

Analisi di simulazioni temporali dello strato limite atmosferico tramite modello WRF

Pierluigi Masai

Università degli studi di Trieste
ARPA FVG - gruppo CRMA

06/11/2017

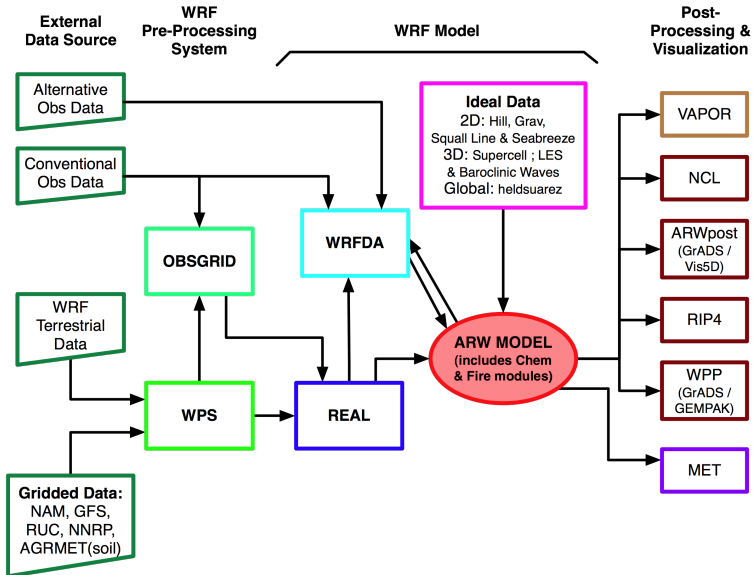


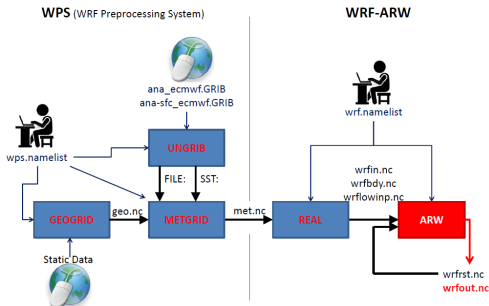
- 1 Il modello WRF
- 2 Lo strato limite atmosferico
- 3 Casi studio
 - Temperatura in Friuli nel 2016
 - 18/01/2016: stabilità notturna
 - 23/03/2016: turbolenza meccanica
 - 28/06/2016: precipitazioni pomeridiane
 - 06/11/2016: avvezione di aria fredda
- 4 Conclusioni

- 1 Il modello WRF
- 2 Lo strato limite atmosferico
- 3 Casi studio
 - Temperatura in Friuli nel 2016
 - 18/01/2016: stabilità notturna
 - 23/03/2016: turbolenza meccanica
 - 28/06/2016: precipitazioni pomeridiane
 - 06/11/2016: avvezione di aria fredda
- 4 Conclusioni

- Simula l'evoluzione dell'atmosfera
- Implementa un gran numero di parametrizzazioni
- È uno dei programmi più avanzati in materia

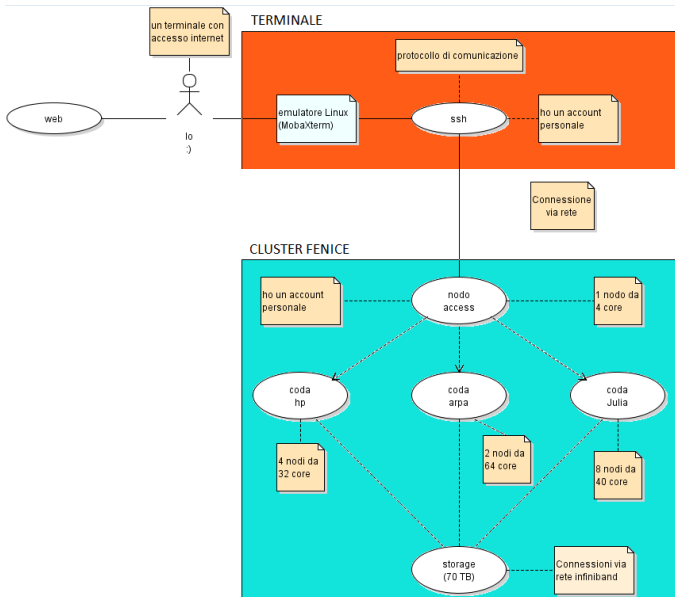
WRF Modeling System Flow Chart





- I file di output sono in un particolare formato: NetCDF
- Per esplorare la grande mole di dati si ricorre a opportuni operatori: CDO
- Tutto viene gestito con comandi da terminale in Bash
- Le operazioni sono svolte su un cluster di calcolo, anche in parallelo

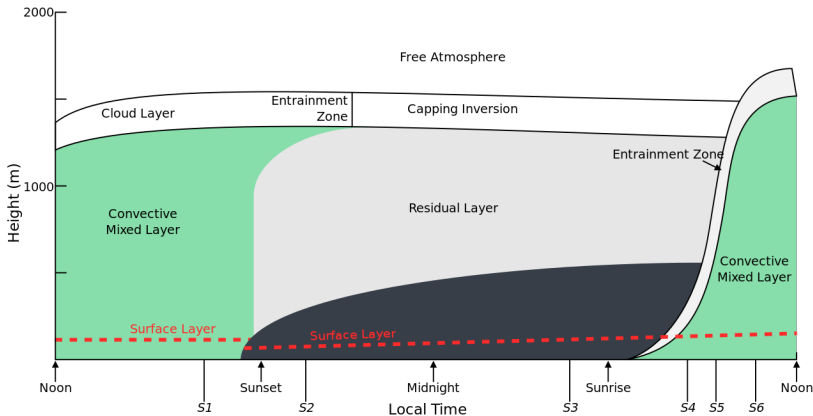
Schema cluster di calcolo



- 1 Il modello WRF
- 2 Lo strato limite atmosferico
- 3 Casi studio
 - Temperatura in Friuli nel 2016
 - 18/01/2016: stabilità notturna
 - 23/03/2016: turbolenza meccanica
 - 28/06/2016: precipitazioni pomeridiane
 - 06/11/2016: avvezione di aria fredda
- 4 Conclusioni

