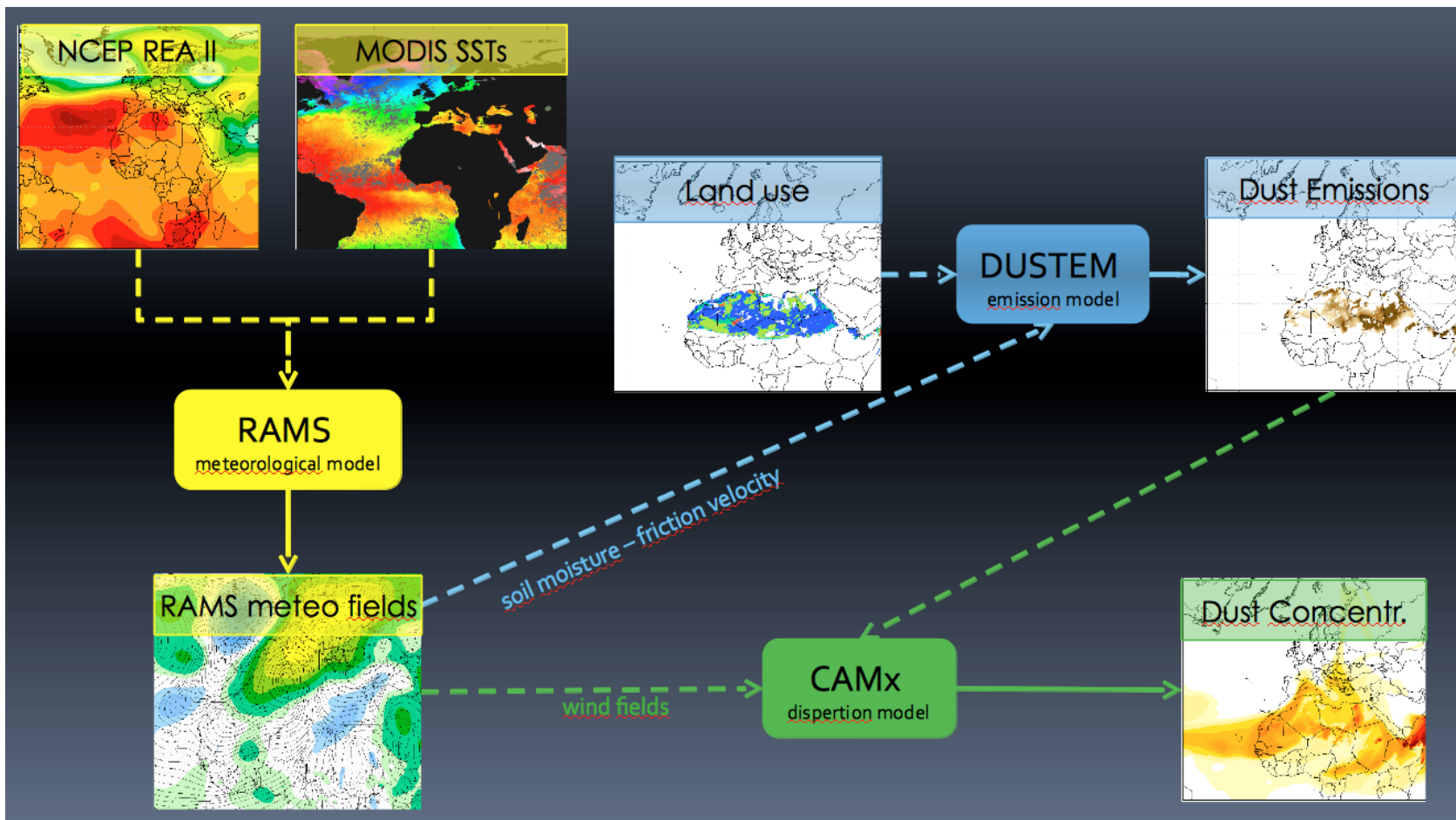




Trasporto di polvere minerale dal Sahara: applicazione del sistema modellistico RAMS- DUSTEM-CAMx

C. Busillo, F. Calastrini, F. Guarnieri, M. Pasqui



Il sistema modellistico implementato si basa sul modello prognostico **RAMS** (campi meteorologici) e sul modello emissivo **DUSTEM** (emissioni di polvere minerale delle aree desertiche), che forniscono gli input al modello **CAMx**, con cui viene simulato il trasporto e la deposizione della polvere del deserto.



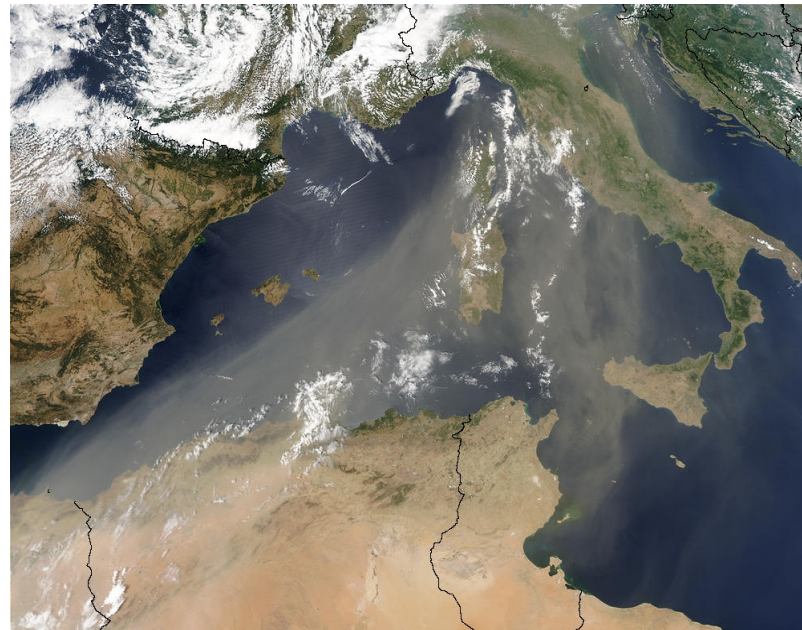
Le intrusioni di polvere sahariana nel bacino del Mediterraneo possono provocare un anomalo innalzamento dei valori di concentrazione del PM_{10} , e in alcuni casi contribuire al superamento dei valori limite previsti dalla normativa (*Direttiva 2008/50/EC*).

