

Copertina

Corso di Fisica dell'Atmosfera

Dinamica dell'Atmosfera esempi

Giaiotti Dario & Stel Fulvio

Sommario della lezione

- Le scale spaziali e temporali tipiche dei moti atmosferici
- Equazione di conservazione della quantità di moto (equazione del momento)
- Equazione di conservazione della massa (equazione di continuità)
- Il sistema di coordinate rotanti solidali il volume d'aria che si muove sulla Terra
- Il sistema di coordinate naturali
- Modelli semplici nel sistema di coordinate naturali
- Bibliografia di riferimento e per approfondimenti.

Equazione di conservazione del quantità di moto (equazione del momento)

$$\frac{d\mathbf{v}}{dt} = -2\boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{v} - \frac{1}{\rho} \nabla p + \mathbf{g} + \nu \Delta \mathbf{v}$$

Accelerazione
volume d'aria
elementare

Accelerazione
di Coriolis

Accelerazione
dovuta al
gradiente di
pressione

Accelerazione
di gravità e
centrifuga

Accelerazione
di dissipazione

Equazione di conservazione della massa (equazione di continuità)

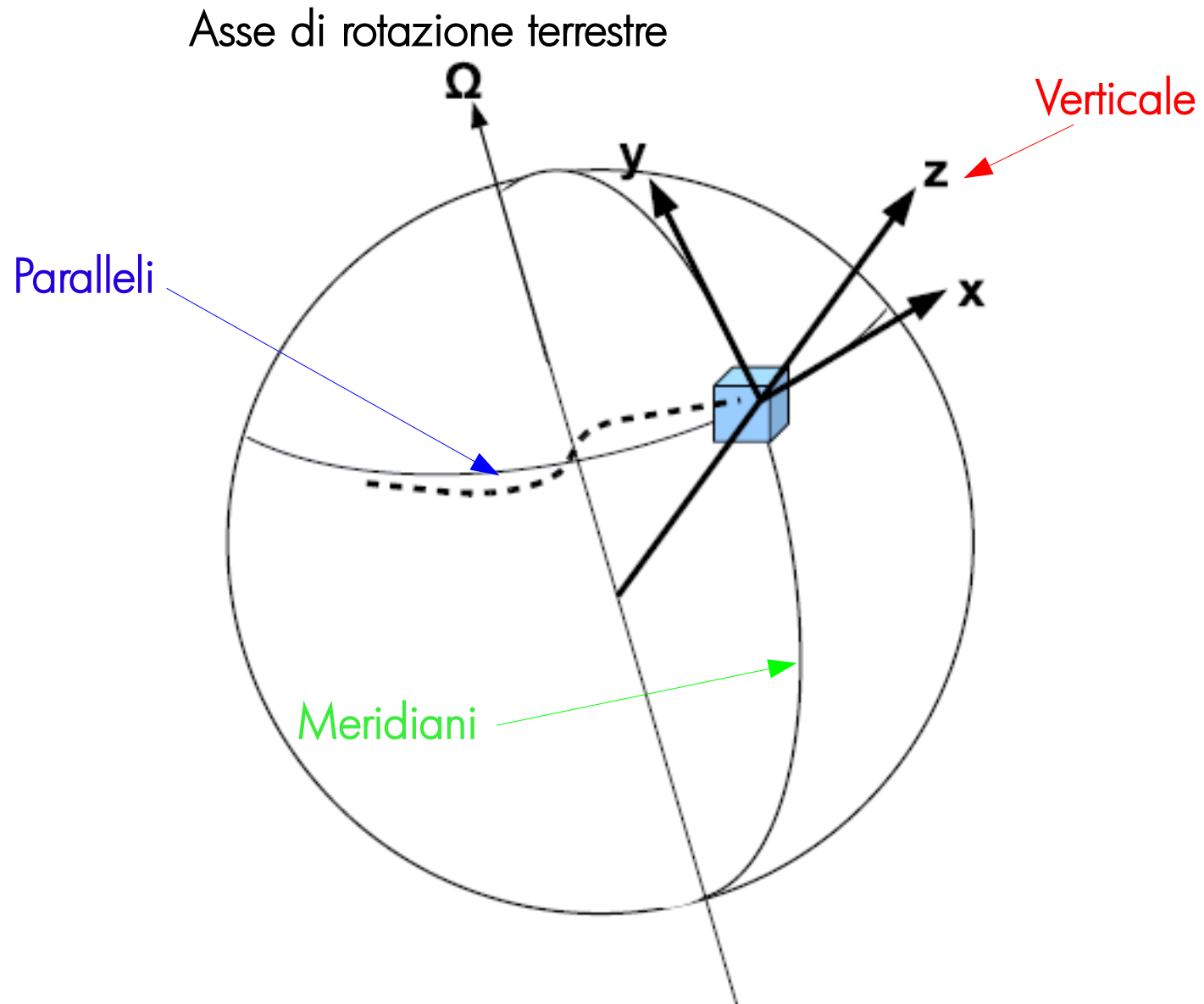
$$\frac{d\rho}{dt} + \rho \nabla \cdot \mathbf{v} = 0$$

Variazione di densità
del volume
elementare di aria

Flusso di massa
attraverso il volume
elementare di aria

[variazione del
volume]

Sistema di coordinate solidali con con il volume d'aria che si muove sulla Terra



L'equazione di conservazione del quantità di moto in coordinate solidali con la Terra

Termini di curvatura

Coriolis

Gradiente
di pressione

Dissipazione

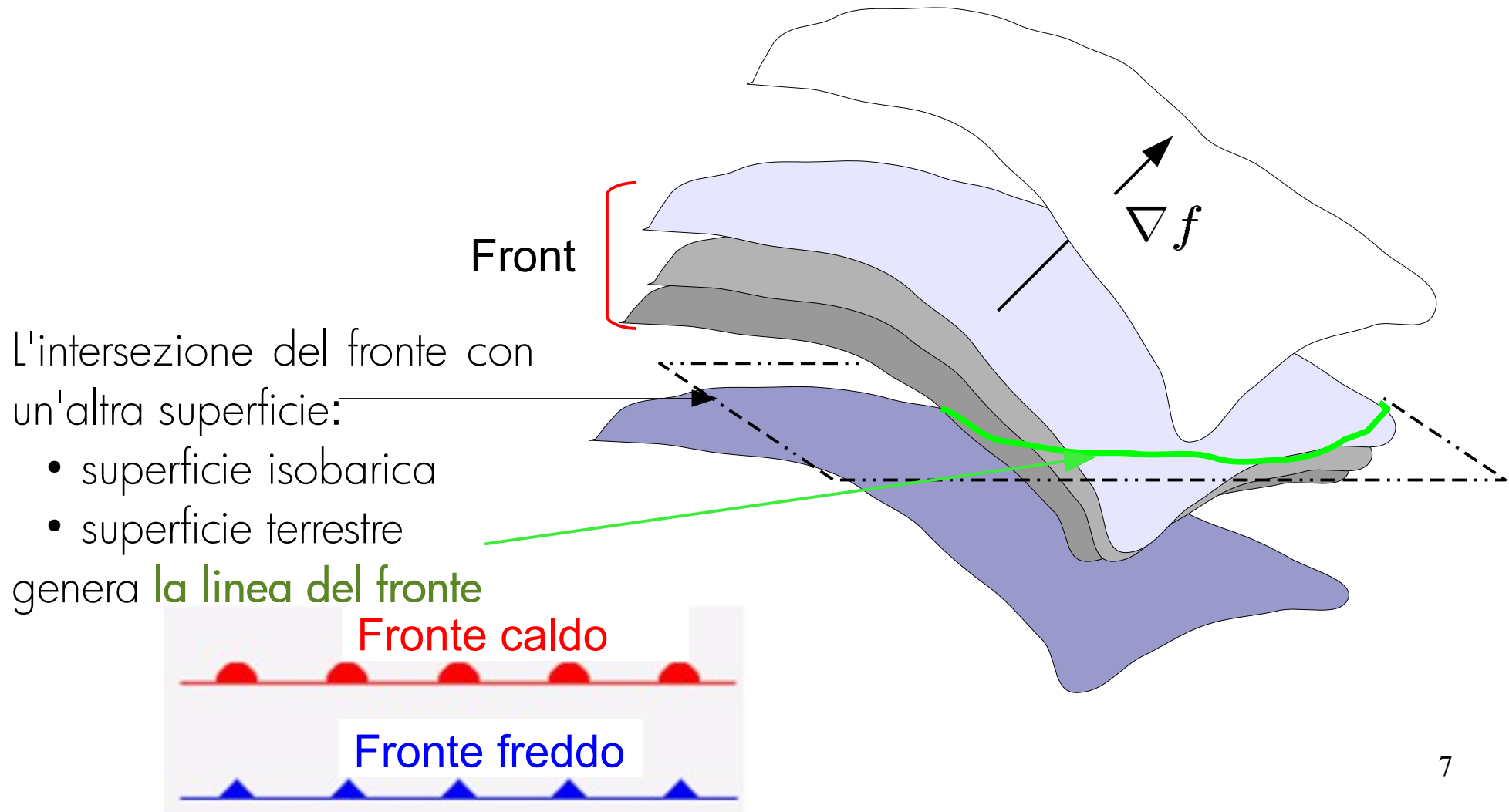
$$\frac{du}{dt} - \frac{uv \tan(\phi)}{R} + \frac{uw}{R} = 2\Omega v \sin(\phi) - 2\Omega w \cos(\phi) - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + (\nu \Delta \mathbf{v})_x$$

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

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

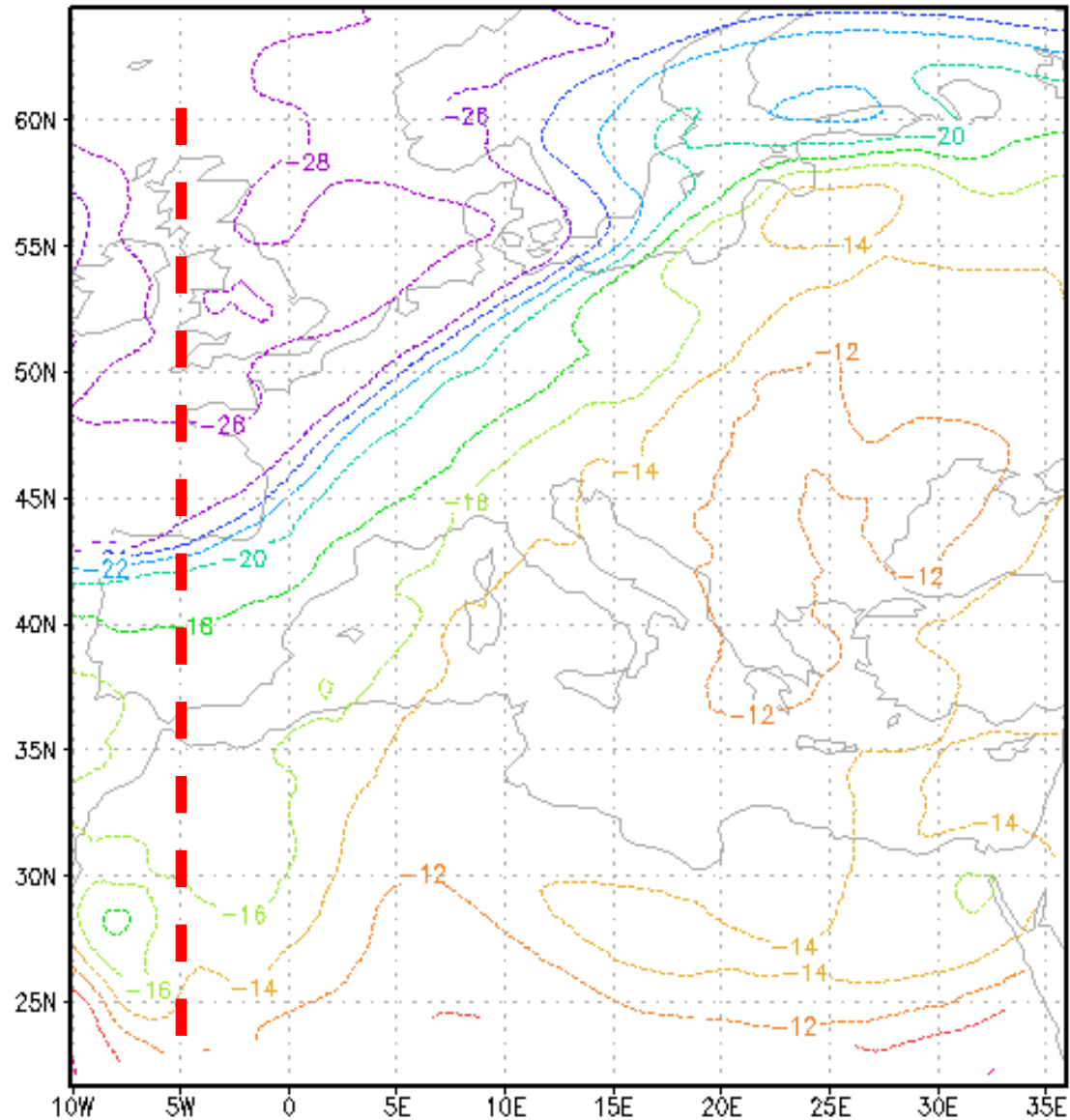
Eseguire l'analisi degli ordini di grandezza di ciascun contributo

