

AERONAUTICA MILITARE
Centro Operativo
per
la Meteorologia

4° Servizio 3[^] Sezione

Report Trimestrale 2016
Verifiche dei modelli operativi presso il COMET
MARZO-APRILE-MAGGIO

Magg. G.A.r.n. Roberto Bove
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.

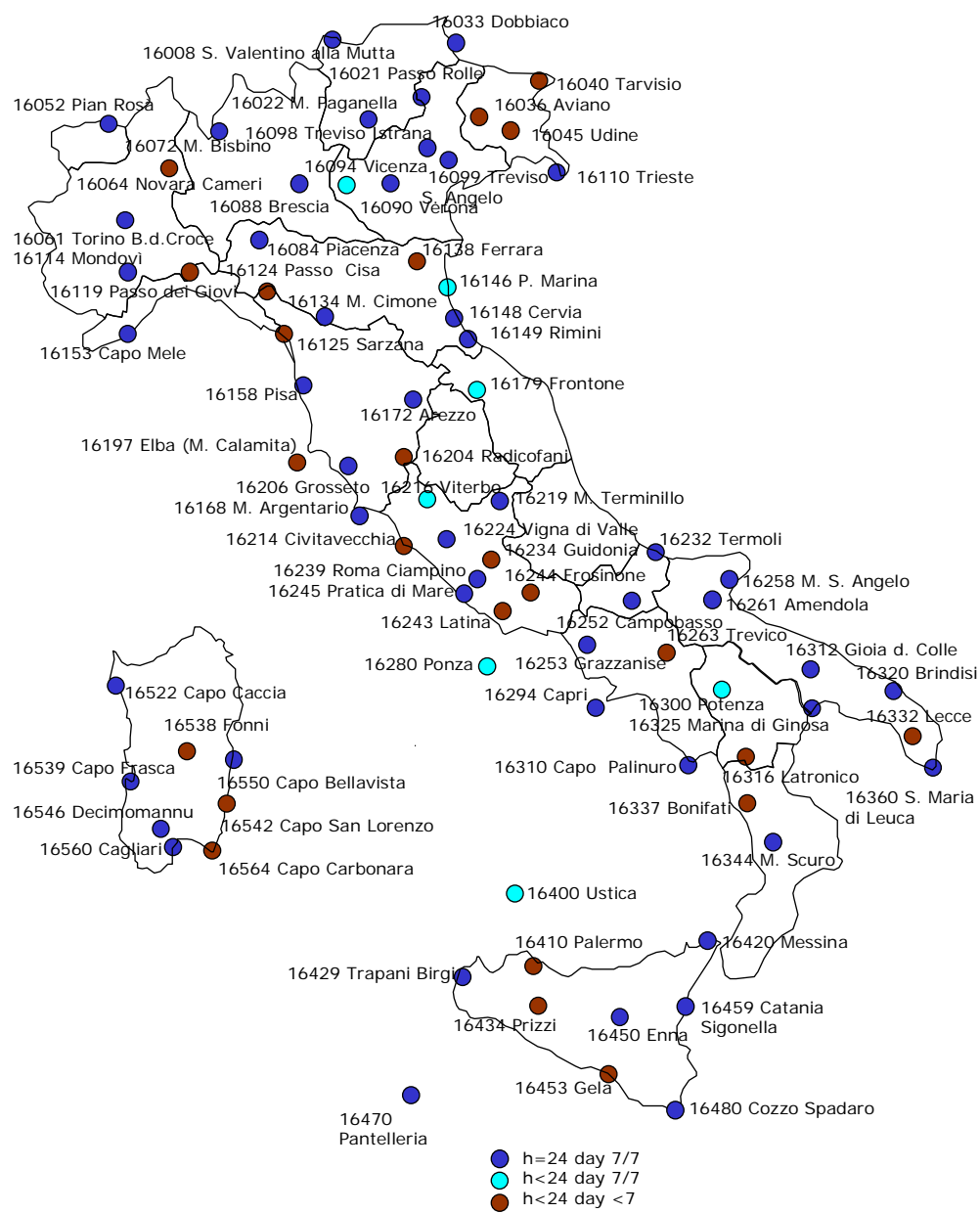
I risultati descritti rappresentano un estratto dall'archivio delle verifiche eseguite e si riferiscono ai seguenti modelli:

ECMWF	elaborato dal Centro Europeo Risoluzione 16 km
COSMO-ME	elaborato dal COMET Risoluzione 7 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. Circa 40 boe, distribuite nel Mediterraneo, sono impiegate per le verifiche del modello del mare.

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.

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

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

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.

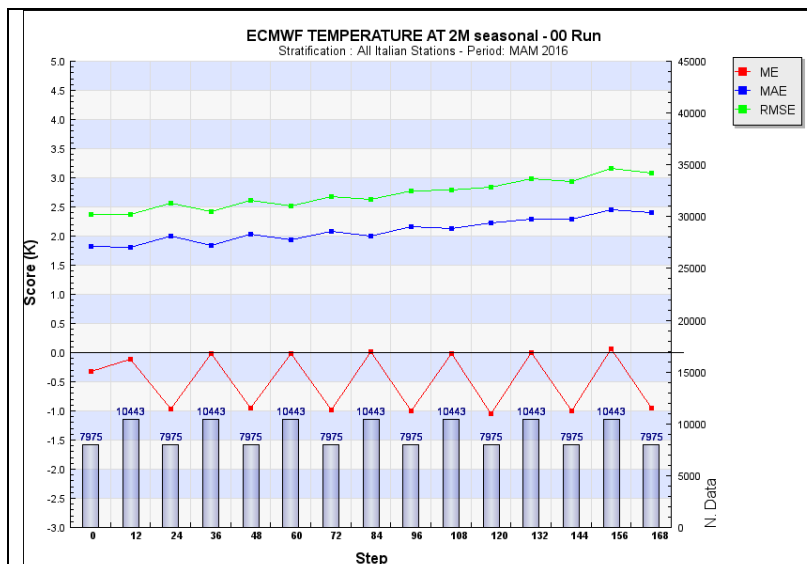
3 Strumento

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

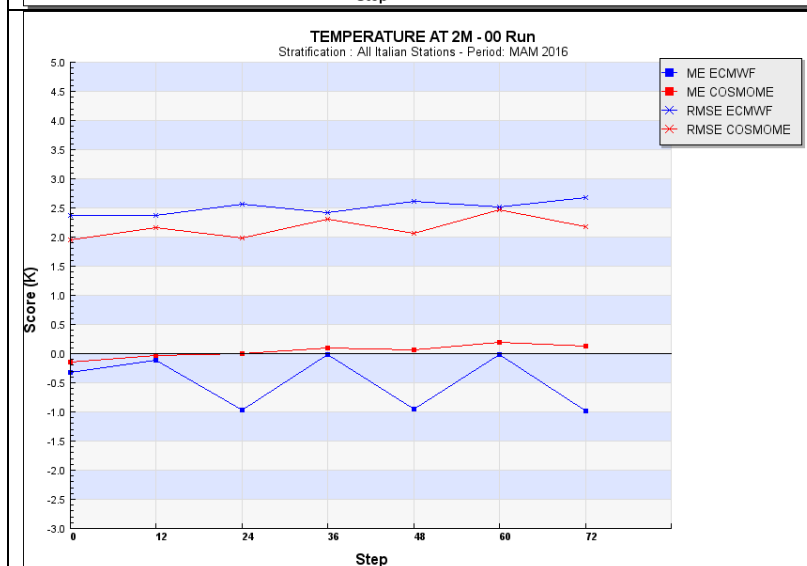
4.1 Temperatura a 2m



ECMWF (00 UTC):

L'errore medio presenta un'ampia oscillazione tra 0.1°C e -1.0°C determinando la sottostima massima in valore assoluto nelle ore notturne e quella minima nelle ore diurne.

