

**AERONAUTICA MILITARE**  
**Centro Operativo**  
**per**  
**la Meteorologia**

4° Servizio 3<sup>^</sup> Sezione

*Report Trimestrale 2015*  
*Verifiche dei modelli operativi presso il CNMCA*  
**GIUGNO-LUGLIO-AGOSTO**

Magg. G.A.r.n. Roberto Bove  
SM. A.A.r.se. Nicola Zaccariello

# INDICE

<b>1</b>	<b>Introduzione .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Informazioni Generali .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Strumento .....</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Risultati Parametri Superficiali .....</b>	<b>9</b>
4.1	<b>Temperatura a 2 m .....</b>	<b>9</b>
4.2	<b>Copertura nuvolosa .....</b>	<b>11</b>
4.3	<b>Intensità del Vento.....</b>	<b>12</b>
4.4	<b>Precipitazione.....</b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>Risultati Parametri Quota.....</b>	<b>16</b>
5.1	<b>COSMO-ME corsa 00 UTC.....</b>	<b>16</b>
<b>6</b>	<b>Serie Temporali.....</b>	<b>18</b>
6.1	<b>COSMO-ME corsa 00 UTC.....</b>	<b>18</b>
<b>7</b>	<b>Riferimenti bibliografici.....</b>	<b>21</b>

## 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<sup>a</sup> Sezione del COMET;
- mantenere traccia ordinata e organizzata dei risultati ottenuti.

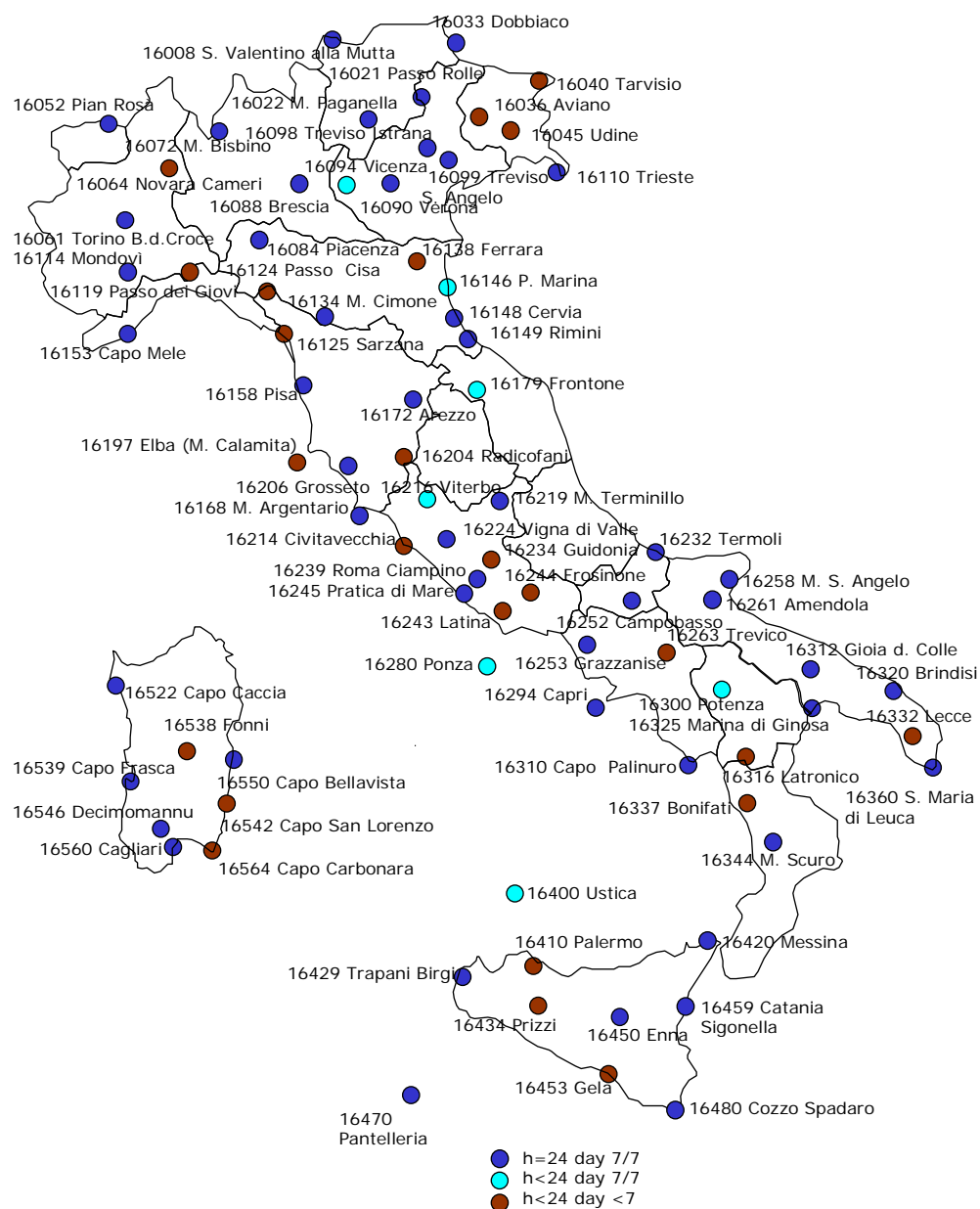
I risultati descritti rappresentano un estratto dall'archivio delle verifiche eseguite e si riferiscono ai seguenti modelli:

ECMWF	elaborato dal Centro Europeo Risoluzione 16 km
COSMO-ME	elaborato dal CNMCA Risoluzione 7 km
COSMO-I7	elaborato dal CINECA di Bologna Risoluzione 7 km
COSMO- IT	elaborato dal CNMCA Risoluzione 2.8 km
NETTUNO	elaborato dal CNMCA 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

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

**OSSERVAZIONI**

	<i>Hit (a)</i>	<i>False alarm (b)</i>	<i>previsti</i>
<b>PREVISIONI</b>	<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**

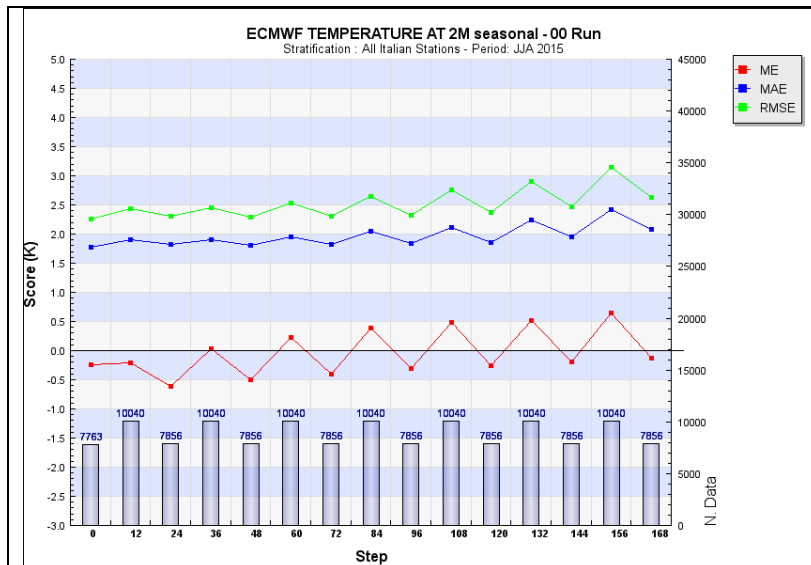
Le verifiche sono realizzate con Versus, il sistema prodotto dal COMET e lo strumento ufficiale dedicato alle verifiche del consorzio COSMO.

