

GUIDA ALLA LETTURA DEI DATI DI UNA STAZIONE METEOROLOGICA

ANTONELLA REGANO

Introduzione: la scienza meteorologica

La conoscenza di cosa accadrà in futuro è sempre stata una delle maggiori aspirazioni umane, e la previsione meteorologica in questo senso si propone di stabilire con sufficiente affidabilità le condizioni atmosferiche future nell'arco di un breve - medio periodo di tempo. La difficoltà di tale processo risiede nel fatto che l'enorme numero di variabili, interconnesse in modo non lineare, fanno sì che la descrizione dei fenomeni meteorologici sia intrinsecamente complessa.

Il risultato di una previsione fornita dai modelli meteorologici è frutto di un processo estremamente elaborato, che comprende numerose fasi: le osservazioni atmosferiche disponibili vengono raccolte in un dato istante; successivamente vengono analizzate per produrre una rappresentazione spaziale dell'atmosfera in quello stesso istante (tale rappresentazione è nota come "analisi"); l'analisi costituisce la condizione iniziale per il modello numerico previsionale, basato sulle equazioni differenziali primitive che governano l'atmosfera; la previsione numerica ottenuta tramite il modello previsionale è infine usata dal previsore come base del forecast da diffondere alla popolazione [1, 2].

Con il progresso scientifico e tecnologico attuale, le previsioni cosiddette numeriche (ottenute con elaborazioni al computer) sono diventate sempre più attendibili. In ogni caso la bontà della previsione meteorologica risulta condizionata da diversi fattori, dato che cause minimali possono produrre effetti di portata enorme, nei quali è difficile o impossibile riconoscere la causa originaria del fenomeno: si è in presenza di fenomeni cosiddetti caotici, cioè fenomeni la cui evoluzione appare sostanzialmente casuale.

È sicuramente difficile far cogliere, ai non addetti, la complessità che si nasconde dietro alla formulazione di una previsione meteorologica. Molte persone sono ancora convinte che, nonostante l'avanzamento delle tecnologie, gli esperti sbagliano spesso le previsioni; in realtà il processo previsionale, che consiste nel constatare la situazione atmosferica in un dato istante e dedurre da essa l'evoluzione futura, segue regole ben codificate che derivano da una consolidata pratica scientifica [3].

La meteorologia compie una vera e propria simulazione fisica dell'atmosfera, calcolando trasformazioni termiche e dinamiche con l'utilizzo di modelli matematici rigorosi e di equazioni estremamente complesse che necessitano dei più potenti calcolatori oggi esistenti [4]. Il fatto di ritenere inesatto, nonostante tutto, il risultato della previsione numerica del tempo è giustificato dalla difficoltà di ottenere i dati caratteristici dell'atmosfera sull'intera superficie terrestre (compresi oceani e terre disabitate) fino a 30 km di altezza.

Inoltre, poiché applicare le leggi fisiche “punto per punto” richiederebbe 'secoli di calcoli', i modelli di simulazione sono costretti a semplificare l'atmosfera suddividendola in cubi di 5-10 km di lato (Figura 1) e a semplificare opportunamente alcune equazioni. Questa limitatezza nel raccogliere i dati di base e le approssimazioni introdotte per la semplificazione dei calcoli, fa sì che la validità delle previsioni non oltrepassi i 3-5 giorni, senza peraltro mettere in discussione la validità scientifica del metodo.

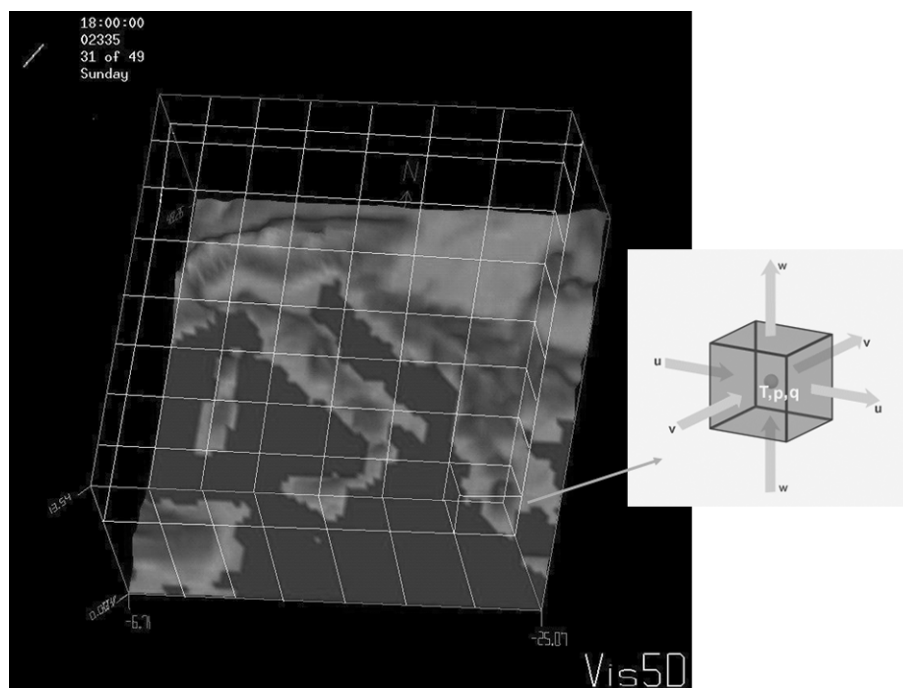


Figura 1: Esempio di una griglia di analisi usata dai modelli meteorologici.

Il progetto di un Centro Sperimentale di Nowcasting per la Regione Puglia

La tecnica previsionale a brevissima scadenza dalle 6 alle 24 ore, detta Nowcasting, è stata recentemente oggetto di notevoli innovazioni, specie in relazione alla necessità di prevedere eventi estremi e monitorarne l'evoluzione: una previsione tempestiva di tali eventi è senza dubbio di fondamentale importanza per la gestione delle emergenze da parte della protezione civile. Risulta fondamentale in tal caso una elaborazione di previsioni ad alta risoluzione spaziale e temporale: è necessario raccogliere il maggior numero di dati possibili (da satellite, radar, stazioni meteorologiche locali, etc.) e mettere a punto un modello che elabori tempestivamente tutti i dati disponibili e fornisca una previsione dettagliata sulla zona di interesse.

Il progetto di ricerca per la realizzazione di un “Centro sperimentale di nowcasting” per la regione Puglia realizzato dalla collaborazione tra le Università pugliesi con l'ISAC-CNR di Lecce, ha avuto come finalità lo studio di fattibilità di un centro per il nowcasting in previsione di una futura realizzazione di un centro operativo per applicazioni di tipo meteorologico ed ambientale per la Regione Puglia.

Possibili ricadute potrebbero essere: il supporto ad attività di tipo produttivo che trarrebbero grande vantaggio da previsioni a breve termine (agricoltura, industria e turismo); ed una efficace risposta a necessità operative di istituzioni ed enti, sia regionali che locali, impegnati nella difesa dell'ambiente e nella protezione civile.

