di rispetto intorno alle linee elettriche, si può usare come parametro discriminante la tensione di esercizio, creando fasce maggiori per tensioni maggiori della linea.

Overlay Analysis

La integrazione di differenti strati informativi implica l'uso di un processo chiamato *overlay*. Probabilmente le funzioni di *overlay* sono state le prime ad essere implementate in un GIS, e rimangono ancora oggi le funzioni di base in questi sistemi.

L'overlay può sembrare una semplice operazione di visualizzazione ma in realtà, dal punto di vista analitico, si tratta di collegare tra loro informazioni utilizzando sia considerazioni geometriche che quantitative. Tale metodologia consente di combinare ad

esempio la litologia, l'uso del suolo e la pendenza al fine di definire suoli più o meno propensi al dissesto.

Le sovrapposizioni possono essere suddivise in tre categorie principali: punti su poligoni, linee su poligoni e poligoni su poligoni (Figura 17); comune a tutte le operazioni di *overlay* è che almeno uno dei due tematismi considerati sia di tipo areale.

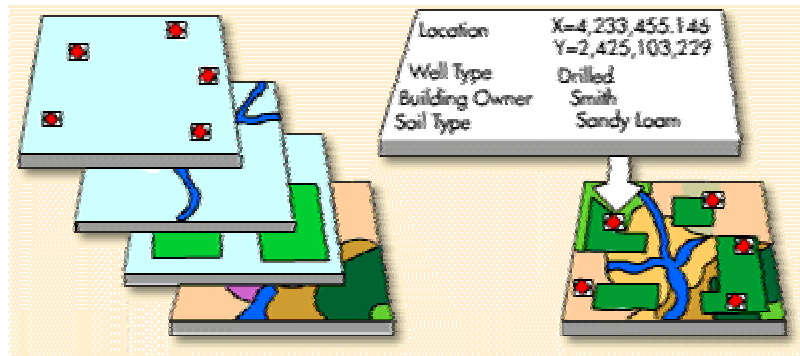


Figura 17. Overlay (Fonte: provincia di Brescia)

Visualizzazione - Molte operazioni geografiche hanno come obiettivo finale la stampa di mappe o grafici. Le mappe sono infatti uno strumento estremamente efficiente per mostrare le informazioni geografiche. Gli strumenti compresi in un GIS consentono una nuova creatività ed estendono le capacità descrittive e comunicative della cartografia.

2.1.1 WebGIS: AlovMap

Questo lavoro si baserà sull'utilizzo del Sistema Informativo Geografico su Web (WebGIS), per la gestione di dati geografici finalizzata alla pubblicazione delle informazioni in modo tale da poterle rendere accessibili all'esterno a diverse tipologie di utenti.

Il **web** funziona a due livelli: le pagine web vengono inviate all'utente da un web server, cioè da un programma che si trova su un computer remoto che invia le pagine a chi ne fa richiesta e l'utente visualizza sul proprio browser le pagine che gli sono state inviate.

Un browser è un programma che permette di leggere le pagine scritte in linguaggio HTML: si tratta di "Internet Explorer", "Netscape Navigator", "Opera" e altri.

Quando l'utente visualizza le pagine web sul proprio pc ci sono dunque due computer che si parlano: il server e il client.

Alcuni linguaggi di scripting (asp, php, perl) vengono eseguiti dal web server (si chiamano appunto linguaggi server side o lato server). Altri (JavaScript), invece, vengono eseguiti sul singolo pc dal browser (è un linguaggio client side o lato client).

Vi sono diverse soluzioni per affrontare e risolvere al meglio le problematiche inerenti il WebGis.

In commercio vi sono software proprietari tra cui ArcIMS e MapGuide e software che permettono di accedere non solo all'eseguibile ma anche al codice sorgente tra cui MapServer e AlovMap. Per questo tipo di prodotti è stato coniato il termine di software *open source* ovvero a codice sorgente aperto e disponibile. All'interno di questa famiglia di prodotti vi sono ulteriori suddivisioni a seconda del tipo di utilizzo che può essere fatto del codice sorgente fornito. Il vantaggio evidente che si ha utilizzando questo tipo di prodotti è la possibilità di ampliare le funzionalità fornite realizzando e integrando altro codice sorgente al fine di personalizzare il prodotto a seconda delle singole esigenze.

I prodotti webgis possono operare in configurazione Client-Server o solo Client. Esempi di prodotti commerciali molto professionali del primo tipo sono ArcIMS della Esri e MapGuide della Autodesk che attraverso la loro architettura client-server riescono a gestire moli di dati sia vettoriali che raster molto importanti. Uno degli svantaggi di questo approccio è che, risiedendo i dati su un server, qualunque piccola query fatta sulla cartografia, il client invierà la richiesta al server che elaborerà una risposta che a sua volta verrà inviata tramite rete al client.

Un altro approccio è quello di limitare le richieste al server solo ad alcuni casi e gestire localmente, quindi lato client i restanti dati cartografici. Si tratta di un approccio misto (Client-Server/solo Client) che permette di ottimizzare al meglio l'utilizzo della risorsa di rete. Per esempio un dato geografico puntuale come le città può essere gestito solo lato client, mentre un dato di tipo lineare quindi più pesante come i fiumi deve essere gestito in configurazione clien/server.

Il prodotto che è stato utilizzato per realizzare il sistema Meteo rientra in quest'ultima categoria. Si tratta del software **ALOV Map/TMJava** un'applicazione Java per la pubblicazione web di mappe vettoriali e raster con visualizzazione interattiva attraverso browser, nata dalla collaborazione tra una azienda privata (la ALOV Software) e l'Archaeological Computing Laboratory dell'Università di Sydney. Questo software permette di creare delle pagine web per la pubblicazione di mappe GIS e per l'accesso ai relativi dati.

Alov Map/TMJava è stato sviluppato in linguaggio Java e mette a disposizione una serie di interfacce corredate da una JavaDoc che permettono di realizzare plug-in che possono essere integrati direttamente nel sistema cartografico. Inoltre è possibile accedere ai sorgenti del sistema. Quest'ultima caratteristica è di fondamentale importanza quando si ha la necessità di integrare il sistema WebGis all'interno di una web-application in maniera organica e integrata.

Alov Map/TMJava offre inoltre la possibilità di visionare l'evoluzione di un evento che si protrae nel tempo su di una base cartografica. E' possibile rappresentare l'evoluzione di un tornado nelle ultime 48h, la distribuzione di una popolazione nell'arco di decenni o il cambiamento della crosta terrestre in diverse ere geologiche, solo per fare qualche esempio.

Per la creazione del sistema sono stati utilizzati i linguaggi di markup HTML e XML e i linguaggi di scripting JavaScript e PHP.

2.1.1.1 Linguaggi di markup

L'**HTML**, acronimo di **Hyper Text Markup Language**, è il linguaggio del web costituito da una varietà di elementi (<>) chiamati *tag*, che sono utilizzati per gli scopi più vari, dalla definizione di stili di carattere e titoli, all'inserimento di elementi particolari come immagini, suoni, mondi di realtà virtuale e applet Java.

L'HTML è stato realizzato soprattutto per la visualizzazione dei dati e per questo prende in considerazione soprattutto il modo in cui le informazioni vengono presentate e non il tipo o la struttura di tali informazioni, aspetti per i quali è stato sviluppato il linguaggio **XML (eXtensible Markup Language)**. Quest'ultimo è un linguaggio di markup aperto e basato su testo che fornisce informazioni di tipo strutturale e semantico relative ai *metadati*.

L'XML è spesso considerato una sostituzione dell'HTML. Sebbene questo possa essere in parte vero, in realtà i due linguaggi sono complementari e, relativamente al modo in cui vengono trattati i dati, operano su livelli differenti. Nei casi in cui l'XML viene utilizzato per strutturare e descrivere i dati sul Web, l'HTML è usato per formattare i dati.

Le pagine HTML hanno l'unico scopo di essere visualizzate da un browser per questo è molto difficile l'elaborazione successiva delle informazioni contenute nelle pagine HTML. I documenti basati sull'XML invece, non fanno supposizioni su come verranno utilizzati dal client; così le informazioni ricevute possono essere utilizzate da un'applicazione che comprende il linguaggio XML, utilizzando i dati ivi contenuti in altri processi software; quindi uno stesso documento può essere facilmente utilizzato per scopi diversi.

Il W3C (ente guida per lo sviluppo del Web), si rese conto che la creazione di una moltitudine di nuovi tag che rispondessero a ogni possibile esigenza di formattazione era irrealistica ed incoerente con i principi ed i concetti dell'HTML; vennero quindi introdotti i **CSS (Cascading Style Sheet)** che permettono attraverso le norme di stile di definire come devono apparire determinati elementi di un documento. I CSS sono fogli di stile che consentono di impostare il layout di un documento.

2.1.1.2 Linguaggi di scripting

JavaScript è un linguaggio di scripting lato-client che viene interpretato dal browser, da non confondere con Java che è un linguaggio di programmazione.

JavaScript permette di creare interattività all'interno della pagina e la sintassi può essere scritta direttamente dentro la pagina HTML, senza bisogno di produrre alcun file compilato, e deve essere inserita all'interno del tag `<script>`. Con questo semplice linguaggio di scripting che viene letto dal browser, si possono eseguire un'infinità di operazioni che il semplice HTML non permette. Si possono: scambiare delle immagini, aprire nuove finestre secondarie, effettuare controlli sui moduli, per verificare l'input dell'utente, eseguire azioni "a tempo", aggiungere effetti dinamici, modificare il contenuto di un frameset e molte altre cose che permettono di aggiungere alle pagine web una serie di effetti che l'HTML da solo non consente.

PHP (Hypertext Preprocessor) è un linguaggio di scripting che può girare su qualsiasi server Web e sistema operativo e consente di interagire praticamente con qualsiasi tipo di database. Si può utilizzare per i più svariati tipi di progetti, dalla semplice home page dinamica fino al grande portale e-commerce.