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

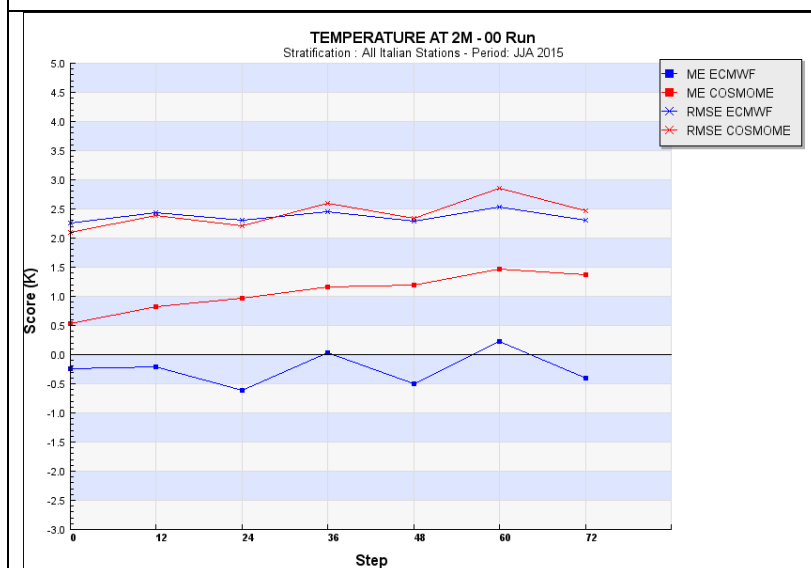
### 4.1 Temperatura a 2m



#### ECMWF (00 UTC):

L'errore medio presenta un'ampia oscillazione tra  $-0.7^{\circ}\text{C}$  e  $0.7^{\circ}\text{C}$  evidenziando una generale sotto-stima nelle ore notturne e sovra-stima nelle ore diurne. L'errore in valore assoluto diminuisce all'aumentare del tempo nelle ore notturne, mentre aumenta all'aumentare del tempo nelle ore diurne.

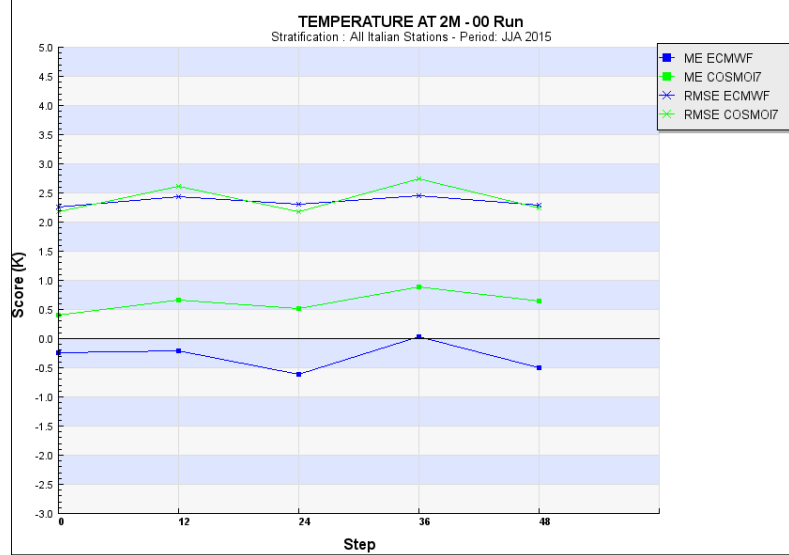
L'errore assoluto inizialmente assume il valore di  $1.7^{\circ}\text{C}$  aumentando fino a circa  $2.4^{\circ}\text{C}$  a fine scadenza. Lo scarto quadratico medio si attesta fra  $2.2$  e  $3.2^{\circ}\text{C}$ .



#### Ecmwf vs Cosmo ME (00 UTC):

L'errore medio si distribuisce fra  $-0.6$  e  $0.2^{\circ}\text{C}$  per il modello Ecmwf, fra  $0.5$  e  $1.5^{\circ}\text{C}$  per il modello CosmoMe.

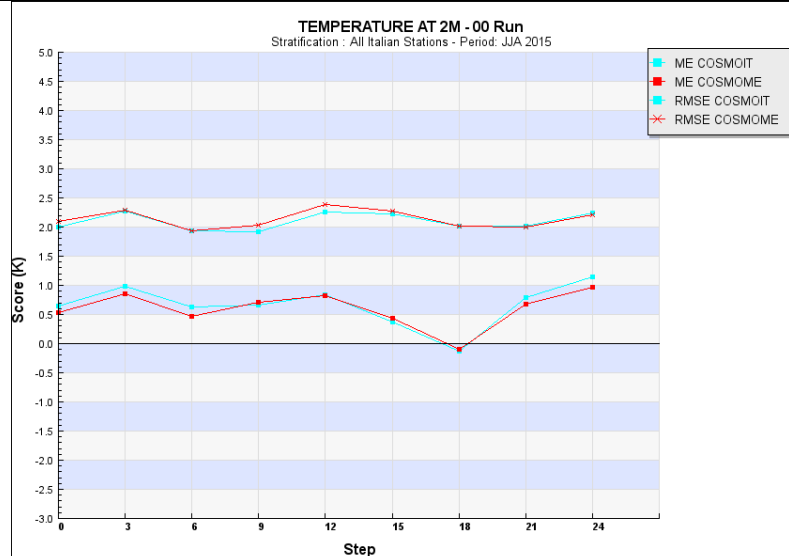
Lo scarto quadratico medio del modello Ecmwf è compreso tra  $2.3$  e  $2.5^{\circ}\text{C}$ , mentre l'analogo di CosmoMe tra  $2.1$  e  $2.8^{\circ}\text{C}$ .



### Ecmwf vs Cosmo I7 (00 UTC):

L'errore medio si distribuisce fra -0.6 e 0 °C per il modello Ecmwf, fra 0.4 e 0.9 °C per il modello Cosmol7.

Lo scarto quadratico medio del modello Ecmwf è compreso tra 2.2 e 2.4 °C, mentre l'analogo di Cosmol7 tra 2.2 e 2.7 °C.