Il fronte atmosferico dalla definizione 3D alla linea frontale

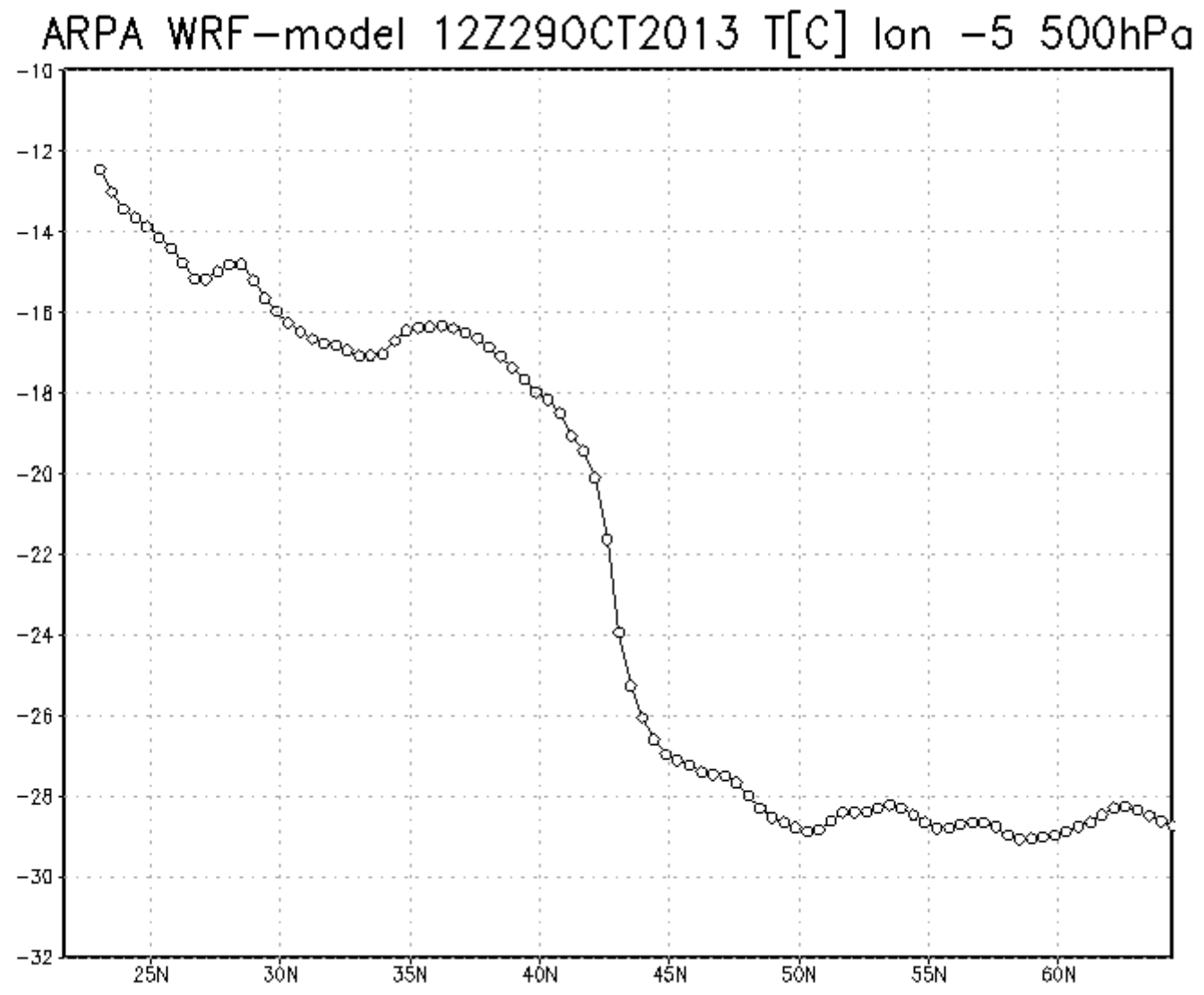


Le zone frontali: visione sulla superficie isobarica

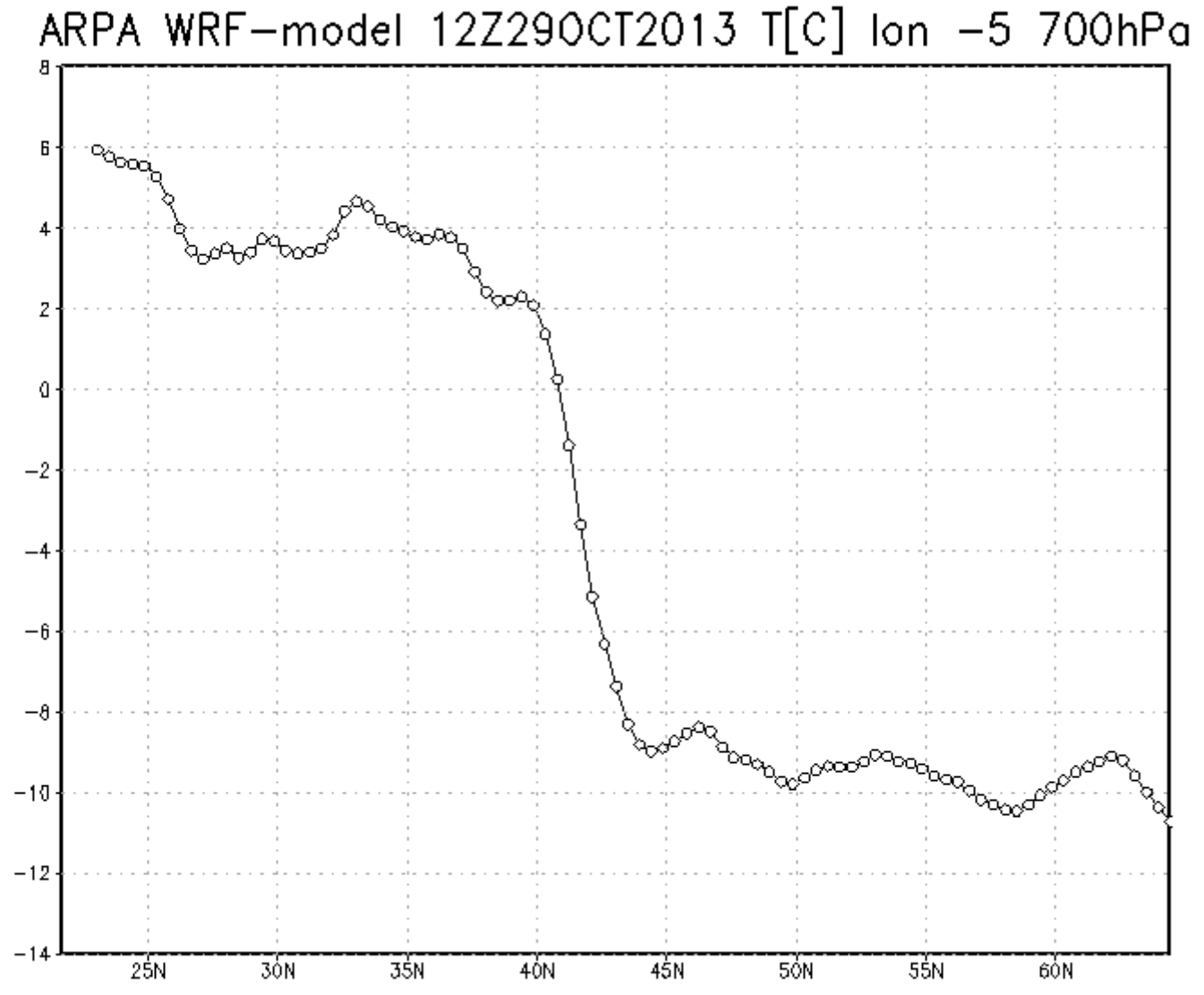
ARPA WRF-model 12Z29OCT2013 T[C] 500hPa



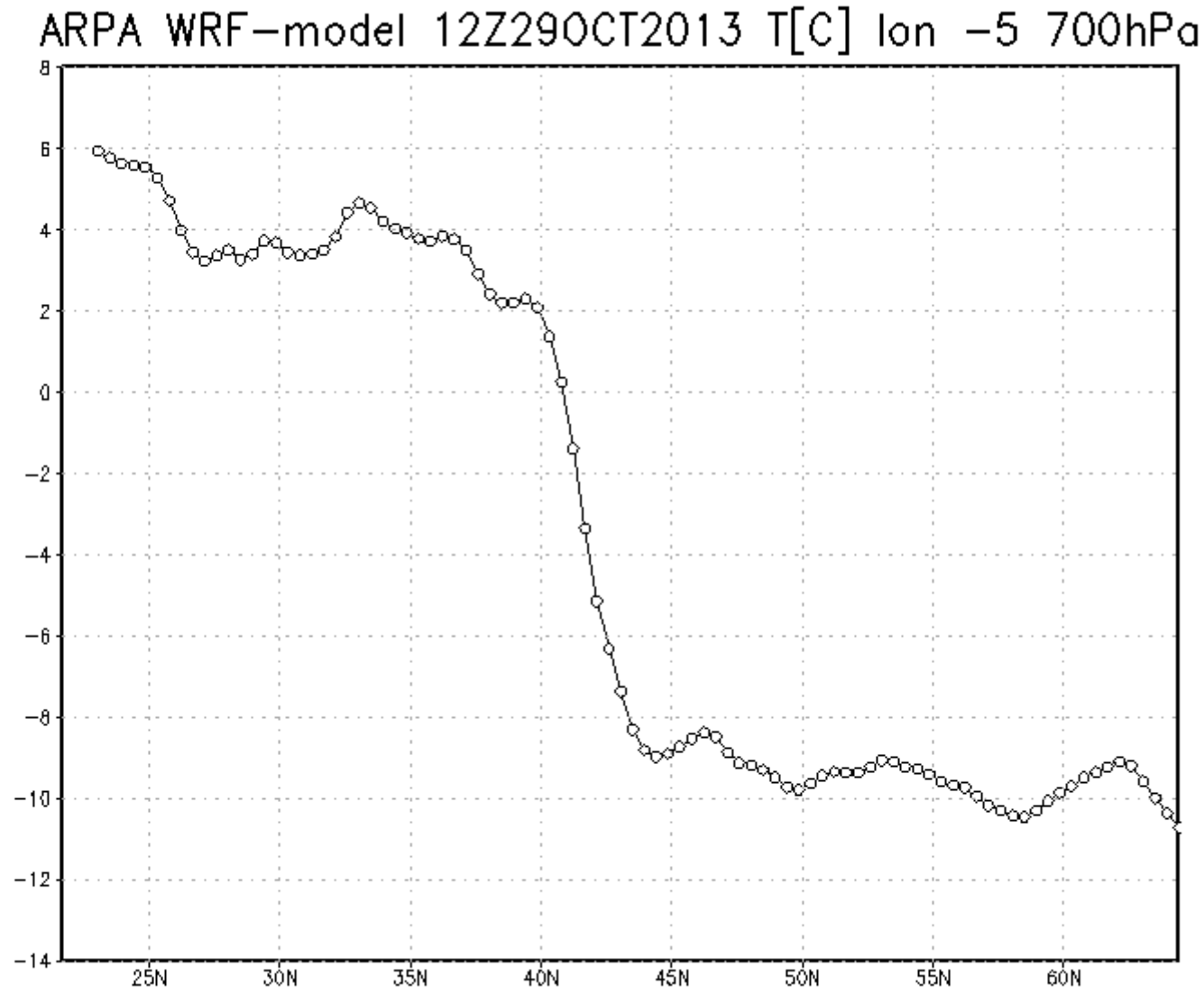
Le zone frontali: visione meridiana sulla superficie isobarica



