

UNITA' 11: DINAMICA E TERMODINAMICA DELL'ATMOSFERA – FENOMENI PERICOLOSI PER IL VOLO

4: Sistema Globale di Osservazione

4.1: Osservazioni in quota

4.2 Rappresentazione delle informazioni meteorologiche mediante messaggi e carte meteorologiche e loro interpretazione.

4.3: Le previsioni meteorologiche

4: Sistema Globale di Osservazione (Global Observing System - GOS)

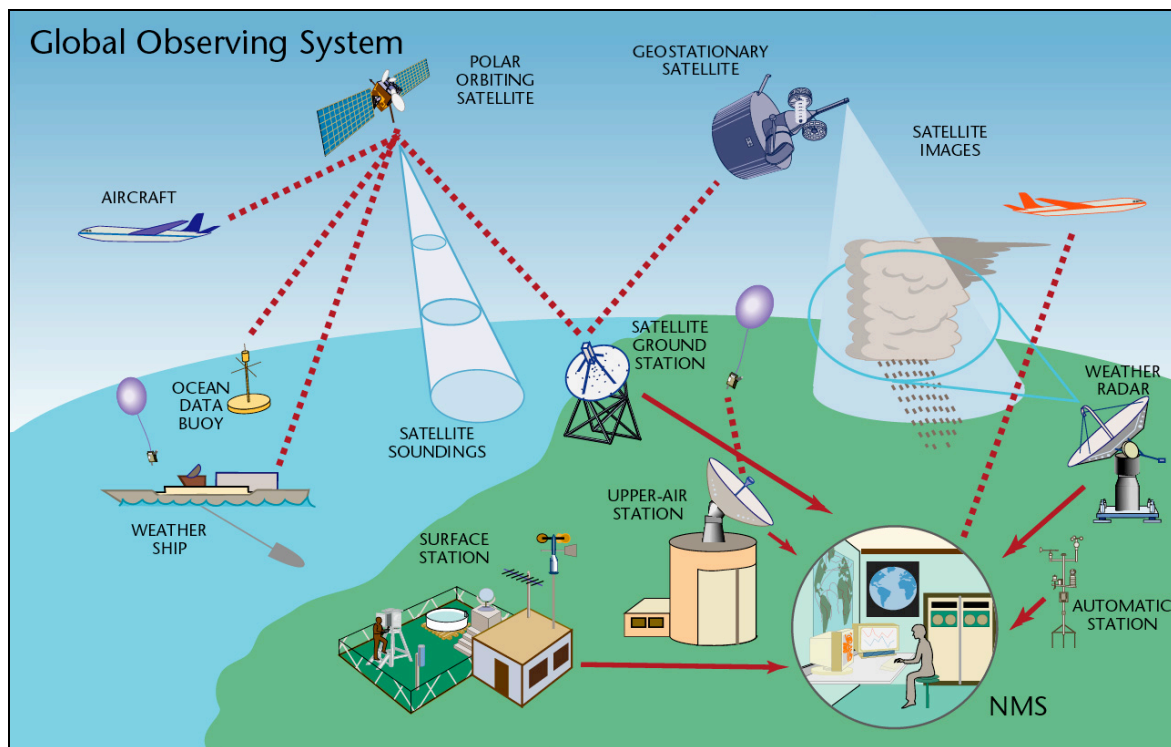


Fig.1 Sistema GOS

Il **Sistema Globale di Osservazione (GOS)** è il programma più importante del **OMM** per l'osservazione, registrazione e segnalazione delle condizioni atmosferiche, il clima e l'ambiente. Il GOS si avvale dei dati forniti da stazioni a terra, in mare, da osservazioni effettuate nell'atmosfera e di sistemi satellitari collegati con centri a terra per gestire il controllo e la ricezione dei dati.

Queste strutture sono gestite e di proprietà dei paesi membri della OMM. Permette l'analisi della situazione meteorologica e di elaborare previsioni, avvisi, il monitoraggio del clima e attività ambientali svolte nell'ambito di programmi del OMM e di altre organizzazioni internazionali. Il GOS è gestito dai Servizi Meteorologici Nazionali, dalle agenzie satellitari e

coinvolge diversi consorzi che si occupano di specifici sistemi di osservazione o di specifiche aree geografiche.

La **rete di osservazioni di superficie** consta di circa 11.000 stazioni che effettuano osservazioni sulla superficie della Terra almeno ogni tre ore e spesso anche ogni ora, dei parametri meteorologici come pressione atmosferica, velocità e direzione del vento, temperatura dell'aria e umidità relativa.

Circa 4000 di queste stazioni costituiscono la **Rete Regionale di base Sinottica (RBSNs)** e oltre 3000 stazioni costituiscono il **Regional Basic Climate Network (RBCNs)**. I dati di queste stazioni vengono scambiati a livello globale in tempo reale. Una parte di queste stazioni di superficie sono utilizzate nel **Global Climate Observing System (GCOS)**.

Le **osservazioni in quota** vengono effettuate da una rete globale di circa 1.300 stazioni che attraverso **radiosondaggi** effettuano la misura di pressione, vento, temperatura e umidità dalla superficie terrestre fino alla quota di 30km. Gran parte delle stazioni effettua le osservazioni alle **0000UTC** e alle **1200UTC**.

Nelle **zone oceaniche**, i radiosondaggi sono effettuati da circa 15 navi. Negli oceani il GOS si basa sui dati da satellite e sulle osservazioni effettuate da navi, boe, piattaforme fisse. Le osservazioni fatte dalle navi vengono codificate nel **messaggio SHIP** e comprendono gran parte dei parametri osservati nelle stazioni di superficie terrestre ai quali si aggiungono la misura della temperatura della superficie del mare, l'altezza e periodo delle onde. Il numero di navi che effettua osservazioni è di circa 4.000 di cui 1000 fanno di osservazioni ogni giorno. Le osservazioni in quota vengono, inoltre, effettuate da oltre 3000 velivoli commerciali che forniscono misure di pressione, vento e temperatura durante il volo. I dati sono raccolti dai sistemi di navigazione degli aeroplani e dalle normali sonde della temperatura e della pressione statica installate a bordo.

Le informazioni sono poi rielaborate prima di essere scaricate a terra mediante comunicazioni in onde corte (**ACARS**) o collegamenti via satellite (**ASDR**). I dati raccolti dai velivoli costituiscono un'importante integrazione dei dati provenienti dai radiosondaggi soprattutto dove ci sono pochi o nessun radiosondaggio, sebbene l'altitudine raggiunta e la precisione dello scandagliamento siano nettamente inferiori a quelle di un radiosondaggio classico.