Lo strato limite atmosferico (ABL)

- Parte dell'atmosfera direttamente influenzata dalla superficie tramite:
 - a scambi di energia (radiazione, ...)
 - b scambi di materia (vapore,...)
 - c scambi di quantità di moto
- Varia sensibilmente a dipendenza di ora, latitudine, periodo dell'anno



La stabilità dell'ABL

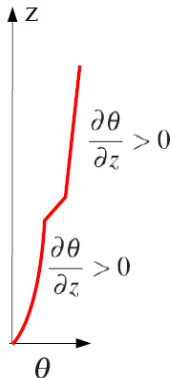
- Ci sono diversi parametri per studiare la stabilità dell'ABL:

a Temperatura potenziale $\theta = T \left(\frac{P_0}{P} \right)^{\frac{R}{C_p}}$

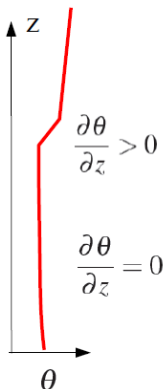
b Frequenza di Brunt-Väisälä $N^2 = \frac{g}{\theta} \frac{\partial \theta}{\partial z}$

c Numero di Richardson $Ri = \frac{N^2}{\left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)^2}$

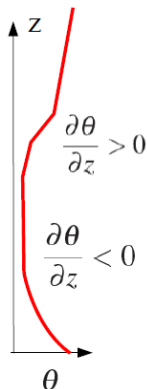
ABL **stabile**



ABL **neutro**



ABL **instabile**






Il numero di Richardson

Richardson number \rightarrow Bulk Richardson number

$$Ri = \frac{g}{\theta} \frac{\partial \theta}{\partial z} \frac{\partial u}{\partial z} \xrightarrow{\text{discretizzando}} R_B = \frac{g}{\theta} \frac{\Delta \theta \Delta z}{(\Delta u)^2}$$

$$Ri \in [-\infty; \infty]$$

Richardson Number	Flow Characteristics
$Ri < 0$	 Unstable
$Ri > 0.25$	 Stable Laminar Flow
$Ri = 0 \text{ to } 0.25$	 Neutral Stability - Laminar to Turbulent Flow Transition

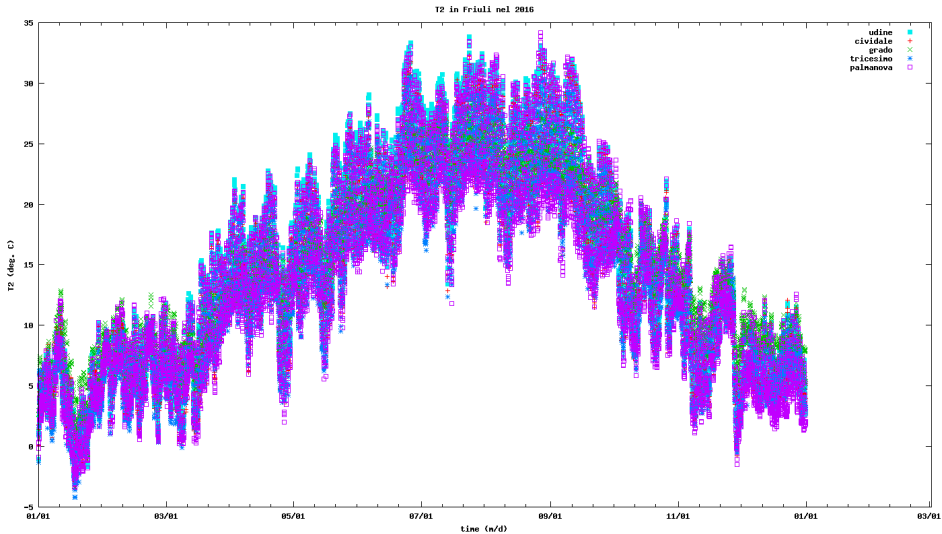
u	velocità orizzontale	$m \cdot s^{-1}$
θ	temperatura potenziale	K
z	quota	m
g	accelerazione di gravità	$m \cdot s^{-2}$

