

Valutazione della qualità di diverse parametrizzazioni dello Strato Limite Atmosferico implementate nel modello WRF. Un caso studio annuale sul Friuli Venezia Giulia.

Pierluigi Masai

Università degli studi di Trieste
ARPA FVG - gruppo CRMA

19/03/2018



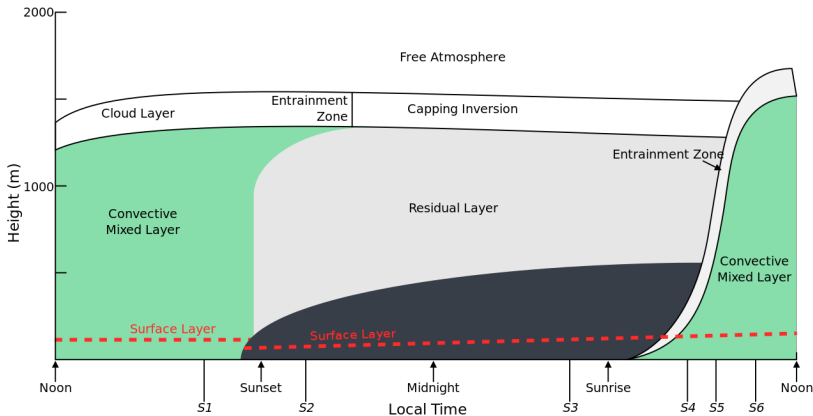
- 1 Lo strato limite atmosferico (ABL)
- 2 Il modello WRF
- 3 Simulazioni
- 4 Analisi
- 5 Conclusioni

- Realizzare delle simulazioni dell'evoluzione dello strato limite atmosferico
- Valutare la qualità di diverse parametrizzazioni dello strato limite atmosferico
- Realizzare una base dati comune con diverse parametrizzazioni dello strato limite atmosferico per un anno intero con risoluzione oraria

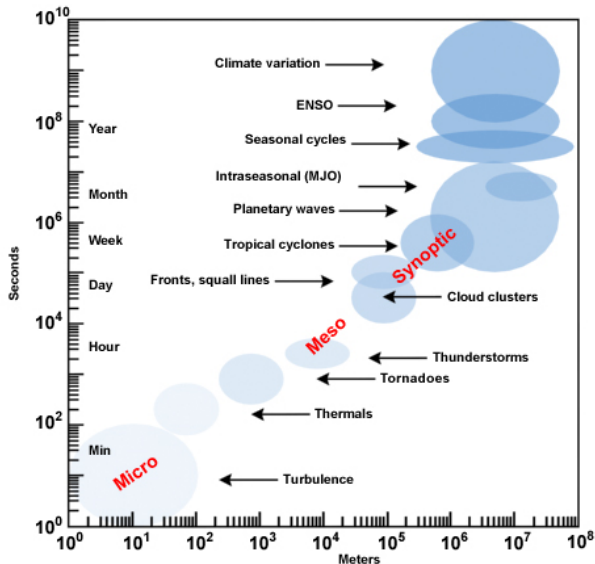
- 1 Lo strato limite atmosferico (ABL)
- 2 Il modello WRF
- 3 Simulazioni
- 4 Analisi
- 5 Conclusioni

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



Scale del moto



Problema della chiusura

- Diverse scale del moto sono interessate
- La dinamica è caotica
- Equazioni non lineari (Navier-Stokes,...)

- Diverse scale del moto sono interessate
- La dinamica è caotica
- Equazioni non lineari (Navier-Stokes,...)

La turbolenza si esprime in termini di fluttuazioni:

$$T = \bar{T} + T' \quad u = \bar{u} + u'$$
$$E[T] = \bar{T} \quad E[T'] = 0 \quad E[u] = \bar{u} \quad E[u'] = 0$$
$$E[u' T'] \neq 0$$

- Diverse scale del moto sono interessate
- La dinamica è caotica
- Equazioni non lineari (Navier-Stokes,...)

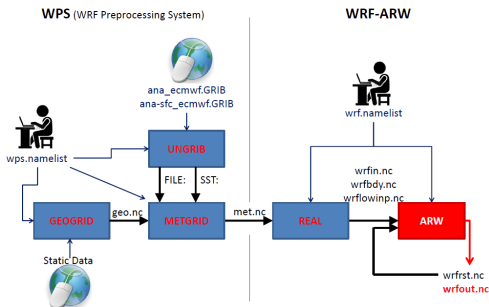
La turbolenza si esprime in termini di fluttuazioni:

$$T = \bar{T} + T' \quad u = \bar{u} + u'$$
$$E[T] = \bar{T} \quad E[T'] = 0 \quad E[u] = \bar{u} \quad E[u'] = 0$$
$$E[u' T'] \neq 0$$

Bisogna chiudere il sistema! Esistono due approcci:

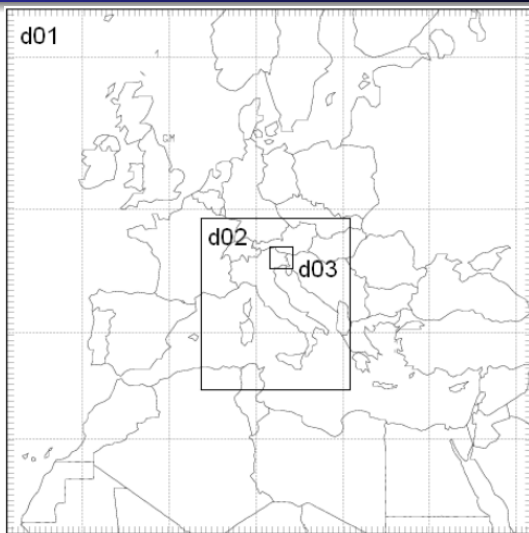
- Chiusura locale $\rightarrow E[u' T'](\vec{x}) = f(\vec{x})$
- Chiusura non locale $\rightarrow E[u' T'](\vec{x}) = f(V)$

- 1 Lo strato limite atmosferico (ABL)
- 2 Il modello WRF**
- 3 Simulazioni
- 4 Analisi
- 5 Conclusioni



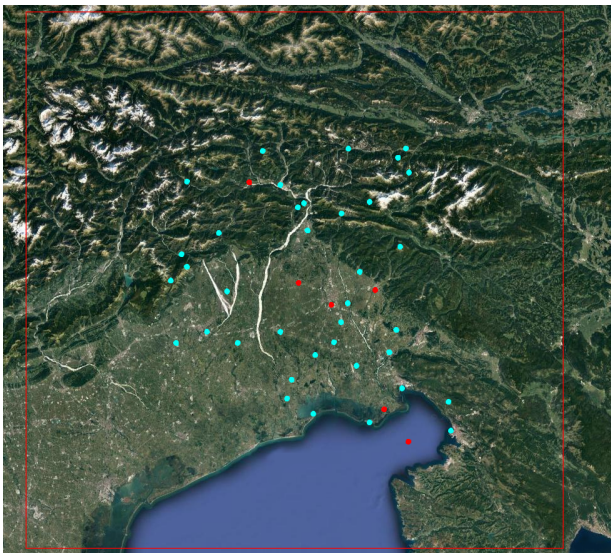
- È un modello numerico ad area limitata adatto ad ambienti di calcolo parallelo
- L'atmosfera è considerata un fluido comprimibile e non idrostatico
- Servono condizioni al contorno e iniziali

- 1 Lo strato limite atmosferico (ABL)
- 2 Il modello WRF
- 3 Simulazioni**
- 4 Analisi
- 5 Conclusioni



dominio	passo temporale	risoluzione spaziale
d_01	200 s	50 km
d_02	40 s	10 km
d_03	8 s	2 km

- Le simulazioni hanno riguardato l'anno 2016 sopra il Friuli Venezia Giulia
- Le simulazioni sono state svolte su un cluster di calcolo ad alte prestazioni utilizzando 160 core distribuiti su 4 nodi
- Ogni simulazione ha richiesto sei giorni di calcolo per un totale di circa $160 \times 6 \times 24 \times 7 = 161.280$ core x h
- Sono stati prodotti più di 1.5 TB di dati, contenenti informazioni sullo strato limite atmosferico tridimensionali a risoluzione oraria per 7 diverse parametrizzazioni



stazione	altezza reale (m)	altezza del modello (m)	latitudine (deg N)	longitudine (deg E)
Udine	91	82	46.036	13.228
Fagagna	147	147	46.102	13.084
Cividale del Friuli	127	116	46.081	13.421
Fossalon di Grado	0	2.5	45.716	13.460
Paloma buoy	0	0	45.617	13.567
Enemonzo	438	420	46.408	12.867

Tabella 1: Altezza e coordinate delle stazioni.

