



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,  
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile



# FARM data assimilation nel sistema previsionale CAMS a scala europea

*Milano 6/5/2022*

Mario Adani<sup>1</sup>, Francesco Uboldi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ENEA SSPT-MET-INAT, Bologna

<sup>2</sup> ARIANET, Milano



1101 0110 1100  
0101 0010 1101  
0001 0110 1110  
1101 0010 1101  
1111 1010 0000



# INDICE

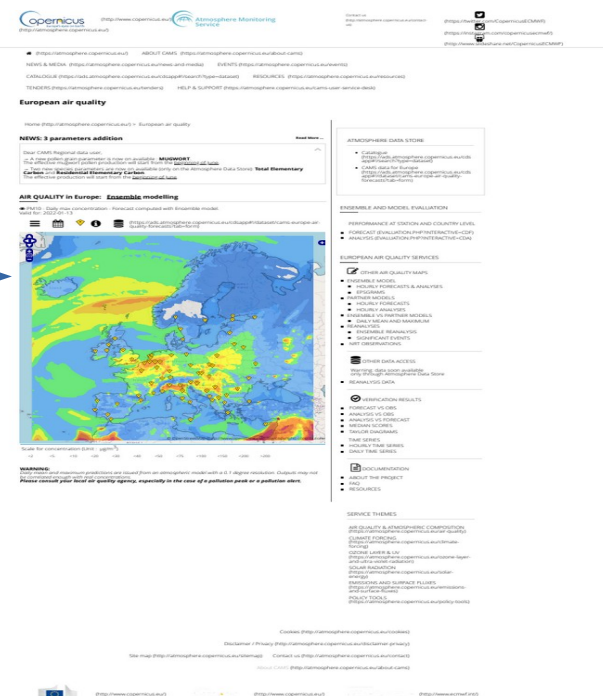
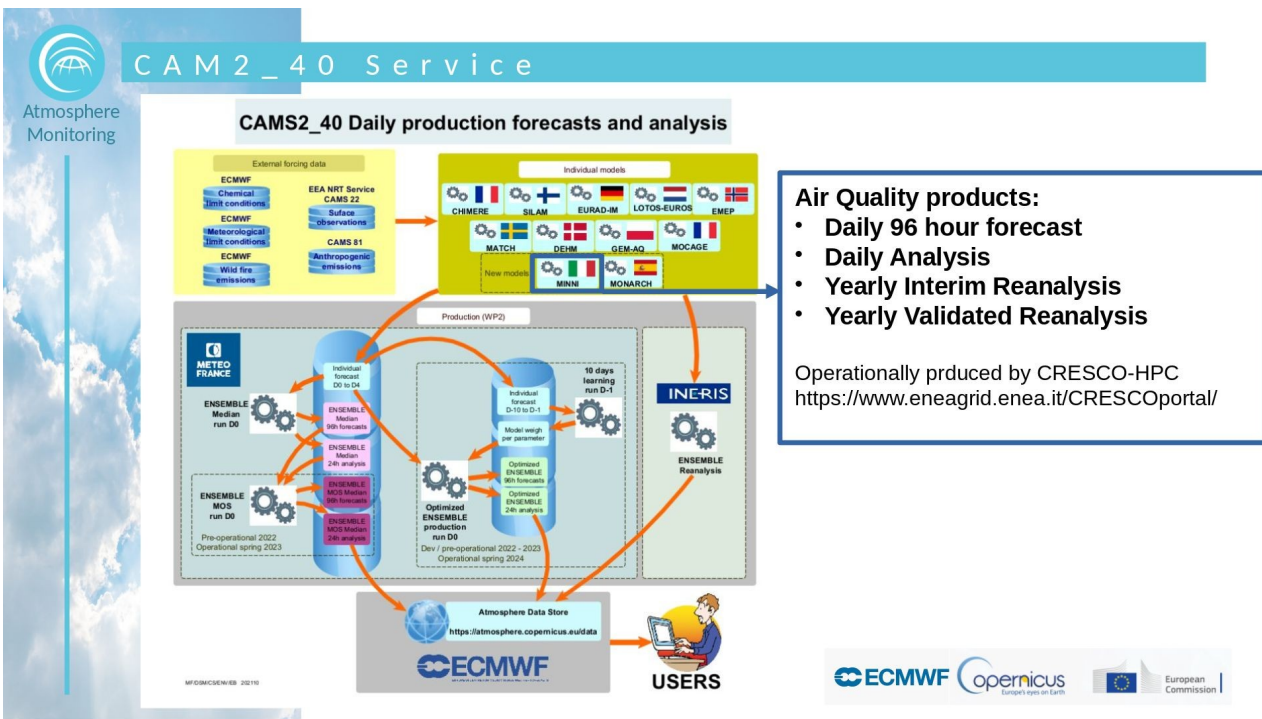


