Modelli numerici meteorologici e previsioni del tempo

Un po’ di storia ...

Spinta iniziale: esigenze belliche, prevenire catastrofi naturali che distruggessero le flotte. Viaggi di esplorazione

- La previsione meteorologica numerica è una disciplina recente che si è sviluppata nel corso della seconda metà del 1900, beneficiando del costante progresso nel campo del calcolo

- La storia della previsione numerica è stata contrassegnata da alcune tappe fondamentali, decisive per l’evoluzione di questa disciplina, che sono brevemente ricordate nel seguito.

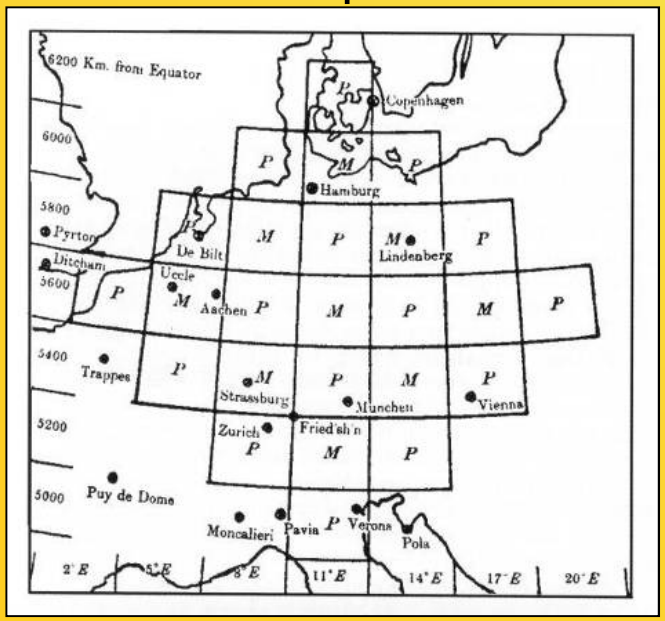
Vilhelm Bjerknes, fisico e meteorologo norvegese, nel 1904 intuì che, una volta determinato lo stato iniziale dell'atmosfera, sarebbe stato possibile prevederne il comportamento futuro utilizzando le leggi della fluidodinamica e della termodinamica *("Weather forecasting as a problem in mechanics and physics" in Meteorologische Zeitschrift)*.

Riconosce quindi che la previsione del tempo è un problema deterministico ai valori iniziali che richiede:

- la conoscenza con sufficiente precisione dello stato dell'atmosfera ad un certo istante;
- la conoscenza con sufficiente precisione delle leggi che governano l'evoluzione temporale degli stati dell'atmosfera.

1916-22: il primo tentativo di previsione numerica

Lewis Fry Richardson fu il primo a tentare di applicare i metodi del calcolo numerico per risolvere le equazioni della previsione del tempo, occupandosi di un caso di studio su una porzione limitata d'Europa, in cui era stata organizzata una fitta (per l'epoca) rete di osservazioni (approccio matematico alla previsione meteo).
L'esperimentò fallì, perché in assenza di calcolatori elettronici non era possibile risolvere in tempo utile l'enorme quantità di calcoli richiesta per la previsione (problema che verrà risolto 30 anni più tardi) e perché i metodi numerici nascondevano un errore che generava instabilità numerica. La previsione a 6 ore che venne prodotta si rivelò clamorosamente sbagliata e irrealistica.



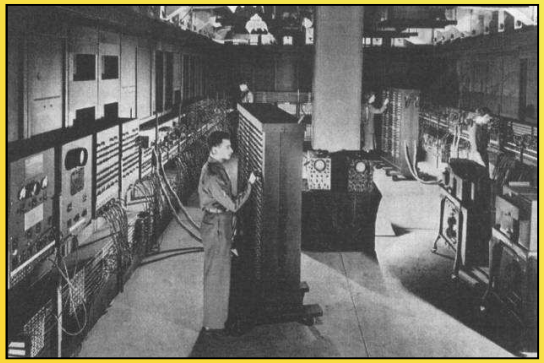
I matematici **Courant, Friedrichs e Lewy** studiarono nel 1928 in modo sistematico la maniera di approssimare le equazioni differenziali con i metodi alle differenze finite, determinando i criteri che devono essere soddisfatti per ottenere soluzioni stabili delle equazioni.

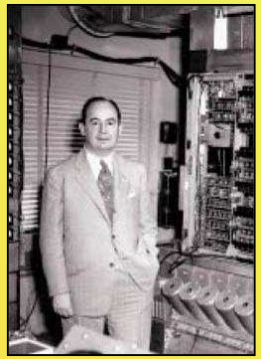
Ciò portò alla formulazione noto criterio CFL per la stabilità delle soluzioni numeriche

Jule Gregory Charney assieme a **Ragnar Fjörtoft** e **John von Neumann** nel 1950 realizzò con successo la prima previsione del tempo (altezza geopotenziale a 500 hPa), effettuando i calcoli sul calcolatore a valvole ENIAC (Electronical Numerical Integrator and Computer), di proprietà dell'esercito e installato ad Aberdeen (Maryland, USA), lo stesso che venne impiegato per lo sviluppo del progetto Manhattan sulla bomba atomica.

Fu utilizzato un modello barotropico (1 livello), integrando l'equazione della vorticità quasi geostrofica (al posto delle equazioni complete del moto), definita da Charney due anni prima (anche grazie ai lavori precedenti di Rossby e altri)

Questa equazione ha il vantaggio di essere più semplice e di non contenere, tra le possibile soluzioni, le onde sonore e quelle di gravità. Essa rappresenta una discreta approssimazione per i moti atmosferici a scala sinottica nella media troposfera.





Da allora lo sviluppo nelle previsioni è andato di pari passo con lo sviluppo dell'informatica.

1956

Carl Gustav Arvid Rossby, scienziato svedese negli anni ‘40 negli USA elaborò le teorie sulle onde lunghe atmosferiche, per le quali in primo luogo è ricordato, dette «Onde di Rossby». Il suo ruolo fu determinante anche nello sviluppo delle equazioni per la previsione numerica del tempo, e la sua influenza fu importante nella formazione scientifica di Charney.

Edward Norton Lorenz il cui nome è indissolubilmente legato all’elaborazione della teoria del caos.

DAL 1950 ad oggi...

•Gli avanzamenti hanno beneficiato in misura comparabile dei progressi *tecnici* nel settore del calcolo e di quelli *scientifici* del settore della Meteorologia dinamica e numerica.

• il rapporto tra il numero di operazioni effettuato negli attuali modelli globali e quello del primi modelli è di circa 10^9.

• La potenza di calcolo è cresciuta dal 1950 di un fattore di circa 10^{10} - $10^{11.}$

• Altrettanto importante è il miglioramento delle osservazioni su scala globale, soprattutto a partire dalla **rete di radiosondaggi** ad in iniziare dagli anni ’40.

• Di recente sono divenute determinanti le osservazione da **satelliti,** ma anche da aerei, da boe etc.

• Si è passati dai modelli *barotropici* ai modelli *baroclini* multi-livelli (operativi dal 1955), che permettono di descrivere il principale meccanismo alla base dell’insorgenza delle perturbazioni atmosferiche, ossia l’instabilità baroclina.

• Negli anni sessanta **Hinkelmann** in Germania e **Phillips** negli USA introducono le *equazioni primitive* (molto simili a quelle utilizzate da Richardson), più accurate per descrivere i moti atmosferici di scale inferiori ai 1000 km, anche se più costose in termini di tempo di calcolo.

• I modelli diventano globali e si introducono nuove tecniche di soluzione delle equazioni.

Cosa sono i modelli numerici:

-rappresentazione schematica e semplificata della realtà, descritta attraverso un insieme di equazioni che simulano il comportamento della natura

-sofisticati simulatori dei processi fisici e dei moti atmosferici

-strumenti di calcolo numerico

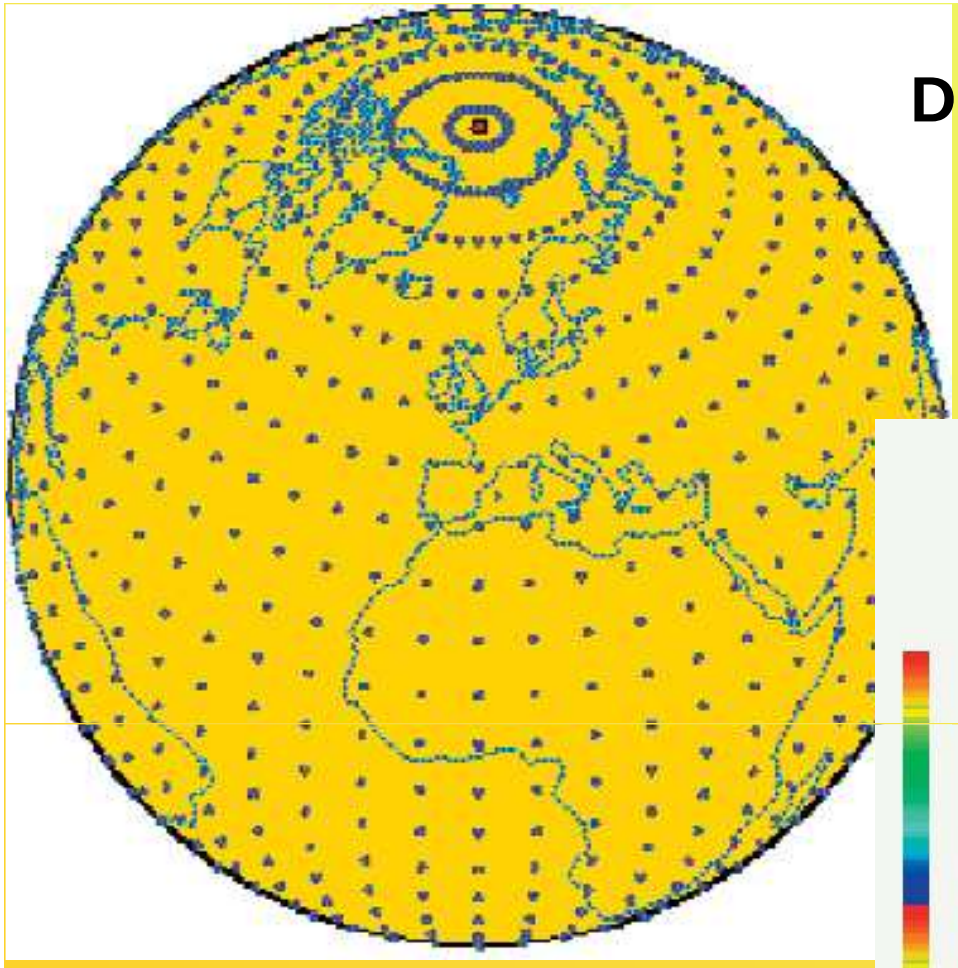
Equazioni (differenziali alle derivate parziali):

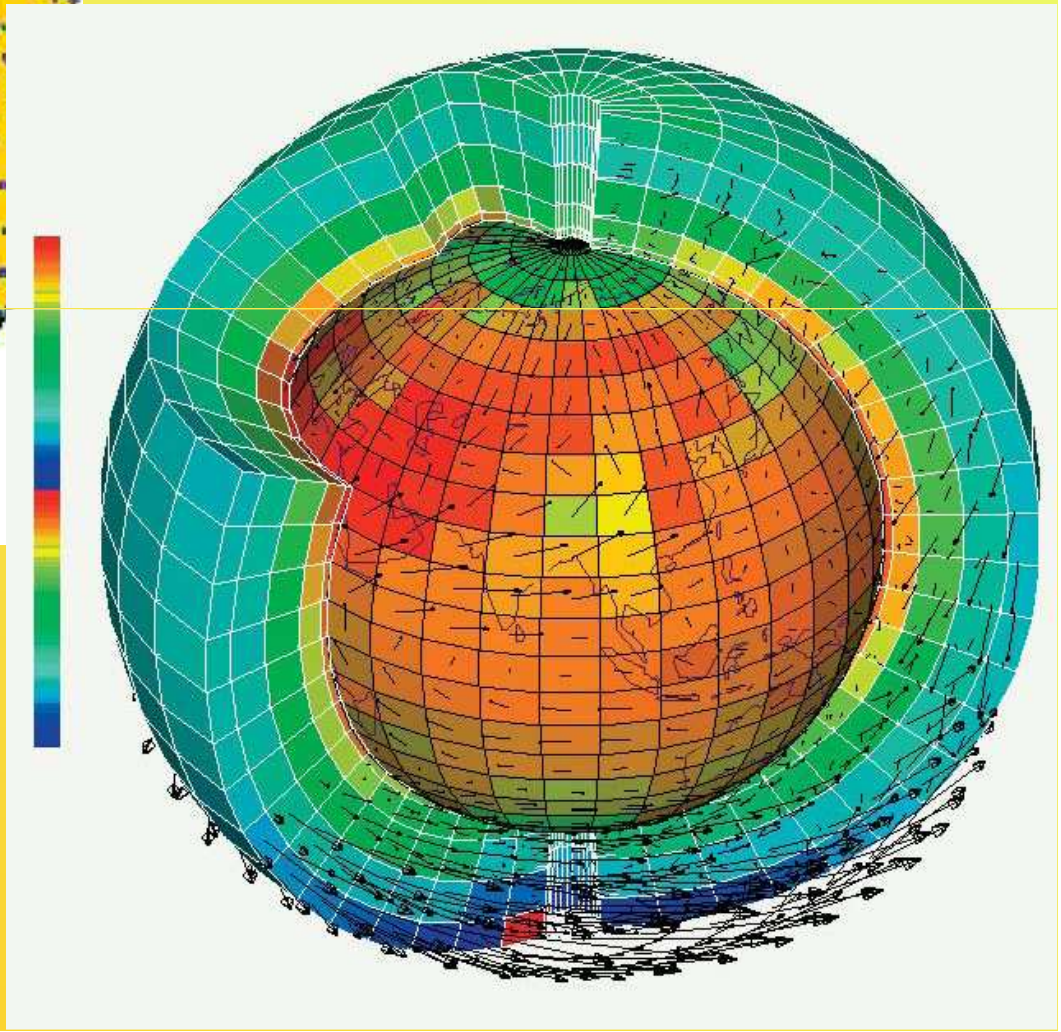
eq. del moto (di Navier-Stokes)
eq. termodinamica
eq. di evoluzione del vapore acqueo
eq. di continuità
eq. di stato dei gas (non è prognostica!)

variabili prognostiche: ϕ,u,v,q,T (θ),p_s
variabili diagnostiche: nubi, pioggia …

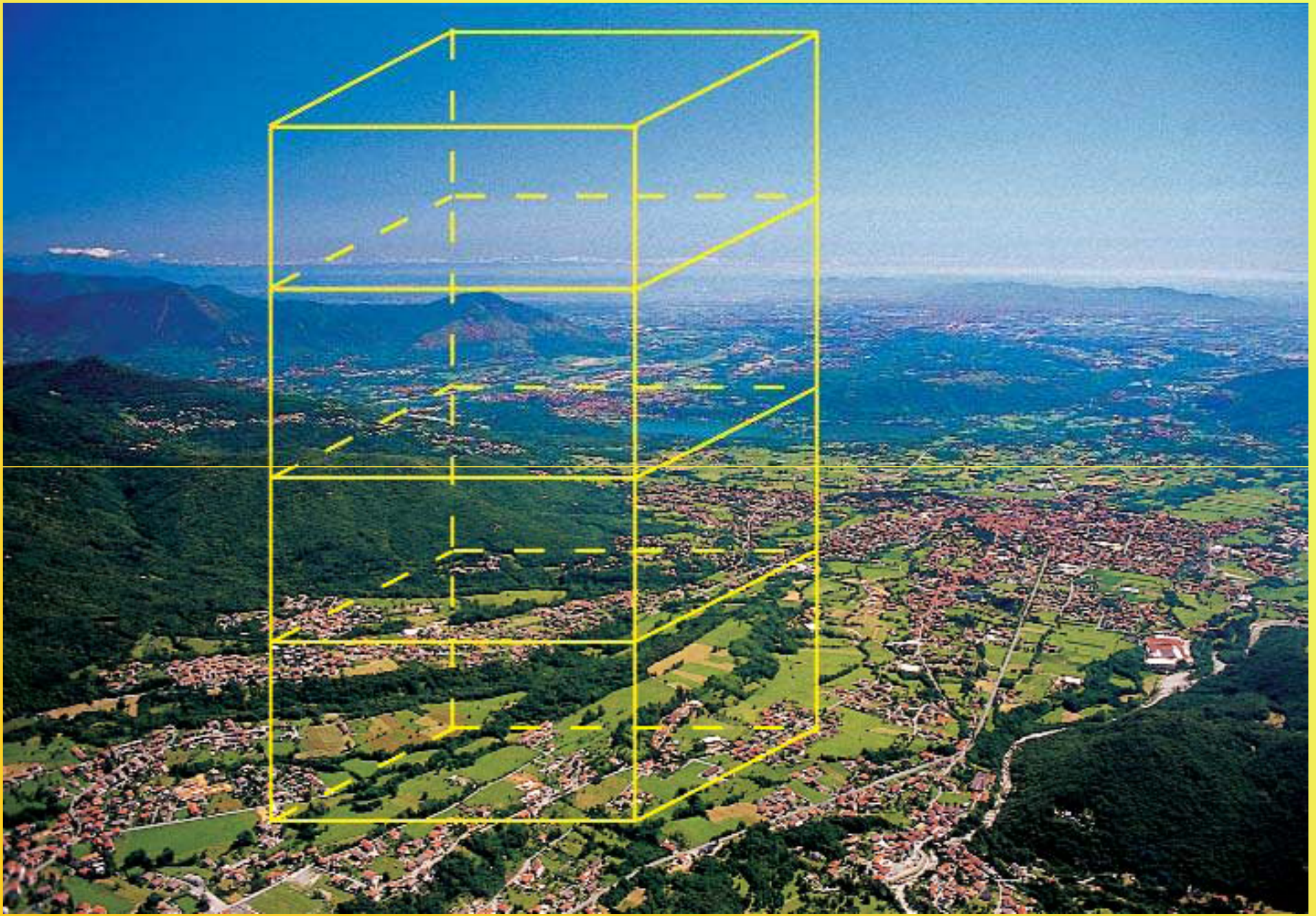
- approssimazione idrostatica: $\partial p / \partial z = -\rho g$

Discretizzazione: punti di griglia





Una soluzione analitica semplice delle equazioni, valida in continuo per tutti i punti della superficie terrestre, non esiste.



Diversi gradi di approssimazione
a seconda dello scopo

modelli quasi (semi) geostrofico
- studio di interazione fronti-orografia
- studio della ciclogenesi orografica

modelli alle eq. primitive in versione canale
- prototipo per lo studio dello sviluppo di un ciclone extratropicale

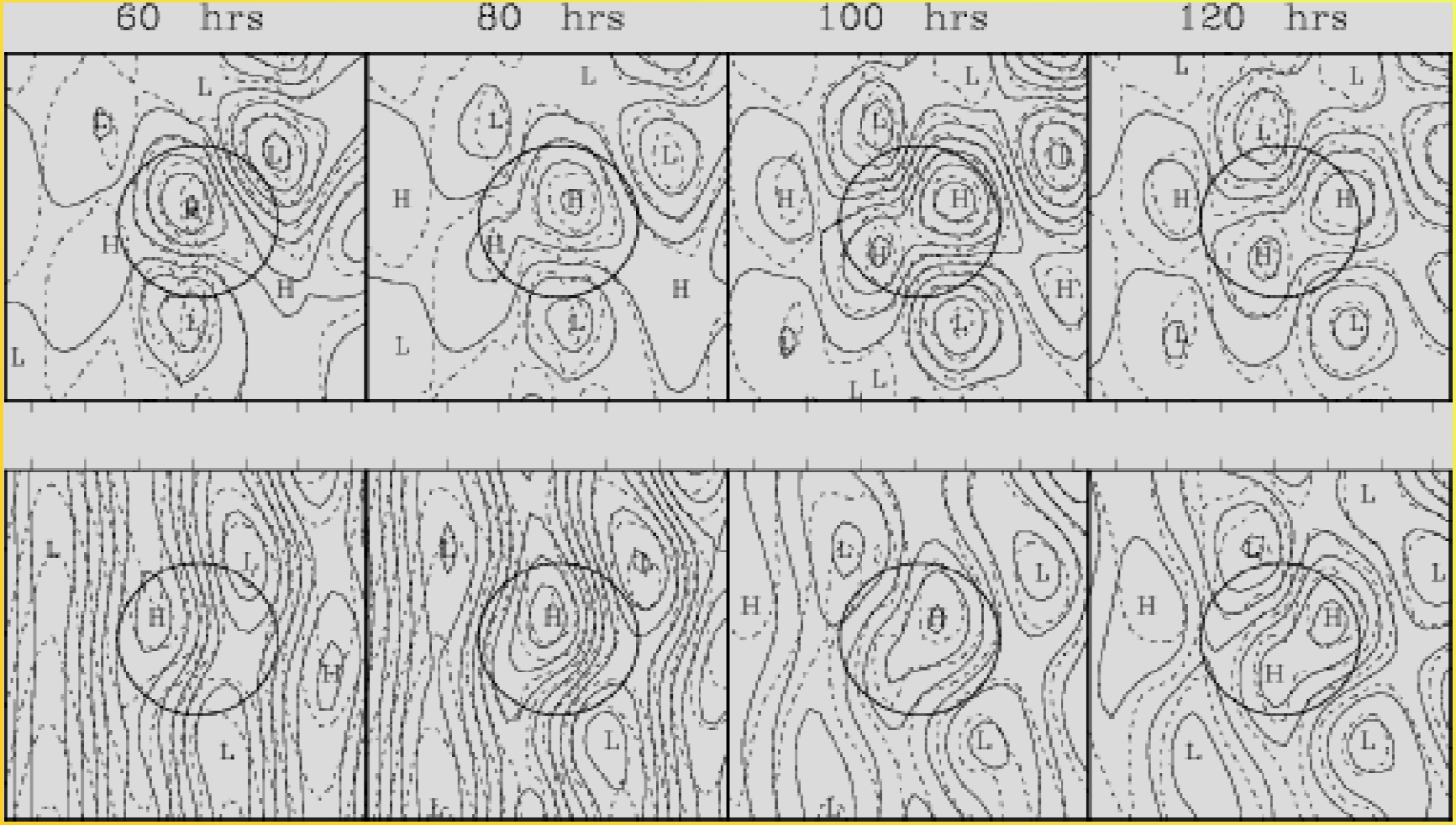
modelli meteorologici

Modello quasi geostrofico

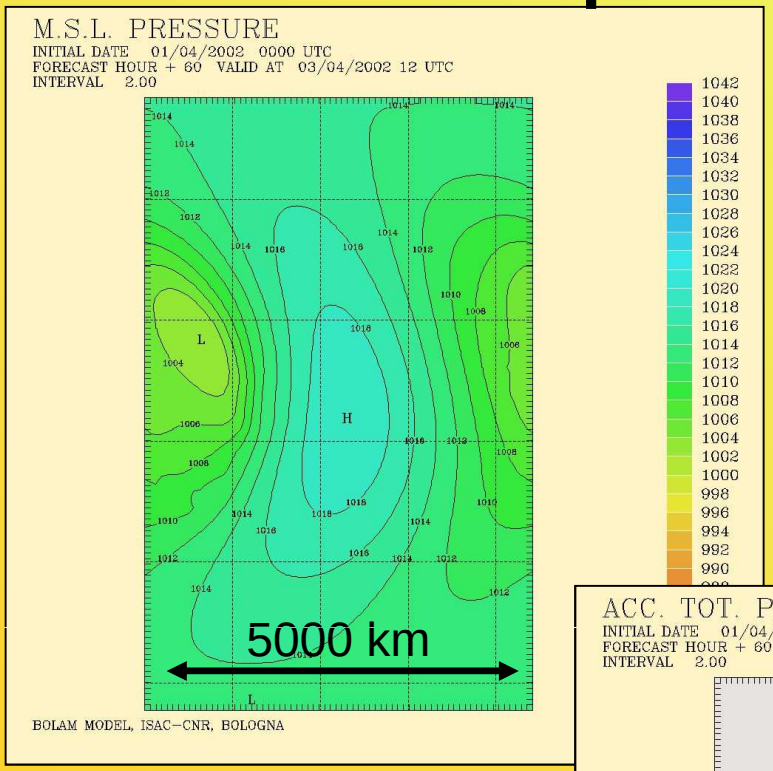
-sviluppo in serie nel numero di Rossby

Ro=U/fL (acceleraz/Coriolis) << 1 - moti a larga scala

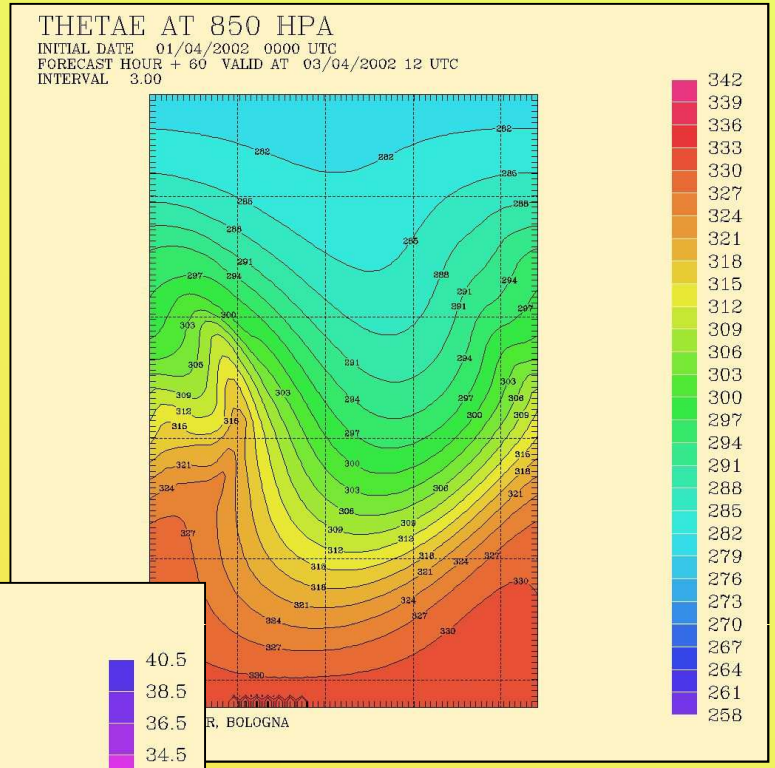
Eq. di vorticità quasi geostrofica (sistema filtrato: no onde di gravità, sonore). Descrive moti a larga scala alle media-alte latitudini (onde di Rossby, onde barocline, ciclogenesi). Applicazione: ciclogenesi orografica.

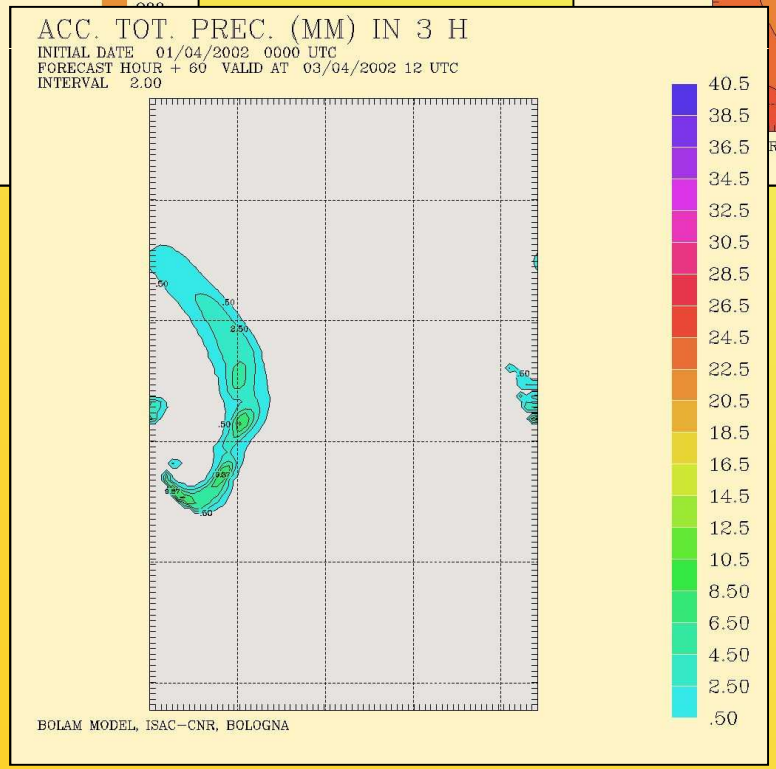


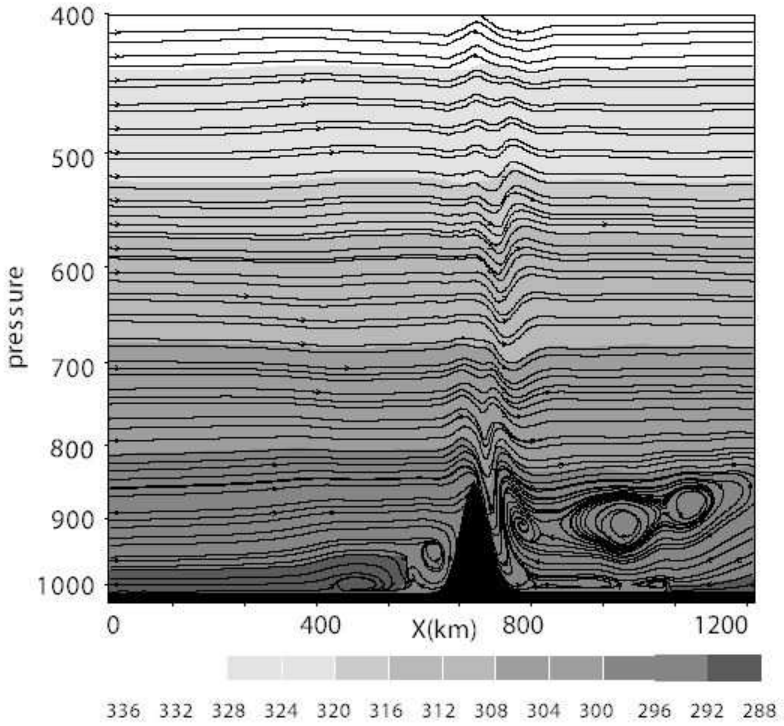
Modello alle equazioni primitive – versione canale



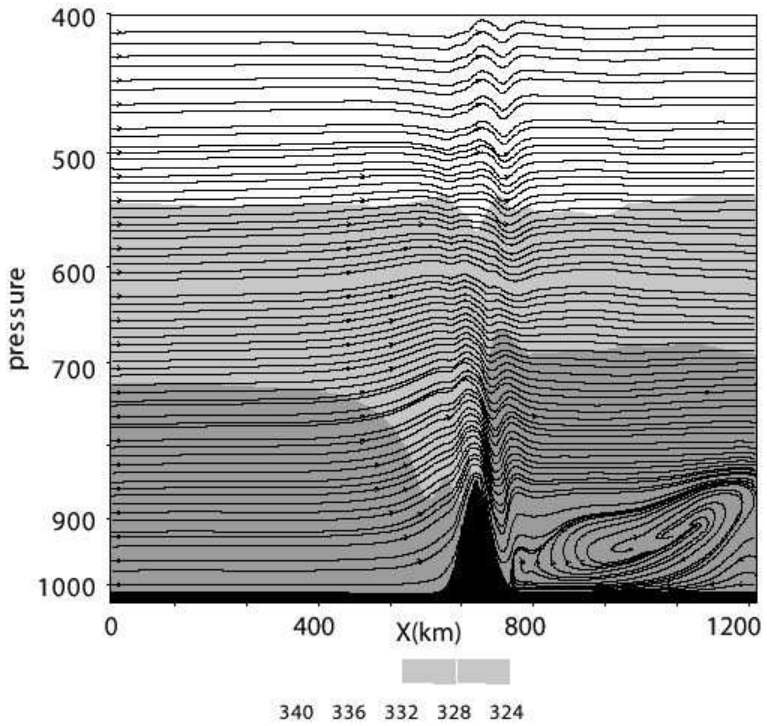
60 h





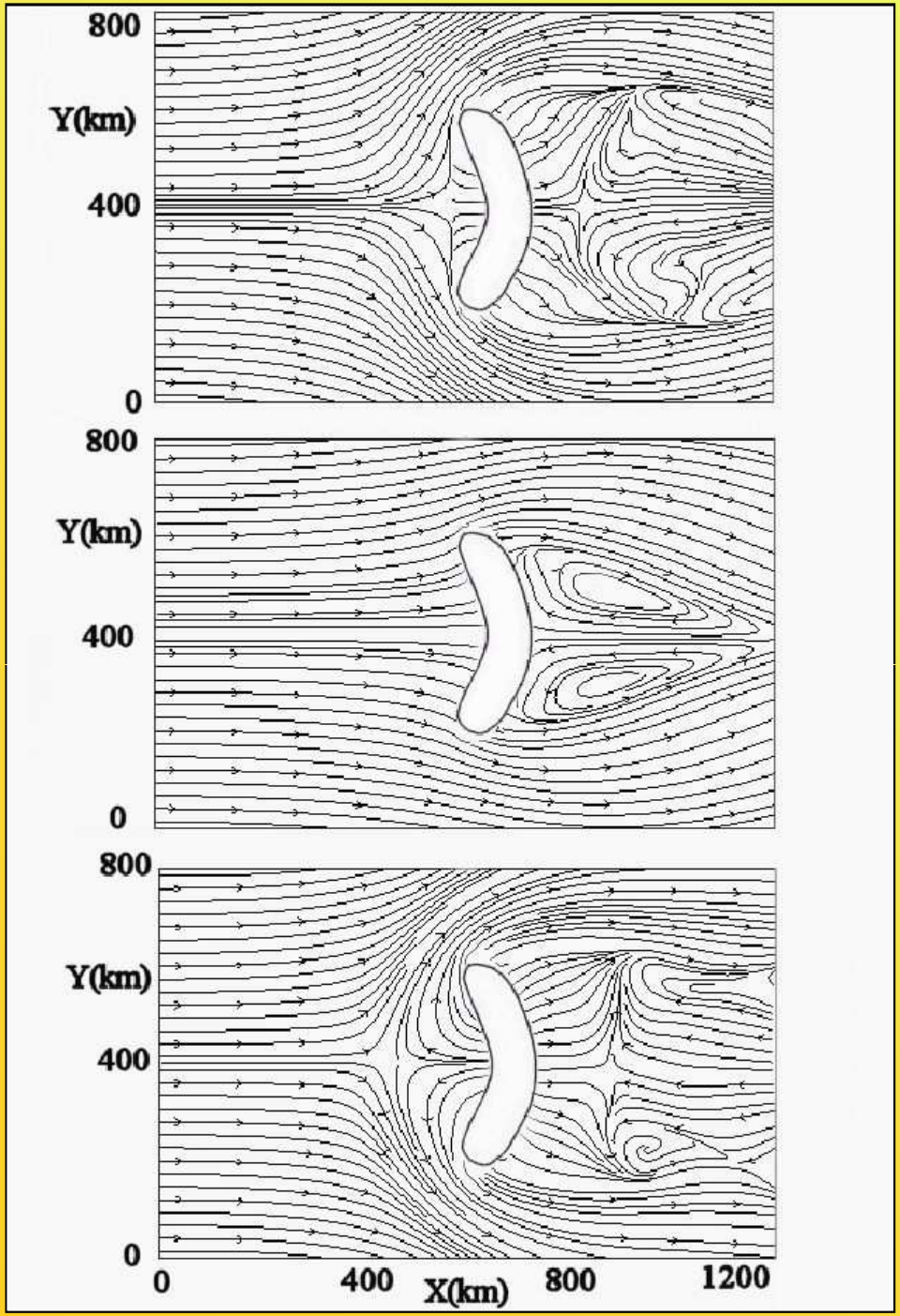


Dry case



Moist case (rh =98%)

Miglietta & Buzzi, QJRMS 2004 (BOLAM model)



Miglietta & Buzzi, QJRMS 2004
(BOLAM model)

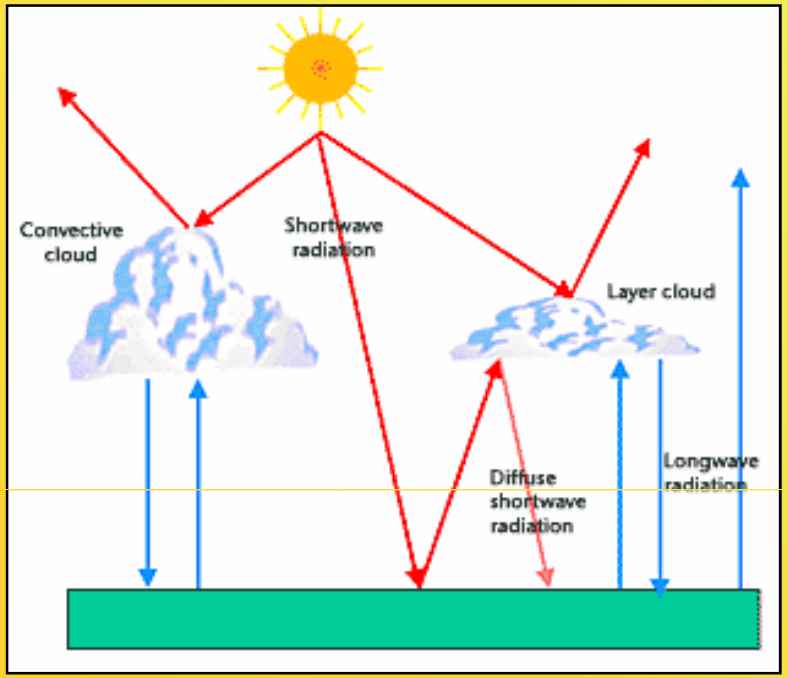
Modello numerico meteorologico
NWP: Numerical Weather Prediction

-Scopo: previsione meteorologica
-Simulano l'evoluzione dei parametri fisici caratterizzanti l'atmosfera
-Risolvono le equazioni della fisica dell'atmosfera attraverso metodi numerici
-Partono da una condizione iniziale, eseguono l'integrazione e forniscono un output che generalmente viene mostrato in forma grafica ("standard")

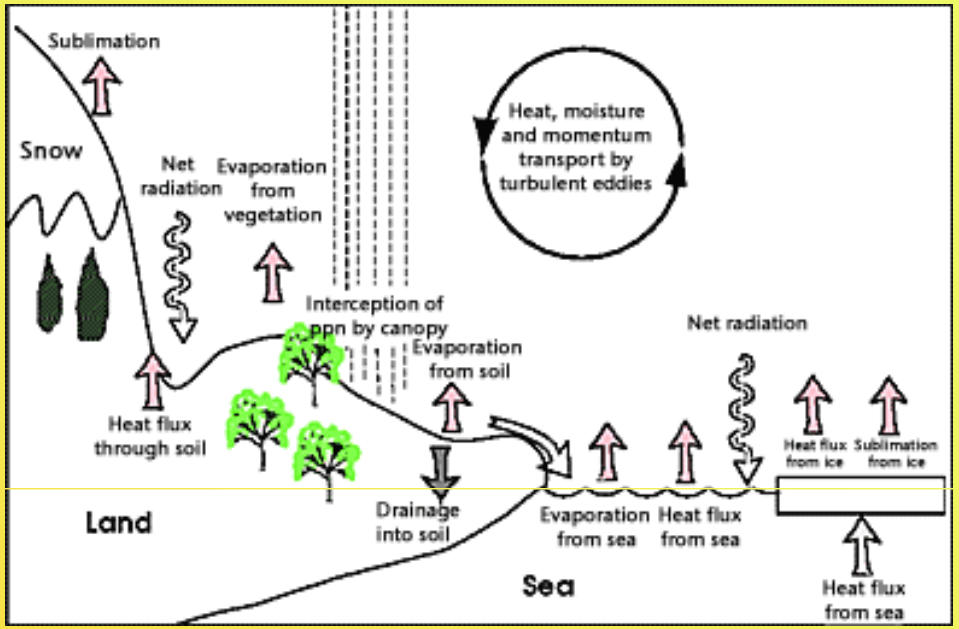
I modelli meteorologici per poter fare previsioni devono considerare tutti i processi fisici dell'atmosfera (piccoli modelli all'interno del modello):
- scambi turbolenti
- effetti del suolo
- processi legati al ciclo dell'acqua e microfisica
- scambi radiativi

PARAMETRIZZAZIONE: rappresentazione con relazioni semplificate degli effetti di questi processi che avvengono a scale più piccole del passo di griglia e che quindi non possono essere descritti esplicitamente. Si definiscono relazioni aggiuntive tra le variabili esplicite.