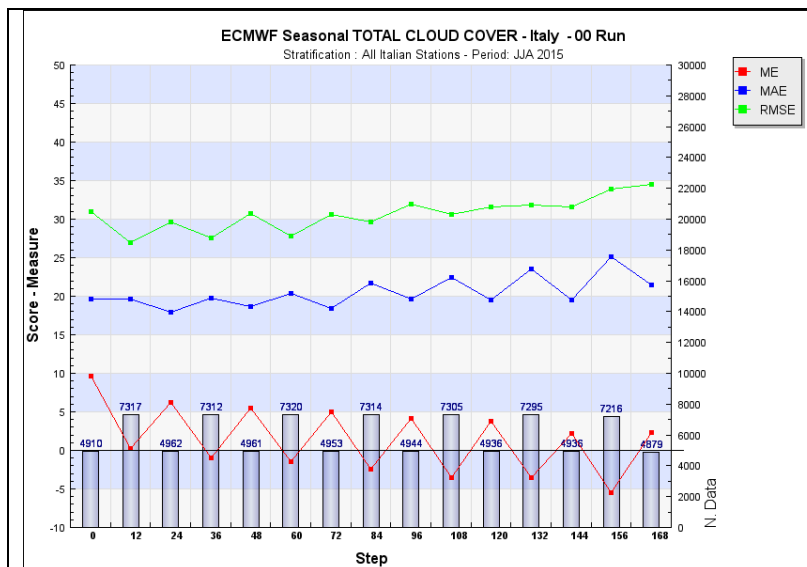


### CosmoME vs Cosmo IT (00 UTC):

L'errore medio si distribuisce fra -0.1 e 1°C per il modello CosmoMe, fra -0.1 e 1.2 °C per il modello Cosmol7.

Il RMSE del modello CosmoMe varia da 2.0 a 2.4 °C, così come l'analogo indice di Cosmol7 che mostra il medesimo andamento.

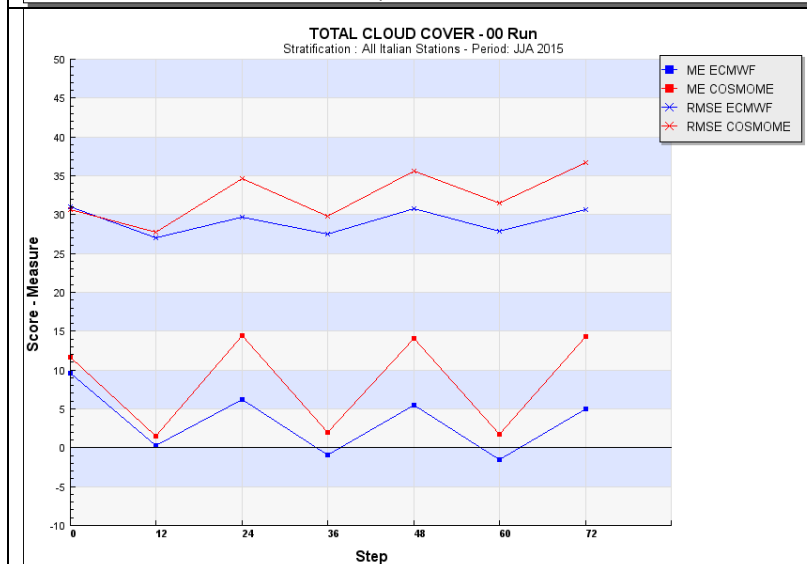
## 4.2 Copertura Nuvolosa



### ECMWF (00 UTC):

L'errore medio presenta un'ampia oscillazione tra -6 e 10 (% di copertura totale) indicando una sottostima diurna ed una sovrastima notturna.

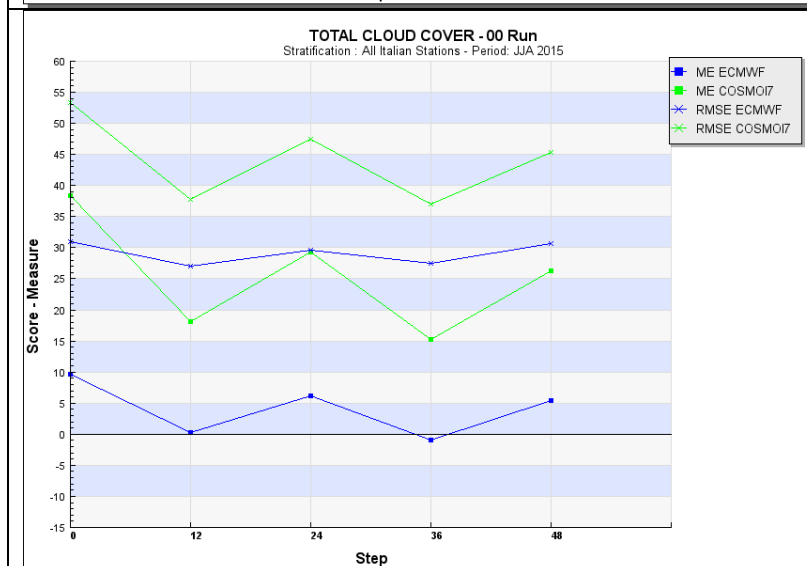
L'errore assoluto inizialmente assume il valore di 20 fino a circa 25 a fine scadenza. Lo scarto quadratico oscilla, con tendenza positiva, fra 27 e 34.



### Ecmwf vs Cosmo ME (00 UTC):

L'errore medio si distribuisce fra -2 e 10 per il modello Ecmwf e fra 1 e 14 per il modello CosmoMe, con analogia di fase evidenziando in particolare in entrambi i casi una sovrastima notturna.

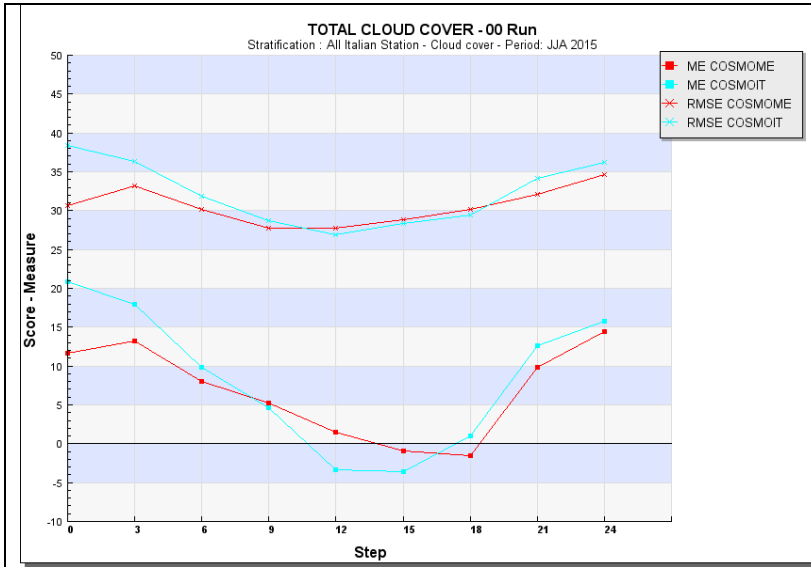
Il RMSE del modello Ecmwf è compreso tra 27 e 31, l'analogo di CosmoMe tra 28 e 37.