Le osservazioni da satellite sono effettuate da una rete satellitare di osservazione che comprende satelliti in orbita polare, satelliti geostazionari e numerosi satelliti di ricerca e sviluppo. I satelliti in orbita polare e geostazionari sono normalmente dotati di sensori nel campo del visibile e infra-rosso, da cui si possono ricavare molti parametri meteorologici. Il miglioramento nella modellistica numerica in particolare, ha permesso di sviluppare metodi sempre più sofisticati per ricavare informazioni sulla temperatura e l'umidità direttamente dalle osservazioni da satellite.

Il GOS comprende anche osservazioni di radiazione solare e il rilevamento di fulmini. Si sta inoltre dimostrando molto utile l'uso del radar Doppler per effettuare misure del vento e per la stima della quantità di precipitazione. I dati del radar Doppler sono particolarmente utili per la previsione a breve termine dei fenomeni di brutto tempo.

4.1 LE OSSERVAZIONI IN QUOTA

Le osservazioni in quota vengono effettuate da una rete globale di circa 1.300 stazioni che attraverso **radiosondaggi** effettuano la **misura di pressione, vento, temperatura e umidità** dalla superficie terrestre fino alla quota di 30km. La maggior parte delle stazioni effettuano due radiosondaggi al giorno alle ore sinottiche **0000** e **1200 UTC**; in alcuni paesi i rilevamenti vengono

effettuati quattro volte al giorno, alle ore sinottiche principali (**00, 06,12, 18 UTC**). Le osservazioni in quota possono essere effettuate da stazione a terra, da navi mobili, da navi stazionanti in una determinata zona, da aerei meteorologici in volo di ricognizione. Il metodo utilizzato per fare i rilevamenti dalla maggior parte delle stazioni è il radiosondaggio usando una radiosonda che viene portata in quota da un pallone che ascende con velocità costante (generalmente 5 m/sec).

La radiosonda è un apparato elettronico costituito da sensori capaci di rilevare temperatura, pressione e umidità con la quota e di trasmetterli alla stazione a terra attraverso un radiotrasmettitore. Attraverso lo spostamento del pallone dalla verticale della stazione viene determinato anche il vento in quota. Il radiosondaggio, quindi, analizza il profilo verticale dell'atmosfera attraverso misure effettuate da strumenti solidali con un pallone sonda che viene liberato nell'atmosfera. Subito dopo il lancio inizia la ricezione dei dati inviati dalla sonda che prosegue la sua salita per circa *120 minuti* raggiungendo un'altezza media di *30.000 mt*.

L'elaborazione del relativo bollettino **FM 35 TEMP** e del suo invio deve avvenire entro 140 minuti dall'inizio del radiosondaggio. I dati del messaggio possono essere riportati sul "nomogramma Herloffson" e presentati agli utenti in forma grafica. Il giorno 3 di ogni mese si elabora, inoltre, il messaggio **CLIMAT TEMP** che fornisce i valori medi mensili dei lanci effettuati.

In **Italia** il radiosondaggio viene effettuato da sei stazioni fisse dell'Aeronautica Militare : *Udine, Milano, Pratica di Mare, Brindisi, Trapani e Cagliari*; da due Stazioni appartenenti alle Agenzie Regionali Prevenzione e Ambiente (ARPA) di Emilia Romagna e Piemonte, site a *Bologna S. Pietro Capofiume e Cuneo Levaldigi*.

Come già detto i dati che vengono forniti col sondaggio sono la temperatura la pressione e l'umidità relativa a varie quote. Gli accordi internazionali prevedono che le stazioni che effettuano i rilevamenti in quota devono diffondere la temperatura, la temperatura di rugiada ed il geopotenziale rilevati alle superfici di pressione standard 1000, 850, 700, 500, 400, 300, 250, 200, 150, 100 hPa nella bassa atmosfera e per le superfici 70, 50, 30, 20, 10 hPa nella stratosfera. La temperatura di rugiada viene calcolata a partire dai dati della radiosonda utilizzando la seguente formula:

$$t_d = t - 31.25(2 - \lg U)$$

Il **geopotenziale** viene calcolato mediante la seguente equazione:

$$\Delta\phi = \frac{R_a}{g_k} T_v \ln \frac{p_1}{p_2}$$

dove :

- $\Delta\phi$ è la differenza di geopotenziale misurata in metri geopotenziali (m_{gp});
- $R_a = 287$ Jaule / °K Kg è la costante dei gas per aria secca;
- $g_k = 9.8$ è una costante;
- T_v è la temperatura virtuale media dello strato di atmosfera compreso tra p_1 e p_2 .



Fig.2 Treno di lancio Radiosondaggio

4.2 RAPPRESENTAZIONE DELLE INFORMAZIONI METEOROLOGICHE MEDIANTE MESSAGGI E CARTE E LORO INTERPRETAZIONE

4.2.1. Le osservazioni sinottiche: normativa OMM

La meteorologia *sinottica* (sinottica ha il significato di *visione d'insieme ad un certo istante* e deriva da *sin* = insieme e *ipsis* = visione) si occupa dell'analisi dei fenomeni fisici presenti nell'atmosfera, attraverso successive osservazioni dello stato del tempo, effettuate contemporaneamente da stazioni meteorologiche opportunamente dislocate su tutta la superficie terrestre allo scopo di elaborare l'analisi dello stato del tempo e la previsione delle sue caratteristiche future.

A partire dal 1500 gradualmente sono stati introdotti gli strumenti per la misura delle varie grandezze meteorologiche. Alla fine del 1700 erano già operanti delle stazioni meteorologiche dove si osservava e registrava temperatura, pressione, vento, precipitazioni e stato del cielo. I dati rilevati, riportati su *registri giornalieri*, venivano in seguito usati per la realizzazione di *mappe climatologiche*. L'utilizzo di queste prime osservazioni e delle mappe climatologiche mise in evidenza due cose fondamentali:

- ✚ Le variazioni giornaliere del tempo, soprattutto alle medie latitudini, non potevano essere comprese con l'ausilio delle sole mappe climatologiche;
- ✚ Le osservazioni effettuate ad una singola stazione, sia ad intervalli giornalieri che ad intervalli di tempo anche piccoli (1 ora), non erano sufficienti per comprendere l'evoluzione dei processi del tempo che apparivano svilupparsi su uno spazio a scala notevolmente superiore a quello osservabile da una singola stazione.