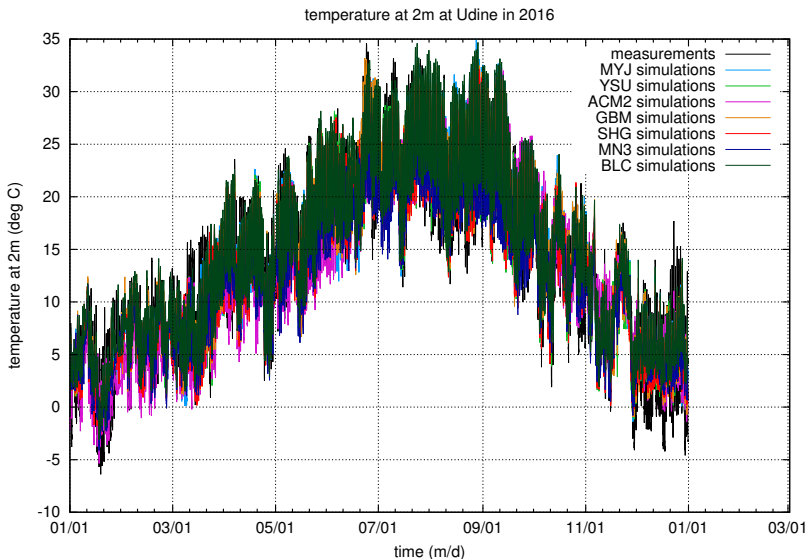
Parametrizzazione	codice	locale	ordine di chiusura
improved asymmetric convective model	ACM2	ibrido	1
BouLac	BLC	sì	1.5
Grenier-Bretherton-McCaa	GBM	sì	1.5
Mellor-Yamada-Janjic	MYJ	sì	1.5
Mellor-Yamada-Nakanishi-Niino 3 (MYNN3)	MN3	sì	2
Shin-Hong	SHG	ibrido	1.5
Yonsei University	YSU	no	1

Tabella 2: Parametrizzazioni dell'ABL.

- 1 Lo strato limite atmosferico (ABL)
- 2 Il modello WRF
- 3 Simulazioni
- 4 Analisi**
 - Temperature
 - Venti
 - Radiazione
 - Precipitazioni
- 5 Conclusioni

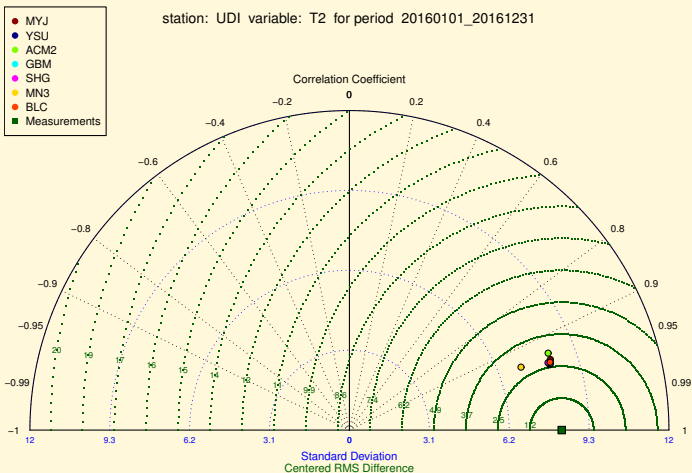
- 1 Lo strato limite atmosferico (ABL)
- 2 Il modello WRF
- 3 Simulazioni
- 4 Analisi
 - Temperature
 - Venti
 - Radiazione
 - Precipitazioni
- 5 Conclusioni

Serie temporale annuale delle temperature a Udine



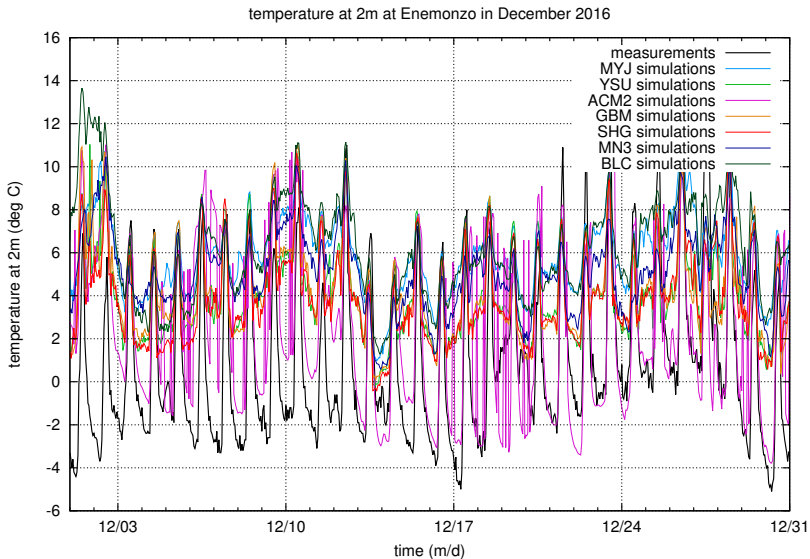
L'oscillazione annuale è ben rappresentata da tutti gli schemi