Si è considerata la quantità $sgn(Ri) \cdot (1 - e^{-abs(Ri)})$

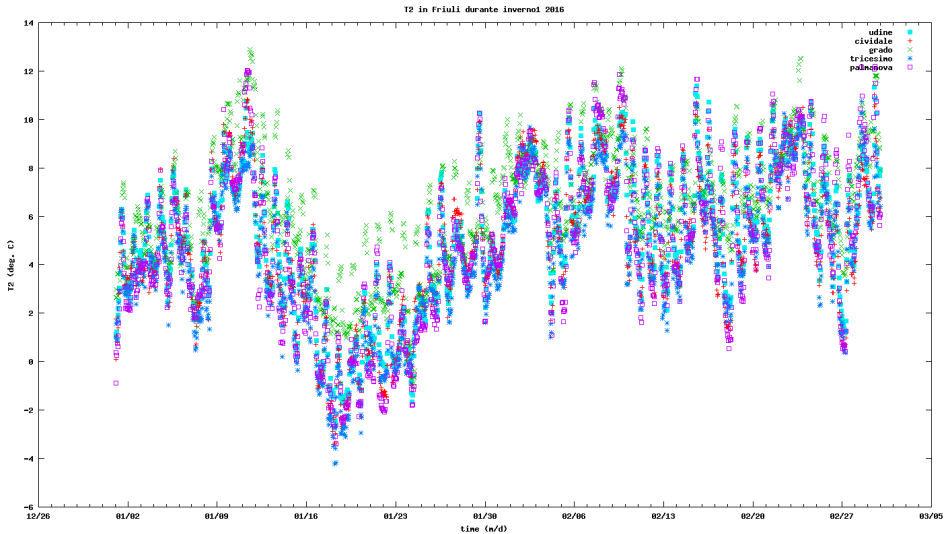
- 1 Il modello WRF
- 2 Lo strato limite atmosferico
- 3 **Casi studio**
 - Temperatura in Friuli nel 2016
 - 18/01/2016: stabilità notturna
 - 23/03/2016: turbolenza meccanica
 - 28/06/2016: precipitazioni pomeridiane
 - 06/11/2016: avvezione di aria fredda
- 4 Conclusioni

- 1 Il modello WRF
- 2 Lo strato limite atmosferico
- 3 Casi studio
 - Temperatura in Friuli nel 2016
 - 18/01/2016: stabilità notturna
 - 23/03/2016: turbolenza meccanica
 - 28/06/2016: precipitazioni pomeridiane
 - 06/11/2016: avvezione di aria fredda
- 4 Conclusioni