Queste considerazioni hanno condotto all'idea sulla quale si basa il concetto di studio sinottico del tempo, e cioè *l'analisi di osservazioni del tempo effettuate simultaneamente su differenti scale spaziali che vanno da aree di copertura nazionale, regionale e continentale ad aree di copertura emisferica e globale.*

4.2. 2 Classificazione delle scale di moto, distanza tra le stazioni e frequenza delle osservazioni

Le condizioni meteorologiche variano su una scala temporale e su una scala spaziale abbastanza ampie. Basti pensare alla differenza che esiste tra la formazione ed evoluzione di un sistema frontale e quello ad esempio di un temporale locale. Tutti i fenomeni meteorologici presenti nell'atmosfera sono caratterizzati da una **lunghezza di scala** $L = \lambda/4$ ed un **tempo di scala** $T/4$ che rappresentano l'ordine di grandezza spazio-temporale per il quale si creano variazioni significative delle grandezze meteorologiche relative alla scala considerata.

Per poter studiare i fenomeni di una scala con lunghezza d'onda λ è necessario che la distanza tra le stazioni che effettuano le osservazioni sia dell'ordine di:

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda}{10}$$

Se T è il periodo con il quale il fenomeno si presenta le osservazioni devono essere eseguite ogni:

$$T = \frac{\Delta\lambda}{36}$$

In base alla lunghezza d'onda λ viene fatta la seguente classificazione delle scale di moto per lo studio dei fenomeni meteorologici:

- ✚ **Scala Planetaria:** $\lambda = 3000 - 10000$ Km; scala delle onde lunghe
- ✚ **Scala Sinottica:** $\lambda = 1500 - 5000$ Km; anticicloni e cicloni
- ✚ **Scala Sub-Sinottica:** $\lambda = 500 - 2000$ Km; moti determinati dall'orografia o per l'alternarsi di mari caldi e freddi
- ✚ **Mesoscala:** $\lambda = 50 - 500$ Km; fenomeni che risultano dall'interazione tra le onde organizzate e la particolare realtà locale (montagne, laghi, mare) quali le brezze ed i fenomeni temporaleschi innescati da intensa convezione
- ✚ **Scala locale:** $\lambda = 5 - 50$ Km; temporale, cumulonembi, nebbie.

Da un punto di vista sinottico quindi si possono studiare sia fenomeni a scala planetaria che fenomeni a scala locale, ma man mano che la scala diventa più piccola aumentano il numero di stazioni necessarie e il numero di osservazioni da effettuare. A scala locale, ad esempio, occorre costruire una rete di stazioni con una distanza di griglia di un chilometro e con una frequenza di osservazione di 10 minuti con un costo difficilmente sostenibile per qualsiasi paese. L'OMM raccomanda che le stazioni meteorologiche di superficie siano poste ad una distanza di griglia che non superi i 150 Km ed effettuino le osservazioni con una frequenza almeno trioraria; per le stazioni

che effettuano osservazioni in quota raccomanda una distanza non superiore a 300 Km ed una frequenza minima di due osservazioni al giorno.

4.2.3 Messaggi di osservazione sinottica

L'elemento fondamentale di tutta l'organizzazione meteorologica mondiale è sicuramente la stazione meteorologica. Essa può essere ubicata sul continente, su navi, su piattaforme di ricerca e su boe automatiche. La bontà di una previsione dipende dalla ricchezza di informazioni, dalla loro esattezza, omogeneità e opportuna ubicazione della rete di stazioni. Tutte le stazioni meteorologiche effettuano osservazioni strumentali e a vista di alcuni elementi (*Vedi Unità 9, pag. 212 del testo*)

Effettuate le osservazioni, le stazioni trasformano i dati a loro disposizione in messaggi il cui codice internazionale è stato stabilito dall'O.M.M.. Tali messaggi sono, inoltre, divisi in messaggi regolari e speciali. Di seguito si riportano i codici dei messaggi sinottici **SYNOP**, **SHIP** e **TEMP**. Il **SYNOP** e lo **SHIP** sono messaggi di osservazioni di superficie mentre il **TEMP** è un messaggio di osservazione in quota. Essi forniscono i dati che permettono di definire lo stato iniziale dell'atmosfera ad un dato istante nelle tre dimensioni.

4.2.4 Osservazioni sinottiche di superficie

FM 12.VII SYNOP: Messaggio di osservazione meteorologica in superficie effettuata da stazione terrestre.

FM 13. VII SHIP: Messaggio di osservazione in superficie effettuata da stazione marittima.

Il **SYNOP** e lo **SHIP** sono due messaggi di osservazione sinottica. I dati in essi contenuti sono rilevati alla superficie terrestre da stazioni poste sui continenti o in mare. Le stazioni marittime possono essere poste su navi, boe oppure piattaforme di ricerca.

Forma simbolica in codice OMM:

SEZIONE 0 $M_i M_j M_k M_l$ $\left\{ \begin{array}{l} D \\ A_1 b_w n_b n_b n_b \end{array} \right.$ $YYGGI_w$ $\left\{ \begin{array}{l} Ilii \\ 99L_a L_a L_a Q_c L_0 L_0 L_0 \end{array} \right.$

SEZIONE 1 I_RiXhVV Nddff 1s_nTTT 2s_nT_dT_dT_d 3P₀P₀P₀P₀
 4PPPP 5appp 6RRRt_R 7wwW₁W₂ 8N_hC_LC_MC_H 9hh//

SEZIONE 2 222D_sV_s (0s_nT_wT_wT_w) (1P_{wa}P_{wa}H_{wa}H_{wa}) (2P_wP_wH_wH_w)
 [(3d_{w1}d_{w1}d_{w2}d_{w2}) (4P_{w1}H_{w1}H_{w1}) (5P_{w2}P_{w2}H_{w2}h_{w2})]

E_s R_s) (ICE+ { oppure in chiaro
 c_i S_i b_i D_i Z_i })

SEZIONE 3 333 {0...} (1s_nT_xT_xT_x) (2s_nT_nT_nT_n)
 (3E_{jjj}) (4E' sss) (5j₁j₂j₃)
 (6RRRt_R) (7...) (8N_sCh_sh_s)
 (9S_pS_pS_pS_p)

SEZIONE 4 444 N'C'H'H'C_t

SEZIONE 5 555 Gruppi da elaborare a scala nazionale

SEZIONE 0 Contiene i dati di identificazione del tipo di bollettino (SYNOP o SHIP), della stazione meteorologica che effettua l'osservazione e l'unità di misura del vento (m/sec oppure Kts).

MiMiMjMj Specifica se il messaggio è un SYNOP o uno SHIP, assumendo rispettivamente la forma letterale AAXX se l'osservazione meteorologica è stata effettuata da una stazione terrestre oppure BBXX se l'osservazione è stata effettuata da una stazione marittima.