Le zone frontali: visione meridiana sulla superficie isobarica

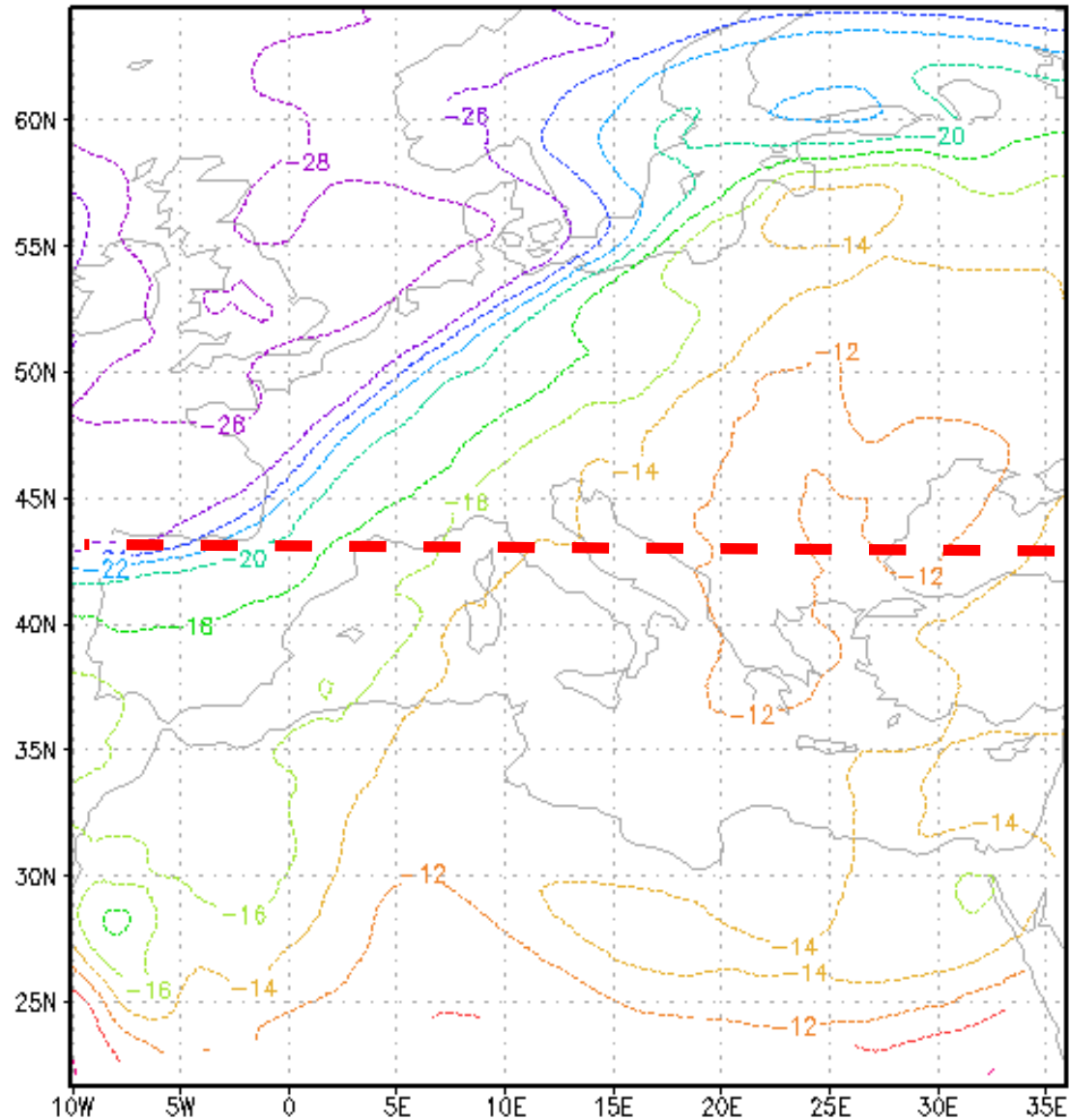


Le zone frontali: visione meridiana sulla superficie isobarica

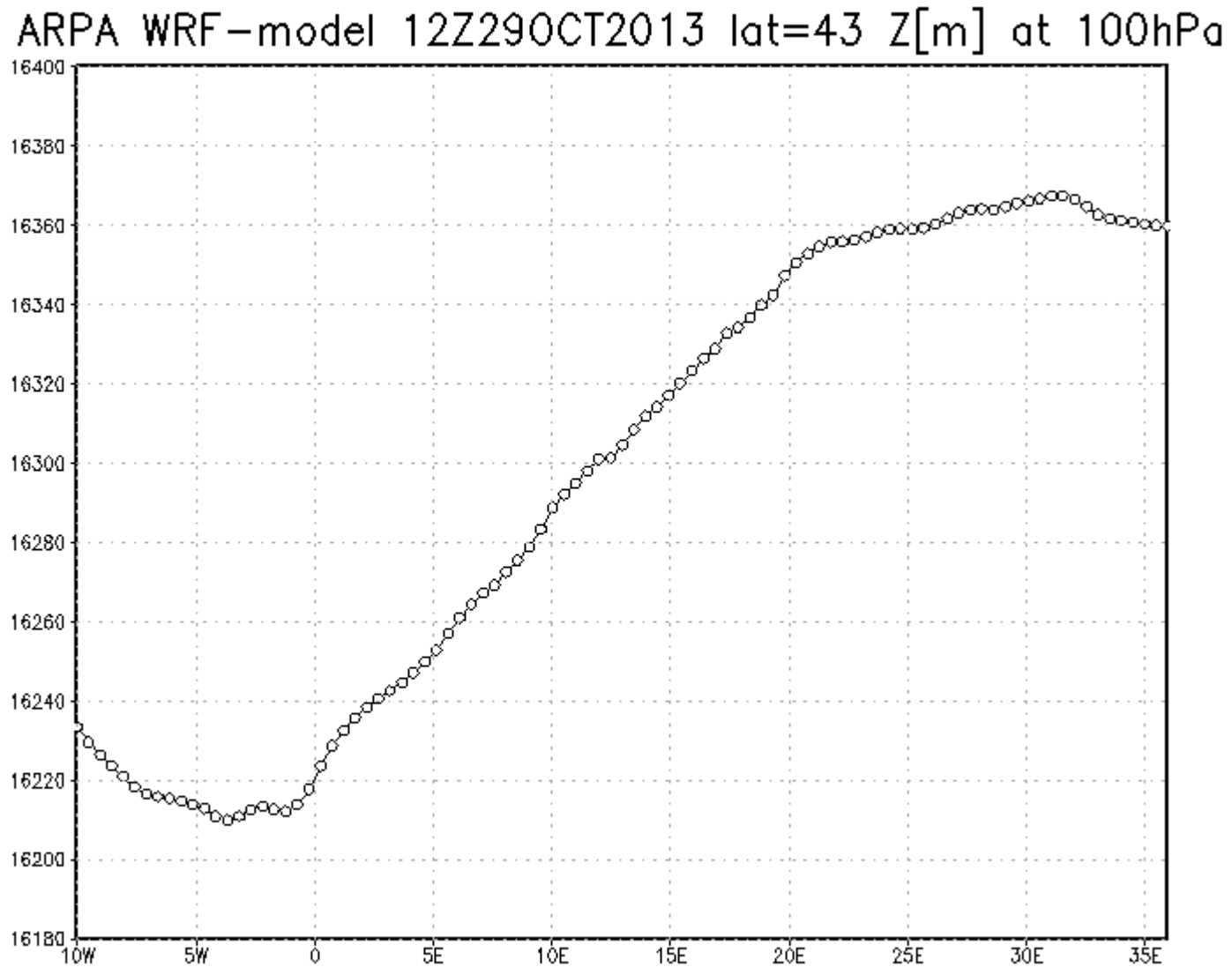


Le zone frontali: visione sulla superficie isobarica

ARPA WRF-model 12Z29OCT2013 T[C] 500hPa

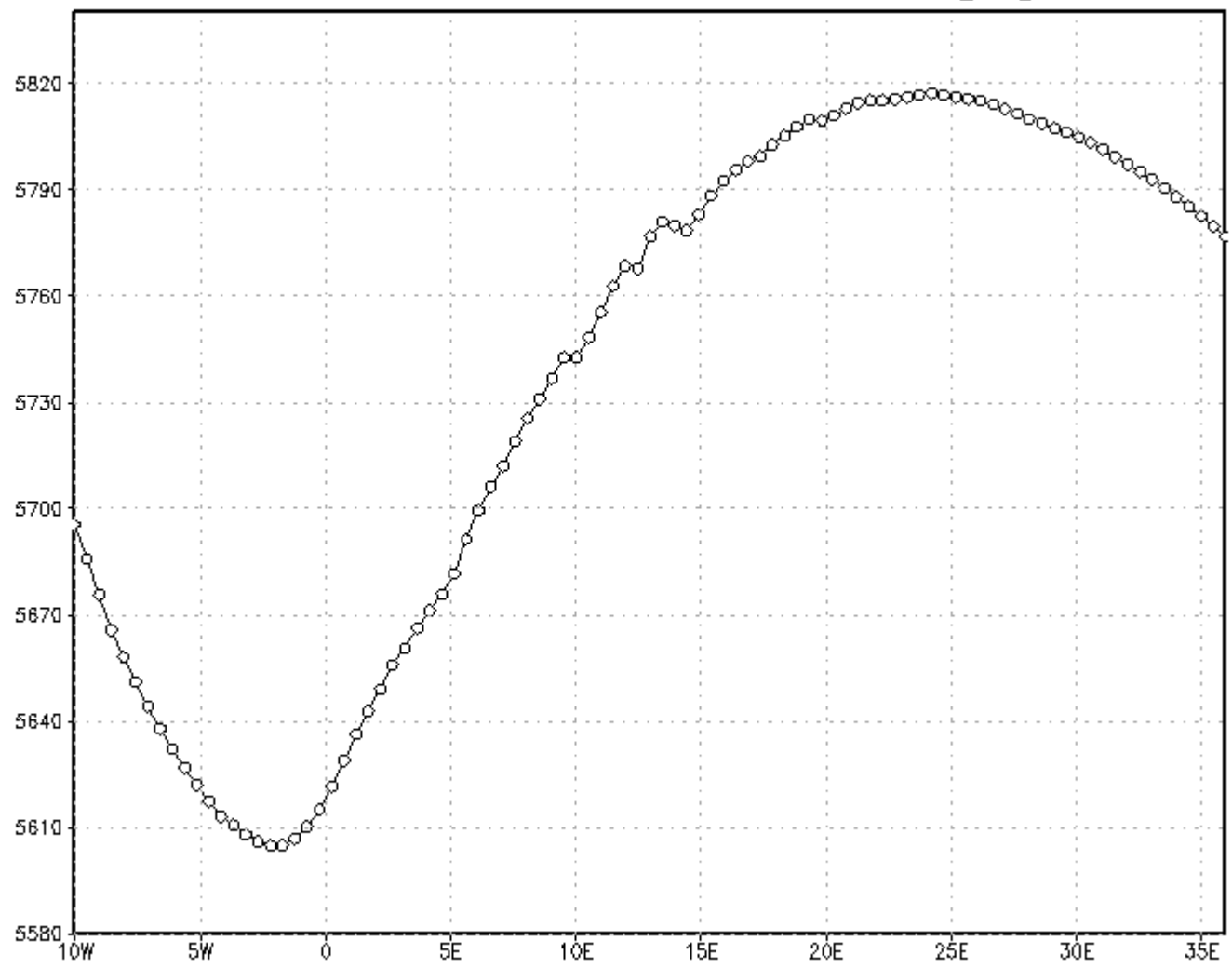


Le zone frontali: visione parallela sulla superficie isobarica