L'obiettivo del “Progetto di un Centro Sperimentale di Nowcasting in Puglia” è stato la messa a punto di un sistema previsionale, a mesoscala¹, ad alta risoluzione spazio-temporale sulla Regione Puglia e di una rete di monitoraggio di stazioni meteorologiche al suolo e di pluviometri (gestiti dalla S.M.A. S.p.a.), i cui dati sono stati utilizzati sia in fase di inizializzazione del modello meteorologico che di validazione dell'intero sistema previsionale [5].

¹ Mesoscala: è una dimensione geografica dei sistemi meteorologici che ingloba fenomeni che operano su scale temporali di ore-giorni e si estendono su dimensioni orizzontali da 1 a 100 km.

L inizio della previsione: la raccolta dati

Il punto di partenza per la previsione meteorologica è costituito da un'accurata osservazione del tempo in atto, e dalla rilevazione di tutte le variabili ad esso collegate: temperatura, pressione, umidità, nuvolosità, precipitazioni, direzione e velocità del vento, ecc. La misurazione di questi dati avviene a due livelli (vedi Figura 2):

- al suolo, con l'ausilio delle stazioni meteorologiche;
- nell'atmosfera, con i palloni-sonda, lidar, satelliti e radar.

Quindi per le previsioni meteorologiche il primo passo consiste nel ricostruire la condizione di partenza dell'atmosfera, cioè il suo stato iniziale. Quanto più precise sono le condizioni iniziali, più la previsione si avvicinerà alla realtà. Per questo risulta fondamentale raccogliere per un dato istante il maggior numero possibile di dati disponibili, anche da fonti di misura diverse, che devono essere opportunamente analizzati per produrre la condizione iniziale dello stato dell'atmosfera che costituisce il punto di partenza del modello meteorologico previsionale.

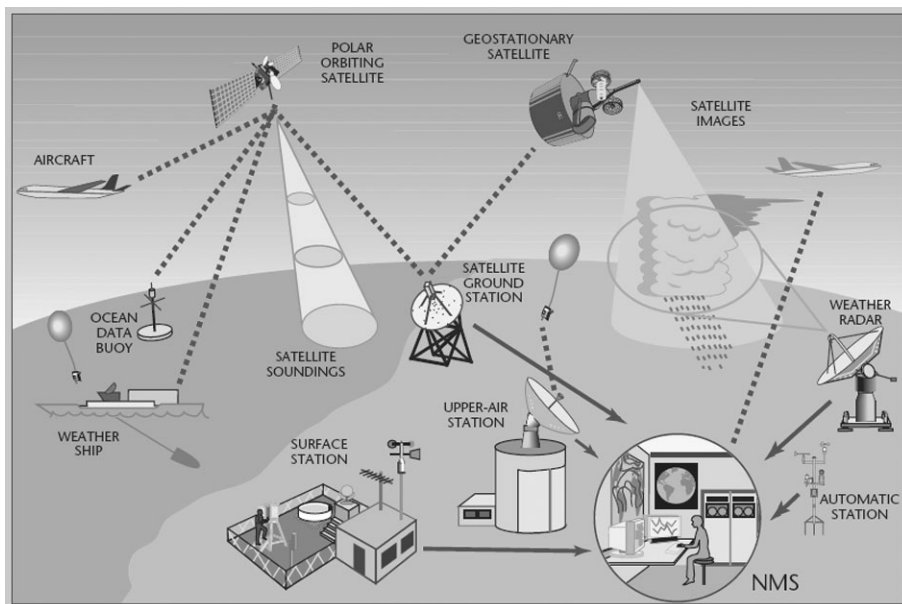


Figura 2: Osservazioni che concorrono a definire lo stato iniziale dell'atmosfera [6].

Gli strumenti utili per formulare correttamente una previsione del tempo sono offerti essenzialmente dalle osservazioni eseguite nelle stazioni di terra, dall'output di un modello fisico-matematico, dalle immagini di radar meteorologici e dalle immagini satellitari. Il previsore, infatti, deve innanzitutto avere la descrizione più precisa possibile dello stato dell'atmosfera sulla regione di interesse e sulle aree limitrofe.

Di seguito è riportata la descrizione di una tipica stazione meteorologica: il più classico strumento di misura delle condizioni atmosferiche. Poi utilizzando i primi dati della stazione meteorologica installata presso l'Istituto "S. Staffa" di Trinitapoli si faranno alcune osservazioni qualitative sui dati relativi al mese di marzo 2007 rilevati nella zona.

La stazione meteorologica

L'insieme della strumentazione in situ consente l'acquisizione di una serie di dati relativi alle variabili atmosferiche in superficie ed in quota nella bassa atmosfera. L'indagine condotta con questo tipo di strumentazione non fornisce osservazioni con continuità temporale, tuttavia risulta essenziale per la definizione delle condizioni al contorno nel modello previsionale. Il monitoraggio al suolo è garantito dalla presenza di stazioni meteorologiche che si distinguono in stazioni sinottiche² e stazioni non sinottiche³.

L'equipaggiamento di base di ogni stazione meteo è il seguente:

- Termometro a massima e minima per la misura della temperatura attuale e quella minima e massima registrata;
- Barometro o barografo per la misura della pressione atmosferica;
- Termometri asciutto e bagnato (o psicrometro) e/o igrometro per la misura della temperatura di rugiada o dell'umidità dell'aria;
- Pluviometro e/o pluviografo per la misura della quantità delle precipitazioni;
- Anemometro o anemografo per la misura della direzione e intensità del vento.

² Le *stazioni sinottiche* hanno il compito di effettuare le loro osservazioni in determinate ore della giornata dette ore sinottiche (00.00 UTC, 03.00 UTC, 06.00 UTC, 09.00 UTC, 12.00 UTC, 15.00 UTC, 18.00 UTC, 21.00 UTC), secondo la convenzione dall'OMM (Organizzazione Meteorologica Mondiale), e trasmetterle agli organi competenti, secondo dei codici internazionali, in gruppi di cifre e lettere, che nel loro complesso costituiscono il messaggio di osservazione meteorologica.

³ *Stazioni non sinottiche*. La riconosciuta importanza del fattore meteorologico in ogni attività privata e collettiva ha portato alla istituzione di altri servizi alle dipendenze di Ministeri o di altri Enti Nazionali o Regionali ed affidati ad altri tipi di stazioni meteorologiche non sinottiche, che possono riassumersi nelle seguenti tipologie: stazioni meteorologiche; stazioni meteorologiche per l'agricoltura; stazioni aeronautiche; stazioni speciali.

Altre osservazioni superficiali possono fornire informazioni utili anche su:

- nuvolosità totale e parziale;
- visibilità orizzontale in superficie;
- genere delle nubi e altezza delle nubi;
- fenomeni speciali;
- stato del mare (per le stazioni costiere o su navi).

