

AERONAUTICA MILITARE
Centro Operativo
per
la Meteorologia

4° Servizio 3[^] Sezione

Report Trimestrale 2017

Verifiche dei modelli operativi presso il COMET
SETTEMBRE-OTTOBRE-NOVEMBRE

Ten. G.A.r.n. Francesco Batignani
SM. A.A.r.se. Nicola Zaccariello

INDICE

1	Introduzione	3
2	Informazioni Generali	5
3	Strumento	8
4	Risultati Parametri Superficiali	9
4.1	Temperatura a 2 m	9
4.2	Copertura nuvolosa	11
4.3	Intensità del Vento.....	12
4.4	Precipitazione.....	14
5	Risultati Parametri Quota.....	16
5.1	COSMO-ME corsa 00 UTC.....	16
6	Serie Temporali.....	18
6.1	COSMO-ME corsa 00 UTC.....	18
7	Riferimenti bibliografici.....	22

1 Introduzione

Il documento si prefigge i seguenti obiettivi:

- descrivere i risultati ottenuti nell'ambito dell'attività di verifica e controllo svolta all'interno del 4° Servizio - 3^a Sezione del COMET;
- mantenere traccia ordinata e organizzata dei risultati ottenuti.

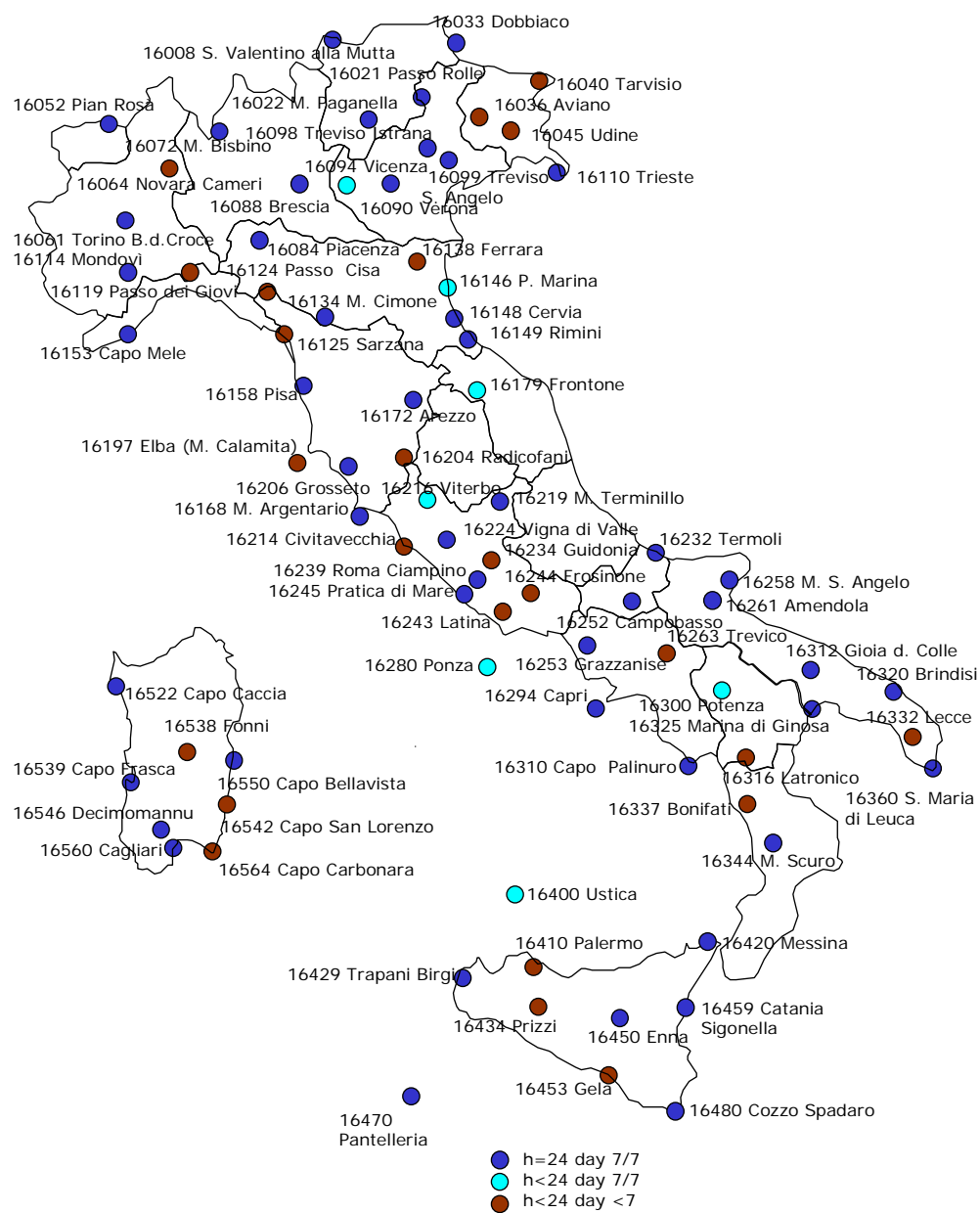
I risultati descritti rappresentano un estratto dall'archivio delle verifiche eseguite e si riferiscono ai seguenti modelli:

ECMWF	elaborato dal Centro Europeo Risoluzione 9 km
COSMO-ME	elaborato dal COMET Risoluzione 5 km
COSMO-I7	elaborato dal CINECA di Bologna Risoluzione 7 km
COSMO- IT	elaborato dal COMET Risoluzione 2.8 km
NETTUNO	elaborato dal COMET Risoluzione 5 km

Per il trimestre considerato i modelli analizzati nel presente documento sono i seguenti:

ECMWF corsa 00	SUPERFICIE
COSMO - ME corsa 00	QUOTA
	SUPERFICIE
COSMO-I7	SUPERFICIE
COSMO-IT	SUPERFICIE
NETTUNO	SUPERFICIE - MARE

I dati di osservazione utilizzati provengono dai messaggi Synop emessi dalle stazioni italiane distribuite come in figura:



In totale sono circa 200 di cui solo una novantina per il controllo del parametro copertura nuvolosa e 7 utilizzate per il controllo dei dati in quota.

2 Informazioni Generali

Le grandezze oggetto del report sono, per la superficie:

- Temperatura 2m
- Intensità del vento 10m
- Precipitazioni cumulate 12h
- Copertura nuvolosa
- Altezza dell'onda marina

Per la quota

- Temperatura
- Intensità del vento
- Umidità relativa

Al fine di analizzare l'errore delle grandezze della Temperatura 2m, della Copertura nuvolosa e dell'intensità del vento, viene analizzato il Mean Error o (Bias) che rappresenta la media della differenza tra le previsioni e le osservazioni.

$$ME = \frac{\sum_{k=1}^N (f_k - o_k)}{n} = \overline{f - o}$$

Poiché il range del ME va da meno infinito a più infinito, una previsione è perfetta quando il $ME = 0$. Per la stessa struttura del ME non è necessariamente vero che il valore zero implica che la previsione non contenga errori, e possibile altresì che vi siano errori autocompensantisi.

Per implementare la conoscenza del tipo di errore e verificare l'accuratezza della previsione viene studiato il Root Mean Square Error (RMSE), lo Scarto Quadratico Medio o Deviazione Standard, rappresentativo della dispersione dei dati intorno a un valore atteso:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (f_k - \bar{o})^2}{n-1}}$$

Per la precipitazione, studiata come grandezza dicotomica, la verifica viene svolta analizzando l'evento dopo aver fissato delle soglie.

Per verificare questo tipo di previsioni si utilizzano normalmente tabelle di contingenza che definiscono una relazione uno ad uno tra valori previsti e osservati attraverso quattro combinazioni, associazione tra due possibilità previsionistiche (si o no) e due osservabili (si o no).