PHP è un linguaggio la cui funzione fondamentale è la produzione di codice HTML dinamico e di tutto quanto può far parte di una pagina web (JavaScript, CSS, ecc.). Siccome però PHP è uno pseudo-linguaggio di programmazione, abbiamo la possibilità di analizzare diverse situazioni (l'input degli utenti, i dati contenuti in un database) e di decidere, di conseguenza, di produrre codice HTML condizionato ai risultati dell'elaborazione. Questo è, in parole povere, il Web dinamico.

Quando il server riceve una richiesta per una pagina php, la fa analizzare dall'interprete del PHP stesso, il quale restituisce un file contenente solo il codice che deve essere inviato al browser (in linea di massima HTML, ma può esserci anche codice JavaScript, fogli di stile css eccetera).

3 Realizzazione prototipale di un sistema integrato

Uno degli obiettivi principali di questo lavoro è quello di realizzare un sistema integrato, ovvero un unico sistema attraverso il quale sia possibile accedere tramite un'interfaccia comune ad una serie di dati di tipo eterogeneo.

Al fine di raggiungere tale scopo si è deciso di adottare una soluzione WebGIS, ovvero un GIS interrogabile via web, che permetta di rendere accessibili all'esterno le informazioni riguardanti le osservazioni termo-pluviometriche e le previsioni meteorologiche.

Per far questo sono stati utilizzati i sistemi informativi geografici (GIS), di cui si è ampiamente parlato nel capitolo 2.1, ed in particolare ALOV Map/TMJava per la pubblicazione web delle mappe delle Precipitazioni, delle Temperature e del Vento prodotte con GrADS (paragrafo 1.2.3).

Grazie a questa tecnologia è possibile ad esempio consultare i dati di tipo pluviometrico sovrapponendoli a quelli previsionali relativi all'andamento delle precipitazioni, in modo da avere un riscontro immediato sia visivo che numerico di ciò che sta accadendo in una determinata area geografica.

Tale piattaforma di accesso ai dati ad oggi è presente e consultabile su internet.

Il sistema permette innanzi tutto di avere una visione delle condizioni del tempo sia a livello nazionale sia di zoomare sulle regioni, sulle città, sugli aeroporti e sui laghi di tutta Italia che sono stati inseriti nel sistema.

ALOV Map/TMJava offre la possibilità di mostrare più dettagliatamente la parte settentrionale, centrale o meridionale dell'Italia ed è fornito di due tools per lo zoom-in e lo zoom-out della zona desiderata. Vi è inoltre il tool pan per il trascinamento della mappa e il tool per le etichette.

I layer cartografici presenti in legenda sono: Italia Fisica, Laghi, Città, Aeroporti, Fiumi, Termometri e Pluviometri.

I termometri ed i pluviometri mostrano le osservazioni in tempo reale della temperatura e delle precipitazioni. I termometri segnalano l'andamento della temperatura nelle ultime 48 ore e riportano la temperatura minima e massima durante quest'arco di tempo. I

pluviometri segnalano l'andamento delle precipitazioni nelle ultime 48 ore e riportano la quantità totale dei mm di pioggia caduta in quest'arco di tempo. Il tempo che passa tra una misurazione e l'altra sia per i termometri che per i pluviometri varia a seconda delle stazioni, di media avviene ogni 20 minuti.

Il sistema mostra le previsioni relative all'andamento delle precipitazioni, delle temperature e della direzione e velocità del vento nell'arco delle 72 ore comprendenti anche le 24 ore relative al giorno precedente per avere una visione globale dell'andamento della situazione meteorologica nell'arco dei tre giorni. Le previsioni sono ad intervalli di tre ore a partire dalle ore 03 del giorno precedente fino alle 24 del giorno successivo.

Le previsioni sono provviste di una legenda costituita da una barra con gradazioni diverse di colore che raffigurano i mm di pioggia per le precipitazioni, i °C per le temperature e i m/s per la velocità del vento.

3.1 Acquisizione dei dati

Per la realizzazione del sito meteo si sono rese disponibili le seguenti informazioni territoriali:

- Carta Italia fisica (raster a bassa risoluzione)
- Carta delle Regioni (scala 1:250.000 - sistema di coordinate WGS84 fuso 32)
- Carta dei Laghi (scala 1:250.000 - sistema di coordinate WGS84 fuso 32)
- Carta dei Fiumi (scala 1:250.000 - sistema di coordinate WGS84 fuso 32)
- Città
- Aeroporti
- Termometri e Pluviometri (centri regionali)
- Mappe Previsioni (QBolam – GrADS)

3.2 Metodologia di studio

Il primo passo è stato quello di suddividere l'interfaccia web in vari *frame*. Questo è stato fatto creando la pagina HTML *index.html* (Figura 18).

```
<!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 4.01 Frameset//EN" "http://www.w3.org/TR/html4/frameset.dtd">
<html>
<head>
<title>AQI-04F MeteorGIS</title>
<meta http-equiv="content-type" content="text/html; charset=iso-8859-1">
</head>
<frameset rows="50,*" cols="*" frameborder="yes" border="0" framespacing="0">
<frame src="topframe.html" name="topframe" noresize="noresize" scrolling="no">
<frameset cols="210,*" frameborder="yes" border="0" framespacing="0">
<frameset rows="230,240">
<frame src="sxframe1.html" name="sxframe1" scrolling="no">
<frame src="sxframe2.html" name="sxframe2" scrolling="no">
</frameset>
<frameset rows="*" cols="400,200">
<frame src="alovframe.html" name="alovframe">
<frameset rows="230,220">
<frame src="dxframe1.html" name="dxframe1" noresize="noresize" scrolling="no">
<frame src="dxframe2.html" name="dxframe2">
</frameset>
</frameset>
</frameset>
</frameset>
</frameset>
</html>
```

Figura 18. index.html

In questo modo l'interfaccia web è stata divisa, come si può notare dalla figura 19, in una riga superiore (*topframe*), una colonna di sinistra suddivisa a sua volta in due righe (*sxframe1*, *sxframe2*), la parte centrale (*alovframe*) ed una colonna di destra suddivisa a sua volta in due righe (*dxframe1*, *dxframe2*).

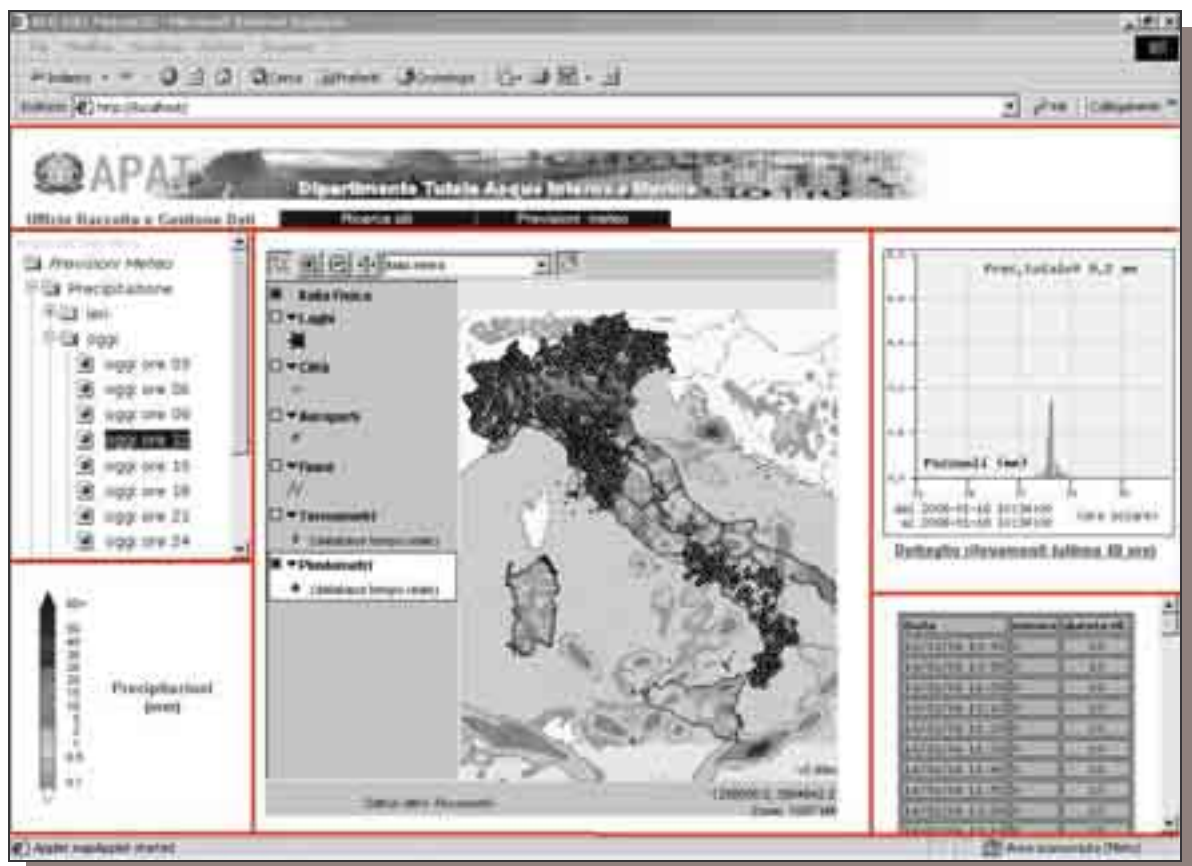


Figura 19. In rosso sono evidenziati i vari *frame* in cui è stata suddivisa la pagina web.

Nella pagina *topframe.html* sono state specificate le caratteristiche della riga superiore (Figura 20) costituita dal logo del Dipartimento Tutela Acque Interne e Marine dell'APAT e da un menù orizzontale a bottoni attraverso il quale si può scegliere se effettuare ricerche di tipo cartografico ("Ricerca siti") o visualizzare le previsioni prodotte dal modello ("Previsioni meteo").