Diagramma di Taylor annuale per le temperature a Udine

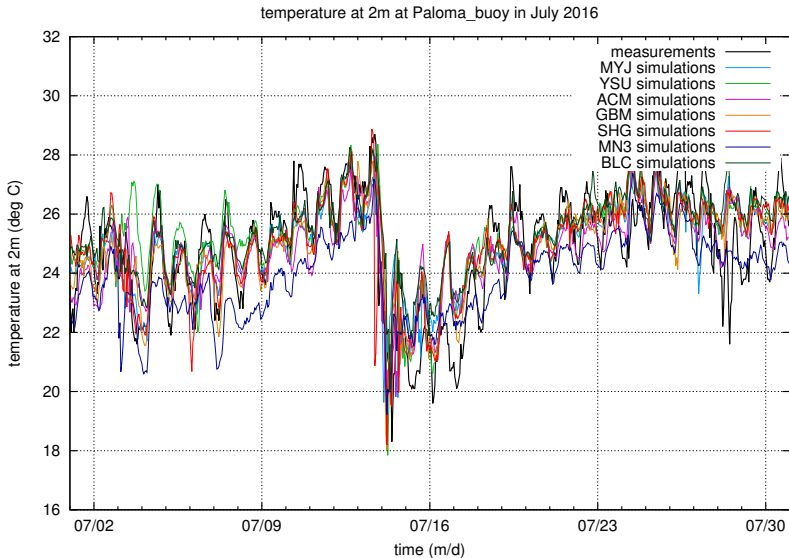


$$E'^2 = \sigma_f^2 + \sigma_r^2 - 2\sigma_f\sigma_rR$$

Serie temporale delle temperature a Enemonzo in dicembre

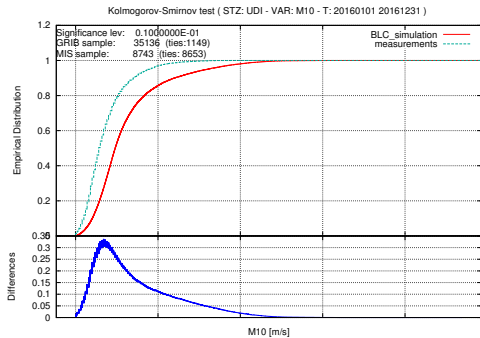


Serie temporale delle temperature presso la boa Paloma in luglio

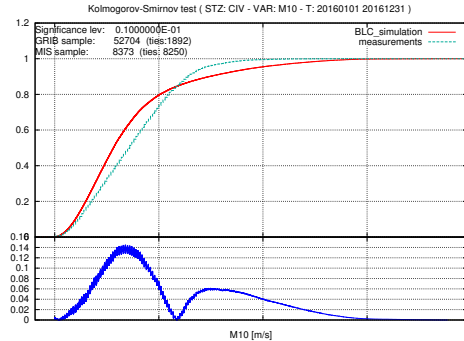
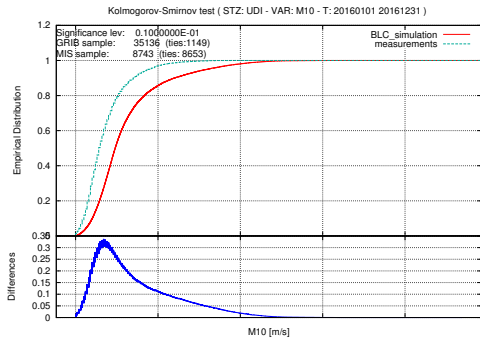


- 1 Lo strato limite atmosferico (ABL)
- 2 Il modello WRF
- 3 Simulazioni
- 4 Analisi
 - Temperature
 - **Venti**
 - Radiazione
 - Precipitazioni
- 5 Conclusioni

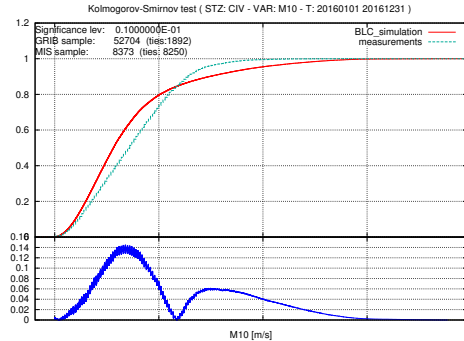
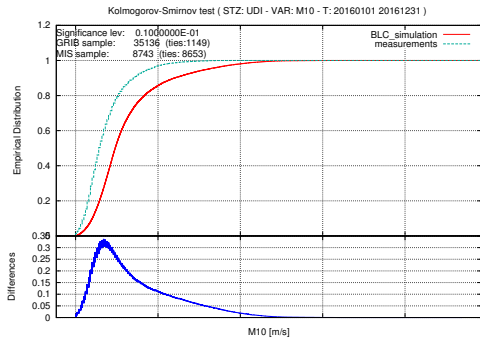
Test di Kolmogorov - Smirnov per il vento