Tale normativa prevede che, nel caso in cui i superamenti siano causati da contributi naturali, questi possano venire detratti dal numero totale di superamenti avvenuti. E' importante identificare questo contributo che ha comunque un impatto anche sul territorio regionale toscano.

E' stato quindi sviluppato il sistema modellistico **RAMS-DUSTEM-CAMX** per stimare il contributo locale della polvere sahariana al PM_{10} in grado di descrivere il complesso meccanismo del risollevarimento e trasporto della polvere. Tale sistema è stato applicato al caso studio di giugno 2006. (Progetto PATOS)

Nell'ultima decade di **giugno 2006** in Toscana in tutte le centraline di monitoraggio della qualità dell'aria si è verificato un anomalo innalzamento dei valori di concentrazione di PM_{10} , che in molti casi ha portato al superamento del valore soglia stabilito dalla normativa europea.

L'analisi chimico-fisica ha permesso di stimare l'impatto sulle concentrazioni al suolo: la componente crostale ha raggiunto valori di circa 25 $\mu g/m^3$.



data	PO STROZZI	PT MONTALE	AR FIOREN.	LU CAPANNOLI	LI MGORD.	GR URSS
20/06/2006	53	50	40	44	25	24
21/06/2006	54	47	45	53	30	32
22/06/2006	65	54	52	53	42	45
23/06/2006	58	45	46	53	40	41
24/06/2006	63	45	38	48	45	29
25/06/2006	56	41	37	53	35	43
26/06/2006	57	46	37	50	41	
27/06/2006	60	45	43	61	49	45
28/06/2006	77	62	57	68	52	51
29/06/2006	80	65	69	71	53	43
30/06/2006	49	38	55	60	51	48



IL MODELLO RAMS

Il modello RAMS (Regional Atmospheric Model System) è un modello meteorologico costruito sulla base di equazioni per:

- *la dinamica dell'atmosfera,*
- *la termodinamica,*
- *di conservazione per le grandezze scalari*
- *un insieme di parametrizzazioni per la diffusione turbolenta, per la radiazione solare e terrestre, per i processi legati all'umidità e la convezione, etc.*

Daset fisiografici necessari:

- *Land Cover (Joint Research Centre, Global Land Cover GLC2000)*
- *SST (NASA-PODAAC SST archive: AVHRR Pathfinder SST & MODIS AQUA/TERRA SST)*

Input atmosferici per le condizioni iniziali e al contorno:

- *i principali campi atmosferici da NCEP-NCAR Reanalysis II – risoluzione spaziale 2.5°*



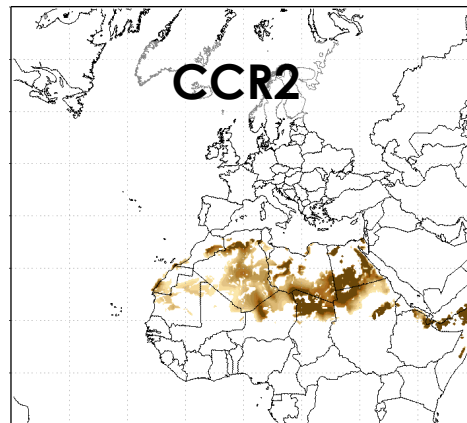
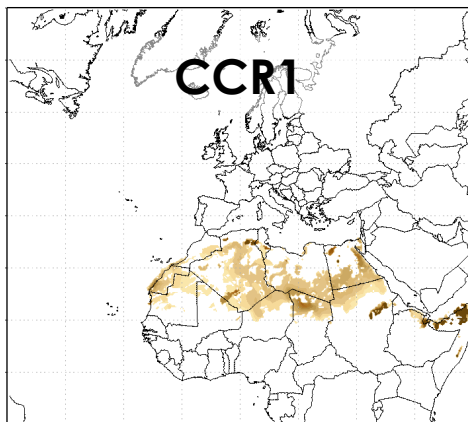
IL MODELLO DI EMISSIONE DUSTEM

Il modello di emissione DUSTEM prende in esame quattro classi dimensionali per la polvere minerale (*clay, silt small, silt large, sand*). I fattori determinanti per la produzione di polvere minerale sono legati, oltre che alla tipologia del terreno, alla copertura vegetale, all'umidità del suolo, alla turbolenza superficiale e del boundary layer. Il flusso di polvere dipende dalla velocità di frizione u^* (processo a soglia) e dall'umidità del terreno forniti da RAMS.

$$F_{sk} = c_1 \times \delta_k u_*^2 \left[1 - \left(\frac{u_{*Tk}}{u_*} \right)^2 \right] \quad u_* > u_{Tk}$$

$$u_{*Tk} = \begin{cases} A_k \sqrt{2gR_k \frac{\rho_{pk} - \rho_a}{\rho_a}}, & w \leq w' \\ A_k \sqrt{2gR_k \frac{\rho_{pk} - \rho_a}{\rho_a} \cdot \sqrt{1 + 1.21(w - w')}}}, & w > w' \end{cases}$$

TYPE	NAME	Typical Particle Diameter (mm)	Typical Particle Radius (mm)	Particle Density (g/cm ³)	Erodible Fraction
Clay	CCR1	01-02	0.73	2.5	0.08
Silt, small	CCR2	02-20	6.1	2.65	1
Silt, large	CCR3	20-50	18	2.65	1
Sand	CCR4	50-100	38	2.65	0.12



Solo le prime due classi dimensionali, CCR1 e CCR2, sono significative nell'ambito del trasporto su grandi distanze, le frazioni più grandi ricadono a terra nei pressi del luogo di emissione.