- INTRODUZIONE-CAMS
- SCHEMA DI ASSIMILAZIONE
- SET UP ESPERIMENTO
- RISULTATI
- CONCLUSIONI

# INTRODUZIONE

## Copernicus Atmosphere Monitoring Services

<https://atmosphere.copernicus.eu/>



# SCHEMA DI ASSIMILAZIONE

Funzione di costo

$$J = \frac{1}{2} d\mathbf{x}^T \mathbf{B}^{-1} d\mathbf{x} + \frac{1}{2} (\mathbf{H} d\mathbf{x} - \mathbf{d})^T \mathbf{R}^{-1} (\mathbf{H} d\mathbf{x} - \mathbf{d})$$

Facendo la derivata e ponendola = 0, l'analisi risulta:

$$\mathbf{x}^a = \mathbf{x}^b + \mathbf{G}(\mathbf{S} + \mathbf{R})^{-1} [\mathbf{y}^o - \mathcal{H}(\mathbf{x}^b)]$$

$$\mathbf{G}_{i,m} = [\mathbf{B} \mathbf{H}^T]_{i,m} = \sigma_{b,i} \sigma_{b,m} \gamma_{i,m}$$

$$\mathbf{S}_{m,k} = [\mathbf{H} \mathbf{B} \mathbf{H}^T]_{i,m} = \sigma_{b,m} \sigma_{b,k} \gamma_{m,k}$$

Dove:

$\sigma$  = varianza dell'errore

$\gamma$  = correlazione (decade con la distanza)

$i$  = punto griglia modello

$m, k$  = posizione delle stazioni di misura

## DEFINIZIONI

innovazione

$$\mathbf{d} \equiv \mathbf{y}^o - \mathcal{H}(\mathbf{x}^b)$$

incremento

$$d\mathbf{x} \equiv \mathbf{x}^a - \mathbf{x}^b$$

Assumendo che la varianza degli errori non dipenda dallo spazio

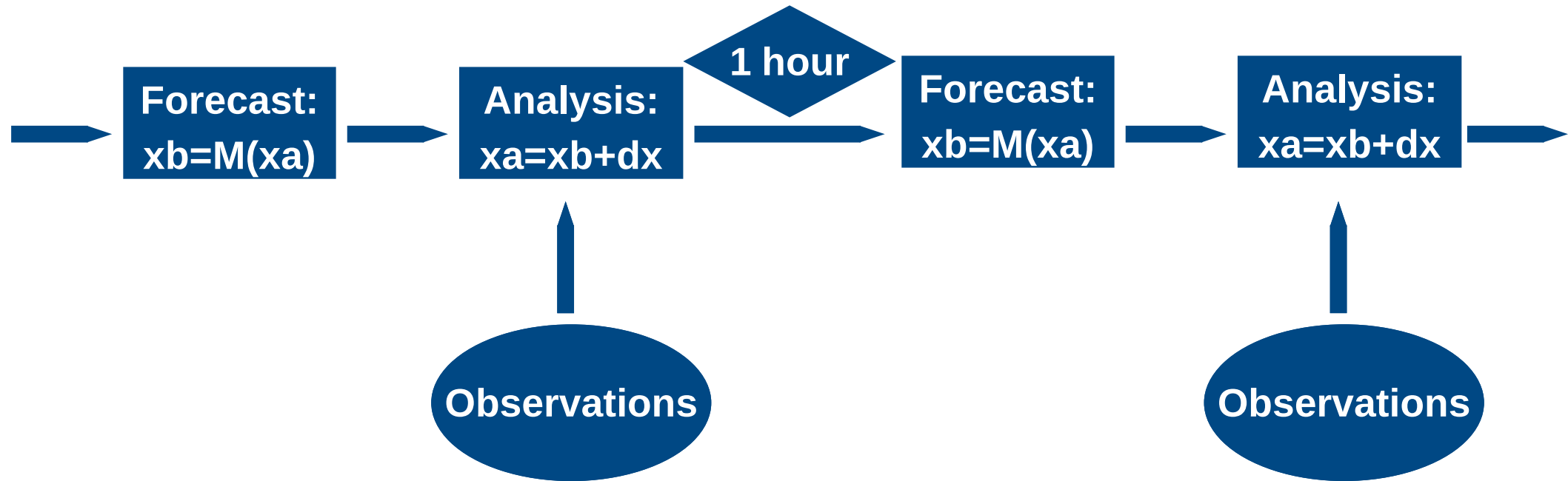
$$\varepsilon^2 = \frac{\sigma_o^2}{\sigma_b^2}$$