D...D Indicatore di chiamata di una nave. Assume la forma letterale RIGG se la stazione marittima che ha effettuato l'osservazione si trova su una piattaforma di ricerca; PLAT se si trova su una piattaforma petrolifera o di produzione di gas; SHIP se non è né di tipo RIGG né PLAT o se non possiede indicatore di chiamata per una nave.

A ₁	Area geografica della Regione OMM dove è posta la boa.
b _w	Specifica la zona dell'area A1 in cui è situata la boa.
n _b n _b n _b	Tipo e numero di serie della boa.
ll	Indicatore regionale, viene stabilito all'interno di ogni Regione Meteorologica in base ad accordi che hanno come preminenza le necessità delle telecomunicazioni. ll = 16 indica una regione che comprende Italia, Grecia e Malta.
iii	Indicatore numerico della stazione (ad esempio Roma ha il numero 240, quindi il gruppo intero è 16240).
YY	Giorno del mese
GG	Ora reale dell'osservazione approssimata all'ora UTC più vicina.
i _w	Specifica le unità di misura della velocità del vento assumendo i valori: 0 = velocità del vento in m/sec ottenuta a stima; 1 = velocità del vento in m/sec ottenuta da anemometro; 3 = velocità del vento in Kts ottenuta a stima; 4 = velocità del vento in Kts ottenuta da anemometro
99	Indicatore numerico di gruppo
L ₃ L ₂ L ₁ L ₀	Latitudine in decimi di grado.
Q _c	Quadrante del globo
L ₀ L ₀ L ₀ L ₀	Longitudine in decimi di grado
SEZIONE 1	Contiene dati destinati agli scambi internazionali ed è quindi articolata su gruppi obbligatori sia per il SYNOP che per lo SHIP.

i_R	<p>Indicatore di inclusione o di omissione del gruppo 6RRRt_R . E' cifrato: 1 = gruppo 6RRRt_R incluso nella sezione 1; 2 = gruppo 6RRRt_R è incluso nella sez. 3; 3 = gruppo 6 omesso per assenza di precipitazioni; 4 = gruppo 6 omesso perché i dati non sono disponibili.</p>
i_x	Indicatore di inclusione o di omissione del gruppo 7wwW ₁ W ₂ nella sez. 1 e della presenza o meno di personale che effettua i rilevamenti.
h	Altezza, rispetto al suolo, della base della nube più bassa osservata.
VV	Visibilità orizzontale di superficie
N	Copertura totale. Rappresenta la frazione di cielo coperta da nubi.
dd	Direzione, in decine di gradi, della provenienza media del vento calcolata rispetto al Nord geografico.
ff	Velocità del vento espressa in nodi. Il valore esprime la velocità media del vento calcolata sugli ultimi dieci minuti di osservazione.
1	Cifra distintiva del gruppo (gruppo 1)
S _n	Segno della temperatura. Se: S _n = 0 la temperatura è positiva S _n = 1 la temperatura è negativa
TTT	Temperatura dell'aria espressa in decimi di gradi Celsius
2	Cifra distintiva del gruppo
S _n	Segno della temperatura
T _d T _d T _d	Temperatura di rugiada espressa in decimi di gradi Celsius

3	Indicatore di gruppo
P ₀ P ₀ P ₀ P ₀	Pressione al livello della stazione meteorologica espresso in decimi di hPa. Il valore della pressione viene riportato omettendo il numero delle migliaia se supera 999; ad esempio 999 hPa viene riportato 39990, mentre 1013.2 viene cifrato 30132.
4	Indicatore di gruppo
PPPP	<p>Pressione atmosferica ridotta al livello del mare espressa in decimi di hPa. In Italia questo gruppo è compilato da tutte le stazioni con altitudine fino a 500 m s.l.m. Per le stazioni meteorologiche situate ad altitudini maggiori di 500 m, il gruppo 4PPPP è sostituito dal gruppo 4a₃hhh dove:</p> <p>4 = indicatore del gruppo a₃ = superficie isobarica della quale la stazione fornisce il geopotenziale. In particolare: a₃ = 8 superficie isobarica 850 hPa per stazioni fino a 2300 m; a₃ = 7 superficie isobarica 700 hPa per stazioni fino a 3700 m; a₃ = 5 superficie isobarica 500 hPa per stazioni oltre i 3700 m hhh = Geopotenziale della superficie isobarica presa in considerazione. L'altezza della superficie isobarica è espressa in metri geopotenziali omettendo le migliaia; ad esempio se la superficie è la 850 hPa il cui geopotenziale calcolato è di 1483 m il gruppo è cifrato 48483.</p>
5	Indicatore di gruppo
a	Caratteristica della tendenza barometrica
ppp	Valore in decimi di hPa della variazione di pressione registrata nelle ultime tre ore
6	Indicatore di gruppo
RRR	Quantità di precipitazione, espressa in mm, caduta nel periodo di tempo precedente alla osservazione, indicato da t _R ;

t_R	Indicatore del periodo di tempo, in ore, al quale si riferisce RRR. Si può avere: $t_R = 1$ se il periodo è di 6 ore $t_R = 2$ se il periodo è di 12 ore $t_R = 3$ se il periodo è di 18 ore $t_R = 4$ se il periodo è di 24 ore
7	Indicatore di gruppo
ww	Tempo presente sulla stazione al momento dell'osservazione
W_1W_2	Tempo significativo passato. Codifica con due numeri di codice i due fenomeni meteorologici più significativi verificatisi nelle 6 ore (se riferito alle ore sinottiche principali) o 3 ore (se riferito alle ore sinottiche secondarie) precedenti l'ora di compilazione del SYNOP. W_1 indica il fenomeno più importante
8	Indicatore di gruppo
N_h	Copertura in ottavi della volta celeste dovuta alle nubi della regione bassa o, in assenza di esse, dovuta alle nubi della regione media. In assenza di nubi C_L o C_M non si riporta
C_L	Nubi della regione bassa presenti
C_M	Nubi della regione media presenti
C_H	Nubi della regione alta presenti
9	Indicatore di gruppo
hh	Altezza della base della nube più bassa di 30 m
//	Dato omissso