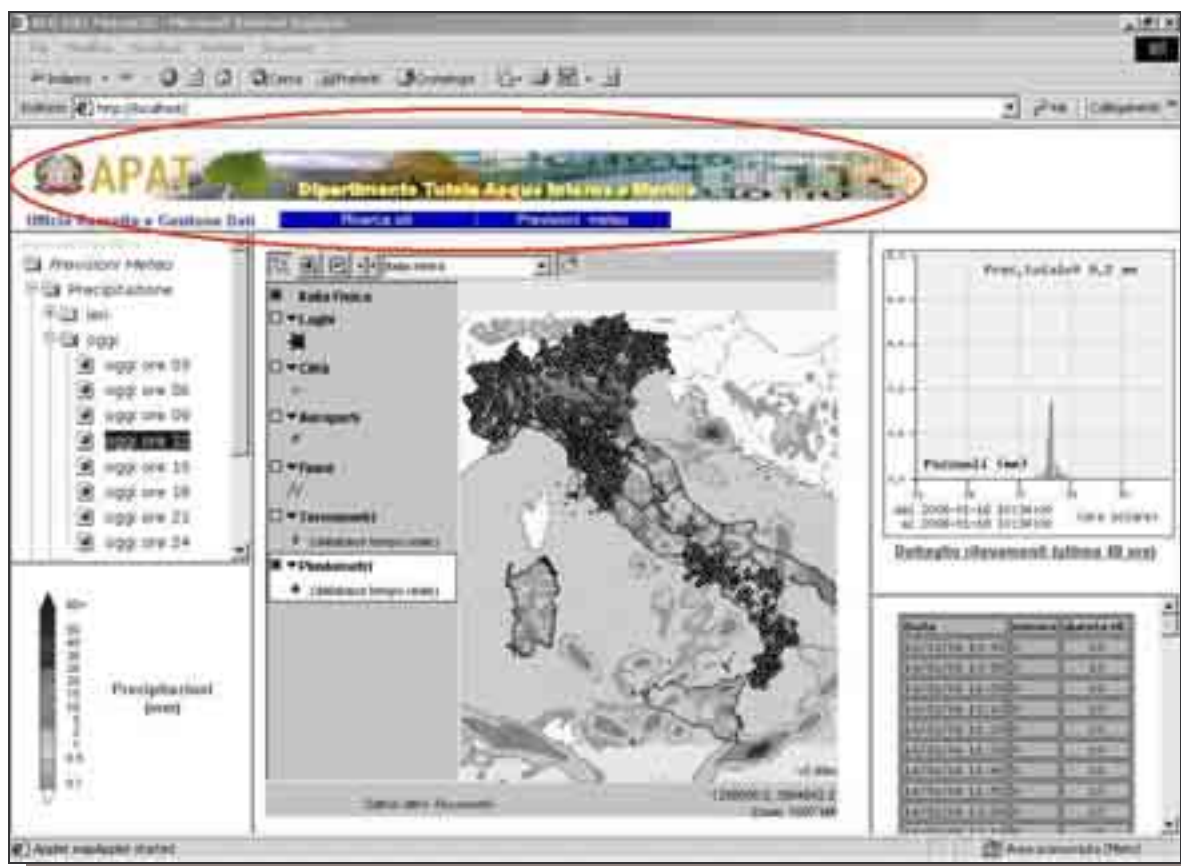


Figura 20. La parte colorata e cerchiata è il *topframe* dove si può notare il logo ed il menù

3.2.1 Ricerche cartografiche

Per le ricerche di tipo cartografico è stata creata la pagina *menu.html* contenente un JavaScript che permette di selezionare e zoomare su Regioni, Laghi, Città ed Aeroporti. Ad esempio nella figura 21 è stata selezionata nel campo delle Regioni la regione Lazio.

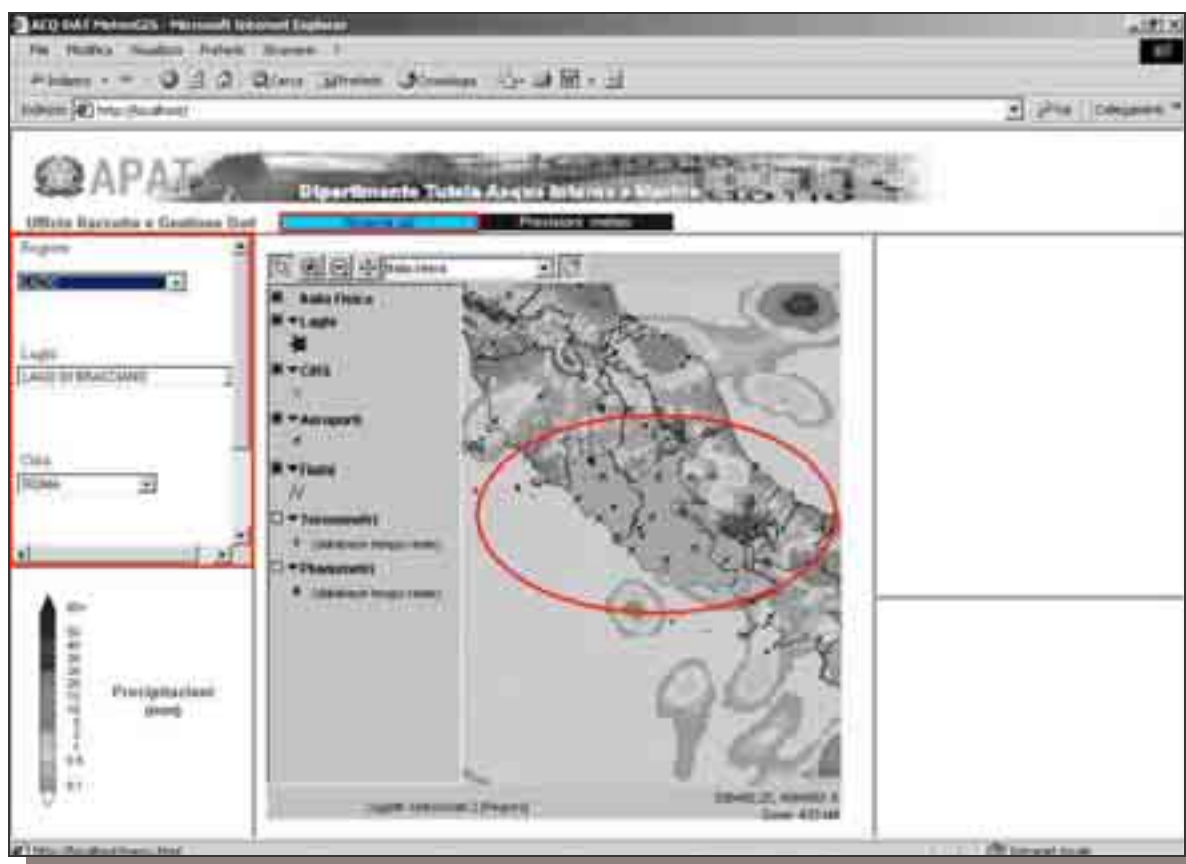


Figura 21. Esempio di zoom su una regione

3.2.2 Previsioni meteorologiche

Per accedere alle previsioni è stata creata la pagina *sxframe1.html* collegata con la pagina *FuncsNodes.js* contenente un JavaScript utilizzato per realizzare le cartelle “precipitazioni, temperature, vento” con le rispettive sottocartelle “ieri, oggi, domani” contenenti gli orari di previsione “00”, “03”, “06”, “09”, “12”, “15”, “18”, “21” (Figura 22) navigabili attraverso una struttura ad albero presente nella riga superiore della colonna di sinistra.

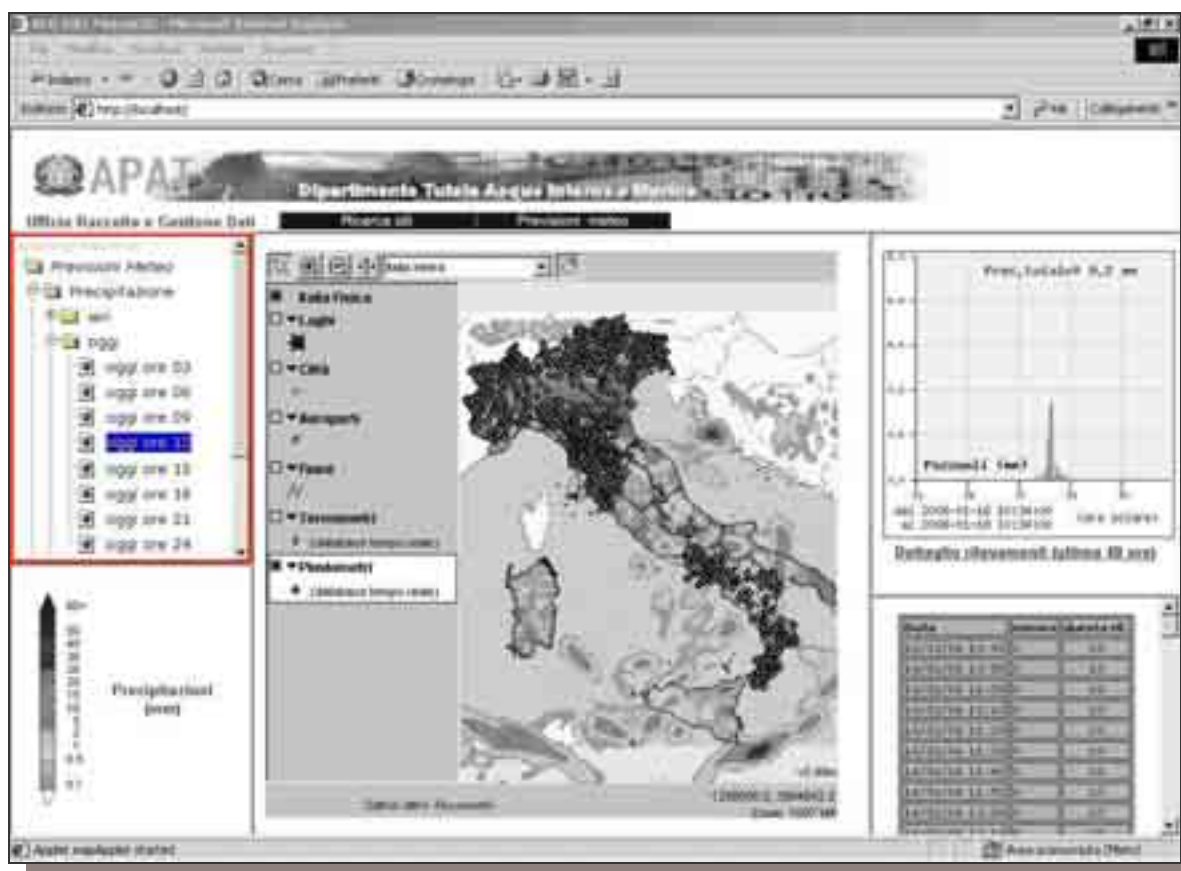


Figura 22. Nella figura viene riportato come esempio la previsione delle precipitazioni alle ore 12 di oggi