IL MODELLO CAMX

Il modello CAMX (Comprehensive Air quality Model with extensions) sviluppato da ENVIRON International Corporation, è un modello euleriano che simula il trasporto, le reazioni chimiche, la deposizione di inquinanti gassosi e di aerosol.

Configurazione adottata:

- 30 km di risoluzione
- 18 livelli verticali, da 10 a 10500 m
- periodo 01/06/06-05/07/06
- risoluzione temporale oraria.

Modello	CAMx versione 4.31
Periodo	1 giugno 2006 – 5 luglio 2006
Risoluzione temporale	oraria
Dominio di calcolo	Dimensioni: 11400x10200 Km ² ; 380 x 340 celle Risoluzione spaziale: 30 Km Coordinate: polari stereografiche oblique Polo: lat 40° - lon 5°
Livelli verticali	18 livelli; da 10 m a 10500 m
Input meteo	RAMS; variabili su base oraria, risoluzione 60 Km, con interpolazione 30 Km
Deposizione secca	Attivata - Slinn e Slinn (1980)
Deposizione umida	Attivata - Seinfeld e Pandis (1998)
Chimica	Disattivata/modalità inerte
Concentrazioni iniziali e al contorno	nulle
Emissioni areali	DUSTEM; variabili su base oraria; risoluzione 30 Km aerosol, 4 classi dimensionali
Diametro aerodinamico delle classi dimensionali	CCR1 : 1 µm - 2 µm CCR2 : 2 µm - 20 µm CCR3 : 20 µm - 50 µm CCR4 : 50 µm - 100 µm
Run eseguite	4 run, una per ogni classe dimensionale
Output	Concentrazioni medie orarie (file.avg) Quantità depositate al suolo per ettaro (file.dep)

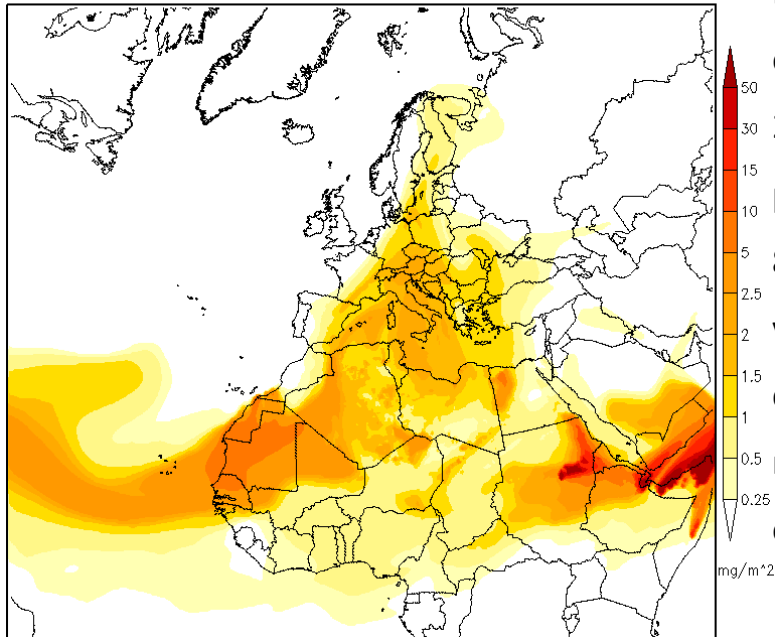


CONSORZIO

LaMMA

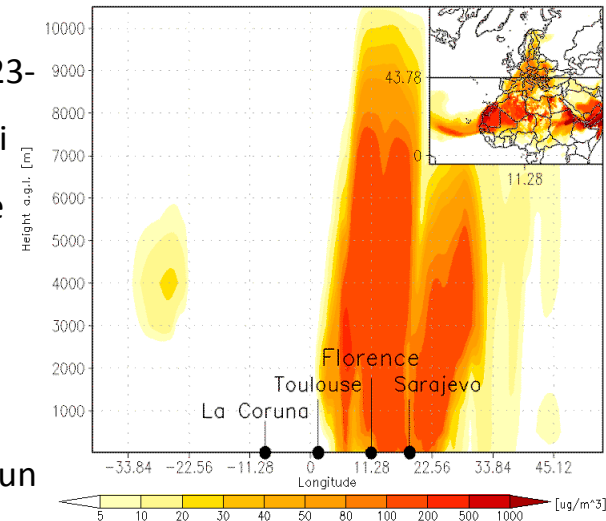
RISULTATI: 21 GIUGNO 2006

Daily vertically integrated
dust(>1 μ m-<20 μ m) conc. 21-06-2006



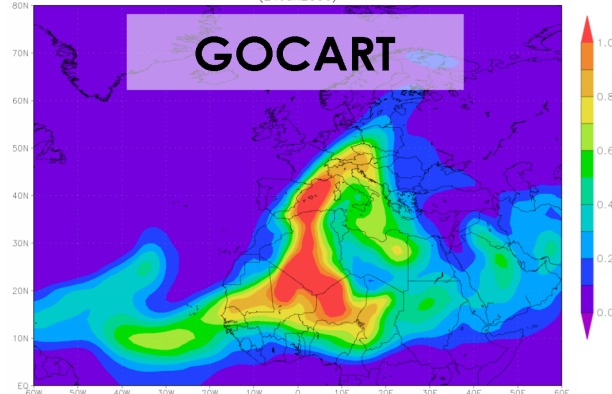
Dal 17 a al 30 giugno,
escludendo l'interruzione del 23-
24 giugno, la concentrazione di
polvere è molto alta tra 1000 e
8000 m, mentre nei livelli più
vicino al suolo i valori di
concentrazione sono
notevolmente più bassi, oltre un
ordine di grandezza.