$$\tilde{\mathbf{G}}_{i,m} = \gamma_{i,m}^h$$

$$\tilde{\mathbf{S}}_{m,k} = \gamma_{m,k}^h$$

$$d\mathbf{x}_{l=1} = \tilde{\mathbf{G}}(\tilde{\mathbf{S}} + \varepsilon^2 \mathbf{I})^{-1} \mathbf{d}$$

# SCHEMA DI ASSIMILAZIONE



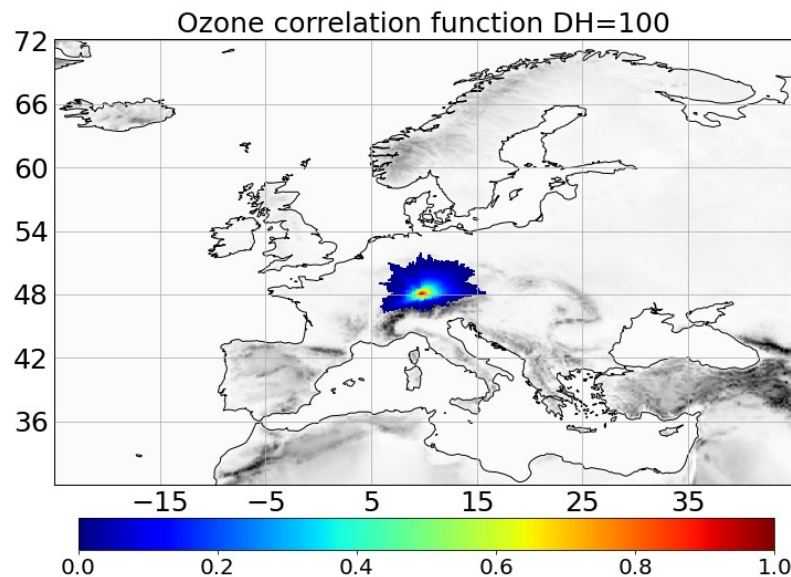
# SCHEMA DI ASSIMILAZIONE

Scala di decadimento orizzontale (Km) e rapporto delle varianze di errore dell'osservazione e del modello

Specie	eps2	DH
NO <sub>2</sub>	0.50	50
O <sub>3</sub>	0.50	110
CO	0.85	30
SO <sub>2</sub>	0.30	30
PM10	0.40	90
PM25	0.40	110

Correlazione orizzontale: funzione di decadimento esponenziale della distanza *terrain-following*

Correlazione verticale: va a 0 ad H = H<sub>mix</sub>. Cressman fun.