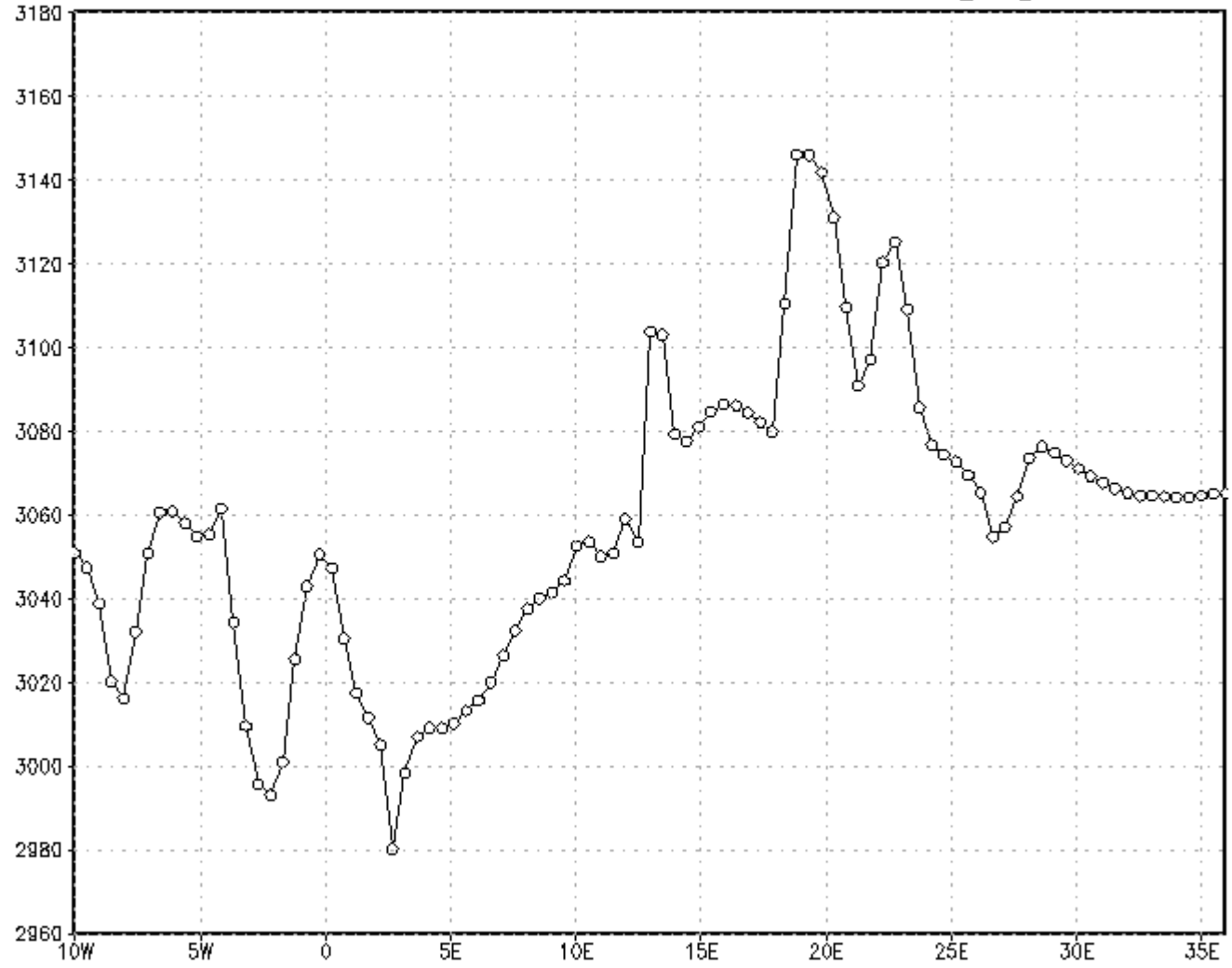
Le zone frontali: visione parallela sulla superficie isobarica

ARPA WRF-model 12Z29OCT2013 lat=43 Z[m] at 500hPa



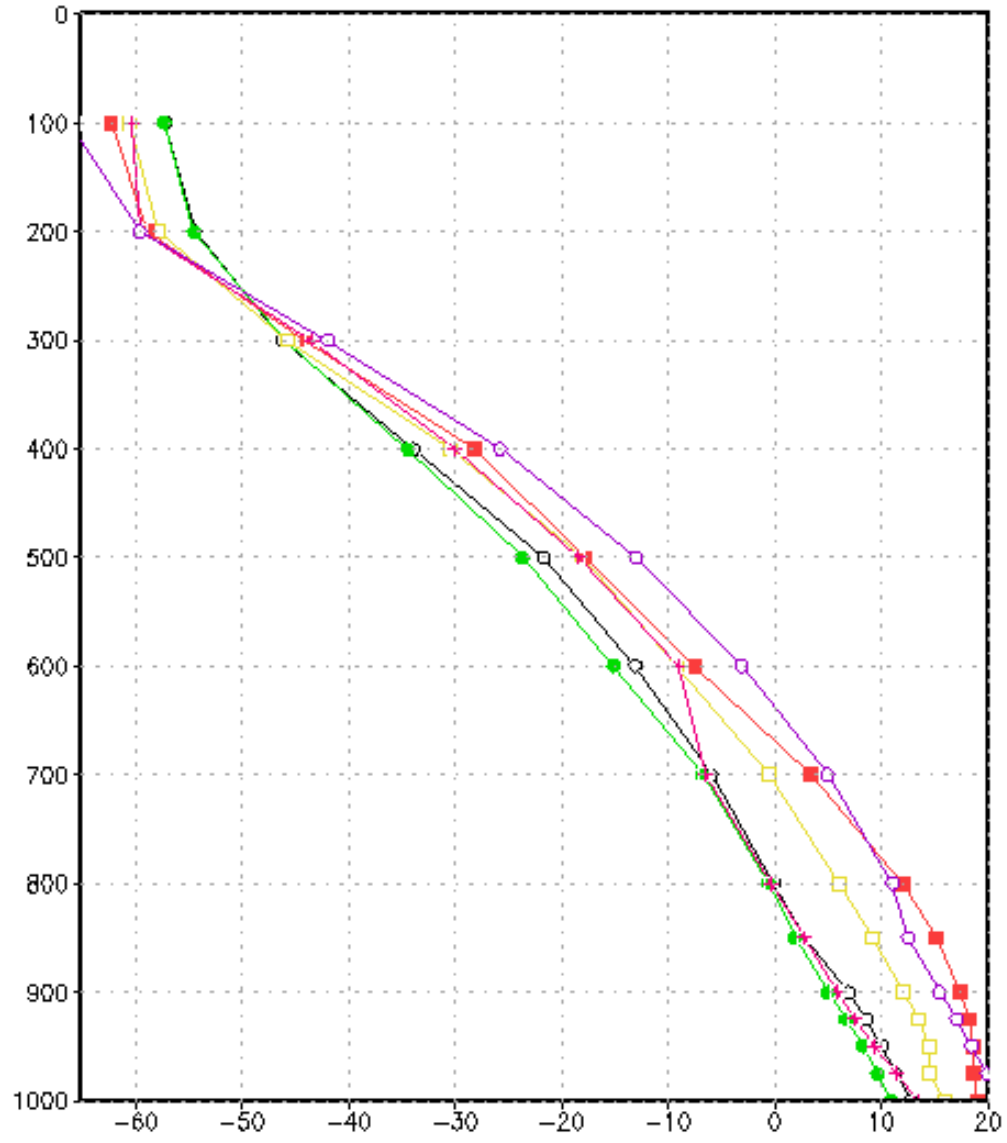
Le zone frontali: visione parallela sulla superficie isobarica

ARPA WRF-model 12Z29OCT2013 lat=43 Z[m] at 700hPa



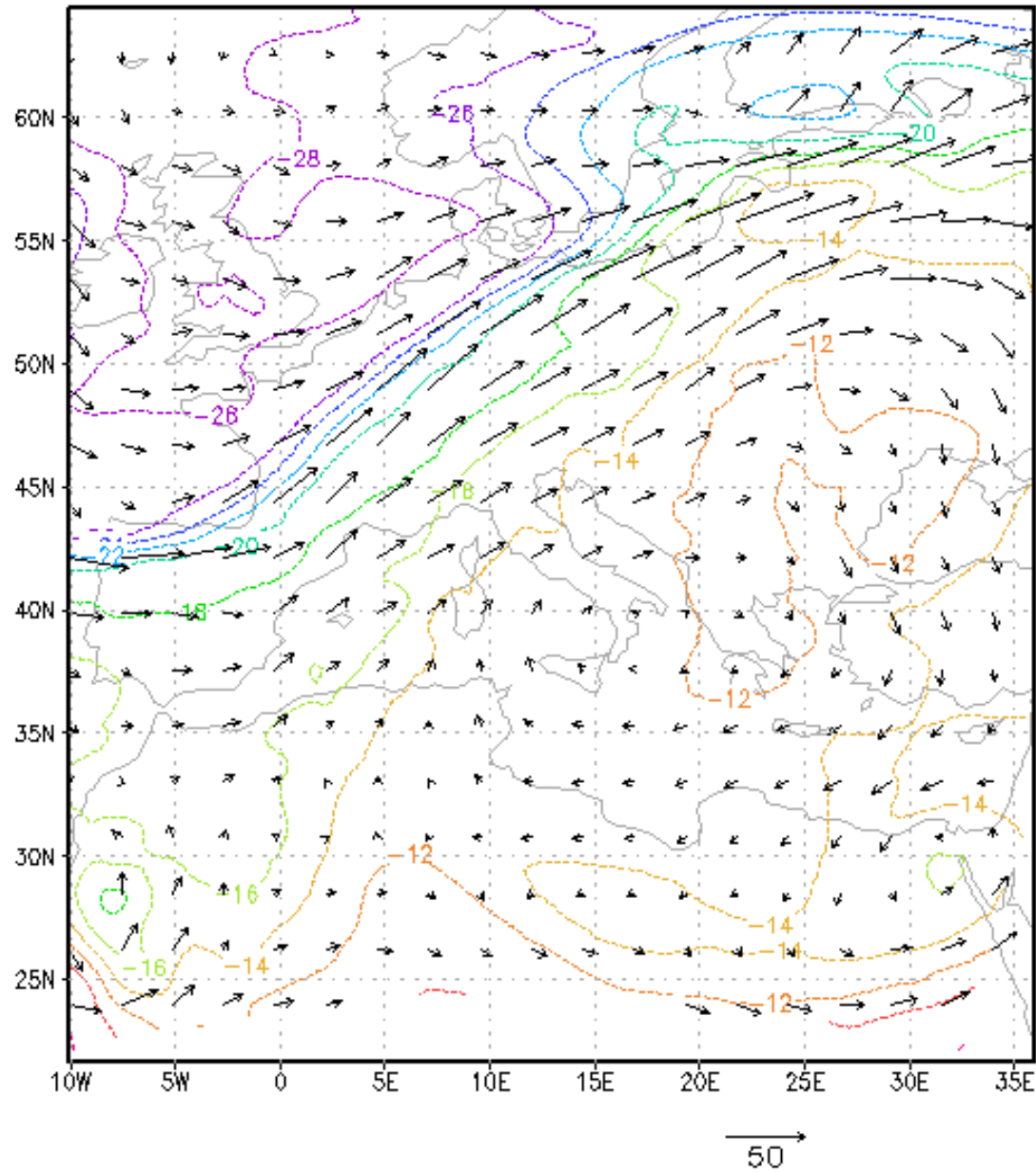
Profili termici verticali

ARPA WRF-model 12Z29OCT2013 (*,43) T[C]