Florence latitude cross section dust(>1 μ m-<20 μ m) daily average 21-06-2006

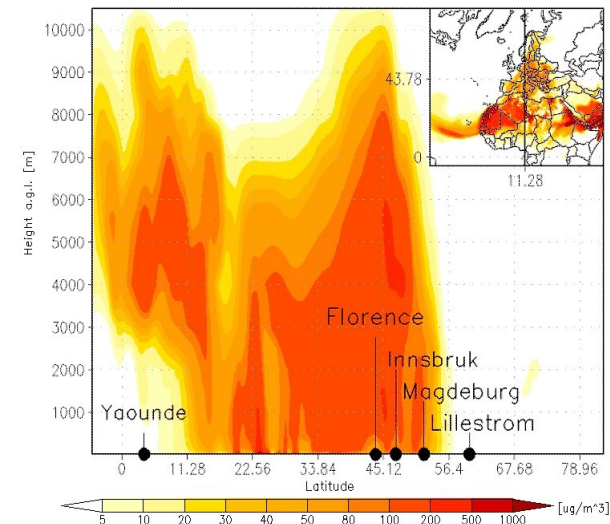


Dal 17 fino al 30 giugno, una
vasta area dell'Europa è
investita dalla polvere
desertica, sia in quota che
nei livelli più bassi.

G4P0_1DA_2D_du_aot.006 Dust Aerosol Column Optical Depth (550 nm) [unitless]
(21Jun2006)



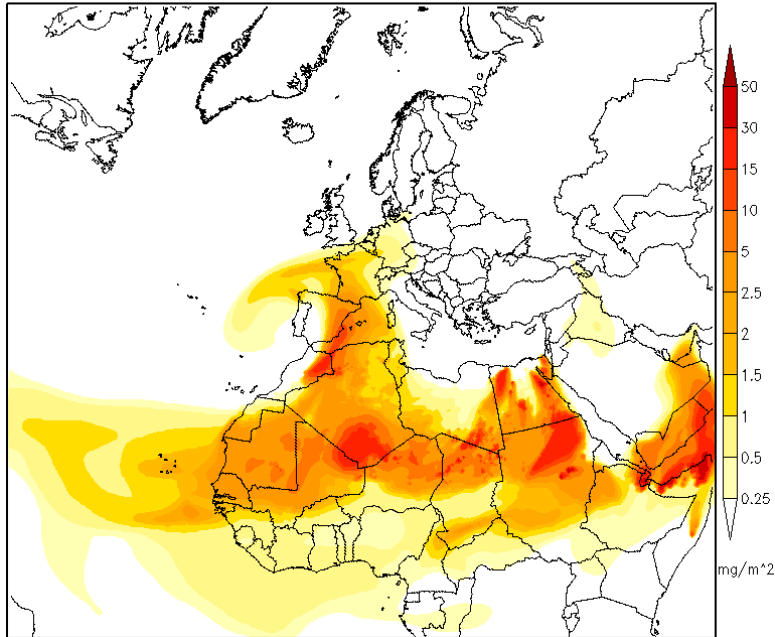
Florence longitude cross section dust(>1 μ m-<20 μ m) daily average 21-06-2006





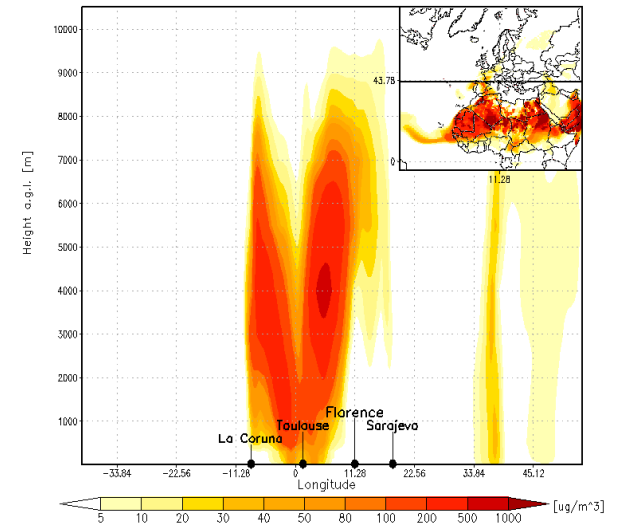
RISULTATI: 15 GIUGNO 2006

Daily vertically integrated dust(>1um-<20um) conc. 15-06-2006

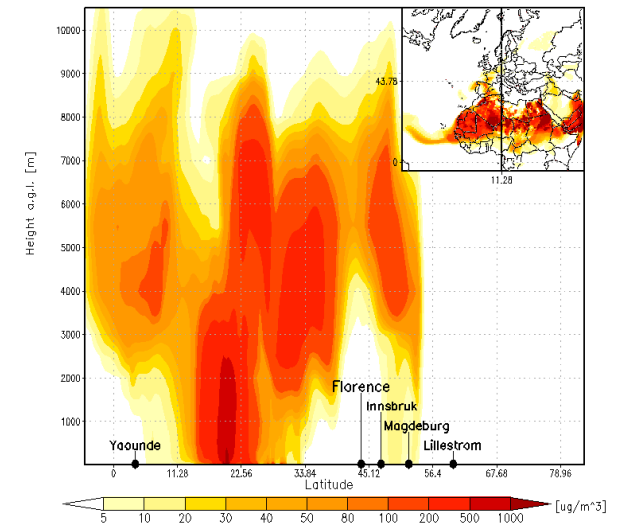


il 15 giugno la polvere su Firenze è a quote molto alte, tra 4000 e 9000 m, e non interessa il livello più basso, quindi non si riscontra al suolo.