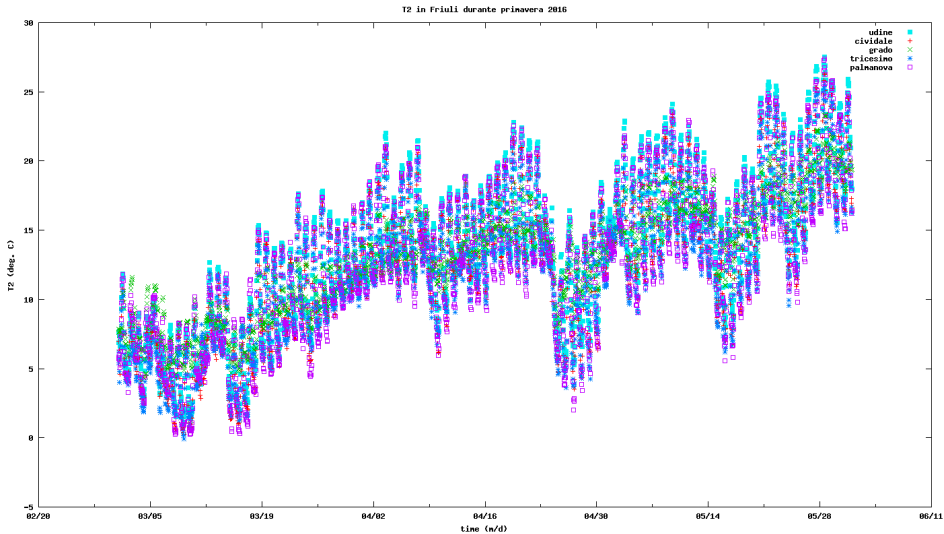
T2 in Friuli nel 2016



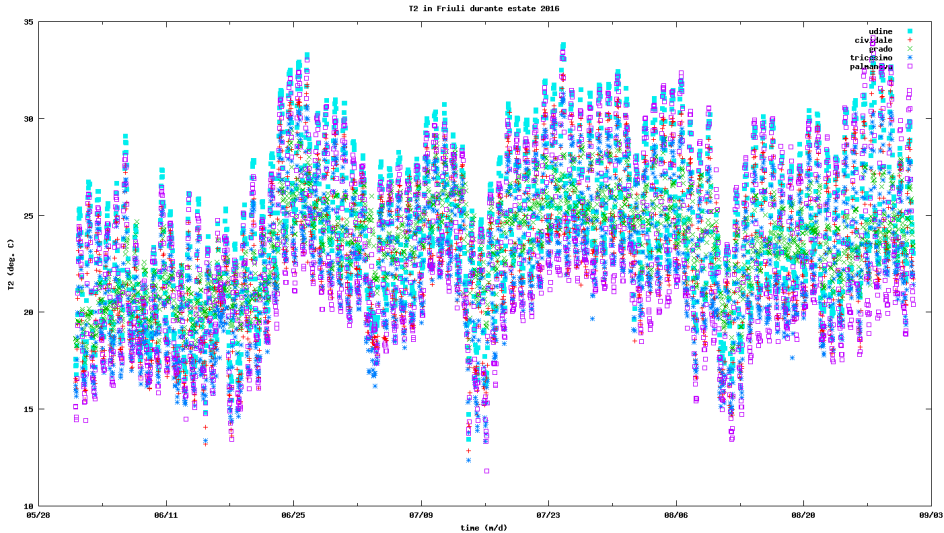
T2 in Friuli nel 2016



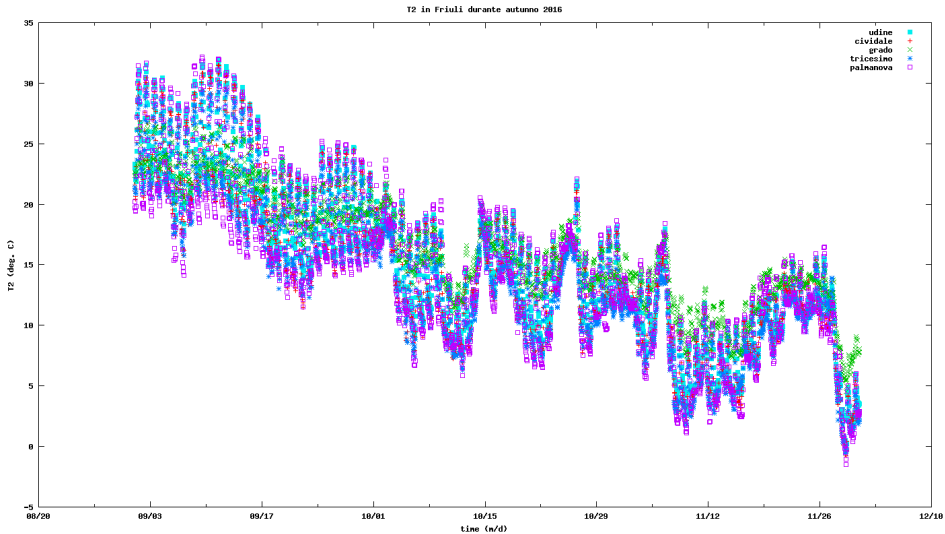
T2 in Friuli nel 2016



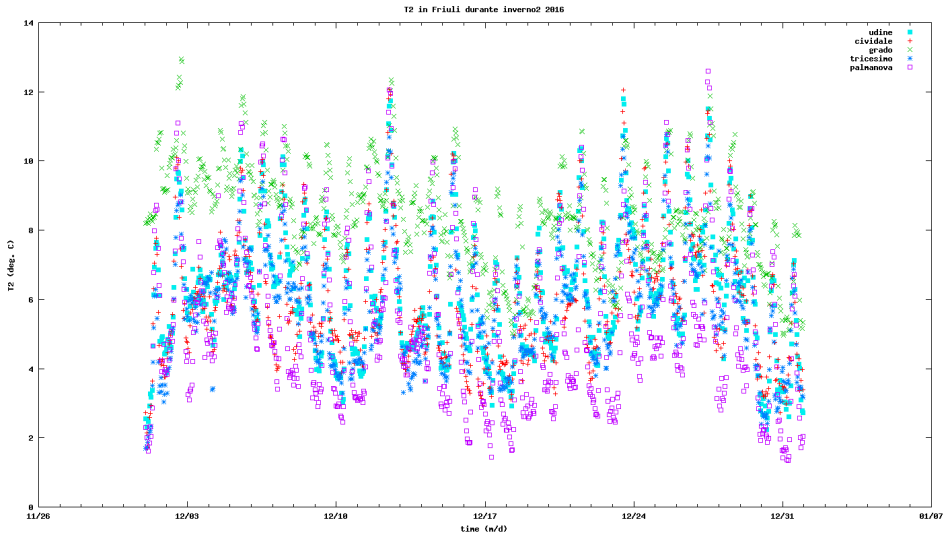
T2 in Friuli nel 2016



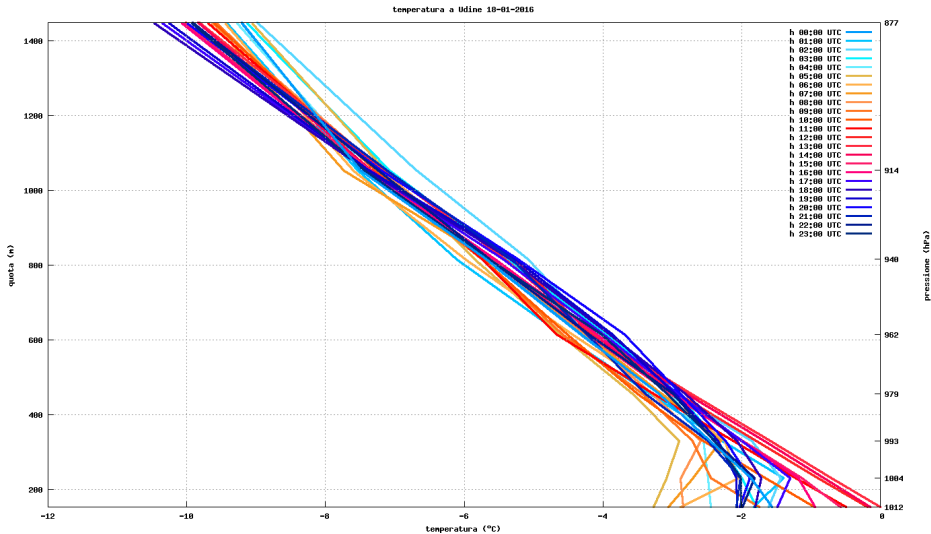
T2 in Friuli nel 2016

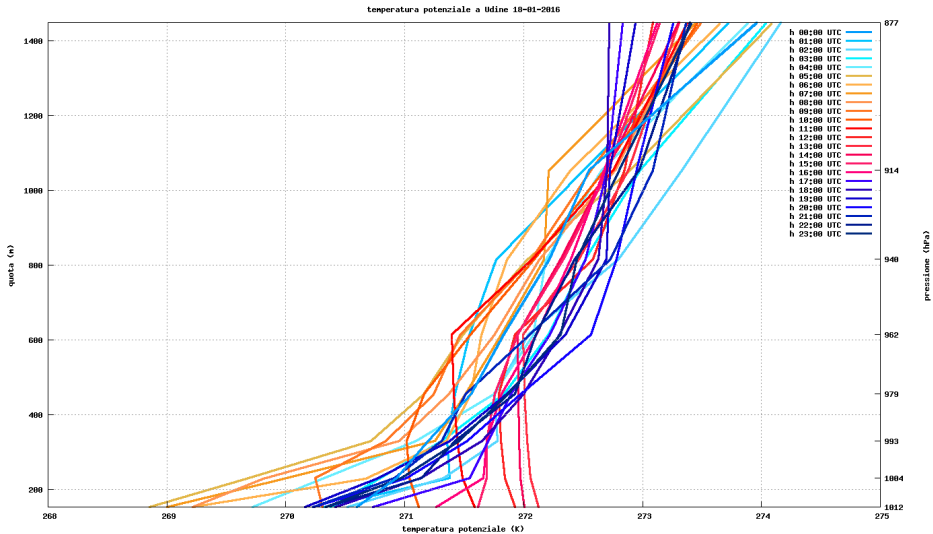