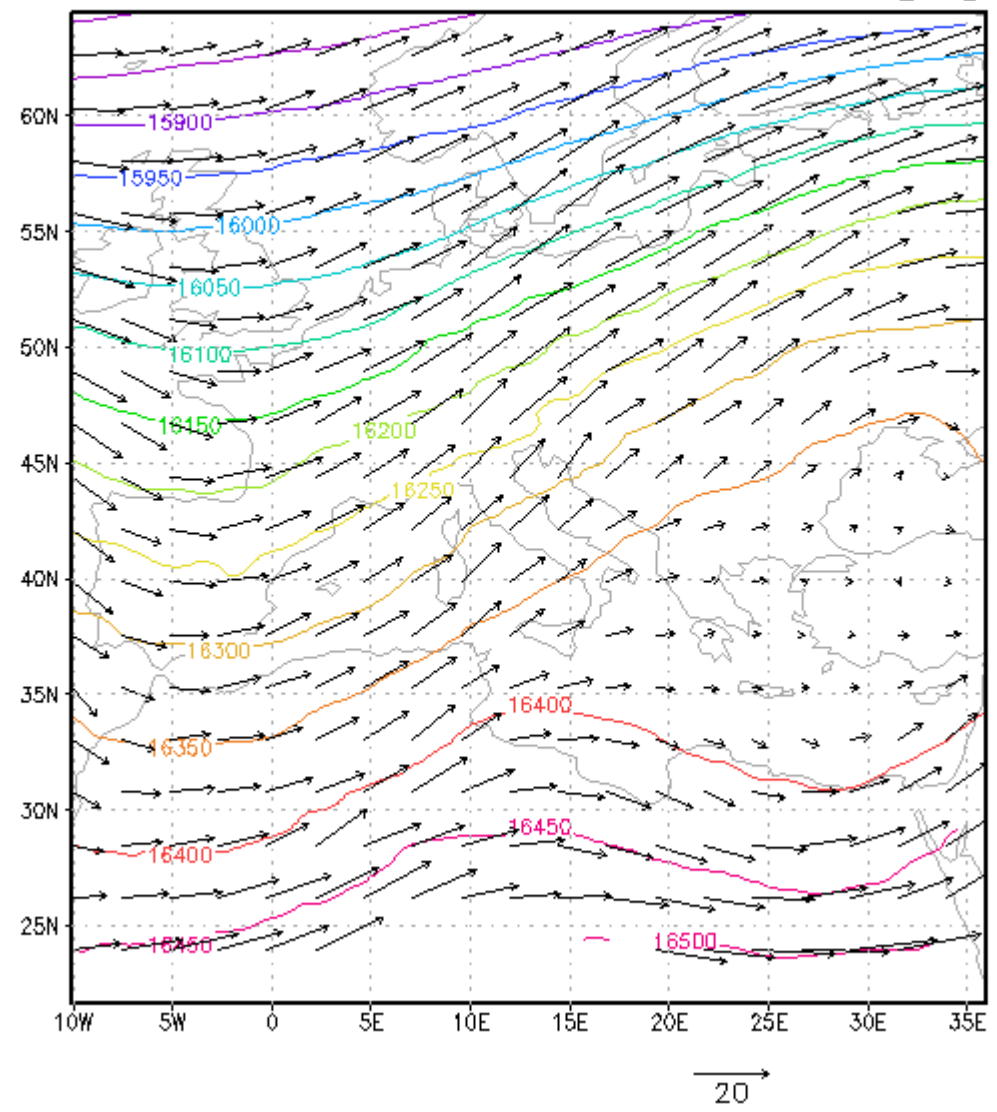
Vento geostrofico e avvezione termica

ARPA WRF-model 12Z29OCT2013 T[C] 500hPa



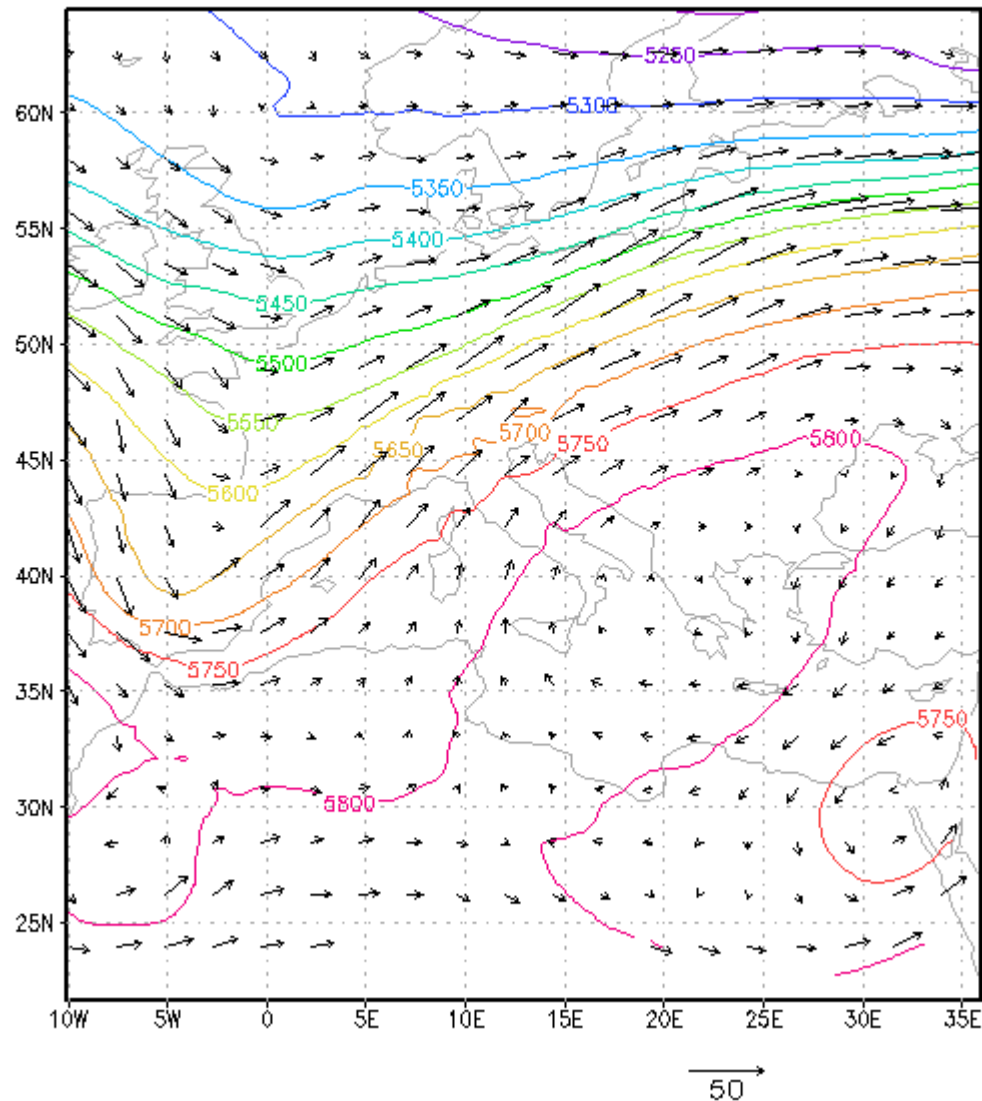
Vento geostrofico

ARPA FVG WRF-model on 12Z29OCT2013 - Z [m] at 100 hPa



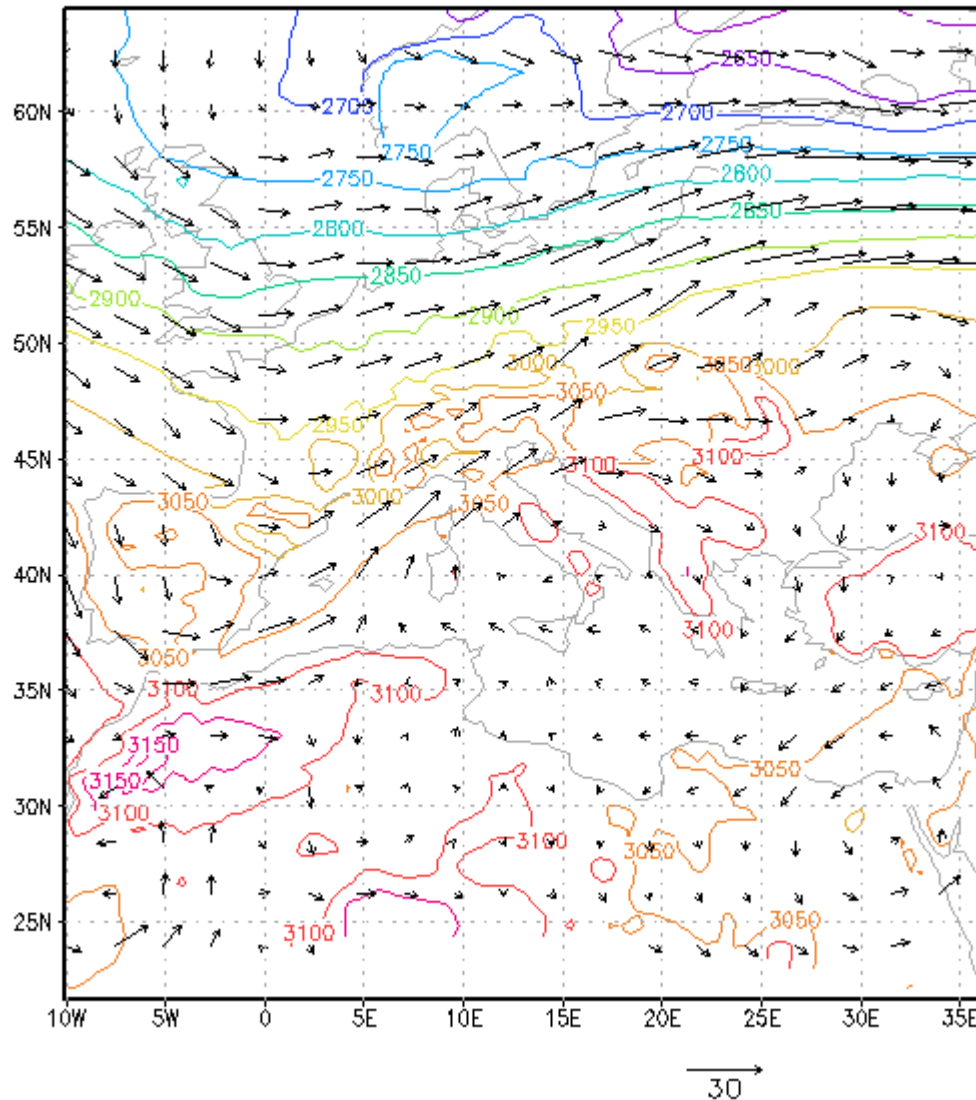
Vento geostrofico

ARPA FVG WRF-model on 12Z29OCT2013 - Z [m] at 500 hPa



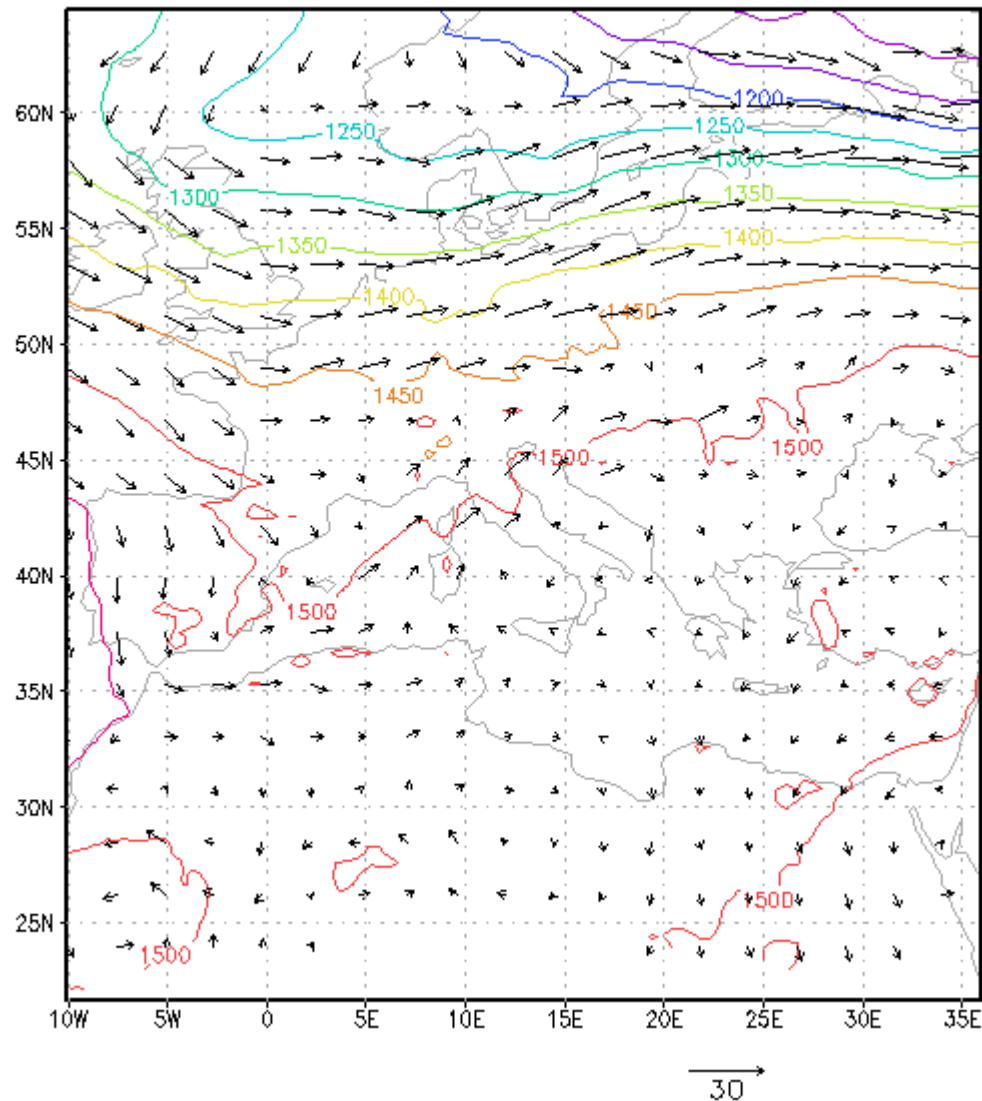