Per ottenere misure affidabili, riducendo al minimo gli effetti della radiazione diretta del sole o riflessa dagli oggetti circostanti, gli strumenti destinati alla misura e alla registrazione della temperatura dell'aria e delle grandezze ad essa collegate (umidità relativa, temperatura del punto di rugiada, etc.) sono inseriti in una capannina meteorologica costruita in legno con pareti a persiana e dipinta in bianco, che viene installata a circa un metro e mezzo dal terreno ad all'aperto, in modo che l'aria circoli intorno al termometro. Le stazioni gestite da operatore umano sono state sostituite progressivamente da stazioni di tipo automatico che hanno dato un forte contributo alla estensione delle reti di rilevamento, consentendo – ad esempio – il loro posizionamento anche in luoghi disabitati e disagiati.

I principali dati meteorologici

5.1 *Temperatura dell'aria*

La temperatura si esprime in “gradi centigradi” °C, ma spesso la si trova espressa anche in “gradi Fahrenheit” °F e la formula per convertire i °F in °C è la seguente: $^{\circ}\text{C} = 5(^{\circ}\text{F} - 32)/9$.

Normalmente la temperatura dell'aria diminuisce con l'aumentare dell'altezza, e ciò dimostra che l'atmosfera riceve calore principalmente dalla superficie terrestre e solo subordinatamente dal Sole. L'aria degli strati inferiori è più calda di quella sovrastante non solo perché più vicina alla fonte di calore, ma anche perché più densa, più ricca in vapore acqueo ed in pulviscolo e quindi più idonea ad assorbire la radiazione terrestre rispetto all'aria degli strati più alti, che è più rarefatta, più secca e più pura.

La variazione di temperatura con la quota prende il nome di gradiente termico verticale. Il valore medio è stato fissato a 0,65°C per ogni 100 metri di elevazione, ossia salendo di quota ogni 100 m la temperatura scende di circa 0,65°C.

Normalmente la temperatura aumenta di giorno e raggiunge il massimo nel pomeriggio (la parte più calda del giorno), diminuisce durante la notte e raggiunge il minimo poco prima dell'alba (la parte più fredda del giorno)

(Figura 3). Si noti che il momento di massima temperatura (ore 13 - 15) non coincide con quello di massima intensità della radiazione solare (ore 12), perché la temperatura continua ad aumentare finché la radiazione solare in arrivo supera quella in partenza perduta per emissione terrestre.

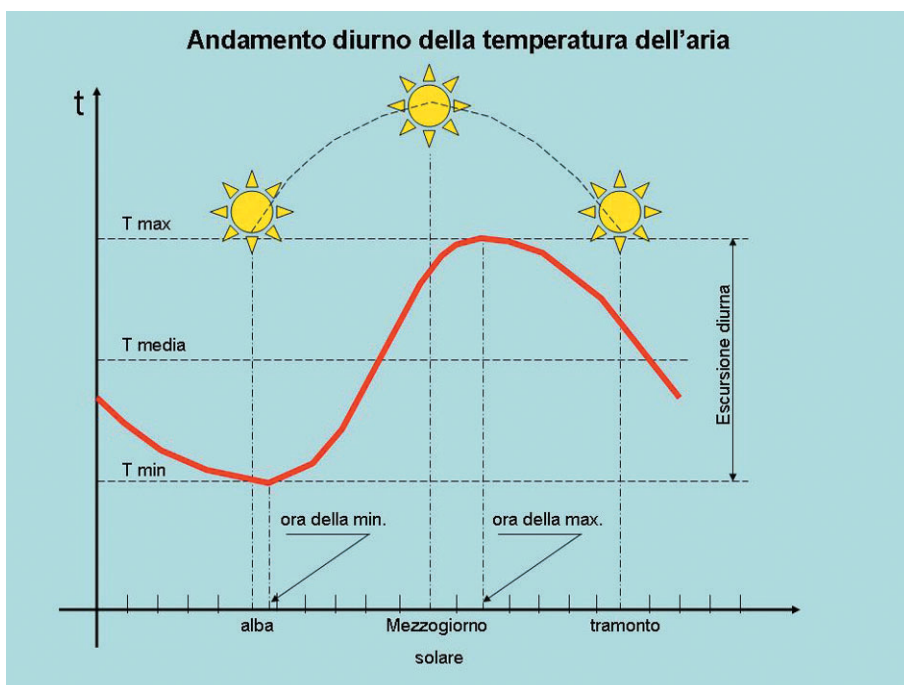


Figura 3: Andamento tipico diurno della temperatura dell'aria.

Allorquando di notte c'è presenza di copertura nuvolosa, le nubi fungono da schermo, e quindi l'energia irraggiata dal suolo non si propaga in larga percentuale nello spazio ma viene riflessa consistentemente verso la terra, che così si raffredda molto meno e molto più lentamente di quanto avviene in presenza di cielo sereno. Ovviamente si ha un risultato pressoché simmetrico nel caso di giornate con presenza di considerevole copertura nuvolosa, perché lo schermo nuvoloso fa sì che il suolo riceva una inferiore quantità di radiazione solare e conseguentemente si riscalda di meno.

Si noti che ogni fenomeno naturale in cui per il condensamento del vapore contenuto nell'atmosfera si ha la formazione di nubi, nebbie, foschie, brina, rugiada, è caratterizzato da un abbassamento di temperatura.

La temperatura come tante altre grandezze meteorologiche può essere riportata su delle carte meteo (dette anche carte sinottiche). Le linee sulle carte

del tempo che uniscono i punti della terra e del mare che hanno la stessa temperatura sono dette isoterme o linee isotermiche. Queste carte forniscono una rappresentazione grafica della distribuzione delle temperature.

La quantità riportata come temperatura assume diversi significati a seconda del tipo della mappa (Figura 4). In alcuni casi rappresentano il valore della temperatura effettivamente misurata in un dato istante al livello del suolo, (in realtà la temperatura è misurata soltanto in alcuni punti, nelle centraline meteorologiche, la situazione degli altri punti è ottenuta per interpolazione). In altri casi il dato fornito rappresenta la temperatura equivalente al livello del mare (alla temperatura registrata viene effettuata una correzione per indicare il valore della temperatura che si avrebbe se la stazione fosse al livello del mare). In altri casi viene riportata la temperatura presente a predeterminati livelli di altitudine nell'atmosfera. Sulle carte che rappresentano non lo stato del tempo, ma le previsioni i dati si riferiscono non ai valori registrati, bensì ai dati previsti.