### Ecmwf vs Cosmo I7 (00 UTC):

L'errore medio si distribuisce fra -1 e 10 per il modello Ecmwf e fra 15 e 39 per il modello CosmoI7, con analogia di fase evidenziando in particolare in entrambi i casi una sovrastima notturna, più accentuata per il secondo.

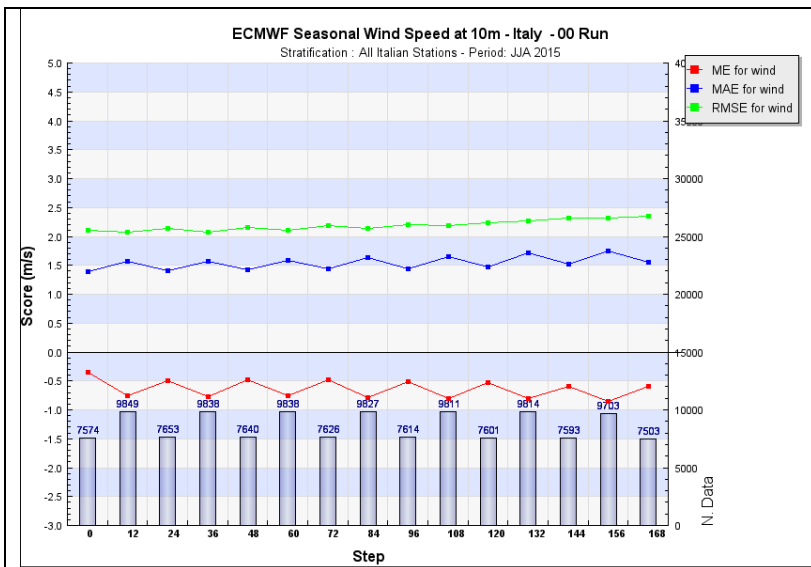
Il RMSE del modello Ecmwf è compreso tra 27 e 31, l'analogo di CosmoI7 tra 37 e 54.



### CosmoMe vs Cosmo IT (00 UTC):

L'errore medio si distribuisce fra -3 e 14 per il modello CosmoMe, fra -4 e 21 per CosmoIT. Il RMSE del modello CosmoMe varia tra 28 e 35, l'analogo di CosmoIT tra 27 e 38.

### 4.3 Intensità del Vento

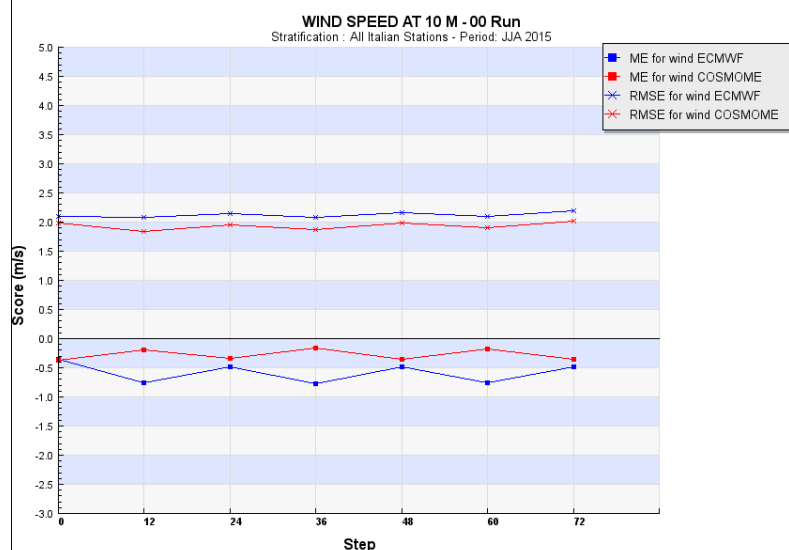


### ECMWF (00 UTC):

Il modello tende a sottostimare la velocità del vento in tutte le scadenze assestandosi intorno ad un errore medio compreso tra -0.9 e -0.3 m/s.

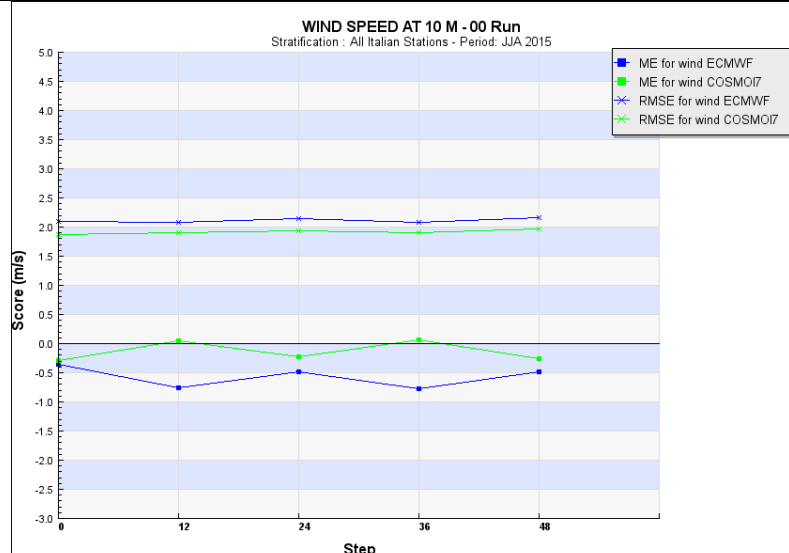
L'errore assoluto medio è compreso tra 1.4 e 1.7 m/s.

Il RMSE mostra una tendenza positiva, con valori compresi tra 2.1 e 2.4 m/s.



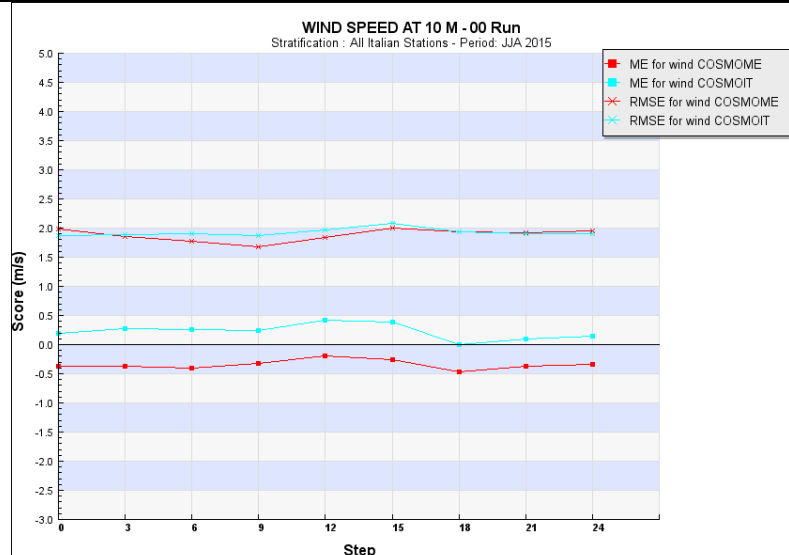
### Ecmwf vs Cosmo ME (00 UTC):

L'errore medio si attesta fra -0.8 e -0.3 m/s per il modello Ecmwf, intorno a -0.3 m/s per CosmoMe, evidenziando una costante sottostima, più marcata per Ecmwf. Il RMSE del modello Ecmwf si attesta intorno a 2.2 m/s, l'analogo di CosmoMe assume valori compresi tra 1.8 e 2 m/s.