Test di Kolmogorov - Smirnov per il vento

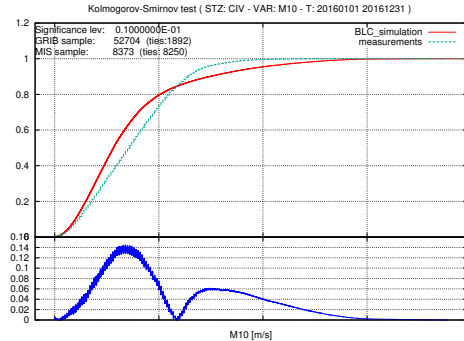
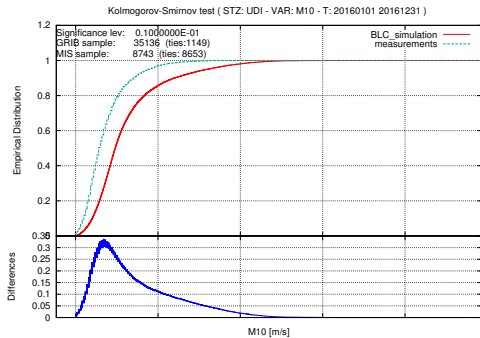


Test di Kolmogorov - Smirnov per il vento



- Tipicamente i venti sono sovrastimati, soprattutto i valori alti.

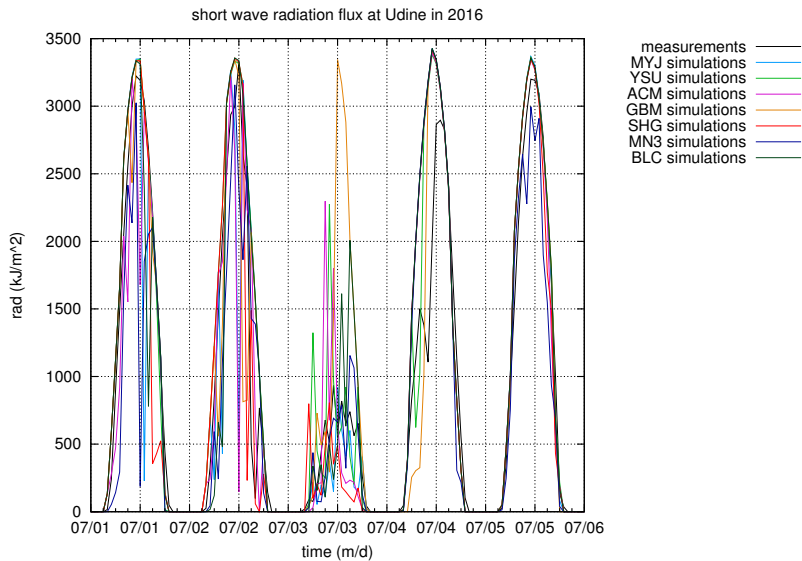
Test di Kolmogorov - Smirnov per il vento



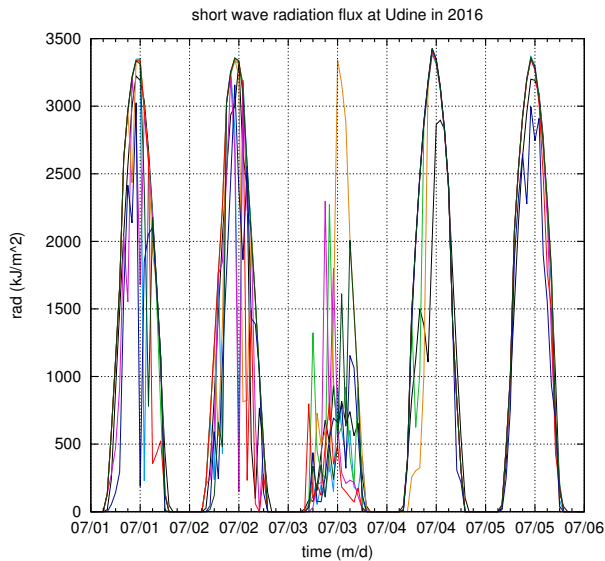
- Tipicamente i venti sono sovrastimati, soprattutto i valori alti.
- Nessuno schema riesce però a riprodurre brezze orografiche.

- 1 Lo strato limite atmosferico (ABL)
- 2 Il modello WRF
- 3 Simulazioni
- 4 Analisi
 - Temperature
 - Venti
 - **Radiazione**
 - Precipitazioni
- 5 Conclusioni

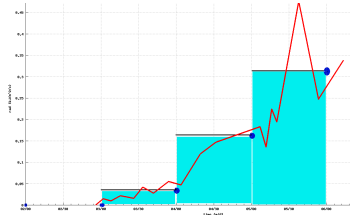
Serie temporale della radiazione a Udine in luglio