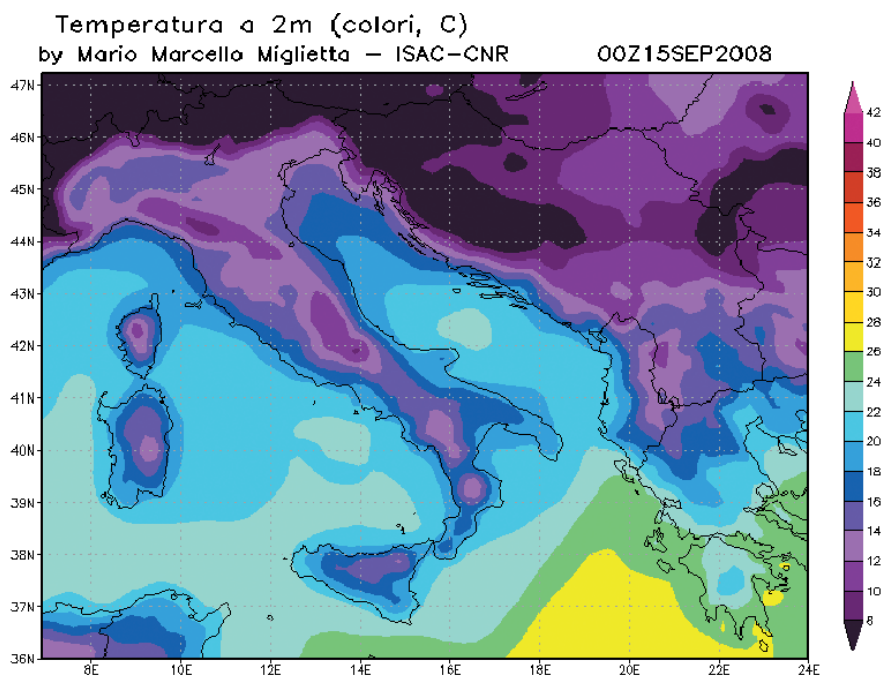


Figura 4: Temperatura misurata a 2 metri di altezza dalla superficie terrestre.

5.2 Pressione atmosferica

La pressione atmosferica è la pressione esercitata da una colonna d'aria alta quanto l'atmosfera. La pressione si misura con il barometro e l'unità di misura è l'atmosfera (atm), pari al carico esercitato da una colonnina di mercurio di 760 millimetri. Oggi l'unità di misura usata in meteorologia è l'ettopascal (hPa) equivalente a 100 Pascal (SI), talvolta viene usata come misura il millibar che equivale a circa un millesimo di atmosfera. Le equivalenze sono [8]:

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 1013,2 \text{ mbar} = 101320 \text{ Pa} = 1013,2 \text{ hPa}$$

La pressione atmosferica diminuisce con l'aumentare della quota, questa diminuzione non è costante perché gli strati più bassi dell'atmosfera sono più densi di quelli più alti, comunque si può assumere alle basse quote una variazione della pressione con la quota di 1 hPa ogni 8 metri.

La pressione scende quando sale la temperatura, infatti, se la temperatura aumenta l'aria si dilata, andando ad occupare un volume maggiore benché la sua massa rimanga costante. Così si verifica una diminuzione del peso di una colonna d'aria e quindi della pressione esercitata. Viceversa, quando la temperatura scende si avranno degli aumenti di pressione.

Anche l'umidità gioca un ruolo importante nelle variazioni di pressione. Infatti, se nell'aria è presente vapore acqueo, significa che esso ha sostituito altri elementi più pesanti come azoto o ossigeno. Da ciò deriva che più l'aria è umida, più è leggera e di conseguenza esercita una minore pressione.

In condizioni normali la pressione atmosferica presenta un andamento tipico nel corso della giornata: aumenta la mattina e la sera, diminuisce nel pomeriggio per effetto del riscaldamento dell'aria che diventa meno densa e quindi meno pesante.

Nelle ore più calde l'aria a contatto con il suolo si riscalda, si dilata e, spinta dalla forza di Archimede, sale nell'atmosfera, così si accumulano molecole d'aria nella parte alta dell'atmosfera, e l'aria diverge verso l'esterno della colonna e al suolo la pressione diminuisce (negli alti strati aumenta). Al contrario, un raffreddamento del suolo causa un raffreddamento degli strati più bassi dell'atmosfera che, più pesanti, cadranno lentamente verso il suolo; il vuoto lasciato negli strati alti richiama aria dalle zone circostanti, così la pressione al suolo aumenta perché è cresciuto il numero di molecole d'aria contenute nella colonna in esame (negli alti strati si registra un calo della pressione).

Si definisce alta pressione (o area ciclonica) una vasta area in cui la pressione atmosferica ha un valore più alto che nelle zone circostanti e nelle carte al suolo il suo centro è contraddistinto dalla lettera H o A, ed è indice di bel tempo. I venti nelle zone di alta pressione soffiano in verso orario nell'emisfero

nord, antiorario in quello sud. Si definisce bassa pressione (o ciclone o depressione) una vasta area in cui la pressione atmosferica ha un valore inferiore alle zone circostanti; nelle carte al suolo il suo centro è contraddistinto dalla lettera L o B, ed è indice di brutto tempo. I venti nelle zone di bassa pressione soffiano in verso antiorario nell'emisfero nord, orario in quello sud.

Sulle carte meteorologiche i punti alla medesima pressione sono uniti da linee dette "isobare". Le isobare si chiudono a cerchio attorno ai nuclei di alta e bassa pressione Figura 5. Isobare ravvicinate indicano condizioni di instabilità e di forti venti.

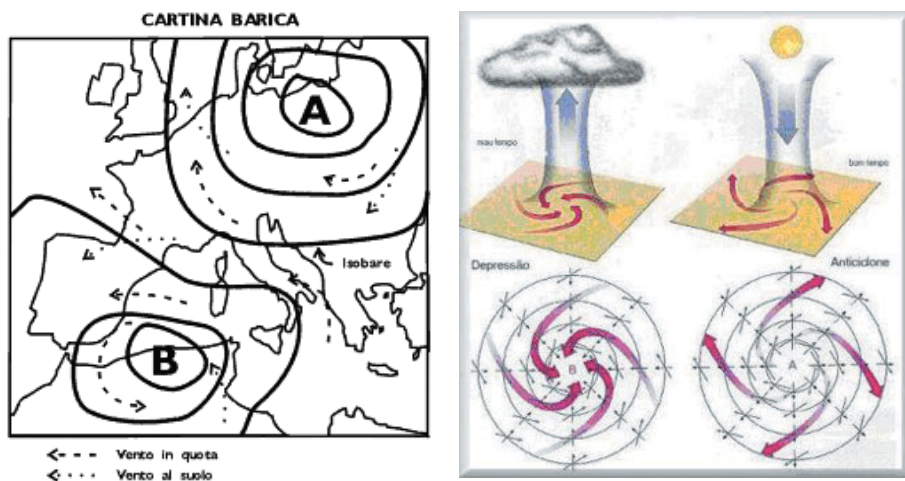


Figura 5: Pressione. a) a sinistra, mappa al suolo dell'andamento della pressione. A e B sono i centri rispettivamente di alta e bassa pressione, mentre le linee continue sono le isobare. b) a destra è schematizzato l'andamento delle masse d'aria nel caso di bassa (B) e alta (A) pressione.