Le barre riportanti le gradazioni di colore relative alle unità di misura delle Precipitazioni, Temperature e Velocità del Vento compaiono contemporaneamente ad esse nella riga inferiore della colonna di sinistra e sono state realizzate nella pagina *sxframe2.html*. Nella figura 23 per esempio appare quella relativa alle previsioni che si stanno consultando ovvero le precipitazioni.

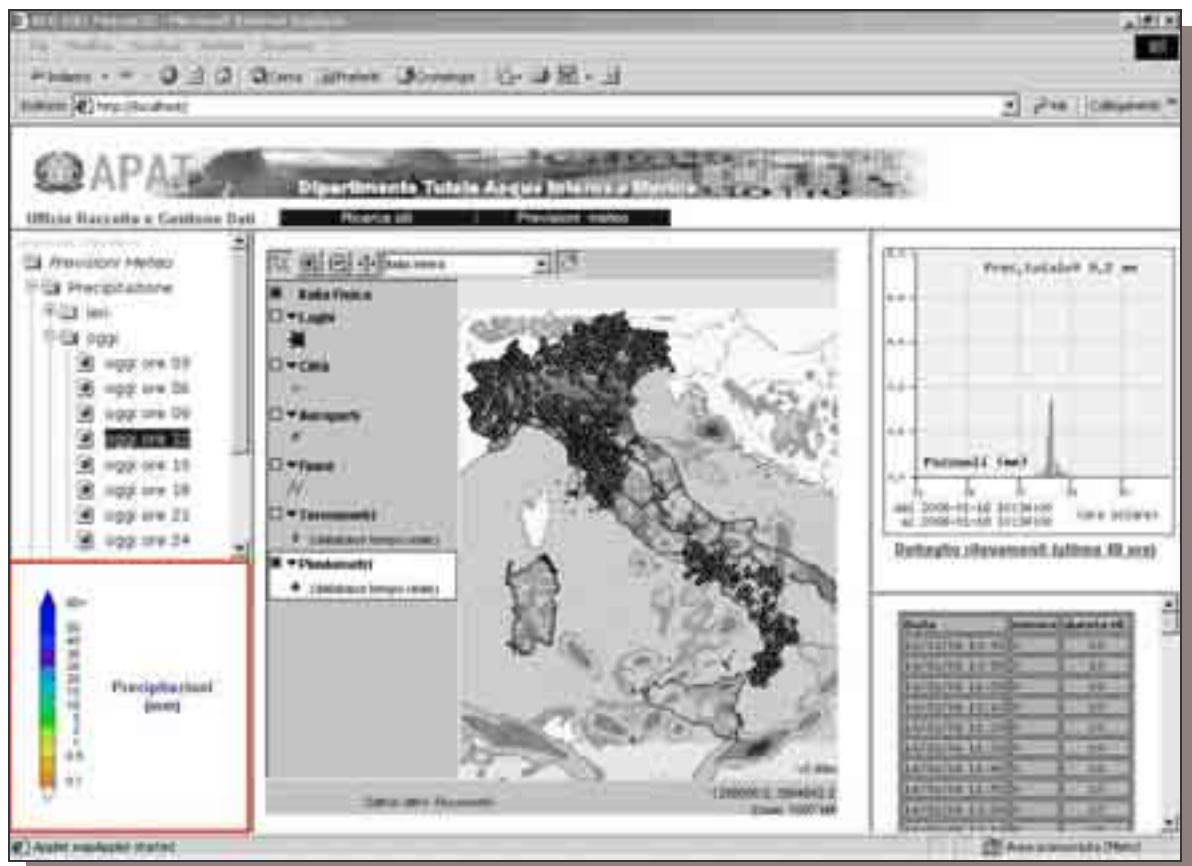


Figura 23. Scala di misura delle precipitazioni

3.2.3 Sistemi per la cartografia digitalizzata

La parte centrale è quella realizzata con AlovMap di cui si è parlato nel capitolo 2.1.1. Nella pagina *alovframe.html* viene caricato l'*applet* di AlovMap che si preoccupa tramite il file *acq-dat.xml* di caricare tutti i *layer* cartografici (Figura 24) presenti in legenda (Italia Fisica, Laghi, Città, Aeroporti, Fiumi, Termometri e Pluviometri), quelli non presenti in legenda (Regioni) e tutte le previsioni meteo (Precipitazioni, Temperature, Vento).

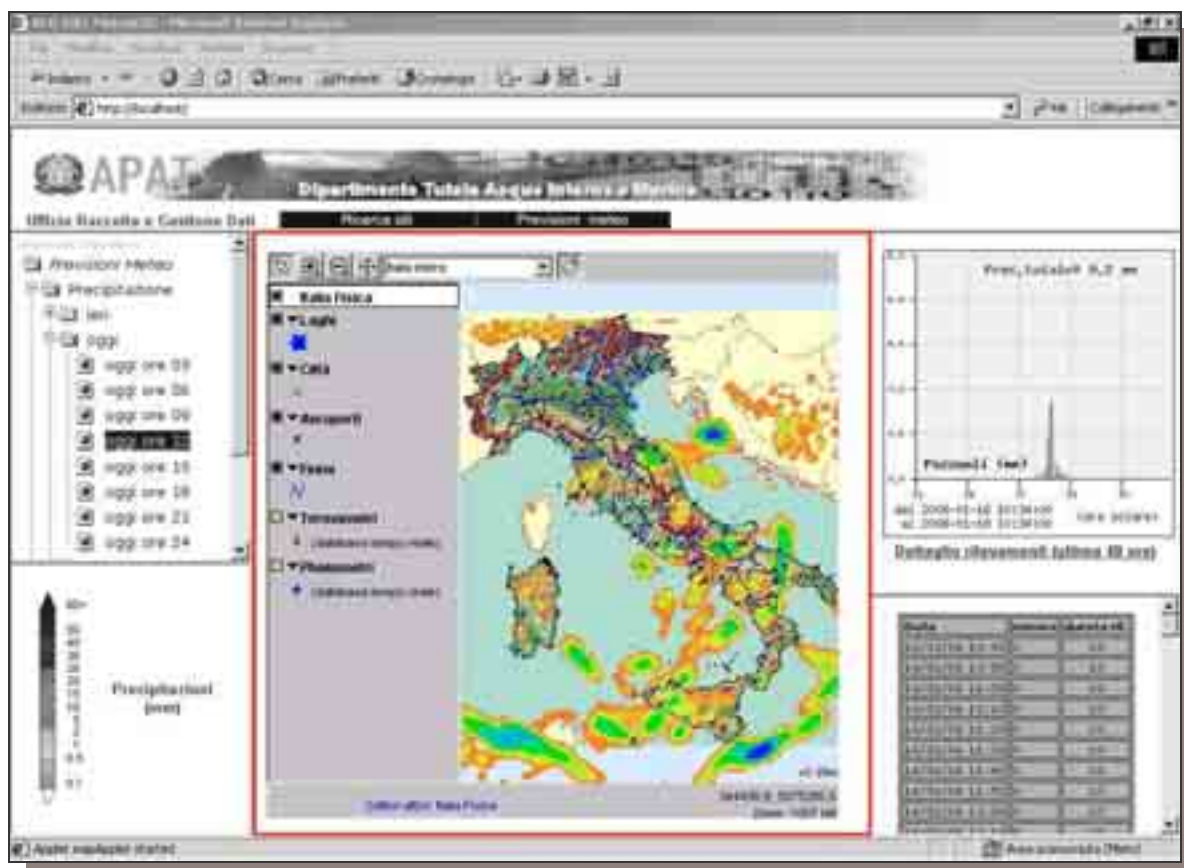


Figura 24. In figura si può notare come viene rappresentata sulla mappa la previsione vista precedentemente (Figura 22). Inoltre sulla sinistra si notano i vari *layer* cartografici con le rispettive icone

3.2.4 Dati in tempo reale

Nel *frame* di destra vengono visualizzati i *report* delle interrogazioni. Tali interrogazioni possono essere fatte sui dati delle piogge (Pluviometri) e delle temperature (Termometri) sia riguardo i dati in tempo reale che storici presenti nei database del servizio idrografico.

Per poter interrogare la mappa sui dati pluviometrici bisogna attivare il *layer* dei pluviometri, selezionare un pluviometro con il mouse e fatto questo, come mostrato in figura 25, nella riga superiore della colonna di destra viene visualizzato il grafico della quantità di pioggia caduta nelle ultime 48 ore presso il pluviometro selezionato.