SEZIONE 2	Fornisce i dati di una stazione marittima ed è pertanto presente solo nello SHIP.
222	Indicatore del gruppo; in pratica indica l'inizio della sezione 2.
D_s	Rotta vera seguita dalla nave nelle ultime tre ore precedenti l'osservazione
V_s	Velocità vera della nave nelle ultime tre ore precedenti l'osservazione
0	Indicatore di gruppo
S_n	Segno della temperatura
$T_w T_w T_w$	Temperatura della superficie del mare, espressa in decimi di gradi Celsius.
1	Indicatore di gruppo. I dati di questo gruppo sono rilevati con strumenti automatici
$P_{wa} P_{wa}$	Periodo del mare vivo in secondi
$H_{ws} H_{ws}$	Altezza, in unità di 0,5 m, delle onde di mare vivo
2	Indicatore di gruppo: I dati di questo gruppo sono rilevati senza mezzi strumentali, cioè sono ottenuti a stima
$P_w P_w$	Periodo in secondi delle onde di mare vivo più alte osservate (nel caso non sono disponibili i dati strumentali)
$H_w H_w$	Altezza, in unità di 0,5 metri, delle onde di mare vivo più alte osservate
3	Indicatore di gruppo
$d_{w1} d_{w1}$	Direzione di provenienza del primo sistema di onde di mare lungo

$d_{w2}d_{w2}$	Direzione di provenienza del secondo sistema di onde di mare lungo
4	Indicatore di gruppo
$P_{w1}P_{w1}$	Periodo in secondi del primo sistema di onde di mare lungo
$H_{w1}H_{w1}$	Altezza, in unità di 0,5 metri, delle onde del primo sistema di mare lungo
5	Indicatore di gruppo
$P_{w2}P_{w2}$	Periodo in secondi del secondo sistema di onde di mare lungo
$H_{w2}H_{w2}$	Altezza del secondo sistema di onde di mare lungo in unità di 0,5 metri
6	Indicatore di gruppo
I_s	Specifica le cause dell'accumulo di ghiaccio a bordo delle navi
E_sE_s	Spessore del ghiaccio accumulato sulla nave espresso in centimetri
R_s	Velocità di accumulo del ghiaccio sulla nave
ICE	Indicatore di gruppo del ghiaccio
c_i	Concentrazione del ghiaccio in mare
S_i	Stadio di formazione del ghiaccio
b_i	Indica la presenza di icebergs. Per iceberg è inteso una grande montagna di ghiaccio di origine terrestre
D_i	Direzione geografica verso la quale si trova il margine principale dei ghiacciai marini
Z_i	Situazione attuale dei ghiacci ed evoluzione delle condizioni di navigabilità nelle tre ore precedenti l'osservazione

SEZIONE 3	Contiene dati destinati agli scambi regionali. Fornisce dati facoltativi che devono essere inclusi nel bollettino solo per determinate ore sinottiche e per alcune stazioni meteorologiche. Negli altri casi la sezione 3 non compare.
333	Indica che inizia la sezione 3
0	Indicatore di gruppo
...	Gruppo da definire
1	Indicatore di gruppo
S_n	Segno della temperatura
$T_x T_x T_x$	Temperatura massima in decimi di gradi Celsius
2	Indicatore di gruppo
S_n	Segno della temperatura
$T_n T_n T_n$	Temperatura minima in decimi di gradi Celsius
3	Indicatore di gruppo
E	Stato del suolo caratterizzato da assenza di neve o ghiaccio, o di spessore non misurabile se presenti.
iii	Informazioni complementari che vanno specificate a livello regionale
4	Indicatore di gruppo
E'	Stato del suolo ricoperto di neve o ghiaccio di spessore misurabile
sss	Spessore totale in centimetri della neve e/o del ghiaccio che ricoprono il suolo

5	Indicatore di gruppo
j_1	Indicatore di informazioni complementari
$j_2 j_3 j_4$	Informazioni complementari
6RRRt _R	Gruppo delle precipitazioni già specificato nella sez. 1
7	Indicatore di gruppo
...	Gruppo da definire
8	Indicatore di gruppo
N_s	Copertura in ottavi di uno strato o massa di nubi distinti appartenenti al genere specificato dal codice C o dal codice CC
C	Genere di nube la cui estensione è N_s
$h_s h_s$	Altezza della base dello strato di nubi del genere specificato con C;
9	Indicatore di gruppo
$S_p S_p S_p S_p$	Fenomeni particolari presenti al momento dell'osservazione e segnalati in base ad accordi presi in ambito regionale
SEZIONE 4	Viene usata solo nel caso di stazioni di montagna quando la base delle nubi osservate si trova al di sotto della stazione stessa. Questa sezione è inclusa su decisione nazionale. E' obbligatoria per le stazioni italiane di montagna.
4444	Gruppo di riconoscimento della sezione 4
N'	Estensione delle nubi la cui base è al di sotto del livello della stazione
C'	Genere di nubi con base inferiore al livello di stazione

H'H'	Altitudine della sommità delle nubi espressa in ettometri
Ct	Descrizione della sommità delle nubi osservate dalla stazione
SEZIONE 5	Comprende dati destinati agli scambi nazionali. In Italia è obbligatoria per le stazioni meteorologiche costiere e per le navi, poiché fornisce i dati relativi allo stato del mare e al mare lungo.
555	Gruppo di riconoscimento della sezione 5
0	Indicatore di gruppo
S	Stato del mare
S _k	Caratteristiche del mare lungo
D _k	Direzione di provenienza delle onde di mare lungo

4.2.5 Osservazioni sinottiche in quota

I messaggi di osservazione in quota della pressione, temperatura, umidità e vento vengono compilati con i dati provenienti dal radiosondaggio effettuato da una stazione a terra (TEMP) oppure da una stazione in mare (TEMP SHIP), oppure da una sonda rilasciata da palloni trasportatori o da un aeromobile (TEMP DROP).

FM 35.V TEMP: Messaggio di osservazione in quota da una stazione terrestre della pressione, temperatura, umidità e vento.

Il messaggio TEMP comprende quattro parti che possono anche non essere tutte presenti. La più importante è la parte A che contiene i dati, relativi alle superfici isobariche standard fino al livello 100 hPa incluso, destinati agli scambi emisferici. La parte B riporta dati simili a quelli della parte A riferiti però a livelli isobarici non standard ma ritenuti significativi; inoltre contiene dati riferiti alle nubi presenti al momento del lancio. Le parti C e D riportano gli stessi dati delle due precedenti ma riferiti ai livelli superiori a 100 hPa. Sono quindi di poco interesse per il volo, e per la loro trattazione si rimanda alla relativa pubblicazione dell'OMM.

Il messaggio TEMP viene emesso regolarmente alle 00 UTC e alle 12 UTC dalle stazioni che effettuano i radiosondaggi; alcune stazioni effettuano il radiosondaggio anche alle 06 e 18 UTC, cioè a tutte le ore sinottiche principali.