"Fisica" e *parametrizzazioni* nei modelli

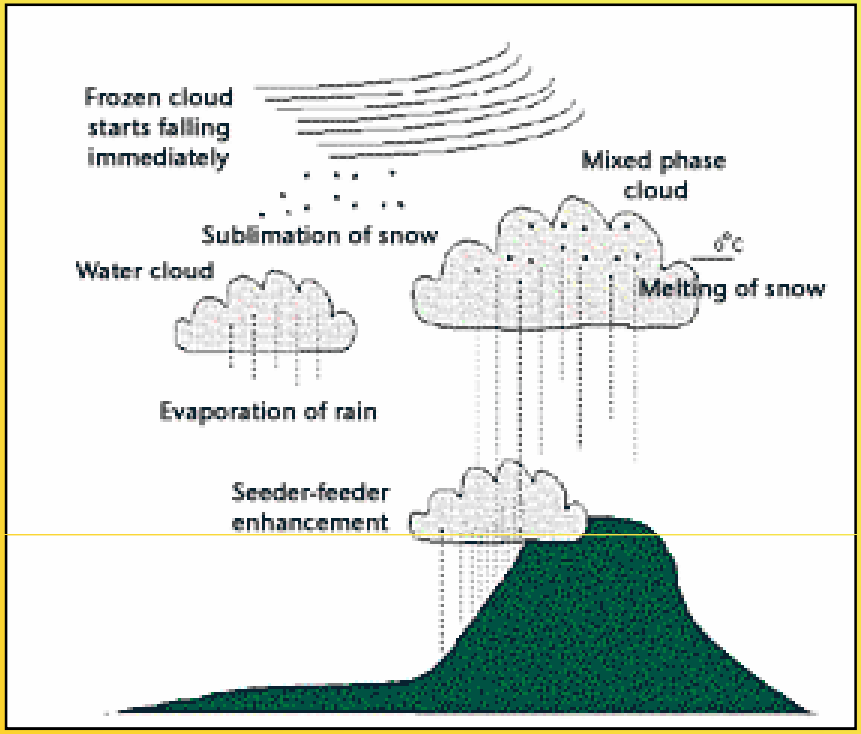


Calcolo dei flussi radiativi in atmosfera, tendo conto delle nubi, e alla superficie

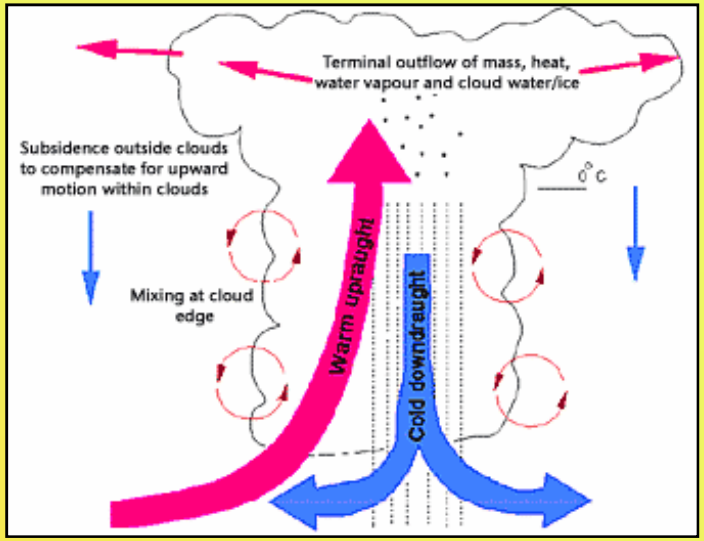


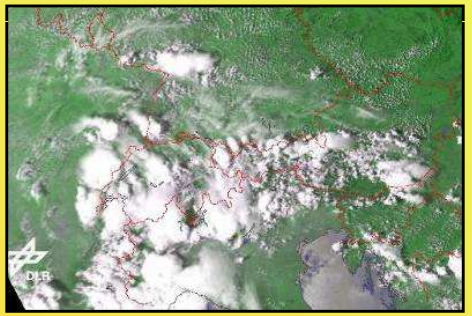
Calcolo del bilancio idrico e termico dei primi strati di suolo vegetato (fino a qualche metro di profondità) e calcolo degli scambi di calore e vapore tra atmosfera e oceano

"Fisica" e *parametrizzazioni* nei modelli



Parametrizzazione della "microfisica" e del ciclo dell'acqua associati alla precipitazione stratiforme





Parametrizzazione della convezione atmosferica - solo nei modelli idrostatici o che non hanno risoluzione sufficientemente elevata
(corrispondente a un passo di griglia < ~ 4 km)

2 CATEGORIE DI MODELLI:

Global Model

globali, spettrali, risoluzione 25÷100 km (es. di Milano a 2000m), richiede solo la condizione iniziale

Limited Area Model (LAM)

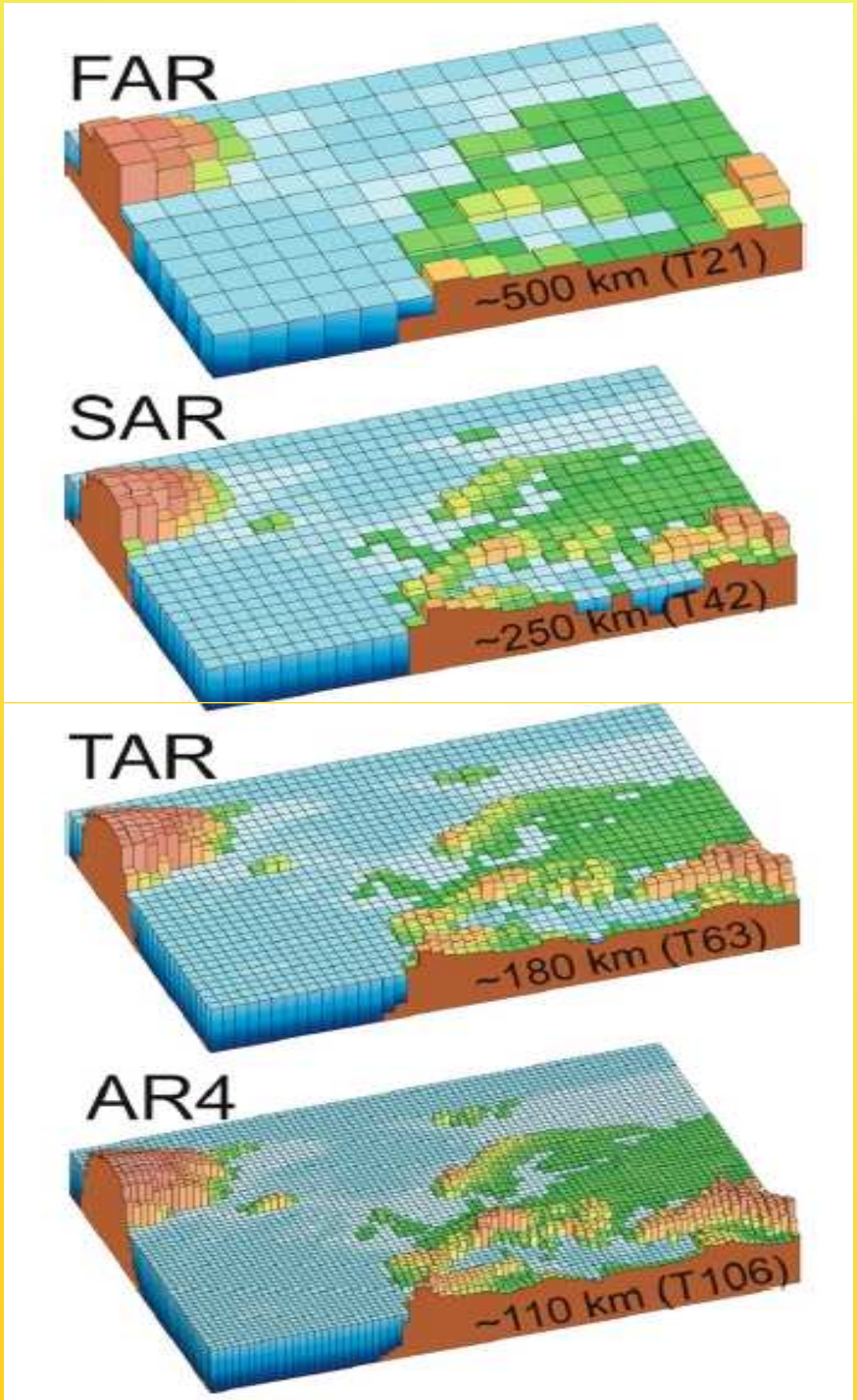
punti di griglia, alta risoluzione 5 ÷20 km, previsioni fino a 72 h

migliore descrizione dell'orografia locale, dei fenomeni (micro)fisici, applicazione ad eventi alluvionali

nesting → condizioni iniziale e al contorno

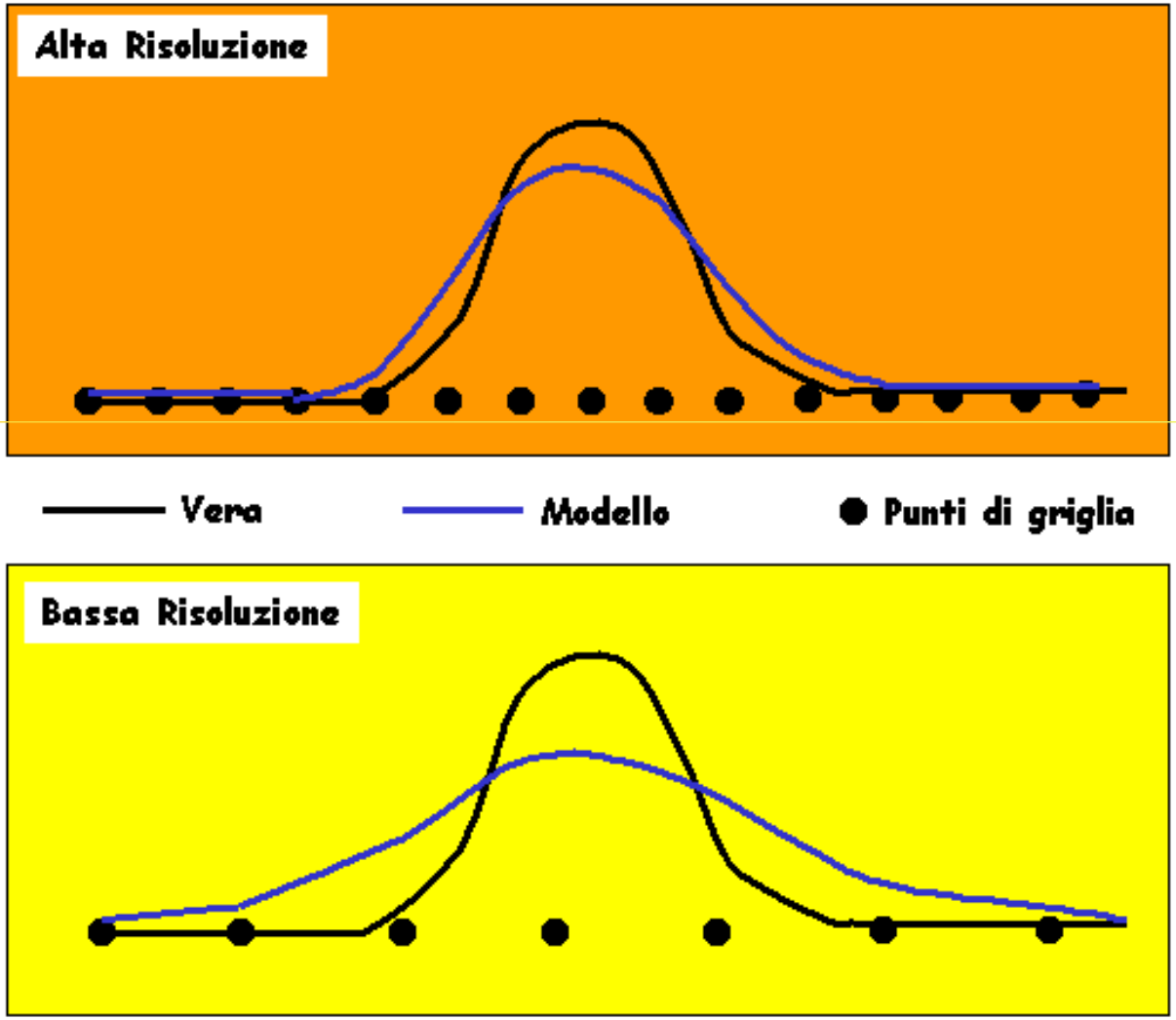
Modelli non-idrostatici

time step breve per onde sonore sulla verticale, più dettagliata descrizione dei fenomeni, ris 1 ÷2 km; convezione risolta esplicitamente

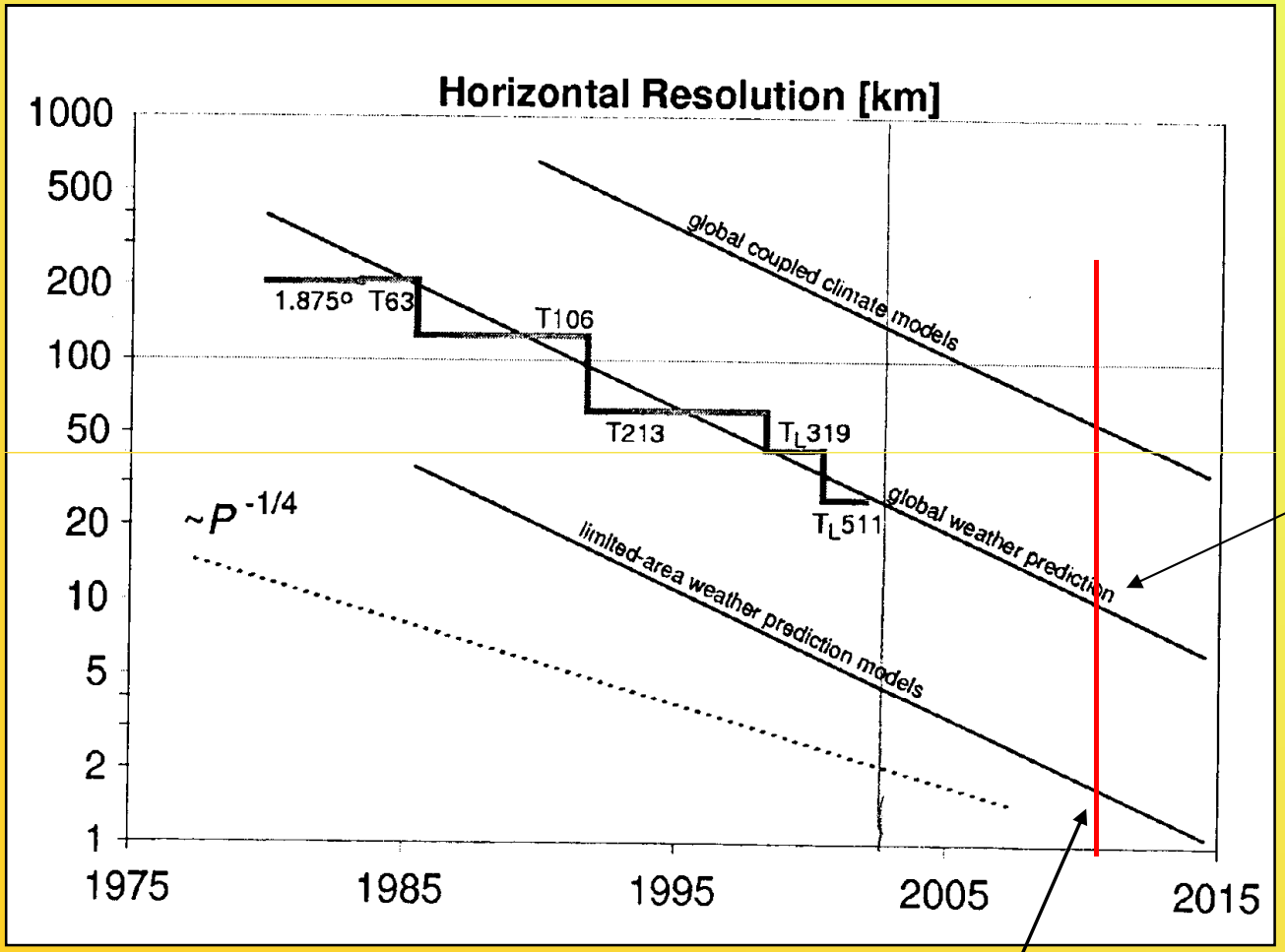


Impatto della risoluzione orizzontale

Orografia dei modelli e risoluzione orizzontale



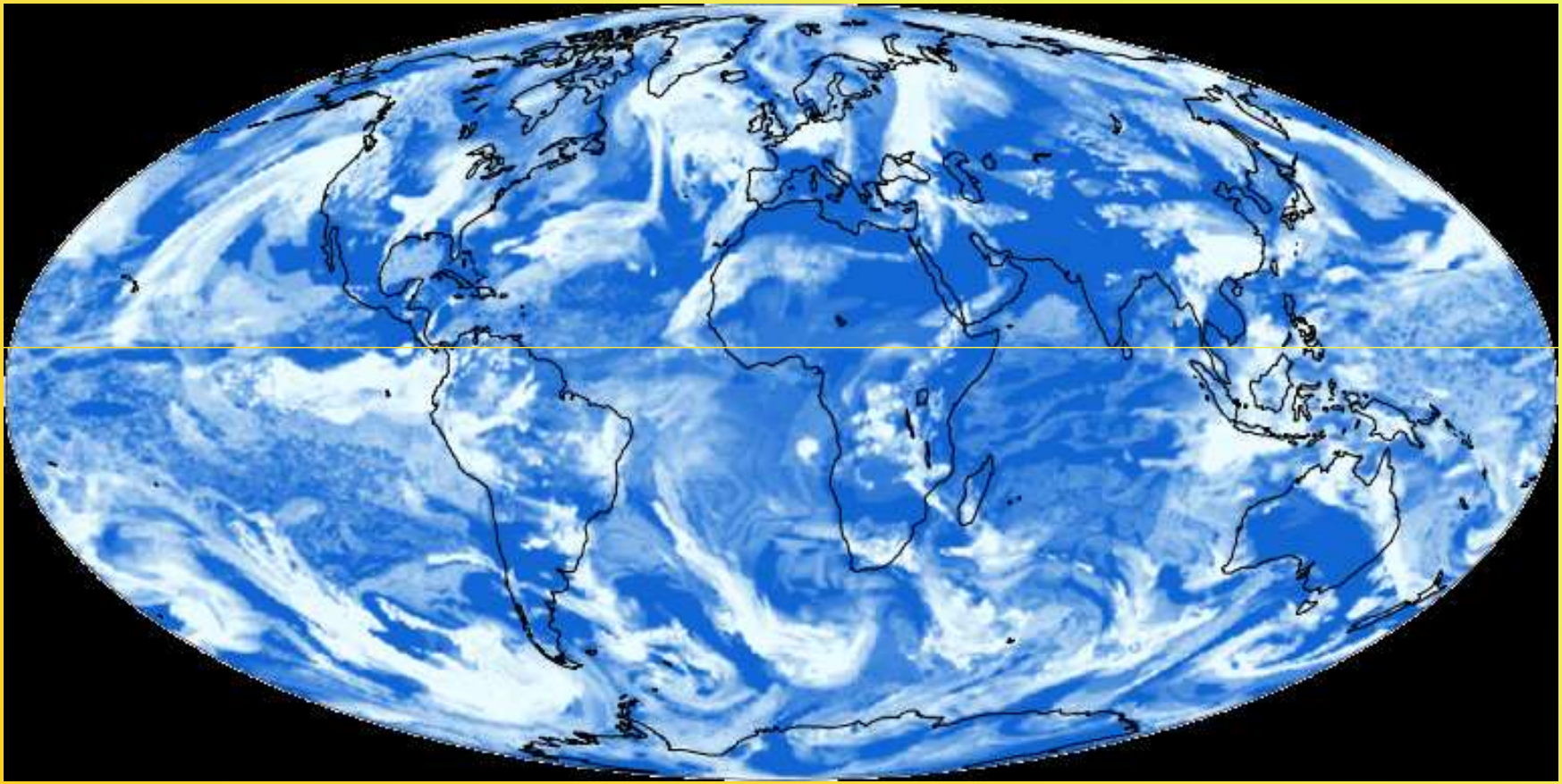
Aumento nel tempo della risoluzione orizzontale dei modelli meteorologici



Modello ECMWF: attuale ~ 17 km.

Modello MOLOCH (ISAC): 2.3 km

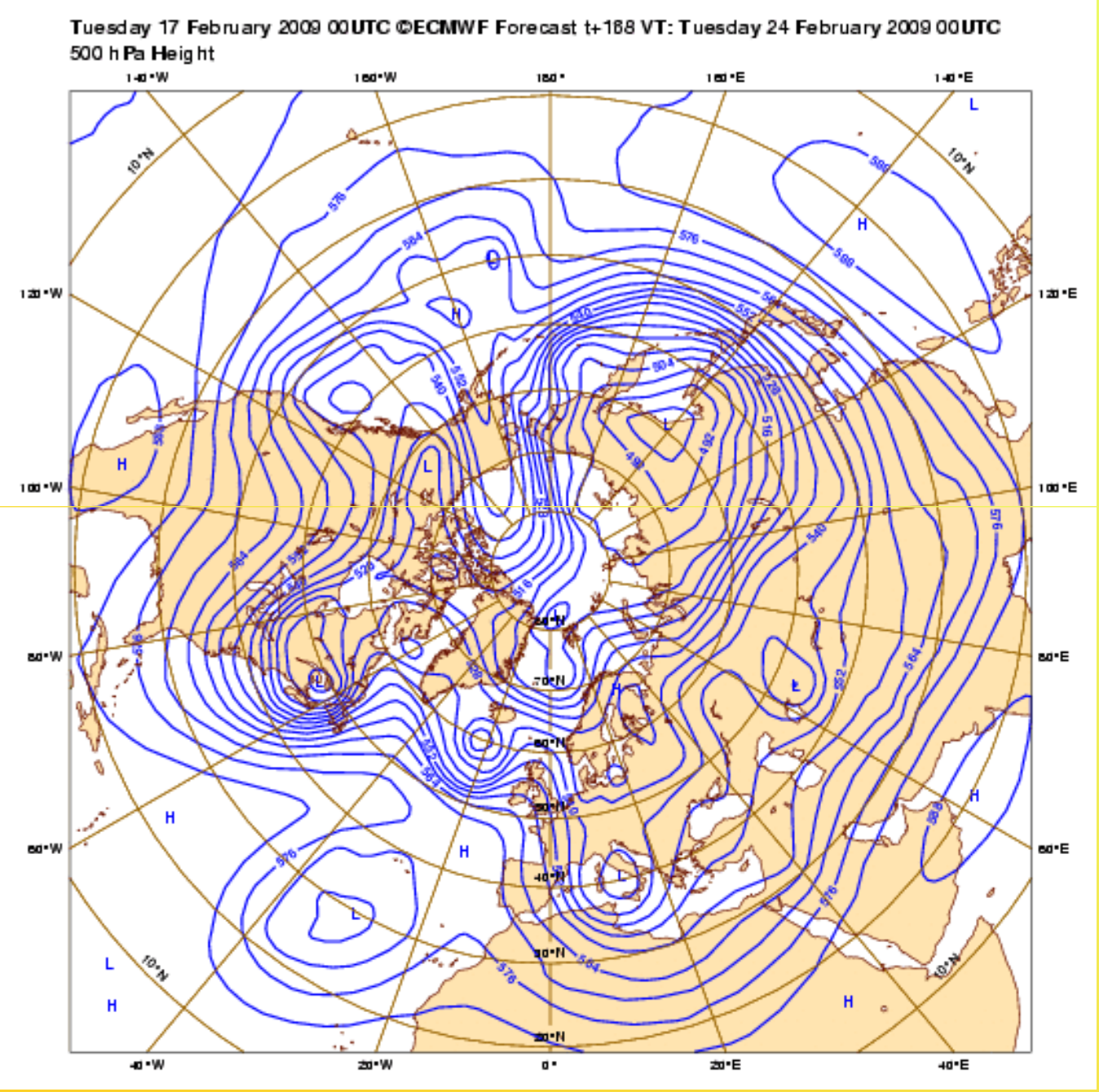
GLOBAL MODELS



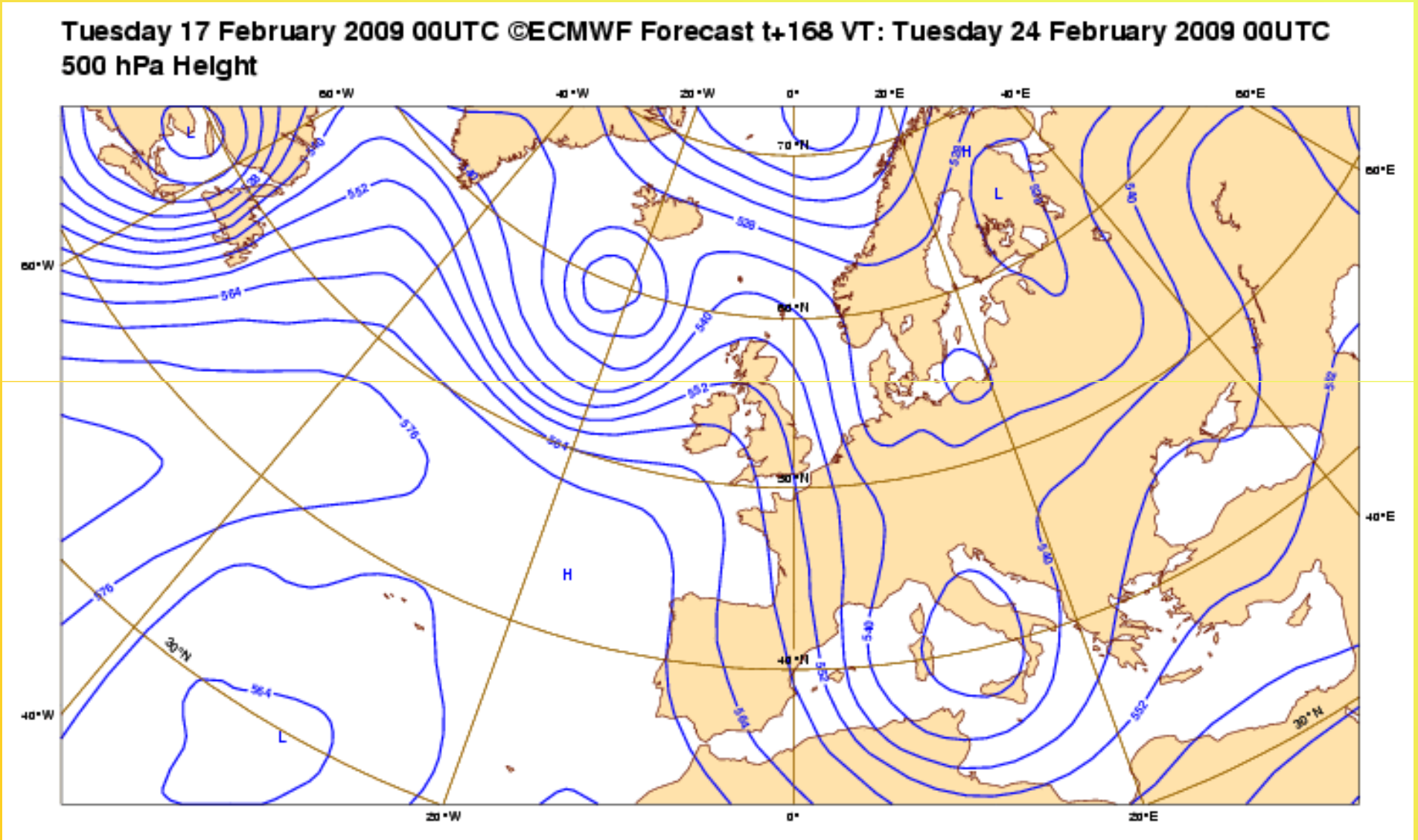
Global model (1)

ECMWF:
European
Centre for
Medium-range
Weather
Forecasts

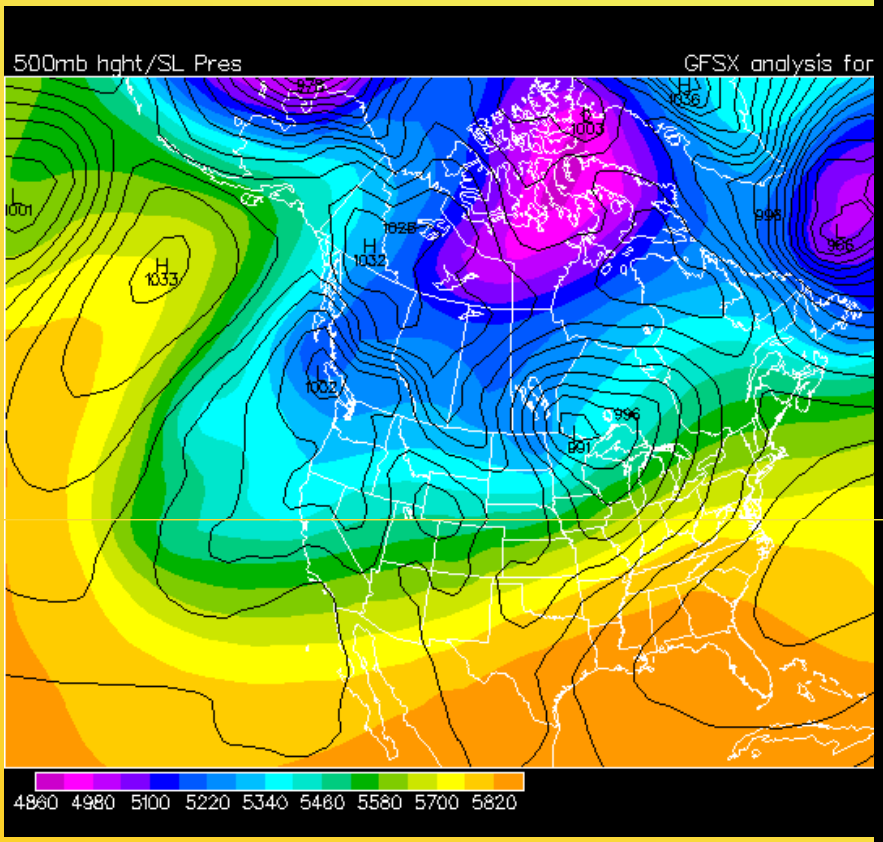
Reading (UK)