T2 in Friuli nel 2016

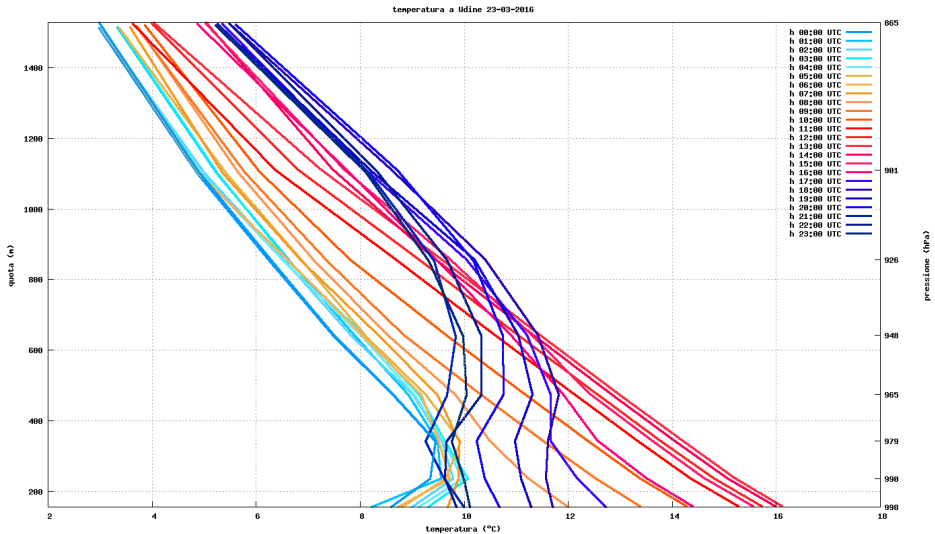


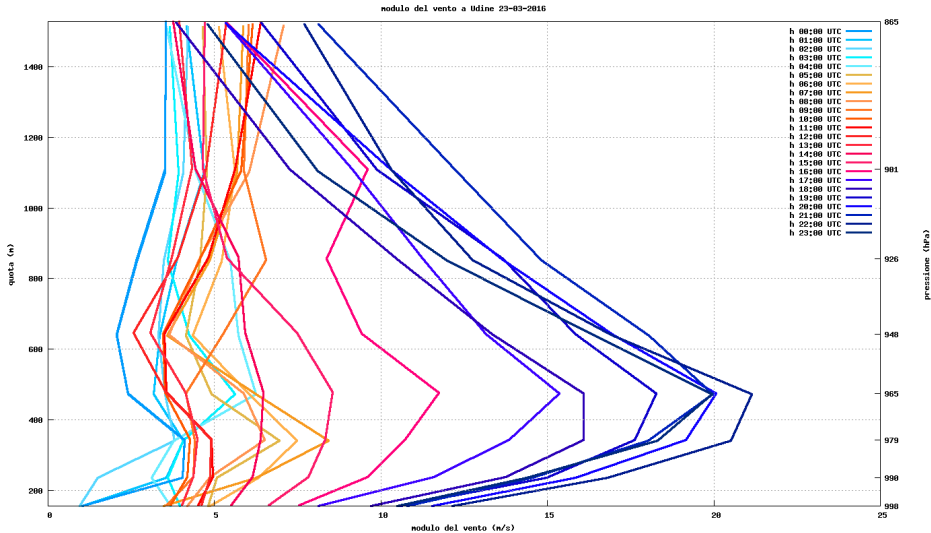
- 1 Il modello WRF
- 2 Lo strato limite atmosferico
- 3 Casi studio
 - Temperatura in Friuli nel 2016
 - **18/01/2016: stabilità notturna**
 - 23/03/2016: turbolenza meccanica
 - 28/06/2016: precipitazioni pomeridiane
 - 06/11/2016: avvezione di aria fredda
- 4 Conclusioni