SEZIONE 1	M _i M _j M _k M _l YYGGI _d IIIII		
SEZIONE 2	99P ₀ P ₀ P ₀ P ₁ P ₁ h ₁ h ₁ h ₁ P _n P _n h _n h _n h _n	T ₀ T ₀ T _a D ₀ D ₀ T ₁ T ₁ T _{a1} D ₁ D ₁ T _n T _n T _{an} D _n D _n	d ₀ d ₀ f ₀ f ₀ f ₀ d ₁ d ₁ f ₁ f ₁ f ₁ d _n d _n f _n f _n f _n
SEZIONE 3	88P _t P _t P _t oppure 88999	T _t T _t T _a D _t D _t	d _n d _n f _n f _n f _n
SEZIONE 4	$\left\{ \begin{array}{l} 77P_m P_m P_m \\ \text{oppure} \\ 66P_m P_m P_m \\ \text{oppure} \\ 77999 \end{array} \right\} d_m d_m f_m f_m f_m (4v_b v_b v_a v_a)$		

SEZIONE 1 Dati di identificazione del bollettino e della stazione

M_iM_jM_kM_l Identifica il tipo di bollettino e la parte del TEMP a cui si riferisce. Il messaggio TEMP-parte A è contraddistinto da: TTAA (TTBB identifica la parte B ecc.)

YYGG Giorno e ora UTC dell'osservazione

I_d Indicatore che specifica il più alto livello isobarico standard del quale vengono forniti i dati del vento

IIIII Indicatore di stazione. Vedi SYNOP

SEZIONE 2 Dati riferiti alle superfici isobariche standard 1000, 850, 700, 500, 400, 300, 250, 200, 150, 100 hPa

99	Indicatore di gruppo
$P_0P_0P_0$	Pressione in superficie espressa in hPa interi, ridotta a 0°C e relativa all'altitudine della stazione
T_0T_0	Temperatura dell'aria in gradi Celsius interi al livello del suolo
T_{a0}	Segno della temperatura e cifra approssimativa dei decimi di grado
D_0D_0	Differenza tra la temperatura e la temperatura di rugiada in decimi di grado
P_1P_1 P_2P_2 P_nP_n	Indicatore del livello isobarico standard cui si riferiscono i dati che seguono. Il livello 1000 hPa è cifrato 00.
$h_1h_1h_1$ $h_2h_2h_2$ $h_3h_3h_3$ $h_nh_nh_n$	Altezza in metri geopotenziali delle superfici isobariche P1, P2, ... Pn riportata in tre cifre, tralasciando la cifra delle migliaia fino alla superficie 500 hPa; mentre al di sopra della 500 si tralasciano la cifra delle unità e quella delle decine di migliaia Es.: 700 hPa = 3250 mgp → hhh = 250 200 hPa = 11750 mgp → hhh = 175
T_1T_1 T_2T_2 T_nT_n	Temperatura dell'aria, in gradi Celsius interi, alle superfici isobariche P ₁ , P ₂ ,P _n .
T_{a1} T_{a2} T_{an}	Cifra approssimativa dei decimi di grado e segno della temperatura alle superfici isobariche standard

D_1D_1 Differenza tra la temperatura dell'aria e la temperatura di rugiada
 D_2D_2 alle superfici isobariche standard

.....

D_nD_n

$d_0d_0f_0f_0$ Direzione e intensità vera del vento al livello del suolo. La direzione è riportata in centinaia e decine di gradi arrotondata al multiplo di 5° più prossimo. L'intensità del vento è espressa in nodi o in nodi più 500.

$d_1d_1f_1f_1$ Direzione e intensità del vento ai livelli isobarici standard.

.....

$d_nd_nf_nf_n$

SEZIONE 3 Dati riferiti al livello della tropopausa

88 Indicatore di gruppo

$P_tP_tP_t$ Pressione al livello della tropopausa in hPa interi se tale livello è compreso tra il suolo e 100 hPa

T_tT_t Temperatura al livello della tropopausa in gradi Celsius interi

T_a Valore approssimativo dei decimi di grado e segno della temperatura al livello della tropopausa

D_tD_t Differenza tra la temperatura e la temperatura di rugiada al livello della tropopausa

$d_t d_t$ Direzione del vento al livello della tropopausa

$f_t f_t f_t$ Intensità del vento al livello della tropopausa.

SEZIONE 4 Dati relativi al livello di velocità massima del vento

77 Indicatore di gruppo

$P_m P_m P_m$ Pressione al livello del vento massimo espressa in hPa interi

$d_m d_m$ Direzione del vento massimo in centinaia e decine di gradi veri, arrotondata al multiplo di 5° più prossimo

$f_m f_m f_m$ Velocità del vento massimo, espressa in nodi o in nodi più 500

4 Indicatore di gruppo (questo gruppo è facoltativo)

$v_a v_a$ Differenza tra il vento massimo e quello registrato mille metri al di sopra

$v_b v_b$ Differenza tra il vento massimo e quello registrato mille metri al di sotto

77999 Questo gruppo viene usato per indicare l'assenza di venti massimi

4.2.6 Carte meteorologiche

Le carte meteorologiche possono essere divise in carte di analisi e di previsione, che a loro volta possono essere divise in carte al suolo e carte in quota contraddistinte dalle seguenti sigle:

- ✚ AS - *analisi al suolo*;
- ✚ AU - *analisi in quota*;
- ✚ FS - *prevista al suolo*;
- ✚ FU - *prevista in quota*.

Esse vengono preparate riportando sulle carte geografiche, a scale e proiezioni opportune, le informazioni meteorologiche con simboli grafici convenzionali stabiliti a livello internazionale.

Analizziamo le caratteristiche delle carte meteorologiche di una certa rilevanza:

1) Pressione al m.s.l

La carta fondamentale è la **carta al suolo (AS)** o **carta del tempo**. Su di essa vengono tracciate le **isobare**. La distribuzione delle isobare mette in evidenza i **centri di alta e bassa pressione, le saccature e i promontori**, cioè le **configurazioni bariche a scala sinottica**, che al suolo si presentano come aree di alta e bassa pressione, permette di individuare l'**intensità del vento attraverso il gradiente barico**.