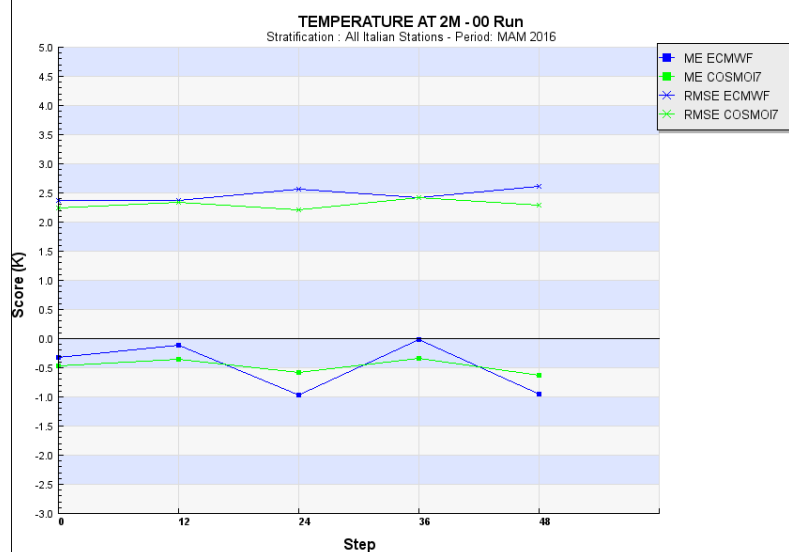
L'errore assoluto inizialmente assume il valore di 1.7°C aumentando fino a circa 2.5°C a fine scadenza. Lo scarto quadratico medio si attesta fra 2.4 e 2.7°C.



Ecmwf vs Cosmo ME (00 UTC):

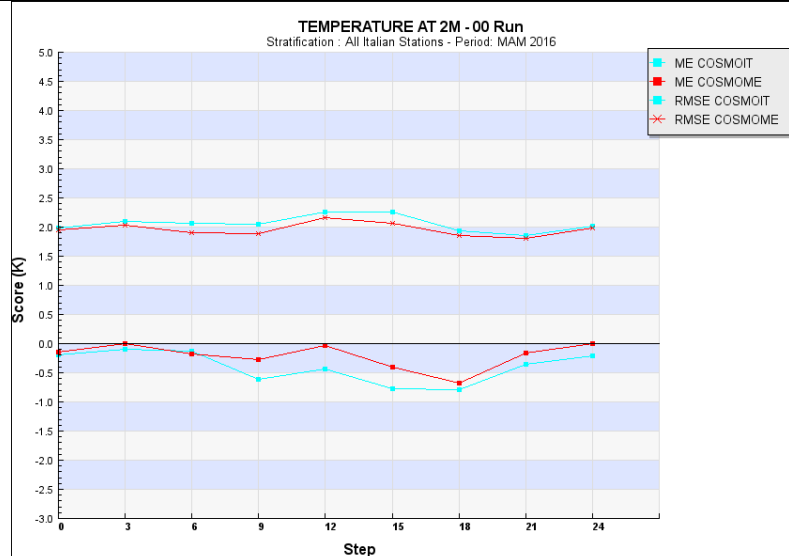
L'errore medio si distribuisce fra -1.0 e 0°C per il modello Ecmwf, fra -0.1 e 0.2 °C per il modello CosmoMe.

Lo scarto quadratico medio del modello Ecmwf è compreso tra 2.4 e 2.7 °C, mentre l'analogo di CosmoMe tra 2.0 e 2.5 °C.



Ecmwf vs Cosmo I7 (00 UTC):
L'errore medio si distribuisce fra -1 e 0. °C per il modello Ecmwf, intorno a -0.5 °C per il modello CosmoI7.

Lo scarto quadratico medio del modello Ecmwf è compreso tra 2.3 e 2.7 °C, mentre l'analogo di CosmoI7 tra 2.3 e 2.5 °C.

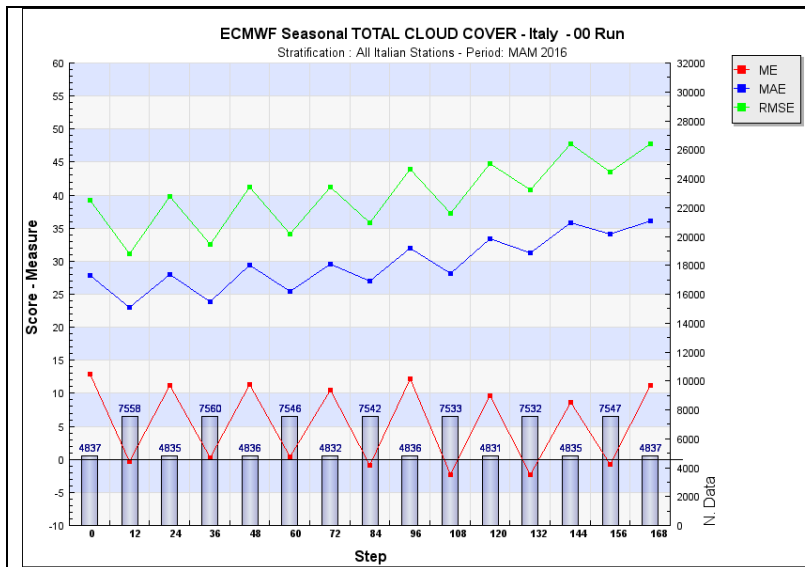


CosmoME vs Cosmo IT (00 UTC):

L'errore medio si distribuisce fra -0.6 e 0°C per il modello CosmoMe, fra -0.7 e 0°C per il modello CosmoIT.

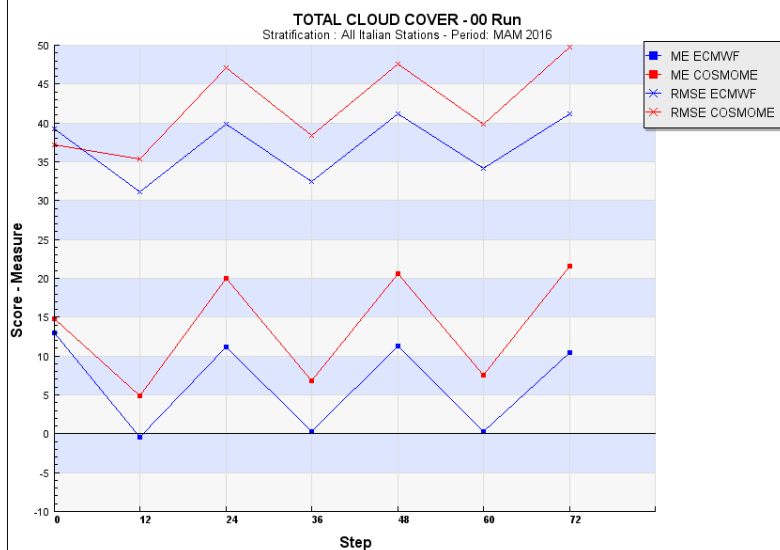
Il RMSE del modello CosmoMe varia da 2.0 a 2.3 °C, così come l'analogo indice di CosmoIT che mostra il medesimo andamento.