Florence latitude cross section dust(>1um-<20um) daily average 15-06-2006

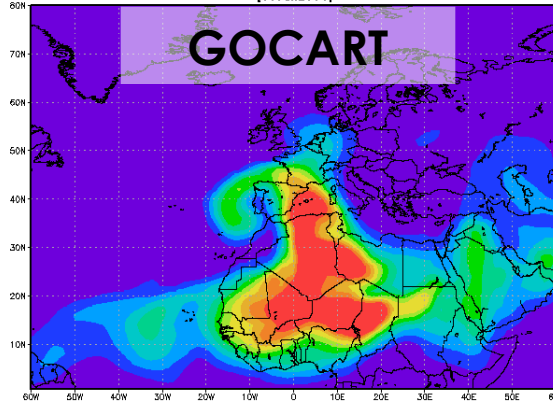


Florence longitude cross section dust(>1um-<20um) daily average 15-06-2006



- Ingresso polvere minerale il 6 giugno sulla Penisola Iberica, poi fino al nord Europa; dal 16 giugno anche Nord Italia.
- Sia in quota che nei livelli più bassi.
- Buon accordo con modello GOCART

G4P0_IDA_2D_du_00L006 Dust Aerosol Column Optical Depth (550 nm) [unitless] (15Jun2006)



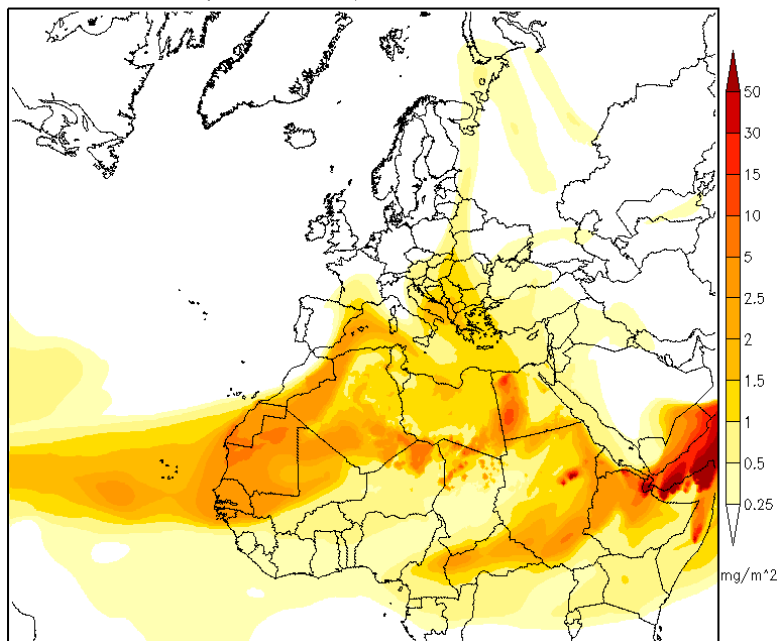


CONSORZIO

LaMMA

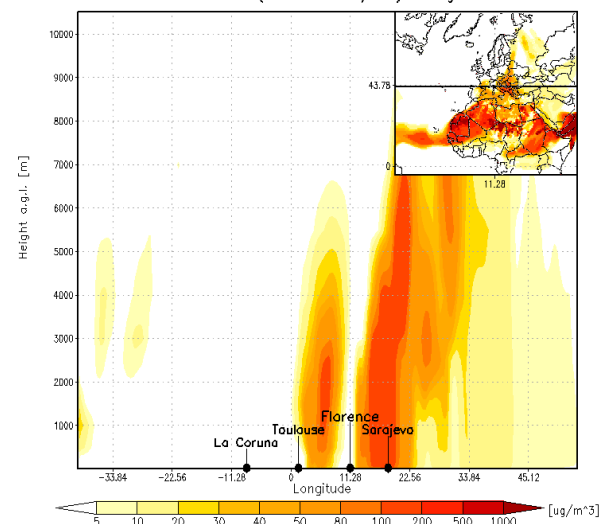
Daily vertically integrated
dust(>1 μ m-<20 μ m) conc. 24-06-2006

RISULTATI: 24 GIUGNO 2006

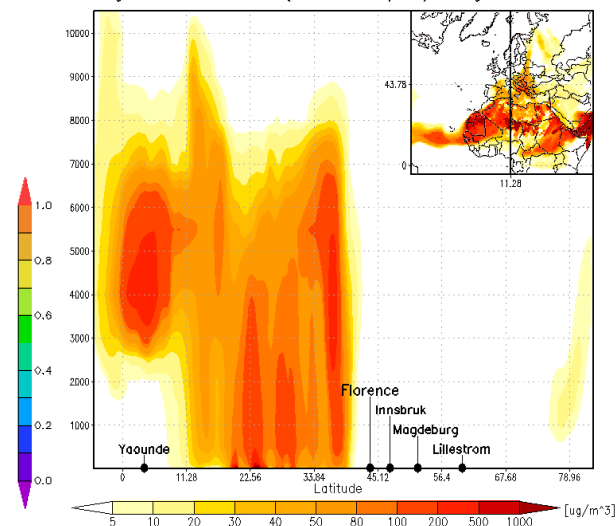


Anche dai profili si vede
l'interruzione della
concentrazione di
polvere

Florence latitude cross section dust(>1 μ m-<20 μ m) daily average 24-06-2006

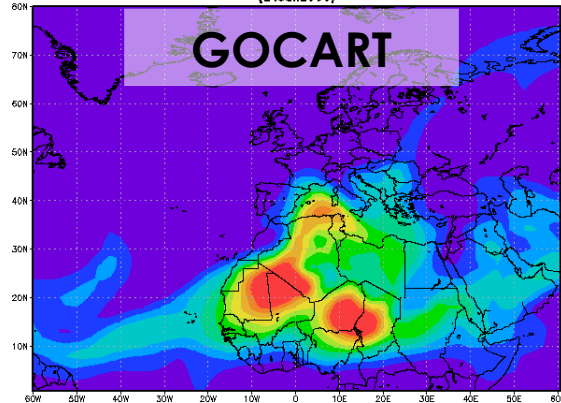


Florence longitude cross section dust(>1 μ m-<20 μ m) daily average 24-06-2006



Tra il 24 e il 25 giugno sull'Italia centro-settentrionale c'è diminuzione della concentrazione, dovuta all'ingresso di una perturbazione ciclonica di origine Atlantica che interrompe momentaneamente il flusso SW sull'Italia.