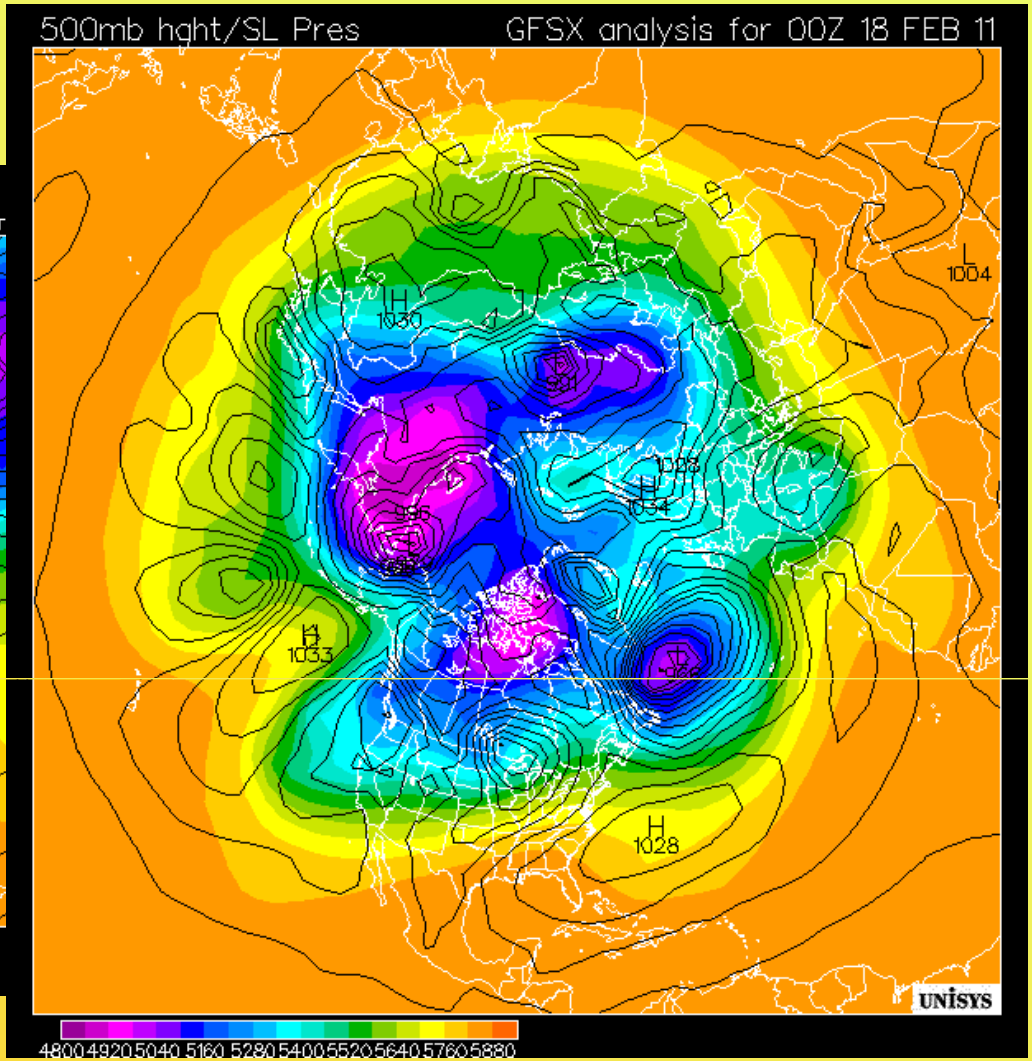


Global model (2)



Global model (3)



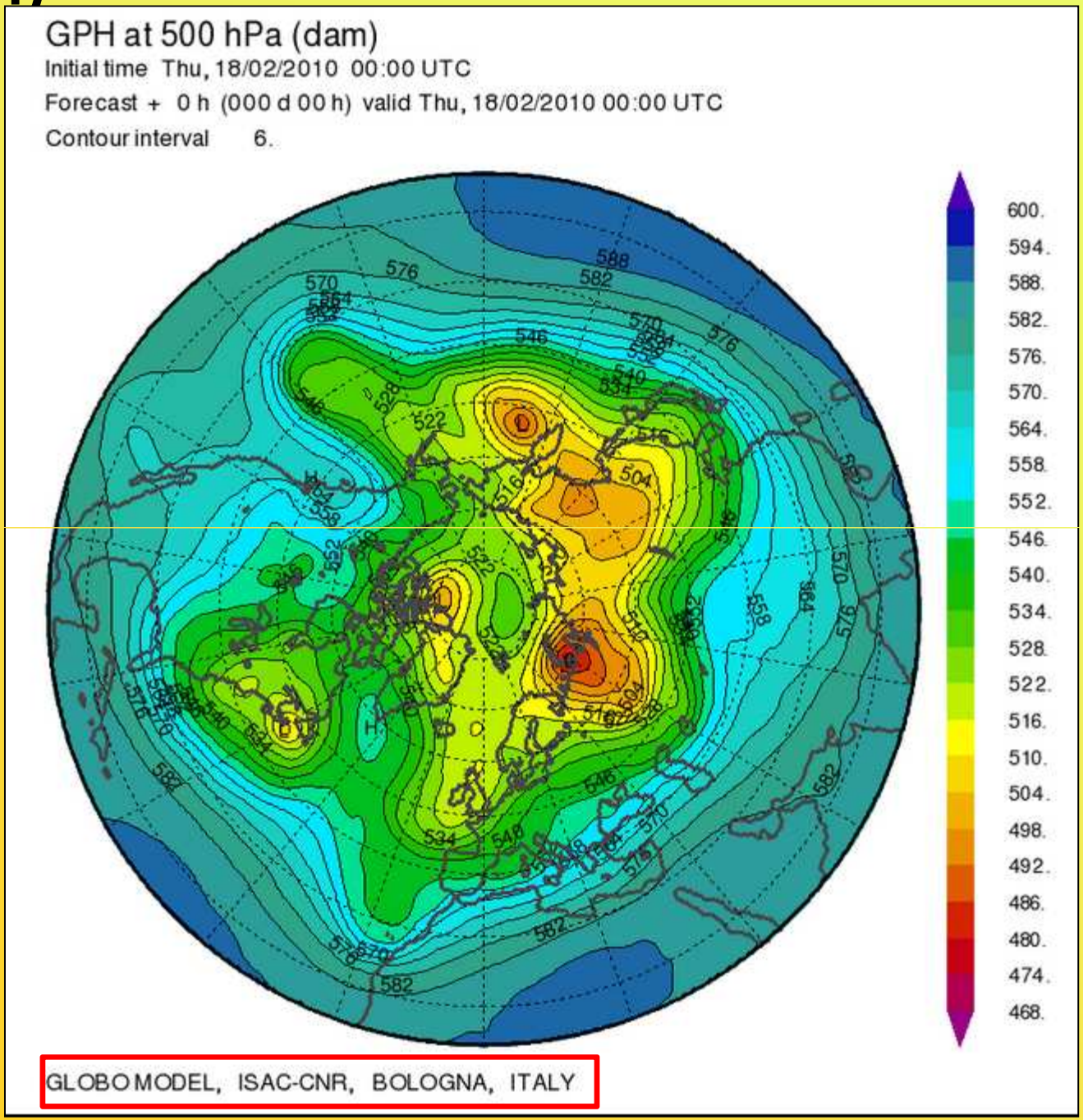


GFS: Global **F**orecasting **S**ystem

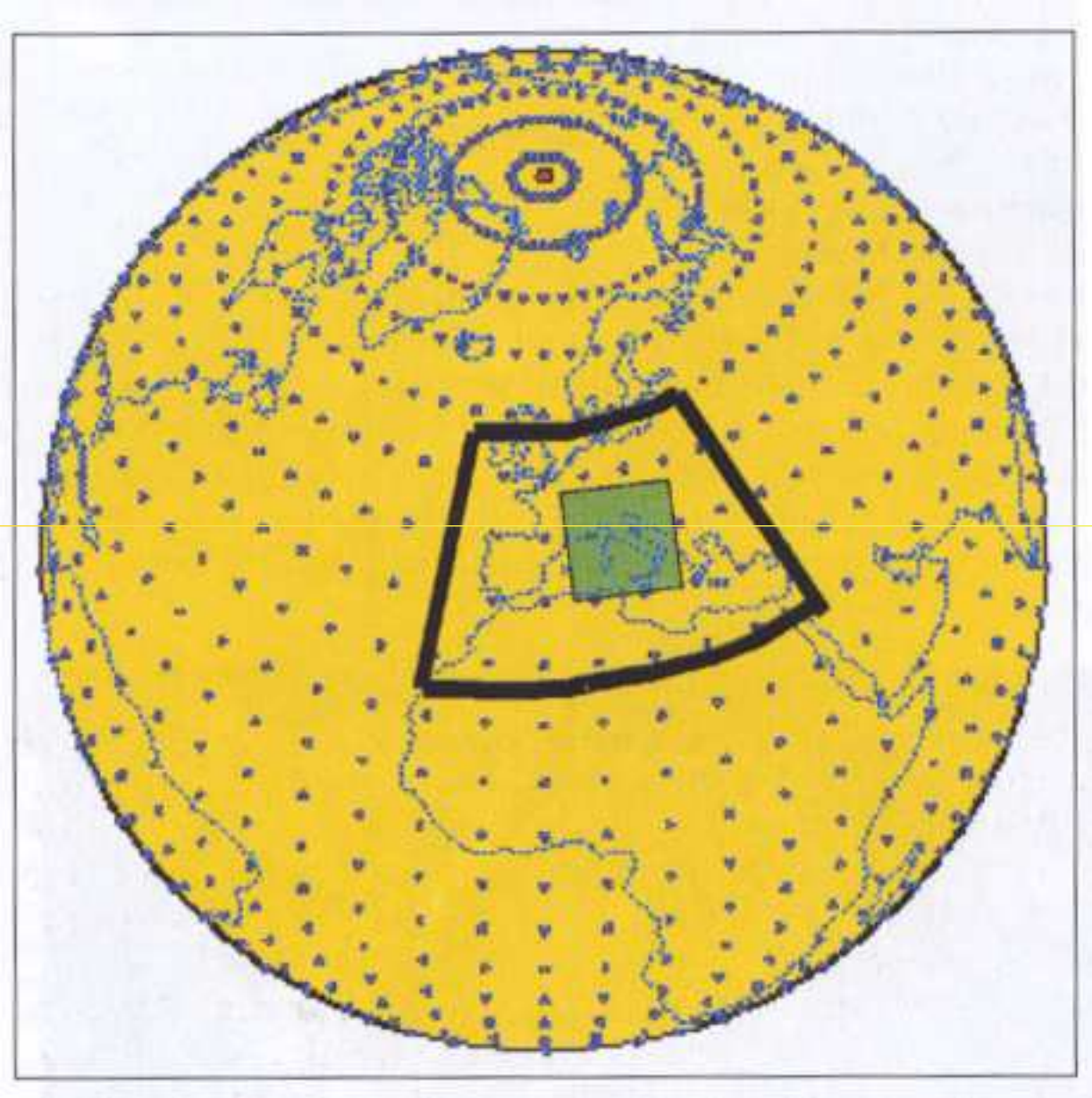
NCEP: National **C**enters for **E**nvironmental **P**rediction

USA

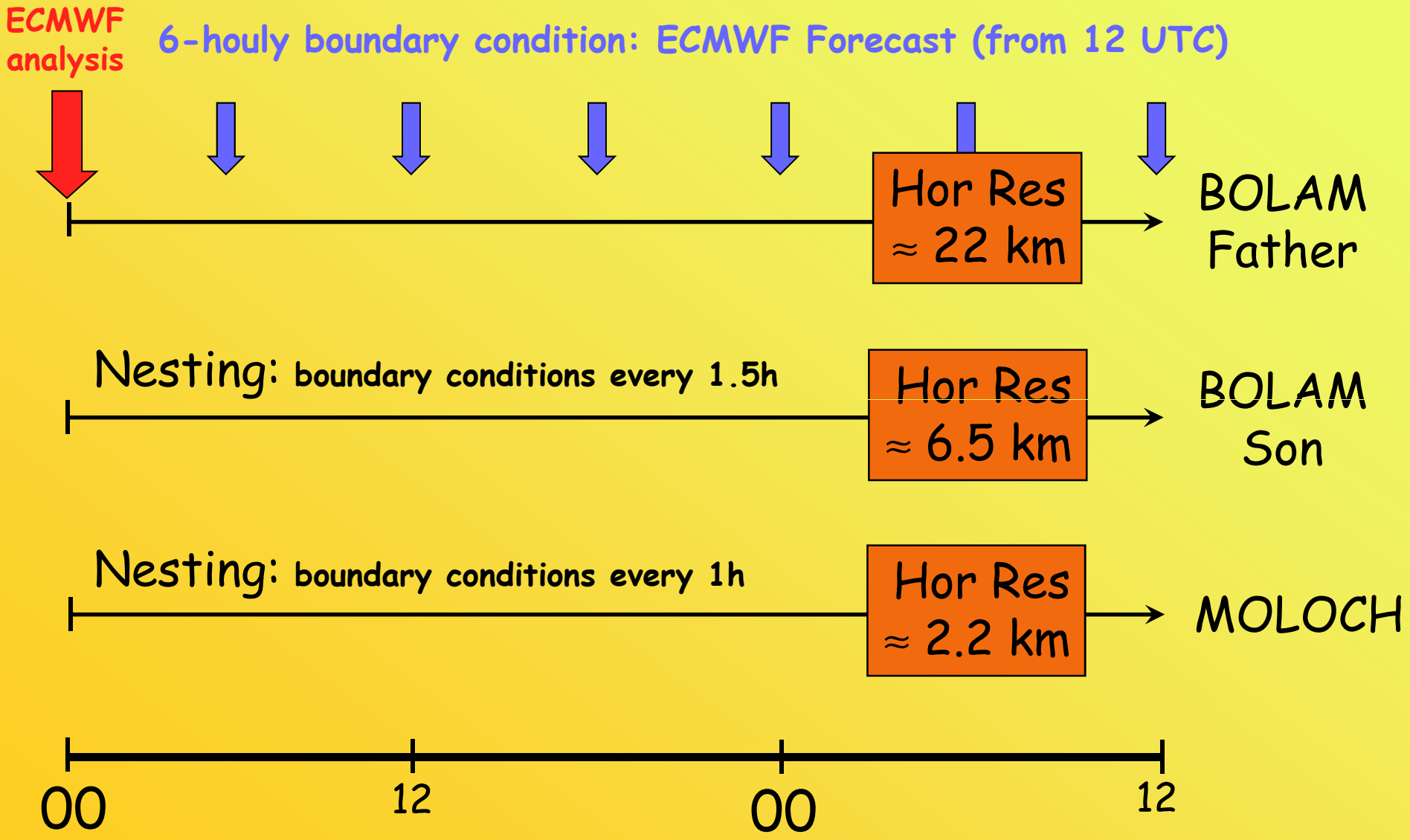
Global model (4)



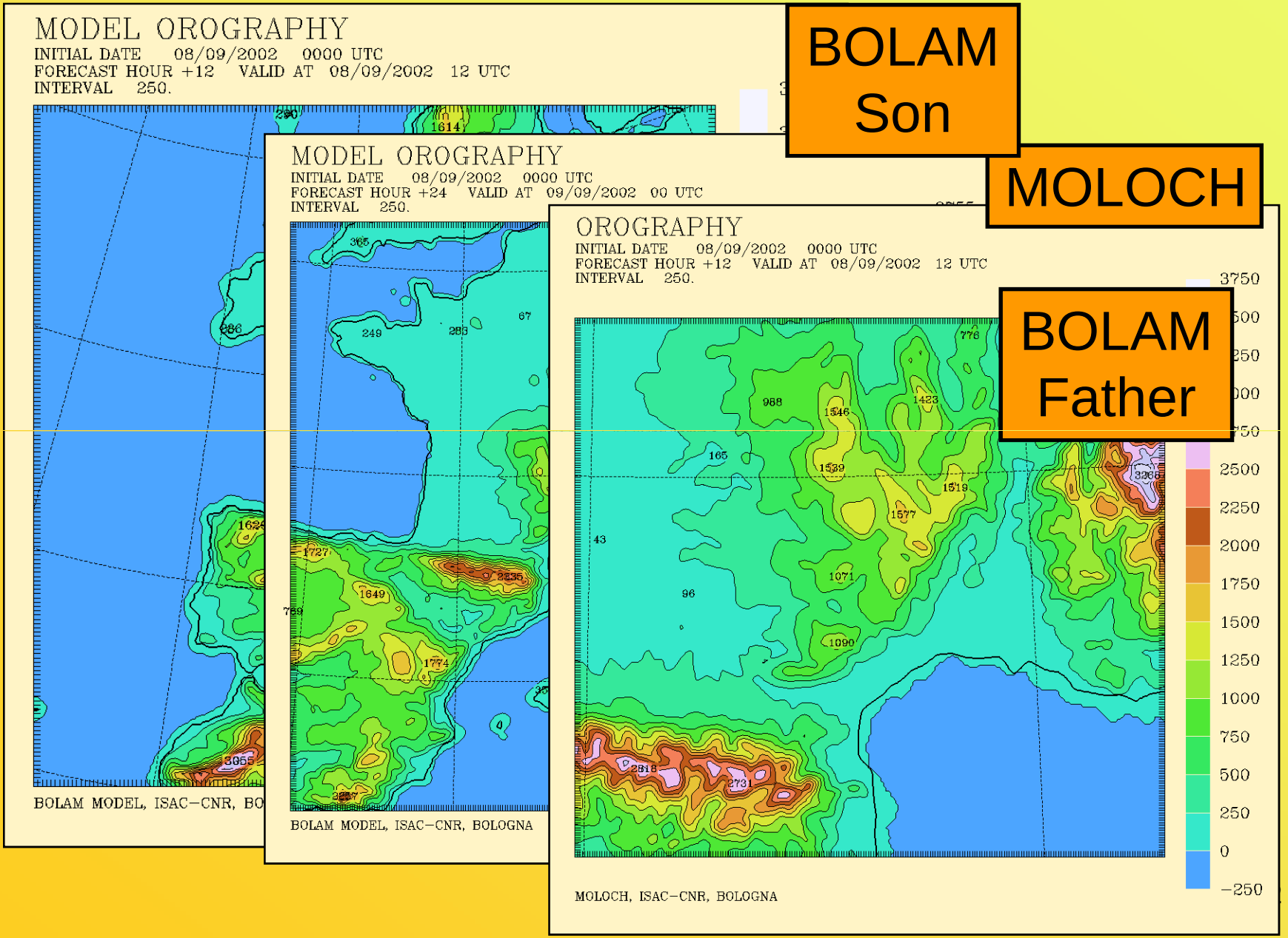
LAM (1) → Nesting



LAM - esempio


ECMWF analysis
6-houly boundary condition: ECMWF Forecast (from 12 UTC)
Hor Res ≈ 22 km
BOLAM Father
Nesting: boundary conditions every 1.5h
Hor Res ≈ 6.5 km
BOLAM Son
Nesting: boundary conditions every 1h
Hor Res ≈ 2.2 km
MOLOCH
00
12
00
12

GARD EVENT: 8-9 September 2002



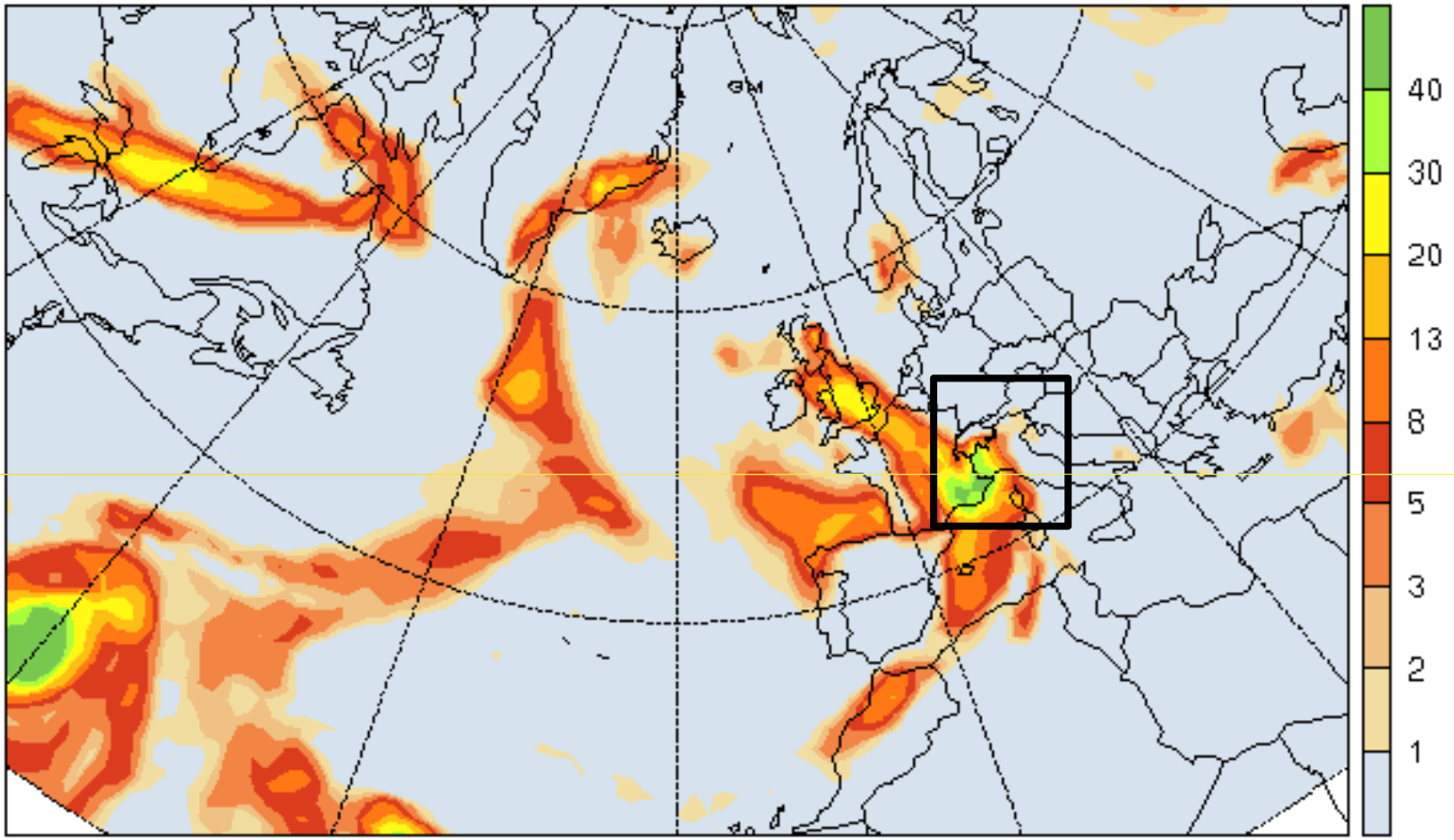
GARD EVENT: 8-9 September 2002 – NUBI E PRECIPITAZIONE

START

GARD EVENT: 8-9 September 2002 – VENTO A 10 METRI E PRECIPITAZIONE

START

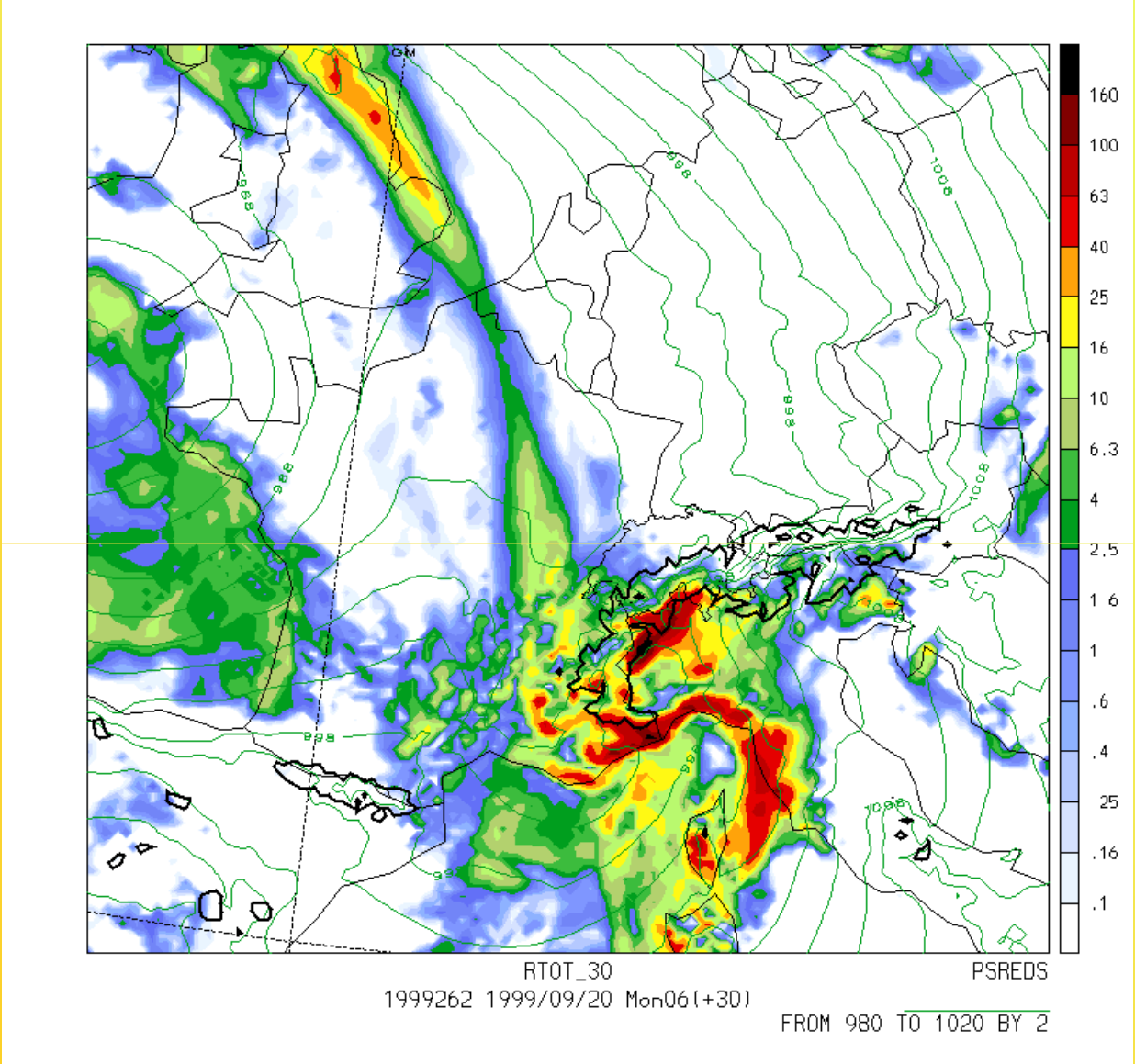
MAP: Mesoscale Alpine Programme 1999



ECMWF

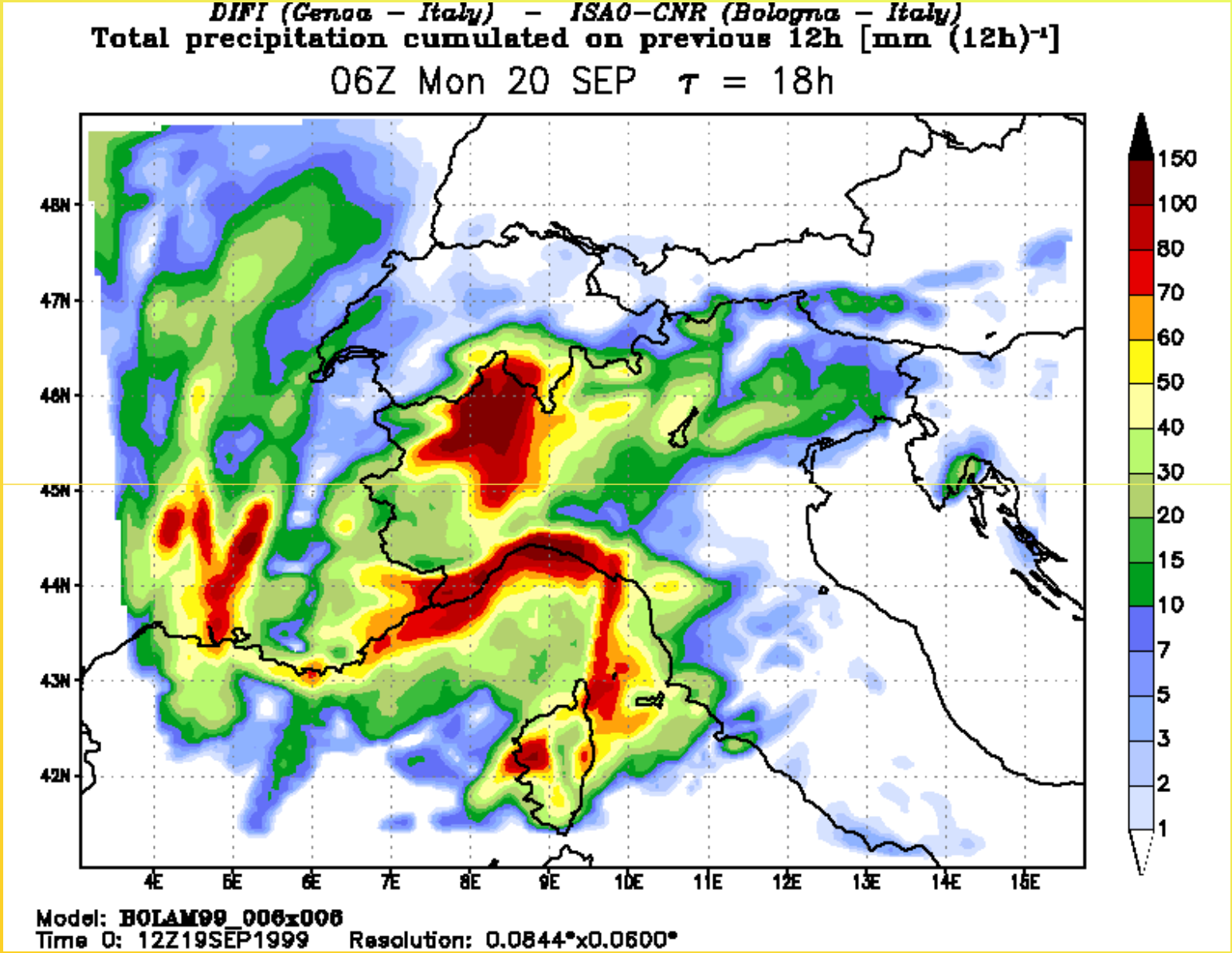
risoluzione ~ 60 km, globale idrostatico

MAP: Mesoscale Alpine Programme 1999



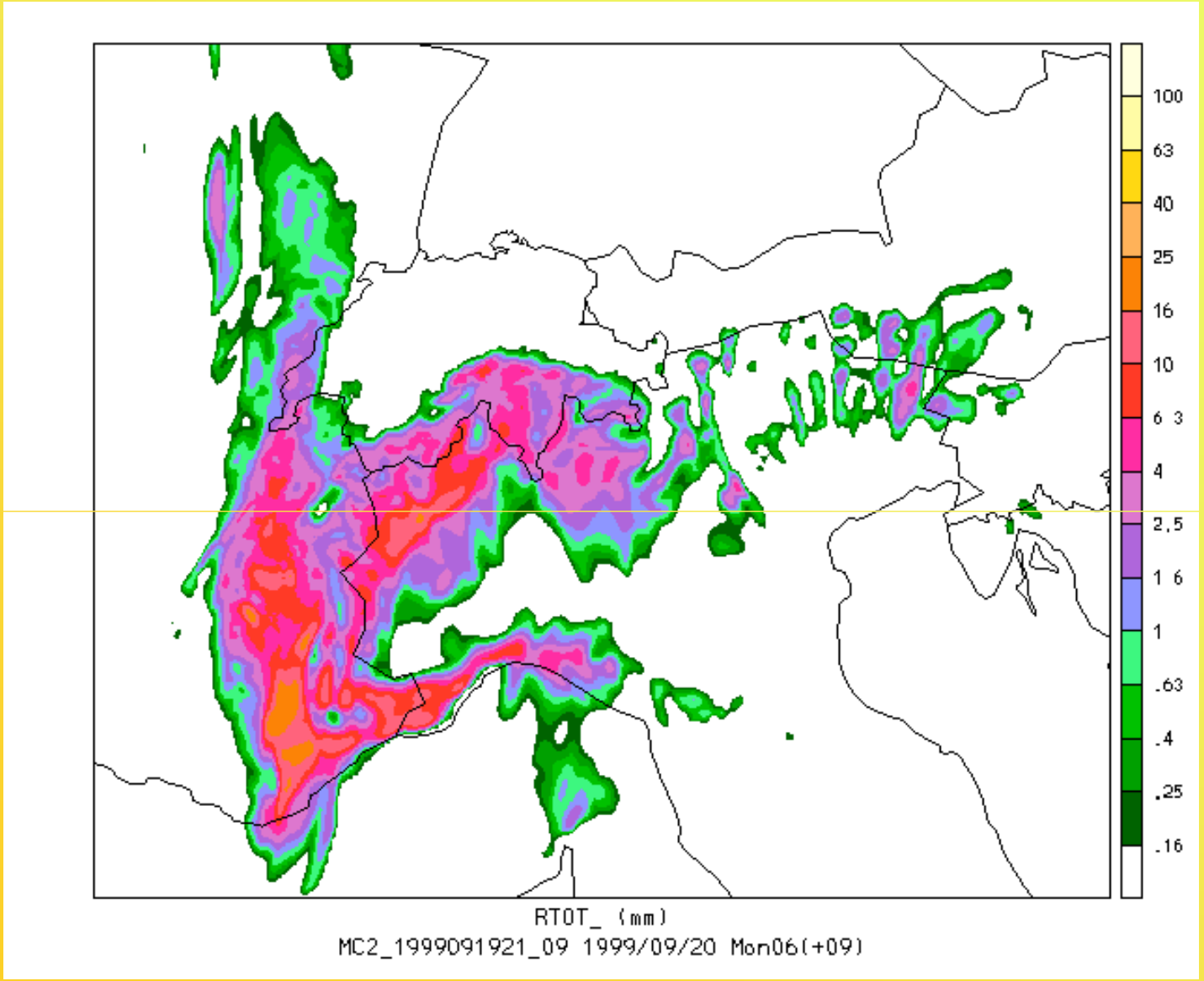
ALADIN,
12 km, LAM idrostatico

MAP: Mesoscale Alpine Programme 1999



BOLAM,
6.5 km, LAM idrostatico

MAP: Mesoscale Alpine Programme 1999

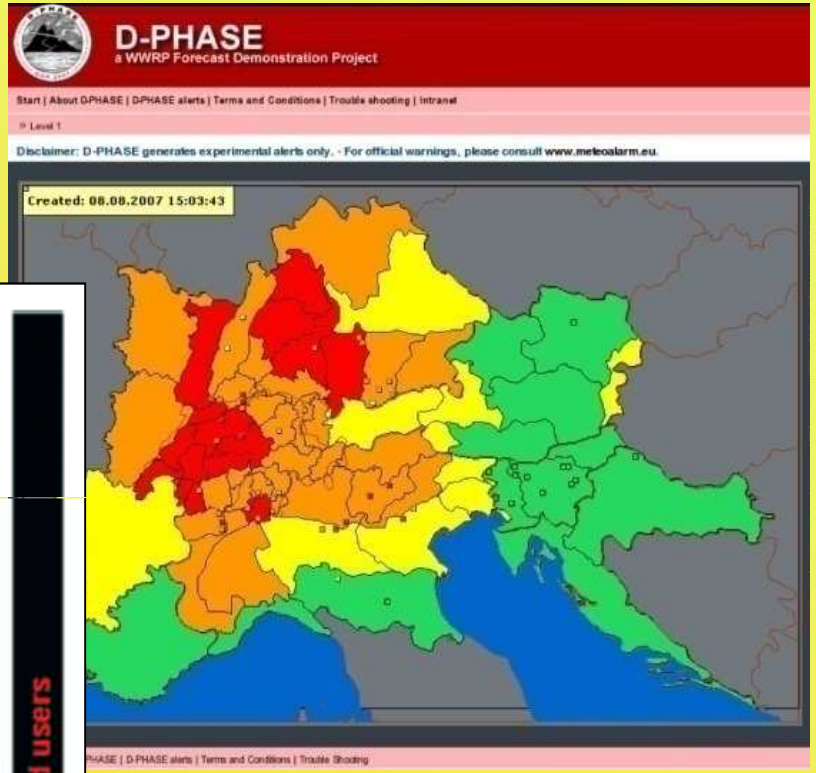


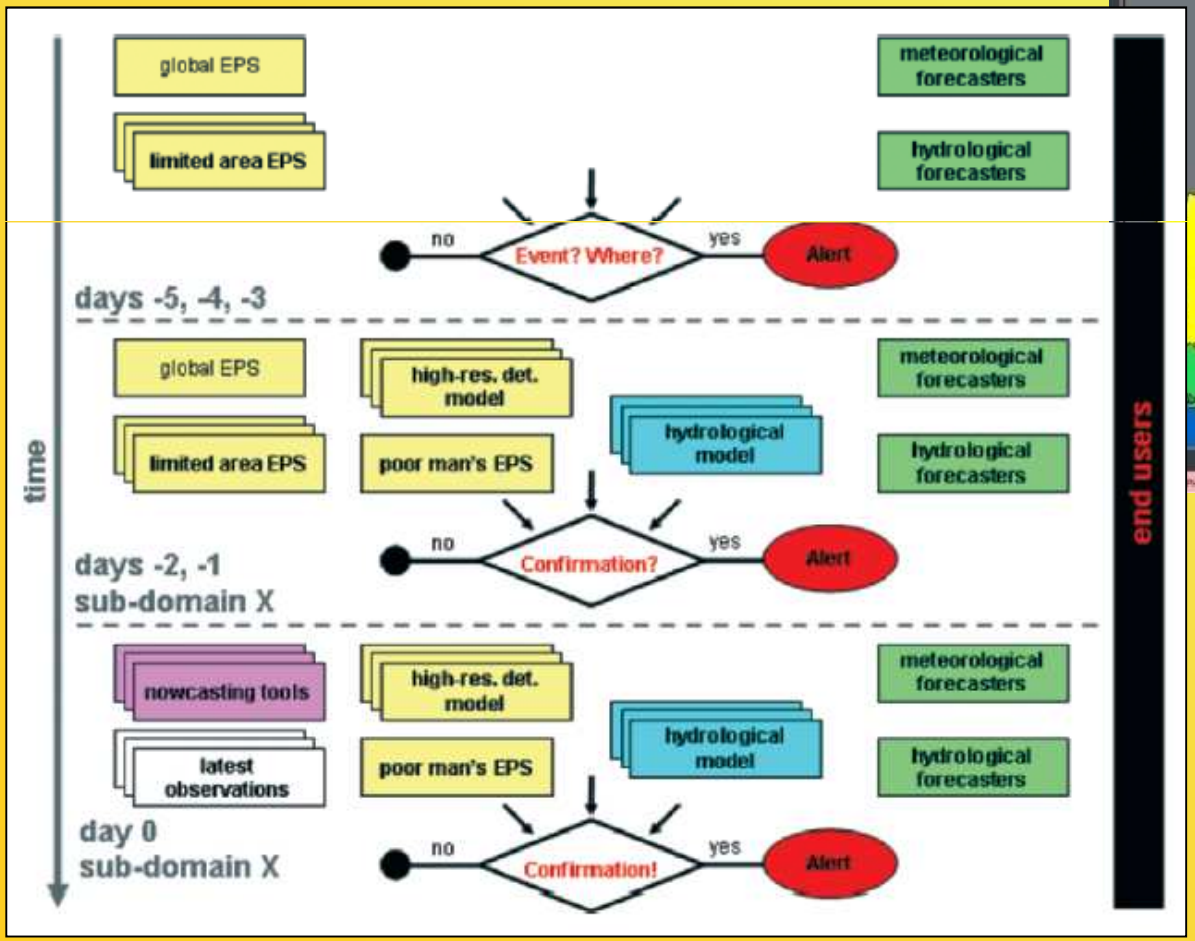
MC2,
3 km, LAM non-idrostatico

MAP D-PHASE 2007

Demonstration of Probabilistic Hydrological and Atmospheric Simulation of floodEvents in the Alpine region

The **D-PHASE Operations Period (DOP)** has been from **1 June to 30 November 2007**.