4.2 Copertura Nuvolosa



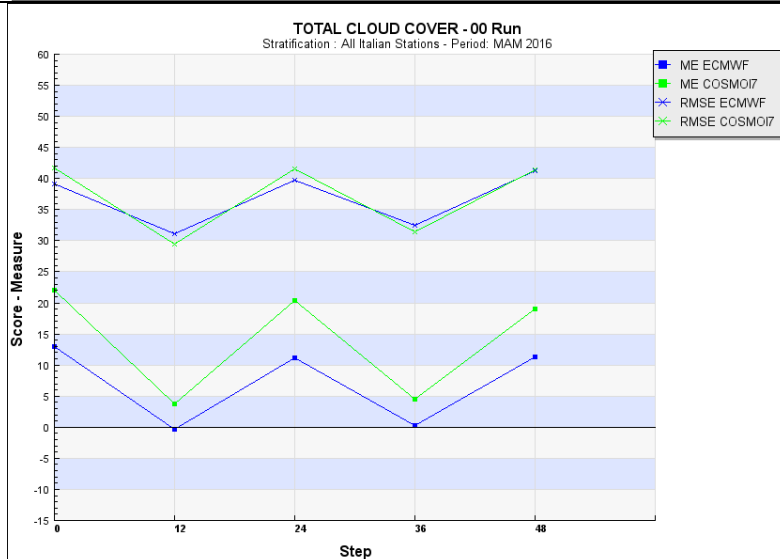
ECMWF (00 UTC):

L'errore medio presenta un'ampia oscillazione tra -2.5 e 13 (% di copertura totale) indicando una sottostima diurna ed una sovrastima notturna. L'errore assoluto inizialmente assume il valore di 28 fino a circa 32 a fine scadenza. Lo scarto quadratico oscilla con trend positivo tra i valori 31 e 47.



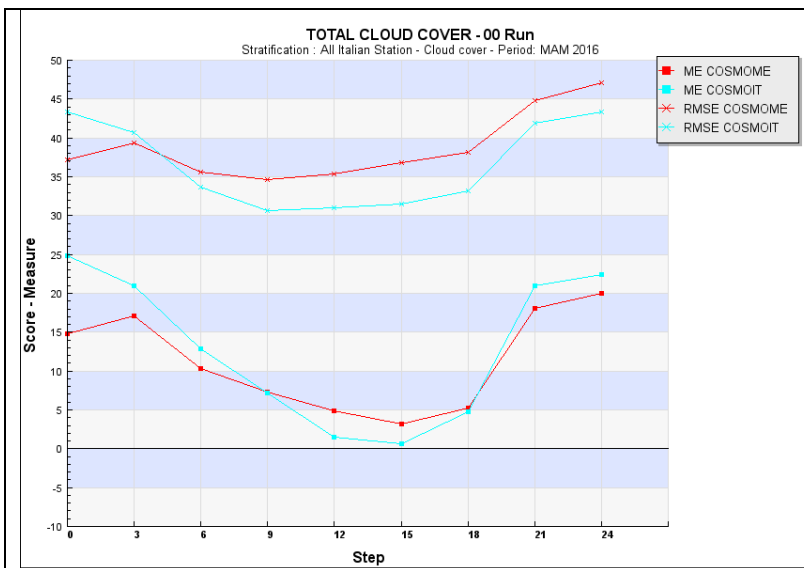
Ecmwf vs Cosmo ME (00 UTC):

L'errore medio si distribuisce fra 0 e 13 per il modello Ecmwf e fra 5 e 22 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 32 e 42, l'analogo di CosmoMe tra 37 e 50.



Ecmwf vs Cosmo I7 (00 UTC):

L'errore medio si distribuisce fra 0 e 14 per il modello Ecmwf e fra 4 e 23 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 30 e 42, analogo andamento per di CosmoI7.

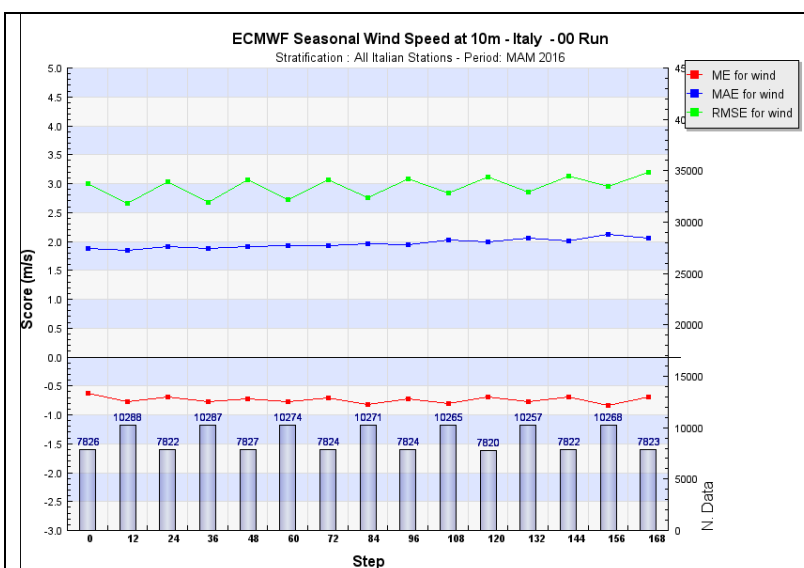


CosmoMe vs Cosmo IT (00 UTC):

L'errore medio si distribuisce fra 3 e 20 per il modello CosmoMe, fra 1 e 25 per CosmoIT.

Il RMSE del modello CosmoMe varia tra 37 e 47, l'analogo di CosmoIT tra 31 e 43.

4.3 Intensità del Vento

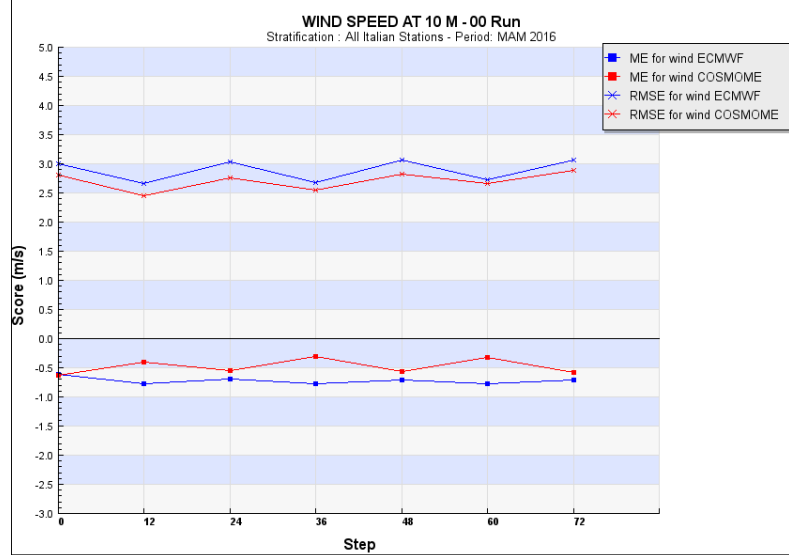


ECMWF (00 UTC):

Il modello tende a sottostimare la velocità del vento in tutte le scadenze mostrando un lieve ciclo diurno ed assestandosi intorno ad un errore medio compreso tra -0.9 e -0.6 m/s.

L'errore assoluto medio è in un intorno stretto di 2.0.