Le quattro combinazioni chiamate joint distribution (distribuzioni congiunte) sono:

- ✓ **Hit (a)** = numero di volte in cui un evento previsto è osservato
- ✓ **False alarm (b)** = numero di volte in cui un evento previsto non viene successivamente osservato
- ✓ **Miss (c)** = numero di volte in cui un evento non previsto viene successivamente osservato
- ✓ **Correct negative (d)** = numero di volte in cui un evento non viene previsto e non successivamente osservato

		<i>OSSERVAZIONI</i>		
		<i>Hit (a)</i>	<i>False alarm (b)</i>	<i>previsti</i>
<i>PREVISIONI</i>	<i>Miss(c)</i>	<i>Correct Rejection (d)</i>	<i>Non previsti</i>	
			<i>osservati</i>	<i>Non osservati</i>

Figura 2 Rappresentazione della tabella di contingenza

Per le precipitazioni, invece, il Bias (chiamato anche Frequency Bias Index) è rappresentato dal seguente rapporto:

$$\text{FBI} = (a+b)/(a+c)$$

Questo indice fornisce il confronto tra il numero di volte in cui si prevede il verificarsi dell'evento ed il numero di volte in cui l'evento si osserva effettivamente. Se FBI=1 ci troviamo di fronte al caso in cui tutte le volte che i fenomeni sono stati previsti, si sono verificati e rappresenta la previsione perfetta. Analogamente FBI>1 evidenzia un *over-forecasting* dell'evento, FBI<1 un *under-forecasting*

Al fine di analizzare l'accuratezza si studia l'andamento dell'ETS. Tale indice rappresenta il numero di eventi previsti correttamente tenendo conto anche degli hits dovuti a successi casuali.

$$\text{ETS} = (a - ar)/(a + b + c - ar)$$

con $ar = [(a+b)(a+c)]/(a+b+c+d)$

Lo score perfetto è ETS=1.

La verifica del singolo parametro viene effettuata anche tramite l'uso di Cross Model Verifications, definite dalla comparazione dei predetti indici in un confronto fra due modelli differenti.

Nel presente documento sono mostrati, per ogni parametro, la differenza di comportamento degli indici statistici sopra descritti di

ECMWF vs COSMOME

ECMWF vs COSMOI7

COSMOME vs COSMOIT

Per una maggior completezza di informazione sono presenti in questo documento le serie temporali, ovvero una distribuzione grafica dei dati di previsione e di osservazione, mediate su tre stratificazioni: Nord Italia, Centro e Sardegna, Sud e Sicilia per i parametri: Temperatura a due metri, Pressione a livello del mare, Precipitazione cumulata h24. Inoltre è presente la serie temporale del parametro Altezza dell'onda che si avvale della comparazione dei dati di osservazioni sulle BOE e il modello matematico Nettuno.

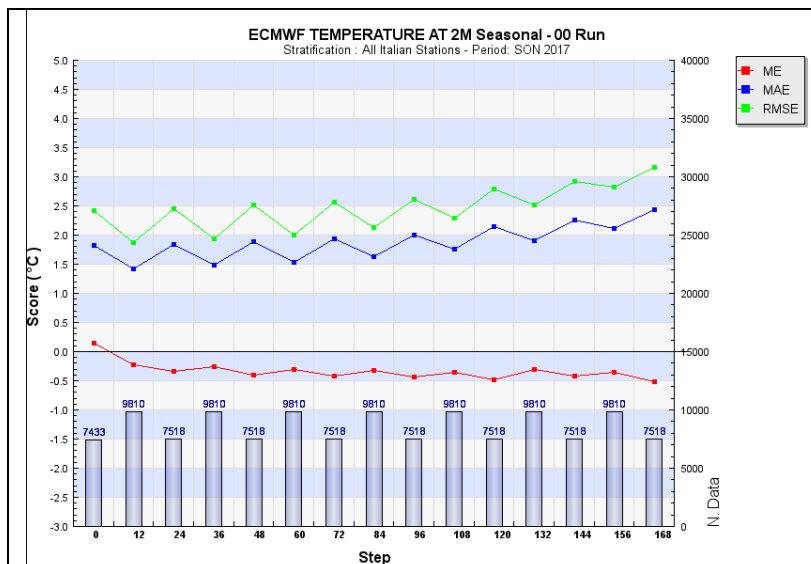
3 Strumento

Le verifiche sono realizzate con Versus, il sistema prodotto dal COMET e lo strumento ufficiale dedicato alle verifiche del consorzio COSMO.

Versus è uno strumento flessibile e configurabile che consente di analizzare il comportamento dei modelli matematici attraverso lo studio di indici statistici e serie temporali.

4 Risultati Parametri Superficiali

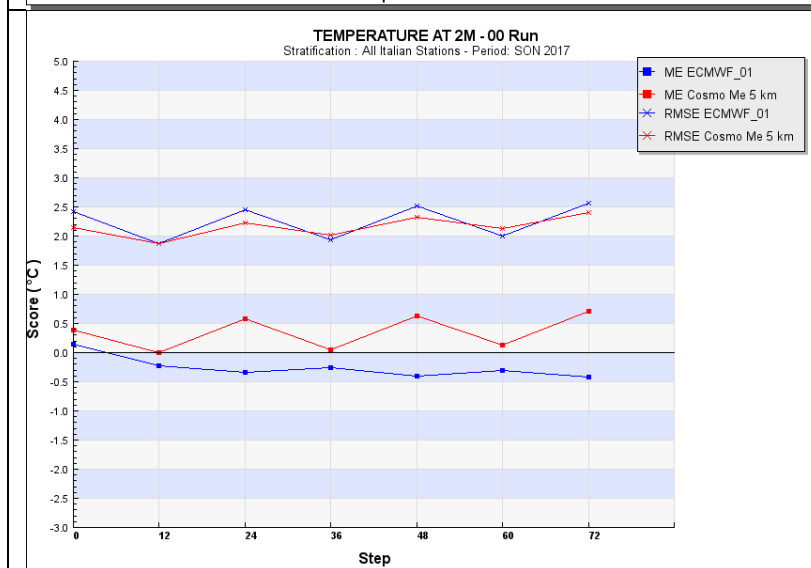
4.1 Temperatura a 2m



ECMWF (00 UTC):

L'errore medio presenta un'oscillazione tra -0.5°C e 0.2°C determinando la sottostima massima in valore assoluto nelle ore notturne e quella minima nelle ore diurne.

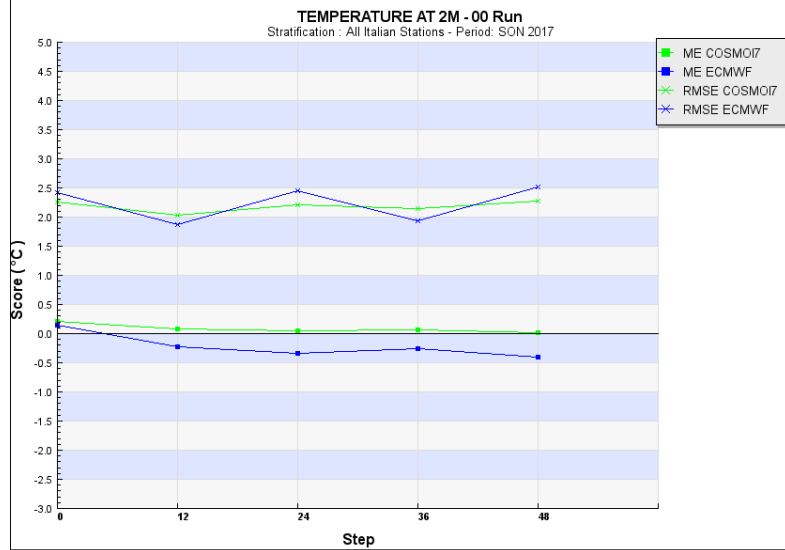
L'errore assoluto inizialmente assume il valore di 1.4°C aumentando fino a circa 2.4°C a fine scadenza. Lo scarto quadratico medio si attesta fra 1.9 e 3.2°C .