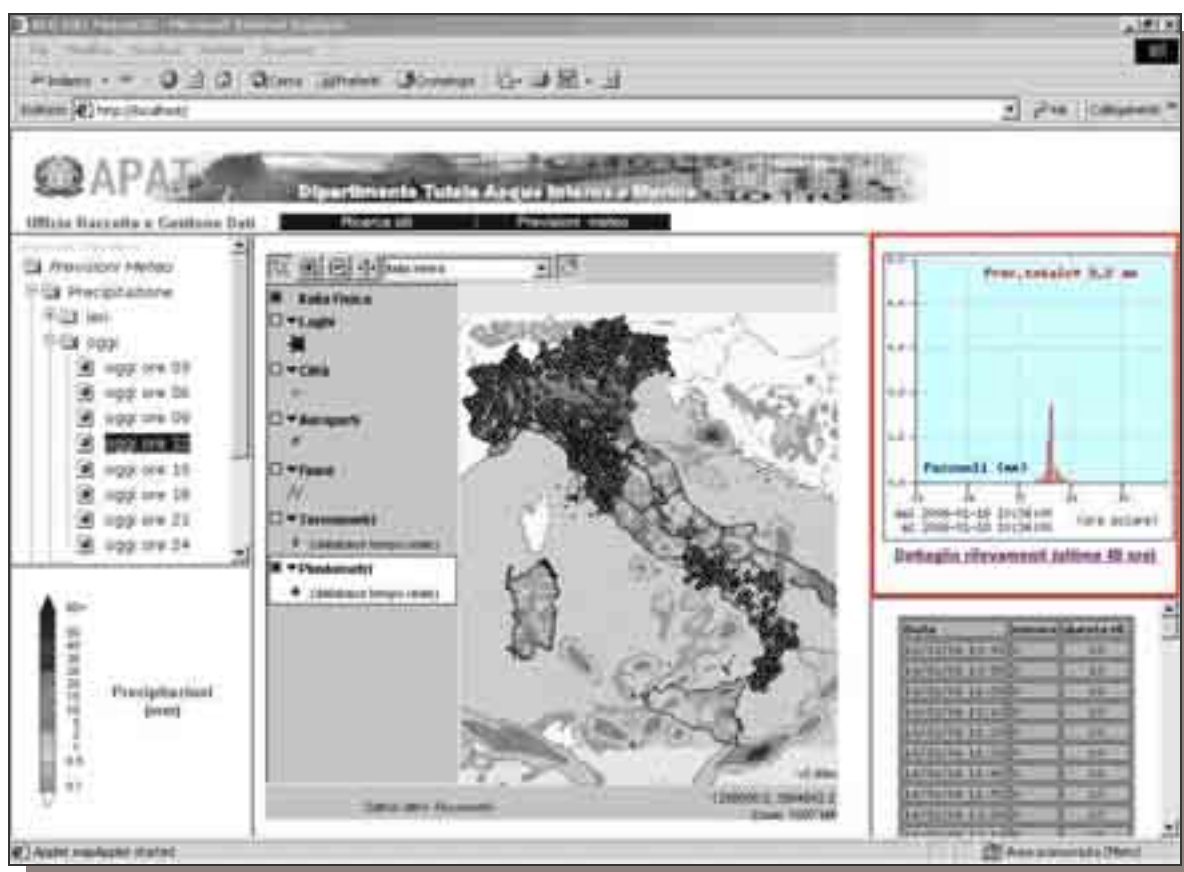


Figura 25. Grafico della quantità di pioggia caduta nelle ultime 48 ore presso il pluviometro selezionato

Cliccando su “dettaglio rilevamenti ultime 48 ore” comparirà nella riga inferiore la tabella con data e ora, quantità di pioggia caduta ed intervallo di tempo della misurazione (Figura 26).

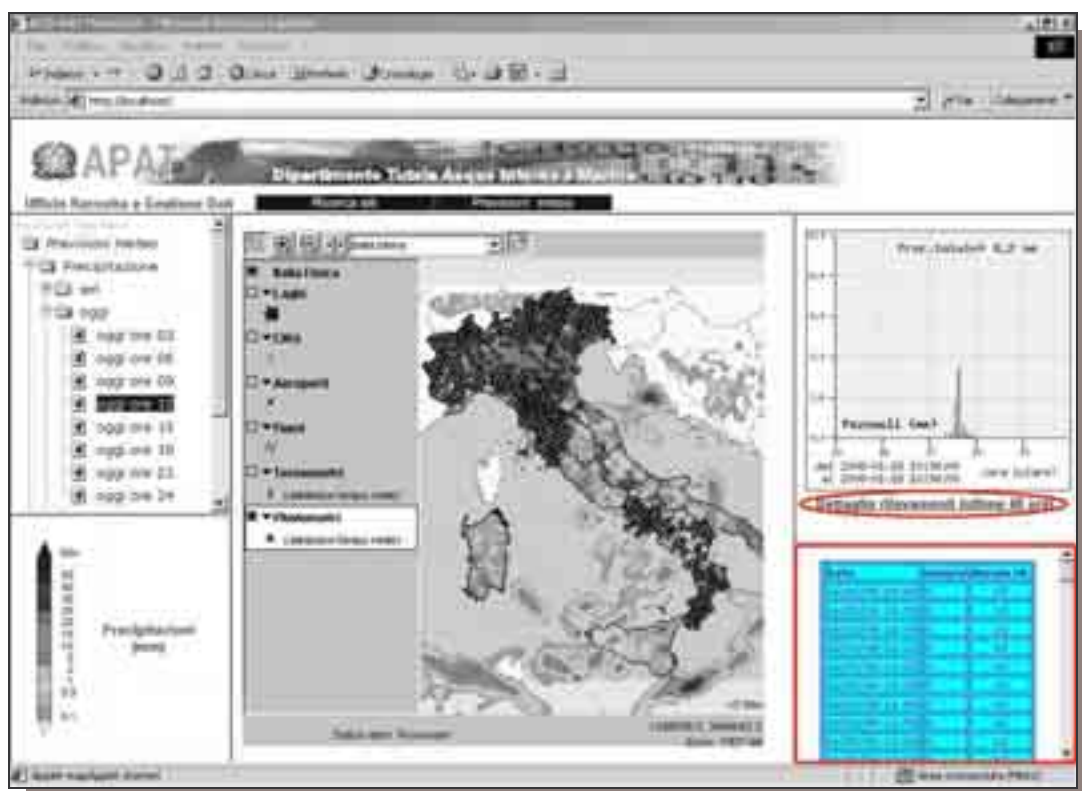


Figura 26. Tabella dettaglio rilevamenti ultime 48 ore

La procedura per l'accesso ai dati dei termometri avviene con le stesse modalità (Figura 27):

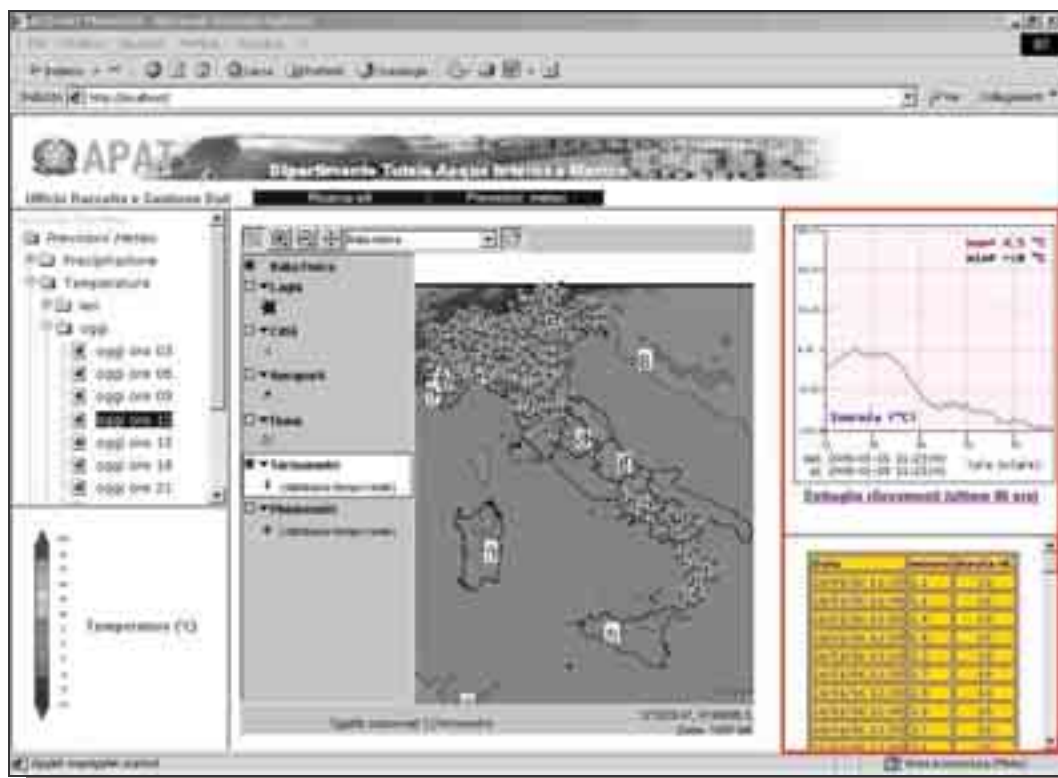


Figura 27. Grafico e tabella degli andamenti della temperatura del termometro selezionato nelle ultime 48 ore

In figura 28 vengono mostrati gli screenshot a colori delle interfacce web complete.