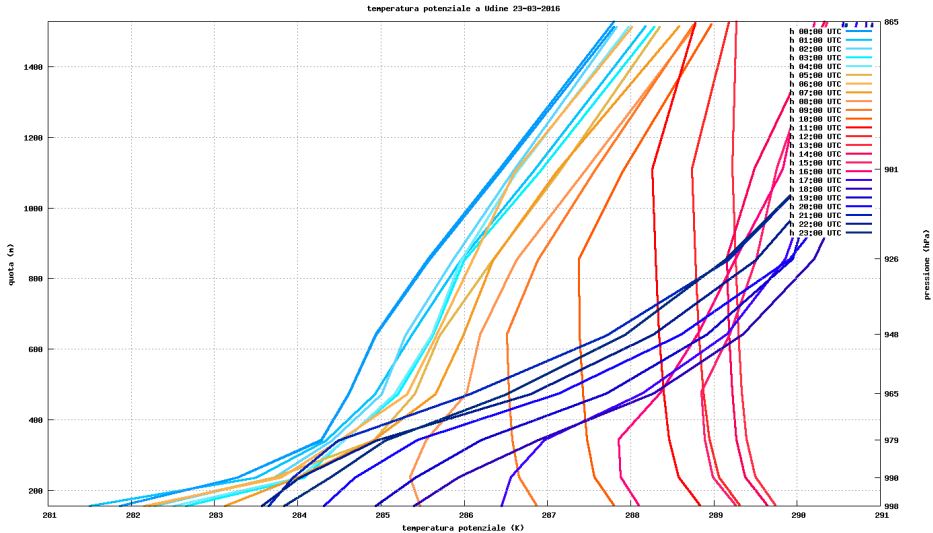


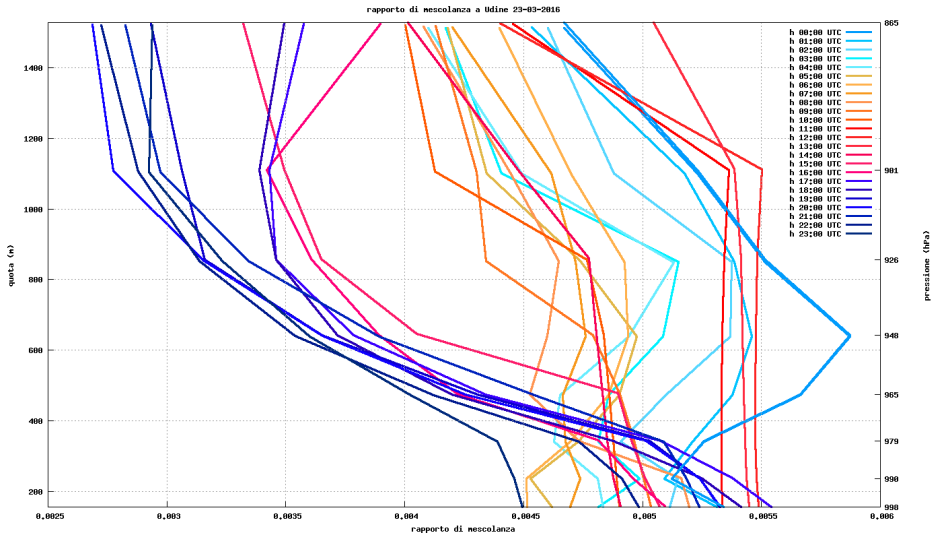


- 1 Il modello WRF
- 2 Lo strato limite atmosferico
- 3 Casi studio
 - Temperatura in Friuli nel 2016
 - 18/01/2016: stabilità notturna
 - **23/03/2016: turbolenza meccanica**
 - 28/06/2016: precipitazioni pomeridiane
 - 06/11/2016: avvezione di aria fredda
- 4 Conclusioni