Ecmwf vs Cosmo ME (00 UTC):

L'errore medio si distribuisce fra -0.4 e 0.1°C per il modello Ecmwf, fra 0.0 e 0.7°C per il modello CosmoMe.

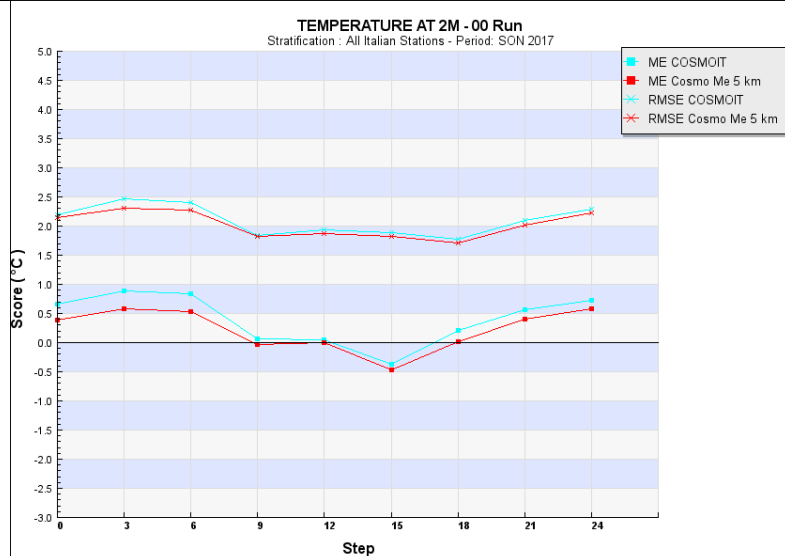
Lo scarto quadratico medio del modello Ecmwf è compreso tra 1.9 e 2.6°C , mentre l'analogo di CosmoMe tra 1.9 e 2.4°C .



Ecmwf vs Cosmo I7 (00 UTC):

L'errore medio si distribuisce fra -0.4 e 0.1 °C per il modello Ecmwf, fra 0.0 e 0.2 °C per il modello Cosmol7.

Lo scarto quadratico medio del modello Ecmwf è compreso tra 1.9 e 2.6 °C, mentre l'analogo di Cosmol7 tra 2.0 e 2.3 °C.

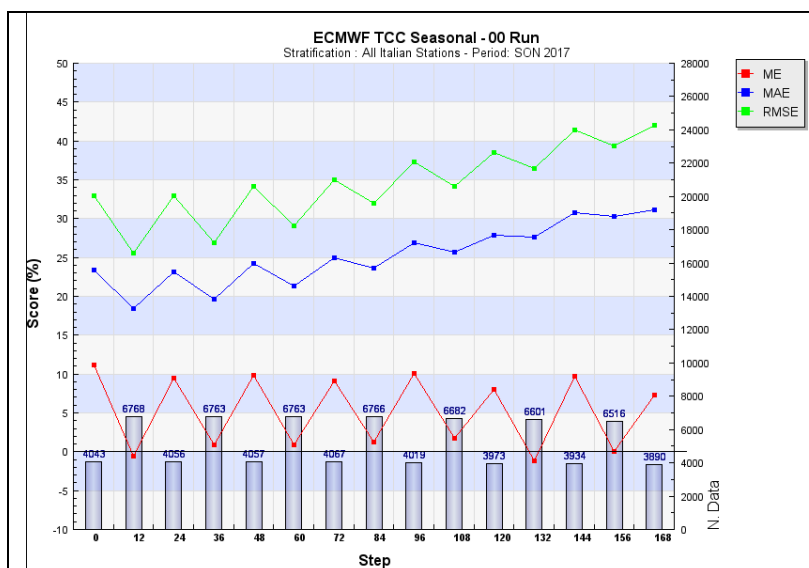


CosmoME vs Cosmo IT (00 UTC):

L'errore medio si distribuisce fra -0.5 e 0.6°C per il modello CosmoMe, fra -0.3 e 0.9 °C per il modello Cosmol7.

Il RMSE del modello CosmoMe varia da 1.7 a 2.3 °C, l'analogo indice di Cosmol7 oscilla tra 1.8 e 2.5 °C.

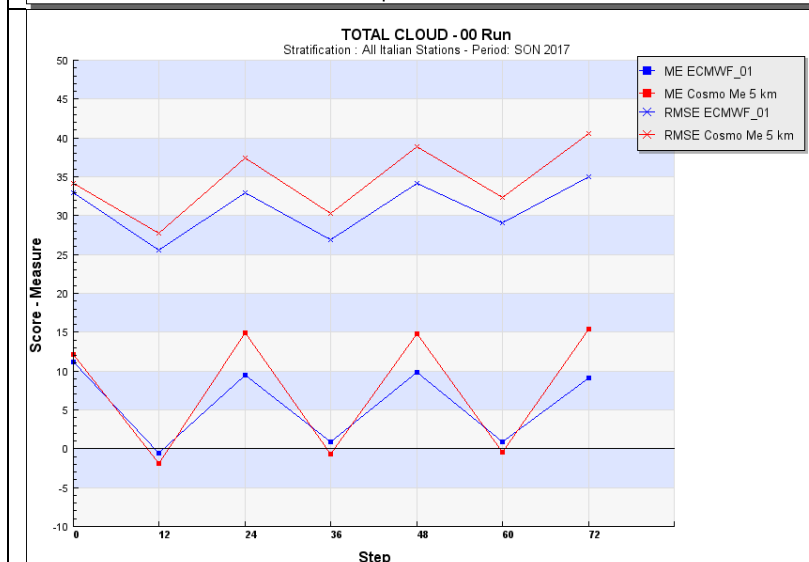
4.2 Copertura Nuvolosa



ECMWF (00 UTC):

L'errore medio presenta un'ampia oscillazione tra -1 e 12 (% di copertura totale) indicando una sovrastima massima nelle ore notturne.

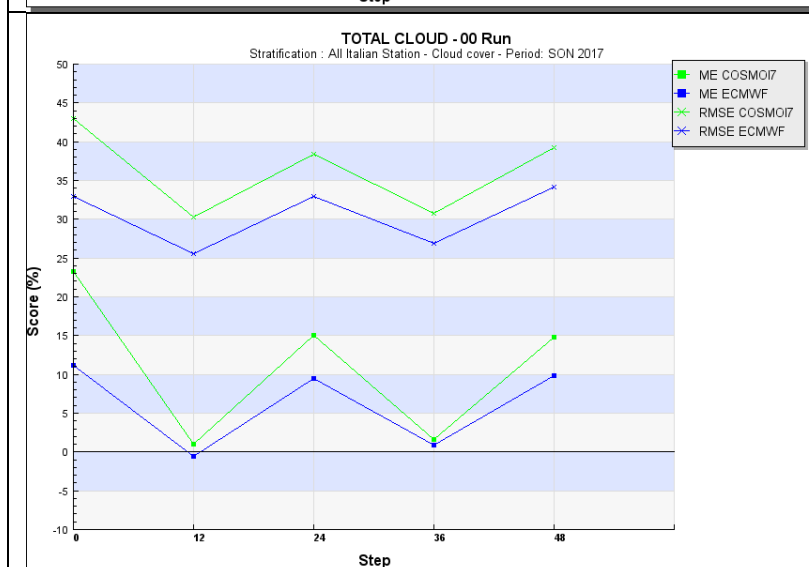
L'errore assoluto inizialmente assume il valore di 18 fino a circa 31 a fine scadenza. Lo scarto quadratico oscilla, con tendenza positiva, fra 26 e 42.



Ecmwf vs Cosmo ME (00 UTC):

L'errore medio si distribuisce fra -1 e 11 per il modello Ecmwf e fra -2 e 16 per il modello CosmoMe, con analogia di fase, evidenziando in particolare in entrambi i casi una sovrastima notturna.