### Ecmwf vs Cosmo I7 (00 UTC):

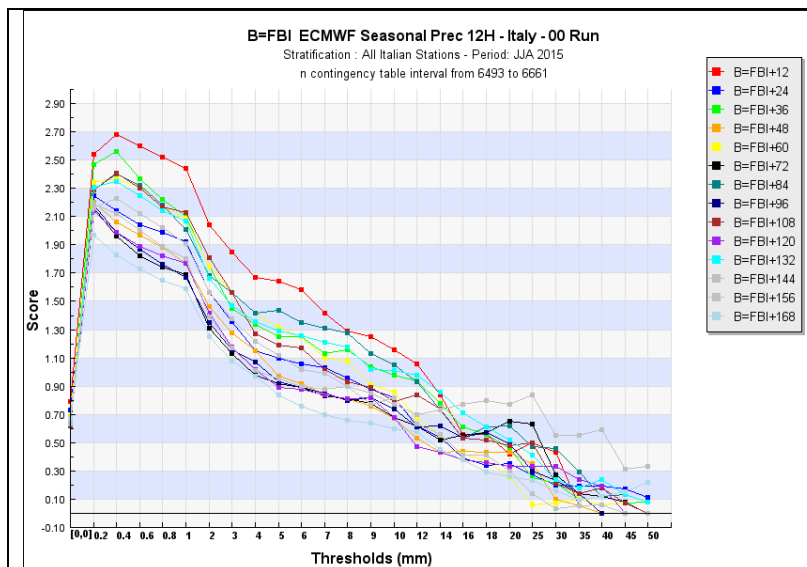
L'errore medio si attesta fra -0.7 e -0.4 m/s per il modello Ecmwf, tra -0.3 e 1 m/s per CosmoI7, evidenziando una costante sottostima per Ecmwf. Il RMSE del modello Ecmwf si attesta intorno a 2.1 m/s, l'analogo di CosmoI7 si mantiene pressoché costante tra 1.8 e 2 m/s.



### CosmoMe vs CosmoIT (00 UTC):

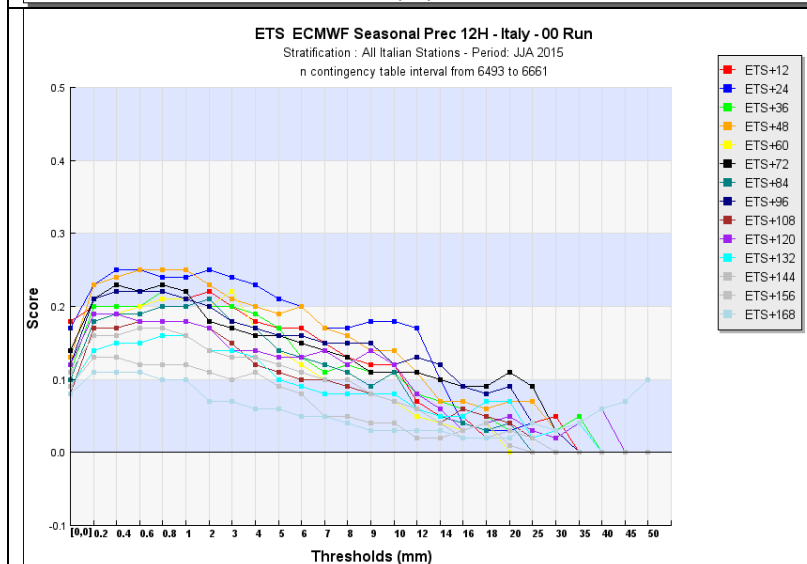
L'errore medio si attesta tra -0.5 e -0.2 m/s per il modello CosmoMe, tra 0 e 0.4 m/s per il modello CosmoIT. Il RMSE del modello CosmoMe non si discosta in maniera significativa da quello di CosmoIT, attestandosi tra 1.8 e 2.1 m/s.

## 4.4 Precipitazione



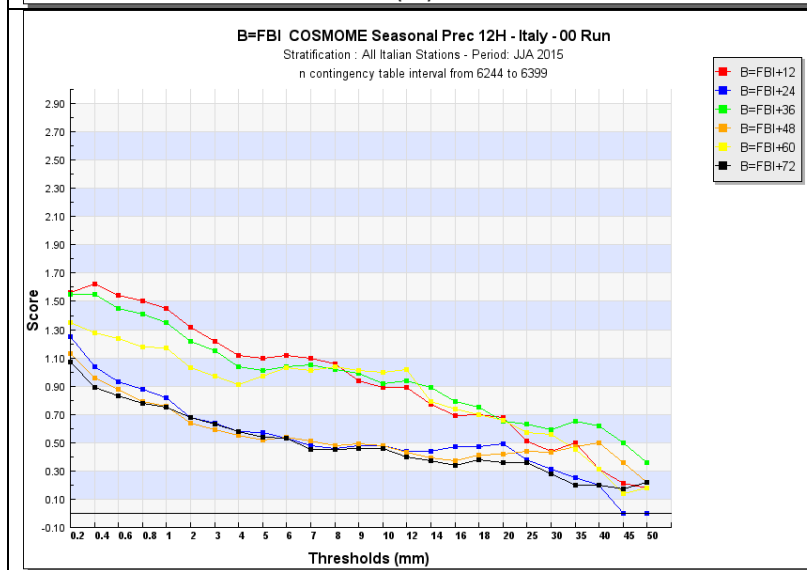
### ECMWF (00Utc) Prec cum 12 ore (errore medio):

Si riscontra un andamento quasi omogeneo di sovrastima sino alla soglia 12 mm per tutte le scadenze. A partire dalla soglia 12 mm tutte le scadenze iniziano a sottostimare il parametro, in maniera più marcata a partire da 25 mm.