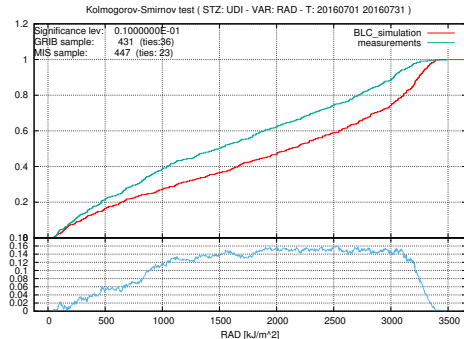
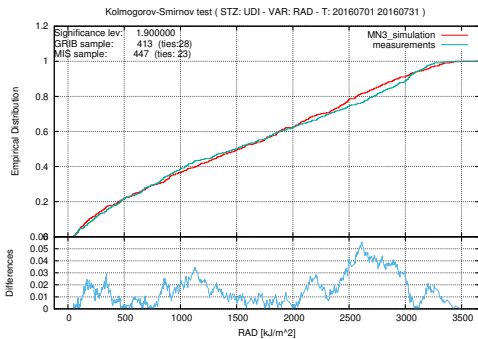
Serie temporale della radiazione a Udine in luglio



measurements —
MYJ simulations —
YSU simulations —
ACM simulations —
GBM simulations —
SHG simulations —
MN3 simulations —
BLC simulations —

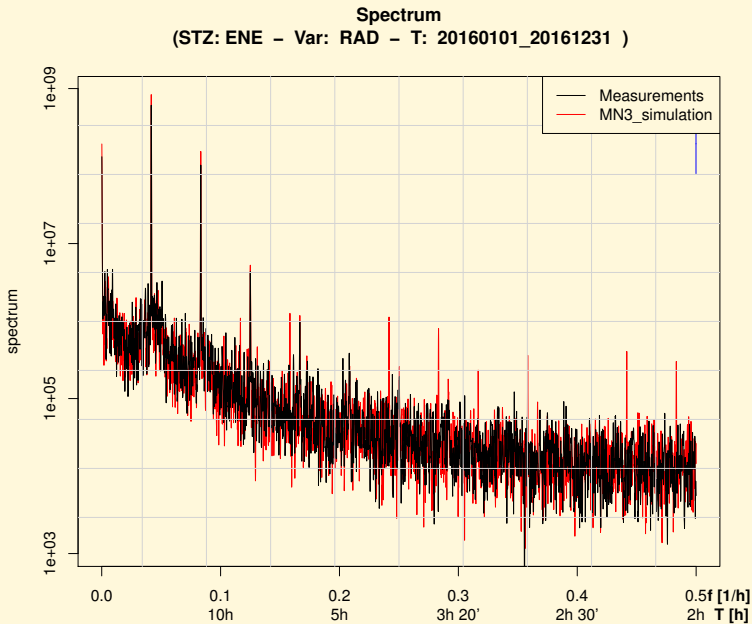


Test di Kolmogorov - Smirnov per la radiazione



MN3 mostra delle distribuzioni molto aderenti a quelle delle misure a differenza degli altri schemi

Spettro annuale della radiazione



- 1 Lo strato limite atmosferico (ABL)
- 2 Il modello WRF
- 3 Simulazioni
- 4 Analisi
 - Temperature
 - Venti
 - Radiazione
 - Precipitazioni
- 5 Conclusioni

Valori statistici delle precipitazioni (in mm/h)

Precipitations in 2016 at Udine										
	# samples	min	1st perc	25th perc	median	75th perc	99th perc	max	mean	STD
mea	871	0.1	0.1	0.2	0.8	2.2	16.1	24.1	1.8	2.9
ACM2	742	0.1	0.1	0.1	0.4	1.4	11.6	27.0	1.3	2.3
BLC	713	0.1	0.1	0.1	0.4	1.2	10.4	24.3	1.1	2.1
GBM	566	0.1	0.1	0.1	0.3	1.0	8.7	21.5	1.0	1.8
MN3	1732	0.1	0.1	0.1	0.4	1.3	14.9	26.8	1.3	2.6
MYJ	602	0.1	0.1	0.1	0.3	1.1	13.7	31.6	1.1	2.6
ShG	718	0.1	0.1	0.1	0.3	1.0	12.2	27.1	1.1	2.3
YSU	602	0.1	0.1	0.1	0.4	1.2	9.9	44.8	1.2	2.9

Precipitations in 2016 at Cividale del Friuli										
	# samples	min	1st perc	25th perc	median	75th perc	99th perc	max	mean	STD
mea	959	0.1	0.1	0.2	0.6	1.9	11.9	28.1	1.6	2.6
ACM2	798	0.1	0.1	0.1	0.4	1.5	14.8	22.8	1.4	2.6
BLC	740	0.1	0.1	0.1	0.4	1.2	14.6	29.4	1.4	2.8
GBM	650	0.1	0.1	0.1	0.4	1.1	12.2	26.5	1.1	2.4
MN3	2036	0.1	0.1	0.1	0.4	1.3	15.6	40.1	1.4	3.1
MYJ	721	0.1	0.1	0.1	0.3	1.1	12.9	23.0	1.1	2.3
ShG	765	0.1	0.1	0.1	0.3	1.2	10.6	22.6	1.2	2.3
YSU	669	0.1	0.1	0.1	0.4	1.2	14.6	45.8	1.3	3.6