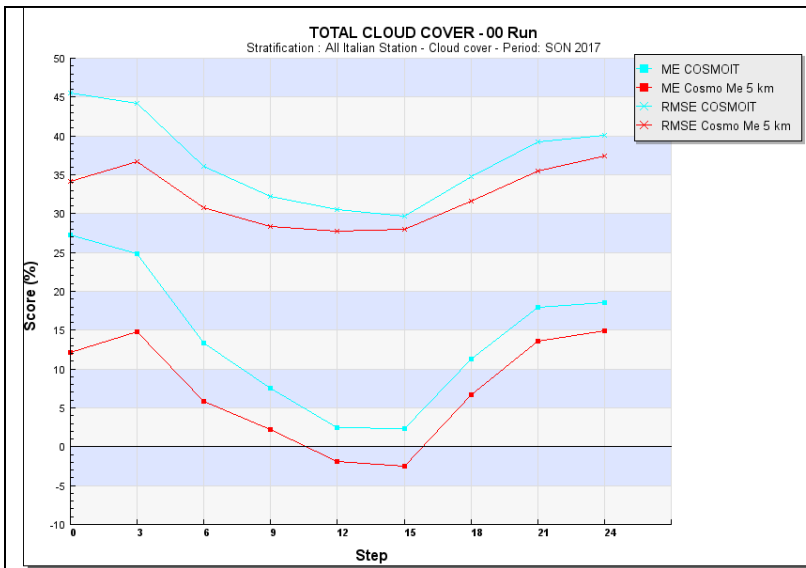
Il RMSE del modello Ecmwf è compreso tra 26 e 35, l'analogo di CosmoMe tra 28 e 41.



Ecmwf vs Cosmo I7 (00 UTC):

L'errore medio si distribuisce fra -1 e 11 per il modello Ecmwf e fra 2 e 24 per il modello CosmoI7, con analogia di fase evidenziando in particolare in entrambi i casi una sovrastima notturna.

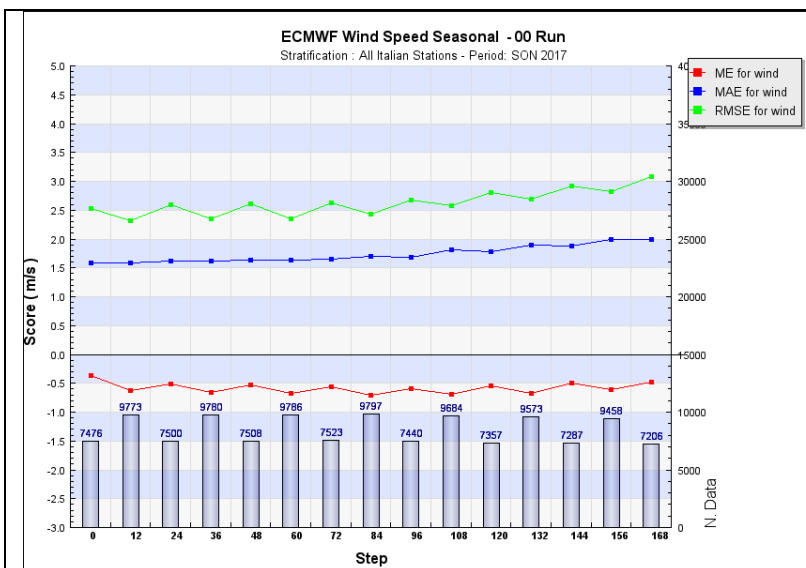
Il RMSE del modello Ecmwf è compreso tra 26 e 34, l'analogo di CosmoI7 tra 30 e 43.



CosmoMe vs Cosmo IT (00 UTC):

L'errore medio si distribuisce fra -3 e 15 per il modello CosmoMe, fra 3 e 27 per CosmoIT. Il RMSE del modello CosmoMe varia tra 28 e 37, l'analogo di CosmoIT tra 30 e 46.

4.3 Intensità del Vento

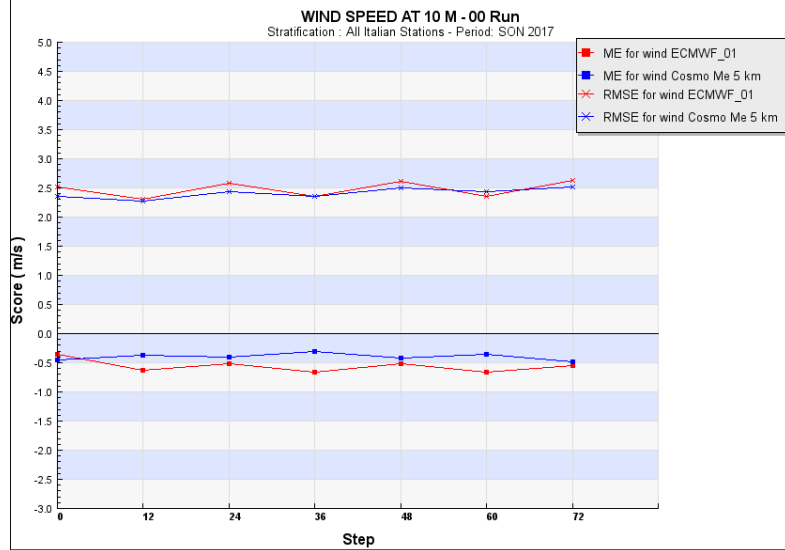


ECMWF (00 UTC):

Il modello tende a sottostimare la velocità del vento in tutte le scadenze assestandosi intorno ad un errore medio compreso tra -0.7 e -0.3 m/s.

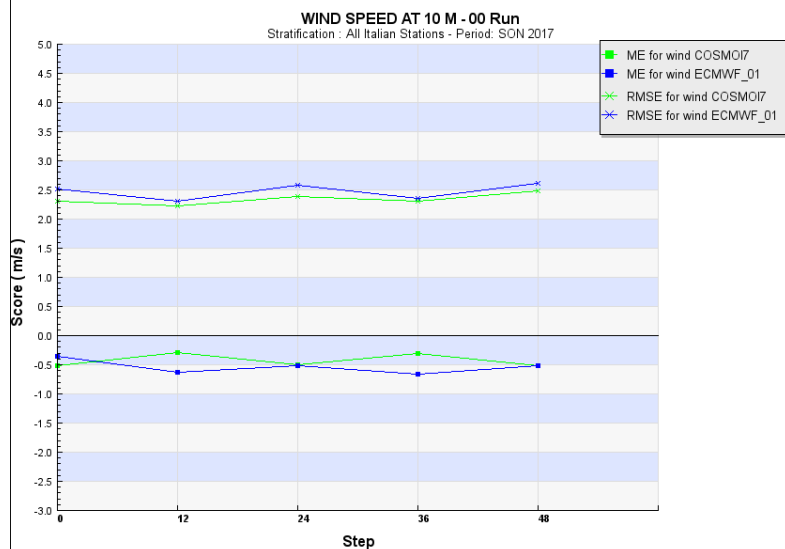
L'errore assoluto medio è compreso tra 1.6 e 2.0 m/s.

Il RMSE mostra una tendenza positiva, con valori compresi tra 2.3 e 3.1 m/s.