Variazioni della pressione dipendono anche dall'arrivo di masse d'aria con caratteristiche termiche diverse. Aria calda in quota, più leggera, comporta un calo della pressione, mentre aria fredda, più pesante, causa un aumento della pressione Figura 5.

L'aria converge nelle regioni di bassa pressione e si alza, il vapore condensa e forma nuvole e precipitazioni, quindi la bassa pressione porta tempo nuvoloso ed umido

L'aria diverge dalle regioni ad alta pressione e si abbassa, riscaldandosi, quindi l'alta pressione porta tempo bello e secco.

La realtà è più complessa, comunque in generale le indicazioni più utili

per una previsione del tempo si ottengono non dal valore assoluto della pressione, ma dalle variazioni nelle ultime ore. Seguendo le variazioni di pressione nel corso della giornata (in media ogni tre ore) è possibile rendersi conto dell'eventuale arrivo di una perturbazione, indicata da una costante diminuzione della pressione atmosferica, o del ritorno del bel tempo.

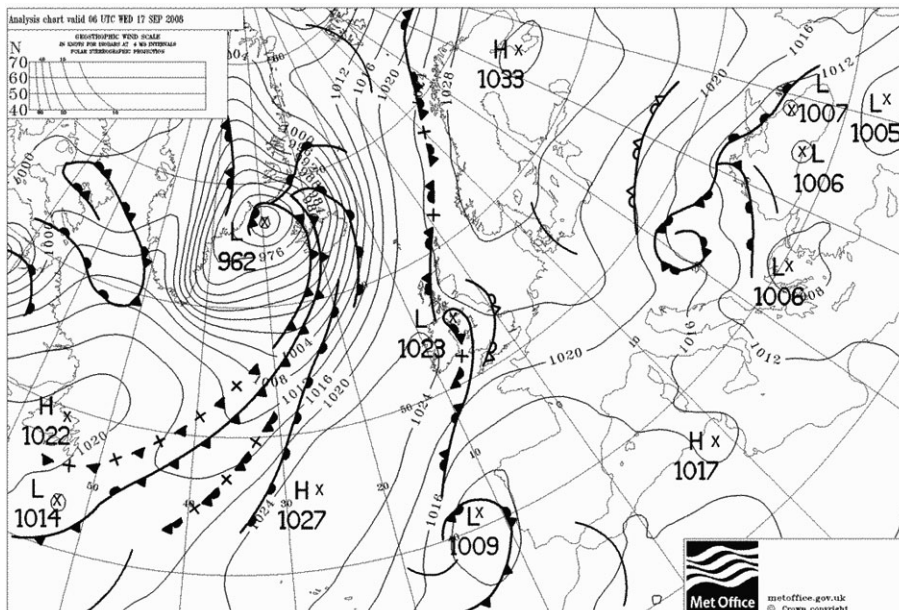


Figura 6: Carta meteo in cui è riportata la pressione e i fronti.

5.3 Umidità

L'umidità indica la quantità di vapor acqueo nell'atmosfera, essa controlla il tasso di evaporazione, la formazione delle nubi, il tempo ed il luogo delle precipitazioni.

L'aria si dice satura quando contiene la massima quantità possibile di vapor acqueo.

L'umidità può essere espressa in due modi:

- l'umidità assoluta che è una misura del volume d'acqua, sotto forma di vapore, contenuto in un certo volume d'aria a una data temperatura (g/m^3);
- l'umidità relativa (espressa in percentuale) che corrisponde al rapporto tra il peso dell'acqua esistente ed il peso massimo dell'acqua che la massa d'aria potrebbe contenere.

Quando l'umidità relativa è elevata, noi diciamo che l'aria è umida, mentre quando è bassa, diciamo che l'aria è secca. Se l'umidità relativa aumenta, la velocità di evaporazione diminuisce. L'umidità relativa può variare principalmente per due motivi:

- 1) aumento o diminuzione della quantità di vapor acqueo presente nell'aria;
- 2) riscaldamento o raffreddamento dell'aria.

In assenza di nubi che coprano il cielo limitando l'irraggiamento solare, la temperatura dell'aria in superficie aumenta durante il giorno e diminuisce durante la notte; altrettanto regolare è perciò anche l'umidità relativa: che normalmente aumenta di notte quando la temperatura si abbassa e raggiunge un picco poco prima dell'alba (la parte più fredda di una giornata) diminuisce nel pomeriggio (la parte più calda del giorno).

Variazioni irregolari di temperatura e umidità relativa intervengono a causa degli spostamenti di masse d'aria e dell'arrivo di perturbazioni. Di norma masse d'aria calda e umida caratterizzano zone di bassa pressione, mentre dove l'aria è fredda e secca, avremo zone di alta pressione.

Esistono delle formule empiriche utilizzate in meteorologia che, in condizioni atmosferiche standard, consentono di calcolare la pressione del vapore nell'aria a partire dall'umidità relativa. Si ha infatti

$$e = 6,11 \cdot 10,0^{\frac{7,5T}{237,7+T}} \frac{UR}{100}$$

dove e è la pressione del vapore in aria (in hPa), T è la temperatura dell'aria (in °C) e UR l'umidità relativa dell'aria (in %).

5.4 Vento

Abbiamo visto che sulla Terra esistono zone sottoposte a pressioni diverse e l'aria tende a spostarsi dalle zone a maggiore carico, quindi ad alta pressione, alle zone a bassa pressione, sottoposte a un carico minore, e questo moto delle particelle d'aria noi lo identifichiamo con la parola vento. Il vento è quindi uno spostamento d'aria provocato da condizioni di pressione differenti. La velocità dei venti dipende dalla differenza di pressione tra due aree, infatti maggiore è la differenza di pressione (oppure minore è la distanza tra le due aree) e maggiore è la velocità del vento.

Ai venti sono stati attribuiti secondo la tradizione nomi diversi a seconda della direzione dominante e talvolta anche in relazione alla zona geografica considerata.

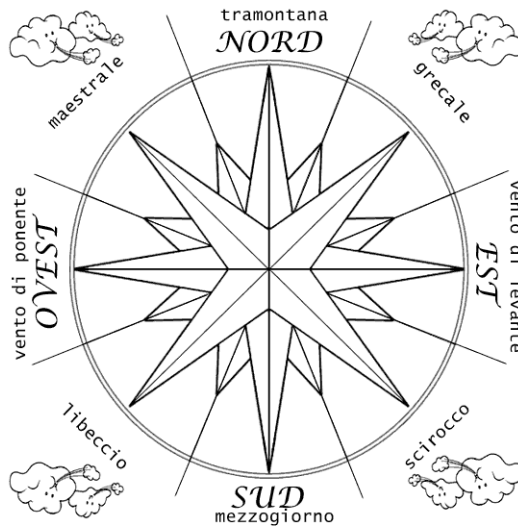


Figura 7: Direzione dei venti in base ai punti cardinali e al nome proprio.