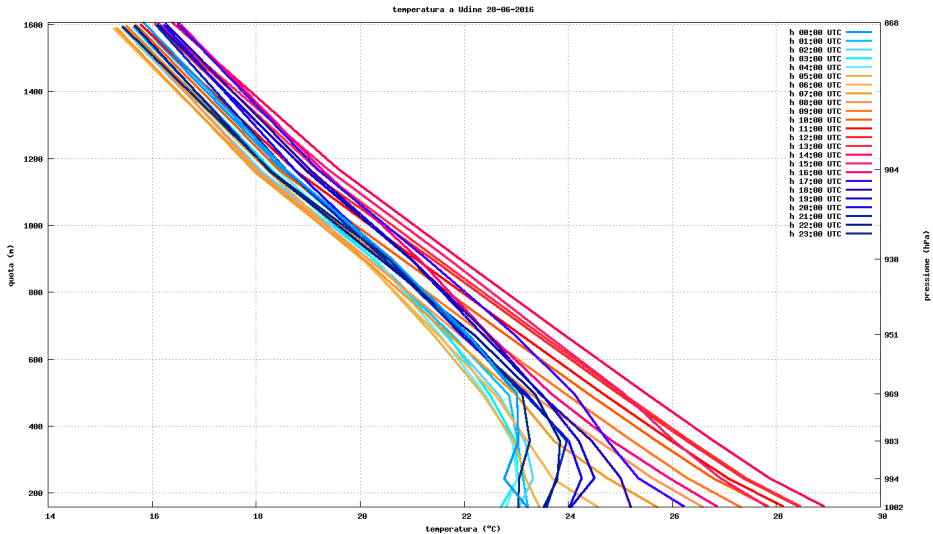


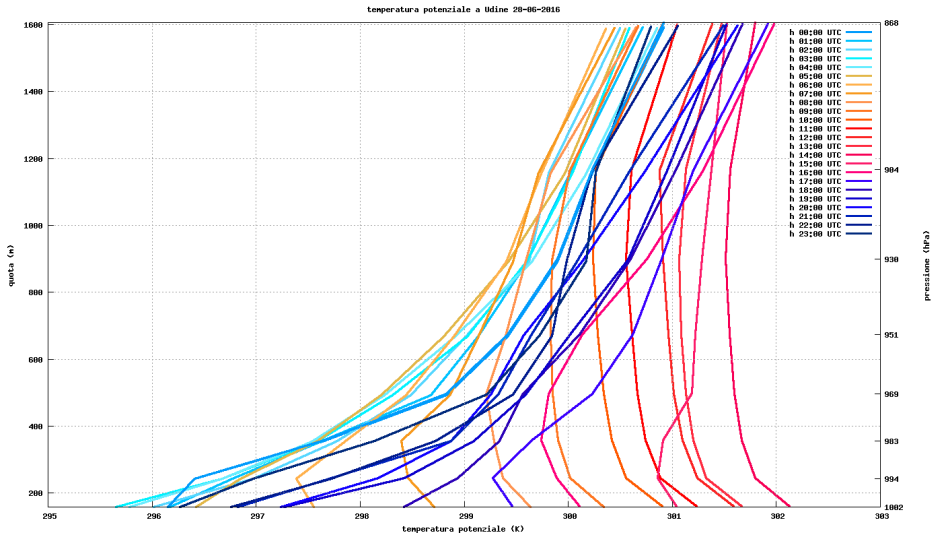


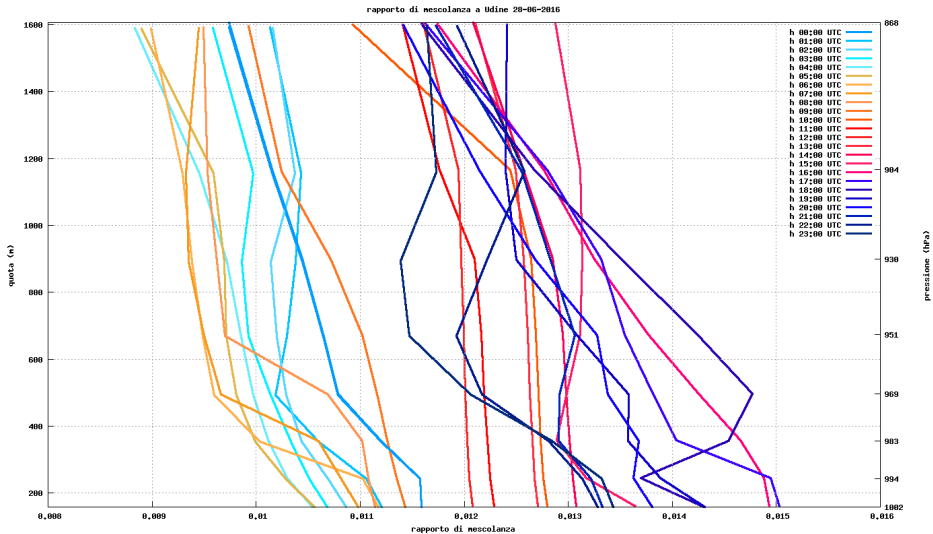




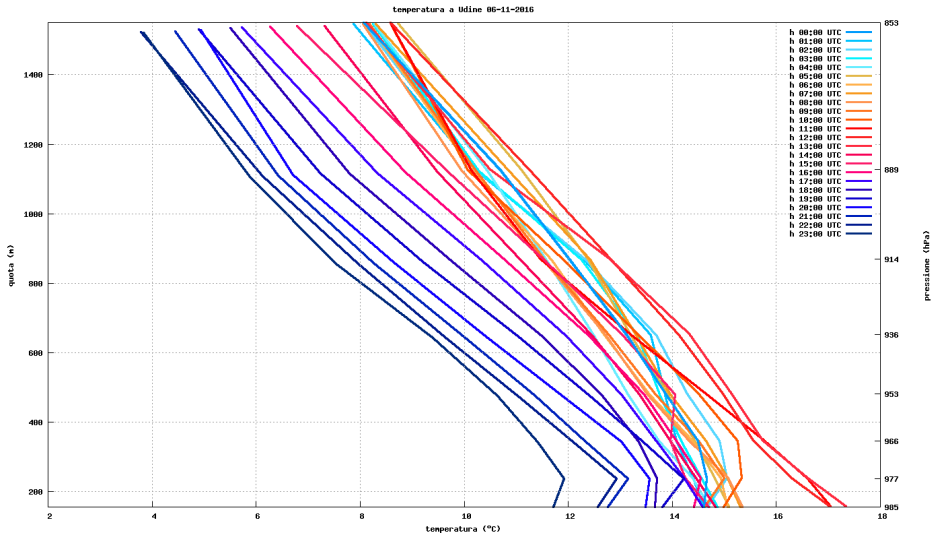
- 1 Il modello WRF
- 2 Lo strato limite atmosferico
- 3 Casi studio
 - Temperatura in Friuli nel 2016
 - 18/01/2016: stabilità notturna
 - 23/03/2016: turbolenza meccanica
 - 28/06/2016: precipitazioni pomeridiane
 - 06/11/2016: avvezione di aria fredda
- 4 Conclusioni