Precipitations in 2016 at Fagagna										
	# samples	min	1st perc	25th perc	median	75th perc	99th perc	max	mean	STD
mea	936	0.1	0.1	0.2	0.8	2.2	12.5	21.2	1.8	2.6
ACM2	773	0.1	0.1	0.2	0.6	1.5	13.0	28.3	1.5	2.6
BLC	750	0.1	0.1	0.2	0.5	1.3	12.8	22.8	1.3	2.4
GBM	607	0.1	0.1	0.1	0.3	1.0	12.0	28.7	1.0	2.3
MN3	925	0.1	0.1	0.1	0.4	1.2	15.8	38.7	1.3	3.1
MYJ	669	0.1	0.1	0.1	0.4	1.3	13.6	38.4	1.4	3.2
ShG	733	0.1	0.1	0.1	0.4	1.3	11.2	26.9	1.2	2.2
YSU	667	0.1	0.1	0.1	0.4	1.2	14.6	25.0	1.1	2.4

Valori statistici delle precipitazioni (in mm/h)

Precipitations in 2016 at Fossalon di Grado

	# samples	min	1st perc	25th perc	median	75th perc	99th perc	max	mean	STD
mea	781	0.1	0.1	0.2	0.5	1.4	12.9	23.0	1.4	2.6
ACM2	669	0.1	0.1	0.1	0.4	1.0	12.9	25.0	1.2	2.4
BLC	495	0.1	0.1	0.2	0.4	1.0	9.1	18.0	1.0	1.7
GBM	456	0.1	0.1	0.1	0.4	1.0	7.4	22.3	0.9	1.8
MN3	1152	0.1	0.1	0.1	0.3	1.1	18.4	29.7	1.2	2.8
MYJ	465	0.1	0.1	0.1	0.4	1.0	7.8	21.4	0.9	1.7
ShG	574	0.1	0.1	0.1	0.3	1.0	7.4	35.2	0.9	2.1
YSU	513	0.1	0.1	0.1	0.4	1.1	8.0	26.3	1.0	2.1

Precipitations in 2016 at Enemonzo

	# samples	min	1st perc	25th perc	median	75th perc	99th perc	max	mean	STD
mea	1177	0.1	0.1	0.2	0.6	1.8	16.9	52.9	1.6	3.4
ACM2	804	0.1	0.1	0.2	0.6	1.7	13.2	24.1	1.4	2.5
BLC	848	0.1	0.1	0.2	0.5	1.4	11.2	23.0	1.3	2.3
GBM	655	0.1	0.1	0.2	0.5	1.5	9.0	15.8	1.3	1.9
MN3	810	0.1	0.1	0.2	0.4	1.2	13.6	27.4	1.3	2.5
MYJ	697	0.1	0.1	0.2	0.5	1.5	8.2	17.3	1.2	1.9
ShG	774	0.1	0.1	0.2	0.6	1.9	10.5	25.9	1.5	2.3
YSU	768	0.1	0.1	0.2	0.5	1.4	12.2	26.1	1.4	2.4

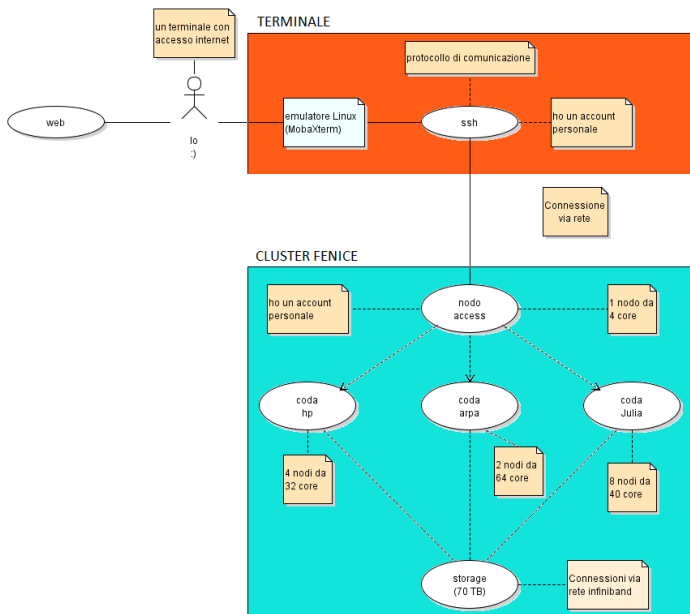
- 1 Lo strato limite atmosferico (ABL)
- 2 Il modello WRF
- 3 Simulazioni
- 4 Analisi
 - Temperature
 - Venti
 - Radiazione
 - Precipitazioni
- 5 Conclusioni