G4P0_1DA_2D_du_aotL006 Dust Aerosol Column Optical Depth (550 nm) [unitless] (24Jun2006)





CONSORZIO

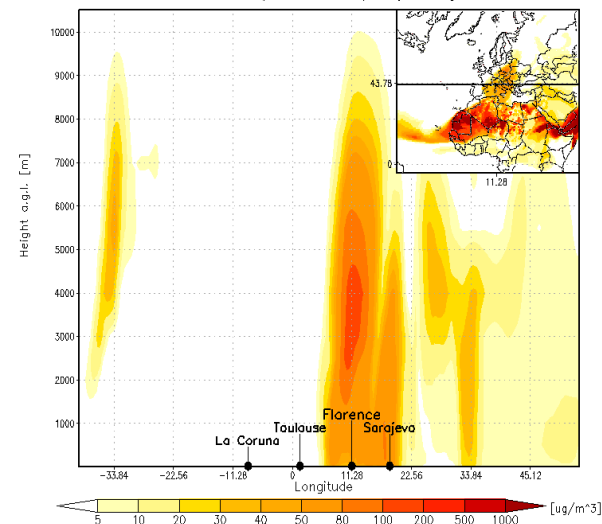
LaMMA

Daily vertically integrated
dust(>1um-<20um) conc. 28-06-2006

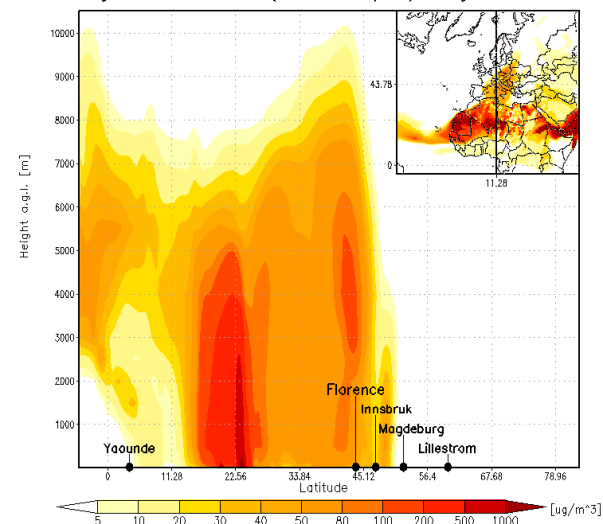
RISULTATI: 28 GIUGNO 2006

Dai profili verticali si nota la ripresa dell'irruzione di polvere sull'Italia centrale, sia ad alta sia a bassa quota.

Florence latitude cross section dust(>1um-<20um) daily average 28-06-2006

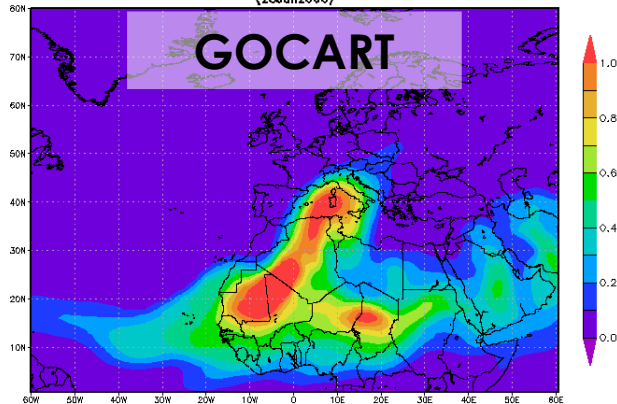


Florence longitude cross section dust(>1um-<20um) daily average 28-06-2006



Nei giorni successivi il flusso e il trasporto di polvere sull'Italia riprende fino al 30 giugno.

G4P0_1DA_2D_du_00L006 Dust Aerosol Column Optical Depth (550 nm) [unitless] (28Jun2006)