Vento geostrofico

ARPA FVG WRF-model on 12Z29OCT2013 - Z [m] at 700 hPa



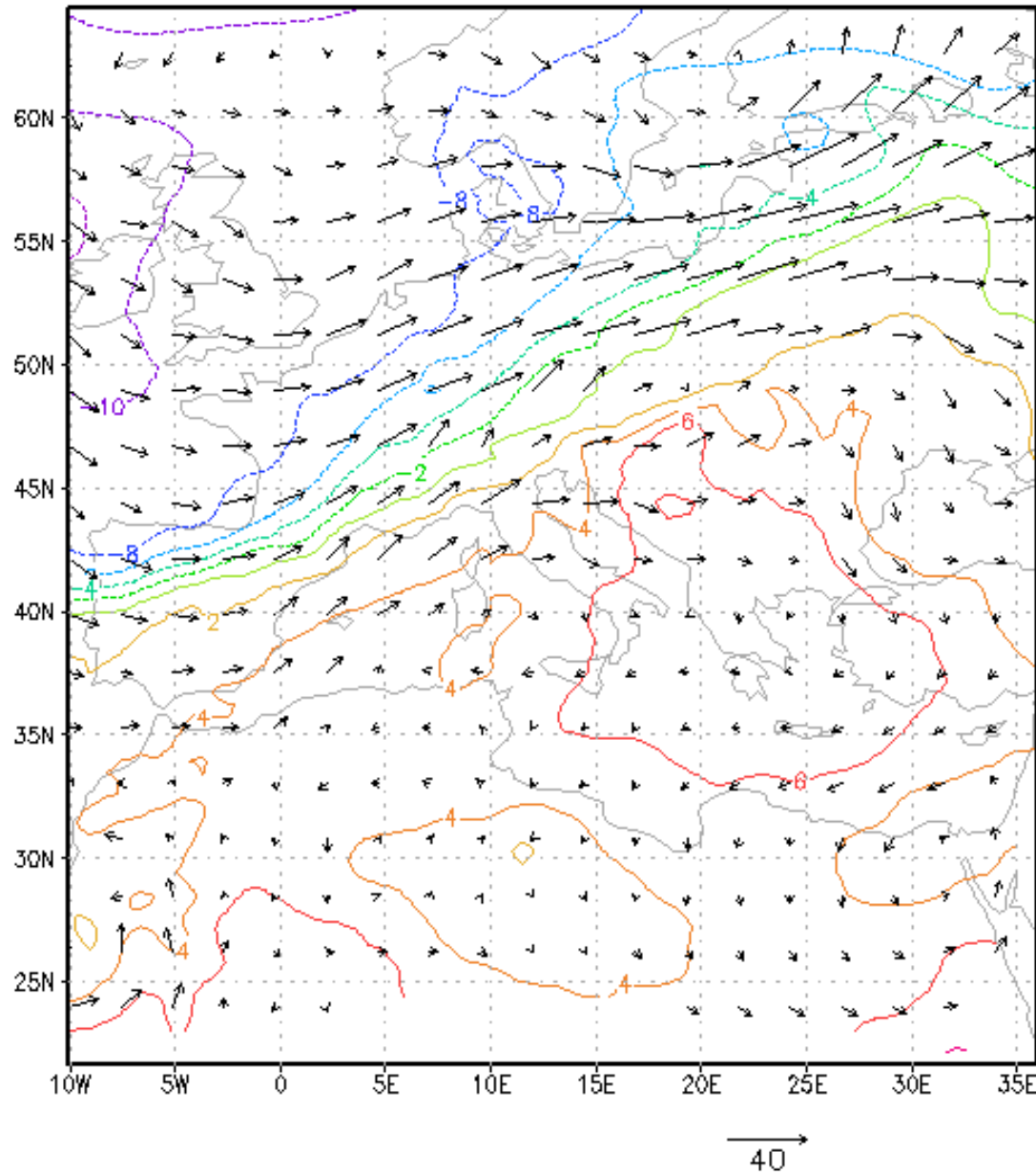
Vento geostrofico

ARPA FVG WRF-model on 12Z29OCT2013 - Z [m] at 850 hPa



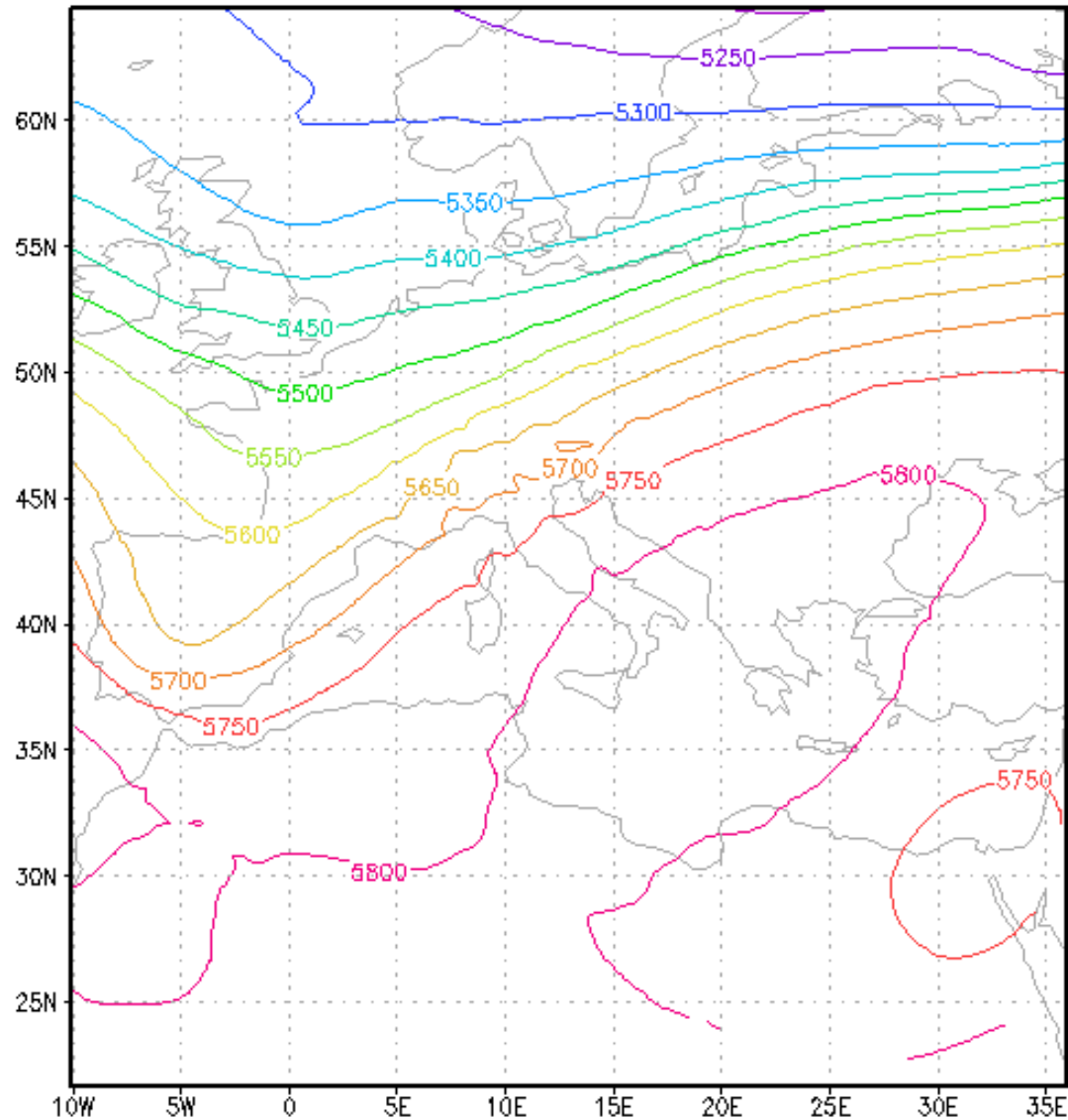
Vento geostrofico e avvezione termica

ARPA WRF-model 12Z29OCT2013 T[C] 700hPa



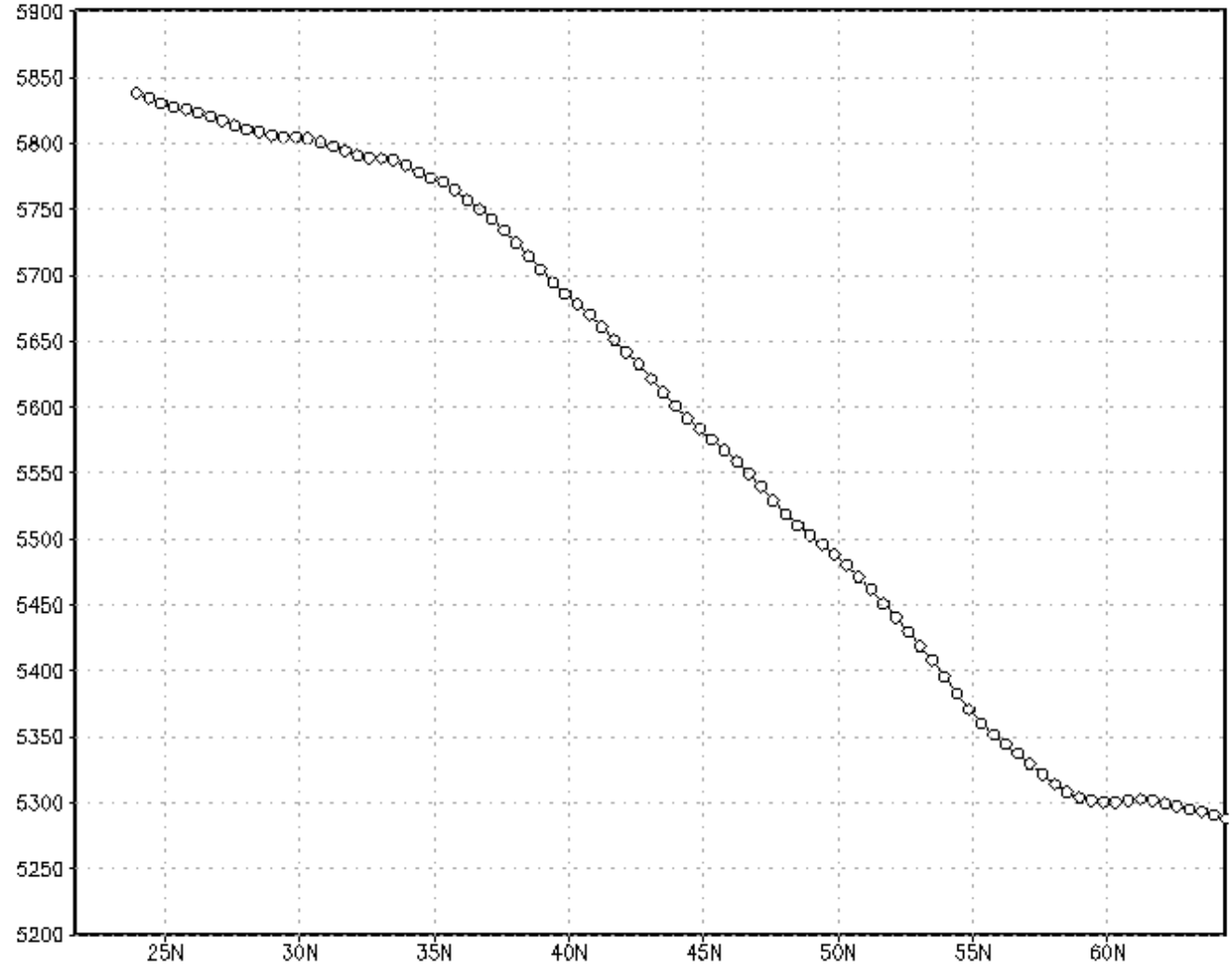
Altezza geopotenziale, visione su superficie isobarica