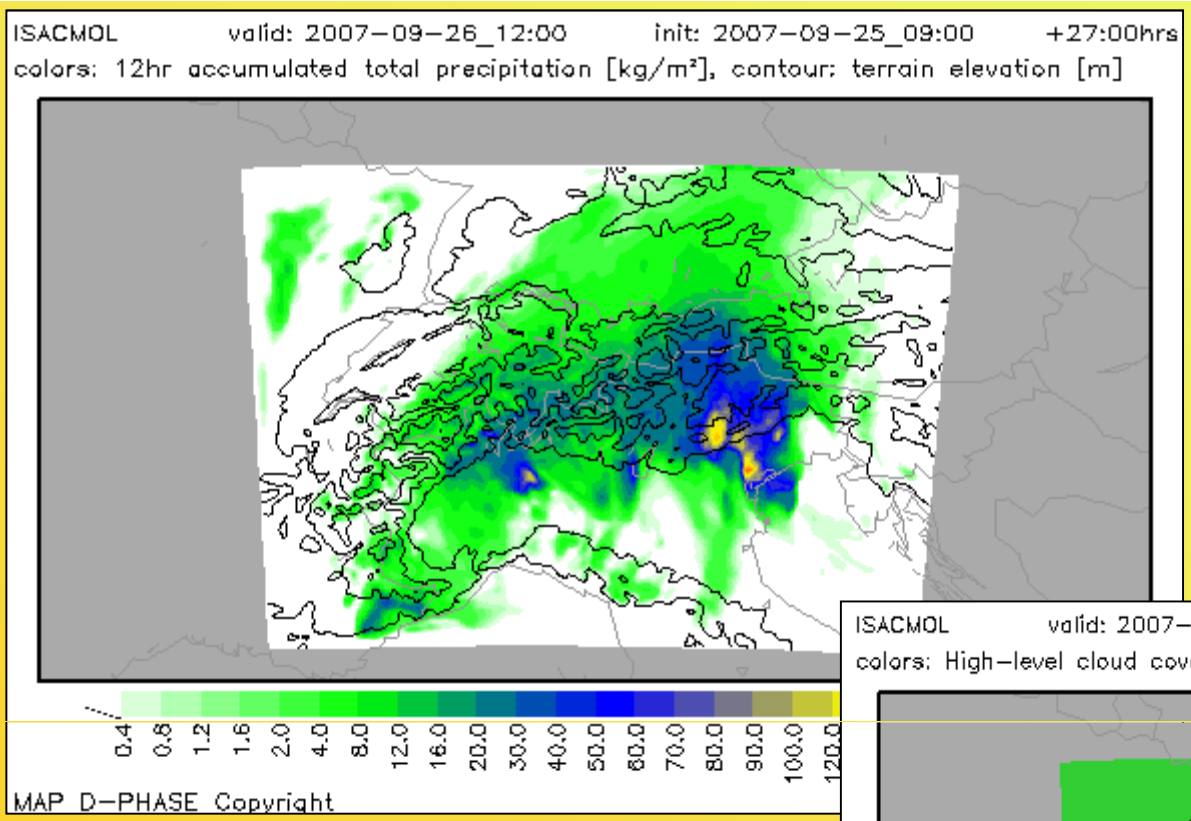
End-to-end flood forecasting system

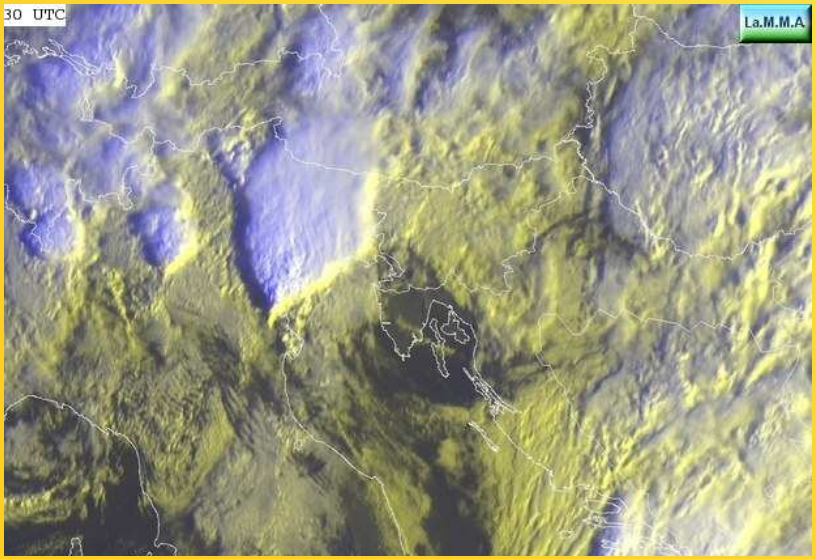
Table 1. Atmospheric models participating in D-PHASE (real time only; limited-area ensemble prediction systems, and high-resolution deterministic models) with model specifications (computational domain).

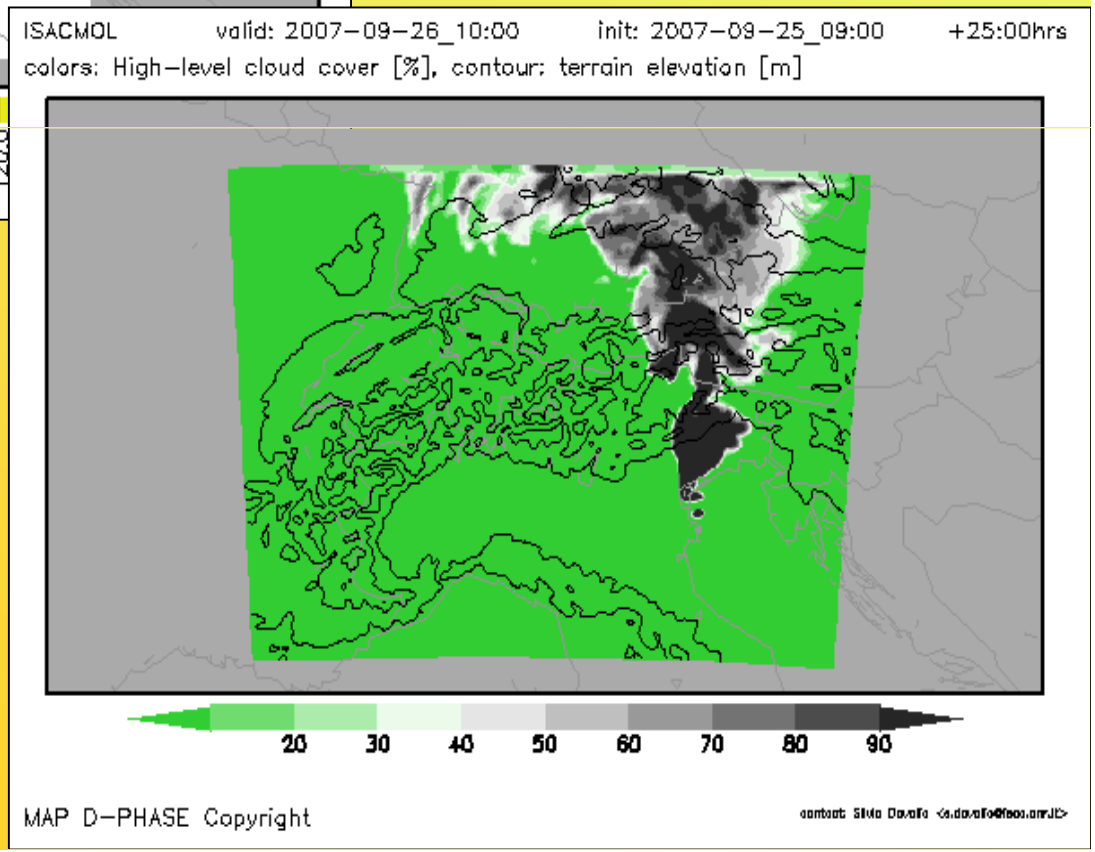
Model name on data archive	Model*	Ensemble size (1 = deterministic)	Mesh size [km (degrees)]	Forecast range (h)	Institution and contact person(s)
CLEPS	COSMO-LEPS	16	10 (0.09)	132	ARPA Emilia-Romagna, Andrea Montani
MOGREPS	MOGREPS	24	25 (0.22)	54	Met Office, Kelvyn Robertson
INMSREPS	SREPS	20	(0.25)	72	AEMET, Daniel Santos
CSREPS	COSMO-SREPS	16	10 (0.09)	72	ARPA Emilia-Romagna, Chiara Marsigli
LAMEPSAT	ALADIN-LAEF	17	(0.15)	60	ZAMG, Sabine Leroch
PEPS	PEPS	variable	(0.0625)	42	EUMETNET SRNWP, Michael Denhard
MPEPS	Micro-PEPS	variable	(0.02)	18	DWD, Michael Denhard
COSMOCH7	COSMO-7	1	7 (0.0625)	72	MeteoSwiss, Felix Ament
COSMOCH2	COSMO-2	1	2.2 (0.02)	24	
LMEURO	COSMO-ME	1	7 (0.0625)	72	CNMCA, Lucio Torrisi
LMITA	COSMO-IT	1	2.8 (0.025)	30	
LAMI7	COSMO-I7	1	7 (0.0625)	72	ARPA Emilia-Romagna, Davide Cesari
LAMI28	COSMO-I2	1	2.8 (0.025)	48	
LME	COSMO-EU	1	7 (0.0625)	78	DWD, Michael Denhard
LMK	COSMO-DE	1	2.8 (0.025)	21	
ISACMOL	MOLOCH	1 (BC from GFS)	2.2 (0.02)	39	ISAC-CNR, Silvio Davolio
ISACMOL2	MOLOCH	1 (BC from IFS)	2.2 (0.02)	48	ISAC-CNR, Silvio Davolio
ARPALMOL	MOLOCH	1	2.2 (0.02)	36	ARPA Liguria, Matteo Corazza
QBOLAM33	QBOLAM	1	33 (0.3)	60	APAT, Stefano Mariani
QBOLAM11	QBOLAM	1	11 (0.1)	48	
ALADFR	ALADIN	1	(0.1)	30	Météo-France, Eric Bazile (ALADFR), Yann Seity (AROME)
AROME	AROME	1	(0.04)	30	
MM5_2_CT	MM5	1	(0.02)	24	University of Hohenheim, Hans-Stefan Bauer, Matthias Grzeschik
MM5_2_4D	MM5	1	(0.02)	24	
MM5_60	MM5	1	(0.56)	72	FZK IMK-IFU, Johannes Werhahn, Andreas Marx
MM5_15	MM5	1	(0.14)	72	
MM5_375	MM5	1	(0.04)	60	
ALADAT	ALADIN	1	9.6 (0.07 × 0.11)	48	ZAMG, Yong Wang
CMCGEML	GEM-LAM	1	15 (0.135, 0.188)	24	Environment Canada, Ron McTaggart-Cowan
CMCGEMH	GEM-LAM	1	2.5 (0.0225, 0.0327)	18	

TABLE 2. Hydrological models participating in D-PHASE (real-time only). A hydrological model running in ensemble mode is denoted as e-hm; a hydrological model running deterministically is denoted as d-hm.

Model name on data archive	Applications (No. of catchments)	Driving model	Institution and contact person(s)
PREVAH (e-hm, d-hm)	6 in Switzerland 2 in Italy	CLEPS, COSMOCH2, COSMOCH7, MM5_15	ETHZ/WSL, Simon Jaun, Massimiliano Zappa
HBV (e-hm, d-hm)	12 in Switzerland	CLEPS, PEPS, COSMOCH2, COSMOCH7, (IFS)	BAFU, Stephan Vogt
LAMBRO (e-hm, d-hm)	2 in Italy	CLEPS, LAMI28, ISACMOL	ARPA Lombardia, Matteo Cislaghi
DIMOSOP (e-hm, d-hm)	10 in Italy	CLEPS, ISACMOL, ISACMOL2	University of Brescia, Roberto Ranzi
FEST (e-hm)	2 in Switzerland 1 in Italy	CLEPS	POLIMI, Giovanni Ravazzani
LARSIMBY (d-hm)	10 in Germany	LME, GFS, GME	WWA Kempten, Uwe Ehret
LARSIMBW (d-hm)	2 in Germany	LMK, LME	LUBW, Werner Schulz


ISACMOL valid: 2007-09-26_12:00 init: 2007-09-25_09:00 +27:00hrs
colors: 12hr accumulated total precipitation [kg/m²], contour: terrain elevation [m]
0.4 0.8 1.2 1.6 2.0 4.0 8.0 12.0 16.0 20.0 30.0 40.0 50.0 60.0 70.0 80.0 90.0 100.0 120.0
MAP D-PHASE Copyright


30 UTC
La.M.M.A.

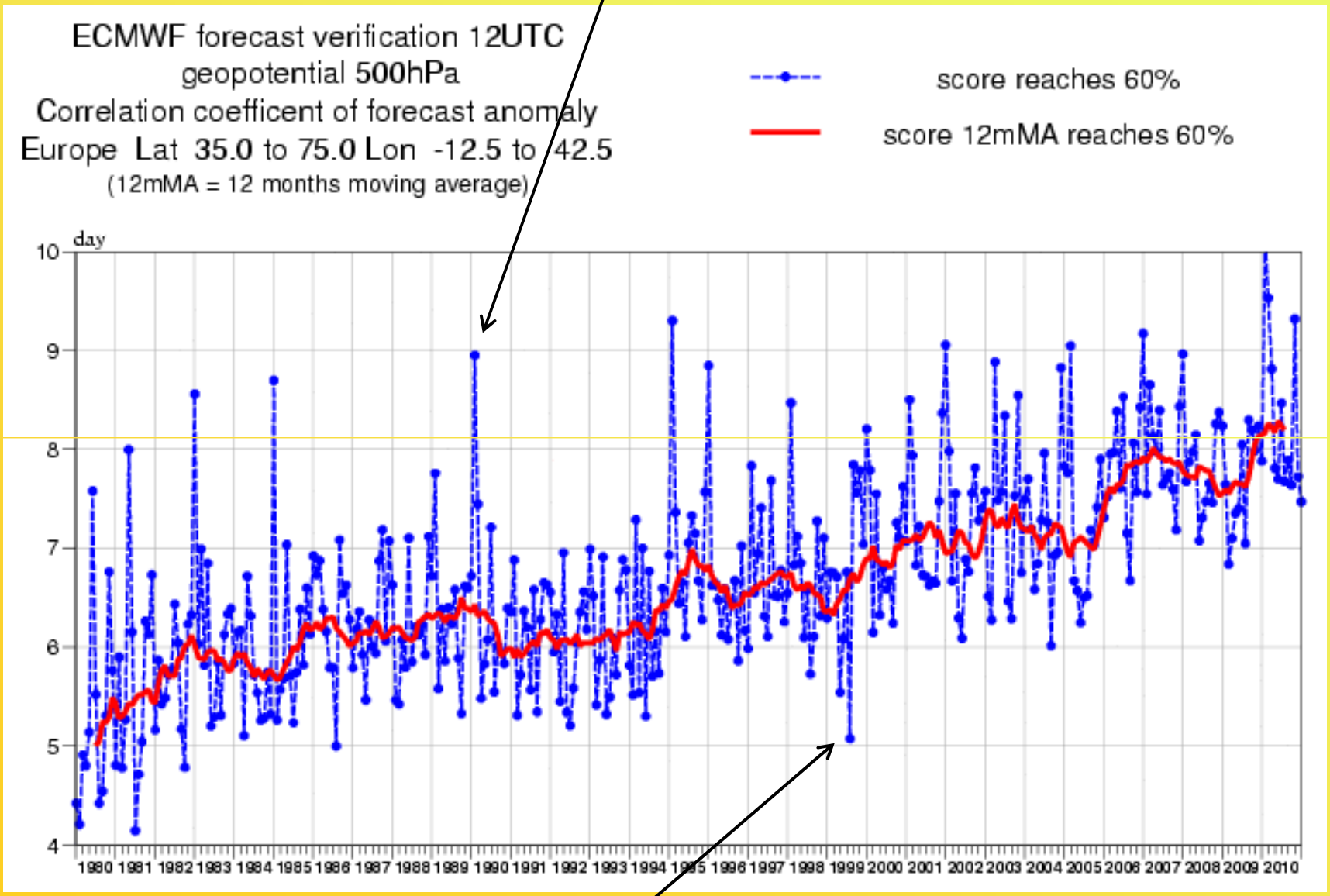

ISACMOL valid: 2007-09-26_10:00 init: 2007-09-25_09:00 +25:00hrs
colors: High-level cloud cover [%], contour: terrain elevation [m]
20 30 40 50 60 70 80 90
MAP D-PHASE Copyright

QUALITÀ DELLA PREVISIONE DETERMINISTICA

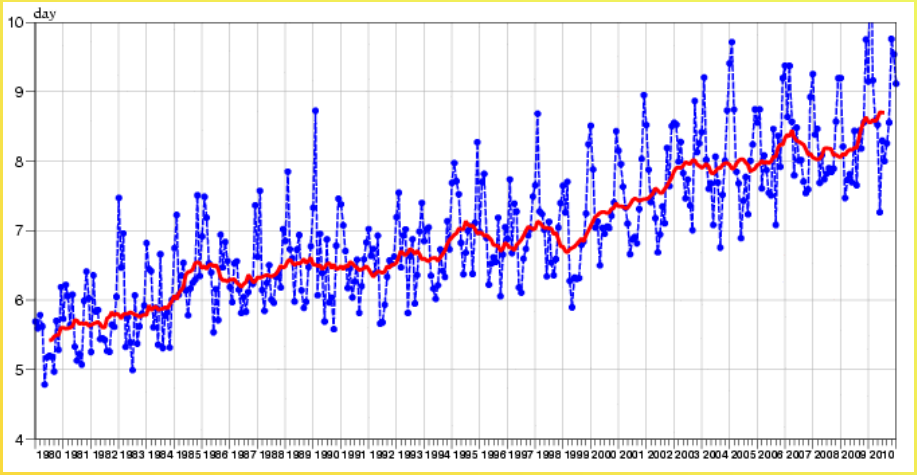
-range di previsione
-variabile considerata
-varia a seconda della situazione

-scores per quantificare la performance dei modelli

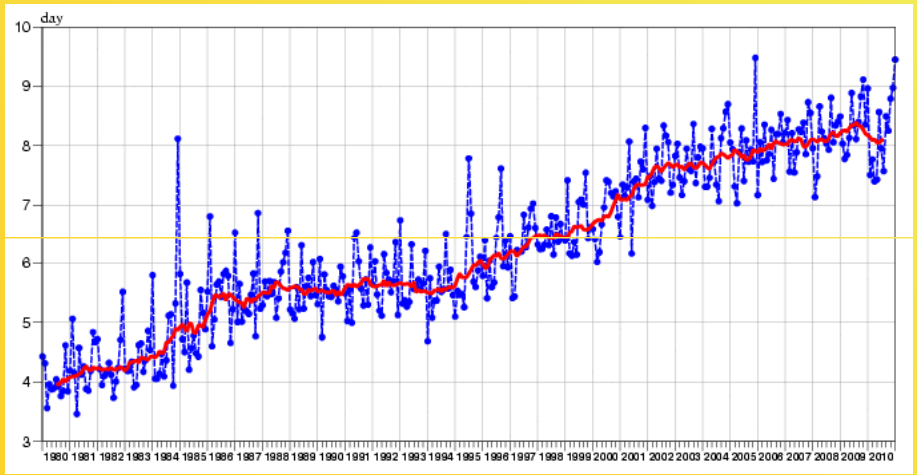
previsione “buona” fino a 9 giorni



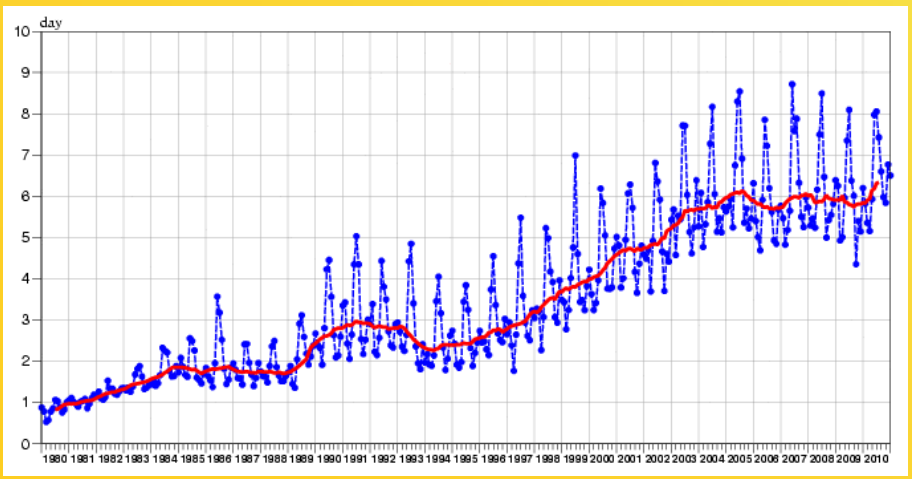
previsione “buona” fino a 5 giorni



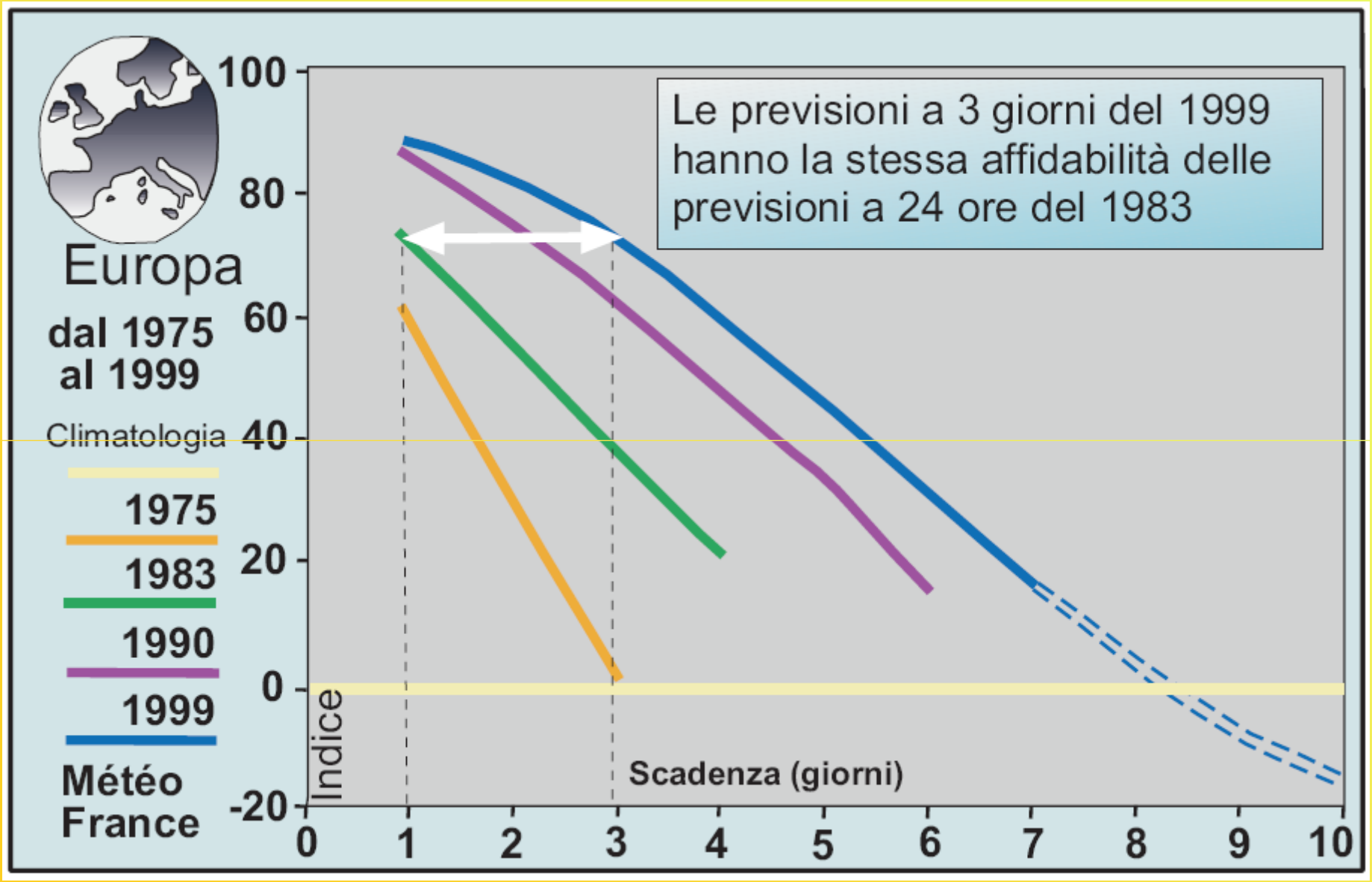
Emisfero nord



Emisfero sud



Tropici


Europa
dal 1975
al 1999
Climatologia
1975
1983
1990
1999
Météo
France
Le previsioni a 3 giorni del 1999
hanno la stessa affidabilità delle
previsioni a 24 ore del 1983
Indice
Scadenza (giorni)
100
80
60
40
20
0
-20
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

Origine degli errori nella previsione

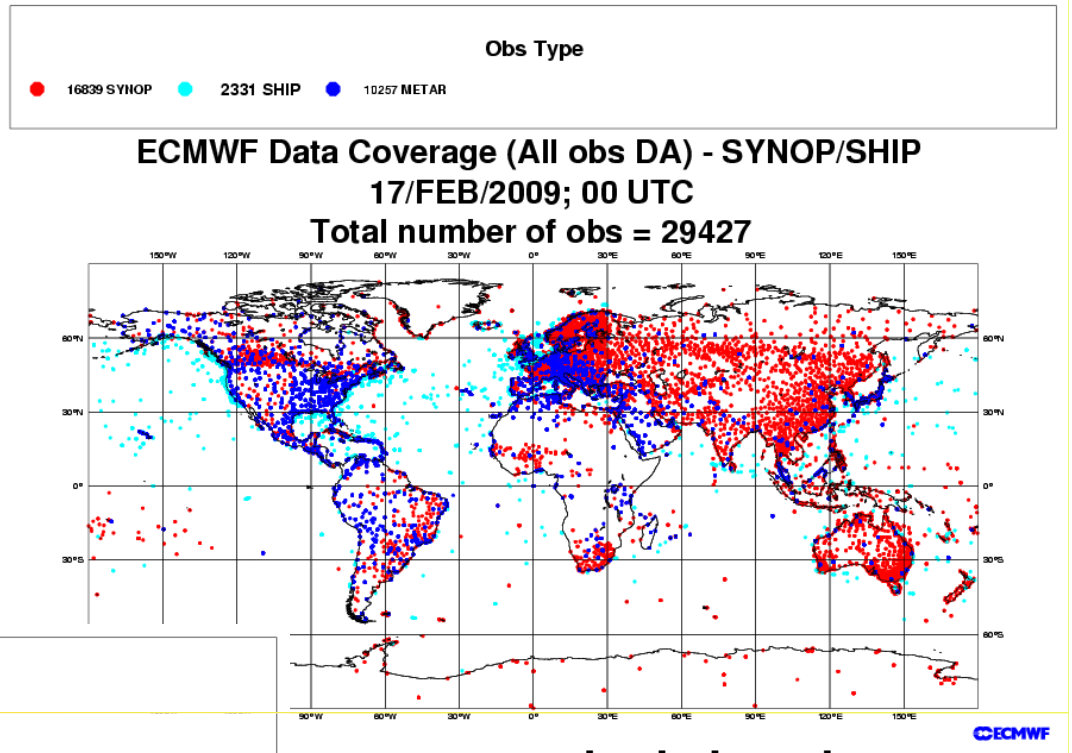
- **Le osservazioni sono imperfette**
- **I modelli numerici sono imperfetti**
  - approssimata rappresentazione della realtà
  - approssimazioni dei metodi numerici
- **Le condizioni iniziali sono imperfette**

- **previsione → problema alle condizioni iniziali**
- **atmosfera → sistema dinamico caotico**

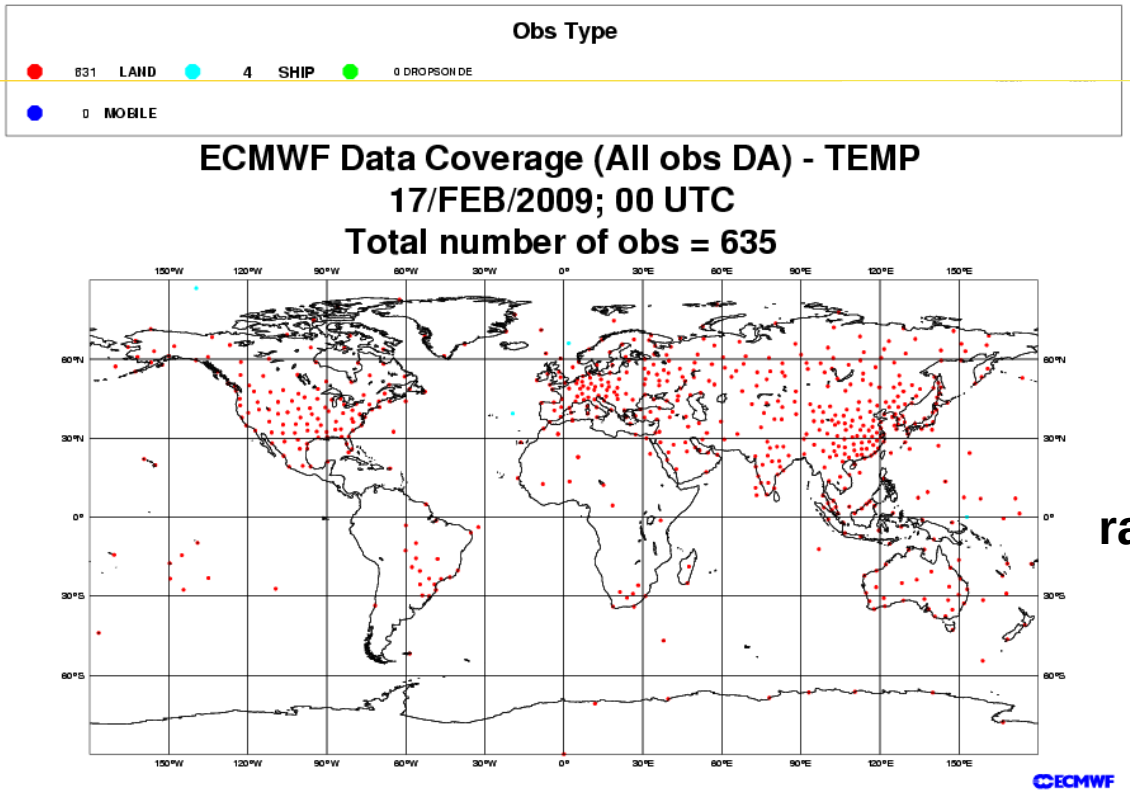
- **Gli errori crescono in ampiezza**
- **La scala spaziale degli errori cresce**

OSSERVAZIONI: tante ma imperfette

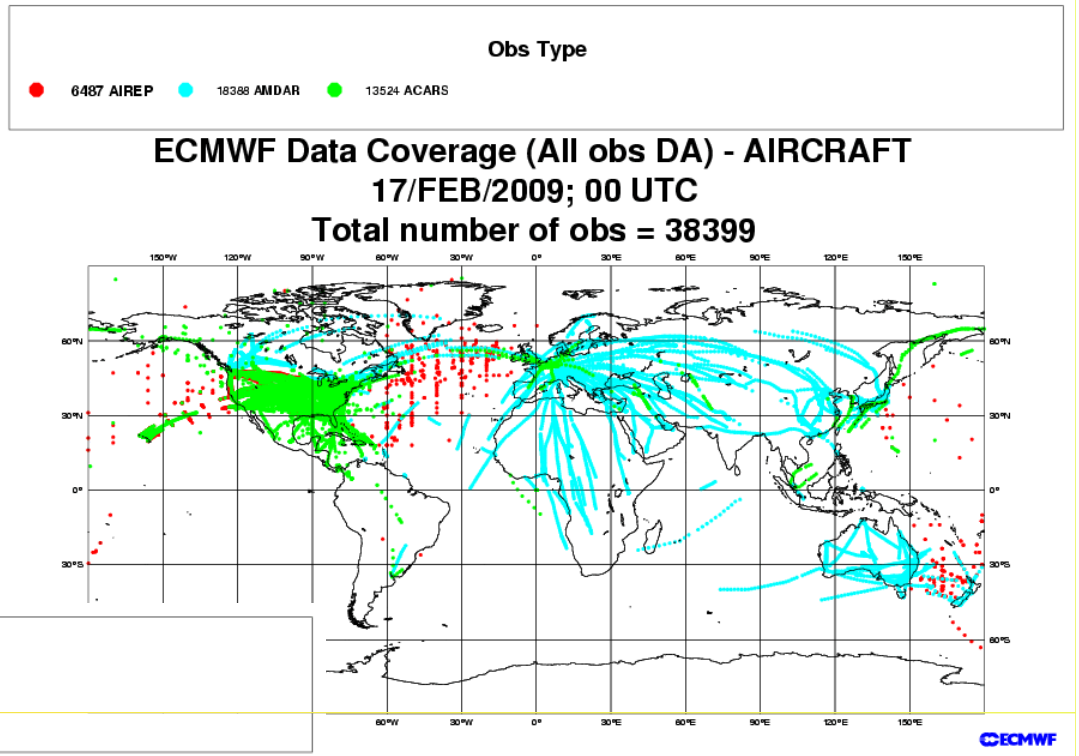
12 x 10^6 osservazioni assimilate ogni 12 ore