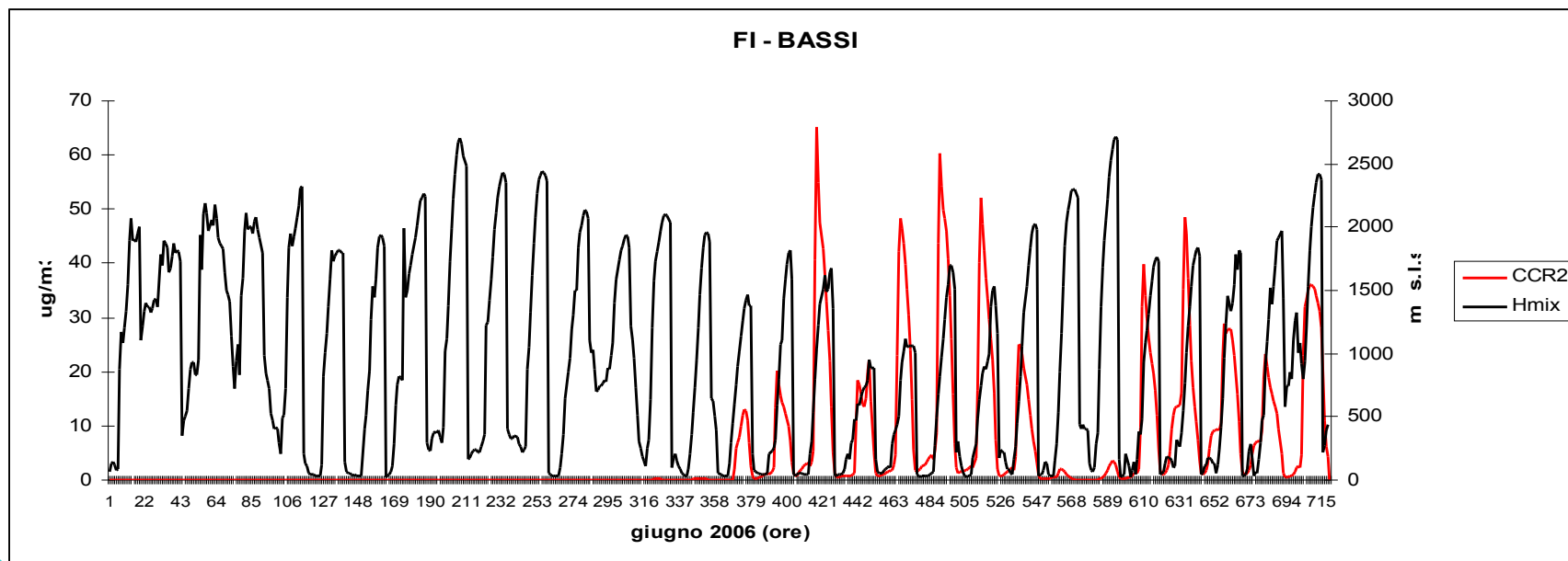




IL MODELLO CAMX - RISULTATI

Considerando l'andamento temporale della concentrazione oraria al suolo, si osserva una notevole correlazione tra l'andamento orario della concentrazione di polvere e dell'altezza dello strato di rimescolamento, Hmix (come stimato dal modello CALMET).

La concentrazione maggiore della polvere minerale si trova al di sopra dello strato limite: quando, nell'arco della giornata, Hmix cresce e raggiunge quote dell'ordine di 1000 m o superiori le polveri entrano nello strato più vicino al suolo.

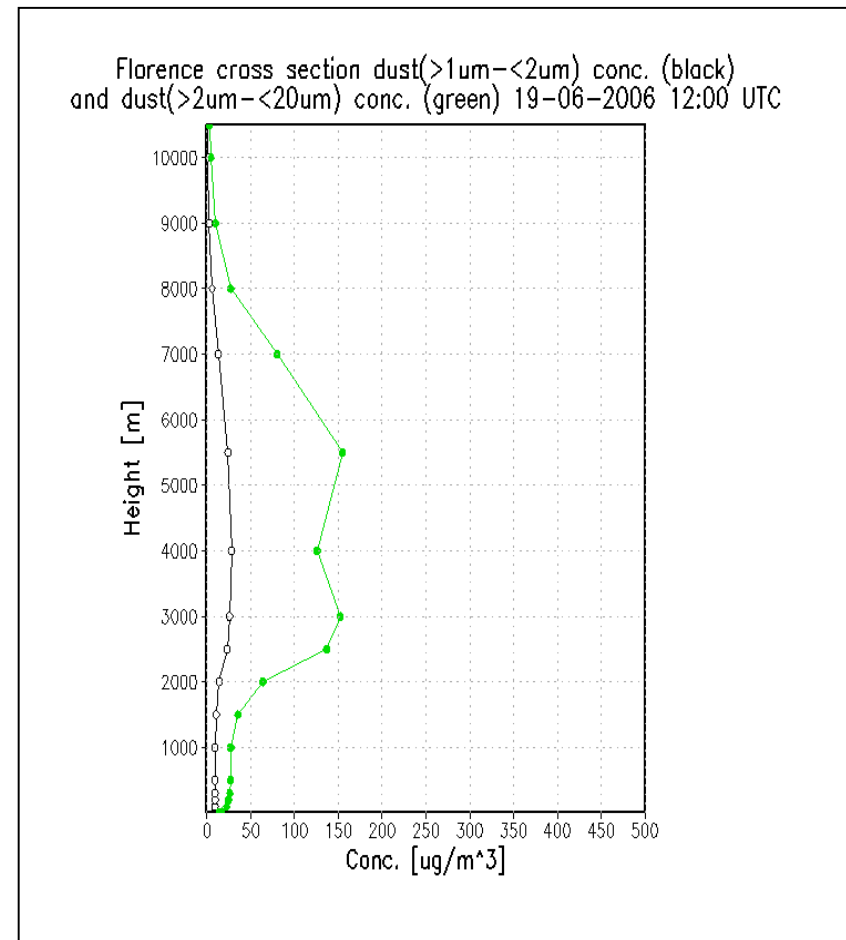




IL MODELLO CAMX - RISULTATI

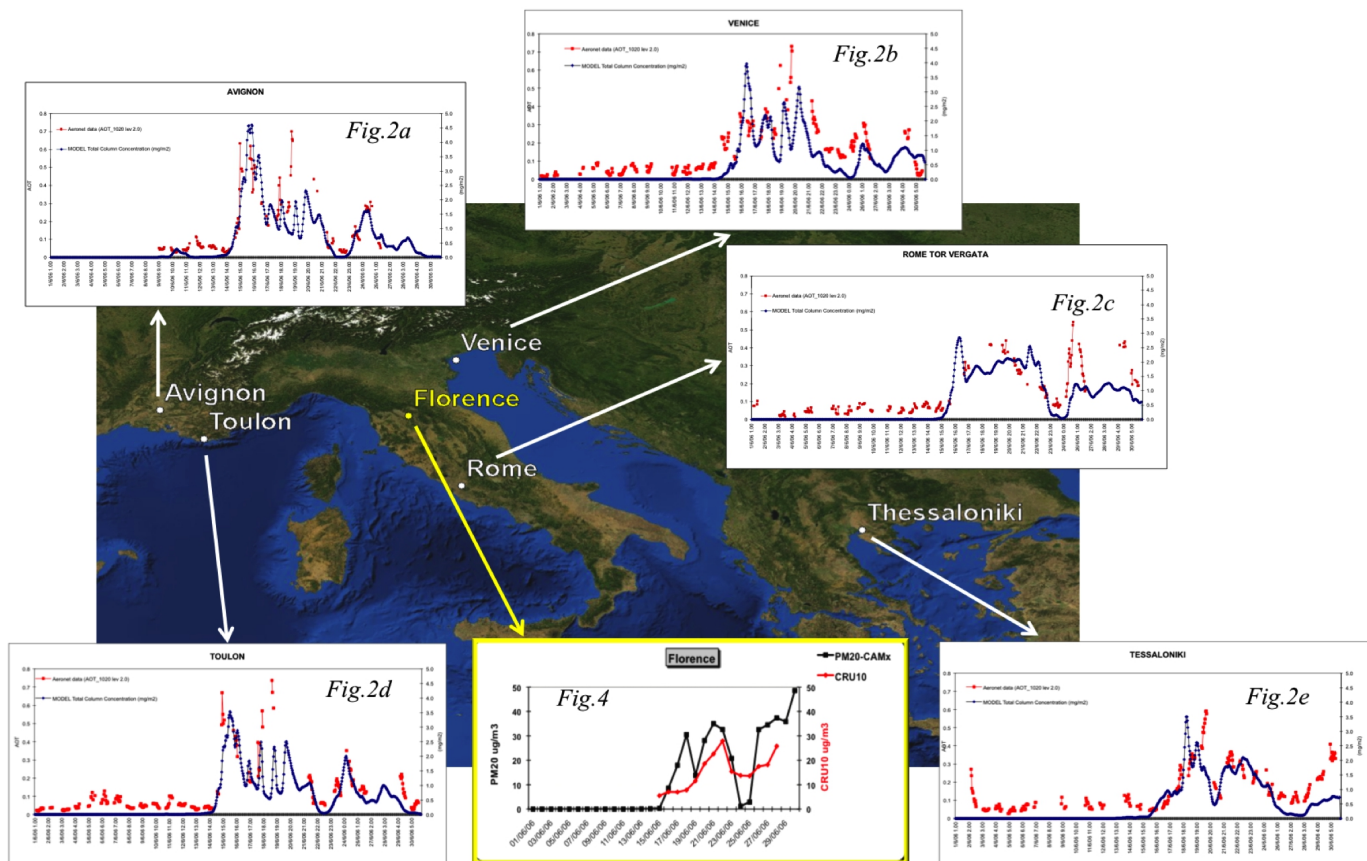
I grafici che riproducono il profilo verticale della concentrazione di polvere mostrano che la concentrazione maggiore si trova a quote alte: la frazione più grande presenta valori elevati a quote superiori a 1000 m, mentre la frazione fine, pur aumentando con la quota, mostra sempre valori più contenuti.