ARPA FVG WRF-model on 12Z29OCT2013 - Z [m] at 500 hPa



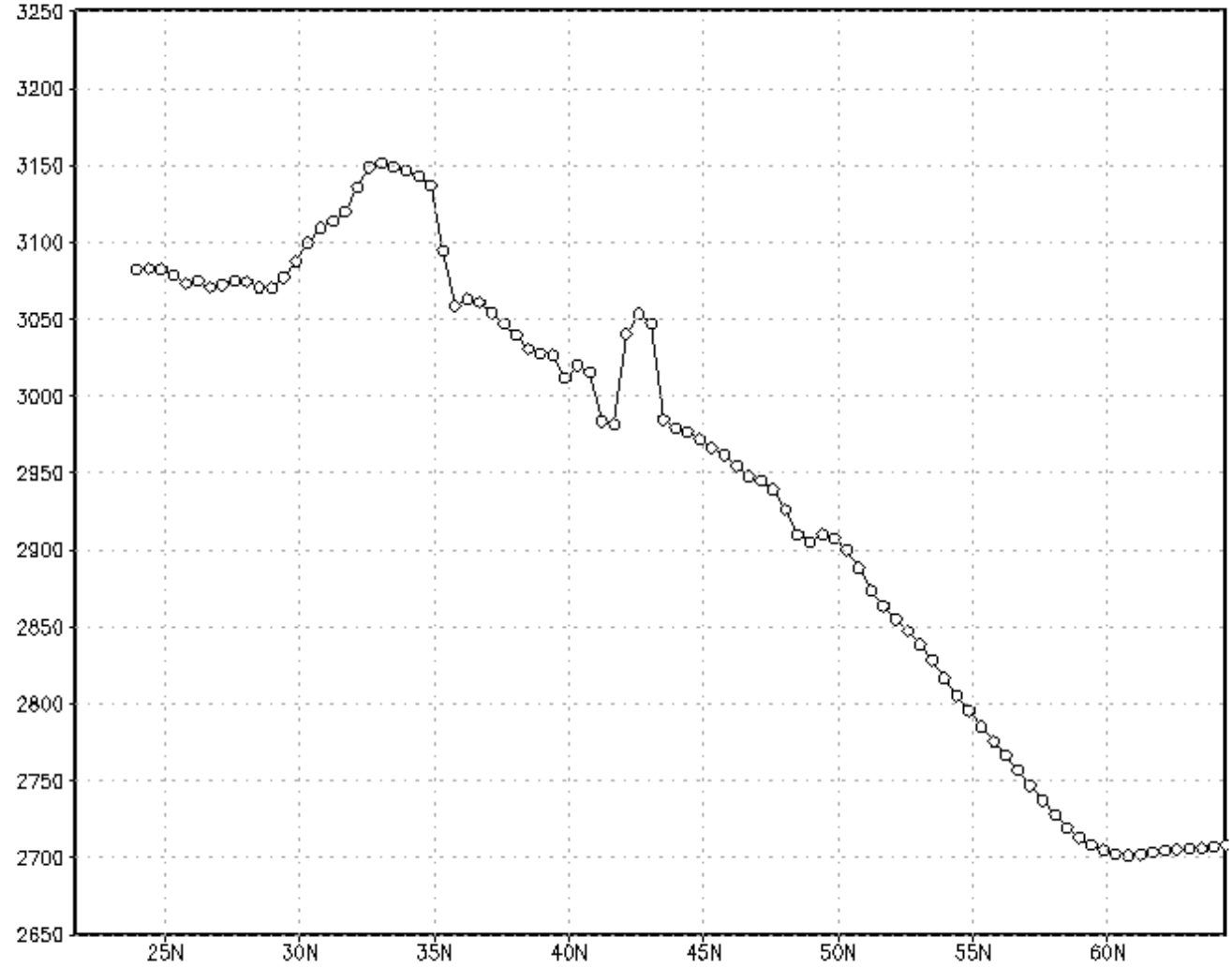
Altezza geopotenziale, visione meridiana su superficie isobarica

ARPA WRF-model 12Z29OCT2013 lon=0 Z[m] at 500 hPa



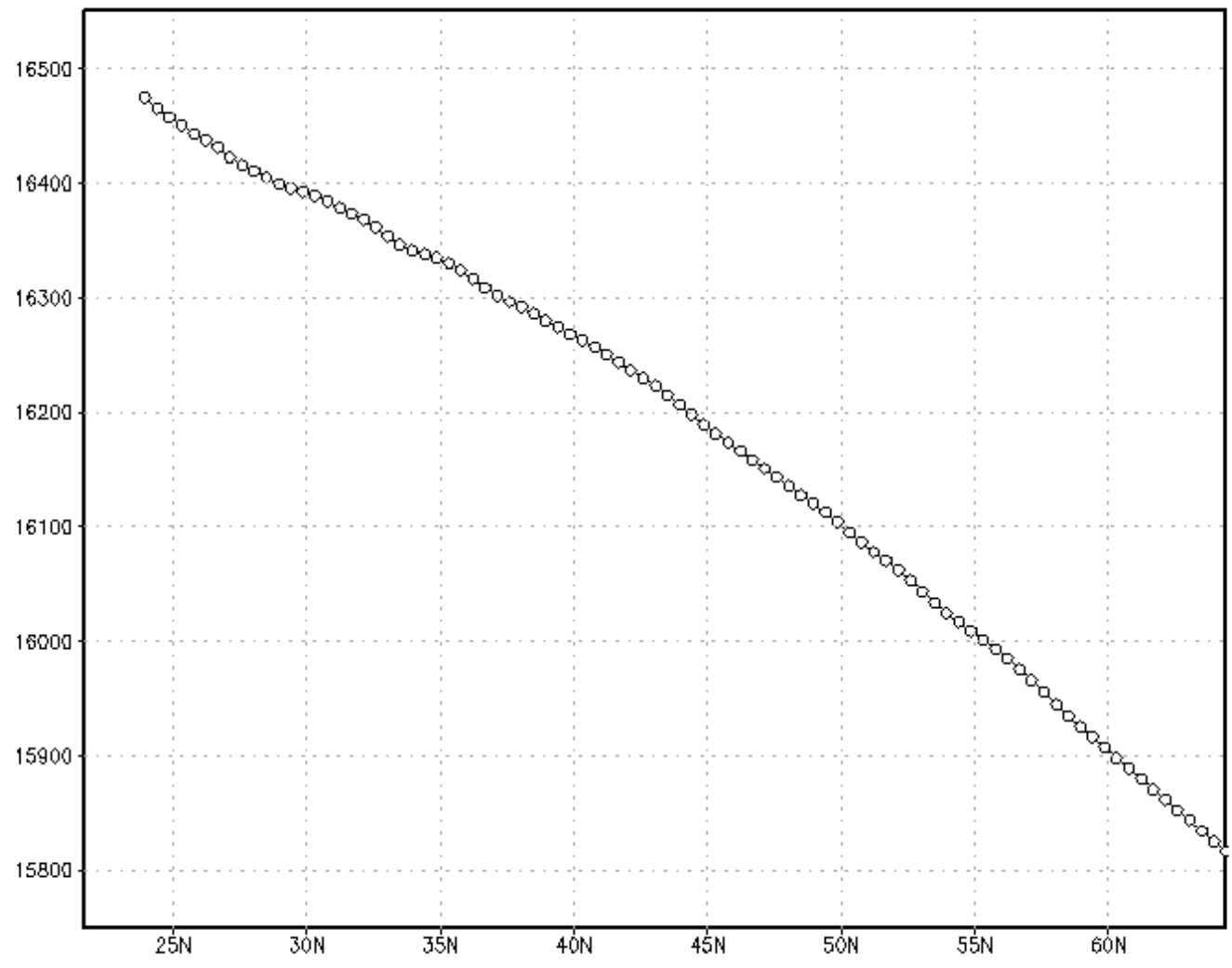
Altezza geopotenziale, visione meridiana su superficie isobarica

ARPA WRF-model 12Z29OCT2013 lon=0 Z[m] at 700 hPa



Altezza geopotenziale, visione meridiana su superficie isobarica

ARPA WRF-model 12Z29OCT2013 lon=0 Z[m] at 100 hPa



Stabilità e instabilità atmosferica

$$\frac{d\theta}{dz} = \frac{\theta}{T} \left(\frac{dT_s}{dz} - \frac{dT_p}{dz} \right) \quad \text{con} \quad \frac{dT_p}{dz} = -\frac{g}{c_p},$$

dove $\frac{dT_s}{dz}$ è il gradiente termico verticale dell'ambiente e $\frac{dT_p}{dz}$ è il cosiddetto *dry adiabatic lapse rate* del volume d'aria secca che vale circa -9.8 K/km. Si possono così distinguere le seguenti situazioni:

- quando $\frac{dT_s}{dz} > \frac{dT_p}{dz} \Rightarrow \frac{d\theta}{dz} > 0 \Rightarrow$ situazione stabile nel tempo;
- quando $\frac{dT_s}{dz} = \frac{dT_p}{dz} \Rightarrow \frac{d\theta}{dz} = 0 \Rightarrow$ situazione neutra nel tempo;
- quando $\frac{dT_s}{dz} < \frac{dT_p}{dz} \Rightarrow \frac{d\theta}{dz} < 0 \Rightarrow$ situazione instabile nel tempo.

Stabilità e instabilità atmosferica e il gradiente della temperatura potenziale

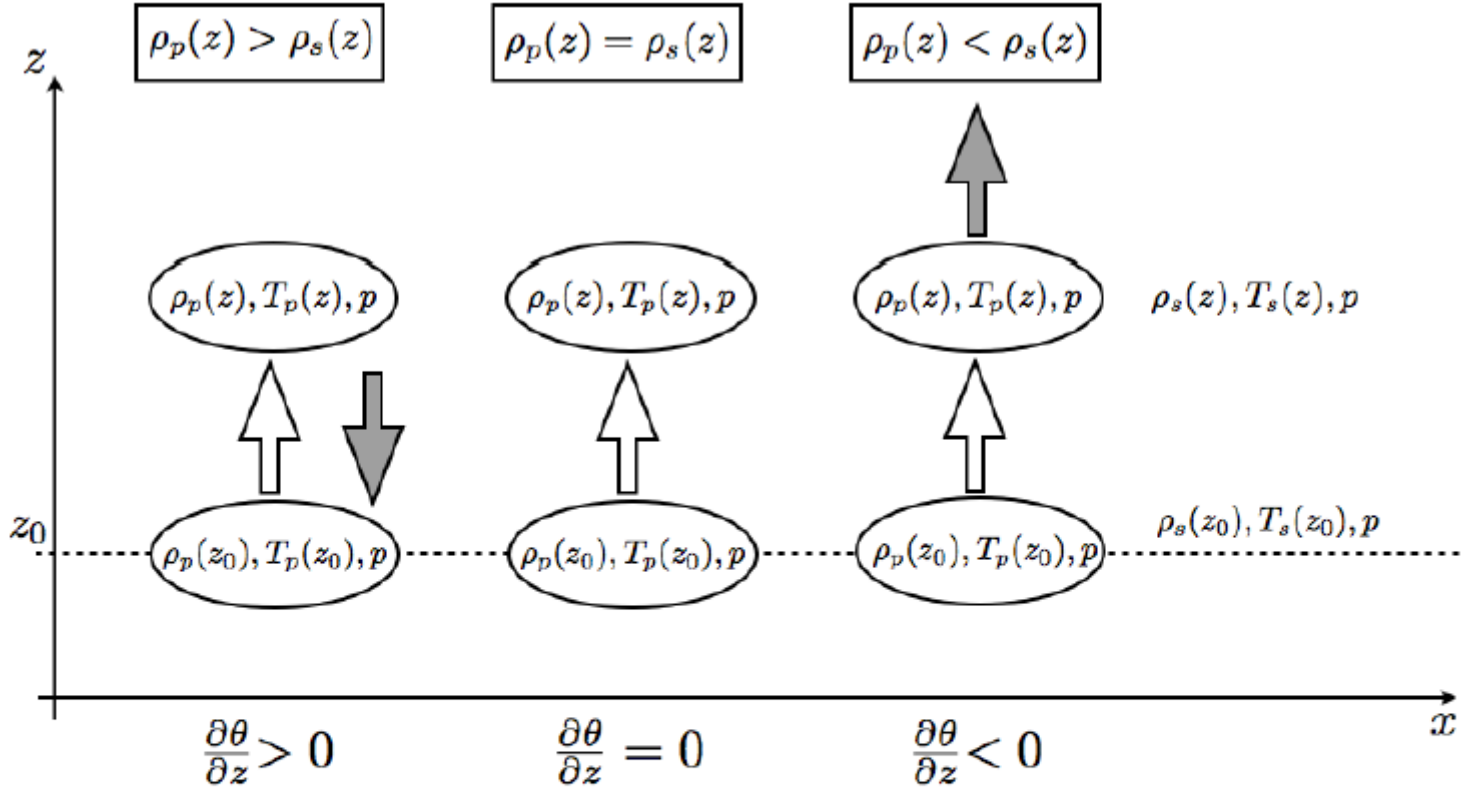


Figura 1.1: Atmosfera stabile, neutrale e instabile. Nella figura sono riportati i casi in cui la densità del volume di aria unitario è maggiore, uguale e minore di quella esterna. La freccia bianca indica la perturbazione dall'equilibrio che subisce il volume mentre la freccia grigia indica il moto che segue la perturbazione. Si distinguono, da sinistra verso destra, tre situazioni: il volume torna all'equilibrio (stabilità), resta fermo (neutralità) e si allontana dalla posizione di equilibrio (instabilità).