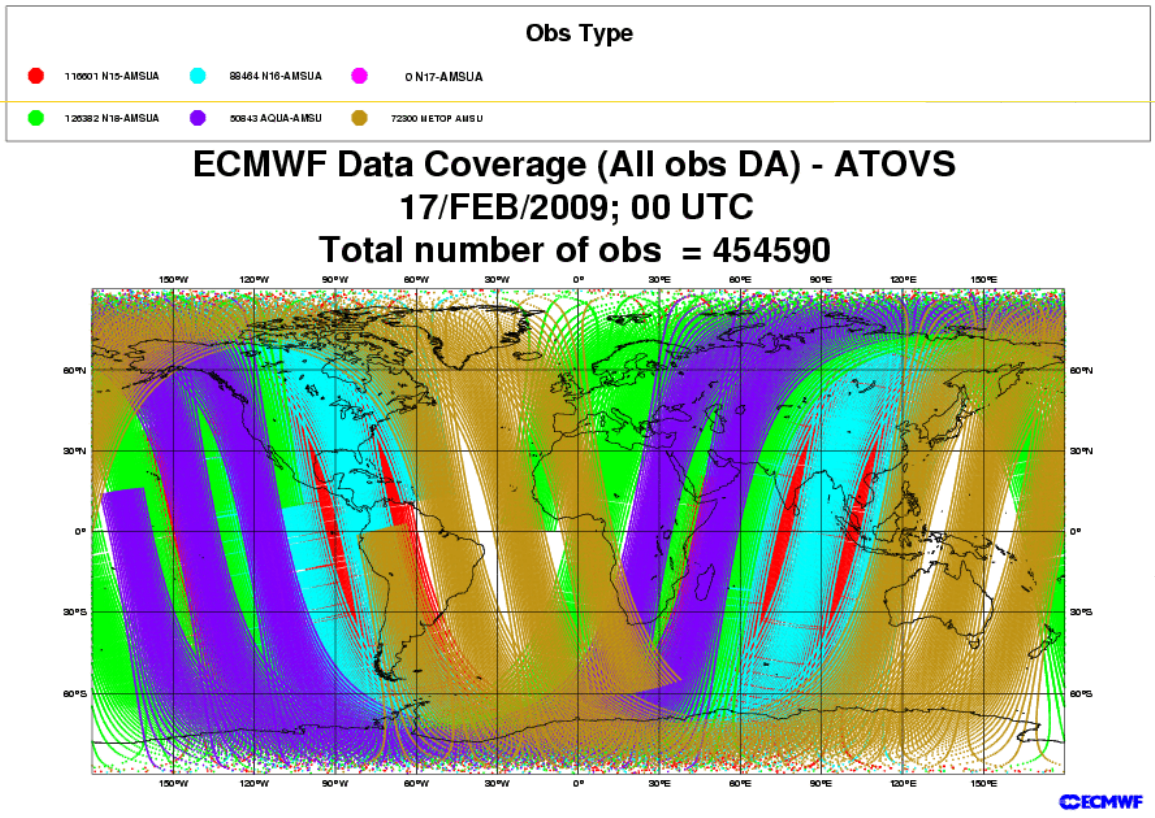
stazioni al suolo



radiosondaggi



aerei di linea



satellite polare

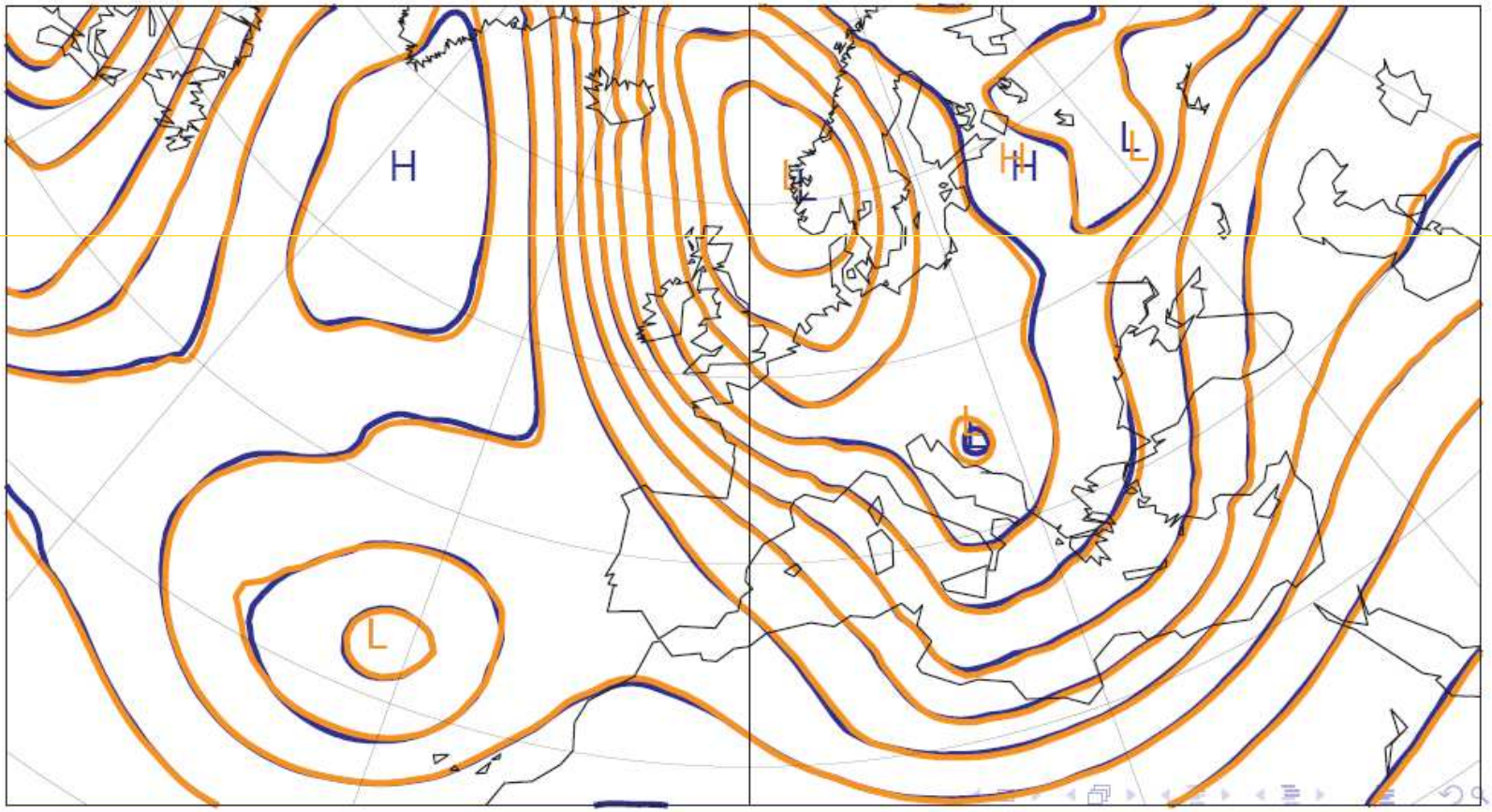
Errore dei modelli: diversa risoluzione orizzontale

Another glimpse at model error

sensitivity of forecast to horizontal resolution

init. time 15 Dec 2010, 0 UTC, $t = +48$ h

T1279 T639



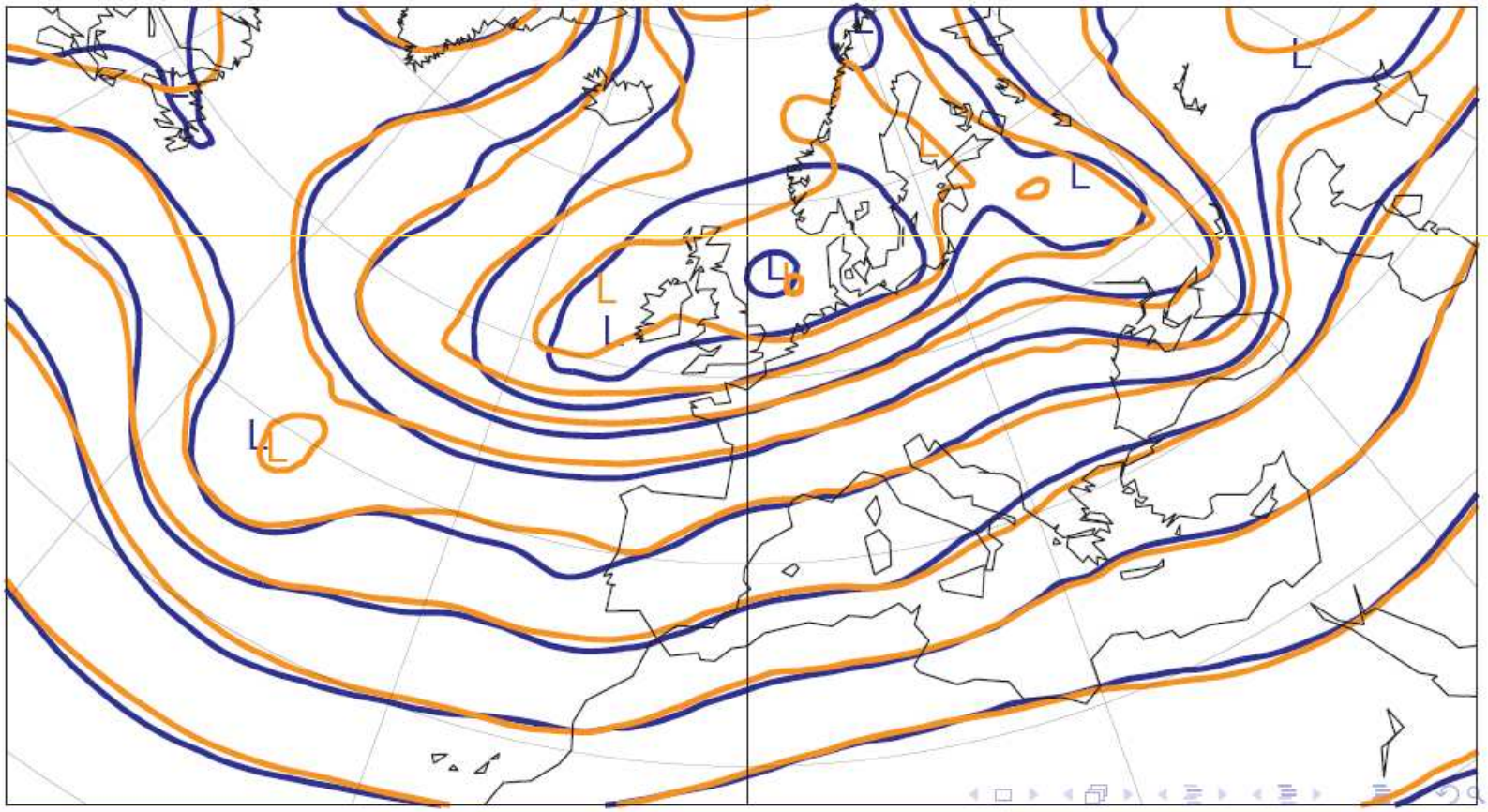
Errore dei modelli: diversa risoluzione orizzontale

Another glimpse at model error

sensitivity of forecast to horizontal resolution

init. time 15 Dec 2010, 0 UTC, $t = +120\,\mathrm{h}$

T1279 T639



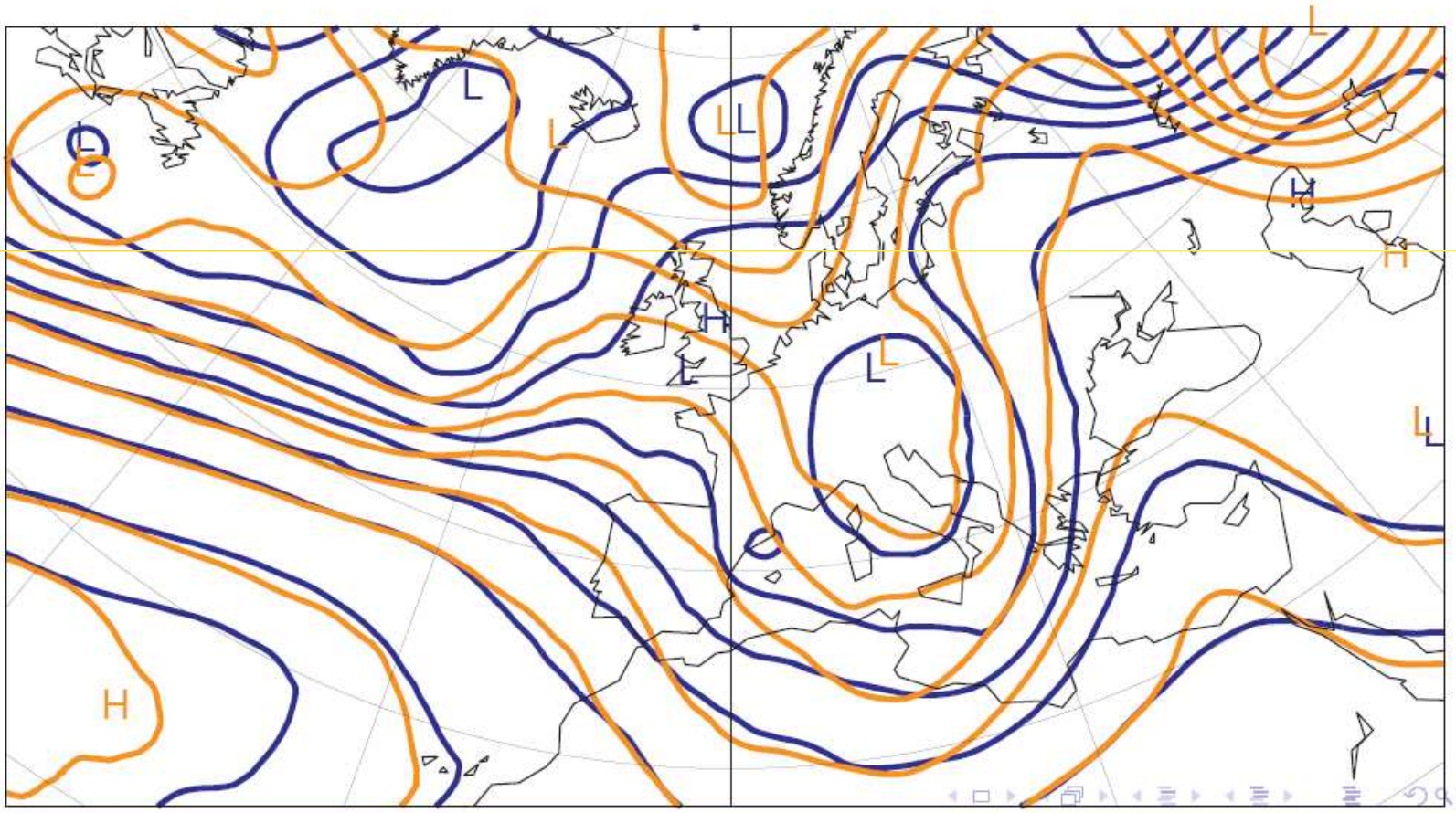
Errore dei modelli: diversa risoluzione orizzontale

Another glimpse at model error

sensitivity of forecast to horizontal resolution

init. time 15 Dec 2010, 0 UTC, $t = +240$ h

T1279 T639



ASSIMILAZIONE DATI

-Definizione di un’accurata condizione iniziale
-Analisi=migliore approssimazione possibile della realtà, definita sul grigliato del modello
-Unisce due “pezzi” di informazione: osservazioni + first guess

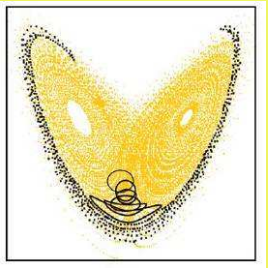
osservazioni: forniscono la misura puntuale, sono discontinue nello spazio e nel tempo, ci sono aree quasi scoperte, sono un campo eterogeneo e irregolarmente distribuito.
first guess: previsione a breve termine del modello: fornisce un campo continuo e fisicamente coerente in grado di colmare le lacune osservative, trasportando le informazioni dei dati osservati anche dove non ci sono, imponendo rigide costrizione fisiche.

metodi matematici estremamente complessi, uniscono queste due parti di informazione in modo ottimale e forniscono l'analisi definita su punti di griglia del modello

Atmosfera e caos: limiti di predicibilità

Dalla previsione deterministica alla previsione probabilistica

Edward Lorenz (MIT)



• Negli anni ‘50 con un modello di sistema dinamico molto semplice (3 eq., 3 inc.) soggetto a forzatura e dissipazione scopre il comportamento caotico

•Lorenz (1963): l'impredicibilità dipende dalla (infinita) *sensibilità alle condizioni iniziali:* due stati iniziali, per quanto vicini tra loro, possono condurre in breve a stati molto diversi.

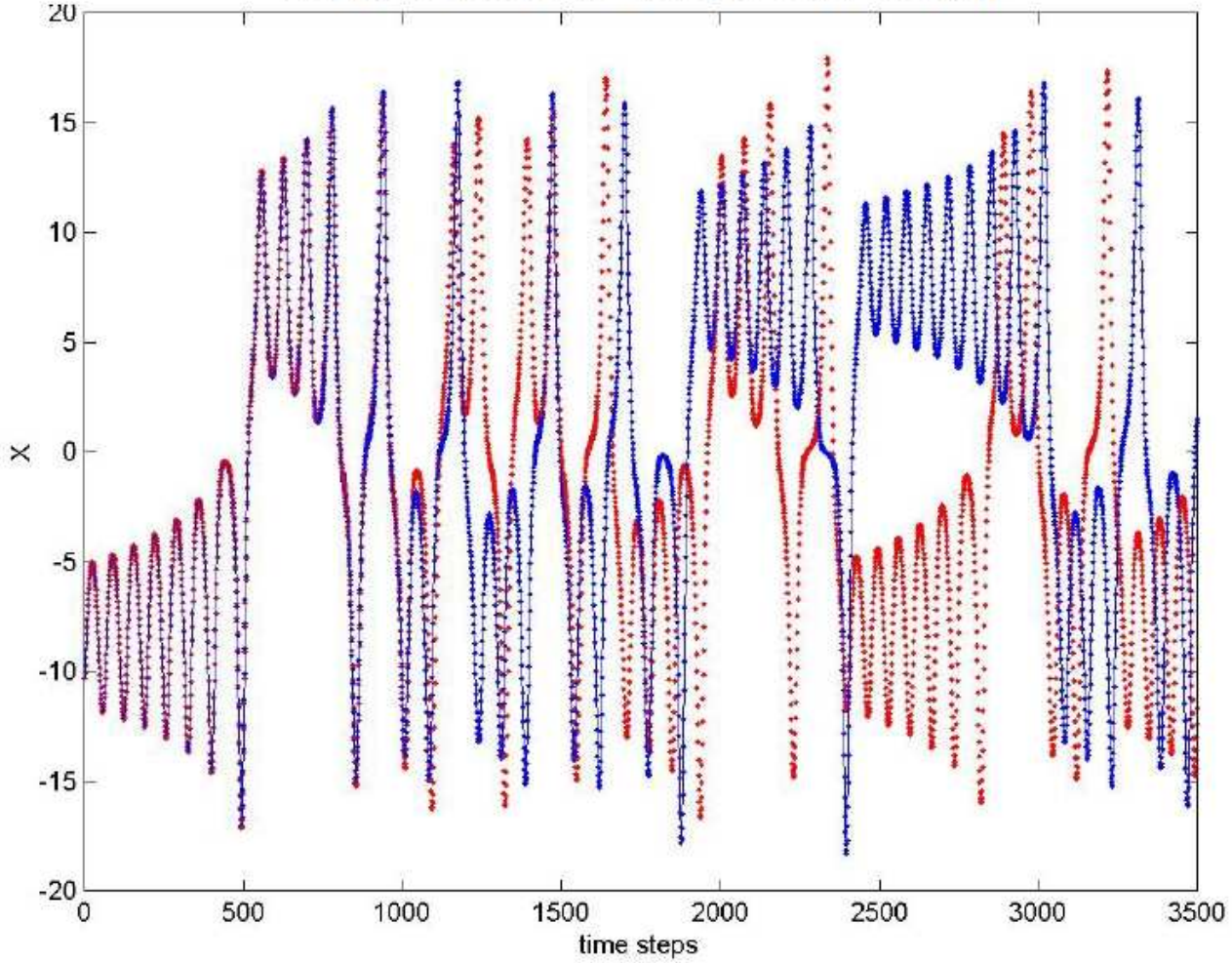
• Lorenz (1972): ‘*paradosso della farfalla*’: comunicazione dal titolo *“Predicibilità: possono i battiti delle ali di una farfalla in Brasile scatenare un tornado nel Texas?”.*

• Crescita degli errori nella condizione iniziale (raddoppio ogni 2 giorni sulla scala sinottica, meno di 2 ore sulla scala convettiva) e limite di predicibilità dell’atmosfera (circa 15 giorni per la predicibilità deterministica globale - *predicibilità del primo tipo*).

• **Lorenz (2006) - *caos deterministico*: *quando il presente determina il futuro ma il presente approssimato non determina il futuro nemmeno approssimativamente*.**

• Caos deterministico: tipi di tempo mai uguali, ma possono essere simili; sono compresi in un sottoinsieme limitato rispetto a tutti gli stati possibili (ORBITE nello spazio delle fasi il cui insieme è detto ATTRATTORE)

We introduce an infinitesimal perturbation in the initial conditions and soon the forecast loses all skill



Impossibilità di fare previsioni deterministiche esatte oltre un certo t

↓

introduzione criteri statistici/probabilistici che tengono conto della sensibilità alle c.i.

↓

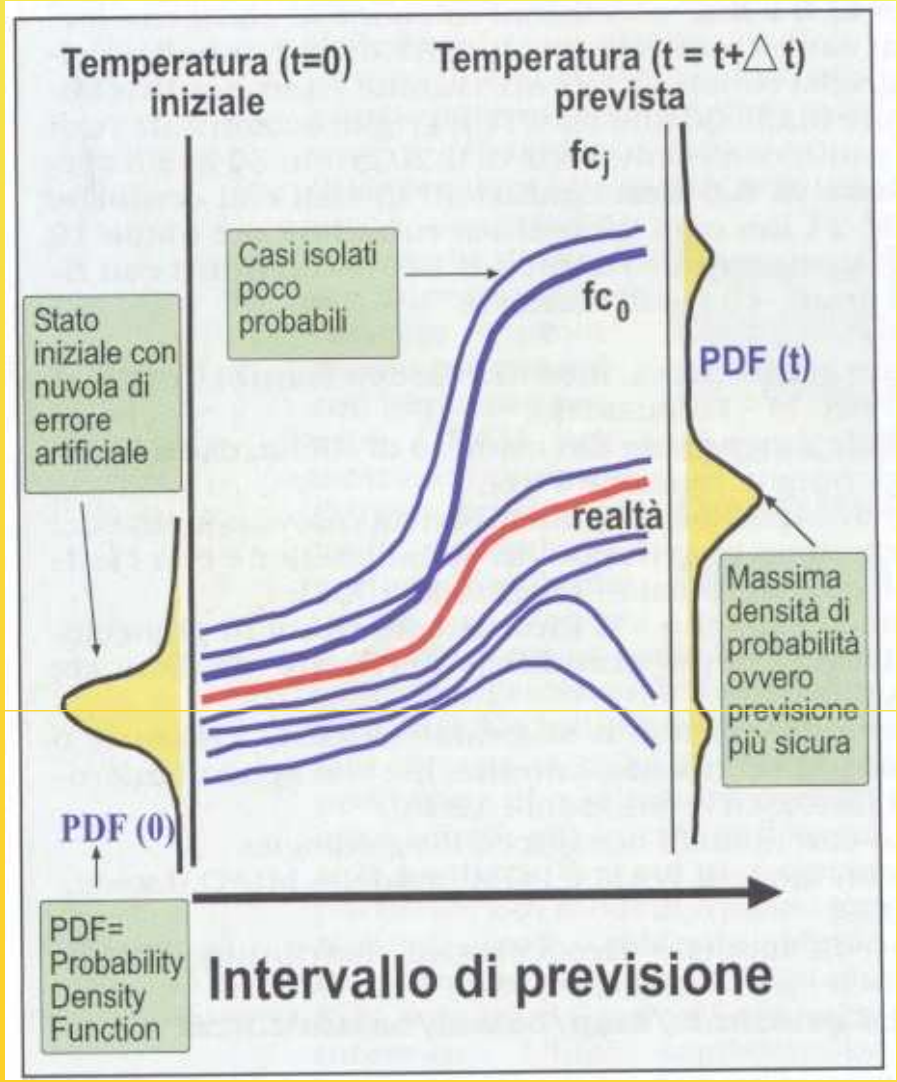
ENSEMBLE FORECASTING

diverse previsioni che partono da diverse condizioni iniziali tutte compatibili con l'incertezza associata all'analisi

Una volta ottenuta l'analisi possono comunque esistere altre condizioni iniziali, differenti di poco, ma egualmente plausibili entro il margine di incertezza con cui è definita l'analisi stessa (associato all'analisi vi è sempre un errore). Di conseguenza si può fare una previsione deterministica che parte dall'analisi ottenuta e che potenzialmente dovrebbe essere la migliore previsione. Ma siccome ci possono essere altri stati iniziali, allora si potranno anche avere altre previsioni ugualmente attendibili.

Una volta ottenuta l'analisi possono comunque esistere altre condizioni iniziali, differenti di poco, ma egualmente plausibili entro il margine di incertezza con cui è definita l'analisi stessa (associato all'analisi vi è sempre un errore).
Di conseguenza si può fare una previsione deterministica che parte dall'analisi ottenuta e che potenzialmente dovrebbe essere la migliore previsione. Ma siccome ci possono essere altri stati iniziali, allora si potranno anche avere altre previsioni ugualmente attendibili.

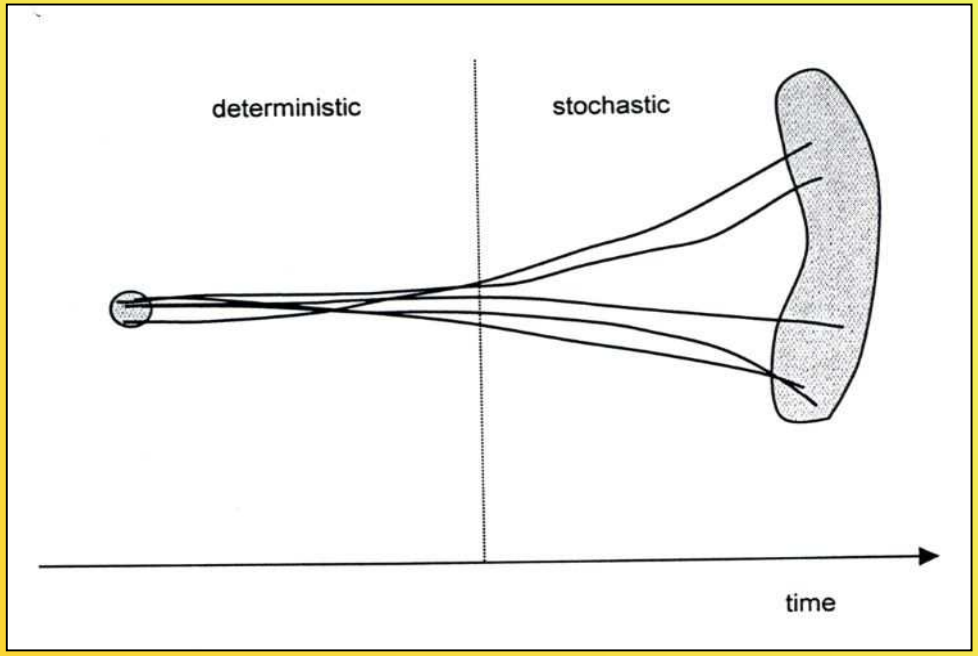
Il fatto di considerare più stati iniziali simili, ma diversi, permette di tenere conto dell'incertezza da cui parte la previsione, cioè l'approssimazione con cui conosciamo lo stato attuale dell'atmosfera.



rosa di previsioni (generalmente a risoluzione inferiore)

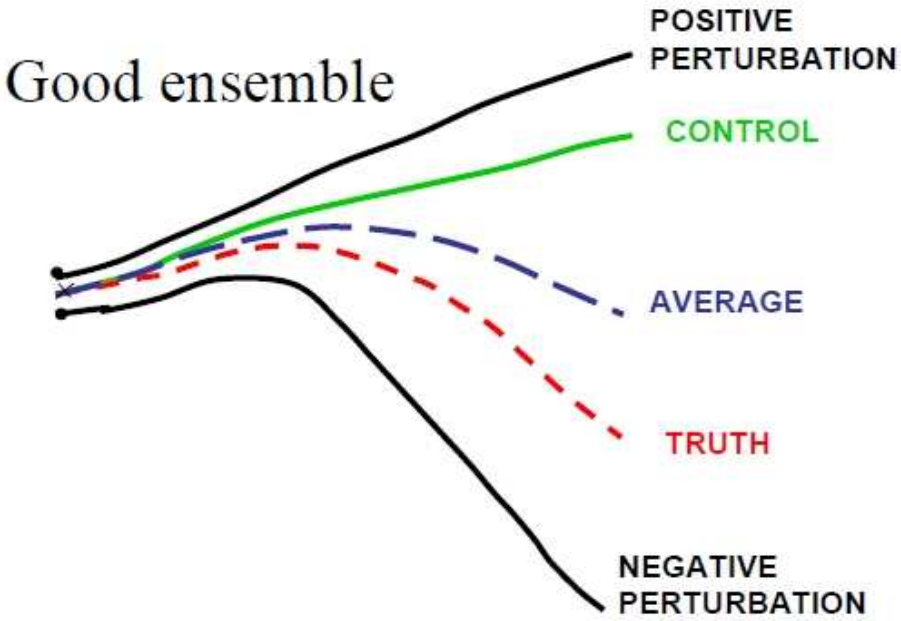
cluster

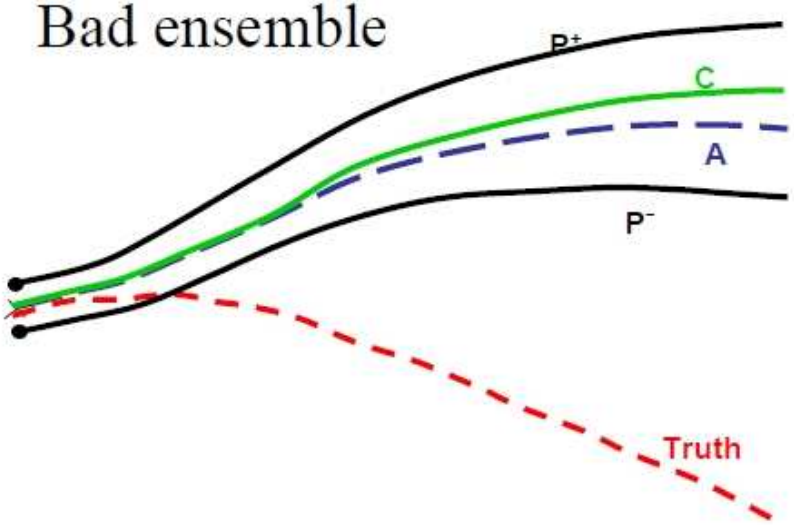
previsione



A major tool to "fight chaos" is ensemble forecasting

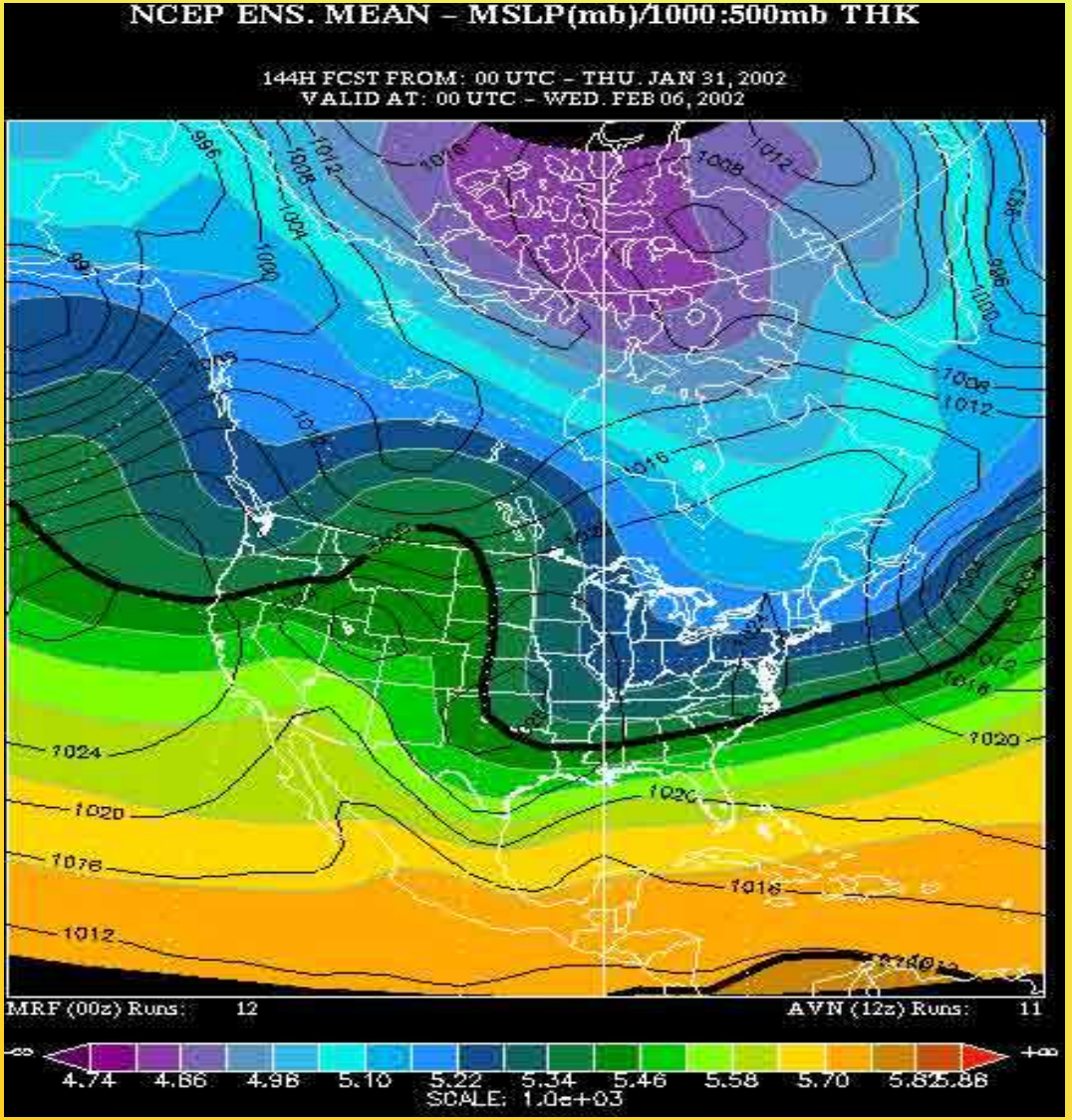
An ensemble forecast starts from initial perturbations to the analysis…
In a good ensemble "truth" looks like a member of the ensemble
The initial perturbations should reflect the analysis "errors of the day"