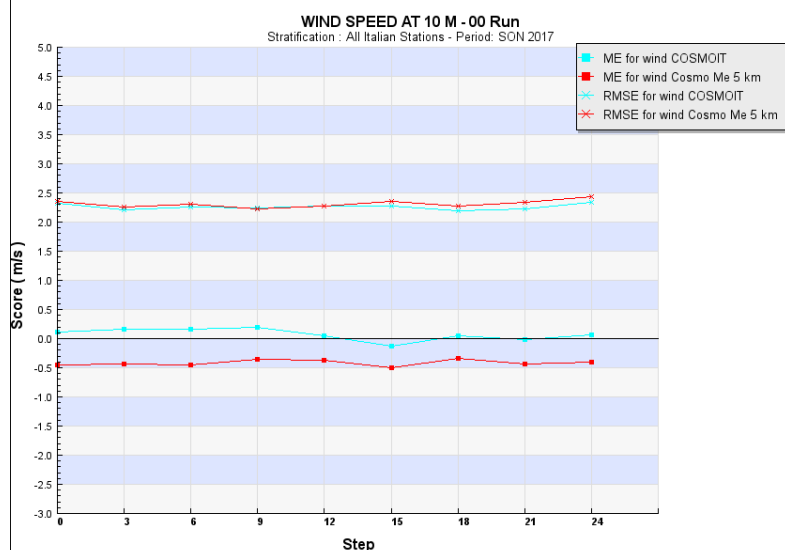
Ecmwf vs Cosmo ME (00 UTC):

L'errore medio si attesta fra -0.6 e -0.3 m/s per il modello Ecmwf, tra -0.5 e -0.3 m/s per CosmoMe, evidenziando una costante sottostima, più marcata per Ecmwf. Il RMSE del modello Ecmwf si attesta tra 2.3 e 2.6 m/s, l'analogo di CosmoMe assume valori compresi tra 2.3 e 2.5 m/s.



Ecmwf vs Cosmo I7 (00 UTC):

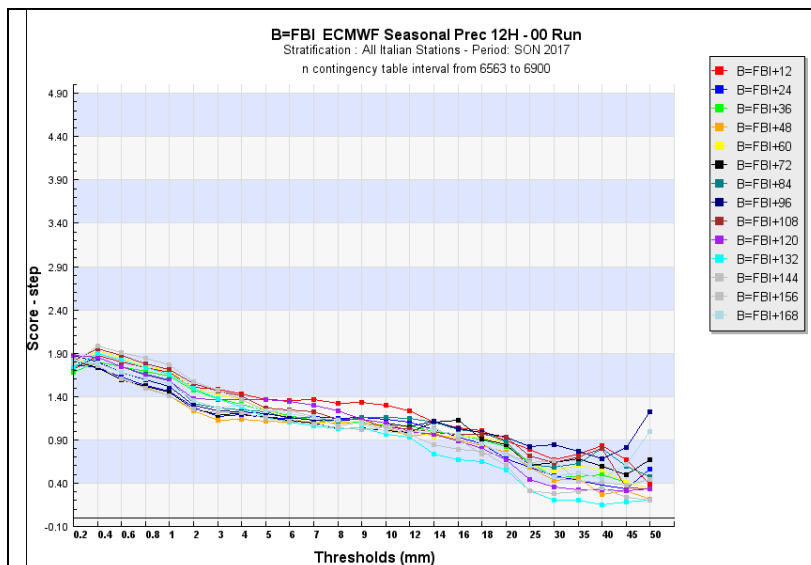
L'errore medio si attesta fra -0.7 e -0.3 m/s per il modello Ecmwf, tra -0.5 e -0.3 m/s per CosmoI7, evidenziando in entrambi i casi una costante sottostima, più marcata per Ecmwf. Il RMSE del modello Ecmwf varia tra 2.3 e 2.5 m/s, l'analogo di CosmoI7 oscilla tra 2.2 e 2.5 m/s.



CosmoMe vs CosmoIT (00 UTC):

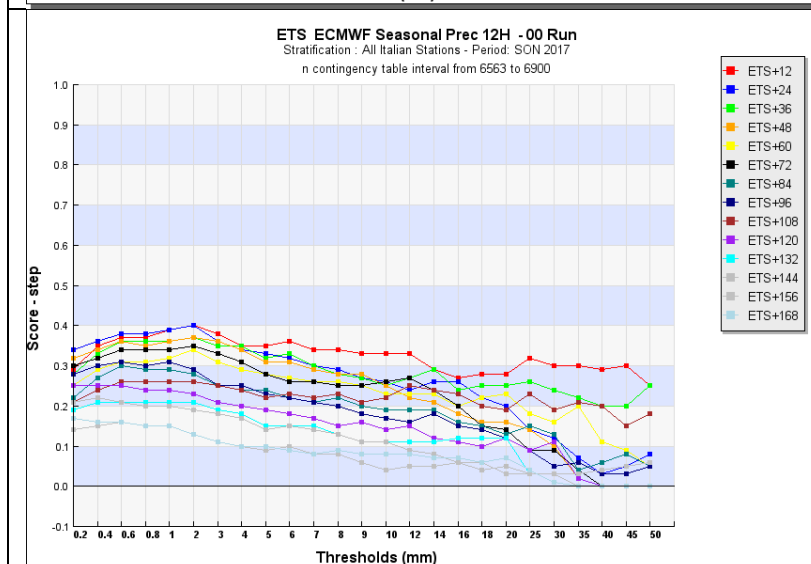
L'errore medio si attesta tra -0.5 e -0.3 m/s per il modello CosmoMe, con lieve sottostima del parametro, fra -0.1 e 0.2 m/s per il modello CosmoIT. Il RMSE del modello CosmoMe non si discosta in maniera significativa da quello di CosmoIT, attestandosi tra 2.3 e 2.5 m/s.

4.4 Precipitazione



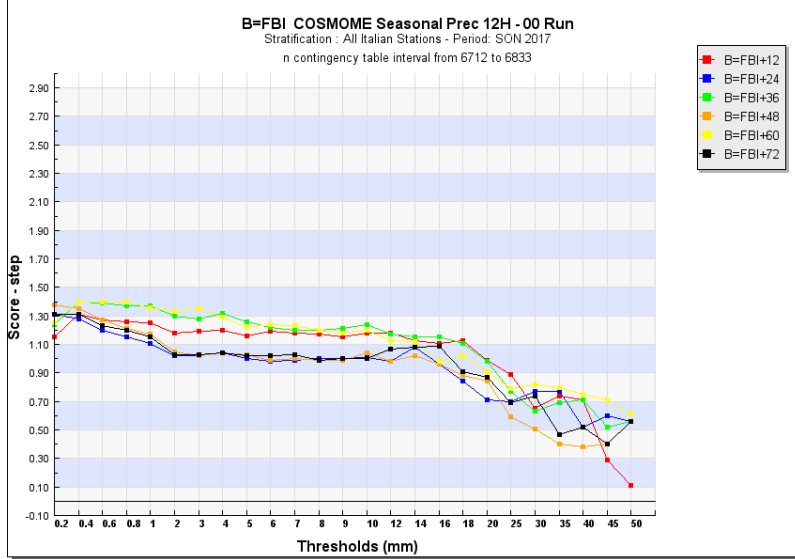
ECMWF (00Utc) Prec cum 12 ore (errore medio):

Si riscontra un andamento di sovrastima fino ad un intervallo di soglie compreso tra 2 e 14 mm, per tutte le scadenze. A partire dalla soglia dei 14 mm tutte le scadenze sono in regime di sottostima del parametro, in maniera più marcata a partire da 25 mm.