La velocità del vento, essendo un vettore, si misura dandone intensità e direzione. La direzione si esprime come angolo rispetto al nord, mentre la velocità si esprime in metri al secondo (m/s) anche se sono molto diffuse altre unità di misura come i nodi:

$$1 \text{ nodo} = 1,862 \text{ Km/h} = 0,27 \text{ m/s.}$$

Comunque la forza del vento nei bollettini meteorologici viene solitamente classificata secondo la "scala di Beaufort" in dodici gradi: dal vento "forza 1" (0-0,5 m/s) che equivale alla "calma di vento" fino al vento "forza 12" (più di 29 m/s, cioè oltre 100 km/h) che indica l'uragano.

Normalmente la velocità del vento aumenta con la quota. Un improvviso mutamento della direzione del vento indica un cambiamento delle condizioni meteorologiche. Se le nuvole alle varie quote si muovono in direzioni opposte questo indica venti diversi a differente altitudine ed è un indizio di peggioramento della situazione meteorologica.

Nelle carte meteo il vento essendo un vettore viene rappresentato con delle frecce che ne indicano la direzione, mentre l'intensità del vento viene indicata

con la lunghezza delle frecce e/o con isolinee (o con scale di colori).

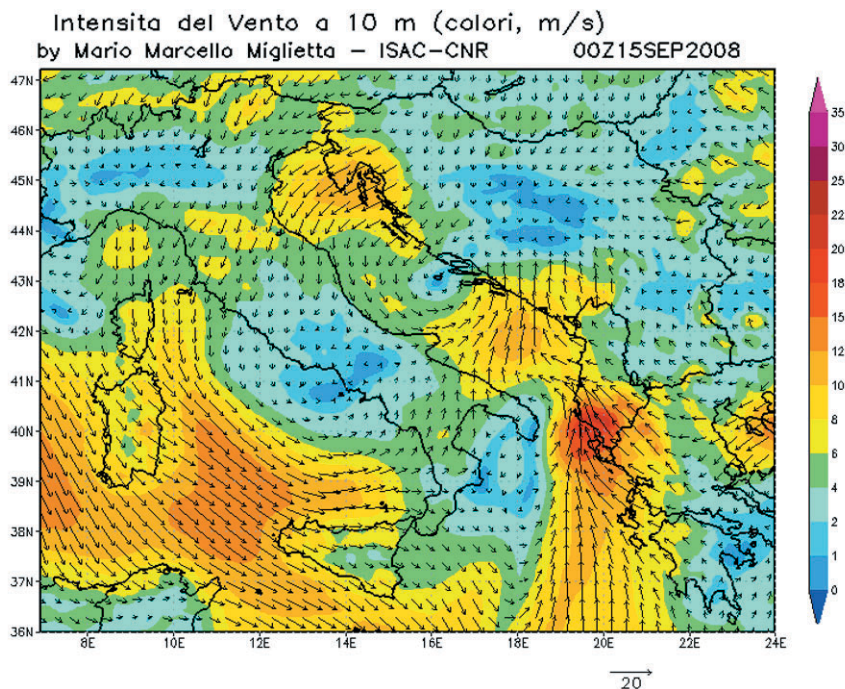


Figura 8: Carta meteo in cui vengono riportate intensità e direzione del vento.

5.5 Temperatura di rugiada

Si definisce temperatura del punto di rugiada T_d la temperatura alla quale deve essere raffreddata l'aria a pressione costante affinché il vapore acqueo contenuto in essa diventi saturo. Rappresenta quindi una misura della quantità effettiva di vapor acqueo nell'atmosfera. Il punto di rugiada fornisce quindi un modo di indicare il contenuto di umidità dell'aria: più alto è il punto di rugiada, maggiore è il contenuto di vapor acqueo nell'aria a una certa temperatura.

Normalmente, per calcolare la temperatura di rugiada ($^{\circ}\text{C}$) in modo semplice si usa la seguente formula:

$$T_d = T - 31.25 \cdot (2 - \lg U)$$

T_d = temperatura del punto di rugiada

T = temperatura dell'aria

U = umidità relativa (%)

La temperatura di rugiada è la grandezza igrometrica che, convenzionalmente, viene ormai riportata sui bollettini di osservazione al suolo, da parte

delle stazioni meteorologiche, per esprimere il contenuto di vapore nell'aria.

Da segnalare che questo parametro, pur essendo dimensionalmente una temperatura, non influisce sulla effettiva temperatura dell'aria che è normalmente più alta del punto di rugiada. Infatti la temperatura di rugiada può essere uguale o inferiore alla temperatura dell'aria ma mai superiore. Quando la temperatura dell'aria raggiunge la temperatura di rugiada si dice che l'aria è satura ovvero che contiene tutta l'umidità (100%) che può contenere e quella in eccesso deve essere rimosso dall'aria e ciò può realizzarsi attraverso un processo di condensazione, che ha come risultato la formazione di piccole goccioline di acqua che possono portare allo sviluppo di nebbie, nubi o anche precipitazioni.

Quanto maggiore è la differenza fra temperatura e temperatura di rugiada, tanto più l'aria è secca e l'umidità relativa minore. Da ciò consegue che il punto di rugiada è anche un buon indice di disagio fisiologico per un organismo umano. Infatti la maggior parte delle persone avverte sensazione di afa quando $T_d > 20$ °C.

Le leggi fisiche

Le principali grandezze meteorologiche su descritte permettono di descrivere lo stato dell'atmosfera in un dato istante qualora siano note con esattezza punto per punto. Si tratta ricapitolando di 7 variabili: le 3 componenti u , v , w del vento secondo un sistema di riferimento tridimensionale, la pressione p , la temperatura T , l'umidità q e la densità ρ dell'aria. Queste grandezze non sono indipendenti, ma sono legate da un set di leggi fisiche espresse da equazioni matematiche.

Legge dei gas ideali

L'equazione di stato dei gas perfetti descrive adeguatamente lo stato dei gas nell'atmosfera. La sua espressione più comune è: $pV = nRT$ in cui

- p è il valore della pressione del gas;
- V è il volume occupato dal gas;
- n è il numero di moli del gas;
- R è la costante universale dei gas, il cui valore varia in funzione delle unità di misura adottate per esprimere le altre grandezze nell'equazione;
- T è la temperatura assoluta del gas, generalmente espressa in kelvin.

Il valore di R nel Sistema Internazionale è: $R = 8,314472 \frac{J}{mol \cdot K}$

Equazione di continuità

Il principio di conservazione della massa asserisce che, considerando un volume infinitesimo di atmosfera (δx , δy , δz), la quantità di massa che entra in questo volume, nell'unità di tempo, deve essere uguale alla quantità che ne fuoriesce.