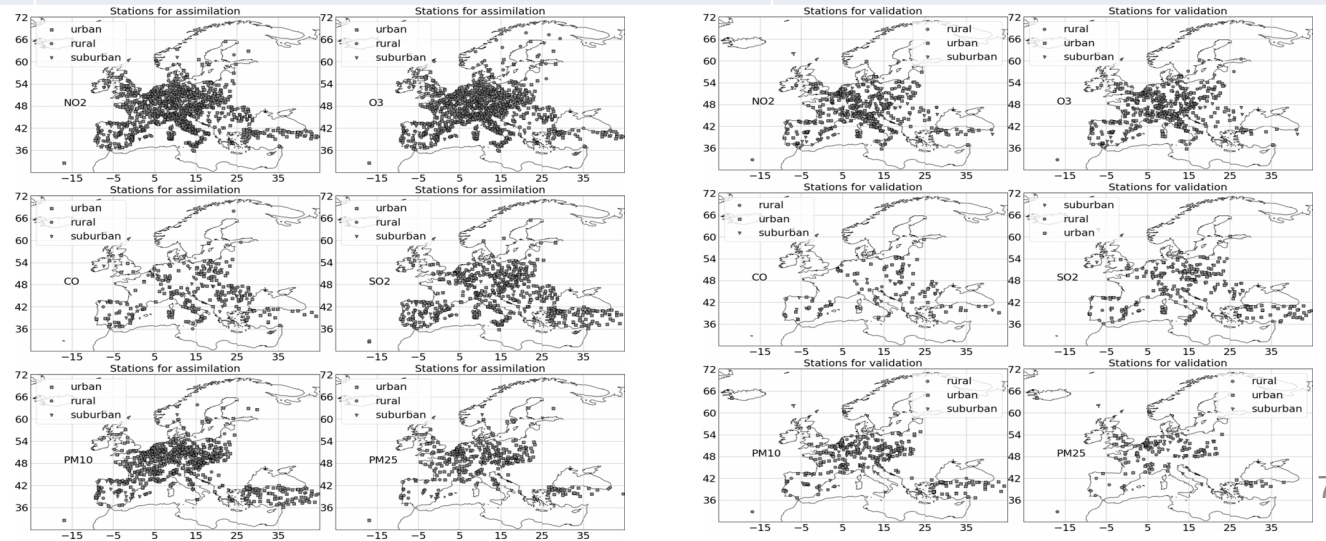
$$\gamma_l^v = \begin{cases} \frac{H_{mix}^2 - (z_l - z_1)^2}{H_{mix}^2 + (z_l - z_1)^2} & z_l \leq z_1 + H_{mix} \\ 0 & z_l > z_1 + H_{mix} \end{cases}$$

# SETUP ESPERIMENTO

	MINNI-FARM	CAMS-MEMBERS
EMISSIONI	CAMS-REG-AP_v4.2_ref2.1 (2017)	CAMS-REG-AP_v2.2.1 (2015)
CONDIZIONI AL CONTORNO	C-IFS	C-IFS
FORZANTE ATMOSFERICO	IFS (primo giorno di forecast)	IFS (primo giorno di forecast)
INCENDI	GFAS (media giornaliera)	GFAS (orari)