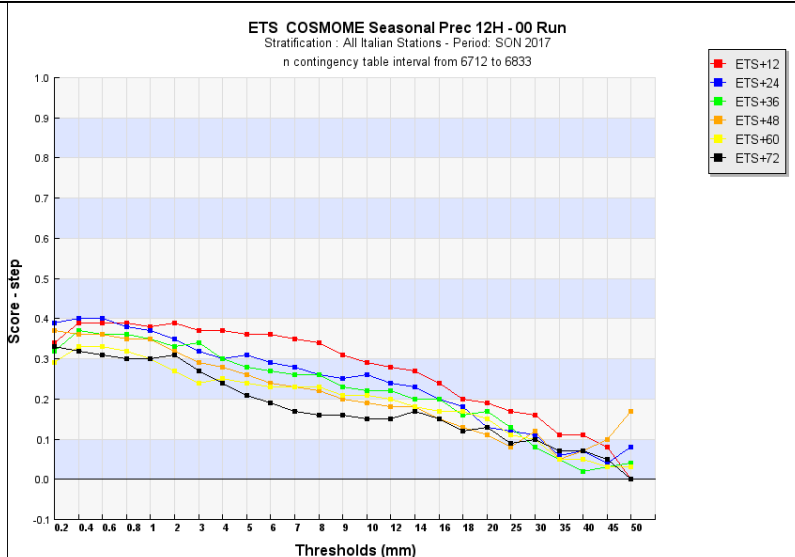


ECMWF (00Utc) Prec cum 12 ore (accuratezza):

Le scadenze tra +12h e +72h mantengono una discreta accuratezza (valori più prossimi ad 1) almeno fino alla soglia di 5-7mm. L'accuratezza degrada, in generale per tutte le soglie, per le scadenze superiori a +132h.



Cosmo Me (00Utc) Prec cum 12 ore (errore medio):
 L'errore medio evidenzia una generale sovrastima dei fenomeni di precipitazione, meno marcata rispetto al modello ECMWF prima analizzato, risultando essere migliore (FBI intorno al valore 1) per le scadenze +24h, +48h e +72h con soglie comprese tra 0.8 e 10mm circa. Sopra la soglia di 25mm si nota un generale peggioramento nella stima degli eventi per tutte le scadenze.

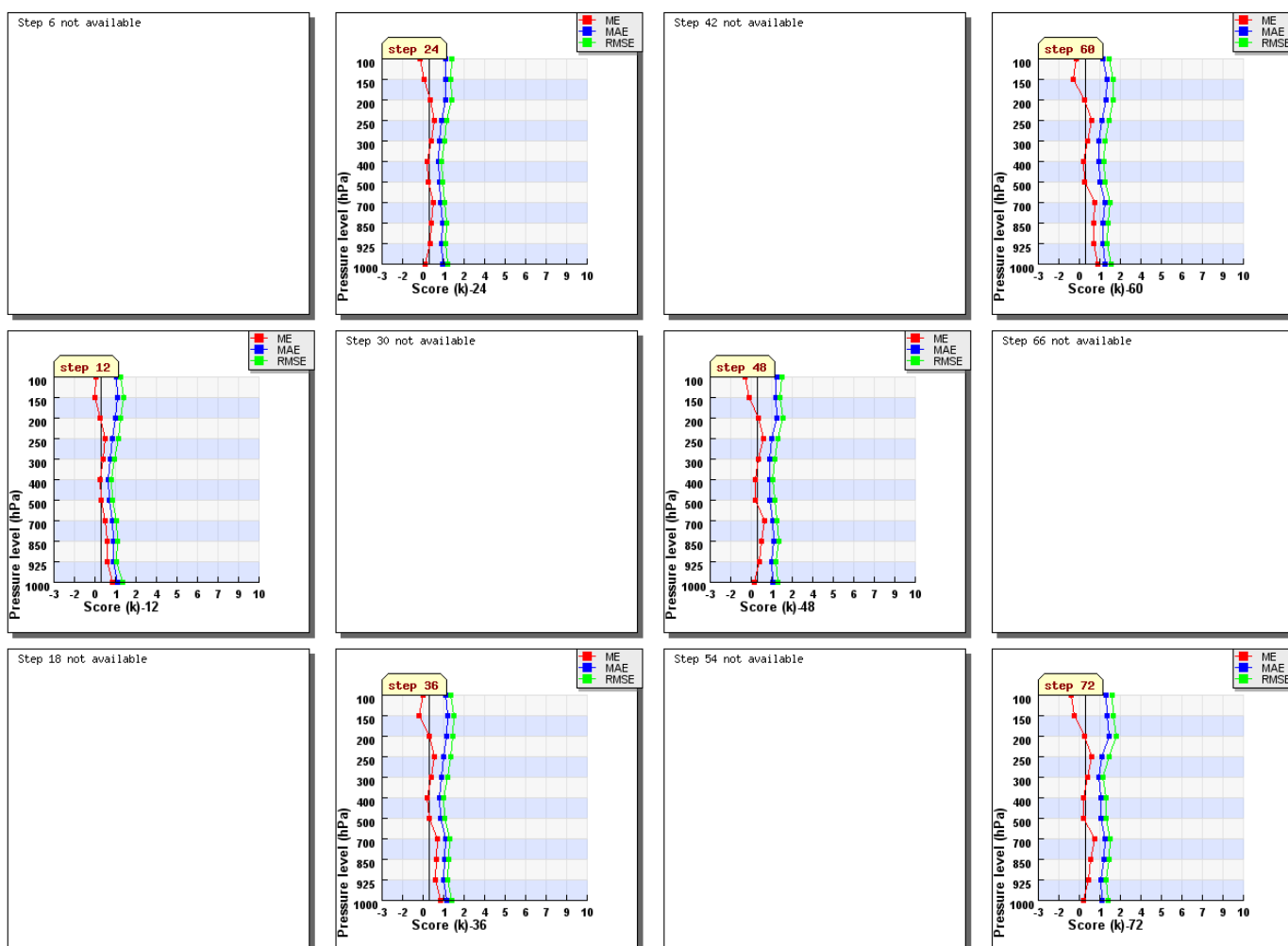


Cosmo Me (00Utc) Prec cum 12 ore (accuratezza):
 L'accuratezza decresce uniformemente all'aumentare delle scadenze. Migliori fra tutti risultano complessivamente gli steps +12h, +24h, +36h, +48h mostrando indici superiori a 0.3 fino alla soglia di circa 4-5 mm (fino a 9 per la +12h) che poi decrescono rapidamente.

5 Risultati Parametri Quota

5.1 COSMO-ME corsa 00 UTC

COSMO-ME Seasonal Run 00 Temperature- Italy - 00 Run
Stratification : All Italian TEMP Station - Period: SON 2017



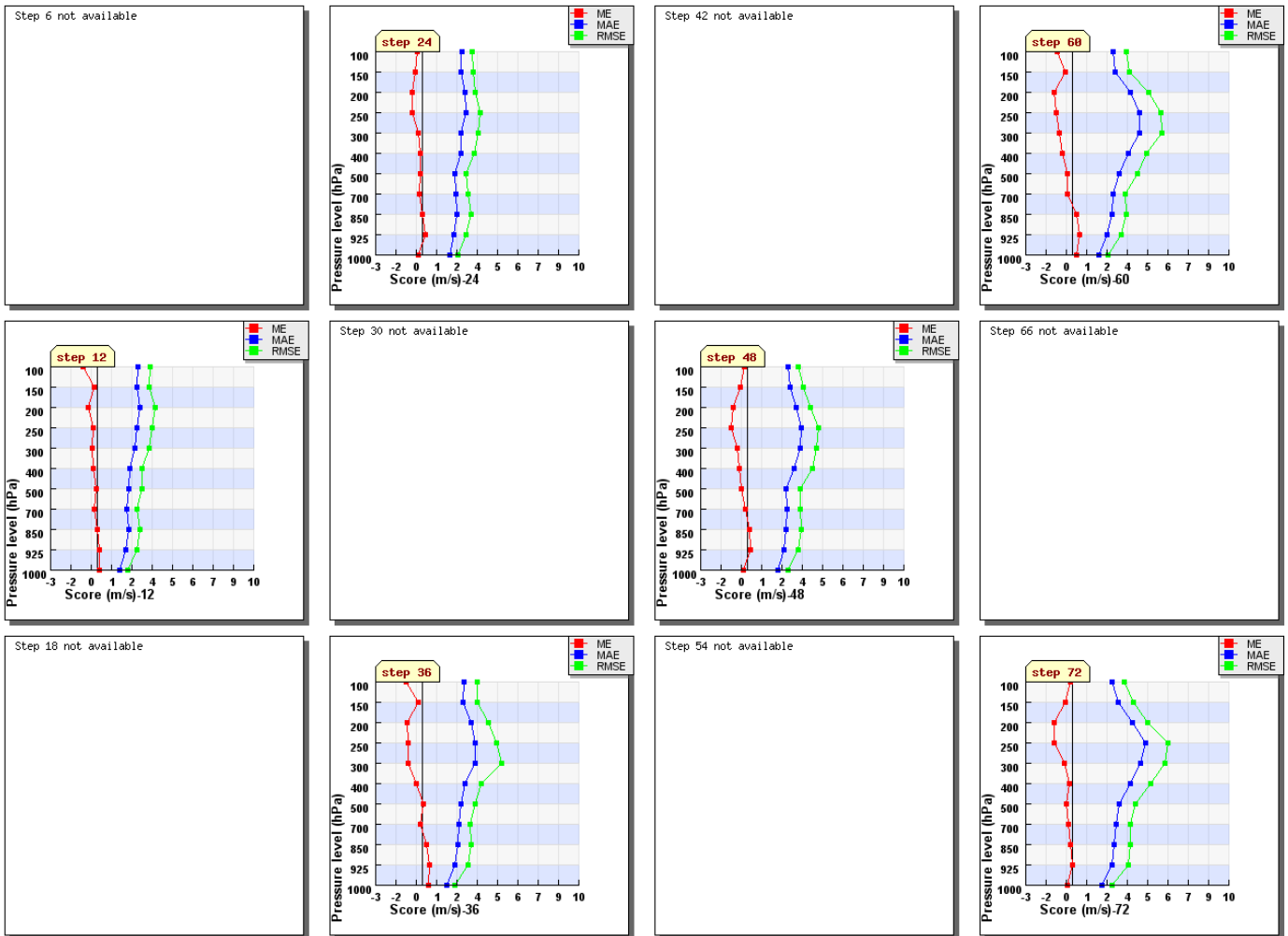
Temperatura:

L'errore medio (bias) mostra valori prossimi allo zero, in particolare nella media troposfera, con generale tendenza a sovrastima del parametro negli strati inferiori.

L'errore assoluto si attesta intorno al valore di 1.0°C, mentre di poco superiore risulta il RMSE.

Il numero di dati da elaborare risulta essere insufficiente per gli step +6, +18, +30, +42, +54 e +66, per l'indisponibilità dei dati osservativi di radiosondaggio delle 06 e 18 UTC.

COSMOME Seasonal Run 00 Wind speed-Italy - 00 Run
 Stratification : All Italian TEMP Station - Period: SON 2017

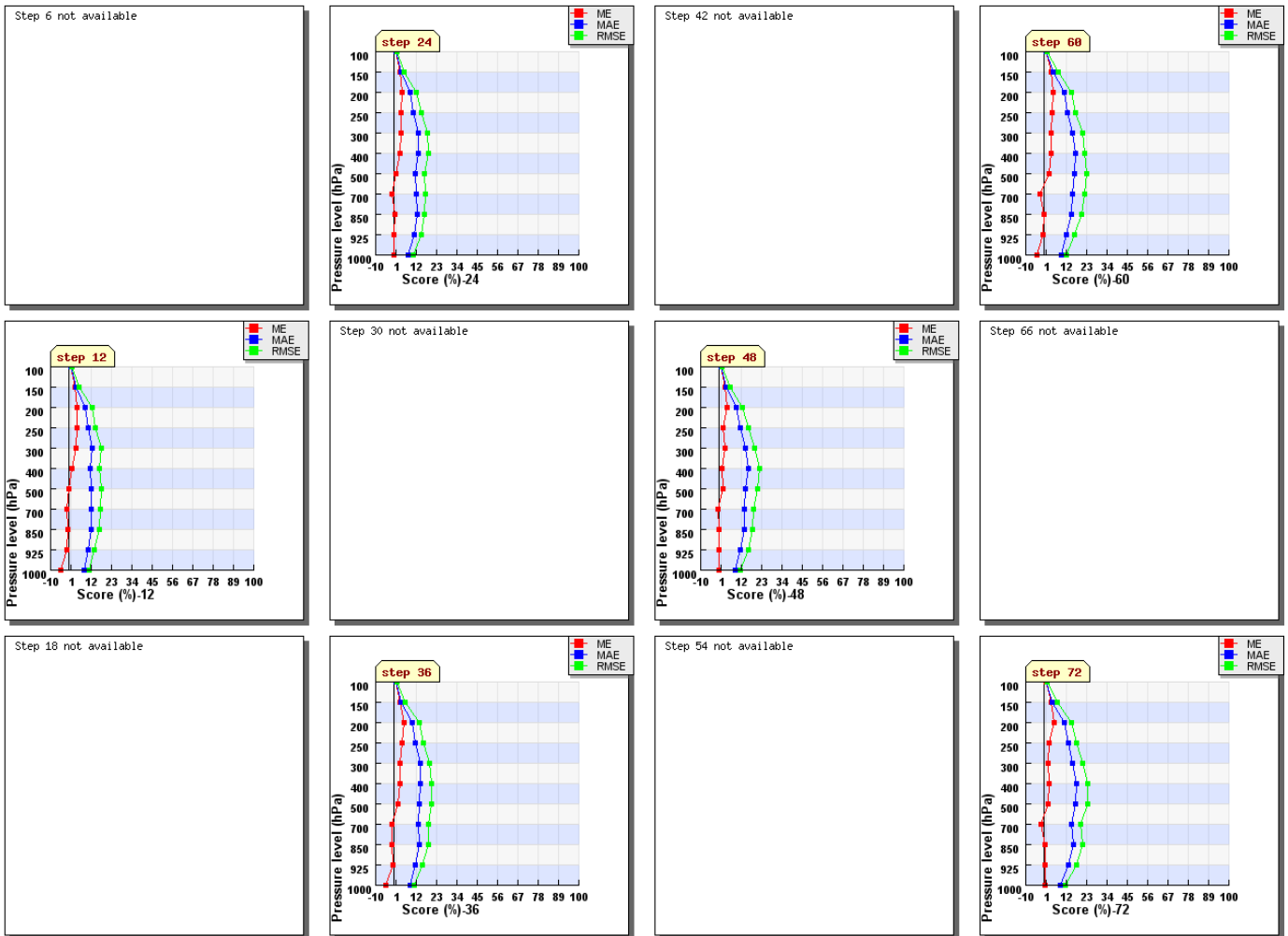


Intensità del vento:

Come per la temperatura, il numero di dati da elaborare risulta essere insufficiente per le scadenze 6, 18, 30, 42, 54 e 66. Per le altre scadenze gli indici presentano un andamento simile con progressivo peggioramento verso fine scadenza.

L'errore assoluto si attesta tra 1 e 4 m/s circa negli strati troposferici, di poco superiore risulta il RMSE.

COSMOME Seasonal Run 00 Relative Humidity- Italy - 00 Run
 Stratification : All Italian TEMP Station - Period: SON 2017



Umidità Relativa:

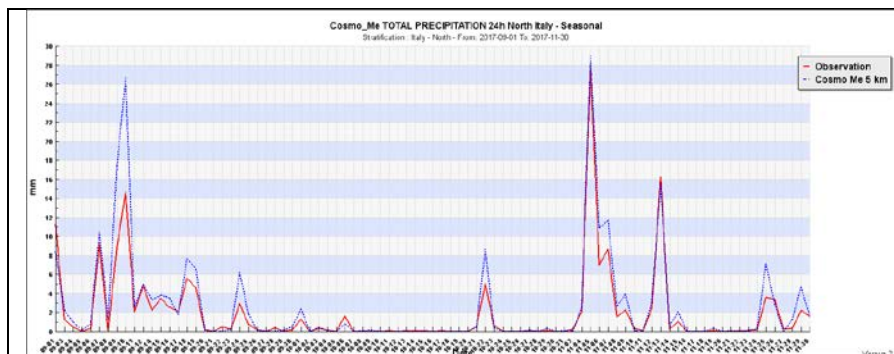
L'errore medio (bias) mostra valori prossimi allo zero, in particolare nella media troposfera, con generale tendenza a sottostima del parametro negli strati inferiori e sovrastima in quelli superiori.