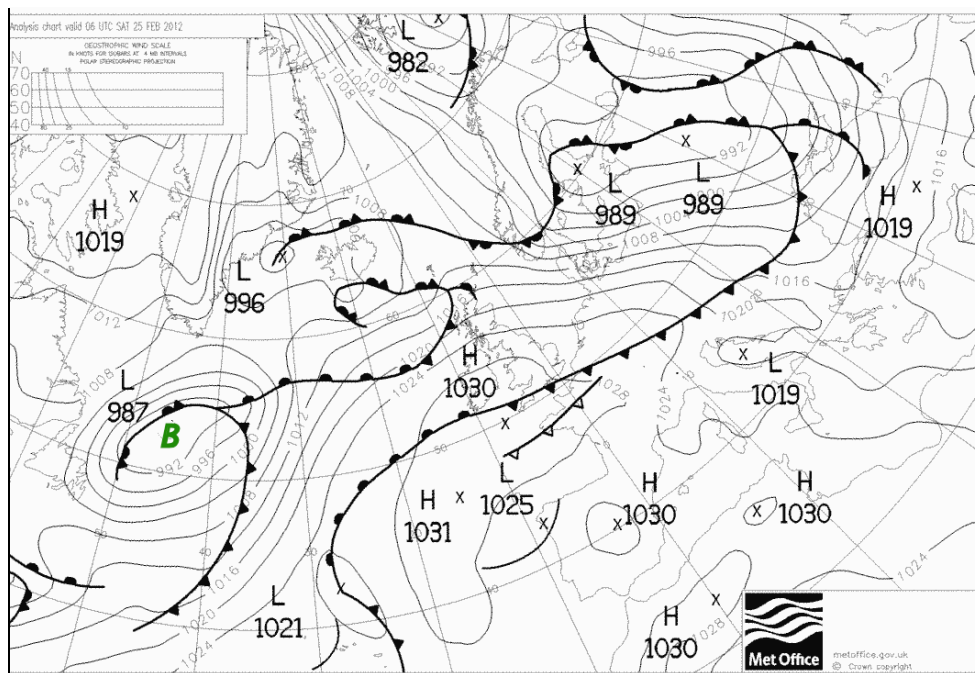


Fig.3 carta al suolo (AS) o carta del tempo

Inoltre si tracciano i **sistemi frontali** (fronte caldo, fronte freddo, fronte occluso), in genere questa carta riporta anche le temperature al top del boundary layer (alla superficie isobarica 850 hPa, circa 1500). Queste carte risentono molto dello scarso numero di dati delle zone marine come l'Atlantico e il Mediterraneo tanto che in tali zone i dati vengono in gran parte calcolati numericamente, risulta inoltre abbastanza difficile risalire alle cause che hanno determinato la distribuzione barica al suolo

essendo la pressione al livello del mare conseguenza dei processi dinamici e termodinamici presenti in tutti gli strati atmosferici. Queste carte risultano insufficienti per una corretta analisi frontale.

Per l'analisi della situazione meteorologica, alla carta al suolo viene accompagnata la **carta delle tendenze barometriche** che mette in evidenza le zone dove la pressione è in aumento e quelle dove è in diminuzione. Questa carta è di grande aiuto per localizzare con più precisione i fronti e stabilire il loro movimento nelle ore successive (le perturbazioni si spostano verso le aree dove la pressione è in diminuzione, mentre dietro ad esse la pressione si va colmando), inoltre si analizzano le topografie in quota per poter distinguere i cicloni e gli anticicloni termici e dinamici.

2) Carta in quota: geopotenziale a 500 hPa

E' la carta più usata sia in fase di analisi che di prognosi, evidenzia la configurazione atmosferica alla quota di circa **5500 metri geopotenziali** detta di non divergenza e indicata come livello guida delle onde sinottiche. Su di essa si individuano i minimi e i massimi di pressione in quota, i promontori, le saccature e attraverso l'analisi delle temperature è possibile individuare le zone del getto polare localizzate in corrispondenza delle zone dove le isoterme sono molto ravvicinate. Su questa carta vengono individuati gli assi di saccatura, le zone di instabilità baroclinica (caratterizzate da isoterme sfasate rispetto alle isoipse) molto importanti per individuare e prevedere dove si sviluppa o si approfondisce un ciclone delle medie latitudini. Sul lato orientale della saccatura si verifica il massimo della divergenza in quota con conseguenti moti ascensionali corrispondenti alle onde sinottiche ed ai sistemi frontali ad esse associate.

Il previsore deve avere una buona conoscenza della geografia dell'area di lavoro per poter distinguere le velocità verticali di origine orografica da quelle sinottiche.

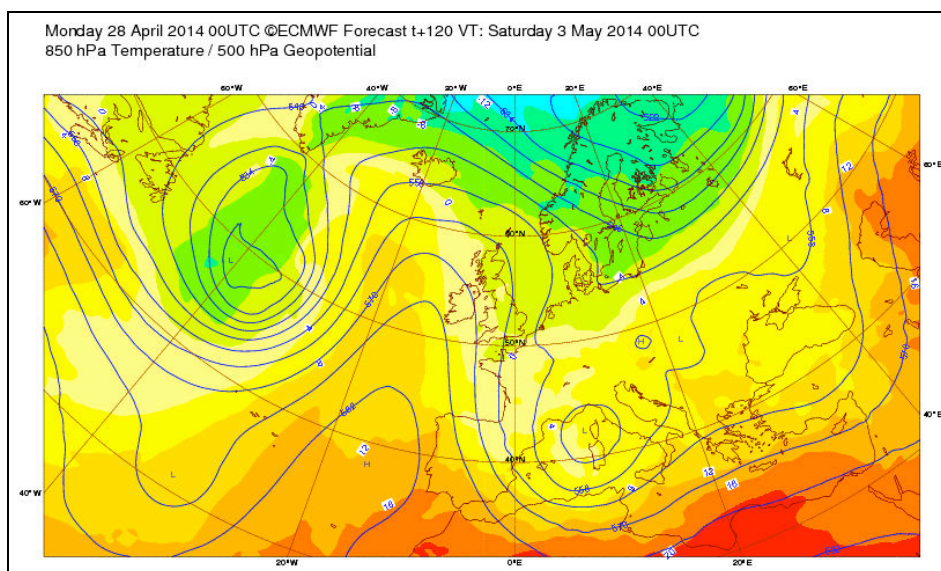


Fig.4 Carta in quota: FU 500 hPa

La carta di Fig.4 è stata emessa dall' European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) alle 00 UTC del giorno 28 Aprile 2014 ed è valida per il giorno 3 Maggio 2014 alle ore 00 UTC. Sul mediterraneo è prevista una zona di bassa pressione centrata sulla Corsica e quindi si prevede brutto tempo sull'Italia soprattutto sulle regioni del versante Tirrenico.