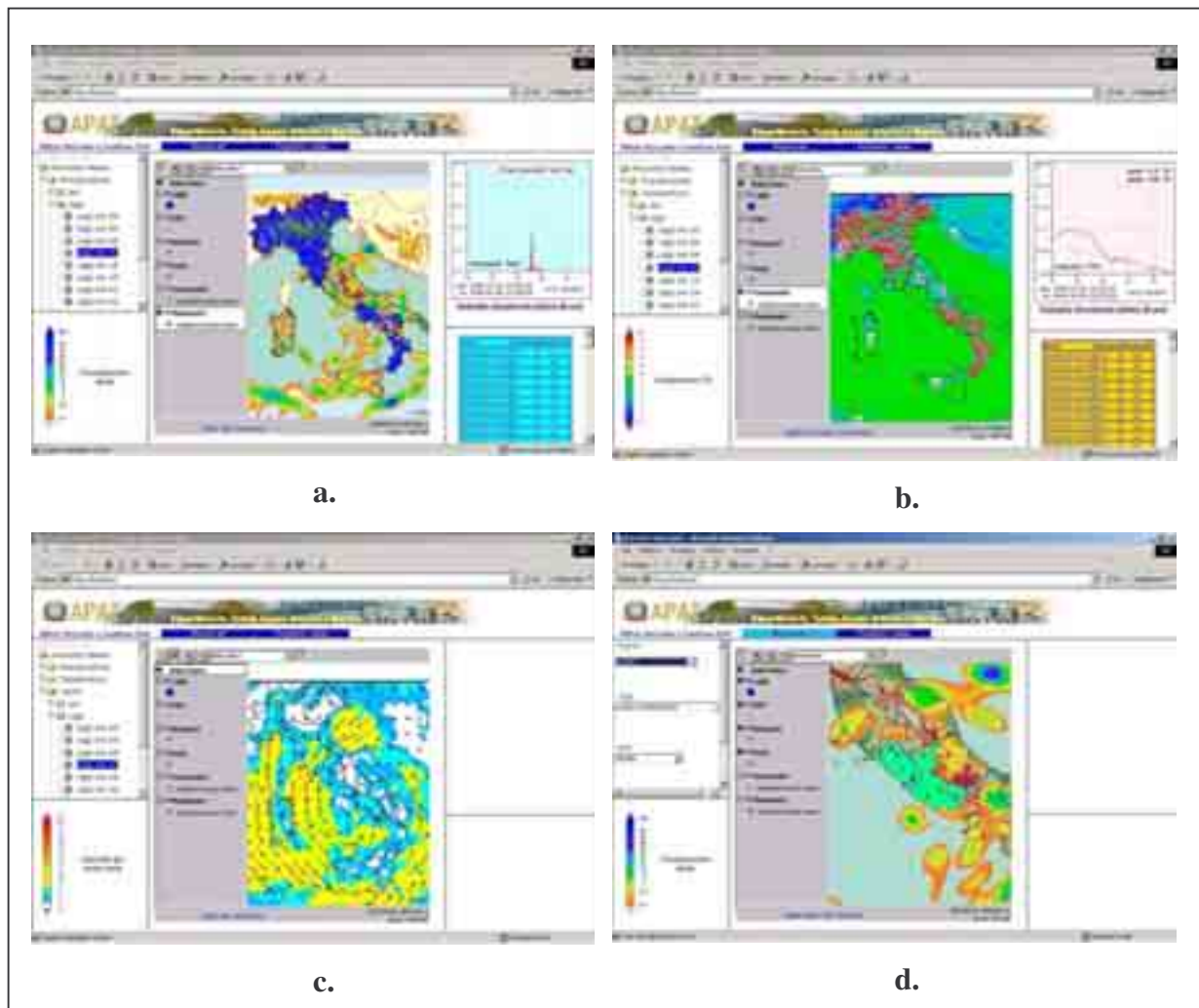


Figura 28. Esempi tratti dal sito meteo: **a.** Previsioni delle precipitazioni e dati in tempo reale dei pluviometri; **b.** Previsioni delle temperature e dati in tempo reale dei termometri; **c.** Previsioni direzione e velocità del vento; **d.** Zoom sul Lazio

Il sistema è attualmente disponibile su rete Internet alla URL:
<http://193.206.192.226/meteo/meteogis/>

4 Analisi di alcuni siti meteo Italiani

In questo capitolo verrà messo a confronto il sito meteo dell'APAT con il sito meteo di Roma Monte Mario, con i siti meteo delle ARPA (Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente) delle regioni Veneto, Emilia Romagna e Liguria e con il sito meteo della Protezione Civile della Toscana ed analizzate analogie e differenze.

Roma Monte Mario

La pagina web del sito <http://www.meteoroma.com/mmario.htm> è costituita da uno schema (Figura 29) che riporta la situazione attuale di temperatura, velocità e direzione del vento, umidità, pressione, pioggia e l'almanacco. I dati vengono aggiornati ogni 10 minuti.

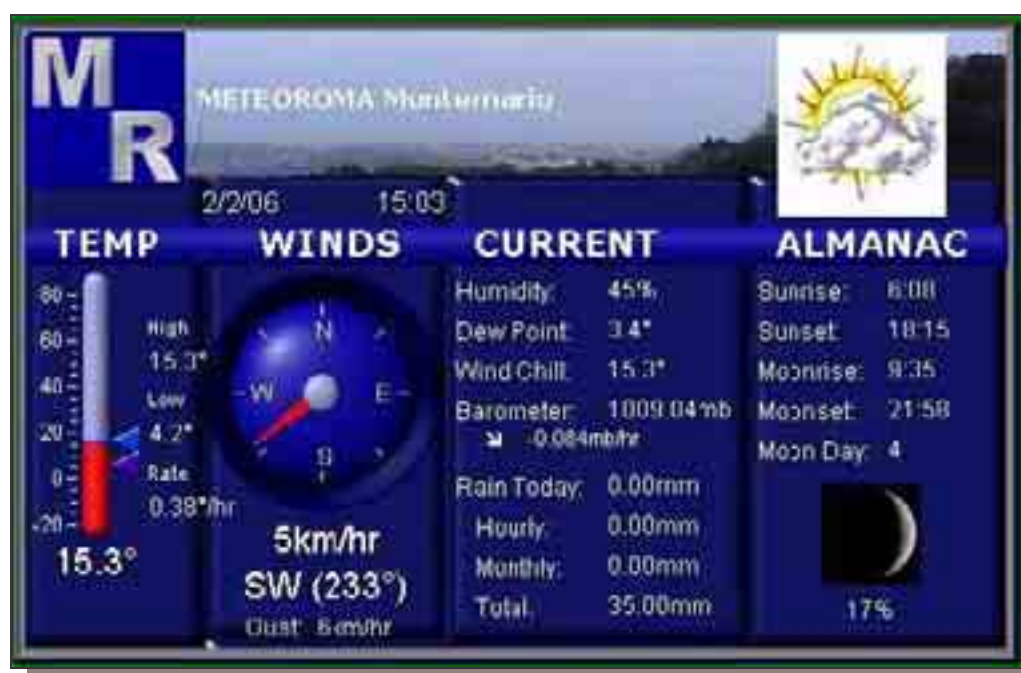


Figura 29. Schema presente nella pagina web iniziale del sito (Fonte: www.meteoroma.com/mmario.htm)

Vi è inoltre l'immagine da satellite Meteosat con animazione (Figura 30)

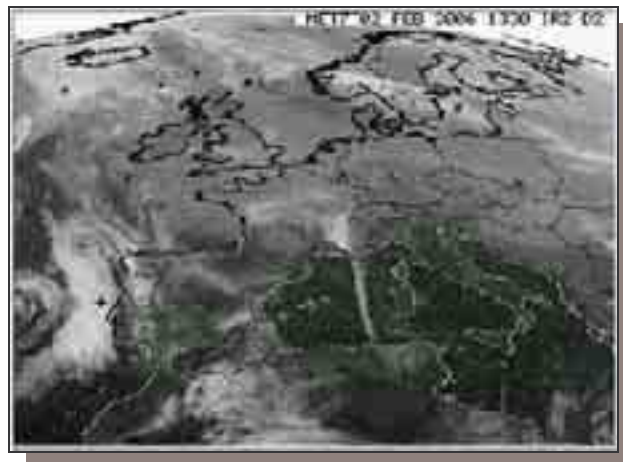
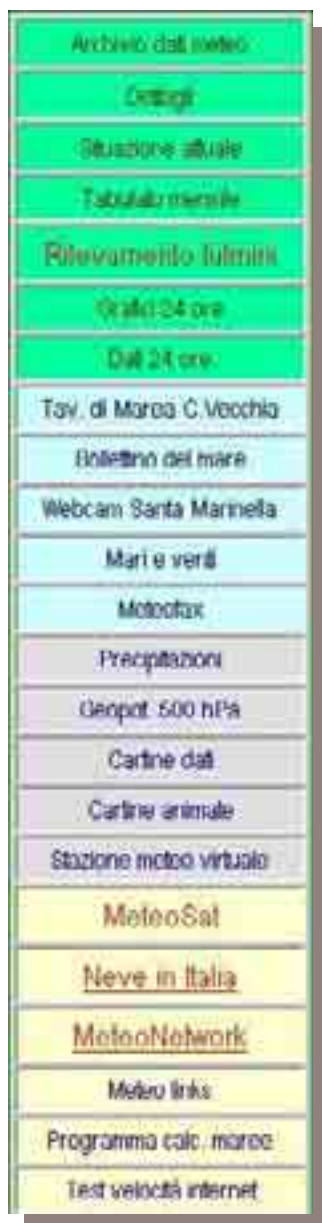


Figura 30. Immagine da satellite (Fonte: www.meteoroma.com/mmario.htm)

e le immagini delle previsioni per le 72 ore (Figura 31) ed una descrizione della situazione attuale e del rilevamento fulmini.



Figura 31. Immagini delle previsioni del tempo (Fonte: www.meteoroma.com/mmario.htm)



Si può poi accedere attraverso un menù (Figura 32) ad altre pagine che mostrano, tra le altre cose, l'archivio dei dati meteorologici dal 2002 ad oggi; i dati in tempo reale in dettaglio su temperatura, massima e minima del giorno, andamento barometrico, direzione e velocità del vento, umidità, pioggia e temperatura percepita; i dati di tutto il mese in corso; analisi dei fulmini rilevati aggiornata ogni minuto; dati e grafici su temperatura, vento, umidità, pressione e pioggia nell'arco delle 24 ore; carte al suolo di previsione per le 120 ore; le mappe delle precipitazioni per le 48 ore prodotte dai modelli NMM e Meso ETA; ecc.