Vantaggi e svantaggi dell'uso delle coordinate isoentropiche

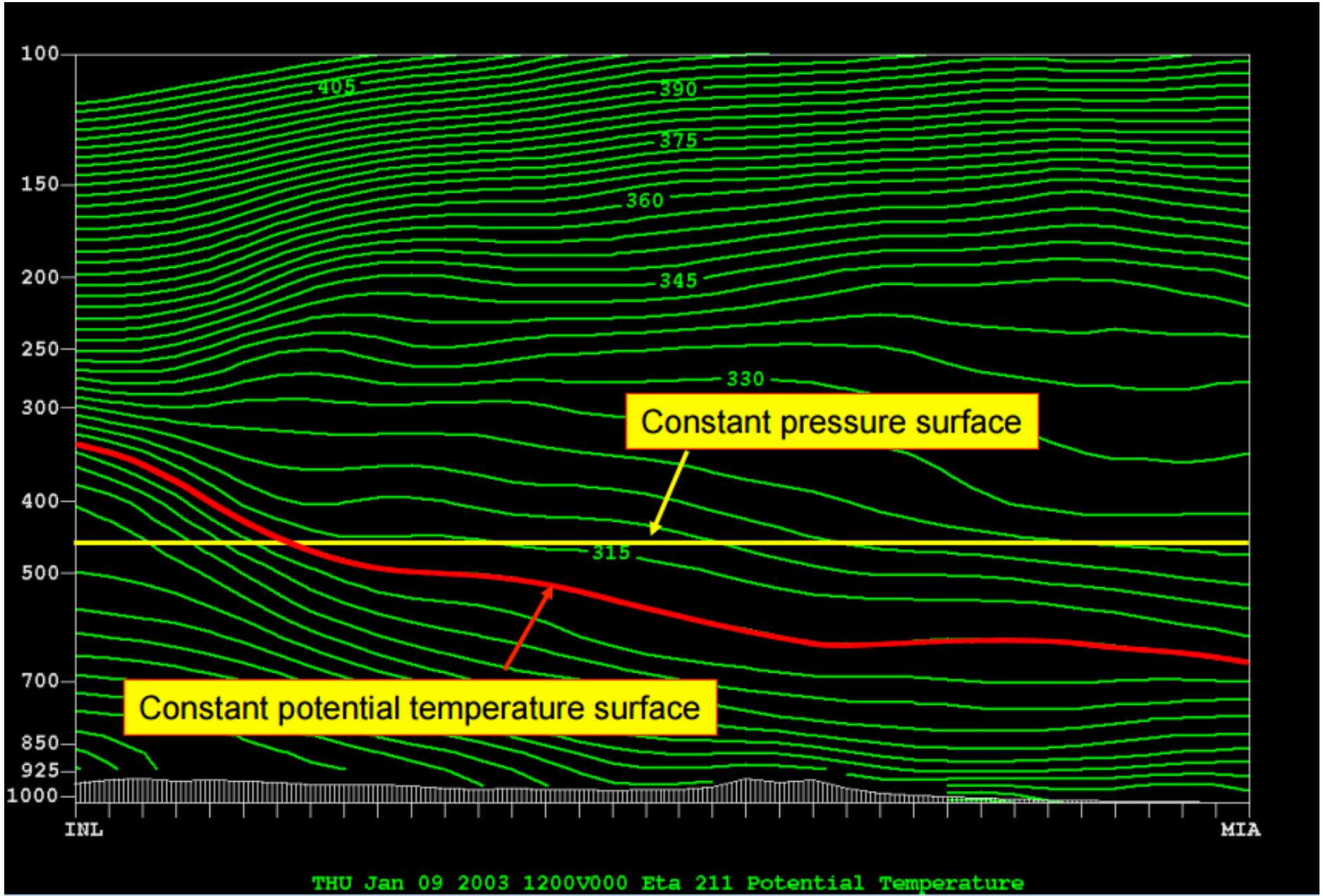
Vantaggi

- alla scala sinottica l'atmosfera è molto verosimilmente in equilibrio idrostatico e i moti sono adiabatici, quindi lungo superfici isoentropiche;
- I moti dell'aria descritti su superfici isoentropiche sono molto più realistici di quelli descritti su superfici isobariche;

Svantaggi

- le superfici isoentropiche non sono definibili in zone ove l'atmosfera è instabile;
- le superfici isoentropiche sono spesso molto inclinate rispetto alla direzione indicata dal vettore accelerazione gravità;
- le superfici isoentropiche intersecano spesso la superficie planetaria;

Esempio di coordinate isoentropiche



Esempio di sezione verticale dell'atmosfera e coordinate isoentropiche

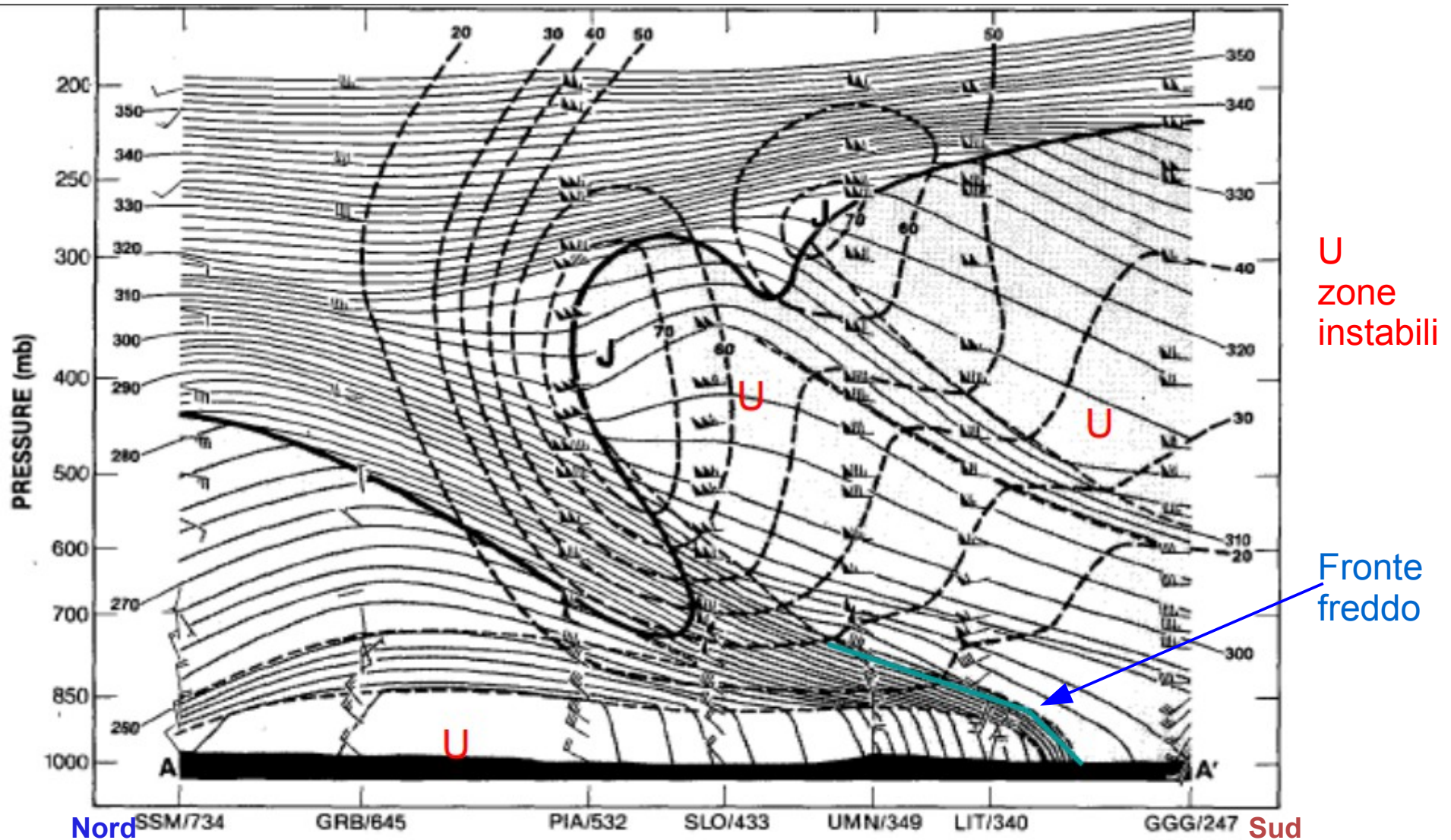


FIG. 9. Cross-section analysis of potential temperature (K, thin solid lines) and wind speed (m s^{-1} , heavy dashed lines) between Sault Sainte Marie, Michigan, and Longview, Texas, along the projection line AA' of Figs. 7 and 8 at 0000 UTC 20 January 1985. Heavy solid line marks the tropopause ($10^{-7} \text{ K s}^{-1} \text{ mb}^{-1}$ isopleth of potential vorticity). Thin dashed lines indicate the tropospheric frontal and stable layer boundaries. Wind vectors are the same as in Fig. 2.

Moti atmosferici alla mesoscala e barriere orografiche



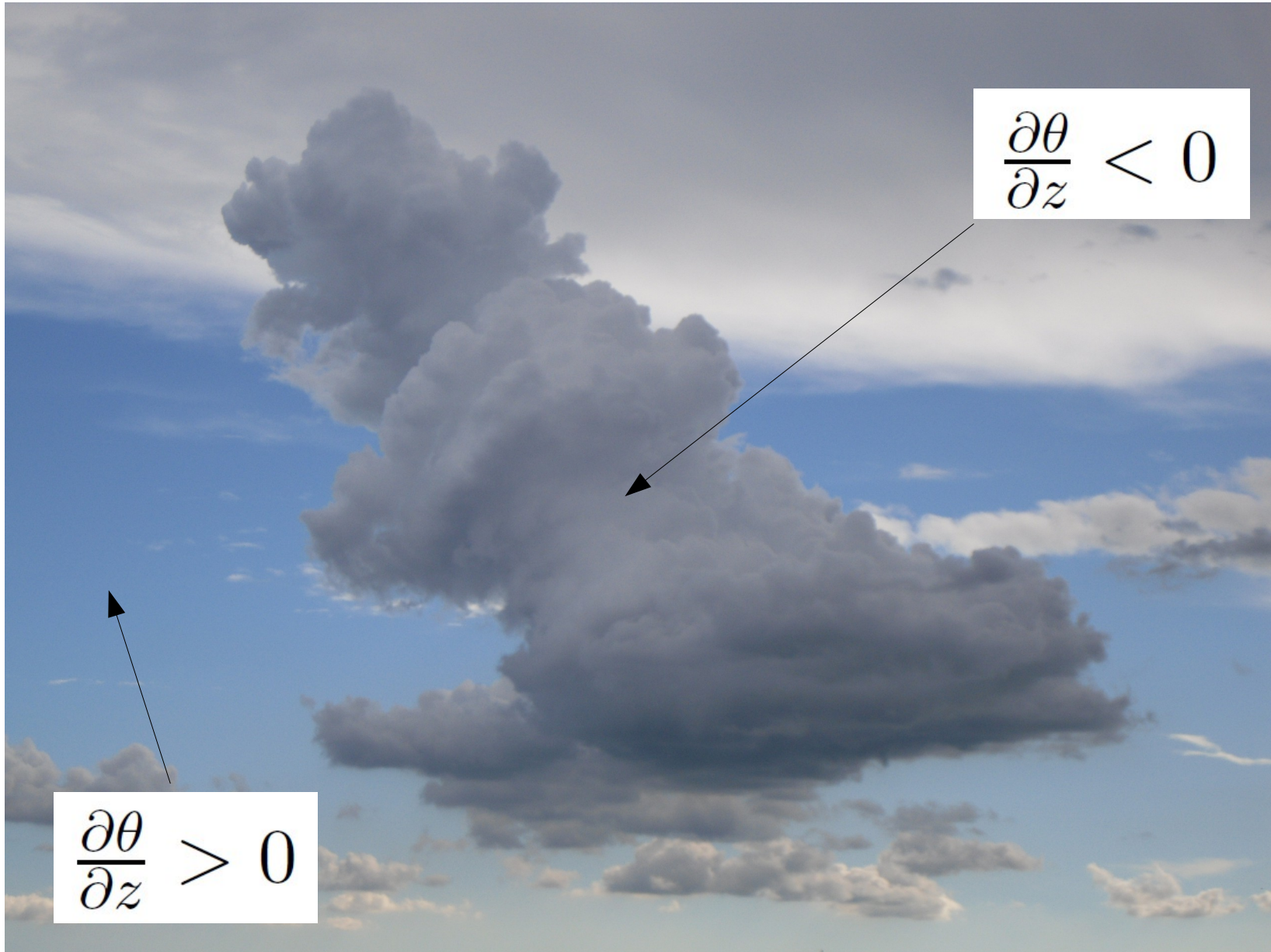
Moti atmosferici alla mesoscala e barriere orografiche



Nubi e stabilità atmosferica



Nubi e instabilità atmosferica localizzata



Nubi e instabilità atmosferica diffusa nei bassi strati



Nubi e instabilità atmosferica diffusa in tutta la troposfera