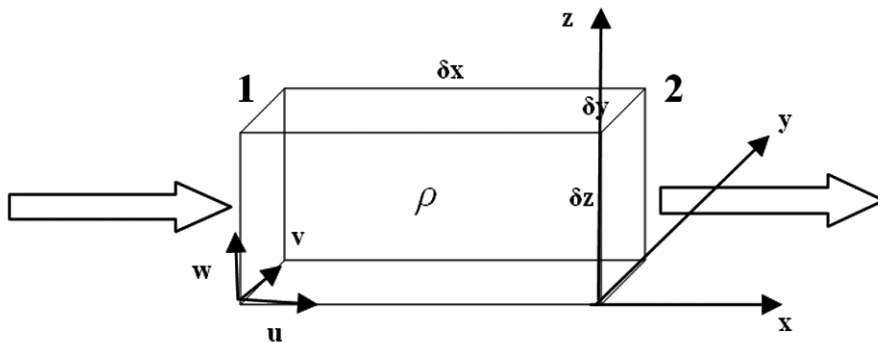


Figura 9: Rappresentazione schematica di un flusso di massa che attraversa un volume infinitesimo di atmosfera lungo la direzione x. Con ρ è indicata la densità di massa all'interno del volumetto.

L'equazione di continuità può essere espressa come legge differenziale o integrale.

Equazioni di Navier-Stokes

Le equazioni di Navier-Stokes sono un sistema di equazioni differenziali alle derivate parziali che descrive il comportamento di un fluido (in questo caso il "vento") dal punto di vista macroscopico.

Equazione dell'umidità

L'equazione di conservazione del vapor acqueo descrive la variazione locale, rispetto al tempo, del contenuto di vapor acqueo. L'acqua può presentarsi, in atmosfera in ciascuna delle tre fasi solida, liquida e gassosa. Per scrivere un'equazione di conservazione per questo componente atmosferico è necessario, dunque, tenere in conto anche eventuali cambiamenti di fase durante i quali del calore è assorbito o rilasciato.

Primo principio della termodinamica

La prima legge della termodinamica descrive la conservazione dell'entalpia, che include i contributi del trasporto sia del calore latente sia di quello sensibile. Cioè il vapore acqueo nell'aria non solo trasporta calore sensibile, associato alla sua temperatura, ma ha anche la capacità di assorbire o rilasciare calore latente addizionale durante i passaggi di fase che possono avvenire.

Analisi Meteo

In questa sede non si ha la presunzione di effettuare una previsione o un'analisi più complessa per la quale sarebbero richiesti i dati di più stazioni sparse sul territorio e molta esperienza, ma di riconoscere alcuni andamenti meteorologici dalla semplice osservazione dei dati di temperatura, temperatura di rugiada, pressione, umidità e pioggia, relativi al mese di marzo 2007, registrati dalla stazione meteorologica installata presso l'Istituto "S. Staffa" di Trinitapoli.

Guardando l'andamento della temperatura () per il mese di marzo 2007, si può notare che, oltre alla variazione giornaliera della temperatura, il grafico indica una diminuzione della temperatura nei primi 10 giorni (I decade) del mese, poi un aumento con relativa stabilizzazione dal 10 al 20 marzo (II

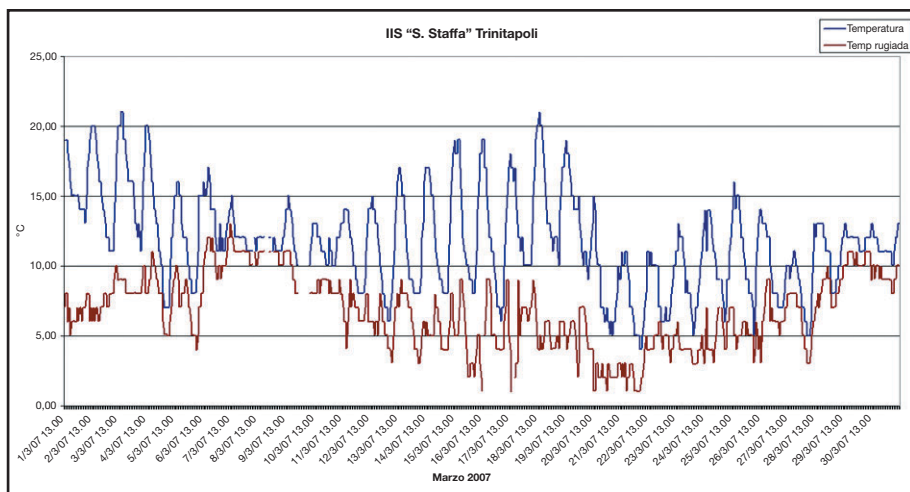


Figura 10: Andamento della temperatura (blu) e della temperatura di rugiada (rosso) relativi al mese di marzo 2007 a Trinitapoli.

decade), infine c'è un repentino abbassamento delle temperature negli ultimi 10 giorni del mese (III decade).

Ora analizziamo più in dettaglio questi 3 periodi.

I decade: si nota un tempo inizialmente stabile con temperature in crescita (Figura 10), umidità (Figura 11) non molto elevata con aria abbastanza secca come si può notare anche dalla differenza che esiste tra la temperatura e la temperatura di rugiada (Figura 10). La pressione (Figura 12) è in aumento indicando che c'è una situazione di alta pressione e quindi tempo bello come è confermato dall'assenza di piogge. Nella parte finale a partire dal 6 Marzo 2007 la situazione si ribalta improvvisamente c'è un repentino abbassamento di pressione le temperature scendono e l'umidità aumenta (si noti che la differenza tra la temperatura e la temperatura di rugiada diminuisce) e vengono registrate delle piogge.

II decade: è stata caratterizzata da tempo buono e temperature (Figura 10) ben sopra la norma se si considera che si tratta di marzo. Si registra (Figura 12) un'alta pressione, la temperatura aumenta e l'aria è secca, infatti le piogge sono quasi assenti. Si potrebbe quasi parlare di un anticipo di estate dato il valore delle temperature.

III decade: tempo variabile e perturbato con un'area di bassa pressione che ha interessato la zona per tutto il periodo. Si noti il repentino calo di pressione (Figura 12) registrato e l'abbassamento delle temperature (Figura 10) proprio in corrispondenza del 21 marzo, primo giorno di primavera, che a livello meteorologico sembra quasi l'inizio dell'autunno, infatti negli ultimi giorni di marzo si sono registrate frequenti piogge e temperature ben al di sotto della norma. Ciò è stato causato dalla discesa di aria fredda proveniente dalle latitudini polari.