Figura 32. Menù presente nella pagina web iniziale del sito (Fonte: www.meteoroma.com/mmario.htm)

Veneto

La pagina web dell'Arpa Veneto dedicata al meteo è costituita da una tabella (Figura 33) che riporta i dati relativi alle temperature e precipitazioni delle 48 ore precedenti,

DATI METEO	Sabato 10 Dicembre			Domenica 11 Dicembre	
	T min (°C)	T max (°C)	Prec. (mm)	T min (°C)	T max (°C)
BELLUNO (Aeroporto)	-7	5	0	-8	1
PADOVA (Legnaro)	2	8	0	1	8
ROVIGO (Villadose)	1	7	0	1	8
TREVISO (Breda di Piave)	-1	8	0	-3	7
VENEZIA (Treporti)	2	8	0	1	8
VERONA (Villafraanca)	2	7	0	-2	8
VICENZA (Quinto Vicentino)	-3	7	0	-2	8

Lunedì il SOLE sorge alle 7:43 e tramonta alle 16:30 - la LUNA sorge alle 14:09 e tramonta alle 4:14

Figura 33. Tabella dati temperature e precipitazioni (Fonte: www.arpa.veneto.it)

da una descrizione del tempo previsto fino a 3 giorni successivi con accanto le corrispondenti immagini (Figura 34),



Figura 34. Immagine delle previsioni del tempo (Fonte: www.arpa.veneto.it)

e da una carta che riporta le isobare ed i fronti (Figura 35).

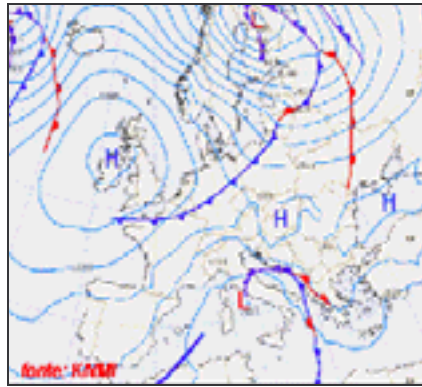


Figura 35. Carta al suolo (Fonte: www.arpa.veneto.it)

Inoltre è presente una pagina web interrogabile (Figura 36) che riporta i dati meteorologici in tempo reale:



Figura 36. Dati meteorologici in tempo reale (Fonte: www.arpa.veneto.it)

Posizionando il mouse sopra il triangolo delle singole stazioni si visualizza la località con la provincia e l'altezza in metri sul livello del mare e cliccando su di essi appare una tabella con la data e l'ora di rilevamento della temperatura, pressione, pioggia, direzione e velocità del vento.

Emilia Romagna

Il sito meteo dell'Emilia Romagna ha una pagina iniziale (Figura 37) che riporta le previsioni per le 24 ore.

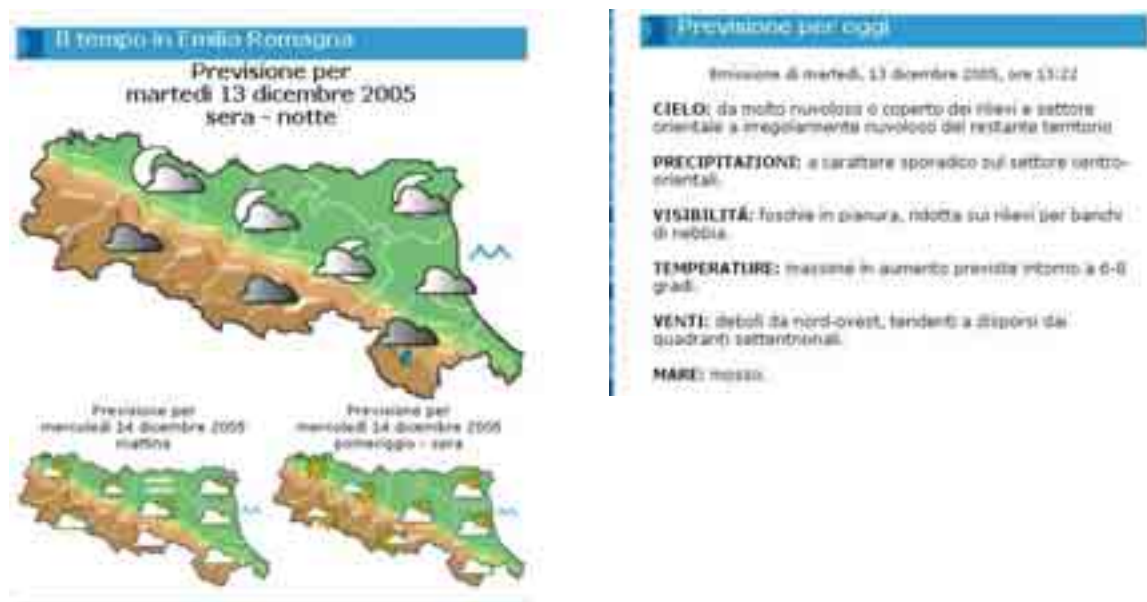


Figura 37. Previsioni delle 24 ore (Fonte: www.arpa.emr.it)

Si può poi accedere attraverso un'altra pagina, alle previsioni più dettagliate per le 48 ore successive dove, scorrendo il mouse sulla mappa, si visualizza la previsione a livello provinciale e, cliccando su una zona, si accede alla pagina relativa alla provincia con i relativi dettagli.

Vi sono inoltre le mappe delle Precipitazioni (Figura 38), della Nuvolosità e del Vento ad intervalli di 3 ore (immagini elaborate da modello LAMI) e le previsioni dello stato del mare.

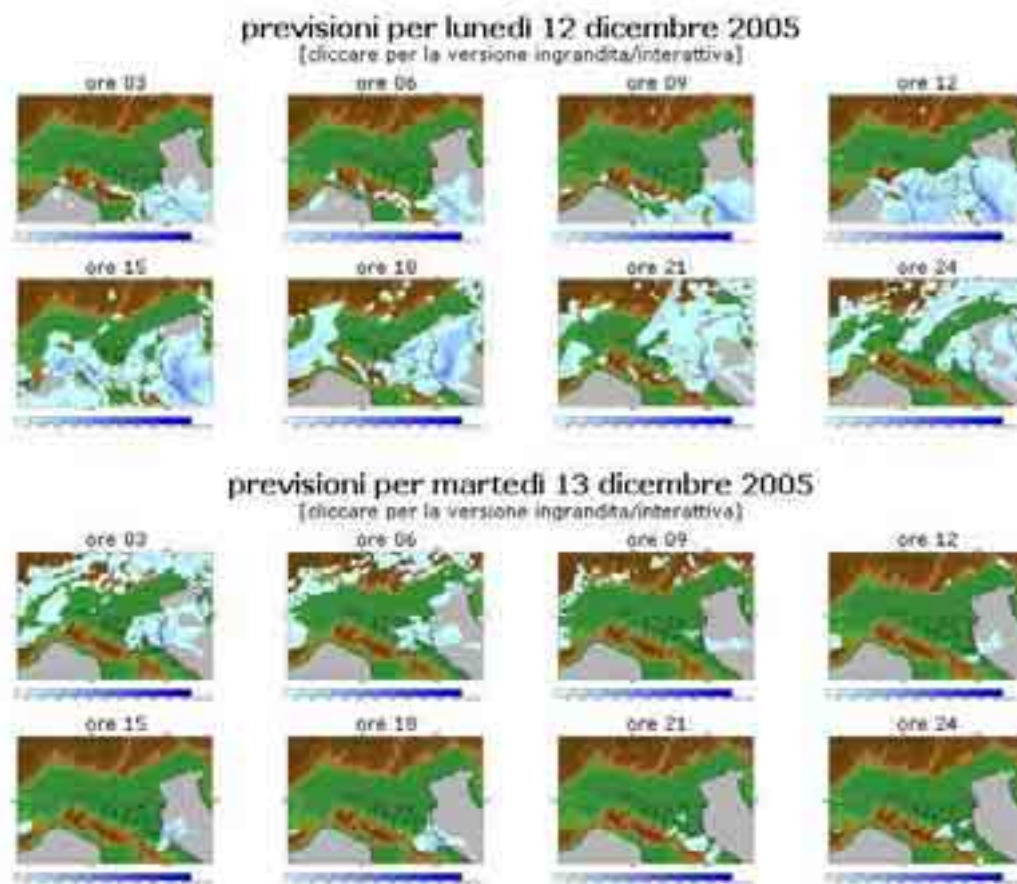


Figura 38. Mappe delle precipitazioni ad intervalli di tre ore (Fonte: www.arpa.emr.it)

E' presente anche una pagina relativa ai dati in tempo reale (Figura 39) in cui posizionando il mouse sui simboli appare una tabella con i dati relativi alla temperatura, umidità, velocità e direzione del vento, pressione s.l.m. e visibilità.



Figura 39. Dati in tempo reale (Fonte: www.arpa.emr.it)

Liguria

La pagina iniziale meteo della Liguria (Figura 40) si presenta con le previsioni per il giorno seguente ed un menù.