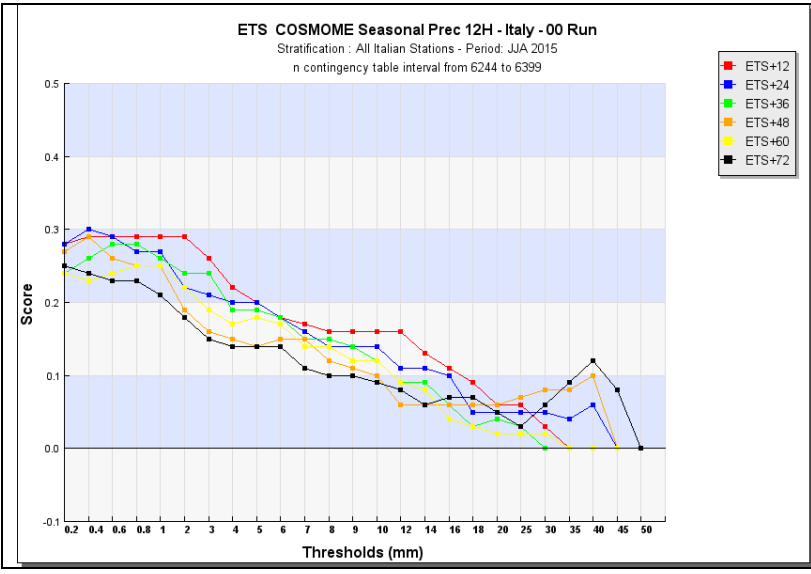
### ECMWF (00Utc) Prec cum 12 ore (accuratezza):

Le scadenze tra +12h e +72h mantengono una migliore accuratezza (valori più prossimi ad 1), anche se bassa, almeno fino alla soglia di 4mm. 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 sottostima dei fenomeni di precipitazione nelle ore notturne, mentre nelle ore diurne si evidenzia la sovrastima per le soglie fino a 4 mm ed un migliore andamento (FBI intorno al valore 1) per le soglie comprese tra 4 e 12 mm circa. Sopra la soglia di 30mm si nota un generale peggioramento nella stima degli eventi per tutte le scadenze.

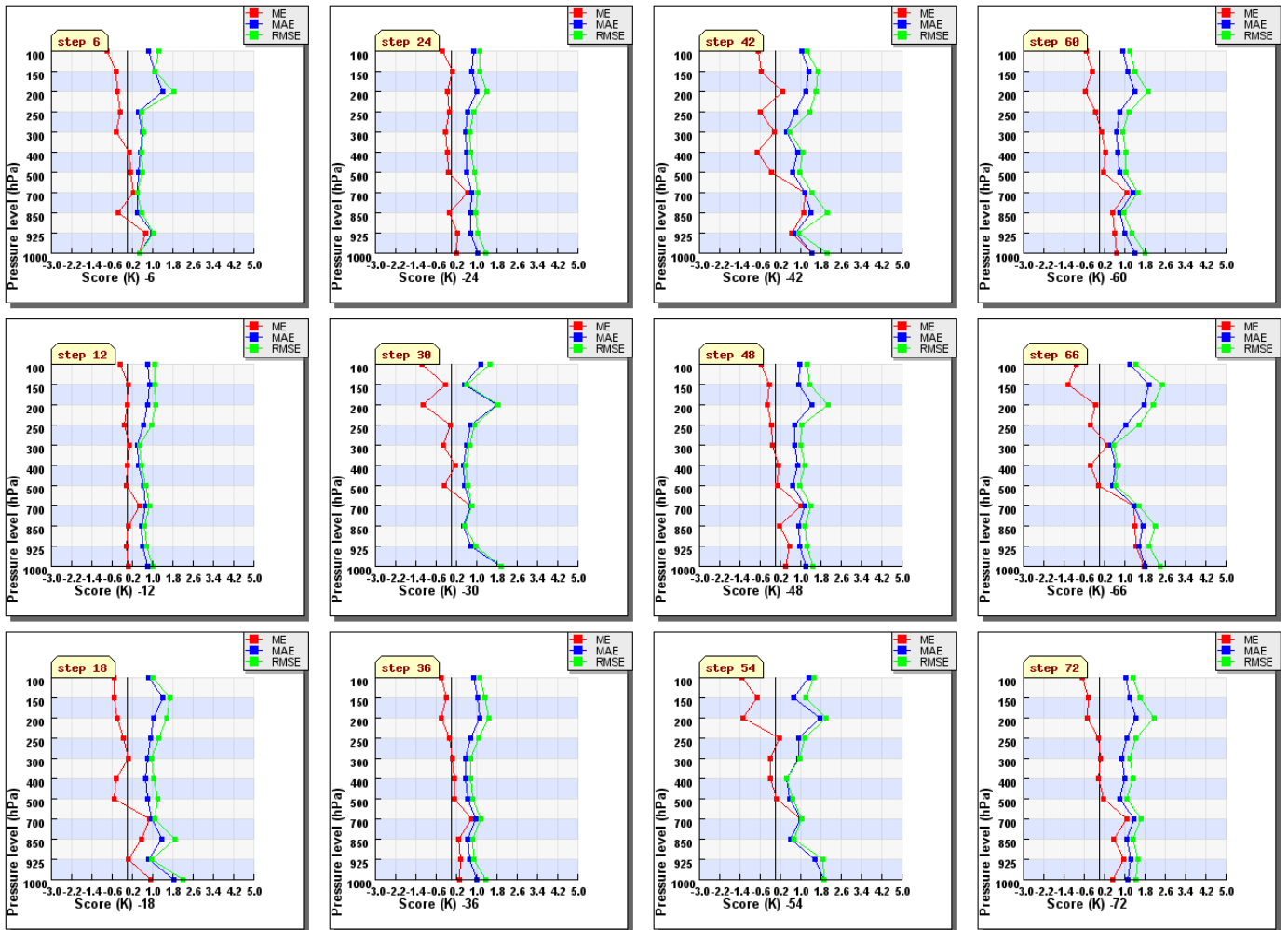


**Cosmo Me (00Utc) Prec cum 12 ore (accuratezza):**  
 L'accuratezza decresce uniformemente all'aumentare delle scadenze.  
 L'accuratezza migliore, seppur modesta, si ha per le soglie inferiori a 4 mm e per tutti gli *step* temporali, mostrando indici superiori a 0.2, che poi decrescono rapidamente negli *step* superiori.

## 5 Risultati Parametri Quota

### 5.1 COSMO-ME corsa 00 UTC

COSMOME Seasonal TEMPERATURE - Italy - 00 Run  
Stratification : All Italian TEMP Station - Period: JJA 2015



Temperatura:

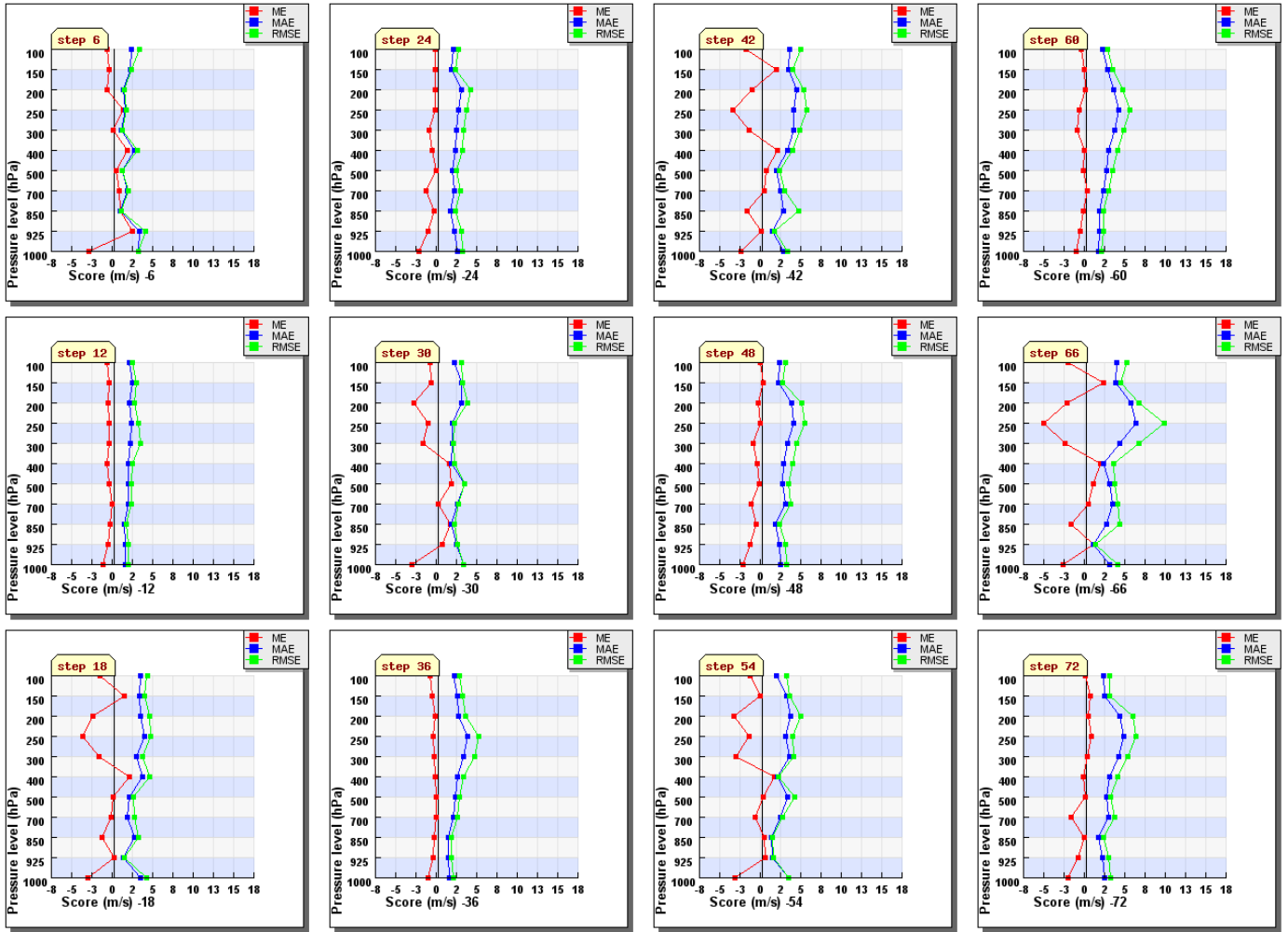
L'errore medio (bias) mostra valori prossimi allo zero tra 250 e 700 hpa, con valori più bassi per l'errore assoluto e per il RMSE;

il parametro viene generalmente sovrastimato al di sotto di 700 hpa e sottostimato al di sopra di 250 hpa; l'errore assoluto è più alto nei bassi strati e dipende dal bias, mentre di poco superiore risulta il RMSE.

Il numero di dati da elaborare risulta essere insufficiente per le scadenze 6, 18, 30, 42, 54 e 66.



COSMOME Seasonal WIND SPEED - Italy -00 Run  
 Stratification : All Italian TEMP Station - Period: JJA 2015



Intensità del vento:

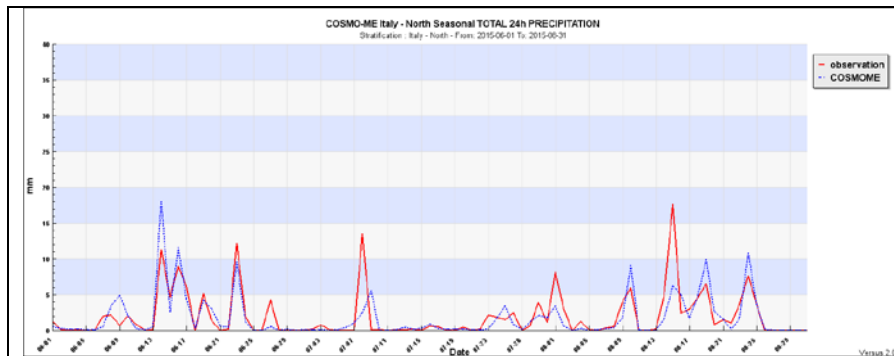
Il numero di dati da elaborare risulta essere insufficiente per le scadenze

6, 18, 30, 42, 54 e 66. Il parametro viene sottostimato nella bassa troposfera, mentre il bias resta intorno allo zero a quote superiori a 700 hpa.

L'errore assoluto si attesta intorno a 2 m/s circa negli strati troposferici, di poco superiore risulta il RMSE

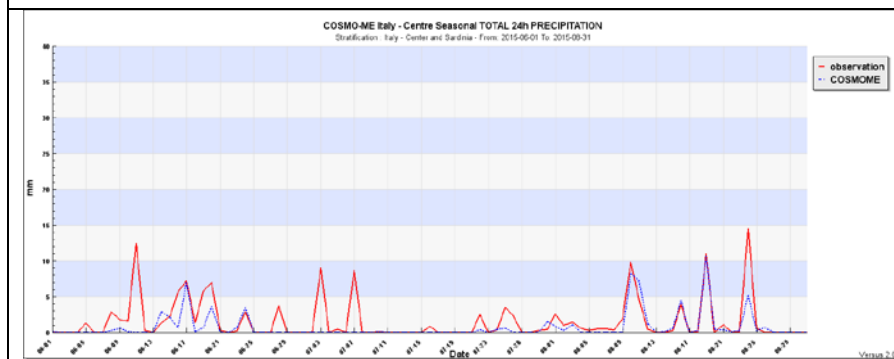
## 6 Serie Temporal

### 6.1 COSMO-ME corsa 00 UTC



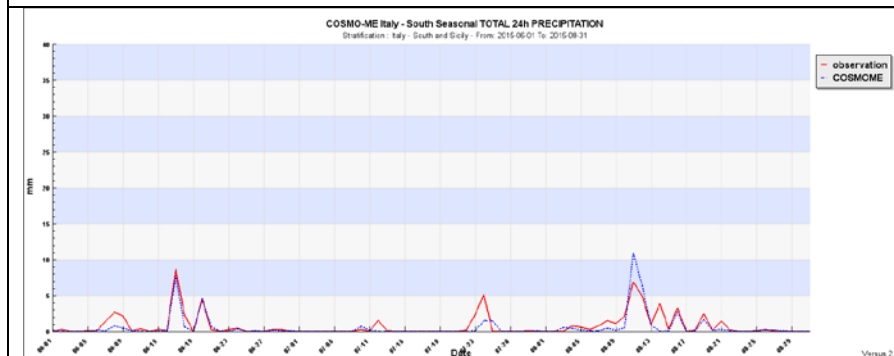
#### Precipitazione- Nord Italia:

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



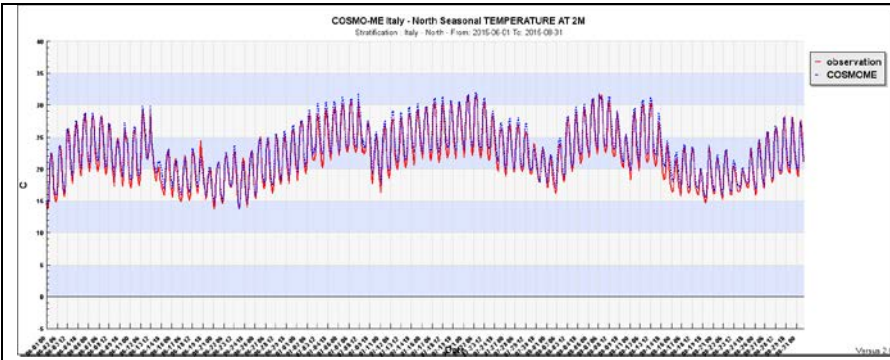
#### Precipitazione- Centro e Sardegna:

Come mostrato dal grafico, il modello generalmente sottostima il parametro della precipitazione, in misura significativa per gli eventi di maggior rilievo, questi ultimi talvolta non rilevati dal modello.

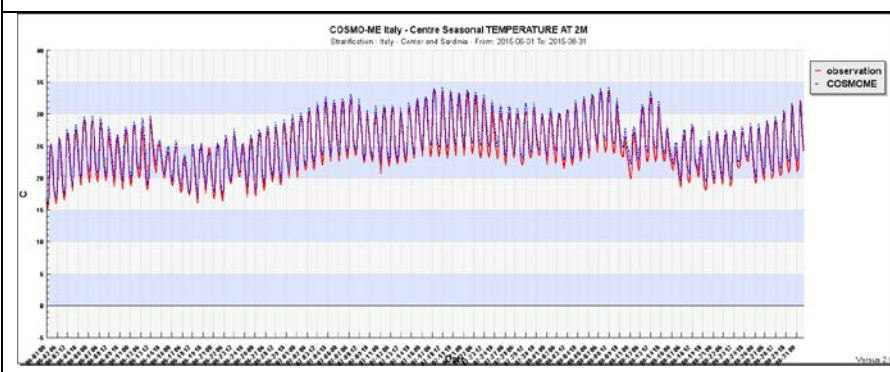


#### Precipitazione- Sud e Sicilia:

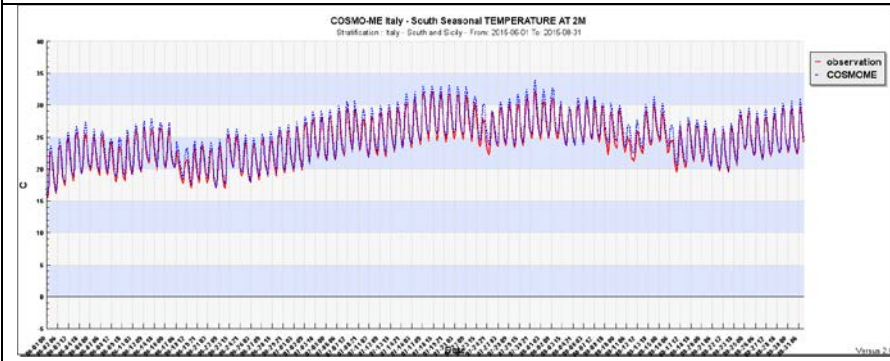
Come mostrato dal grafico, il modello generalmente sottostima il parametro della precipitazione eccezion fatta per un solo maggiore evento rilevato alla fine del periodo in esame.



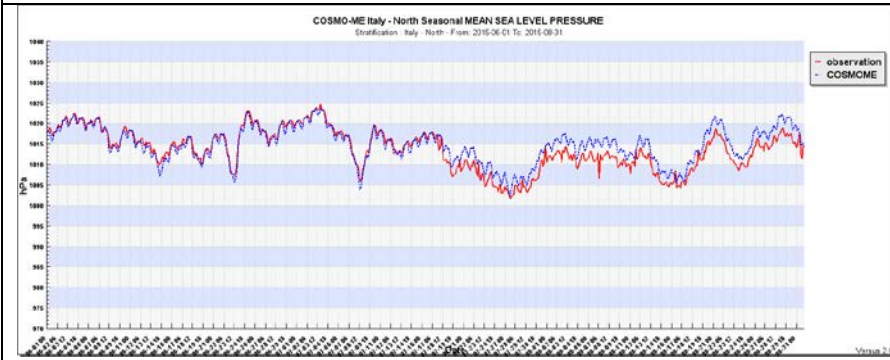
**Temperatura 2m- Nord:**  
 Il parametro presenta un sostanziale buon accordo con generale sovrastima dei valori massimi e minimi, con riduzione del ciclo diurno. Si evidenzia un andamento a fasi alterne con tendenziale incremento delle temperature in maniera coerente alla stagionalità del periodo in esame.



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



**Temperatura 2m- Sud e Sicilia:**  
 Il parametro presenta un sostanziale buon accordo con generale lieve sovrastima dei valori massimi e minimi. Si evidenzia un tendenziale livellamento delle temperature in maniera coerente alla stagionalità del periodo in esame.



**Pressione al livello del mare- Nord:**  
 Il parametro presenta un ottimo accordo fino a metà periodo, mentre è sovrastimato nella seconda metà del periodo, con sostanziale coerenza con l'andamento stagionale caratterizzato da oscillazioni di pressione comprese approssimativamente nella fascia tra 1003 hPa e 1025 hPa.

	<p><b>Pressione al livello del mare- Centro e Sardegna:</b>  Il parametro presenta un ottimo accordo, con sostanziale coerenza con l'andamento stagionale caratterizzato da oscillazioni con valori compresi approssimativamente tra 1008 hPa e 1023 hPa.</p>
	<p><b>Pressione al livello del mare- Sud e Sicilia:</b>  Il parametro presenta un buon accordo, anche se lievemente sovrastimato, con sostanziale coerenza con l'andamento stagionale caratterizzato da oscillazioni con valori compresi approssimativamente tra 1008 hPa e 1020 hPa.</p>
	<p><b>Altezza dell'onda - Mediterraneo:</b>  Il parametro presenta un andamento di generale sovrastima sui picchi massimi e sottostima sui minimi fino a metà periodo, l'opposto nella seconda metà del periodo. L'oscillazione viene riprodotta in modo coerente fra osservazione e previsione solo nella prima metà del periodo, con valori compresi fra 0 m e 1.8 m.</p>

## **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).