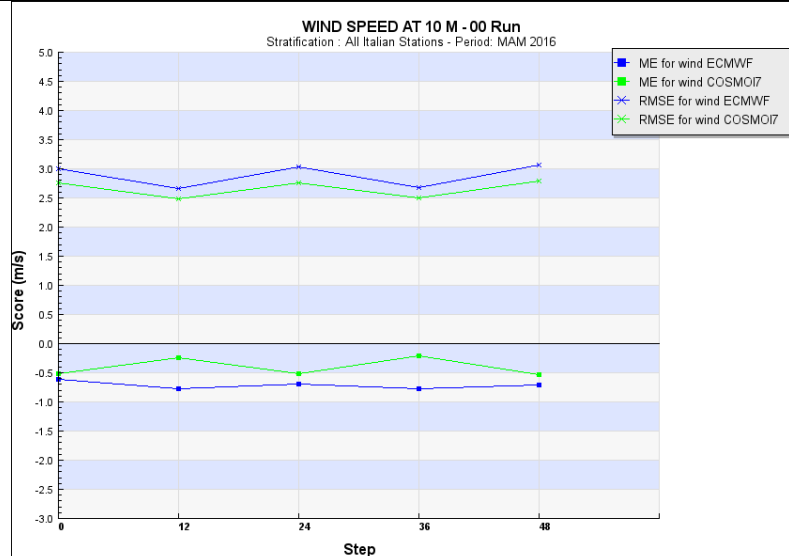
Il RMSE mostra una tendenza positiva, con valori compresi tra 2.7 e 3.3 m/s.



Ecmwf vs Cosmo ME (00 UTC):

L'errore medio si attesta fra -0.8 e -0.6 m/s per il modello Ecmwf, intorno a -0.4 e -0.6 m/s per CosmoMe, evidenziando una costante sottostima, più marcata per Ecmwf.

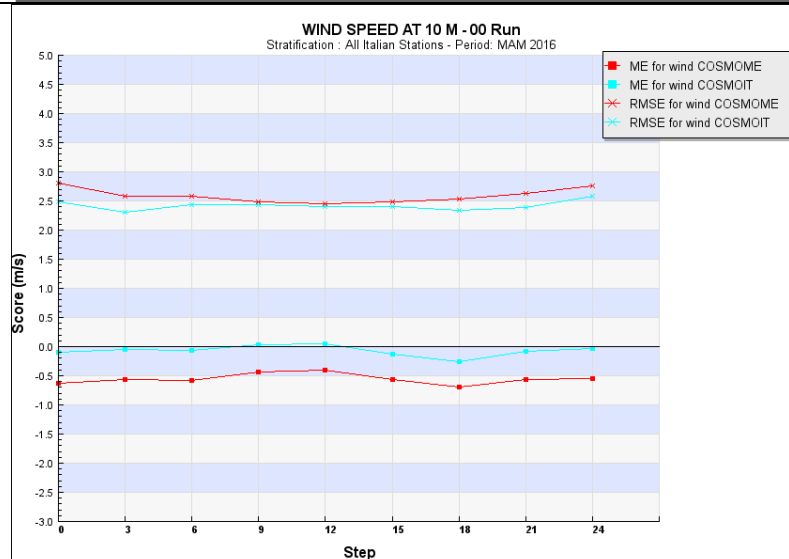
Il RMSE del modello Ecmwf si attesta tra 2.8 e 3.1 m/s, l'analogo di CosmoMe assume valori compresi tra 2.5 e 2.8 m/s.



Ecmwf vs Cosmo I7 (00 UTC):

L'errore medio si attesta fra -0.7 e -0.6 m/s per il modello Ecmwf, tra -0.5 e -0.2 m/s per CosmoI7, evidenziando in entrambi i casi una costante sottostima, più marcata per Ecmwf.

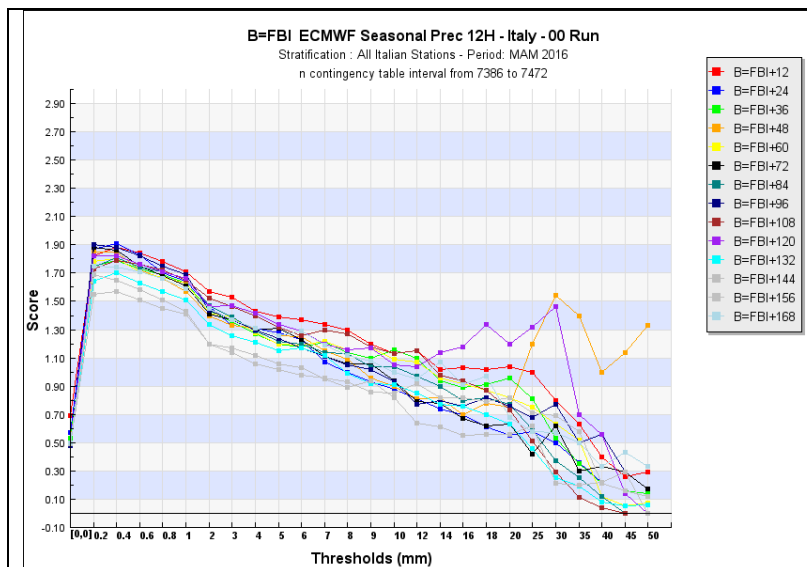
Il RMSE del modello Ecmwf si attesta tra 2.7 e 3.1 m/s, l'analogo di CosmoI7 si mantiene pressoché costante tra 2.5 e 2.7 m/s.



CosmoMe vs CosmoIT (00 UTC):

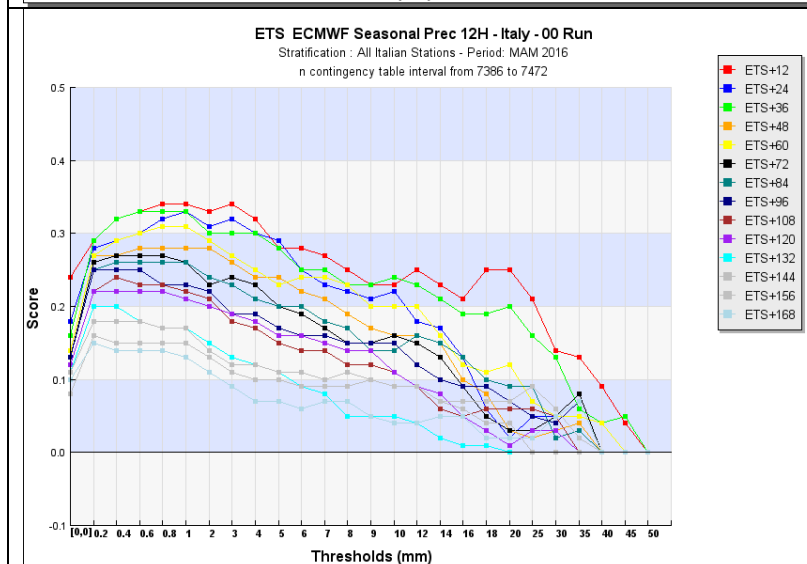
L'errore medio si attesta tra -0.4 e -0.7 m/s per il modello CosmoMe, con lieve sottostima del parametro, fra -0.1 e 0.2 m/s per il modello CosmoIT. Il RMSE del modello CosmoMe si attesta tra 2.5 e 2.8 e non si discosta in maniera significativa da quello di CosmoIT, attestandosi intorno a 2.5 m/s.