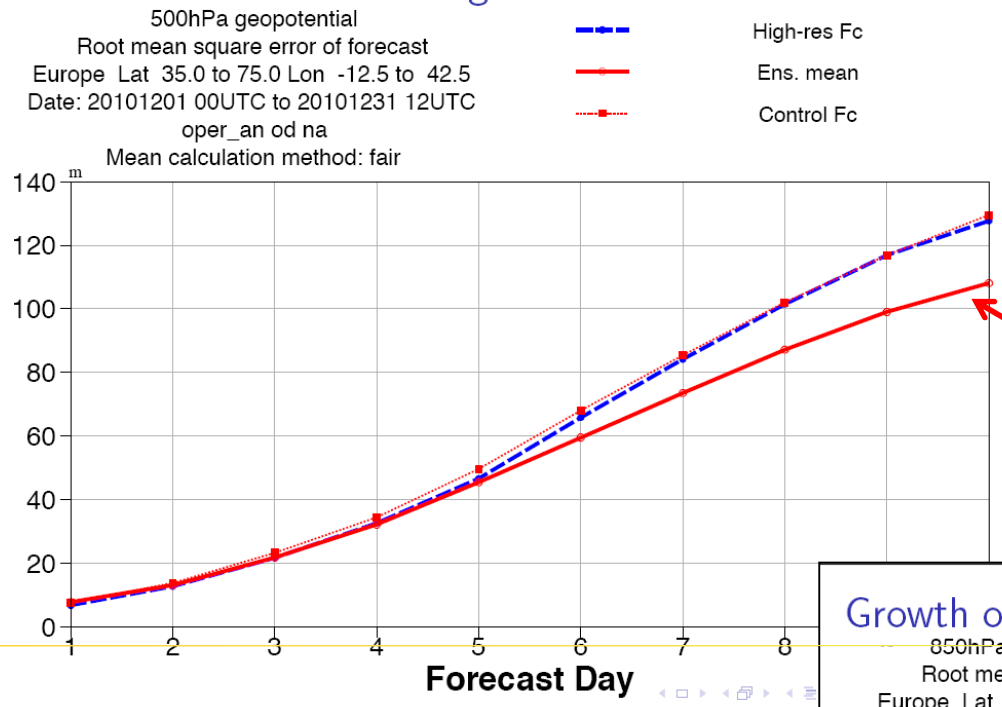


Prodotti dell'ensemble forecast

1) ensemble mean: più accurata di qualsiasi singola previsione
(effetto filtro sugli errori)



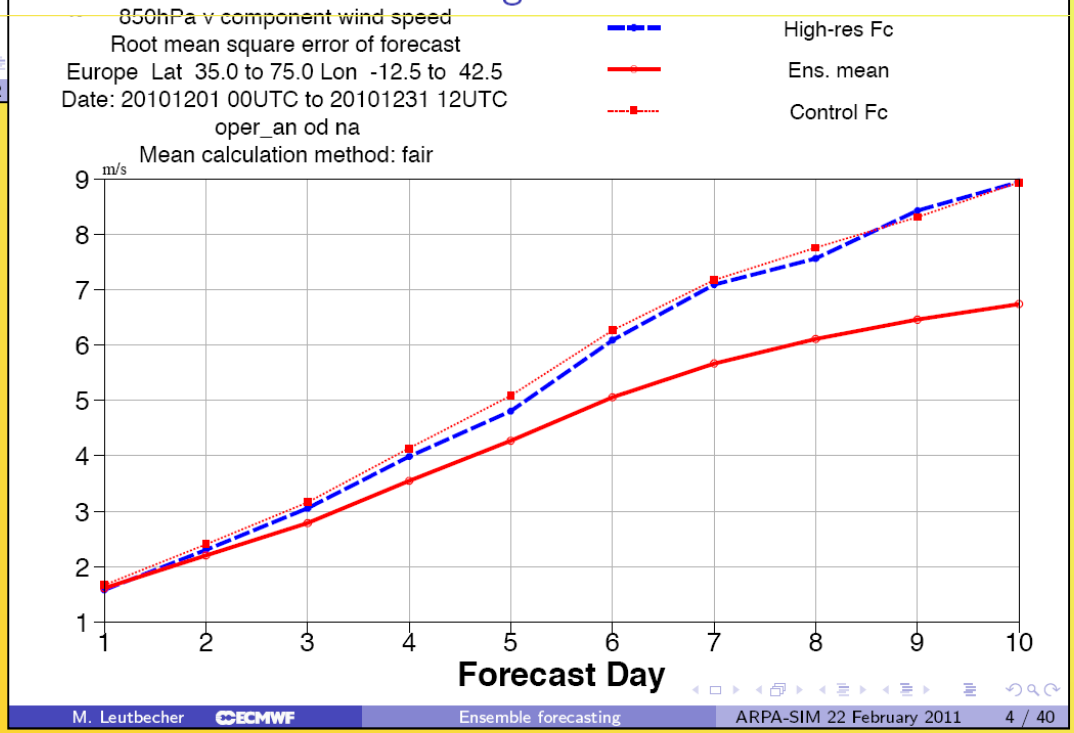
Growth of RMS error of single forecast and ensemble mean



previsione deterministica

media dell'ensemble

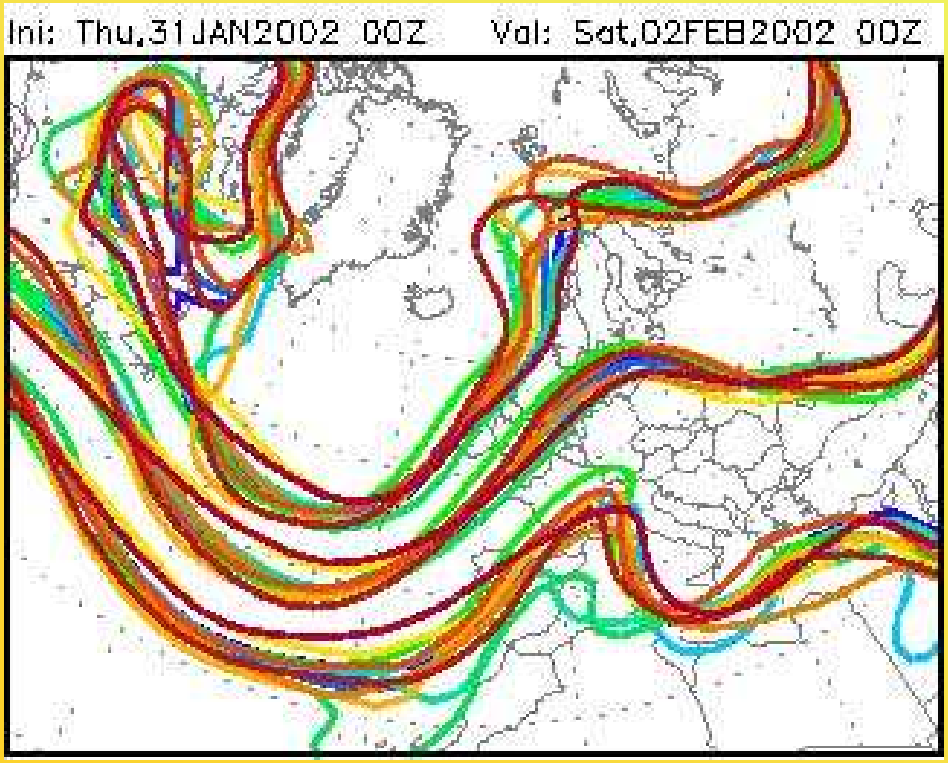
Growth of RMS error of single forecast and ensemble mean

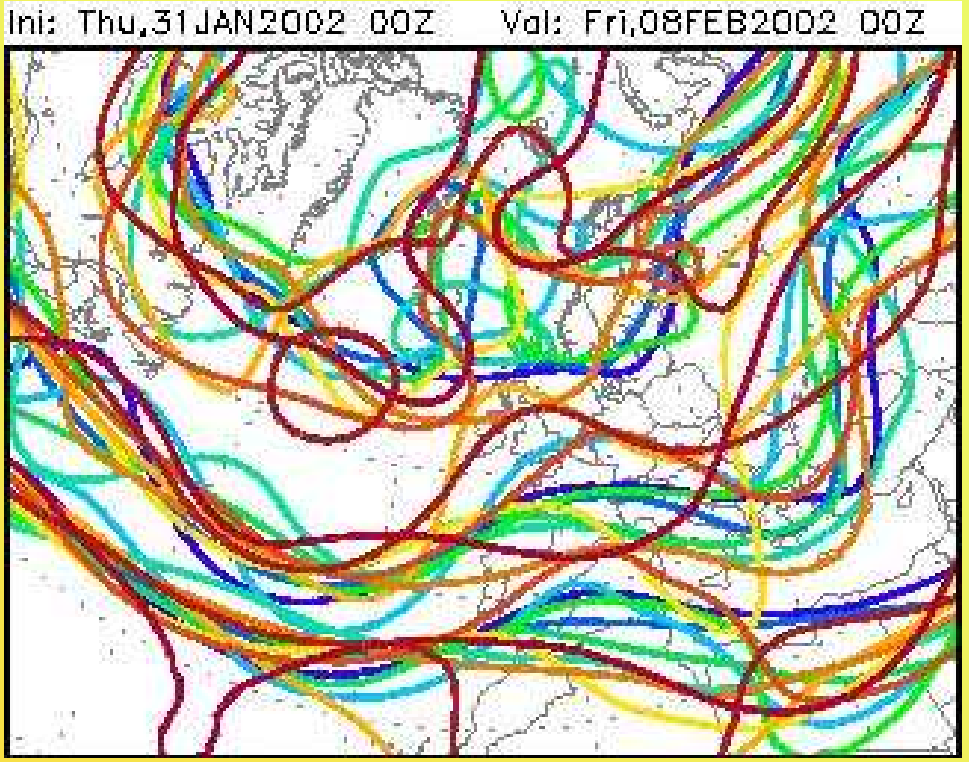


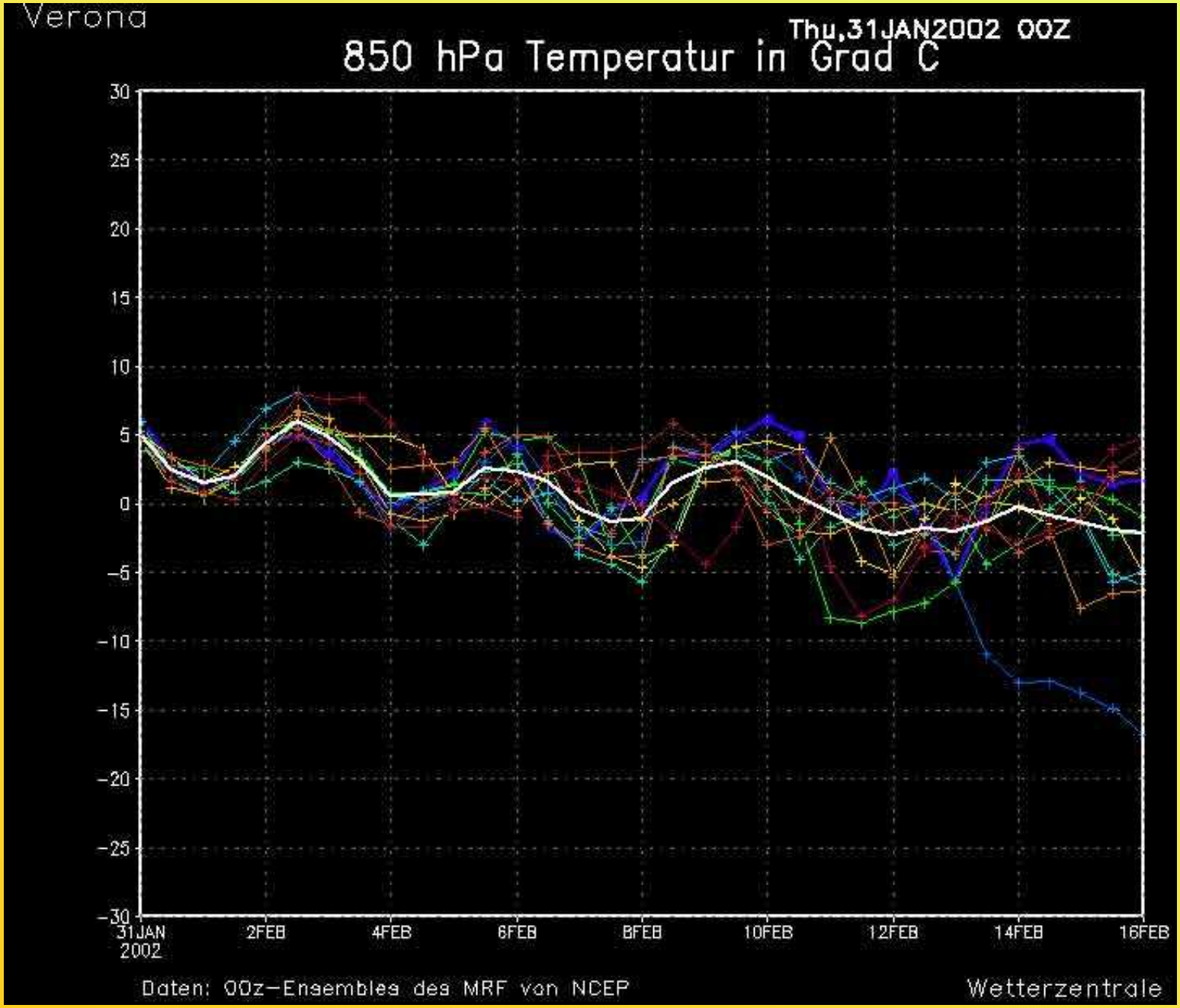
2) singole previsioni – scenari possibili

Figure 2. The full ensemble of forecasts for day 3 for the case shown in Figure 1.

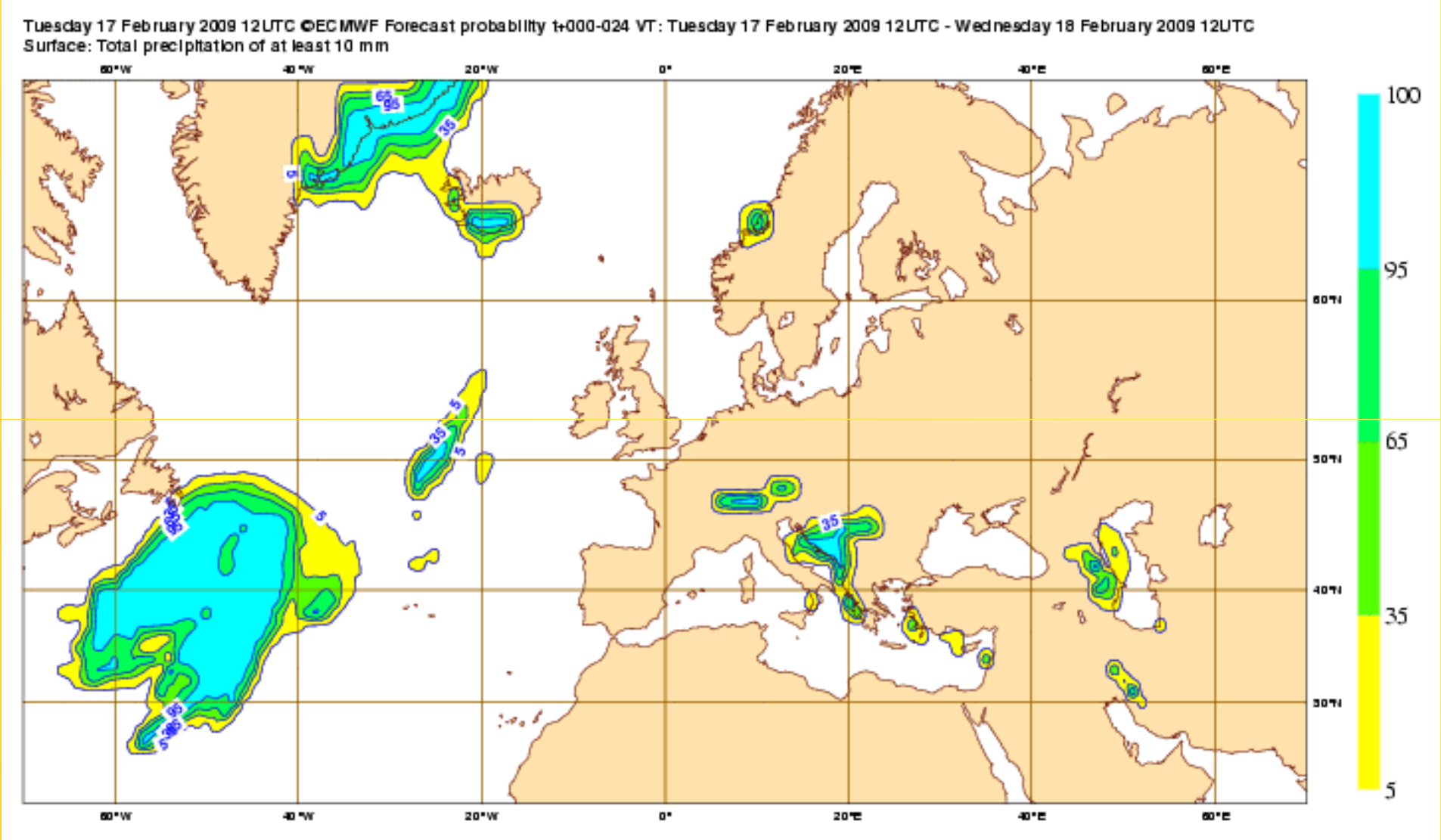
3) dispersione dell'ensemble - spaghetti plot – affidabilità della previsione

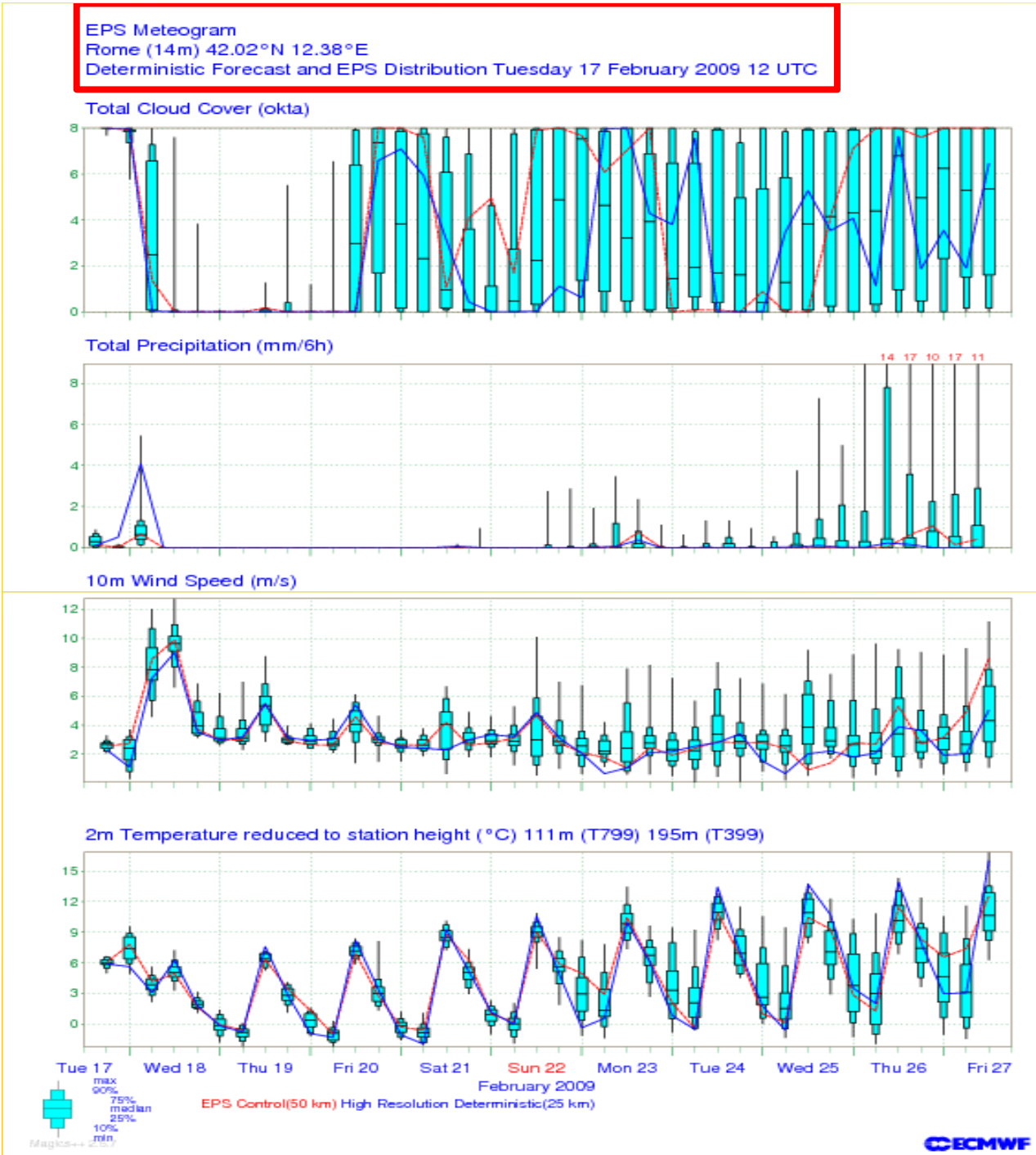





Verona
Thu,31JAN2002 00Z
850 hPa Temperatur in Grad C
30
25
20
15
10
5
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
31JAN
2002
2FEB
4FEB
6FEB
8FEB
10FEB
12FEB
14FEB
16FEB
Daten: 00z-Ensembles des MRF von NCEP
Wetterzentrale

Probabilità di avere precipitazioni superiori a 10 mm/24 h





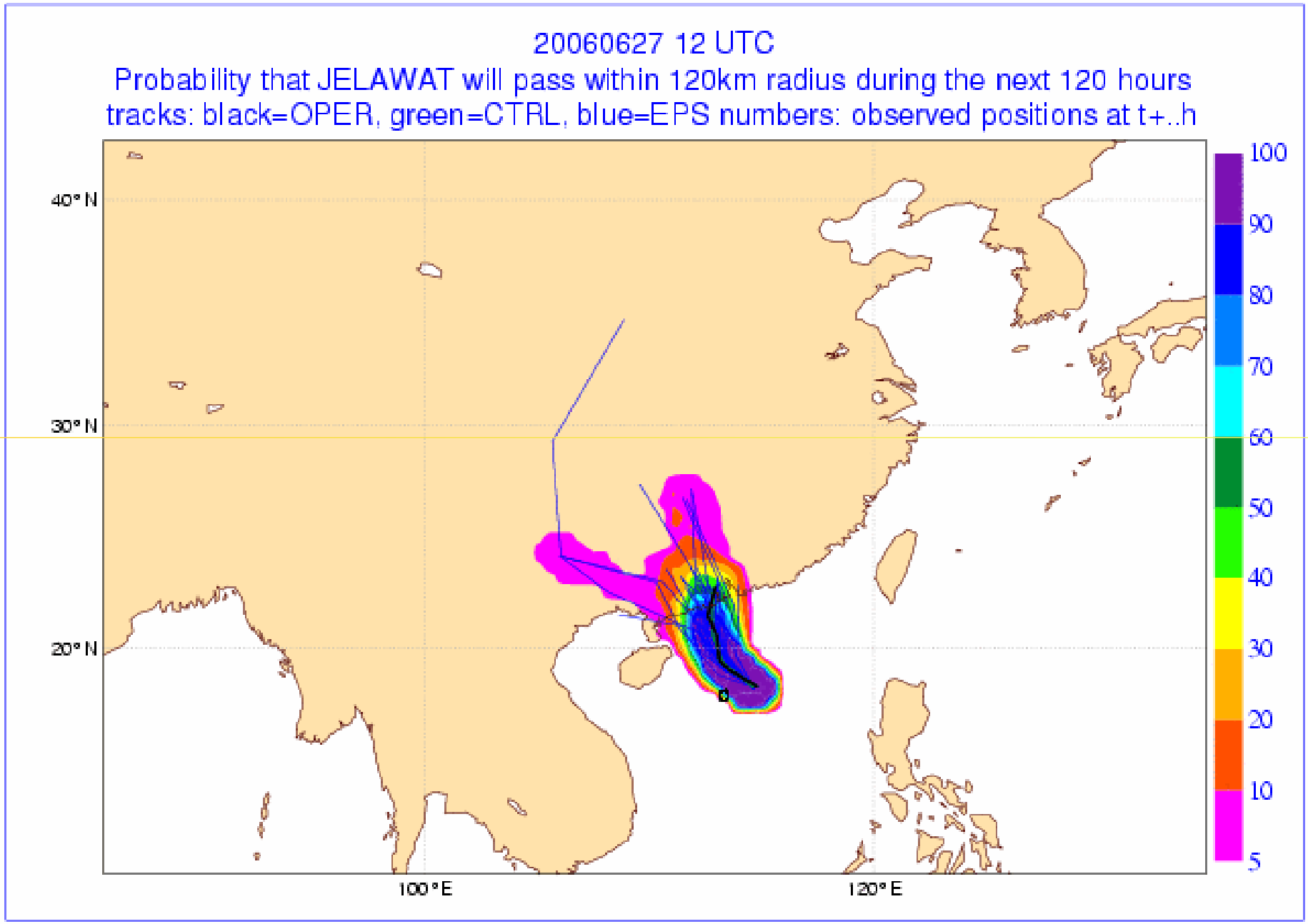
copertura nuvolosa

precipitazione

vento a 10 m

temperatura a 2 m

Previsione probabilistica della traiettoria degli uragani



Come generare la condizione iniziale?

1. perturbazioni casuali (numero di integrazioni, esplora tutto lo spazio delle orbite possibili?, componenti casuali si annullano)
2. perturbazioni “ottimali” (individuare i modi più instabili del sistema)
   - Singular vectors (ECMWF)
   - Bred vectors (NCEP)

Multimodel ensemble:

supera il limite di modello perfetto, riduce errori casuali dei modelli ottimizzandone l’uso combinato, non si interessa delle condizioni iniziali

Multimodel-multianalysis ensemble

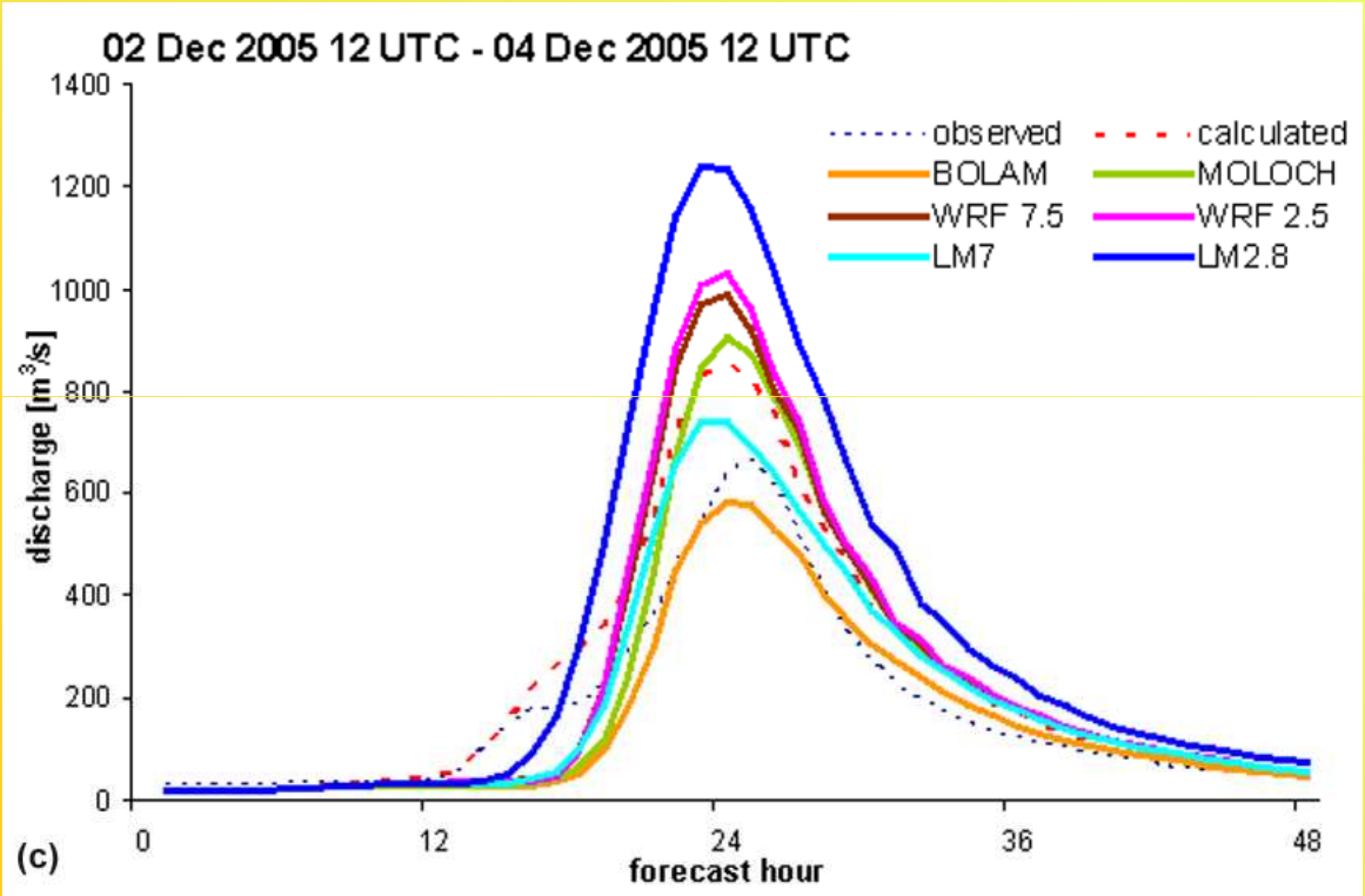
ENSEMBLE FORECASTING CON I LAM

La previsione di ensemble fatta con i modelli globali è soggetta alle limitazioni tipiche di un modello globale: la risoluzione limitata non permette di descrivere adeguatamente fenomeni a piccola scala, quali ad esempio precipitazioni convettive o interazioni con l'orografia. Ne consegue spesso una notevole sottostima della precipitazione in eventi intensi.

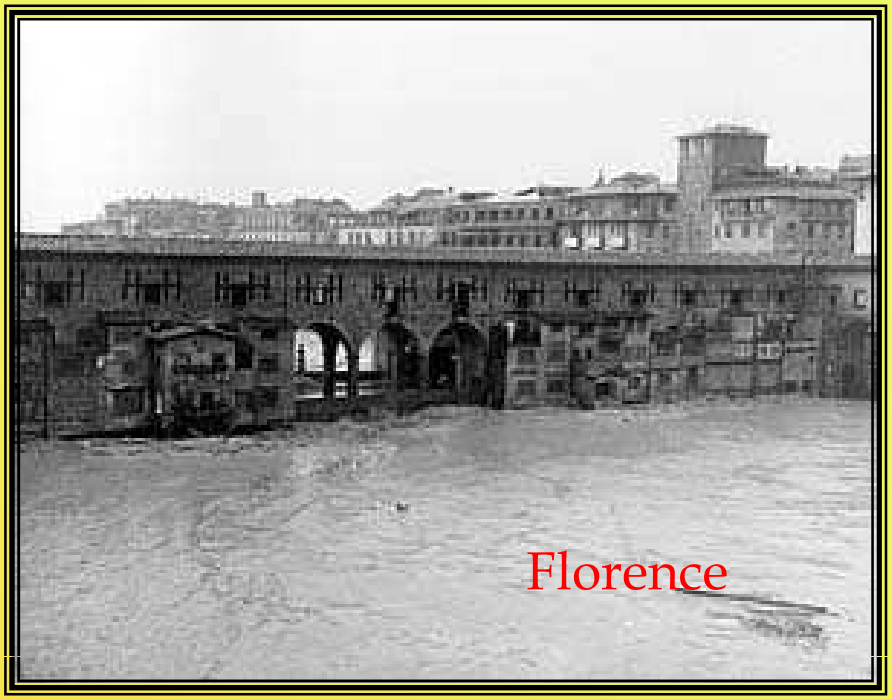
Si è così pensato di utilizzare un modello ad area limitata per generare le previsioni di ensemble, in modo da ovviare, almeno in parte, ai limiti dei modelli globali ed ottenere migliori previsioni specie del campo di precipitazione. In pratica si cerca di ottenere una regionalizzazione degli scenari dell'ensemble globale.