## TRE ESPERIMENTI PER ANNO 2018 SU DOMINIO EUROPEO:

- FREE-RUN
- BF
- BF-SCT



# SETUP ESPERIMENTO

## CONTROLLO DI QUALITÀ OSSERVAZIONI

BF scarta osservazioni quando  
SCT scarta osservazioni quando

$|y_o - y_b| > \text{Soglia BF}$   
 $|y_o - y_a| > \text{Soglia SCT}$

$y_a$  = “cross-validation” analisi

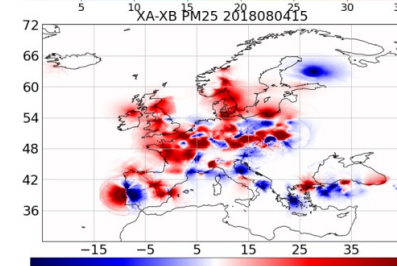
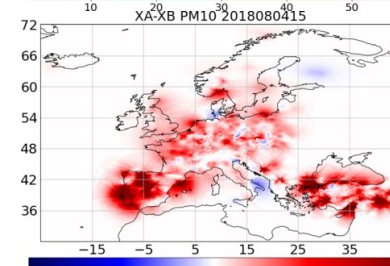
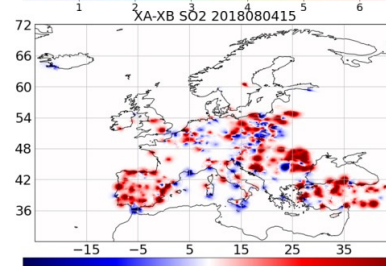
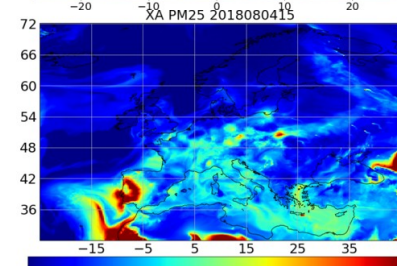
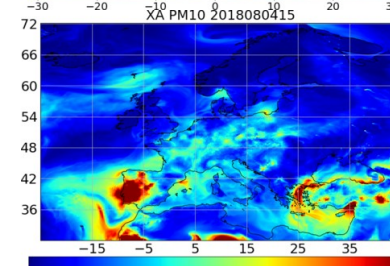
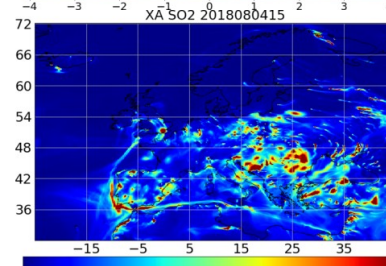
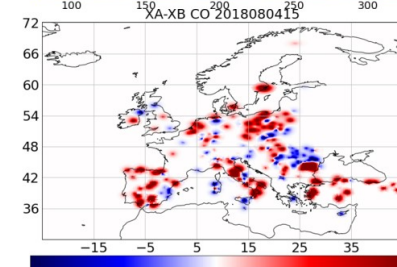
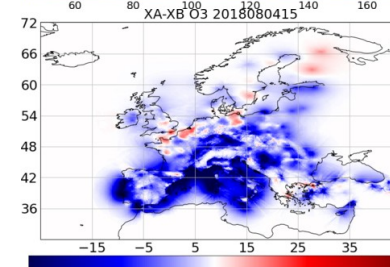
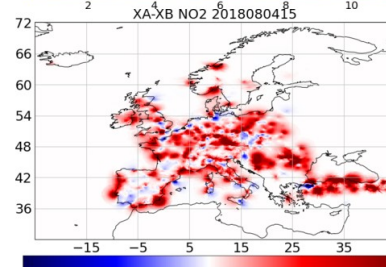
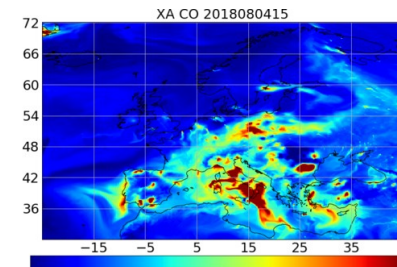
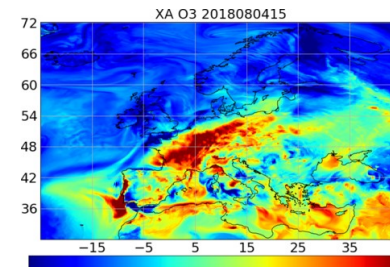
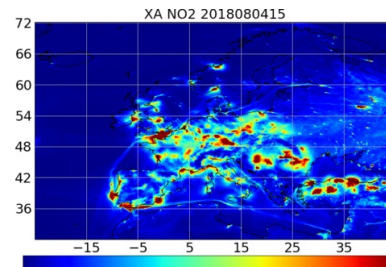
**SCT= Spatial Consistency Test\***

	Soglia BF	Soglia SCT
NO <sub>2</sub>	63.0	43.0
O <sub>3</sub>	79.3	53.0
CO	2159.0	1439.0
SO <sub>2</sub>	30.0	30.0
PM10	130.2	87.0
PM25	55	37.0

\*Lussana C, Ubaldi F, Salvati MR. 2010. A spatial consistency test for surface observations from mesoscale meteorological networks. Q. J. R. Meteorol. Soc. 136: 1075-1088. DOI:10.1002/qj.622