4.4 Precipitazione



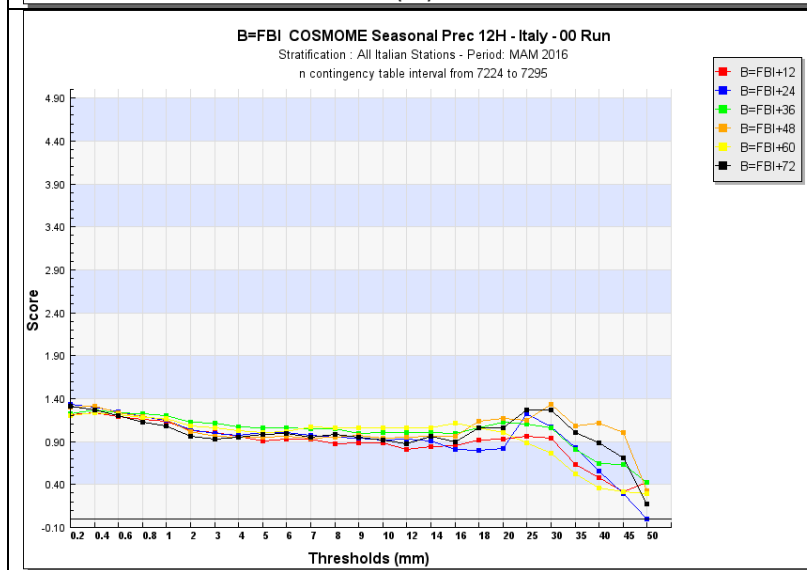
ECMWF (00Utc) Prec cum 12 ore (errore medio):

Si riscontra un andamento quasi omogeneo di sovrastima sino alla soglia 10mm per tutte le scadenze. A partire dalla soglia 10mm tutte le scadenze iniziano a sottostimare il parametro, in maniera più marcata a partire da 15mm.



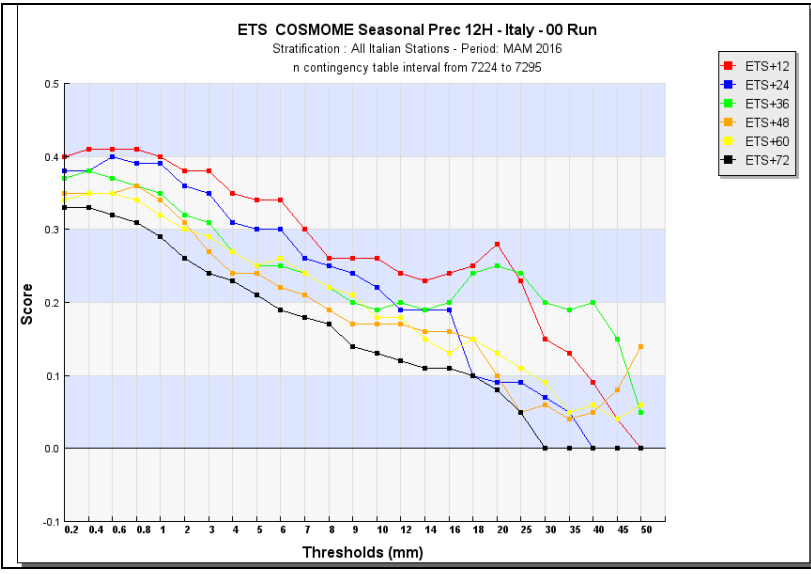
ECMWF (00Utc) Prec cum 12 ore (accuratezza):

Le scadenze tra +12h +24h, +36h e 60h mantengono una discreta accuratezza (valori più prossimi ad 1) almeno fino alla soglia di 3mm. L'accuratezza degrada, in generale per tutte le soglie, per le scadenze superiori a +120h.



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 tutte le scadenze con soglie comprese tra 2 e 15mm circa. Sopra la soglia di 15mm si nota un generale peggioramento nella stima degli eventi per tutte le scadenze.

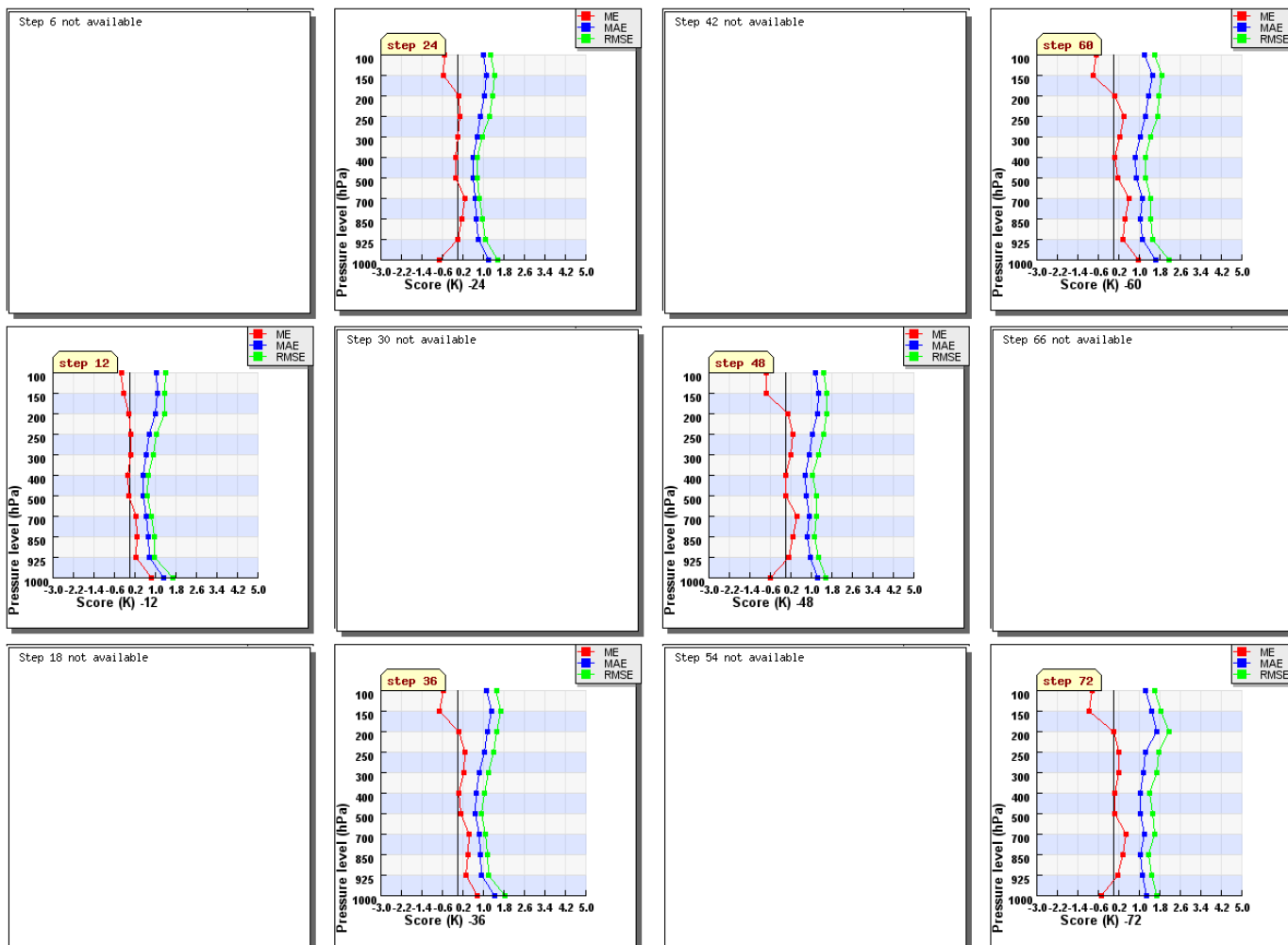


Cosmo Me (00Utc) Prec cum 12 ore (accuratezza):
 L'accuratezza decresce uniformemente all'aumentare delle scadenze.
 Migliori fra tutti risultano complessivamente gli steps +12h, +24h e 36h mostrando indici superiori a 0.3 fino alla soglia di circa 6mm che poi decrescono rapidamente.