LEPS (Limited-area Ensemble Prediction System): si basa sull'inizializzazione del LAM attraverso condizioni ottenute dai membri dell'ensemble globale

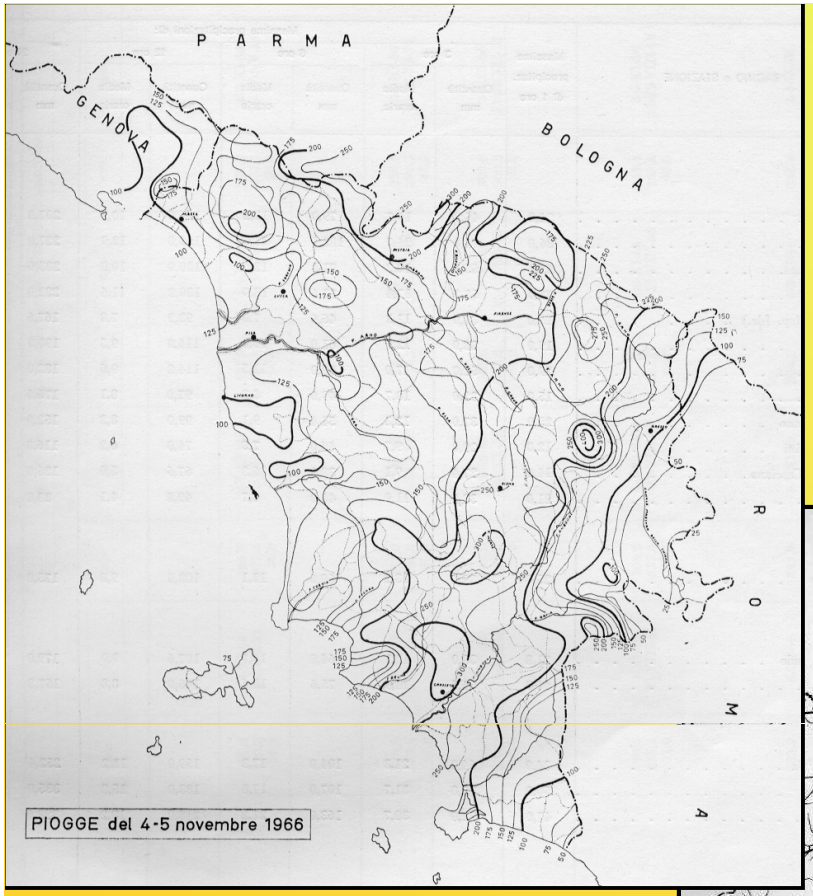
Applicazioni: ensemble idrologici

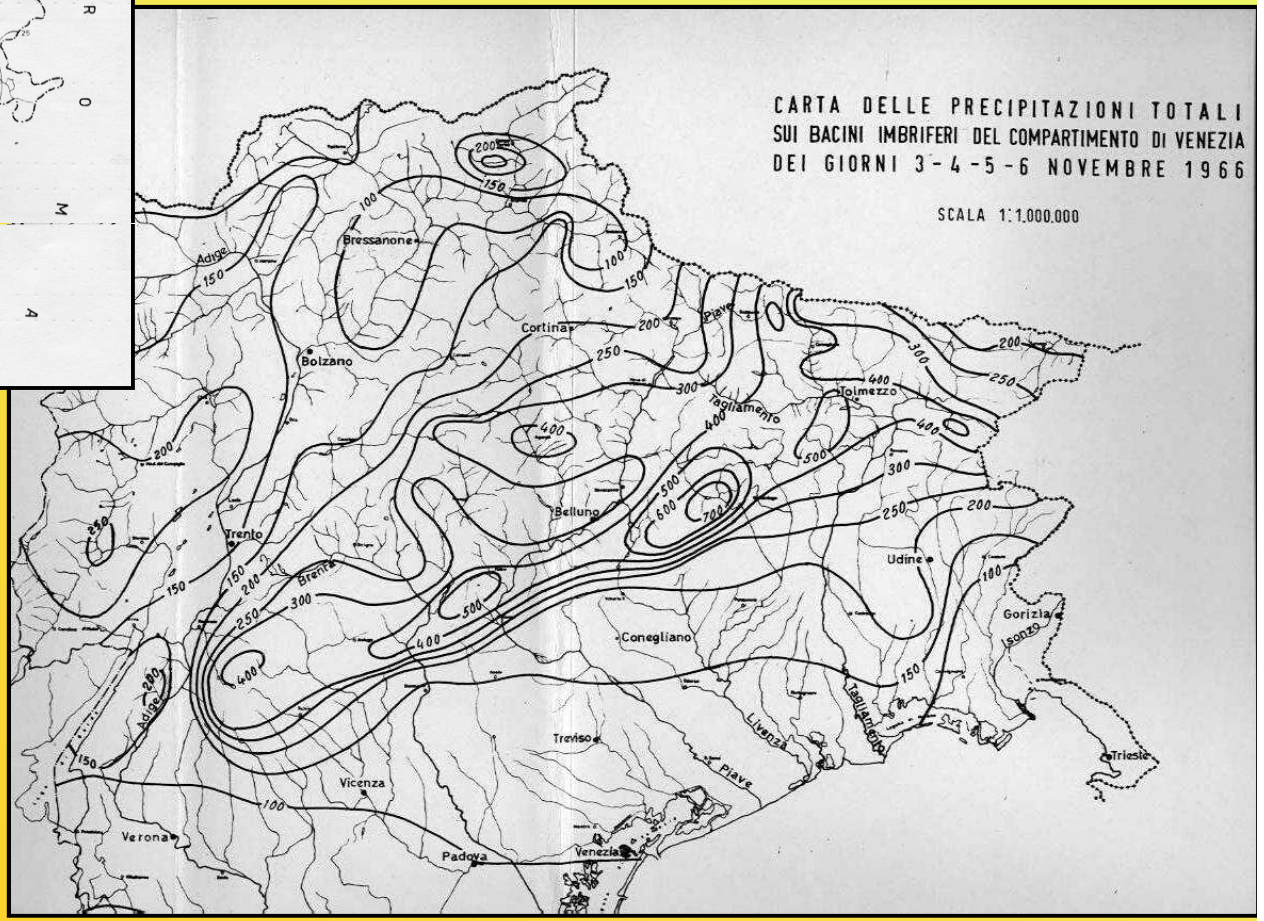


Alluvione Firenze 1966



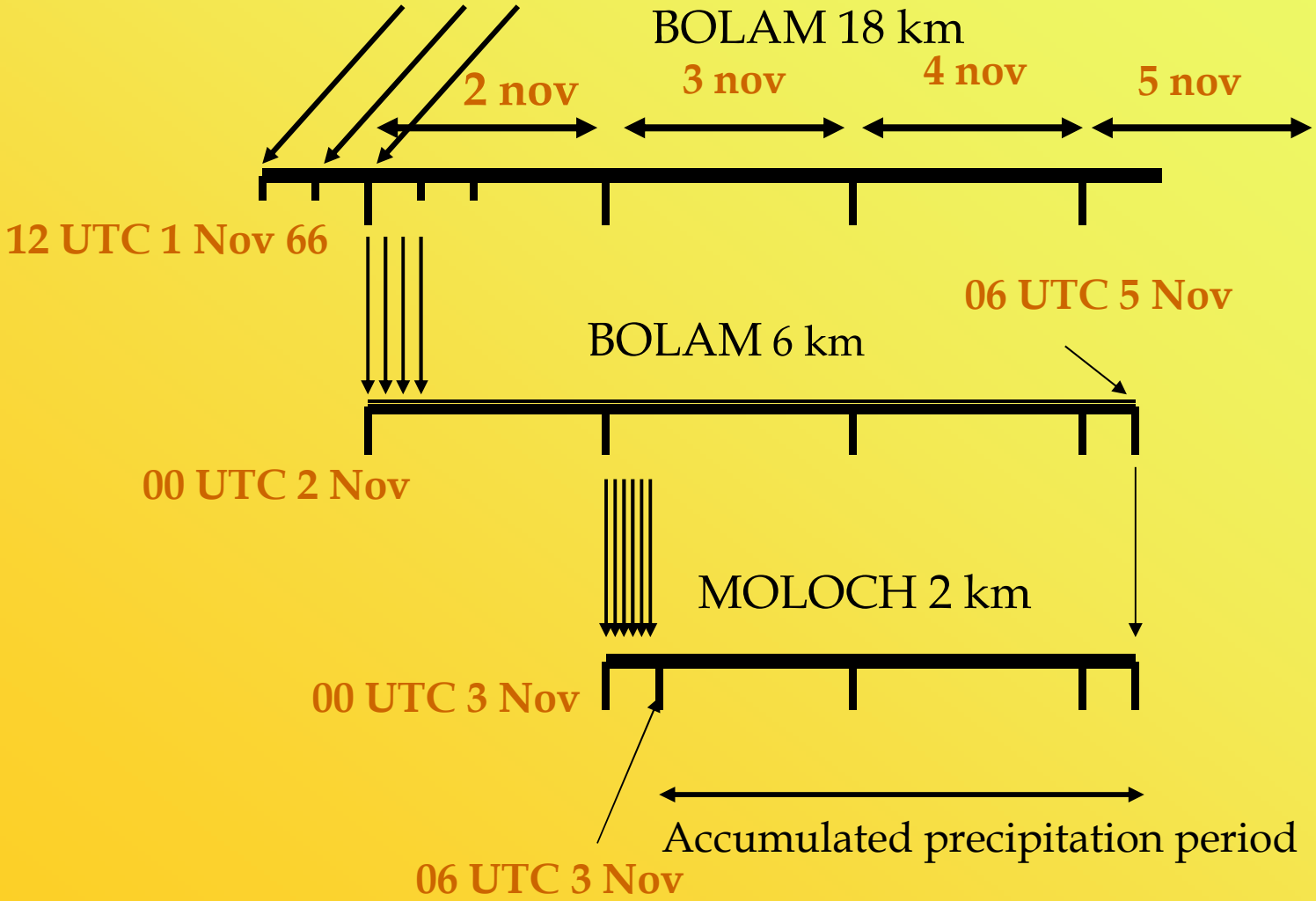
Malguzzi et al., 2006





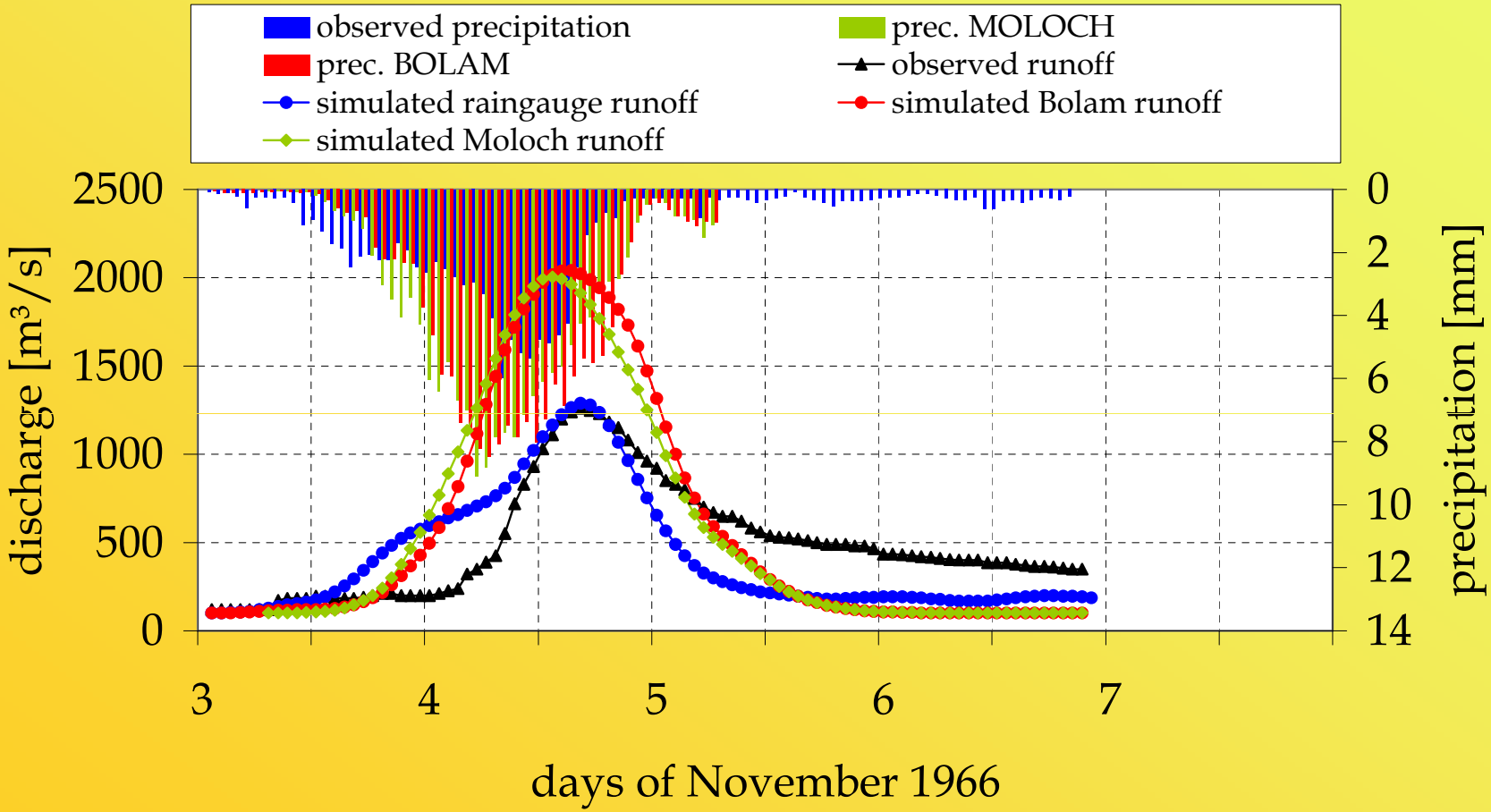
Malguzzi et al., 2006

ECMWF reanalyses (ERA-40 and T511)



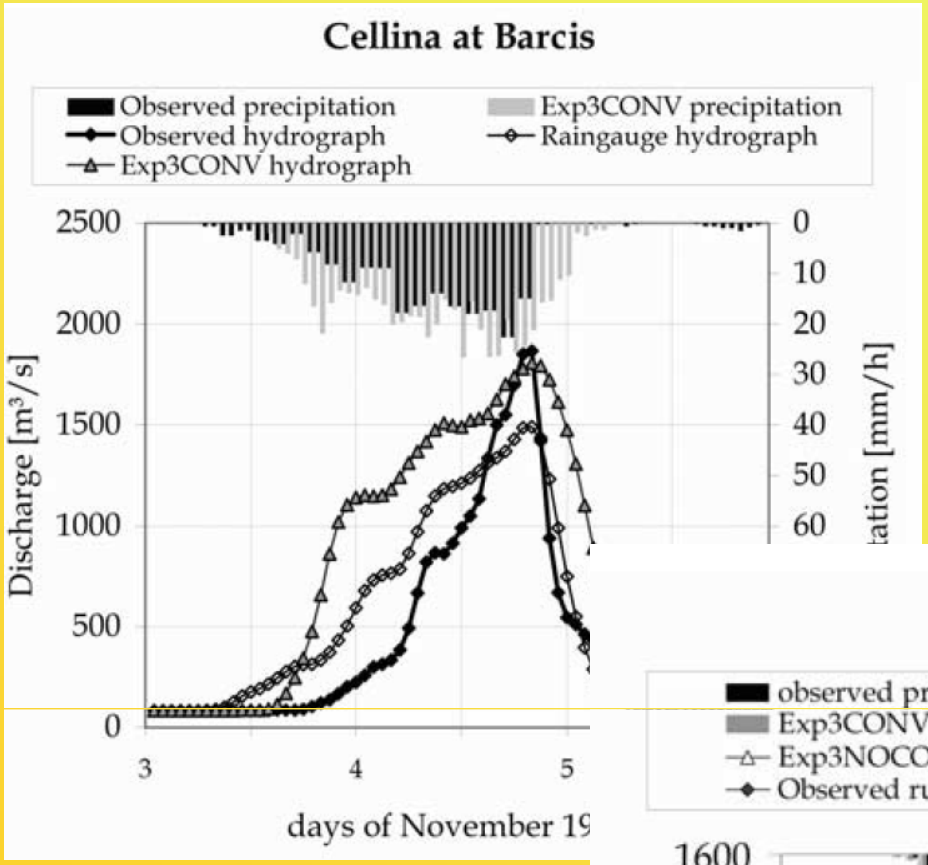
Malguzzi et al., 2006

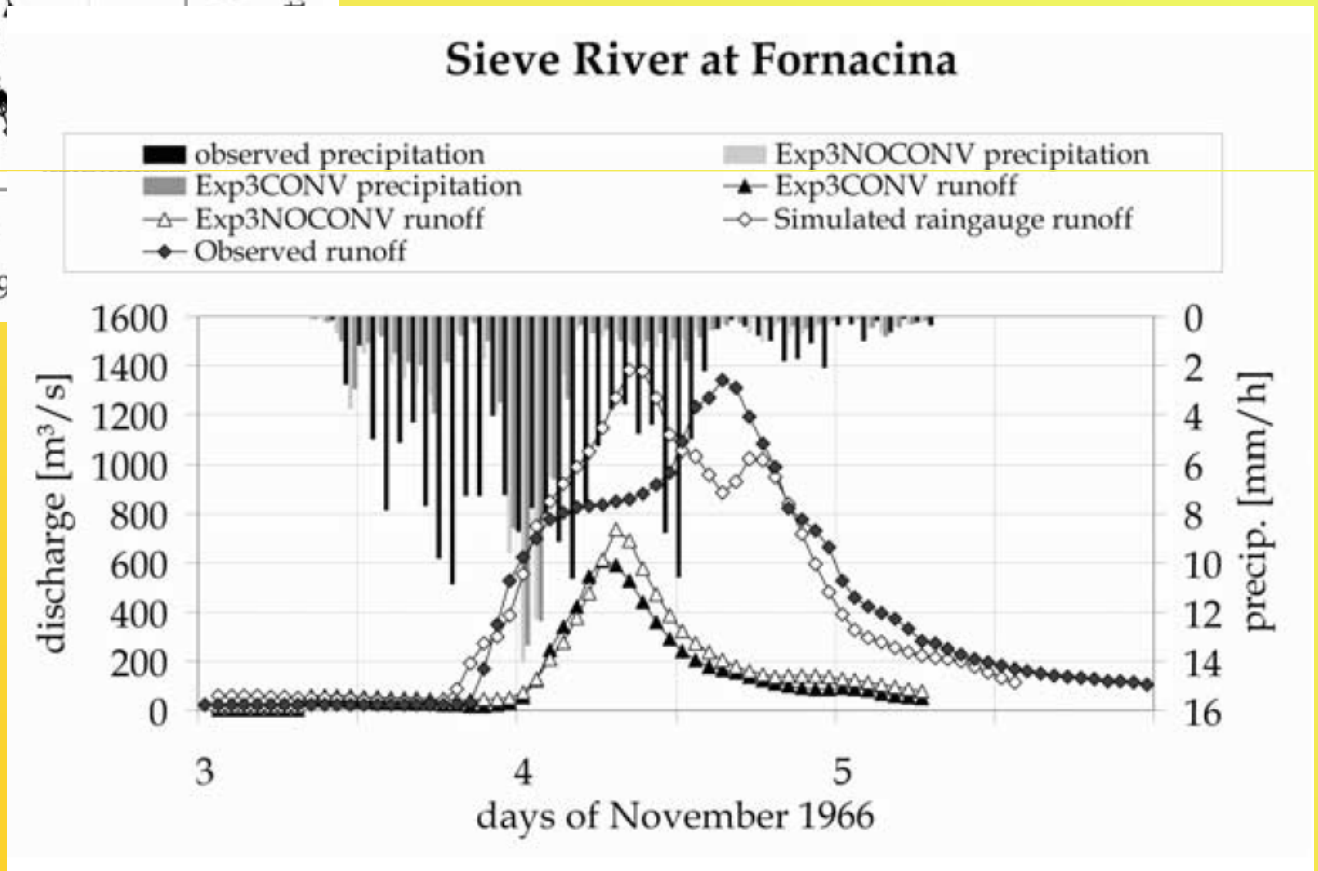
Adige River at Bronzolo [6926 km²]



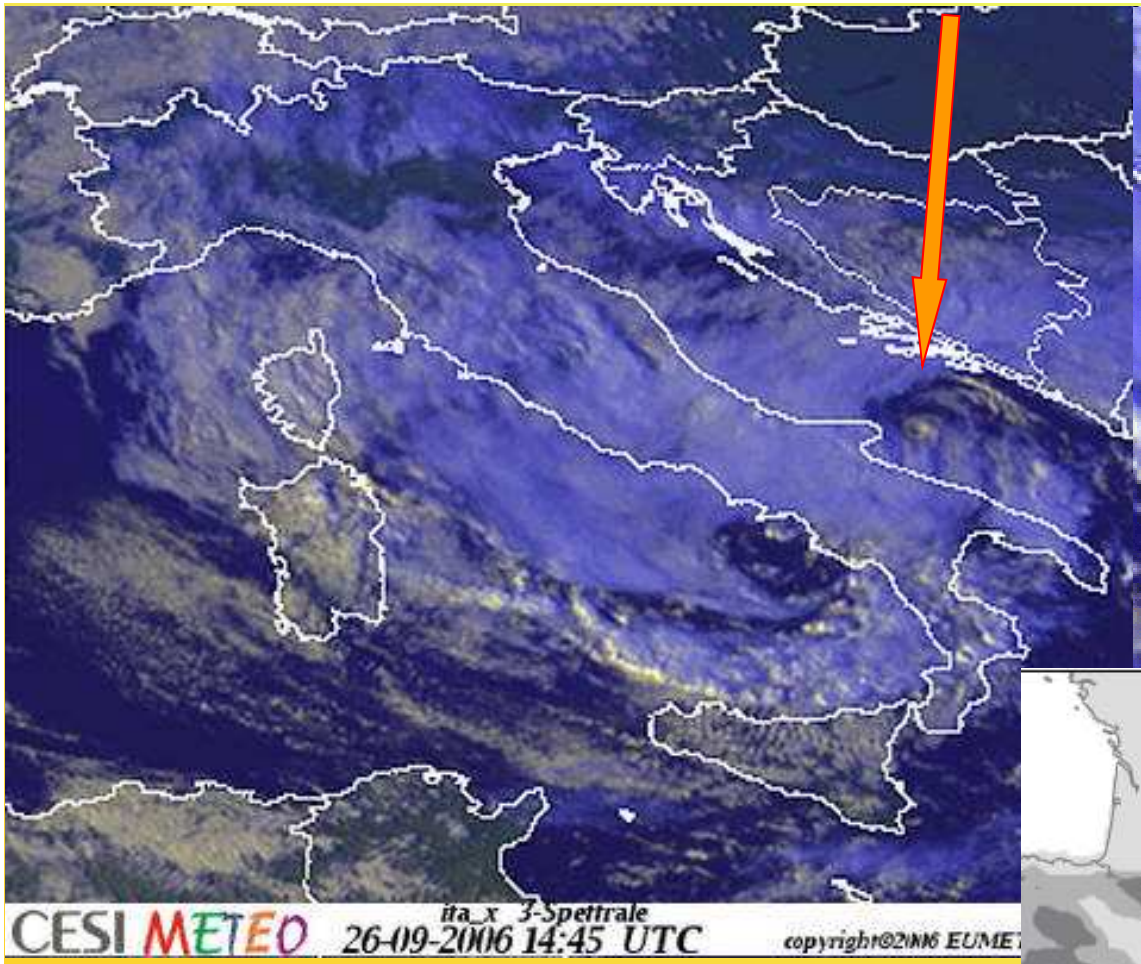
Preliminary example of hydrological modelling using observed and model-output precipitation (including snow)

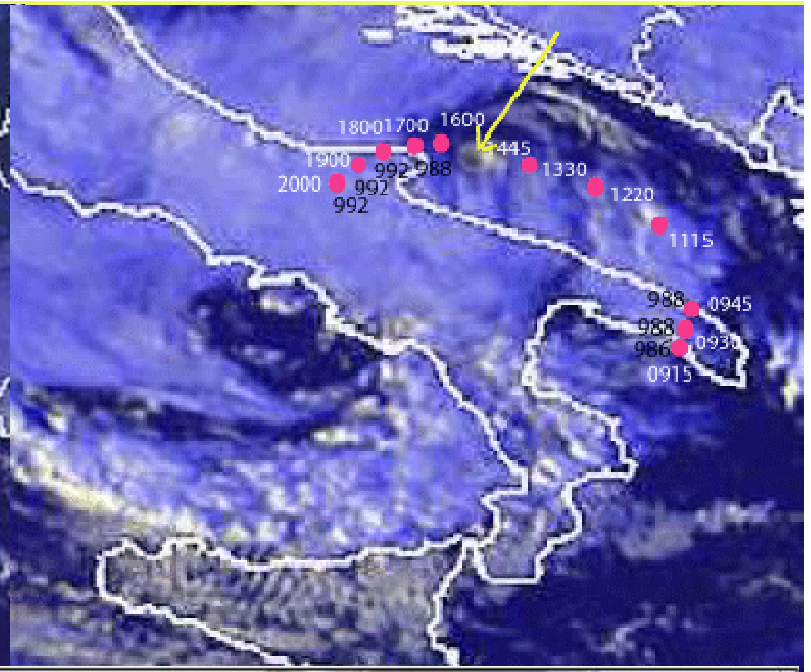
Malguzzi et al., 2006

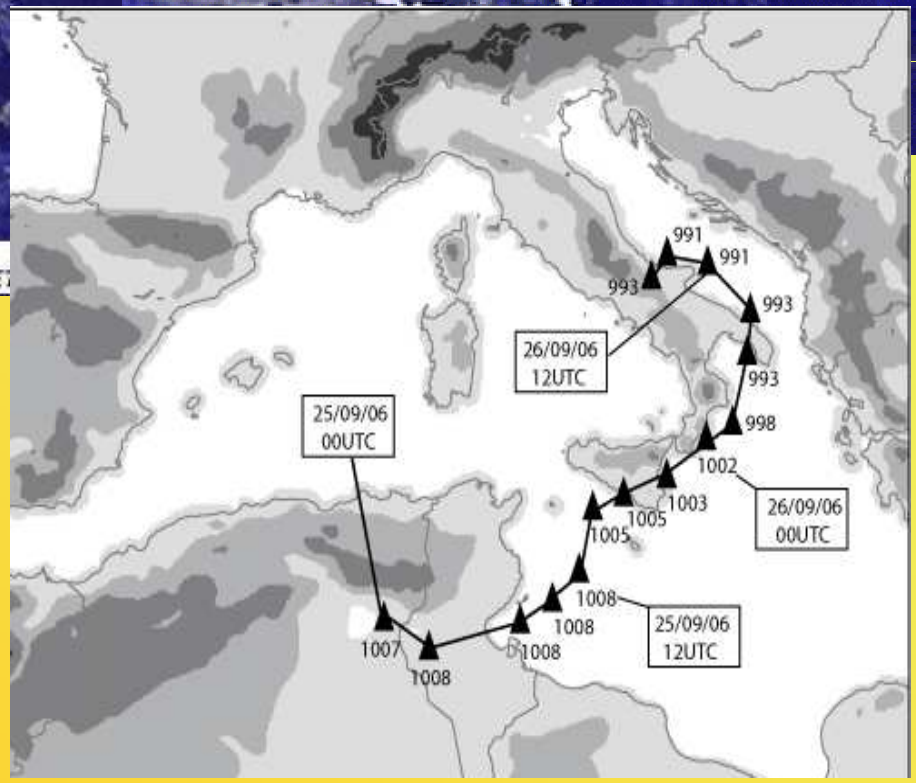




Malguzzi et al., 2006

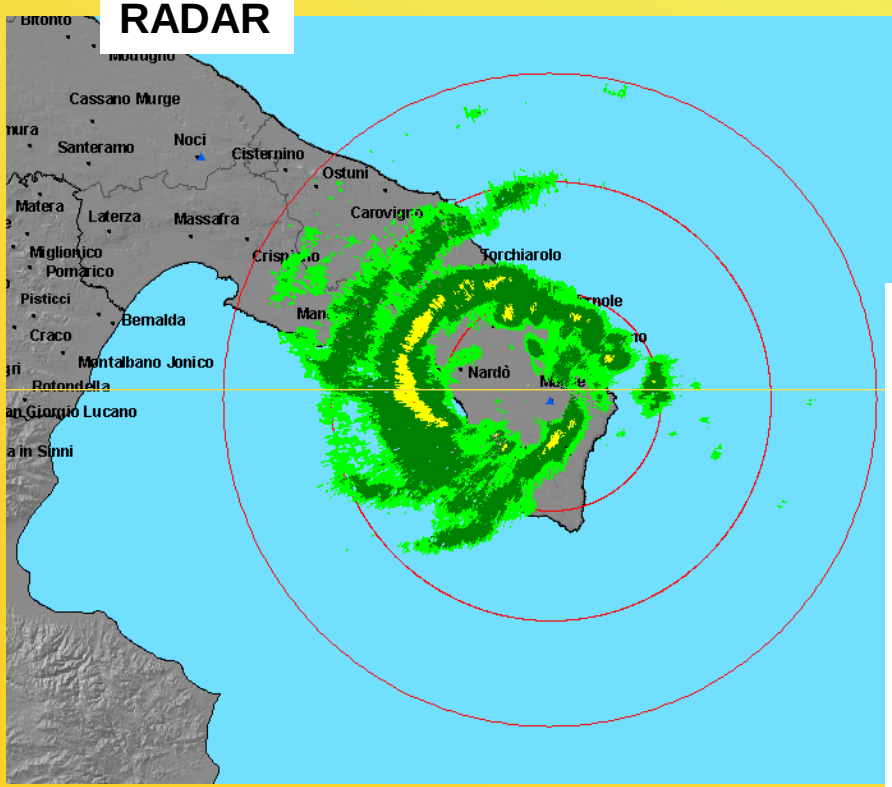




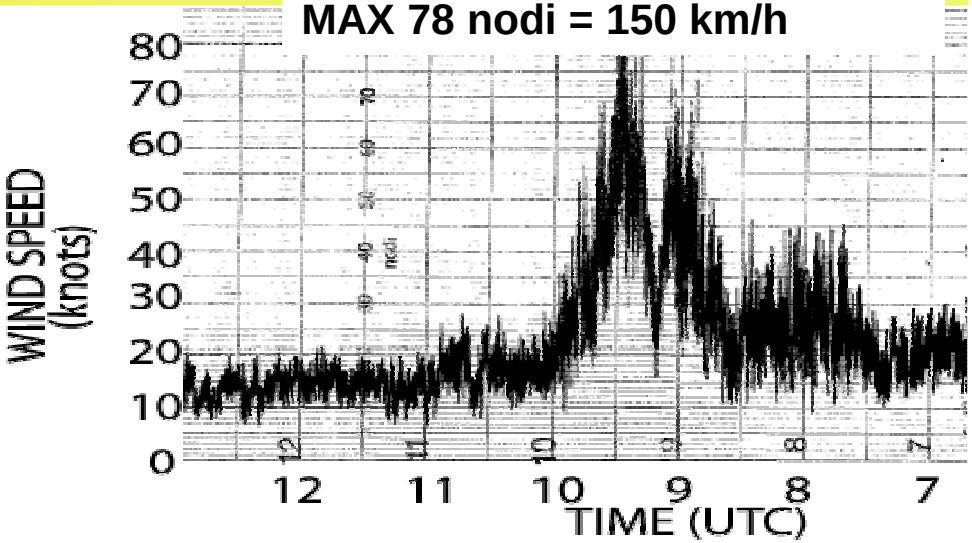


Previsione di un “Medicane”

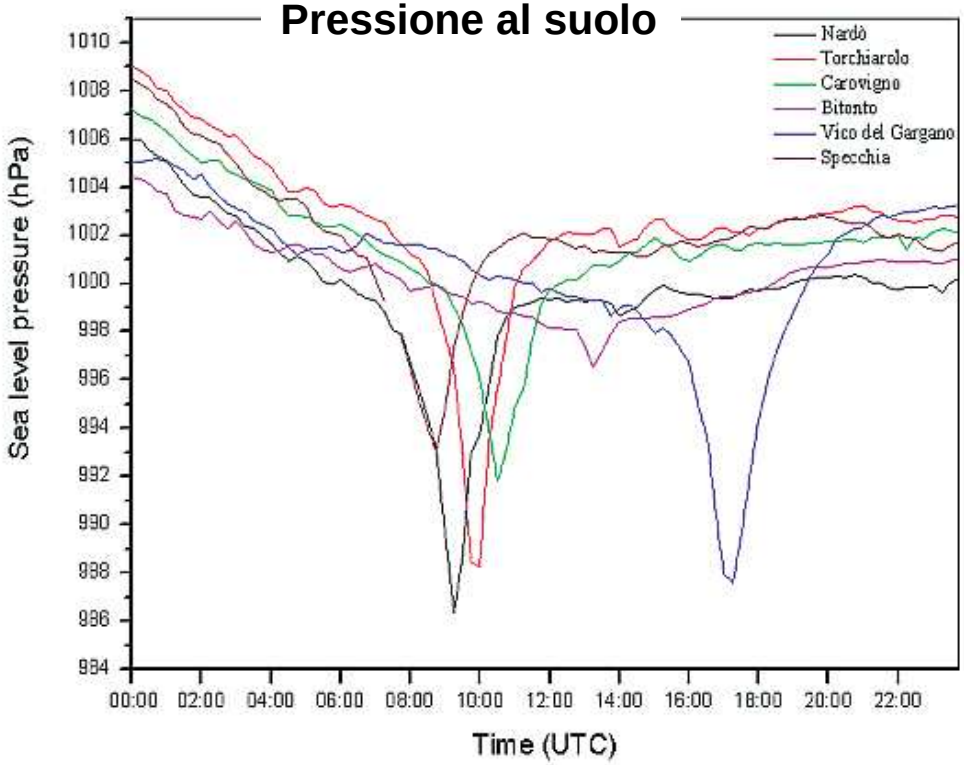
RADAR

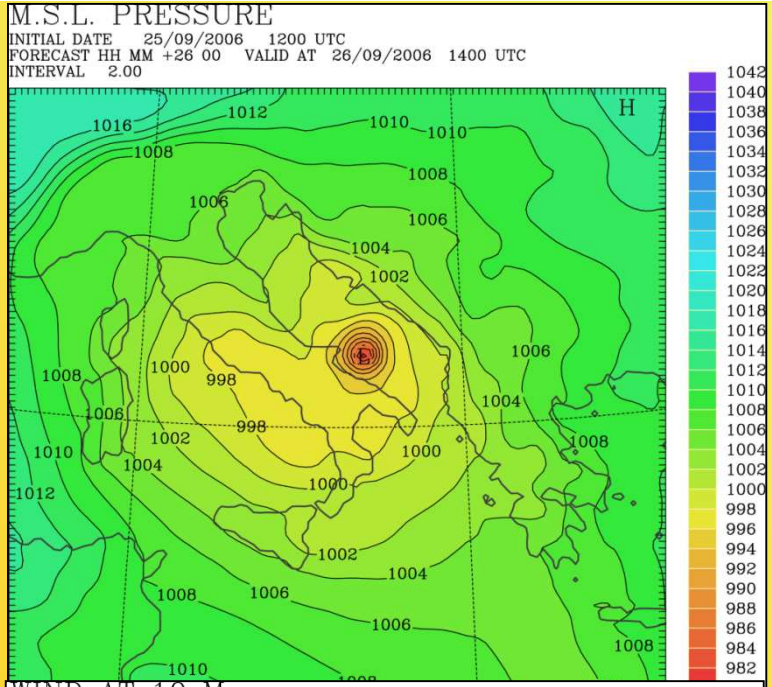


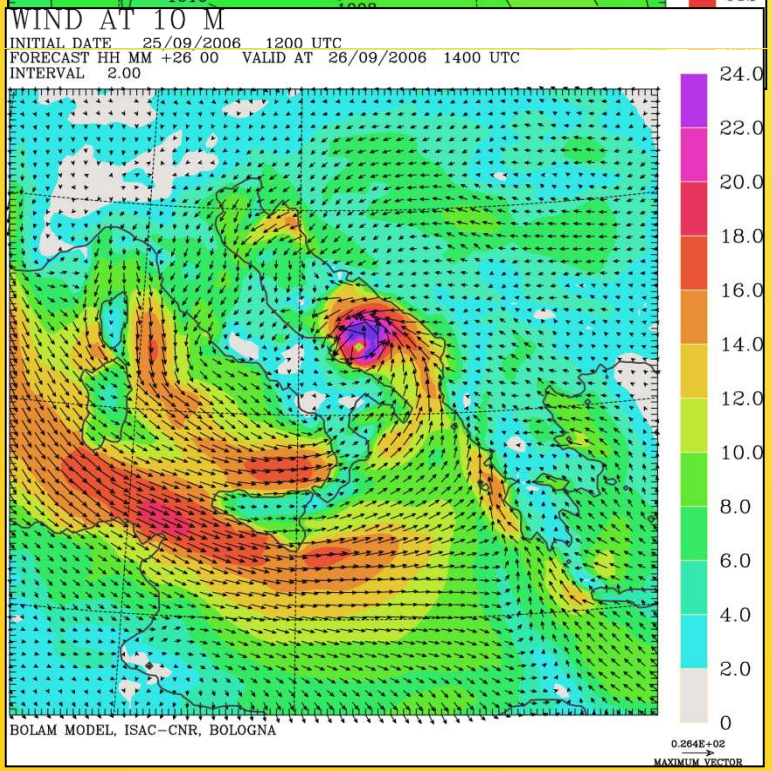
Vento all'aeroporto di Galatina
MAX 78 nodi = 150 km/h

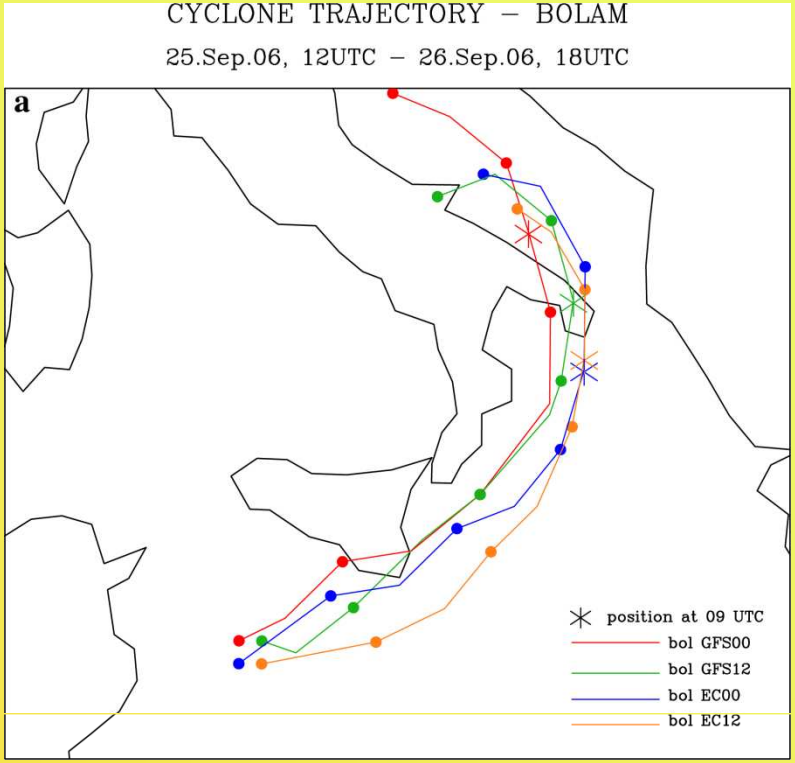


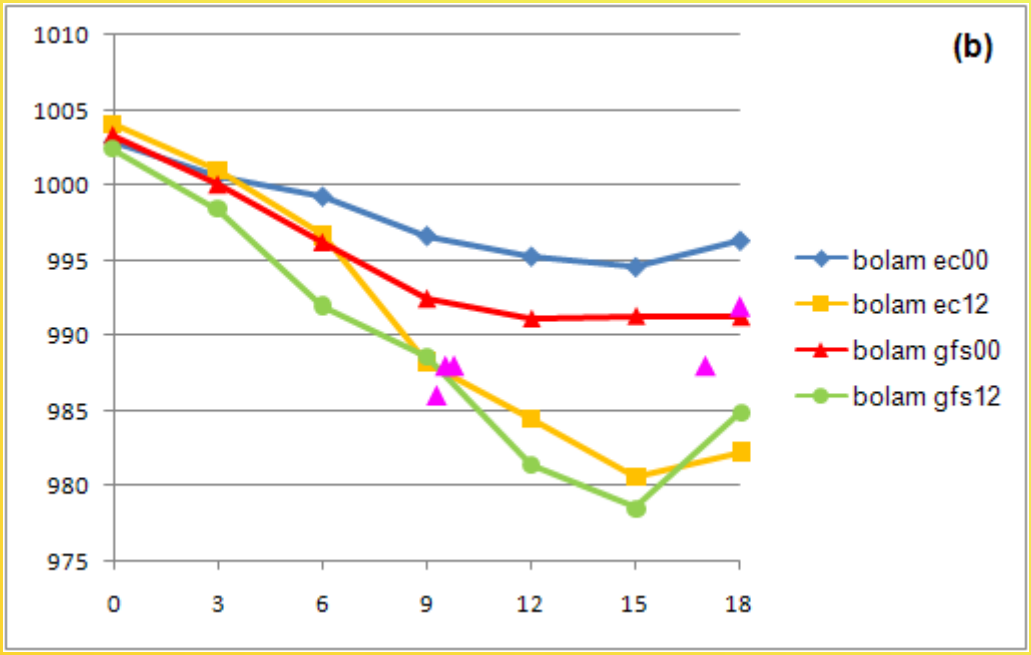
Pressione al suolo

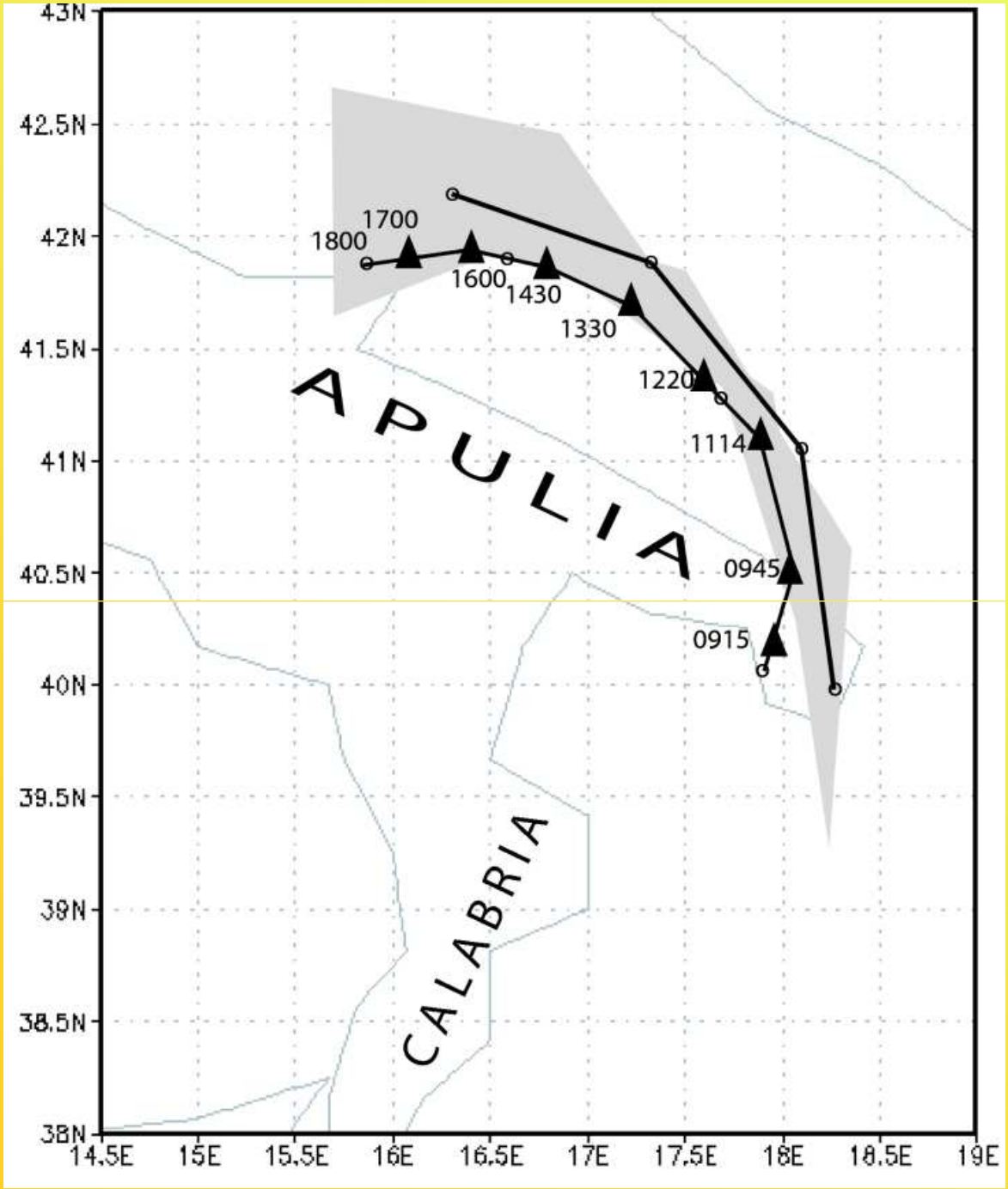



M.S.L. PRESSURE
INITIAL DATE 25/09/2006 1200 UTC
FORECAST HH MM +26 00 VALID AT 26/09/2006 1400 UTC
INTERVAL 2.00
H
1042
1040
1038
1036
1034
1032
1030
1028
1026
1024
1022
1020
1018
1016
1014
1012
1010
1008
1006
1004
1002
1000
998
996
994
992
990
988
986
984
982


WIND AT 10 M
INITIAL DATE 25/09/2006 1200 UTC
FORECAST HH MM +26 00 VALID AT 26/09/2006 1400 UTC
INTERVAL 2.00
24.0
22.0
20.0
18.0
16.0
14.0
12.0
10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
0
BOLAM MODEL, ISAC-CNR, BOLOGNA
0.264E+02
MAXIMUM VECTOR


CYCLONE TRAJECTORY – BOLAM
25.Sep.06, 12UTC – 26.Sep.06, 18UTC
a
position at 09 UTC
bol GFS00
bol GFS12
bol EC00
bol EC12

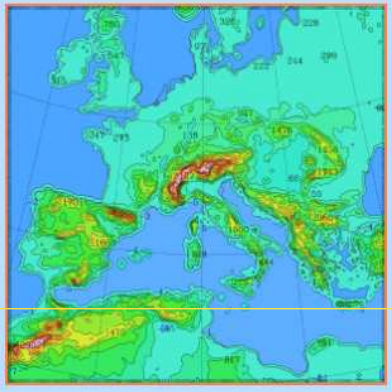

(b)
1010
1005
1000
995
990
985
980
975
0
3
6
9
12
15
18
bolam ec00
bolam ec12
bolam gfs00
bolam gfs12


43N
42.5N
42N
41.5N
41N
40.5N
40N
39.5N
39N
38.5N
38N
14.5E
15E
15.5E
16E
16.5E
17E
17.5E
18E
18.5E
19E
1700
1800
1600
1430
1330
1220
1114
0945
0915
APULIA
CALABRIA

http://www.isac.cnr.it/dinamica/projects/forecasts

Previsioni meteorologiche BOLAM - MOLOCH
BOLAM - MOLOCH Weather Forecasts

ISAC-CNR, Bologna



WIND MOLOCH FORECASTS large size images

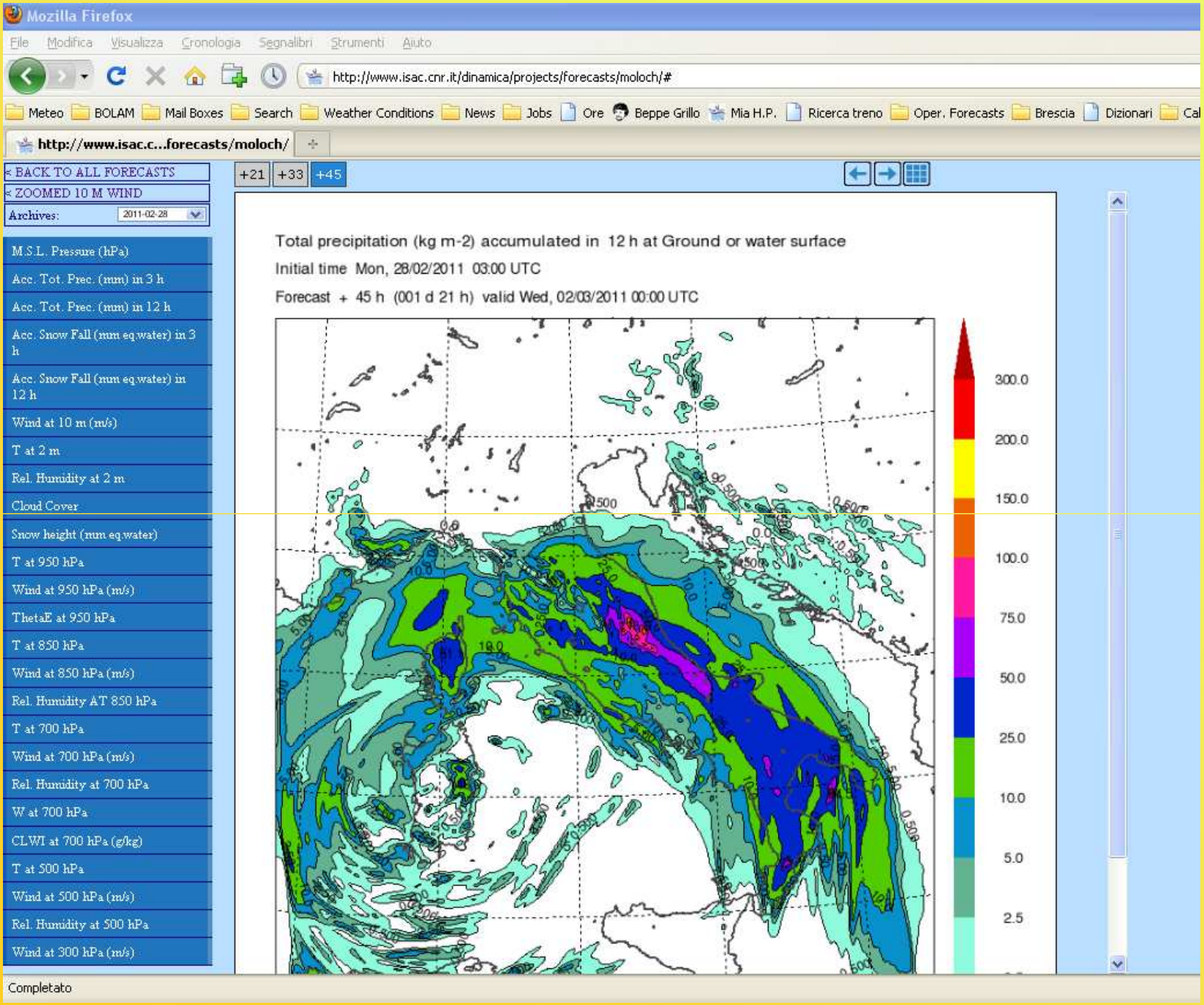
GLOBO GLOBAL FORECASTS

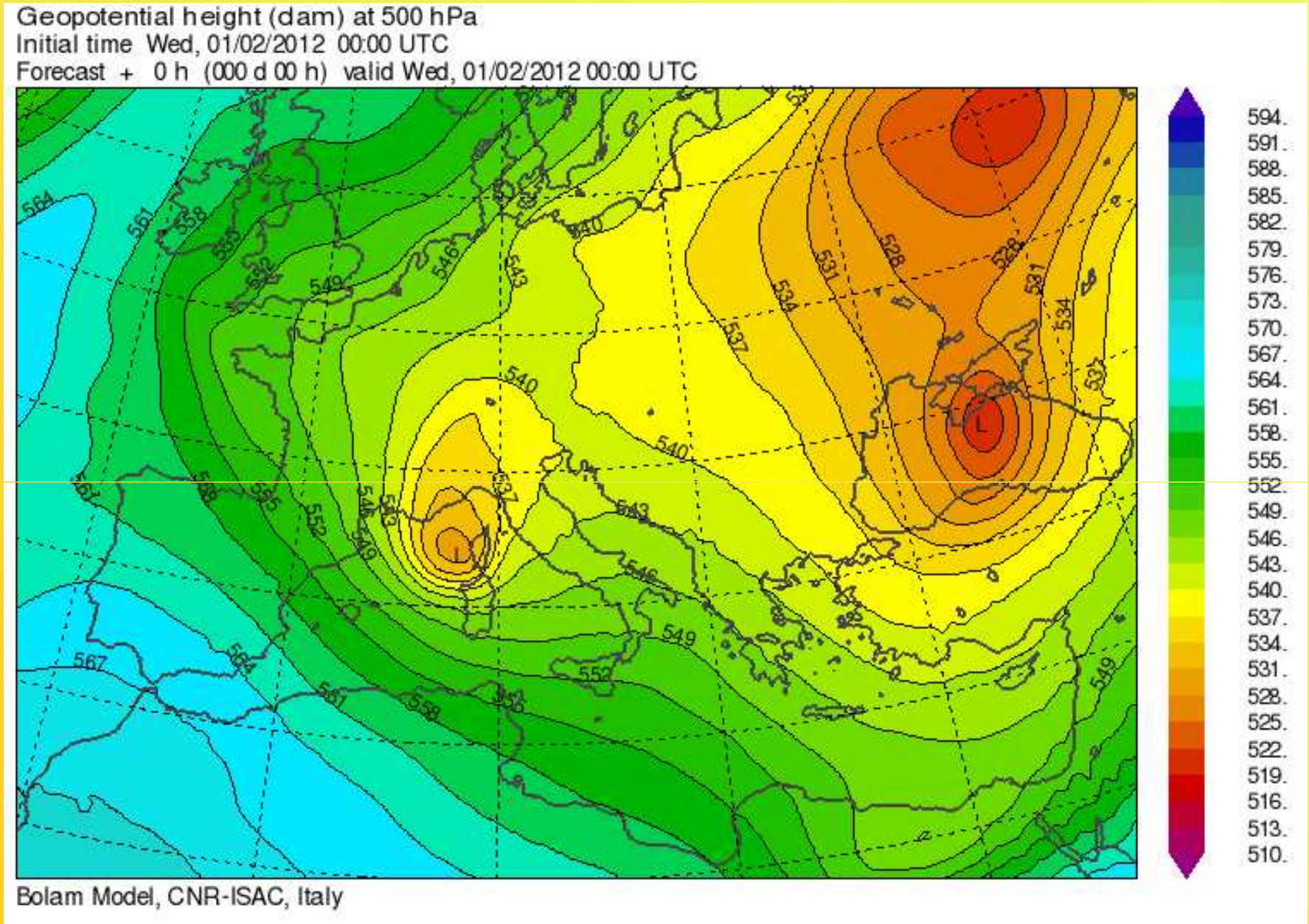
GLOBO MONTHLY FORECASTS

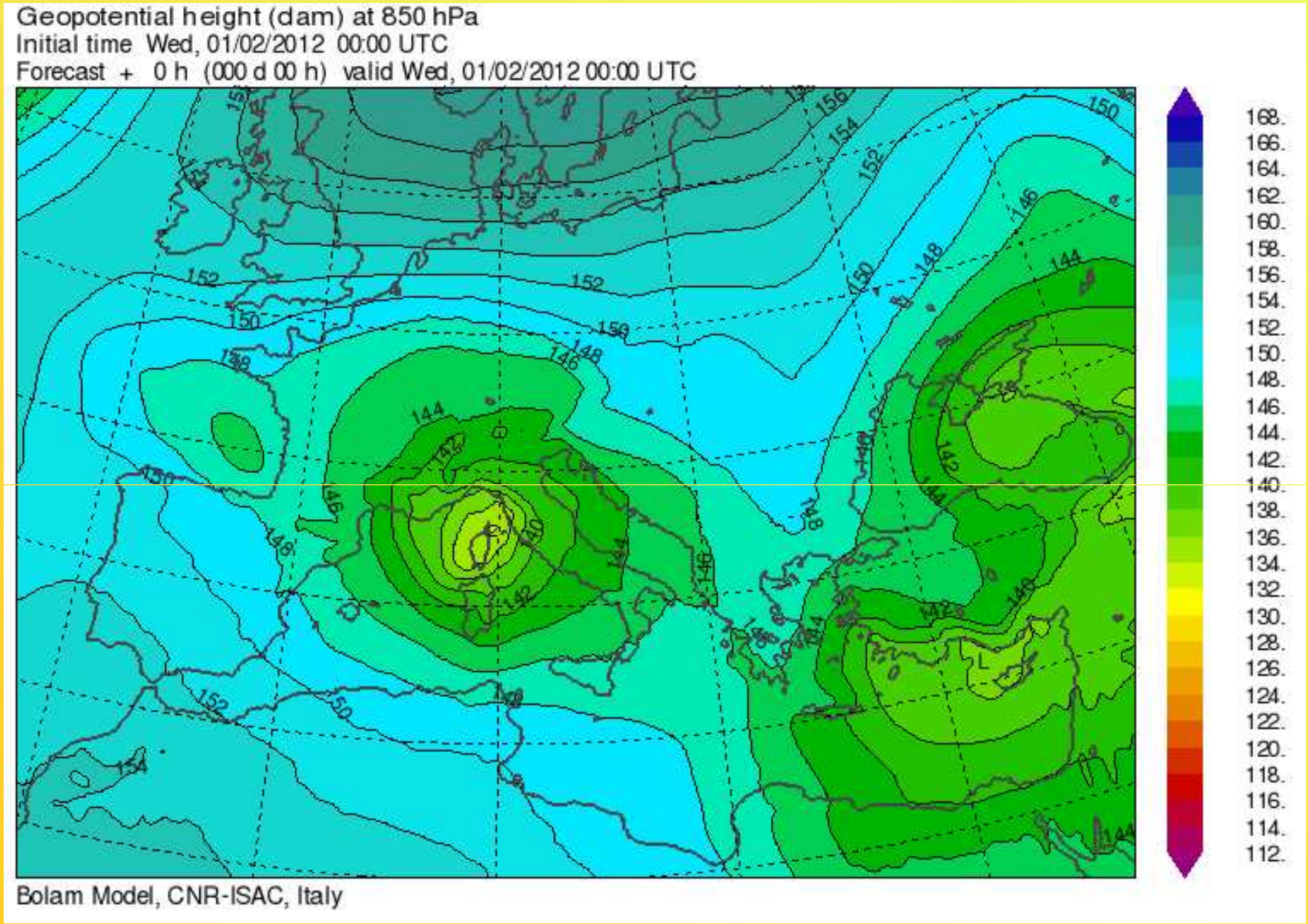
BOLAM (11 km) **MOLOCH (2.3 km)**

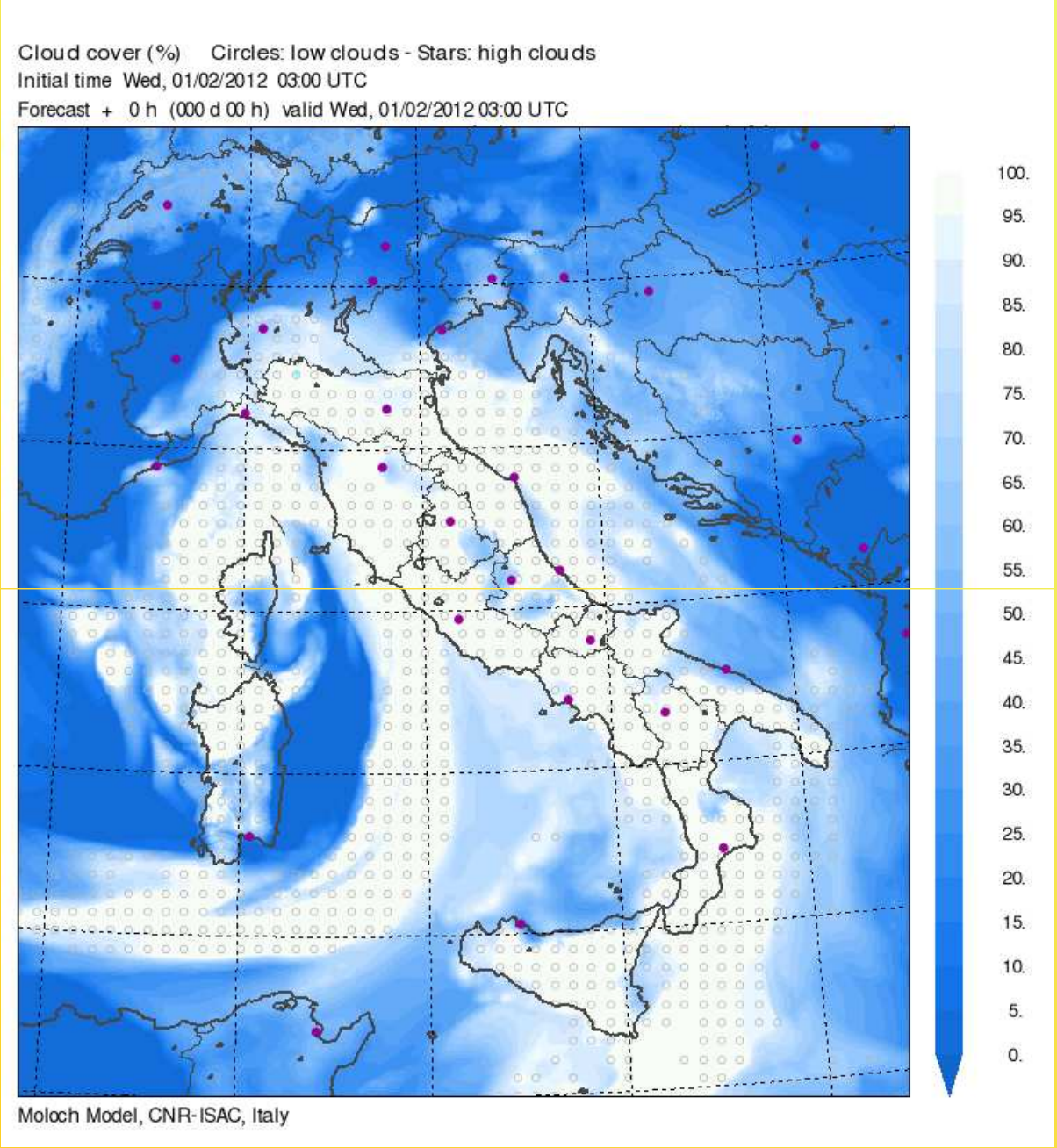
Moloch Archive (February 2009 to May 2010)
Northern Italy
Southern Italy

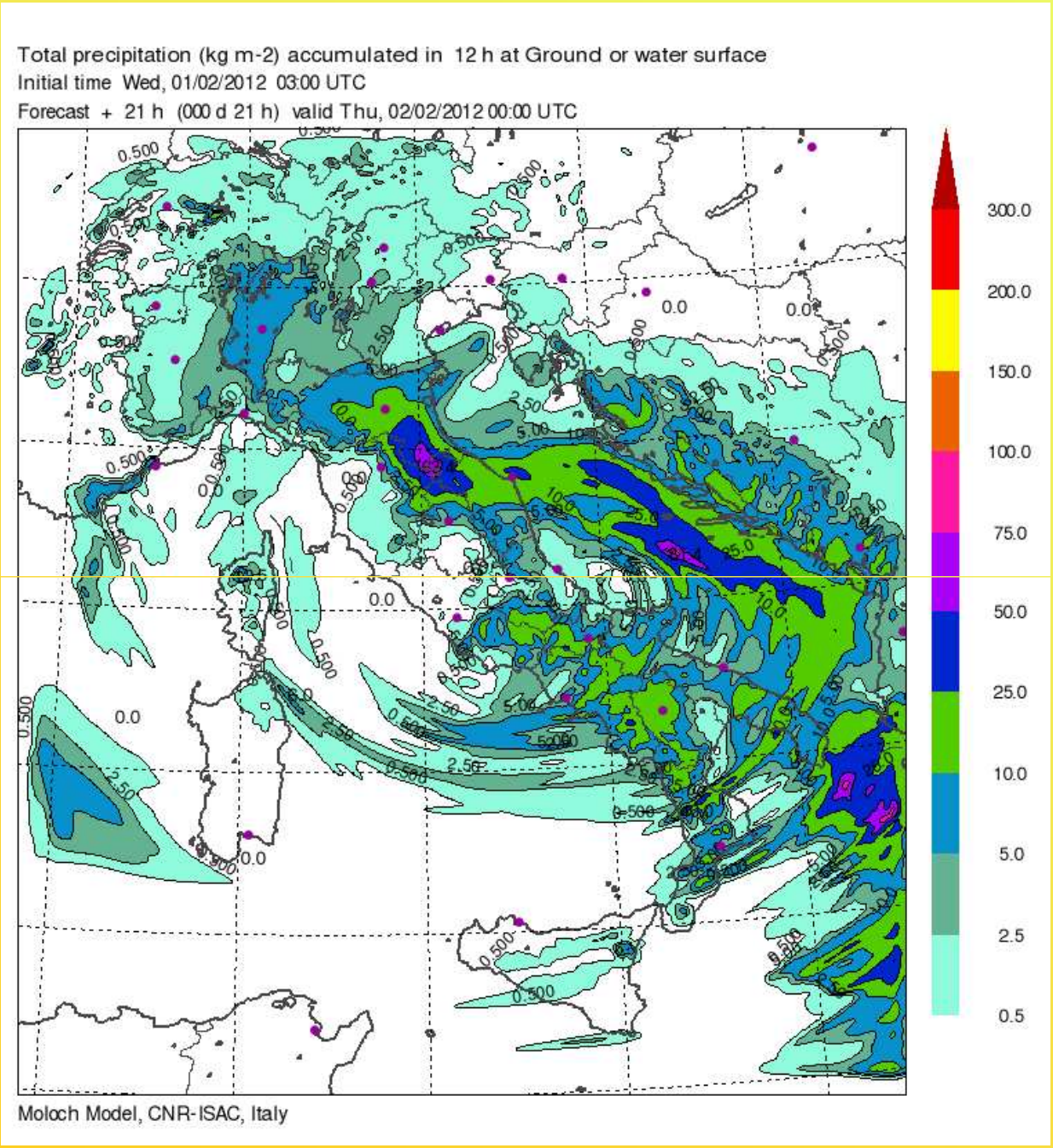
Presso l'Istituto ISAC-CNR è stata implementata una catena di previsione numerica in tempo reale, nell'ambito di una Intesa operativa tra il Dipartimento Nazionale della Protezione Civile e l'ISAC-CNR. Essa fornisce previsioni ad alta risoluzione fino a 72 ore sull'area Europea, fino a 48 ore sull'Italia.
La catena modellistica comprende il modello idrostatico BOLAM e il modello non idrostatico MOLOCH, innestato in BOLAM. Entrambi i modelli sono stati sviluppati all'Istituto ISAC, sede di Bologna.
BOLAM opera con un passo di griglia di 0.10 gradi in coordinate ruotate (circa 11km), con 50 livelli e parametrizzazione (Kain-Fritsch) della convezione umida. MOLOCH ha un passo di griglia di 0.0207 gradi, corrispondente a 2.3 km, con 54 livelli. La convezione umida profonda è trattata esplicitamente.
Le condizioni iniziali e al contorno sono fornite dalle analisi (00 UTC) e previsioni del modello globale GFS del NCEP (USA).
Le integrazioni numeriche sono eseguite su un cluster di PC in ambiente Linux (Debian GNU Linux).
Le previsioni sono effettuate principalmente per scopi scientifici relativi alla sperimentazione della catena modellistica.

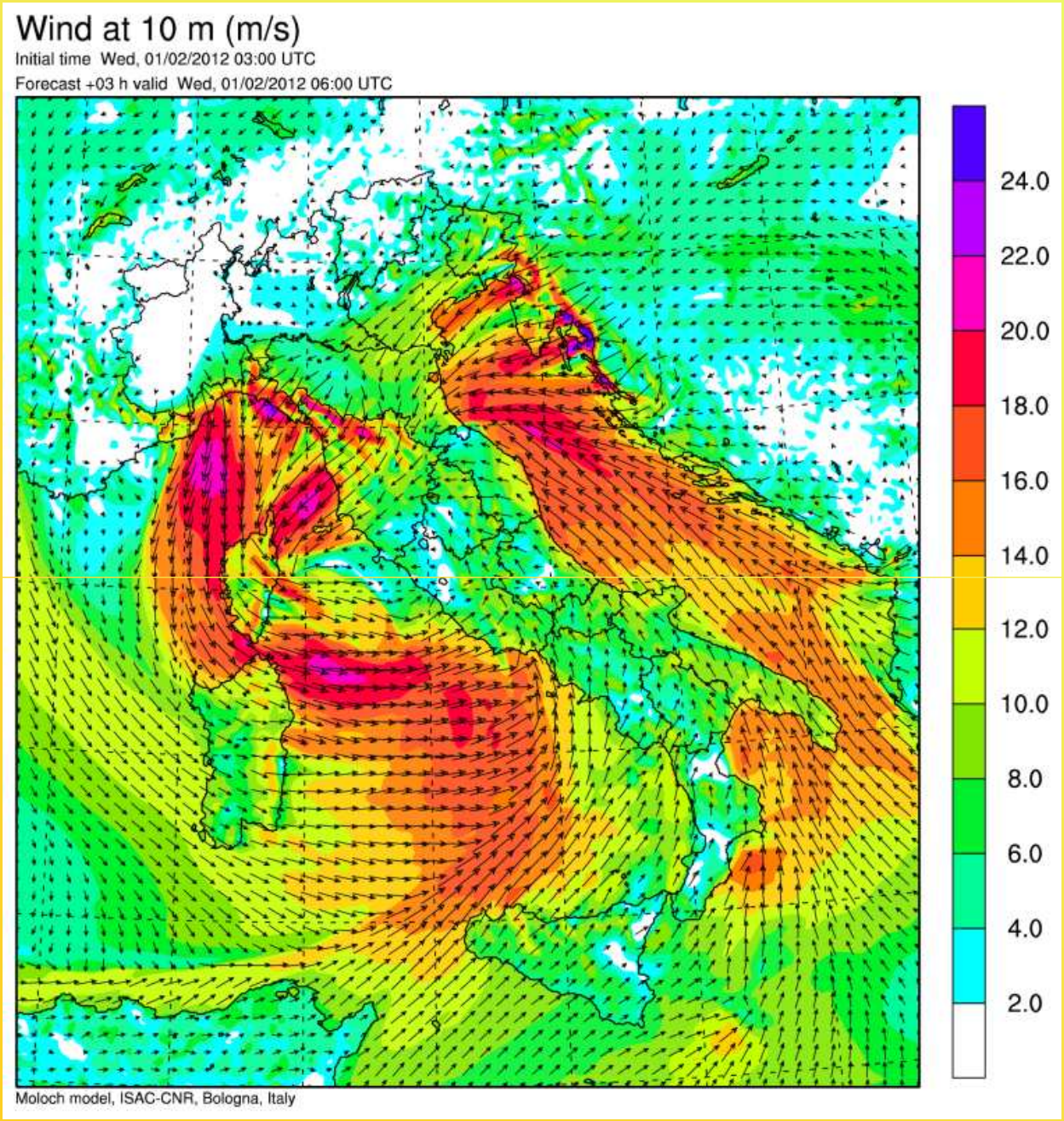

Mozilla Firefox
File Modifica Visualizza Cronologia Segnalibri Strumenti Aiuto
http://www.isac.cnr.it/dinamica/projects/forecasts/moloch/#
Meteo BOLAM Mail Boxes Search Weather Conditions News Jobs Ore Beppe Grillo Mia H.P. Ricerca treno Oper. Forecasts Brescia Dizionari
http://www.isac.c...forecasts/moloch/
« BACK TO ALL FORECASTS
« ZOOMED 10 M WIND
Archives: 2011-02-28
M.S.L. Pressure (hPa)
Acc. Tot. Prec. (mm) in 3 h
Acc. Tot. Prec. (mm) in 12 h
Acc. Snow Fall (mm eq.water) in 3 h
Acc. Snow Fall (mm eq.water) in 12 h
Wind at 10 m (m/s)
T at 2 m
Rel. Humidity at 2 m
Cloud Cover
Snow height (mm eq.water)
T at 950 hPa
Wind at 950 hPa (m/s)
ThetaE at 950 hPa
T at 850 hPa
Wind at 850 hPa (m/s)
Rel. Humidity AT 850 hPa
T at 700 hPa
Wind at 700 hPa (m/s)
Rel. Humidity at 700 hPa
W at 700 hPa
CLWI at 700 hPa (g/kg)
T at 500 hPa
Wind at 500 hPa (m/s)
Rel. Humidity at 500 hPa
Wind at 300 hPa (m/s)
+21 +33 +45
Total precipitation (kg m-2) accumulated in 12 h at Ground or water surface
Initial time Mon, 28/02/2011 03:00 UTC
Forecast + 45 h (001 d 21 h) valid Wed, 02/03/2011 00:00 UTC
300.0
200.0
150.0
100.0
75.0
50.0
25.0
10.0
5.0
2.5
Completato


Geopotential height (dam) at 500 hPa
Initial time Wed, 01/02/2012 00:00 UTC
Forecast + 0 h (000 d 00 h) valid Wed, 01/02/2012 00:00 UTC
594.
591.
588.
585.
582.
579.
576.
573.
570.
567.
564.
561.
558.
555.
552.
549.
546.
543.
540.
537.
534.
531.
528.
525.
522.
519.
516.
513.
510.
Bolam Model, CNR-ISAC, Italy


Geopotential height (dam) at 850 hPa
Initial time Wed, 01/02/2012 00:00 UTC
Forecast + 0 h (000 d 00 h) valid Wed, 01/02/2012 00:00 UTC
168.
166.
164.
162.
160.
158.
156.
154.
152.
150.
148.
146.
144.
142.
140.
138.
136.
134.
132.
130.
128.
126.
124.
122.
120.
118.
116.
114.
112.
Bolam Model, CNR-ISAC, Italy


Cloud cover (%) Circles: low clouds - Stars: high clouds
Initial time Wed, 01/02/2012 03:00 UTC
Forecast + 0 h (000 d 00 h) valid Wed, 01/02/2012 03:00 UTC
100.
95.
90.
85.
80.
75.
70.
65.
60.
55.
50.
45.
40.
35.
30.
25.
20.
15.
10.
5.
0.
Moloch Model, CNR-ISAC, Italy


Total precipitation (kg m-2) accumulated in 12 h at Ground or water surface
Initial time Wed, 01/02/2012 03:00 UTC
Forecast + 21 h (000 d 21 h) valid Thu, 02/02/2012 00:00 UTC
300.0
200.0
150.0
100.0
75.0
50.0
25.0
10.0
5.0
2.5
0.5
Moloch Model, CNR-ISAC, Italy


Wind at 10 m (m/s)
Initial time Wed, 01/02/2012 03:00 UTC
Forecast +03 h valid Wed, 01/02/2012 06:00 UTC
24.0
22.0
20.0
18.0
16.0
14.0
12.0
10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
Moloch model, ISAC-CNR, Bologna, Italy