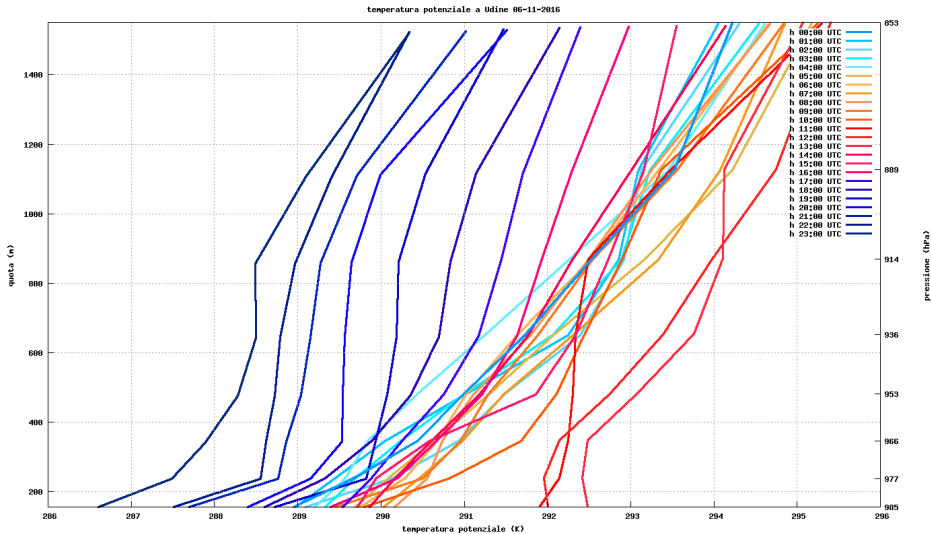


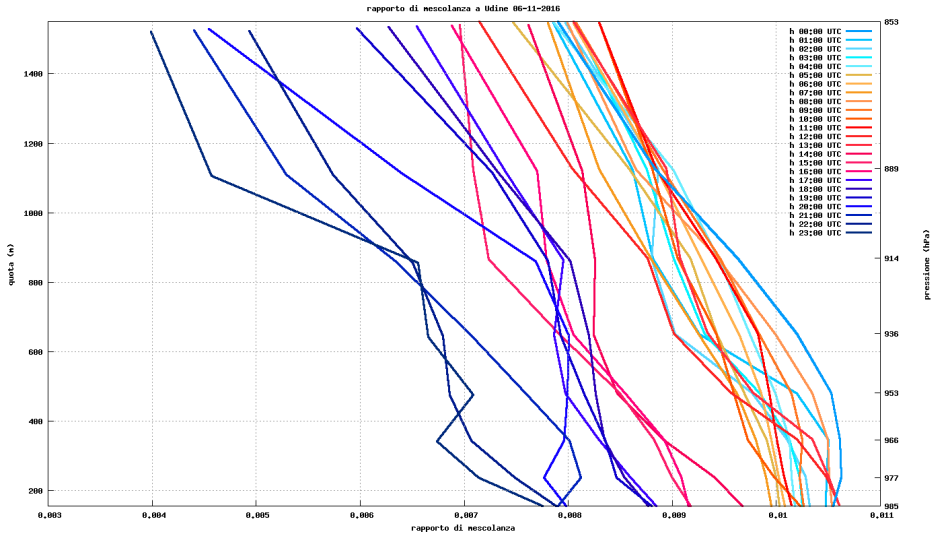


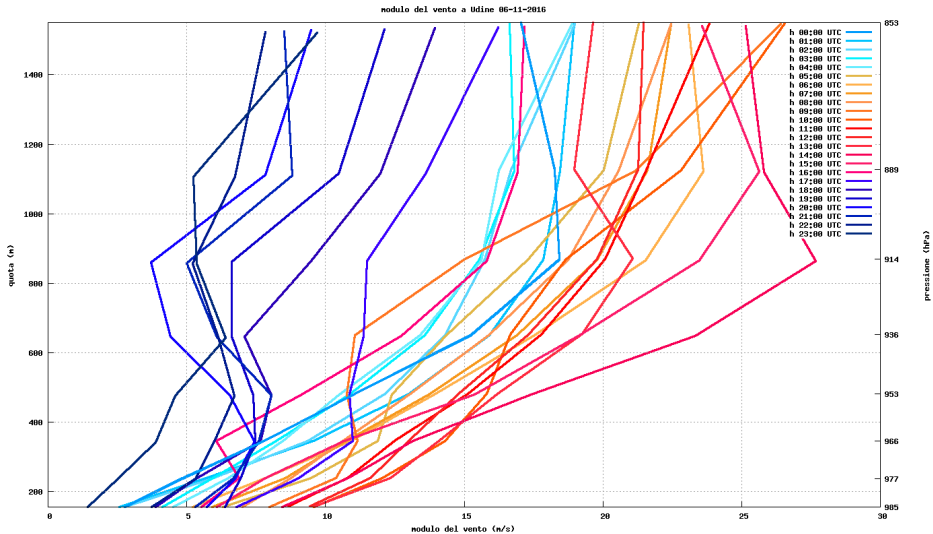


- 1 Il modello WRF
- 2 Lo strato limite atmosferico
- 3 Casi studio
 - Temperatura in Friuli nel 2016
 - 18/01/2016: stabilità notturna
 - 23/03/2016: turbolenza meccanica
 - 28/06/2016: precipitazioni pomeridiane
 - 06/11/2016: avvezione di aria fredda
- 4 Conclusioni









- 1 Il modello WRF
- 2 Lo strato limite atmosferico
- 3 Casi studio
 - Temperatura in Friuli nel 2016
 - 18/01/2016: stabilità notturna
 - 23/03/2016: turbolenza meccanica
 - 28/06/2016: precipitazioni pomeridiane
 - 06/11/2016: avvezione di aria fredda
- 4 Conclusioni

- Le analisi dei dati simulati si sono rivelate in accordo con quanto realmente osservato
- Il modello WRF si rivela un ottimo strumento di studio e di calcolo, sia per la ricerca che per l'operatività di un centro meteorologico
- Si sono acquisite le capacità con cui sviluppare il lavoro di tesi

Grazie per l'attenzione!