5 Risultati Parametri Quota

5.1 COSMO-ME corsa 00 UTC

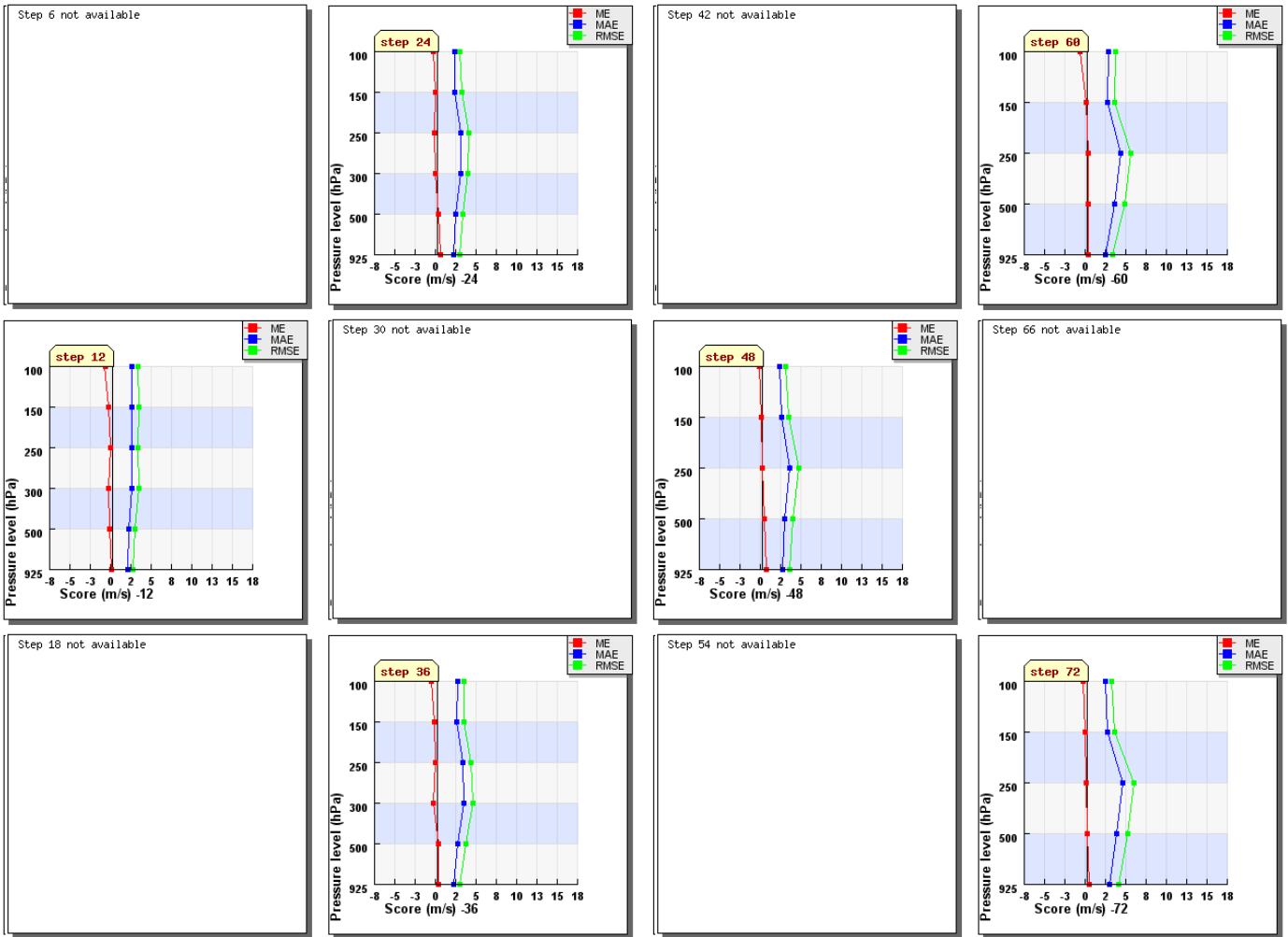
COSMOME Seasonal TEMPERATURE - Italy - 00 Run
Stratification : All Italian TEMP Station - Period: MAM 2016



Temperatura:

L'errore medio (bias) mostra valori prossimi allo zero, in particolare nella media troposfera, con generale tendenza a sovrastimare il parametro, con sottostima negli strati più prossimi al suolo. 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 WIND SPEED - Italy -00 Run
 Stratification : All Italian TEMP Station - Period: MAM 2016



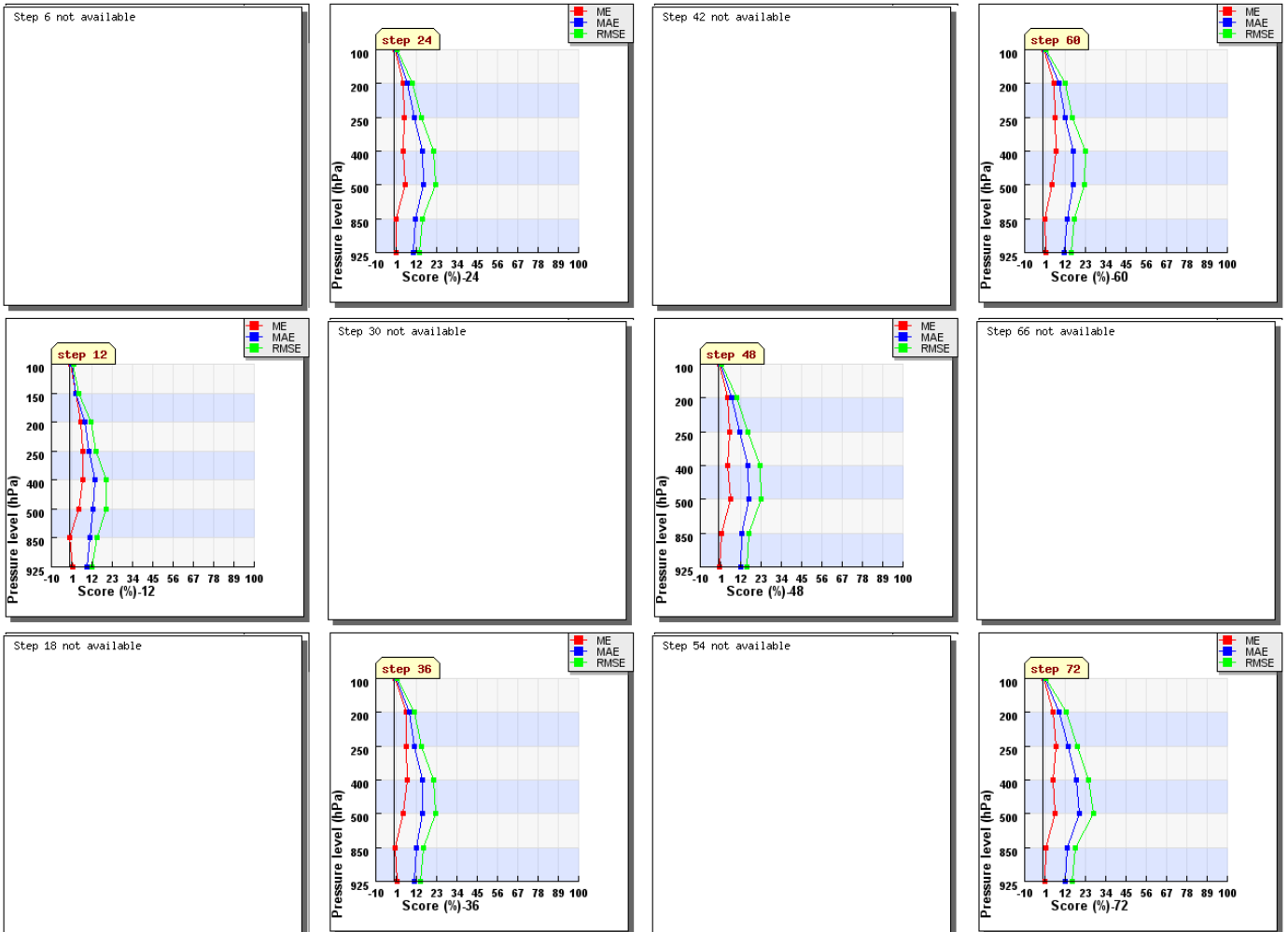
Intensità del vento:

L'errore medio (bias) mostra valori prossimi allo zero su tutta la colonna d'aria.

L'errore assoluto si attesta tra 2 e 3m/s circa negli strati troposferici, 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 Relative Humidity- Italy - 00 Run
 Stratification : All Italian TEMP Station - Period: MAM 2016



Umidità Relativa:

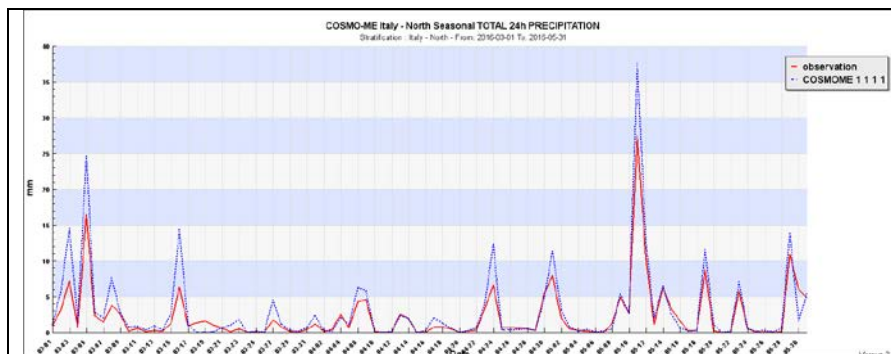
L'errore medio (bias) mostra una generale sovrastima del parametro in particolare nella media troposfera.

L'errore assoluto si attesta intorno al valore di 12%, mentre intorno al 20% 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.

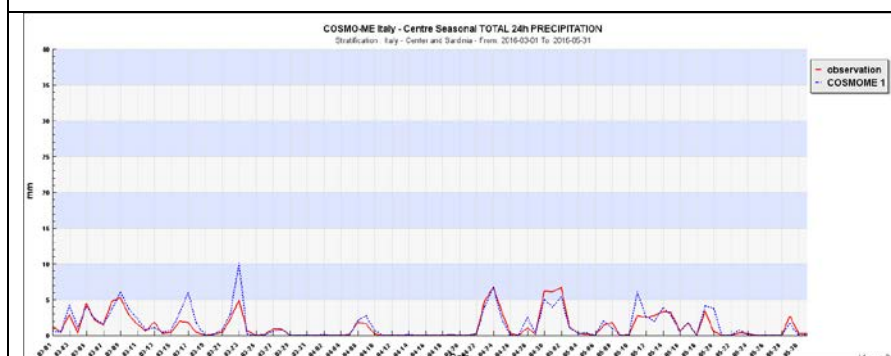
6 Serie Temporal

6.1 COSMO-ME corsa 00 UTC



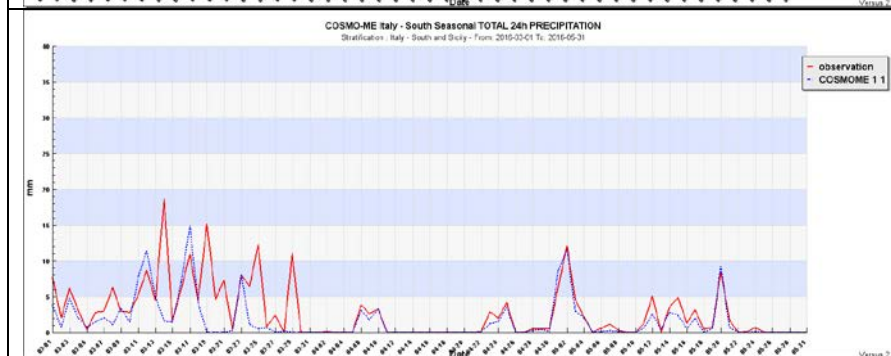
Precipitazione- Nord Italia:

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



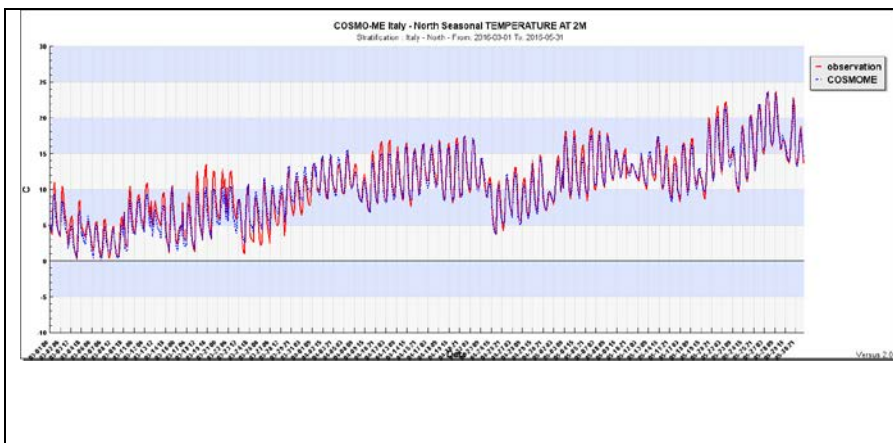
Precipitazione- Centro e Sardegna:

Come mostrato dal grafico, il modello generalmente evidenzia una discreta assonanza con le osservazioni tranne una sovrastima in presenza di isolati eventi precipitativi.

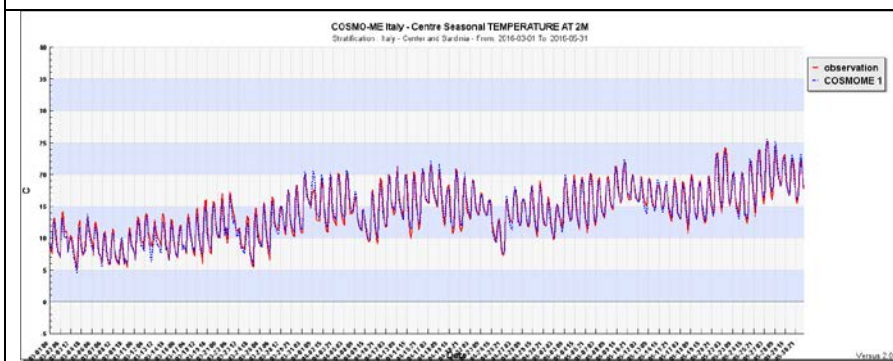


Precipitazione- Sud e Sicilia:

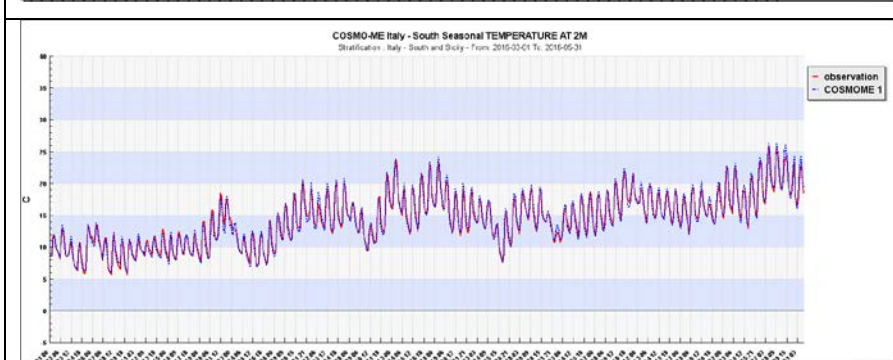
Come mostrato dal grafico, il modello presenta picchi precipitativi in cui sottostima il parametro ed altri in cui sovrastima, in buon accordo per gli eventi a più bassa intensità rilevati alla fine del periodo in esame.



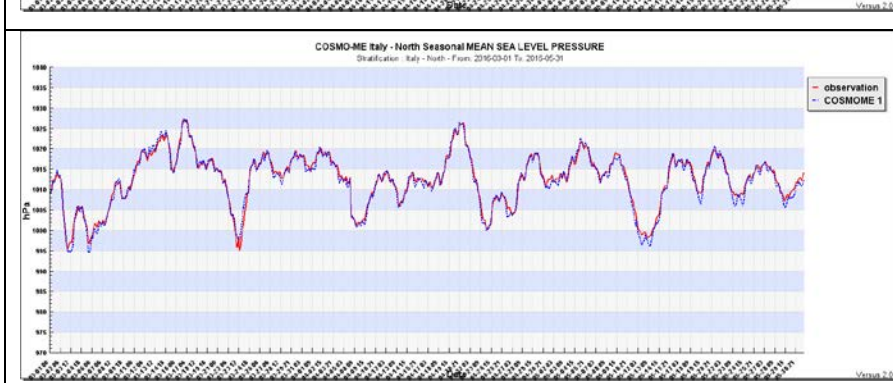
Temperatura 2m- Nord:
 Il parametro presenta un sostanziale buon accordo con generale sottostima dei valori massimi e sovrastima di quelli minimi, con riduzione del ciclo diurno. Si evidenzia la tendenziale oscillazione delle temperature in maniera coerente alla stagionalità del periodo in esame.



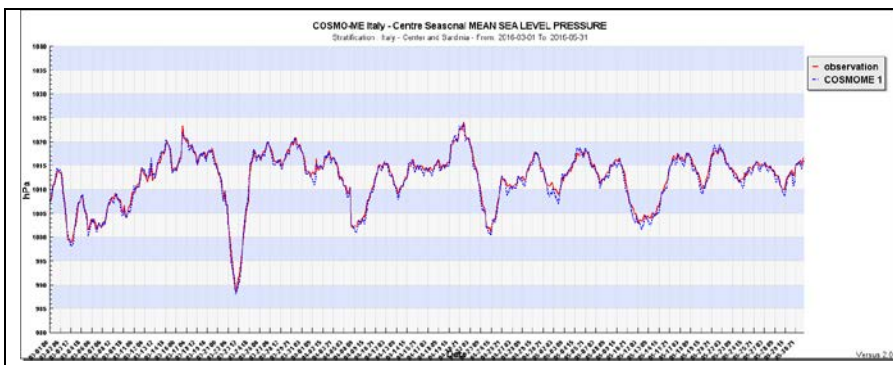
Temperatura 2m- Centro e Sardegna:
 Il parametro presenta un sostanziale buon accordo con generale lieve sovrastima. Si evidenzia la tendenziale oscillazione delle temperature in maniera coerente alla stagionalità del periodo in esame.



Temperatura 2m- Sud e Sicilia:
 Il parametro presenta un sostanziale buon accordo con le osservazioni con lieve sovrastima. Si evidenzia la tendenziale oscillazione delle temperature in maniera coerente alla stagionalità del periodo in esame.

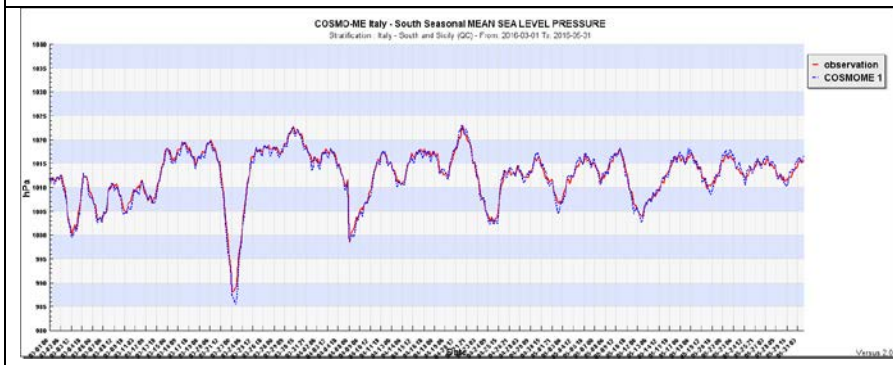


Pressione al livello del mare- Nord:
 Il parametro presenta un buon accordo, con sostanziale coerenza con l'andamento stagionale caratterizzato da oscillazioni e valori compresi approssimativamente tra 995 hPa e 1027 hPa.



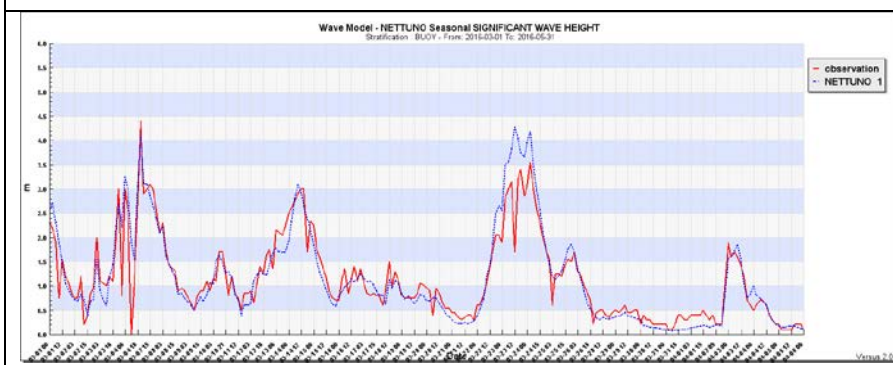
Pressione al livello del mare- Centro e Sardegna:

Il parametro presenta un buon accordo, con sostanziale coerenza con l'andamento stagionale caratterizzato da oscillazioni con valori compresi approssimativamente tra 990 hPa e 1025 hPa.



Pressione al livello del mare- Sud e Sicilia:

Il parametro presenta un ottimo accordo, con sostanziale coerenza con l'andamento stagionale caratterizzato da oscillazioni con valori compresi approssimativamente tra 995 hPa e 1027 hPa.



Altezza dell'onda - Mediterraneo:

Il parametro presenta un andamento di generale sovrastima sui picchi massimi e sottostima sui minimi. L'oscillazione viene comunque riprodotta in modo coerente fra osservazione e previsione con valori compresi fra 0.1 m e 4.5 m.

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).