Figura 40. Pagina iniziale sito (Fonte:www.meteoliguria.it)

Dal menù si può accedere a varie tipologie di previsione (Figura 41),

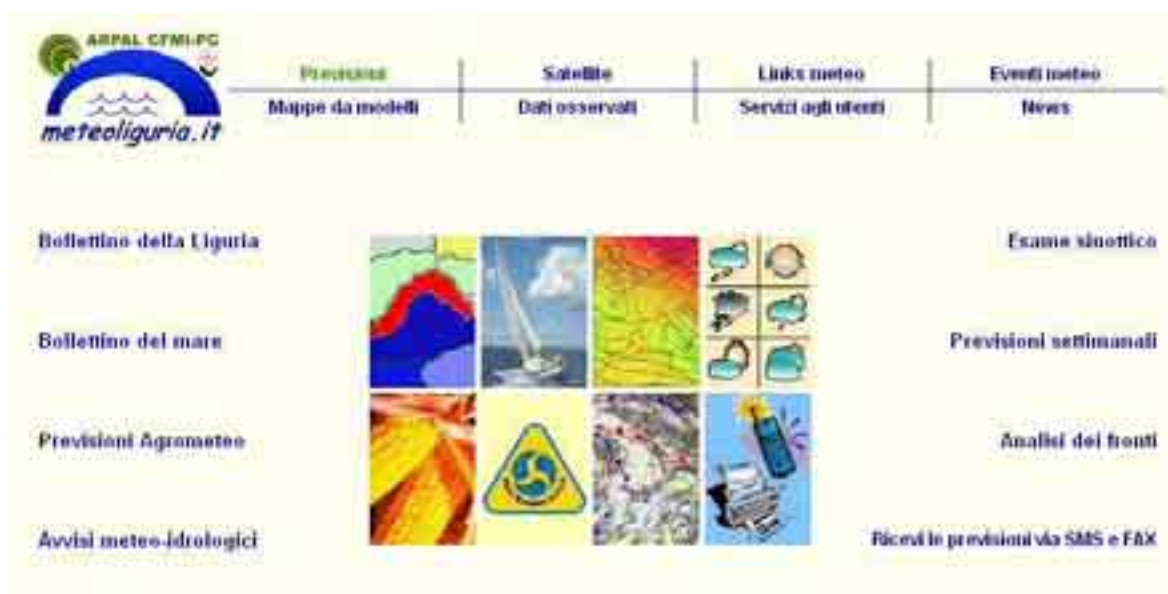


Figura 41. Previsioni (Fonte:www.meteoliguria.it)

alle mappe da modelli (Figura 42),



Figura 42. Mappe da modelli (Fonte:www.meteoliguria.it)

ed ai dati in tempo reale con i sensori ed i relativi grafici (Figura 43).



Figura 43. Sensori e relativo grafico (Fonte:www.meteoliguria.it)

Toscana

Il sito meteo della Protezione Civile della Toscana è forse il più semplice di quelli visti fino ad ora. E' costituito da una pagina web (Figura 44) che riporta le previsioni meteo per le 48 ore successive.

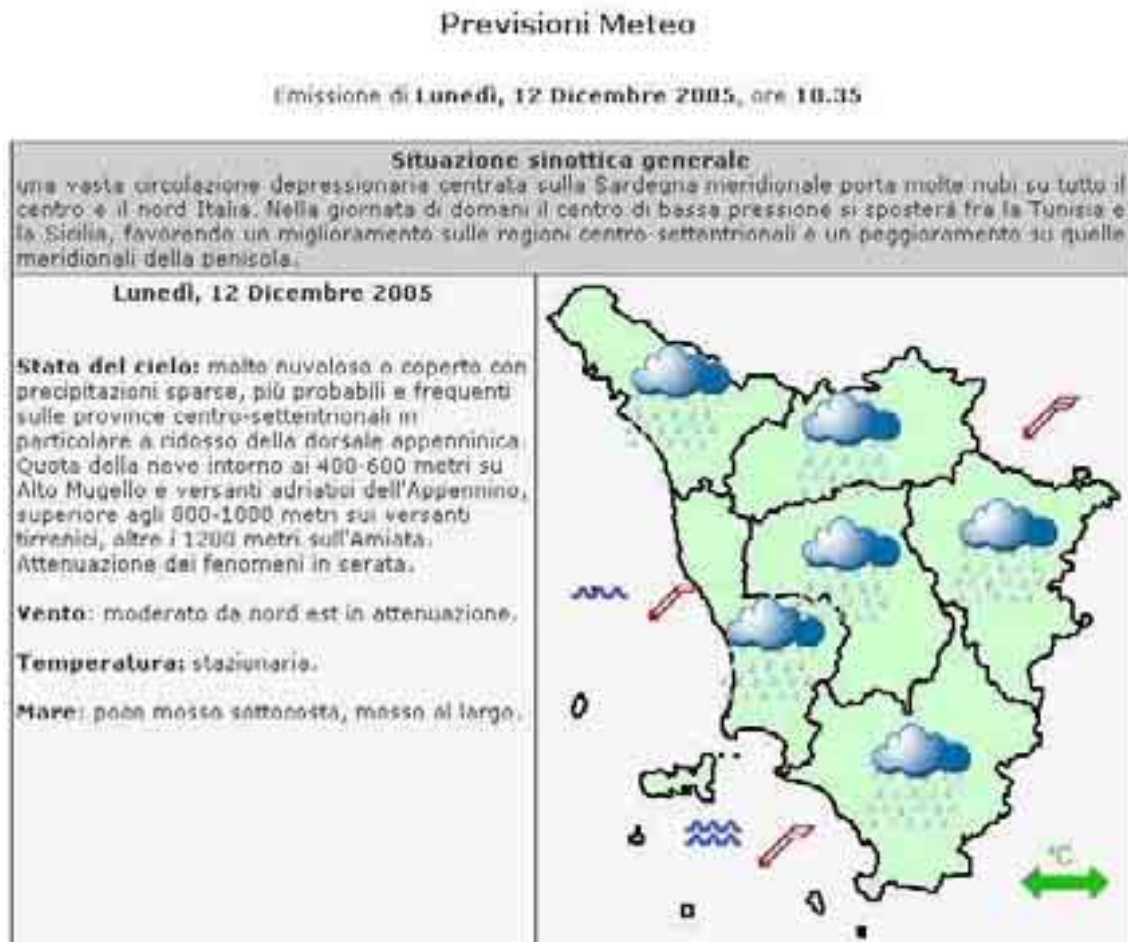


Figura 44. Previsioni (Fonte: www.cfr.toscana.it)

Analisi comparativa dei sistemi web visitati

Viene di seguito riportata una tabella riassuntiva con le varie caratteristiche e differenze dei siti meteo visti sopra.

CARATTERISTICA	APAT	Roma Monte Mario	Veneto	Emilia Romagna	Liguria	Toscana
WebGIS	Si	No	No	No	No	No
Copertura	Nazionale	Nazionale	Regionale	Regionale	Regionale	Regionale
PREVISIONI						
Arco temporale	48h	72h	72h	72h	48h	48h
Tendenza settimana	No	No	No	Si	Si	Si
Aggiornamento	Si	ogni 10 minuti	scarso	Si	scarso	Si
Previsioni ieri	Si	Si	No	No	No	No
Immagini da satellite	No	MeteoSat	No	No	No	No
Carta al suolo	No	Fino a 120h	Si	No	Si	No
Mappe precipitazioni mm/3h	Fino a 48h	Fino a 48h	No	Si	Fino a 24h	No
Mappe precipitazioni mm/12h	No	No	No	No	Fino a 24h	No
Precipitazioni nevose mm/12h	No	No	No	No	Si	No
Mappe nuvolosità 3h	No	No	No	Si	Fino a 24h	No
Mappe vento m/s/3h	Fino a 48h	No	No	Si	No	No
Mappe temperatura °C/3h	Fino a 48h	No	No	No	No	No
Temp.min. ieri	No	Si	Si	No	No	No

Temp.max. ieri	No	Si	No	No	No
Temp.min. oggi	No	Si	No	No	No
Temp.max. oggi	No	Si	No	No	No
Grigliato	10km	13km	?	?	?
Modello	QBOLAM	NMM e MESO ETA	?	LAMI	BOLAM, LILAM e DRIFT
Animazione	No	No	No	Si	No
TEMPO REALE					No
Direzione e Velocità Vento	No	Si con cartina	Si	Si	-
Livello idrometrico	No	No	No	No	-
Precipitazione	Si	Si	Si	No	-
Pressione s.l.m.	No	Si	Si	Si	-
Radiazione solare	No	Si	Si	No	-
Temperatura	Si	Si	Si	Si	-
Temperatura percepita	No	Si	No	No	-
Umidità	No	Si con cartina	Si	Si	-
Visibilità	No	Si con cartina	No	Si	-
Rilevamento Fulmini	No	Si	No	No	-

5 Conclusioni

Attraverso questo lavoro sono emerse, ancora una volta, le grandi opportunità fornite dall'utilizzo dei GIS nelle applicazioni territoriali.

In sintesi, il progetto è consistito nella applicazione di una metodologia in grado di creare, partendo da informazioni sulle previsioni del tempo e dai dati relativi alle temperature e precipitazioni in tempo reale, un GIS interrogabile via web (WebGIS) attraverso il quale è possibile integrare le osservazioni termo-pluviometriche e le previsioni meteorologiche. Grazie a questa tecnologia si possono ad esempio consultare i dati di tipo pluviometrico sovrapponendoli a quelli meteo, in modo da avere un riscontro immediato sia visivo che numerico di ciò che sta accadendo in una determinata area geografica.

Inoltre l'uso dei GIS permette di condurre uno studio a livello nazionale e di approfondire poi nel grado di dettagli al livello regionale fino a “zoomare” al singolo lago, fiume, città o aeroporto.

Il sito meteo dell'APAT è stato anche confrontato con alcuni siti meteo italiani per mostrarne le analogie e le differenze e porre in evidenza il fatto che, grazie alla disponibilità di un'ampia base dati gestita da un appropriato software si è riusciti a superare la parzialità e le limitazioni che questi presentano. Pertanto possiamo affermare che tra quelli esaminati questo è **l'unico WebGIS meteo**.

Il sistema è attualmente disponibile su rete Internet alla URL:
<http://193.206.192.226/meteo/meteogis/>

Bibliografia

Darnell R., 1998, *HTML 4 Tutto&Oltre*, APOGEO

Siti web consultati

<http://alov.org>

<http://freephp.html.it>

http://www.apat.gov.it/pre_mare/home.html

<http://www.arpa.emr.it>

<http://www.arpa.veneto.it>

<http://www.cfr.toscana.it>

<http://www.html.it>

<http://www.meteoliguria.it>

<http://www.meteoroma.com/mmario.htm>

<http://www.provincia.brescia.it>