- Il modello WRF riesce a riprodurre accuratamente gli effetti dei fenomeni sinottici e delle variazioni stagionali sull'evoluzione dello strato limite atmosferico
- La qualità delle simulazioni nella regione montuosa è limitata dalla risoluzione dell'orografia
- La descrizione della regione marina è condizionata dagli scambi di calore con la superficie
- La parametrizzazione MN3 risulta fredda e piovosa
- La parametrizzazione ACM2 si distingue per intensi rimescolamenti verticali
- Le restanti parametrizzazioni si equivalgono a meno di casi peculiari

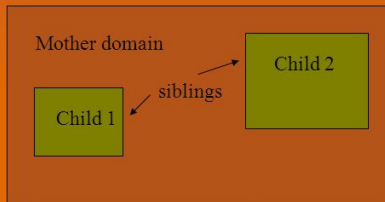
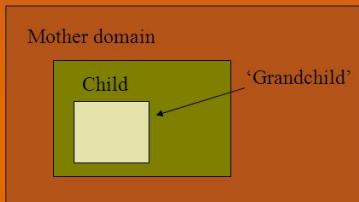
- Le simulazioni effettuate arricchiscono i database dell'ARPA FVG
- Analoghe analisi saranno condotte su altre variabili (e.g. rapporto di mescolanza)
- Come suggerito dall'idea del quarto paradigma molta informazione si cela nelle simulazioni

Grazie per l'attenzione!

Cluster di calcolo

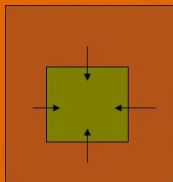


■ Nesting capability:

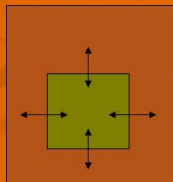


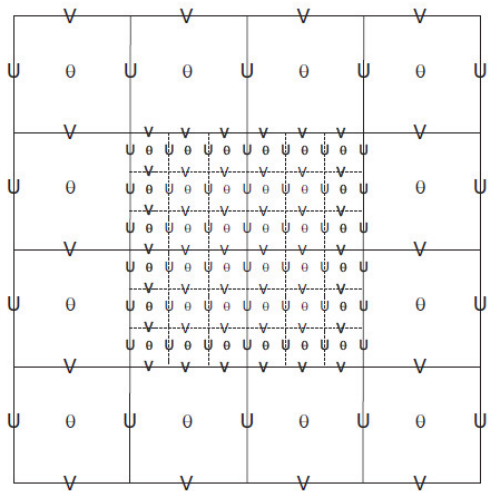
■ 2-way nesting capability:

1-way nesting

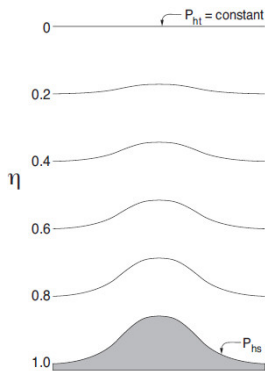


2-way nesting



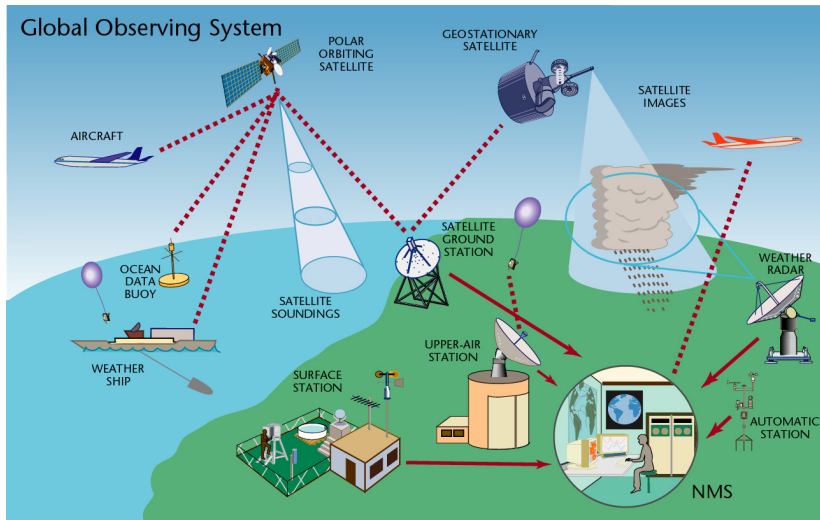


Arakawa-C grid



$$\eta = \frac{P_h - P_{ht}}{P_{hs} - P_{ht}}$$

Sistema di osservazioni globale



L'ordine di chiusura è determinato dal massimo grado delle perturbazioni parametrizzate:

- $E[u'v']$ o $E[u'^2]$ → secondo ordine
- $E[u'v'^2]$ o $E[u'^3]$ → terzo ordine
- $E[u'^2v'w']$ o $E[u'^4]$ → quarto ordine