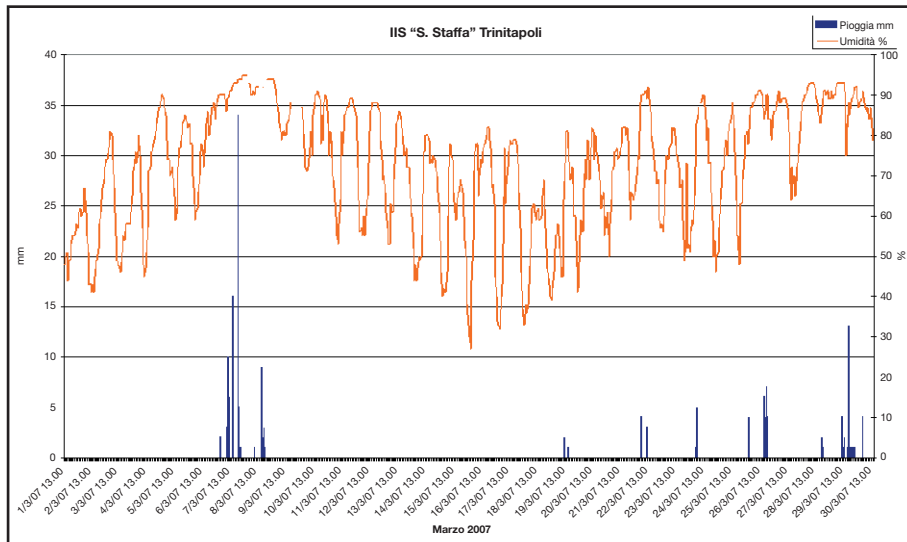
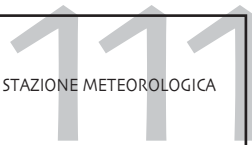


Figura 11: Andamento dell'umidità (arancio) e della pioggia accumulata relativi al mese di marzo 2007 a Trinitapoli.

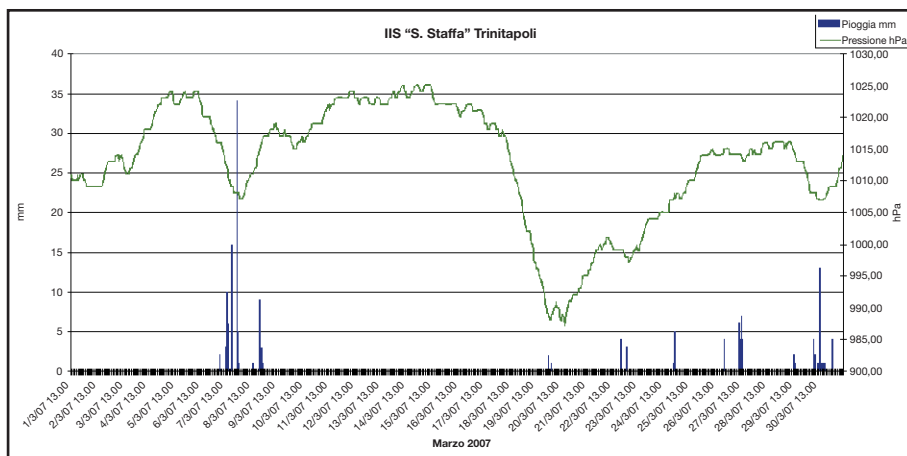


Figura 12: Andamento della pressione (verde) e della pioggia accumulata relativi al mese di marzo 2007 a Trinitapoli.

Conclusioni

La curiosità e le osservazioni intorno all'evoluzione della situazione meteorologica occupano ampiamente la nostra vita quotidiana a vari livelli e in vari modi; infatti, la rubrica delle previsioni non manca mai nelle pagine dei giornali quotidiani e come completamento dei notiziari televisivi. I bollettini meteorologici vengono magari considerati con un certo scetticismo, ma in ogni caso il loro utilizzo è alquanto diffuso, come ausilio per l'organizzazione del proprio tempo libero o anche semplicemente per sapere se convenga muoversi a piedi o in auto per recarsi al lavoro.

Al di là, di tutti questi approcci, bisogna riconoscere un effettivo e più importante valore alla conoscenza della corretta evoluzione del tempo. Infatti, il quadro delle attività lavorative, per le quali la conoscenza di una buona previsione meteorologica è fondamentale, è estremamente vasto. Basti pensare, ad esempio, alle aziende aeroportuali, alle società stradali, alle aziende agricole e di allevamento del bestiame e a tutte quelle attività inerenti la gestione del territorio e le emergenze che possono verificarsi su di esso. Per tali categorie di attività, la previsione meteorologica rappresenta lo strumento di pianificazione.

Vi è quindi la necessità di migliorare le previsioni meteorologiche come servizio di supporto per la protezione civile, ma anche per altre attività umane.

Negli ultimi anni, i successivi perfezionamenti delle tecniche numeriche e l'aumento della potenza e della velocità degli elaboratori elettronici hanno portato a grandi miglioramenti nella previsione a breve e media scadenza dei campi dinamici e di conseguenza dei parametri meteorologici come pioggia, umidità, temperatura, ecc., anche se le previsioni di alcuni dei suddetti parametri, in particolare della precipitazione, risultano ancora particolarmente difficoltose. Ciò è legato al fatto che l'evento "precipitazione" è visto da un modello come il verificarsi di certe particolari condizioni riguardo agli altri parametri: una stima non precisa da parte del modello di uno o alcuni di questi parametri può comportare che il processo sia innescato oppure no, oppure sia innescato in ritardo e con intensità diversa.

Le previsioni meteorologiche scaturiscono dalla estrapolazione nel tempo delle condizioni fisiche osservate dell'atmosfera. Alla base di tale estrapolazione è la comprensione dei meccanismi che hanno regolato l'evoluzione del tempo in precedenza.

Tutto ciò fa della meteorologia un mondo affascinante che appassiona esperti e non.

Bibliografia

[1] M. Giuliacci, P. Corazzon, and A. Giuliacci. Prevedere il tempo con internet. Alpha Test, novembre 2002.

[2] Centro Epon Meteo and Mario Giuliacci. Manuale di Meteorologia, novembre 2003.

[3] Francesca Fini. QUADERNO TECNICO ARPA-SMR N. 6/2002 – Le previsioni meteorologiche: produzione, gestione ed analisi del loro valore economico. Technical report, 2002.

[4] Meteo France. www.meteofrance.com.

[5] Antonietta Regano, NOWCASTING: dall'assimilazione dei dati all'analisi meteorologica, PhD thesis, Dipartimento Interateneo di Fisica M.M., Università degli Studi di Bari, 2005-2006

[6] World Meteorological Organization. Preventing and mitigating natural disasters. WMO-NO 993, 2006. www.wmo.int.

[7] Corso basico di meteorologia a cura di Vittorio Villasmunta, Richiami di fisica, Luca Graniero, http://www.villasmunta.it/richiami_di_fisica.htm

[8] Cenni di Meteorologia - M. Cobal, INFN Trieste e Università di Udine, YCT Ottobre 2005.

[9] Modelli meteorologici per la Regione Puglia – Francesca Intini - XIV Settimana della Cultura Scientifica e Tecnologica - Lecce -Marzo - 2004

114

IPOGEIQUADERNI

Antonella Regano