4.3: Le previsioni meteorologiche

4.3.1 Generalità

I modelli matematici di **previsione meteorologica** sono **modelli** che attraverso equazioni definiscono l'andamento nel tempo dei parametri meteorologici come vento, temperatura, vapor d'acqua, nubi, precipitazioni. Questi modelli numerici hanno come input delle equazioni fondamentali del modello stesso le condizioni meteorologiche osservate ad un dato istante (**stato iniziale dell'atmosfera**) e attraverso la soluzione delle equazioni producono la previsione meteorologica (**prognosi**) cioè soluzioni approssimate che descrivono l'evoluzione dei fenomeni meteorologici.

I primi tentativi risalgono agli anni venti ma fu solo con l'avvento del computer che questo tipo di previsione divenne possibile in tempo reale. Gli attuali supercomputer utilizzati per le previsioni meteorologiche permettono di utilizzare enormi numeri di dati ed effettuare complessi calcoli e simulazioni. Un grande aiuto per ridurre l'incertezza delle previsioni viene dato dall'uso di previsioni basate su un insieme di modelli (**previsioni di ensemble**) che permette, inoltre, di allungare nel futuro l'intervallo temporale della previsione stessa.

Il primo modello matematico per le previsioni meteorologiche fu proposto nel 1922 da L. F. Richardson. Nel 1950, un gruppo di meteorologi americani (J. Charney, P. Thompson, L. Gates), insieme al matematico J. Von Neumann ottennero con successo la prima previsione utilizzando un modello numerico basato sull'equazione della vorticità e il computer digitale ENIAC. I modelli successivi utilizzarono equazioni della dinamica e della termodinamica dell'atmosfera.

L'idea fondamentale sulla quale si basano i modelli è che **l'atmosfera è un fluido, stabilito il suo stato ad un certo istante ed applicate le equazioni della dinamica dei fluidi e della termodinamica è possibile stimare lo stato del fluido stesso in un certo istante del futuro**. Più semplicemente un modello di previsione è un programma che gira su un computer e che ha come prodotto informazioni meteorologiche per istanti futuri per determinati punti.

Il modello è detto **globale** se copre tutta la Terra, oppure **regionale**, se limitato ad una parte della Terra. I **modelli regionali** sono anche detti ad **area limitata (LAM)**, in generale usano griglie a risoluzioni spaziali più piccole dei modelli globali che permettono di inglobare fenomeni che si presentano su scale più piccole. Le previsioni sono ottenute utilizzando equazioni differenziali, equazioni quindi non lineari, dalle quali si ottengono soluzioni approssimate.

I modelli utilizzano i dati di osservazioni delle radiosonde, delle stazioni a terra e dai satelliti. Le osservazioni, effettuate con una distribuzione irregolare delle stazioni sulla superficie della terra, vengono elaborate per ricavare i valori presenti nelle località utilizzabili dagli algoritmi del modello matematico che di solito è costituita da una griglia a spazi uniformi. I dati ottenuti sono utilizzati come punto di partenza del modello che permetterà di predire lo stato dell'atmosfera ad un breve intervallo futuro. Questo nuovo stato dell'atmosfera sarà il punto di partenza a cui applicare le equazioni per determinare lo stato dell'atmosfera a un ulteriore intervallo nel futuro. Si procede quindi per **passi temporali** e la procedura viene ripetuta fino a quando la previsione raggiunge il momento desiderato. I passi temporali dei modelli climatici globali sono dell'ordine di decine di minuti, mentre per i modelli regionali possono variare da pochi secondi a pochi minuti. I risultati dei modelli vengono visualizzati sotto forma di carte meteorologiche.

Il numero di operazioni richiesto al computer per una previsione di 10 giorni sull'intero pianeta, a intervalli temporali di 20 minuti è, grosso modo, di 20.000 miliardi di operazioni.

4.3.2 LIMITI DI VALIDITÀ DEI MODELLI

Conoscere lo stato iniziale dell'atmosfera significa conoscere il valore di sette variabili: le tre componenti del vento secondo un sistema di riferimento tridimensionale (asse x verso est, asse y verso nord e asse z verso l'alto), la pressione, la temperatura, l'umidità e l'intensità delle velocità verticali. Il modello di previsione è l'insieme dei metodi e delle approssimazioni, matematiche e fisiche, impiegate per risolvere, attraverso l'uso del computer, un sistema di sette equazioni in sette incognite. La natura non lineare delle equazioni della dinamica dei fluidi amplifica in modo esponenziale l'errore sulle condizioni iniziali e con la conseguente impossibilità, da parte del modello, di predire indefinitamente lo stato dell'atmosfera. Un importante fattore di incertezza è dovuto alla disomogeneità di copertura delle reti di osservazioni soprattutto sugli oceani che produce incertezza nella determinazione dello stato iniziale. Attualmente le previsioni si estendono al massimo per 15 giorni con un grado di affidabilità che decade nel tempo, oltre questo limite di tempo le previsioni vengono dette *stagionali* per le quali vengono usati modelli relativi.

Per cercare di aumentarne l'affidabilità e allungare il limite di validità della previsione stessa viene utilizzata la cosiddetta **previsione stocastica** o "**per insiemi**" (*ensemble forecasting*), che comporta previsioni multiple create o con uno stesso modello a partire da condizioni iniziali diverse, comprese all'interno di un certo intervallo di valori possibili, o con gruppi di modelli diversi tra loro (*multimodel ensemble forecasting*) oppure incrociando tra loro entrambi i metodi.

Esempi di modelli numerici per le previsioni meteorologiche sono:

- **ECMWF** (Centro Europeo di Previsione Meteorologica a Medio Termine), modello europeo a scala sinottica
- **UKM**, modello del Regno Unito a scala sinottica
- **GFS**, modello americano a scala sinottica
- **RAMS**, modello a mesoscala
- **BOLAM** e **DALAM**, modelli ad area limitata (LAM)

Il modello **BOLAM** è a cura del servizio meteo-idrologico della regione Liguria, valido per l'Italia centro-settentrionale fornisce previsioni fino a 3 giorni.

Il modello **DALAM** è curato dal **CMA** (Unità di Ricerca per la Climatologia e la Meteorologia applicate all'agricoltura ex UCEA). E' un modello meteorologico ad area limitata utilizzato dal Servizio Agrometeorologico del **SIAN** (*Sistema Informativo Agricolo Nazionale*) per la previsione meteorologica a 6 giorni, con scadenza ogni 3 ore, dell'Europa Occidentale su una griglia di analisi di dimensione unitaria di 30 Km e dell'Italia su griglia di dimensione unitaria di 10 Km.

Prodotti ottenuti col modello DALAM:

