

Copertina

Corso di Fisica dell'Atmosfera

Modellistica numerica applicata al sistema atmosferico

Giaiotti Dario & Stel Fulvio

Sommario della lezione

- Considerazioni generali
- Simulazioni su dominio globale
- Simulazioni del tempo meteorologico, fino a 10 giorni: ECMWF, GFS,
- Ensemble forecast.
- Simulazioni ad area limitata: i LAM e il modello WRF
- Consorzi modellistici in Europa COSMO, ALADIN HIRLAM.
- Strumenti e conoscenze necessarie per svolgere simulazioni atmosferiche

Difficoltà della soluzione del set di equazioni fondamentali

$$\frac{du}{dt} - \frac{uv \tan(\phi)}{R} + \frac{uw}{R} = 2\Omega v \sin(\phi) - 2\Omega w \cos(\phi) - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + (\nu \Delta \mathbf{v})_x$$

$$\frac{dv}{dt} + \frac{u^2 \tan(\phi)}{R} + \frac{vw}{R} = -2\Omega u \sin(\phi) - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + (\nu \Delta \mathbf{v})_y$$

$$\frac{dw}{dt} - \frac{u^2 + v^2}{R} = 2\Omega u \cos(\phi) - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - g + (\nu \Delta \mathbf{v})_z$$

$$p = \rho RT$$

$$\frac{d\rho}{dt} + \rho \nabla \cdot \mathbf{v} = 0$$

$$\frac{d\eta}{dt} = C_p \frac{dT}{dt} - \frac{1}{\rho} \frac{dp}{dt}$$

L'insieme completo di equazioni differenziali che descrive l'evoluzione dell'atmosfera terrestre presenta notevoli difficoltà nel calcolo delle soluzioni, sia tramite l'approccio analitico che quello numerico.

Si tratta di equazioni differenziali alle derivate parziali, non lineari.

Le condizioni iniziali e quelle al contorno sono essenziali per la ricerca di soluzioni realistiche

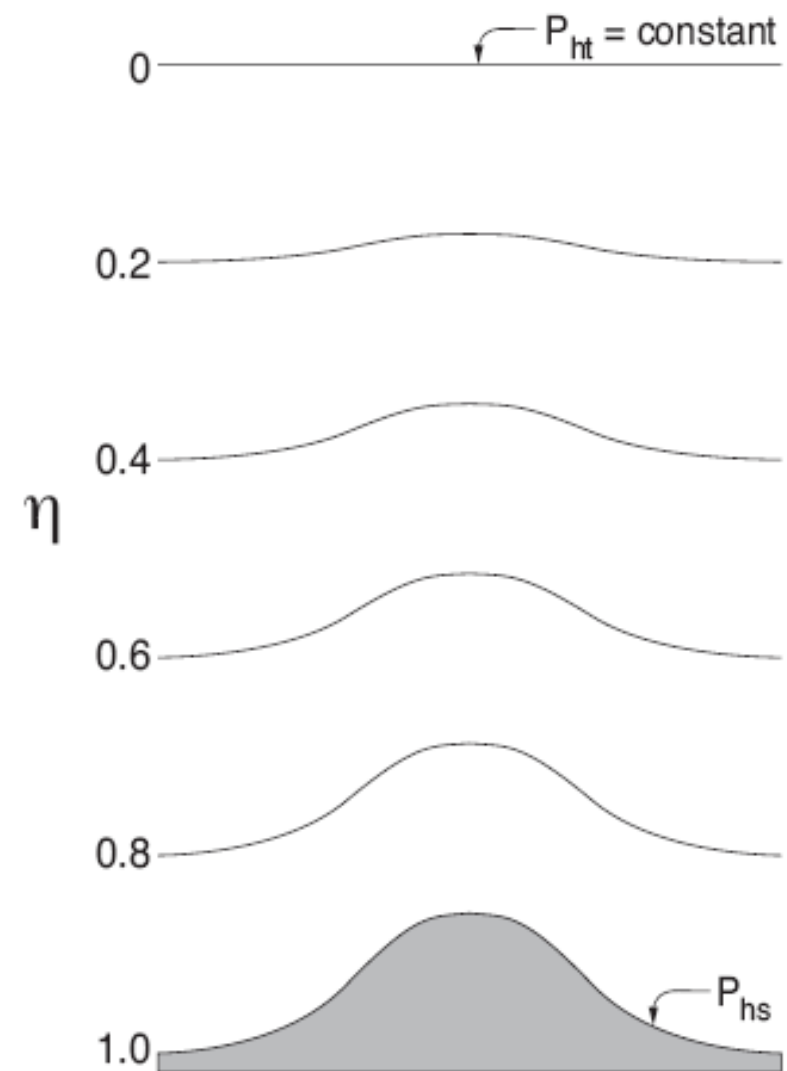
Le coordinate verticali nei modelli numerici

The ARW equations are formulated using a terrain-following hydrostatic-pressure vertical coordinate denoted by η and defined as

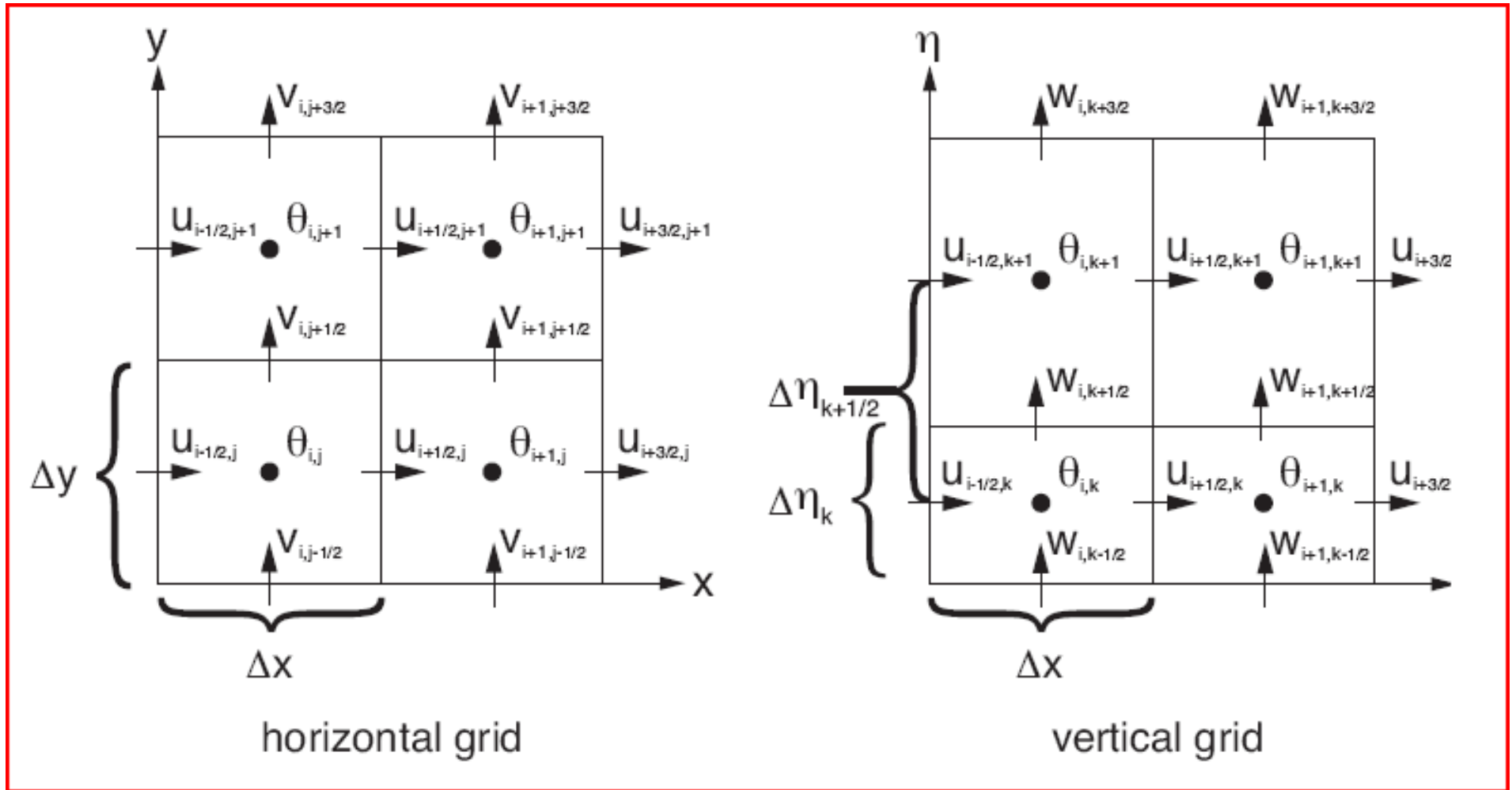
$$\eta = (p_h - p_{ht})/\mu \quad \text{where} \quad \mu = p_{hs} - p_{ht}. \quad (2.1)$$

p_h is the hydrostatic component of the pressure, and p_{hs} and p_{ht} refer to values along the surface and top boundaries, respectively. The coordinate definition (2.1), proposed by Laprise (1992), is the traditional σ coordinate used in many hydrostatic atmospheric models. η varies from a value of 1 at the surface to 0 at the upper boundary of the model domain (Fig. 2.1). This vertical coordinate is also called a mass vertical coordinate.

Since $\mu(x, y)$ represents the mass per unit area within the column in the model domain at (x, y) ,



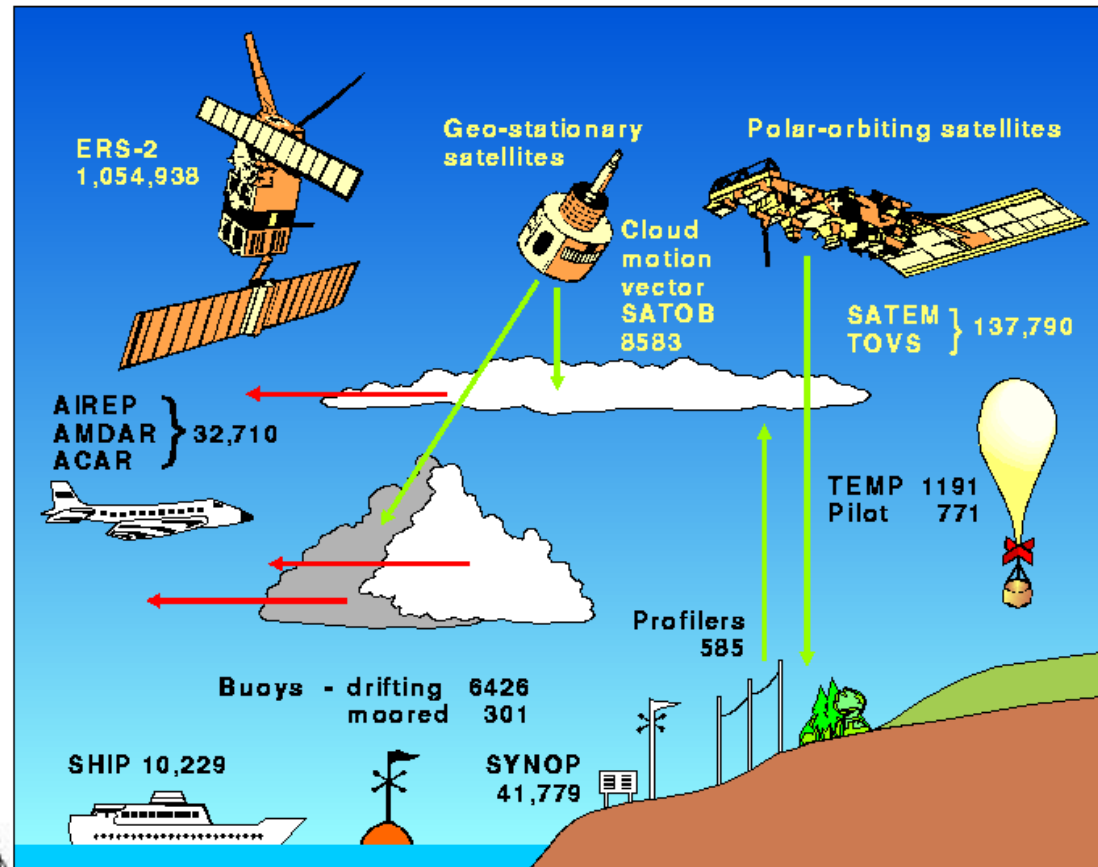
Coordinate sfalsate (staggered) per le diverse variabili



Modello meteorologico globale

Le condizioni iniziali sono date dalle misure eseguite con sistematicità e regolarità ogni giorno

**24 hour summary of global data volumes
for all observation types received at ECMWF - 28 April 1996**

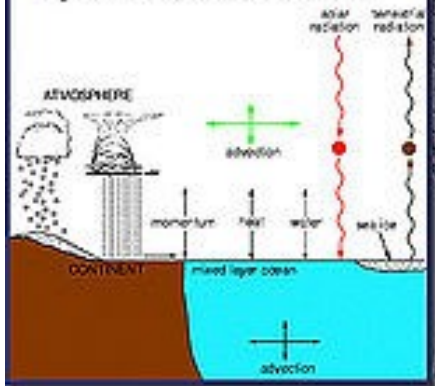


Schematic for Global Atmospheric Model

Horizontal Grid (latitude - longitude)

Vertical Grid (height or pressure)

Physical Processes in a Model

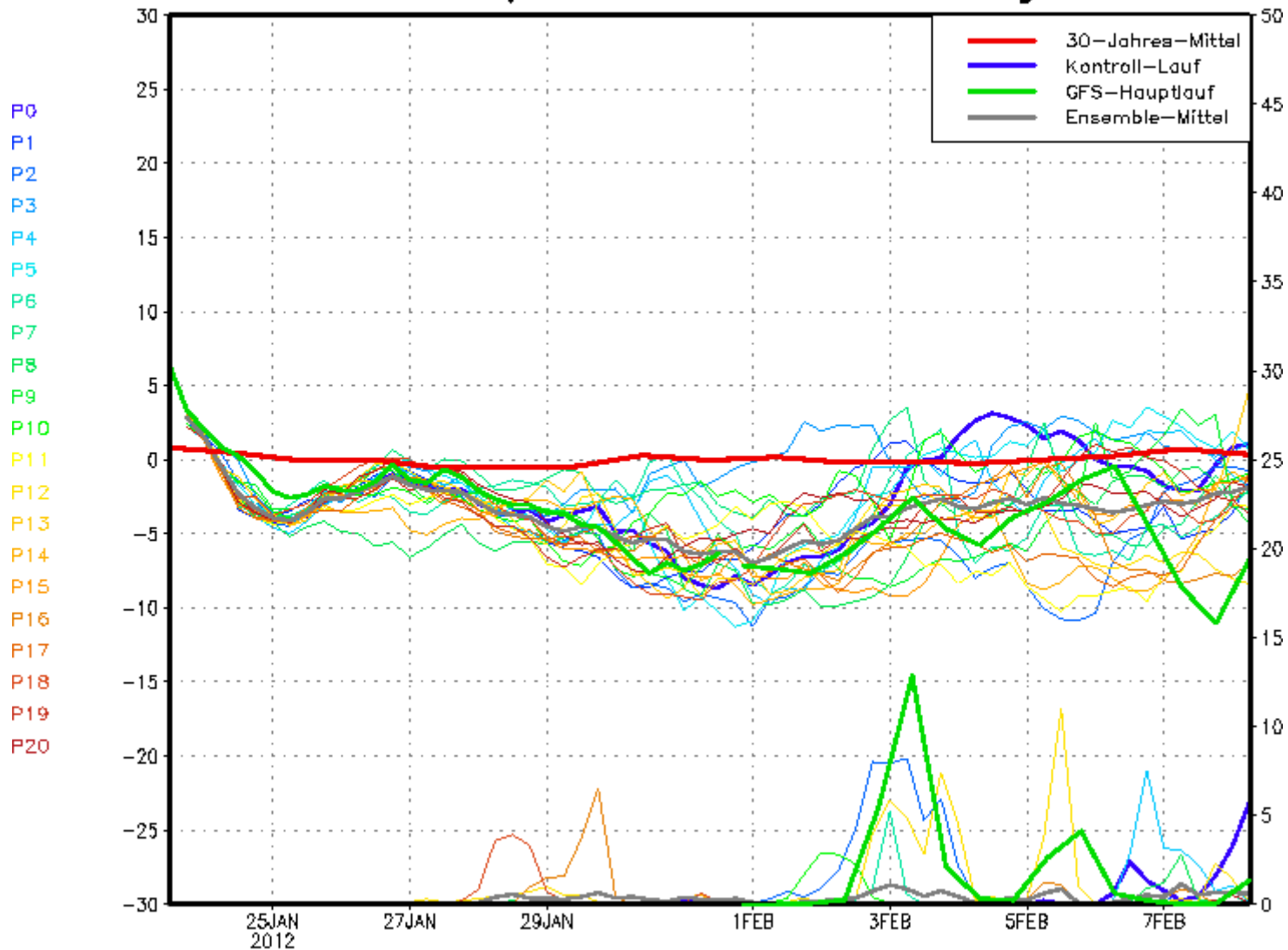


La tecnica Ensemble Forecast

Position Lat: 45 Lon: 9

Mon, 23 JAN 2012 12Z

850 hPa Temp. in °C, 6h-Niederschlag in mm



Daten: Ensembles des GFS von NCEP

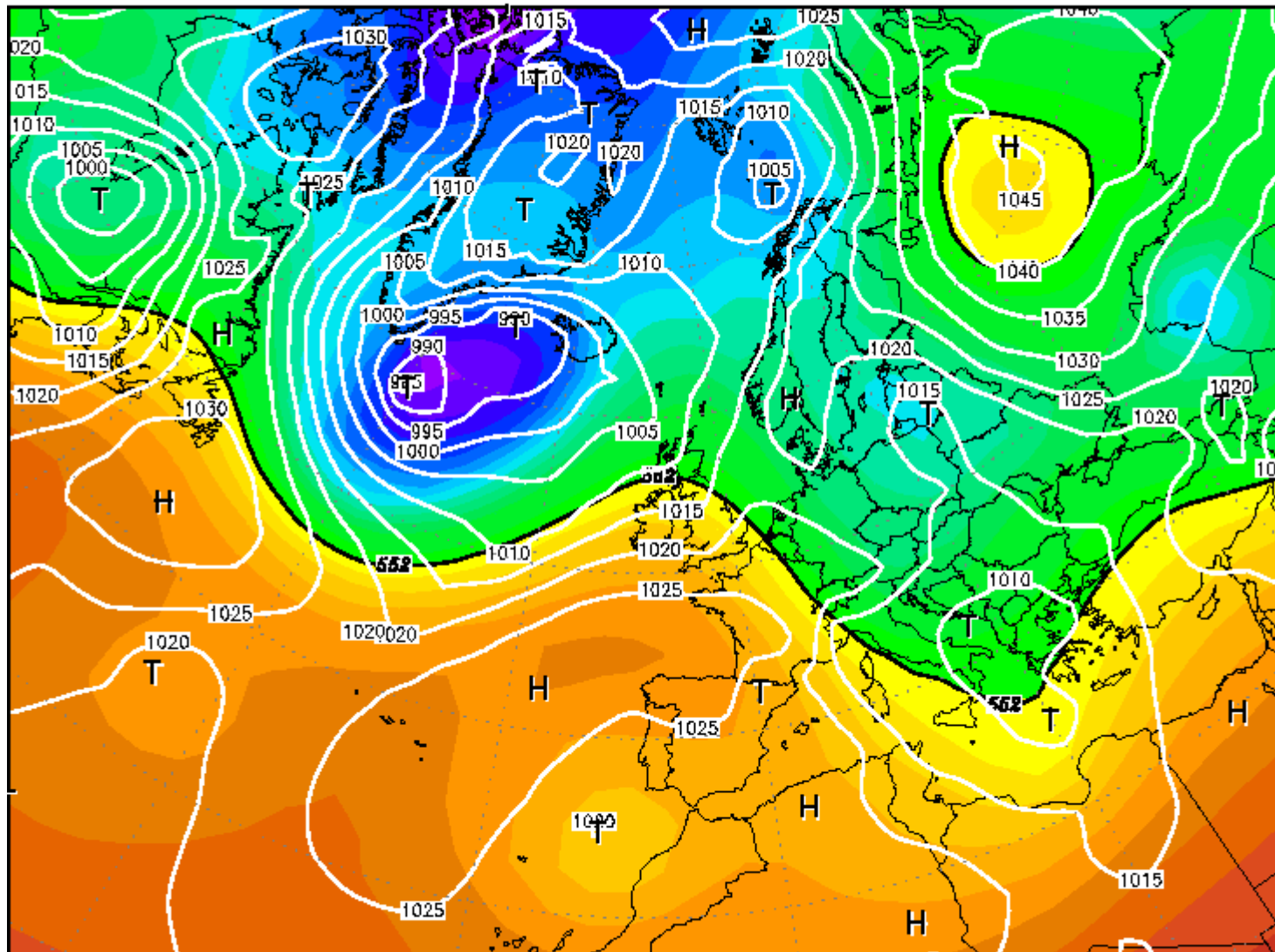
Wetterzentrale

Simulazioni del tempo, fino a 10 giorni: ECMWF, GFS

Init : Mon,23JAN2012 12Z

Valid: Tue,24JAN2012 12Z

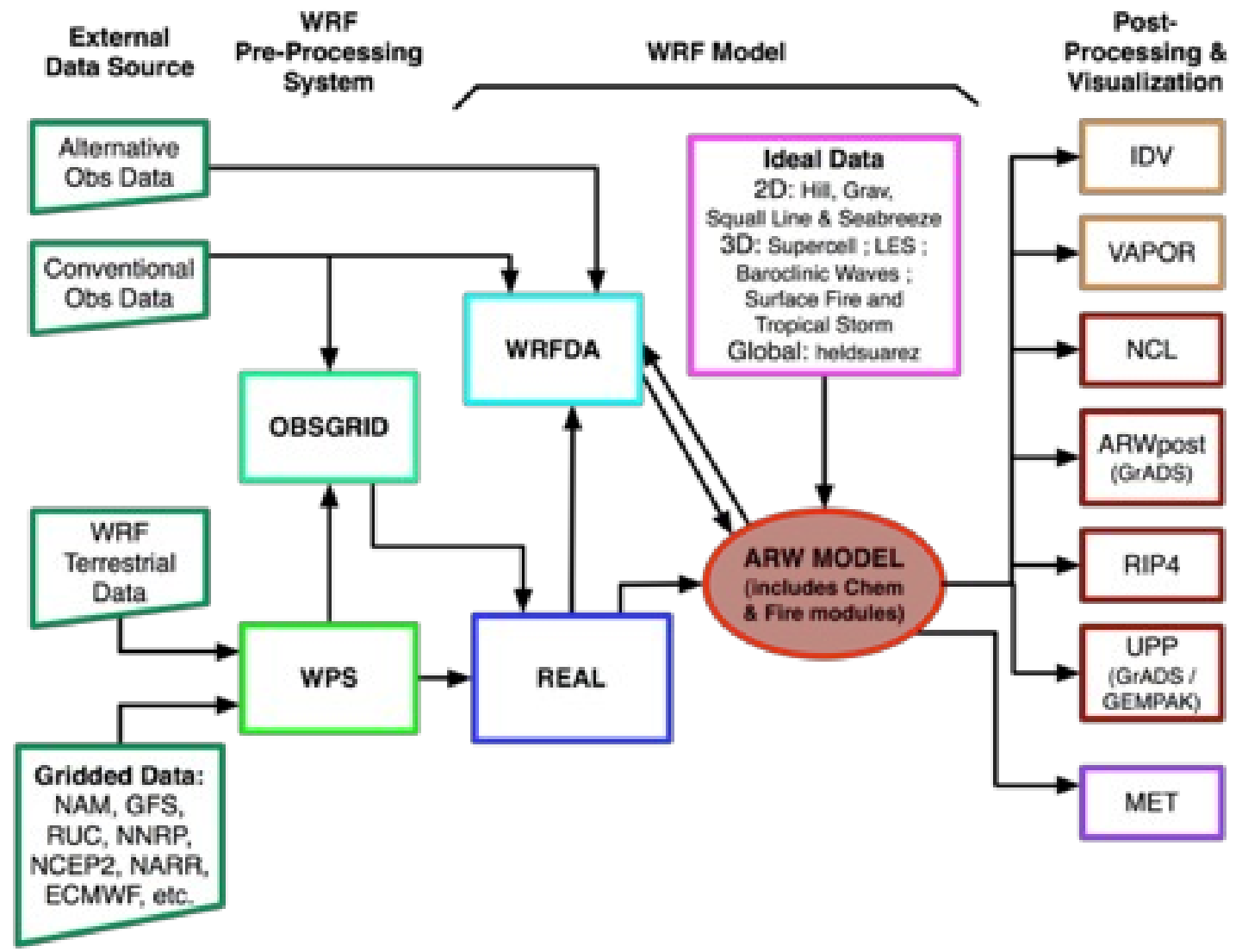
500 hPa Geopot. (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: ECMWF
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

Simulazioni ad area limitata: i LAM e il modello WRF

WRF Modeling System Flow Chart



Area di rilassamento ai bordi del dominio di calcolo

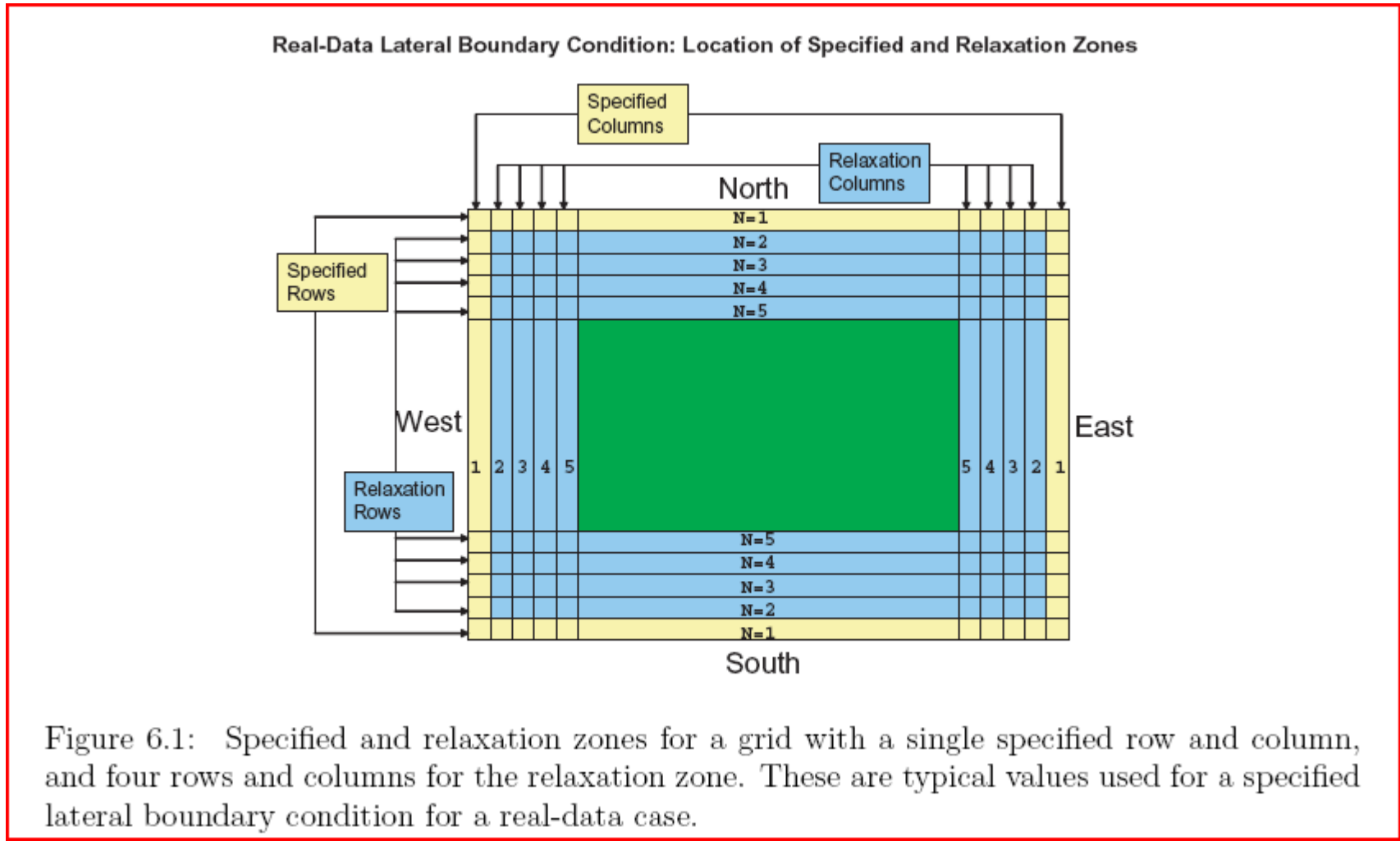
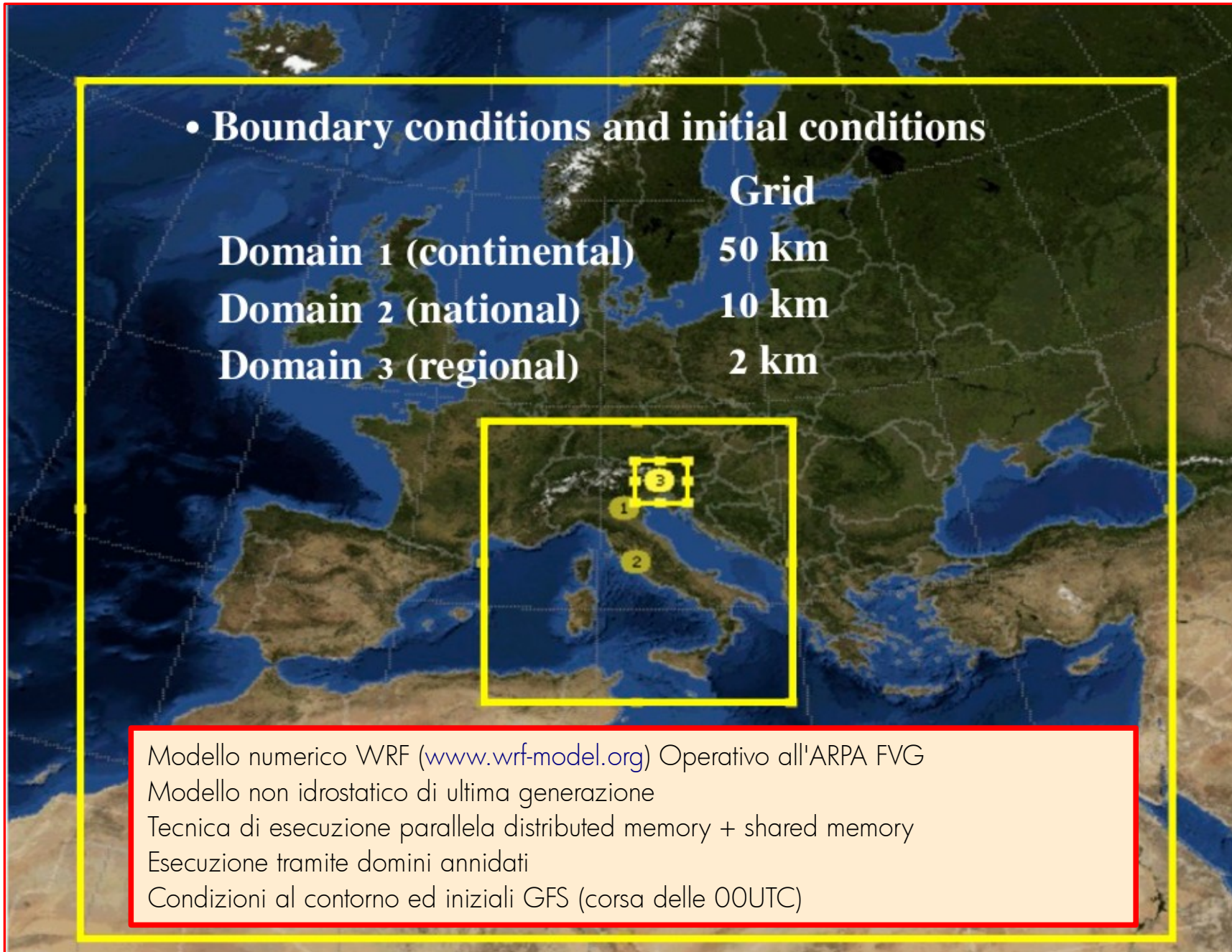


Figure 6.1: Specified and relaxation zones for a grid with a single specified row and column, and four rows and columns for the relaxation zone. These are typical values used for a specified lateral boundary condition for a real-data case.

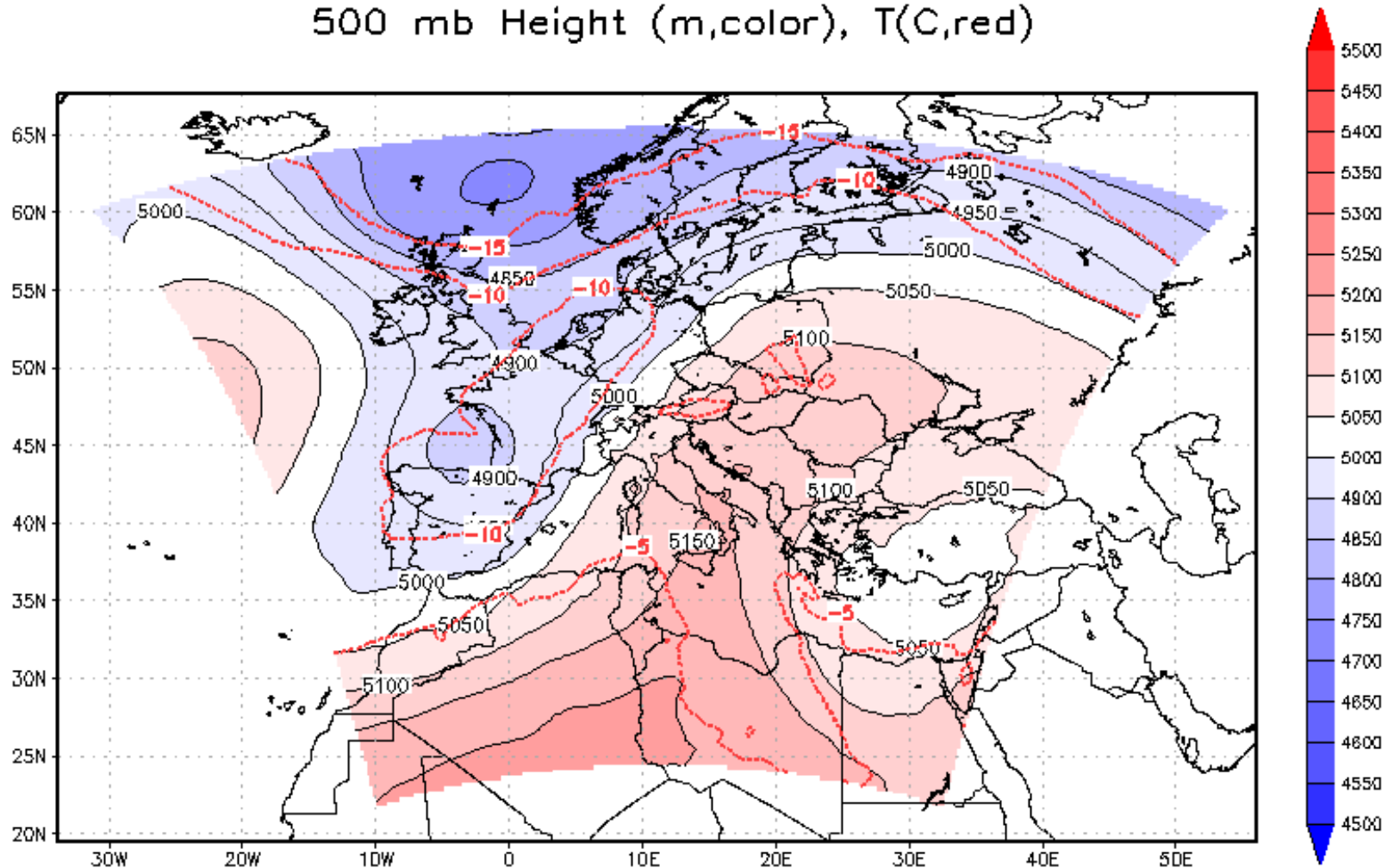
La tecnica dell'annidamento dei domini di calcolo per aumentare la risoluzione spaziale



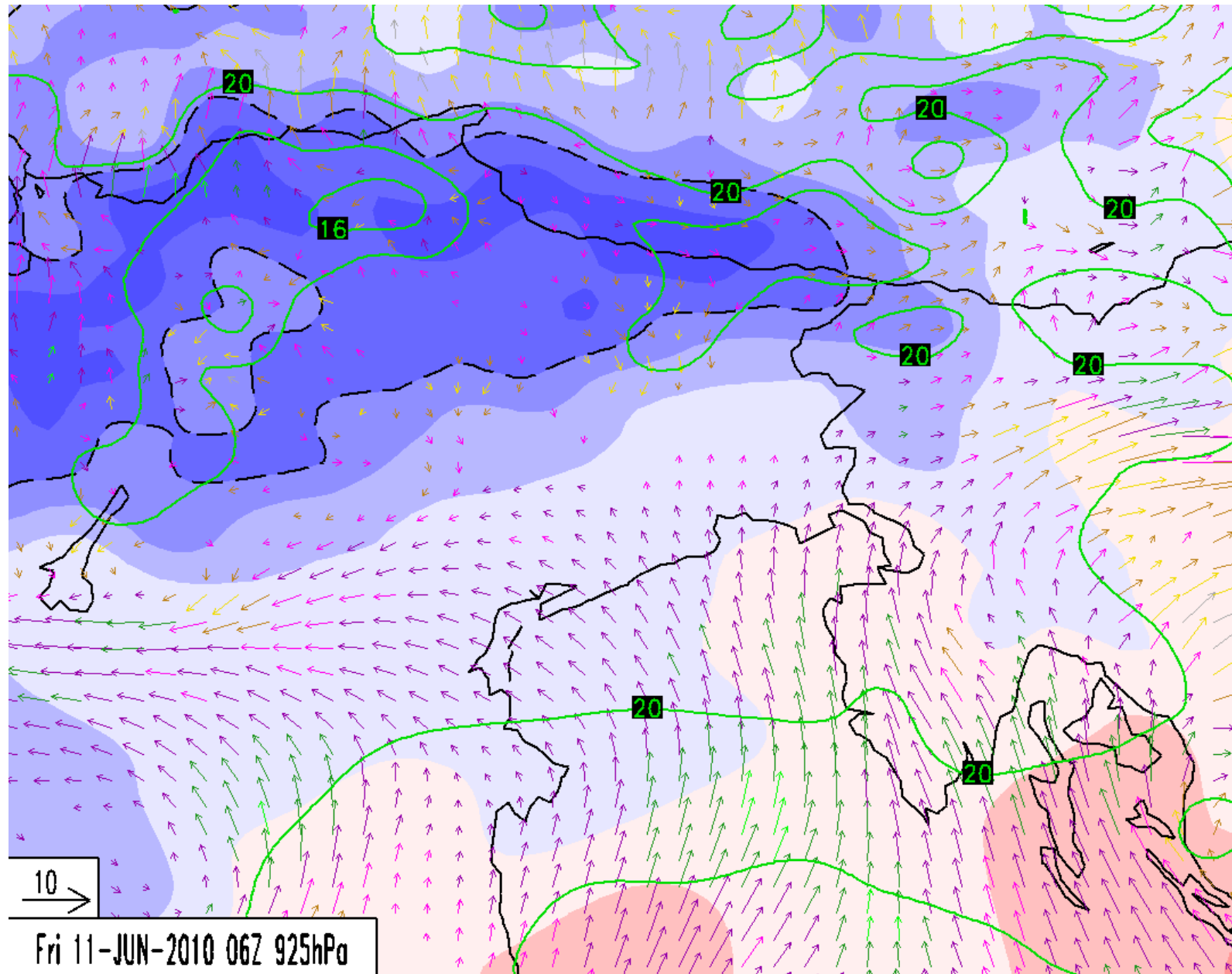
Dominio di calcolo a scala continentale con risoluzione orizzontale di 50 km

Previsioni operative quotidiane CRMA – Modello WRF

500 mb Height (m,color), T(C,red)

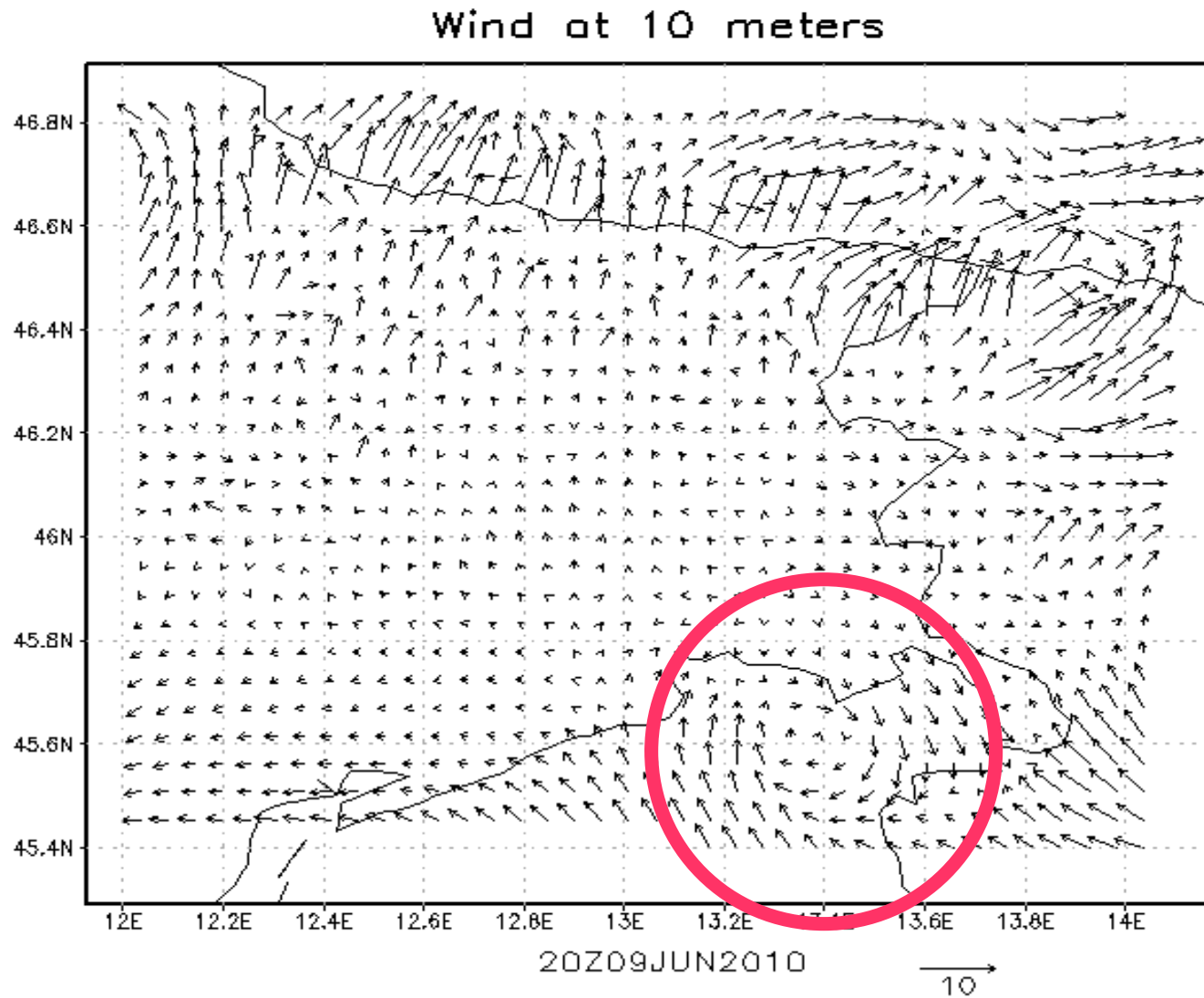


Dominio di calcolo a scala "regionale" con risoluzione orizzontale di 2 km



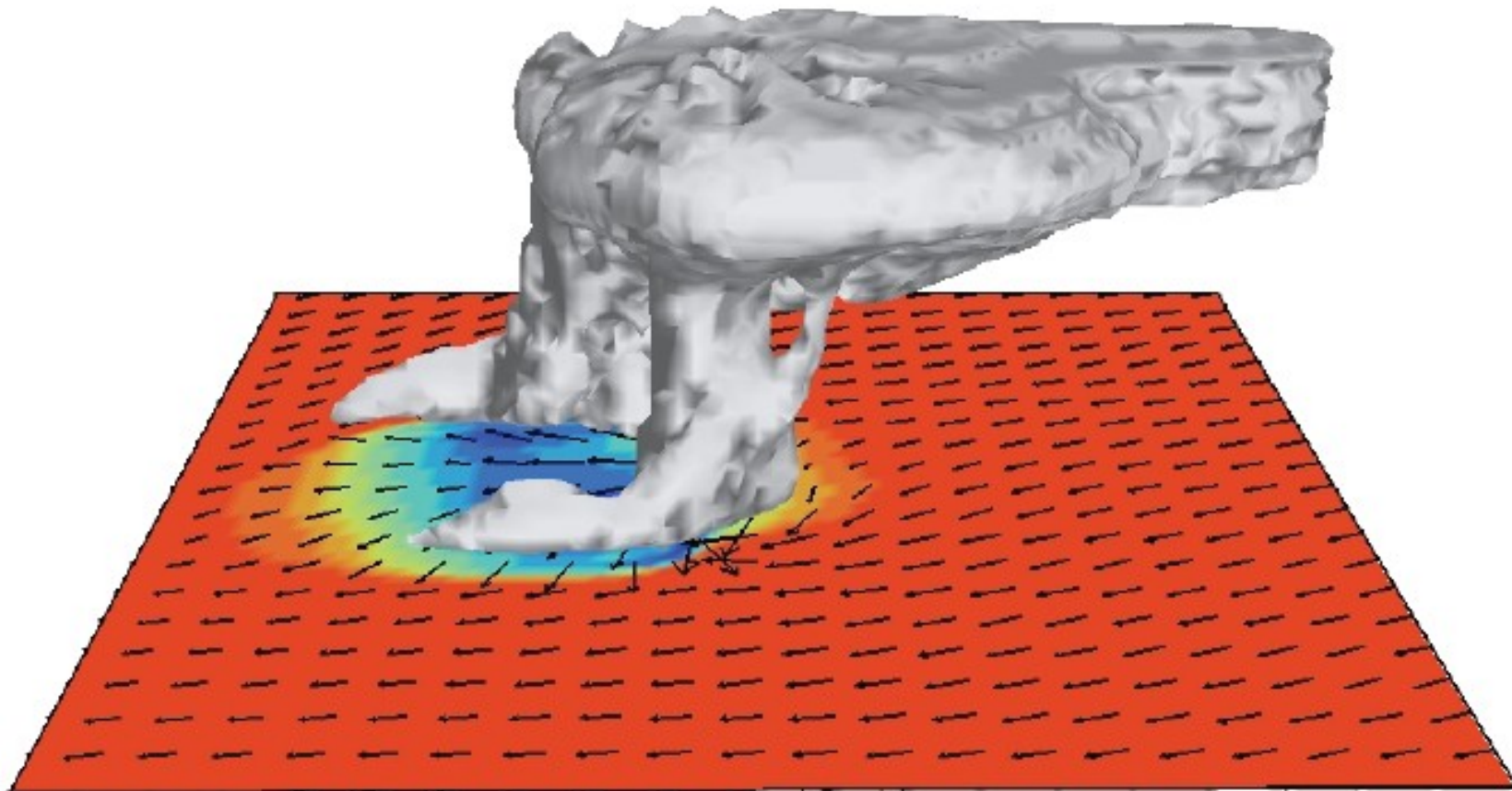
Previsione dei fenomeni alla mesoscala e alla microscala

Previsioni operative quotidiane CRMA – Modello WRF



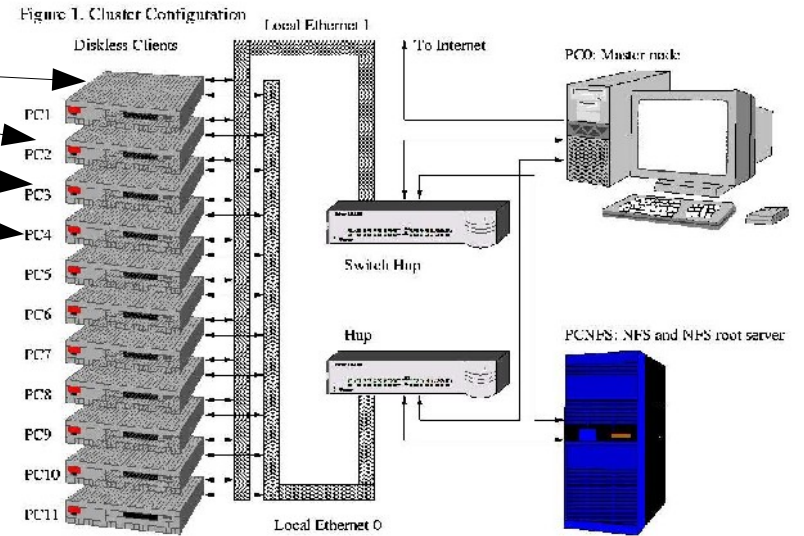
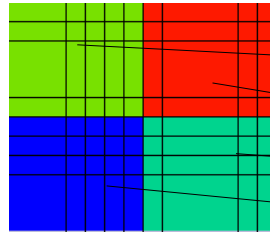
Risoluzione dei fenomeni alla mesoscala

Simulazione numerica tramite modello WRF di supercella (Vista 3D RH > 95%)

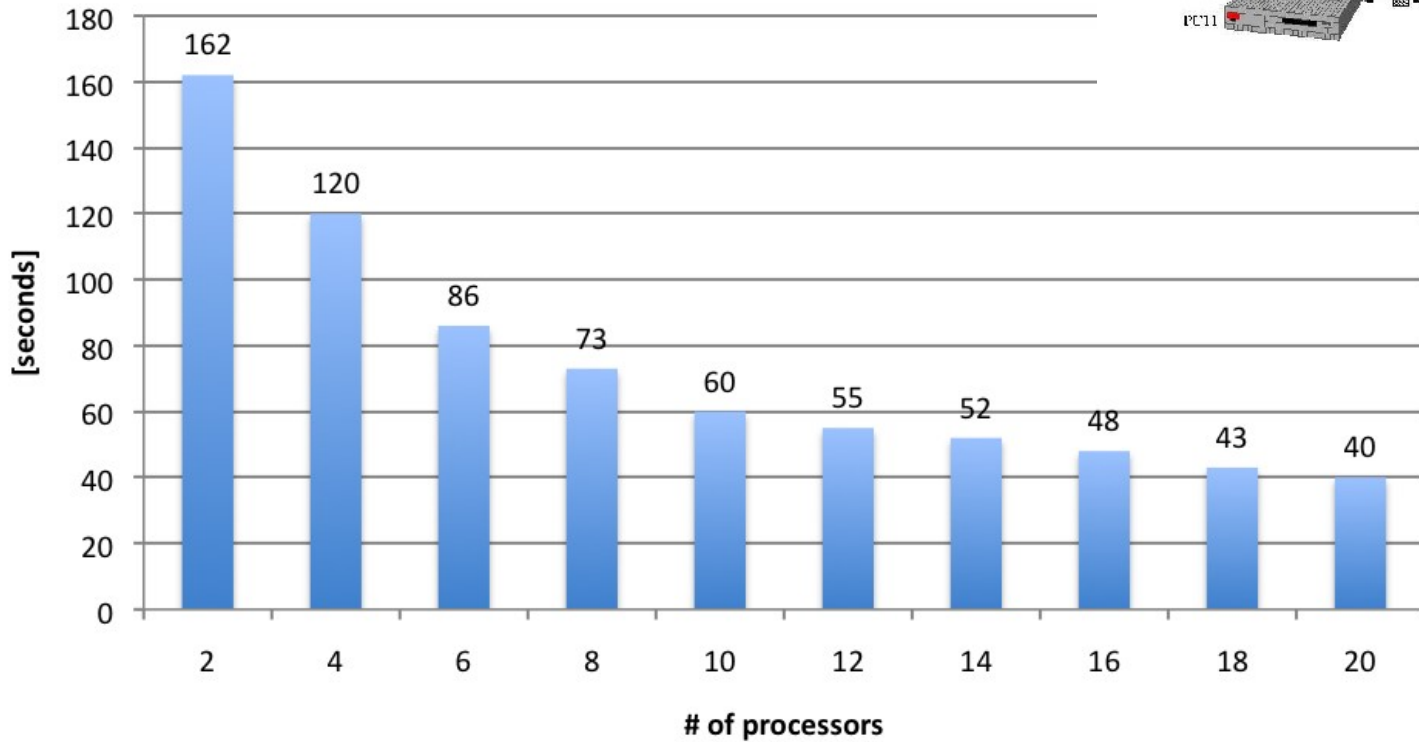


Calcolo parallelo nella simulazione atmosferica

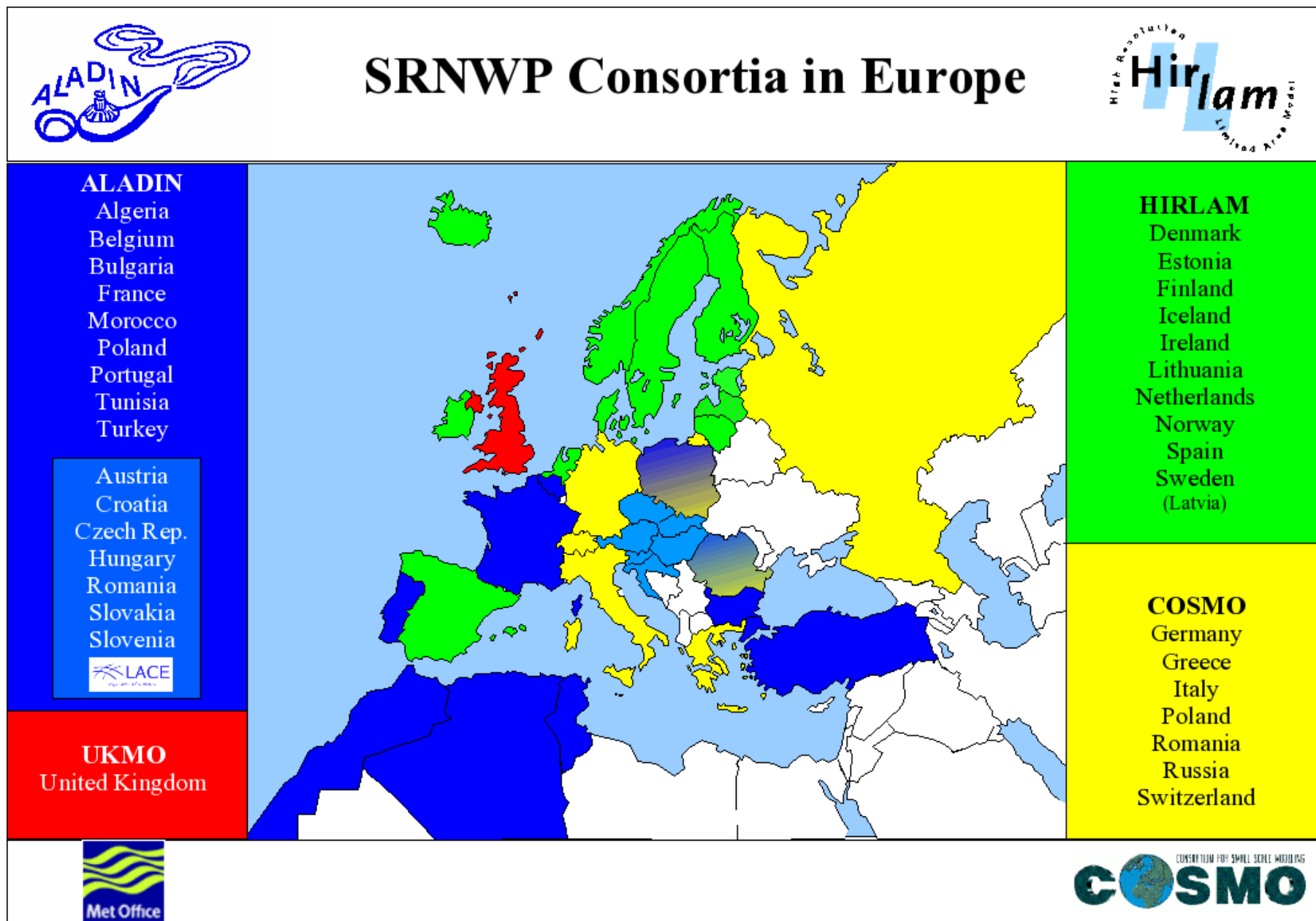
Dominio di calcolo



Execution Times of WRF (3.2.1) @ Hell:



I consorzi modellistici europei



Strumenti necessari per svolgere simulazioni numeriche

- Conoscenza della fisica dell'atmosfera
- Conoscenza della climatologia e della meteorologia del sistema che si vuole simulare
- Dimestichezza con l'ambiente informatico Linux o Unix
- Conoscenza della programmazione BASH (Perl o Python- opzionale)
- Conoscenza dei linguaggi di programmazione FORTRAN (C - opzionale)
- Disponibilità di un modello numerico (condizioni al contorno - opzionale)
- Disponibilità di spazio calcolo su una macchina performante (Cluster - opzionale)
- Conoscenza di un sistema di visualizzazione e di analisi di grossi volumi di dati.

Bibliografia

www.ecmwf.int

ECMWF model

<http://www.wrf-model.org/index.php>

WRF model

<http://www.nco.ncep.noaa.gov/>

GFS