L'errore assoluto si attesta intorno al valore del 15%, mentre di poco superiore risulta il RMSE.

Il numero di dati da elaborare risulta essere insufficiente per gli step +6, +18, +30, +42, +54 e +66, per l'indisponibilità dei dati osservativi di radiosondaggio delle 06 e 18 UTC.

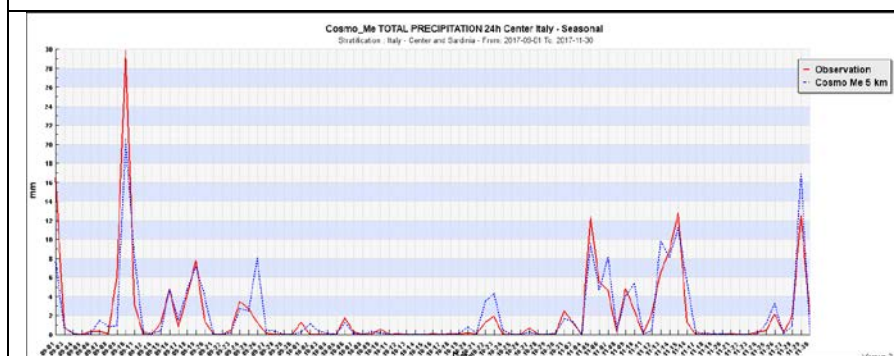
6 Serie Temporali

6.1 COSMO-ME corsa 00 UTC



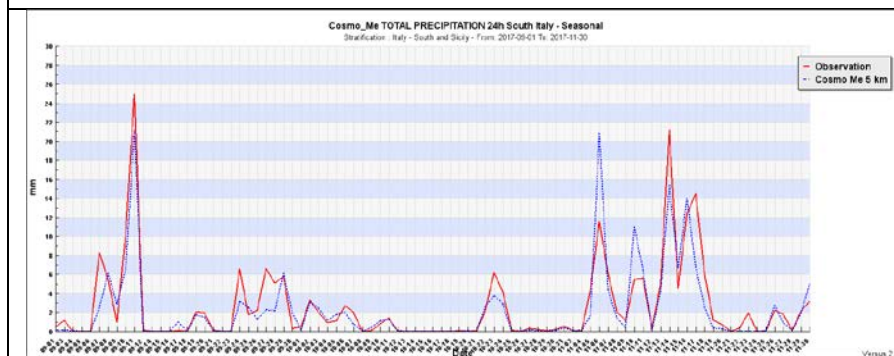
Precipitazione- Nord Italia:

Come mostrato dal grafico, il modello generalmente sovrastima il parametro della precipitazione, in misura significativa talvolta, rilevando eventi precipitativi distinti, con buona assonanza di fase fra osservazione e modello.



Precipitazione- Centro e Sardegna:

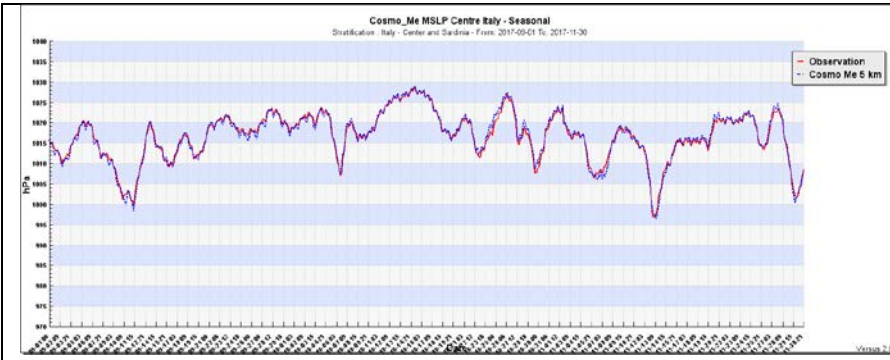
Come mostrato dal grafico, il modello generalmente evidenzia una discreta assonanza di fase con le osservazioni in presenza degli eventi di precipitazione di maggior rilievo, si evidenzia un andamento di sottostima per l'evento di maggior intensità nella prima parte del periodo considerato.



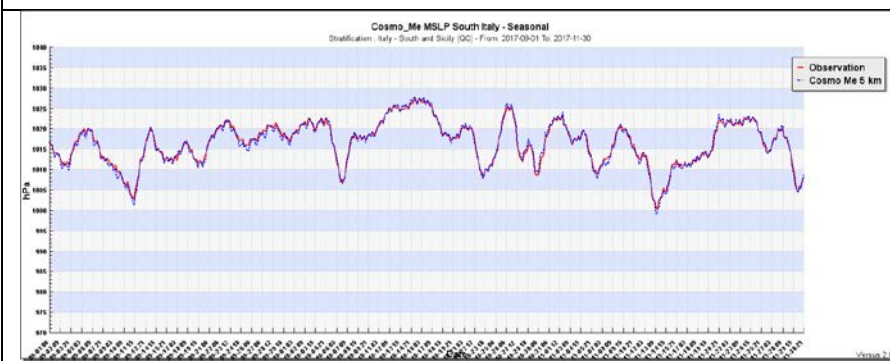
Precipitazione- Sud e Sicilia:

Come mostrato dal grafico, il modello generalmente sottostima il parametro della precipitazione per la maggior parte degli eventi ad eccezione dei due picchi relativi agli eventi della prima decade di Novembre.

	<p>Temperatura 2m- Nord: Il parametro presenta un sostanziale buon accordo, con generale sovrastima dei valori minimi e qualche caso di sottostima dei valori massimi. Ben riprodotto l'accordo di fase tra osservazioni e previsione.</p>
	<p>Temperatura 2m- Centro e Sardegna: Il parametro presenta un sostanziale buon accordo con generale lieve sovrastima dei valori minimi. Ben riprodotto l'accordo di fase tra osservazioni e previsione.</p>
	<p>Temperatura 2m- Sud e Sicilia: Il parametro presenta un sostanziale buon accordo con generale lieve sovrastima dei valori massimi e minimi. Ben riprodotto l'accordo di fase tra osservazioni e previsione.</p>
	<p>Pressione al livello del mare- Nord: Il parametro presenta un ottimo accordo, con sostanziale coerenza con l'andamento delle osservazioni, caratterizzato da oscillazioni con valori compresi approssimativamente tra 1000 hPa e 1030 hPa. Si evidenzia qualche caso di sottostima del parametro.</p>



Pressione al livello del mare- Centro e Sardegna:
 Il parametro presenta un ottimo accordo, con sostanziale coerenza con l'andamento delle osservazioni, caratterizzato da oscillazioni con valori compresi approssimativamente tra 1000 hPa e 1028 hPa. Si evidenzia qualche caso di sottostima del parametro.



Pressione al livello del mare- Sud e Sicilia:
 Il parametro presenta un ottimo accordo, con sostanziale coerenza con l'andamento delle osservazioni, caratterizzato da oscillazioni con valori compresi approssimativamente tra 1002 hPa e 1027 hPa. Si evidenzia qualche caso di sottostima del parametro.

////////////////////// NO DATI ////////////////////////

Altezza dell'onda - Mediterraneo:
 Dati di osservazioni mancanti per il periodo analizzato.

7 Riferimenti bibliografici

1. Jolliffe, I.T. and D.B. Stephenson, 2003. *Forecast Verification: A Practitioner's Guide in Atmospheric Sciences* (Wiley)
2. Wilks, D.S., 1995. *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences: An Introduction* (Chapter 7: Forecast Verification) (Academic Press).