# RISULTATI: CAMPI DI ANALISI E CORRISPETTIVO INCREMENTO

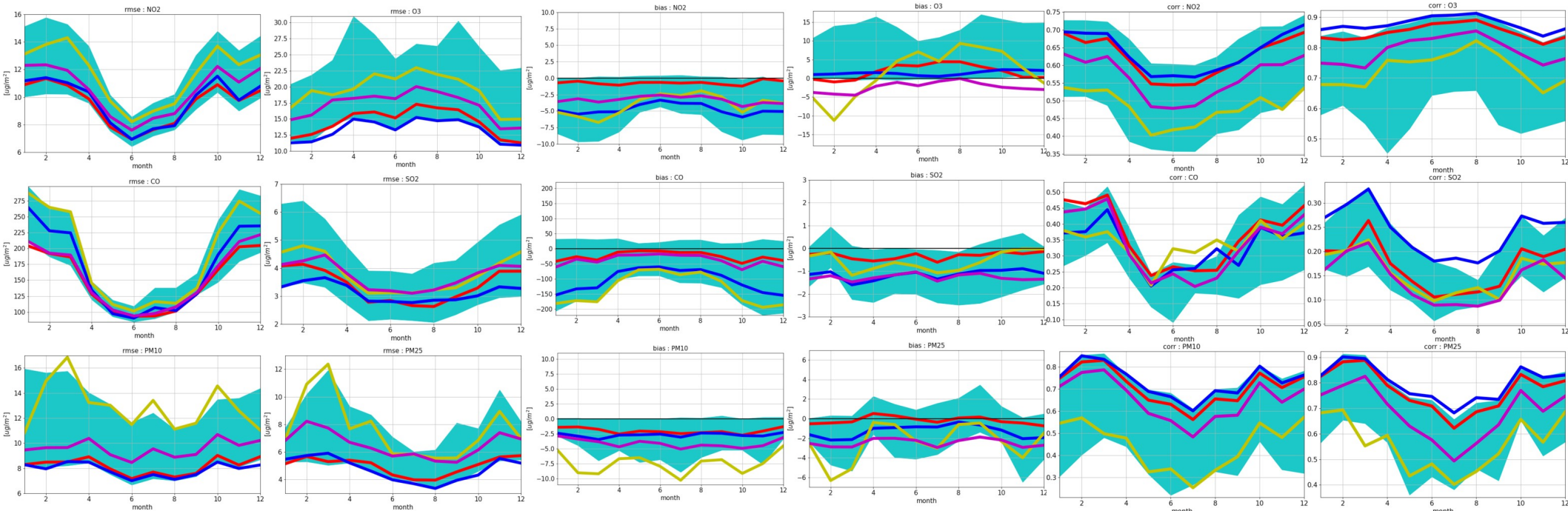


# RISULTATI: MEDIANA FRA STAZIONI

## RMSE

## BIAS

## CORRELATION



MINNI FREE-RUN

MINNI BF + SCT

MINNI BF

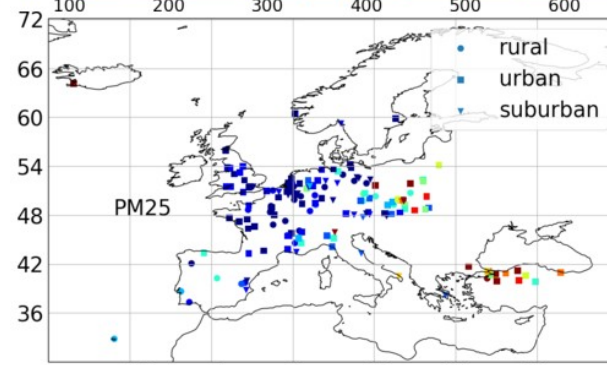
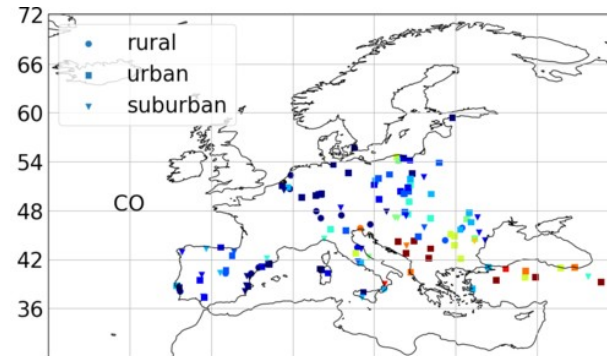
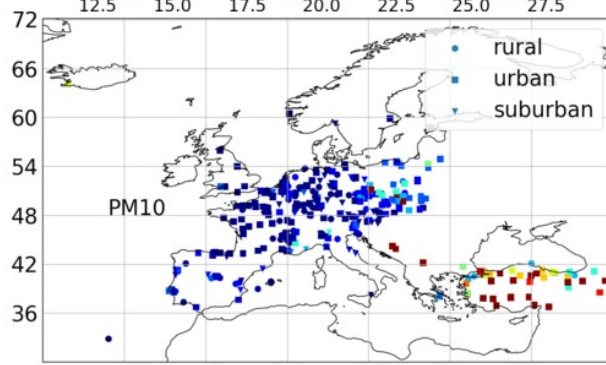
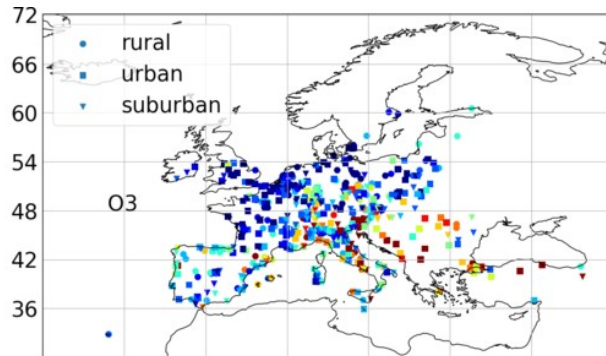
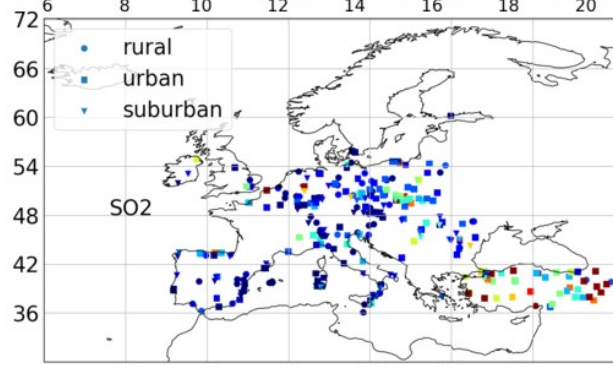
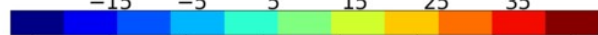
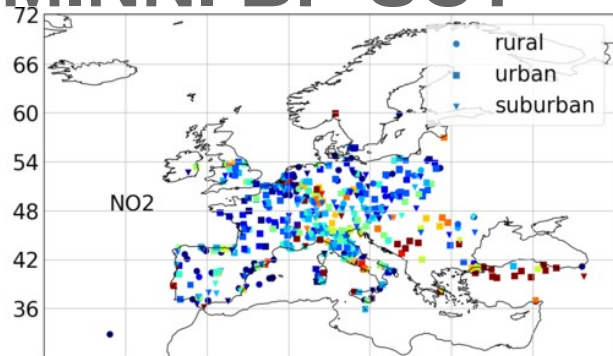
ENSEMBLE MEDIAN

# RISULTATI: BF vs BF-SCT

Specie	MINNI-BF			MINNI-SCT			INCREMENTO OSSERVAZIONI
	BF	SCT	Total	BF	SCT	Total	
NO <sub>2</sub>	24355	0	24355	16838	3298	20136	<b>+17%</b>
O <sub>3</sub>	71461	0	71461	10133	4992	15125	<b>+79%</b>
CO	8736	0	8736	8667	299	8966	<b>-3%</b>
SO <sub>2</sub>	81920	0	81920	77337	18	77395	<b>+6%</b>
PM10	28073	0	28073	24752	432	25184	<b>+10%</b>
PM25	8170	0	8170	5621	332	5953	<b>+27%</b>

# RISULTATI: RMSE

## MINNI BF-SCT



# CONCLUSIONI

- Un nuovo schema di assimilazione basato su 3dvar/OI è stato introdotto in FARM per assimilare le misure di stazioni al suolo per NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, PM10, PM2.5
- Lo schema è ottimizzato per il dominio e la risoluzione di CAMS
- Due controlli di qualità sulle misure sono stati introdotti BF e SCT\*
- L'utilizzo di SCT permette di assimilare più osservazioni in quanto l'informazione proveniente dalle osservazioni è propagata meglio dal modello nel ciclo di assimilazione successivo (1 ora)
- Le incertezze nei campi di concentrazione nella parte Est del dominio Europeo possono essere dovute a: I) una inaccurata descrizione delle emissioni, II) difficoltà dei modelli con risoluzione di 10km nel riprodurre concentrazioni in zone di orografia complesse , III) inaccuratezza delle misure

\*Lussana C, Ubaldi F, Salvati MR. 2010. A spatial consistency test for surface observations from mesoscale meteorological networks. Q. J. R. Meteorol. Soc. 136: 1075-1088. DOI:10.1002/qj.622

Mario Adani  
Francesco Uboldi  
mario.adani@enea.it  
f.uboldi@aria-net.it