I profili verticali della concentrazione relativi ai tre siti di campionamento sono analoghi.





CONFRONTO STIME-MISURE AERONET

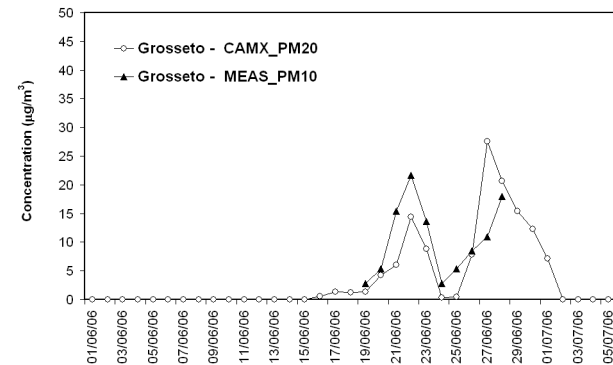
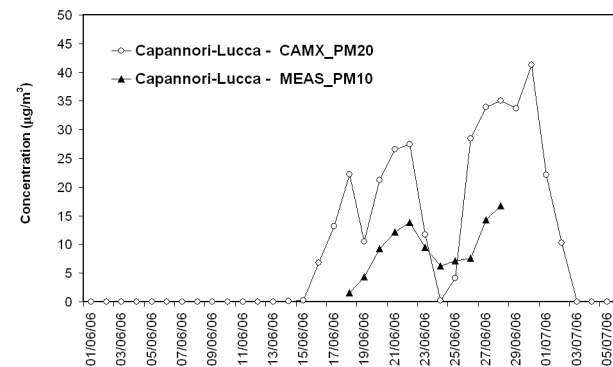
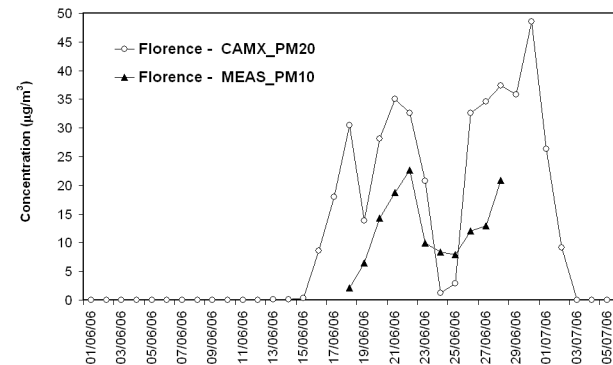


La stima della concentrazione oraria cumulata è stata messa a confronto con le misure effettuate dalla rete internazionale AERONET, nei siti in cui erano presenti misure nel periodo di studio. Il confronto, sebbene solo qualitativo, evidenzia accordo tra le stime e le misure.



CONFRONTO STIME-MISURE PATOS

- Misure su base giornaliera di PM₁₀ effettuate dal 15 al 28 giugno nei tre siti, Firenze, Grosseto, Lucca (campagna PATOS).
- Dip. Fisica e Dip. Chimica dell'Università di Firenze hanno utilizzato specifiche tecniche di analisi per stimare il contributo assoluto (in ug/m³) al PM₁₀ derivante dalla frazione crostale.
- Le stime modellistiche della polvere sahariana sono riferite alla frazione 1-20 um, mentre la stima della componente crostale del PM₁₀ misurato è riferita sia al contributo locale che sahariano.
- Il confronto stime-misure evidenzia un sostanziale buon accordo, con l'individuazione dei periodi caratterizzati da concentrazioni alte e della significativa diminuzione del 24-25 giugno.
- Sottostima in Firenze e Capannori, sovrastima in Grosseto → Una possibile spiegazione potrebbe riguardare la valutazione quantitativa dell'altezza di rimescolamento che, nel caso dei siti dell'entroterra potrebbe essere sovrastimata nel primo periodo (16-19 giugno), mentre nel sito costiero potrebbe essere sempre sottostimata, limitando così l'ingresso delle polveri trasportate sopra il boundary layer.





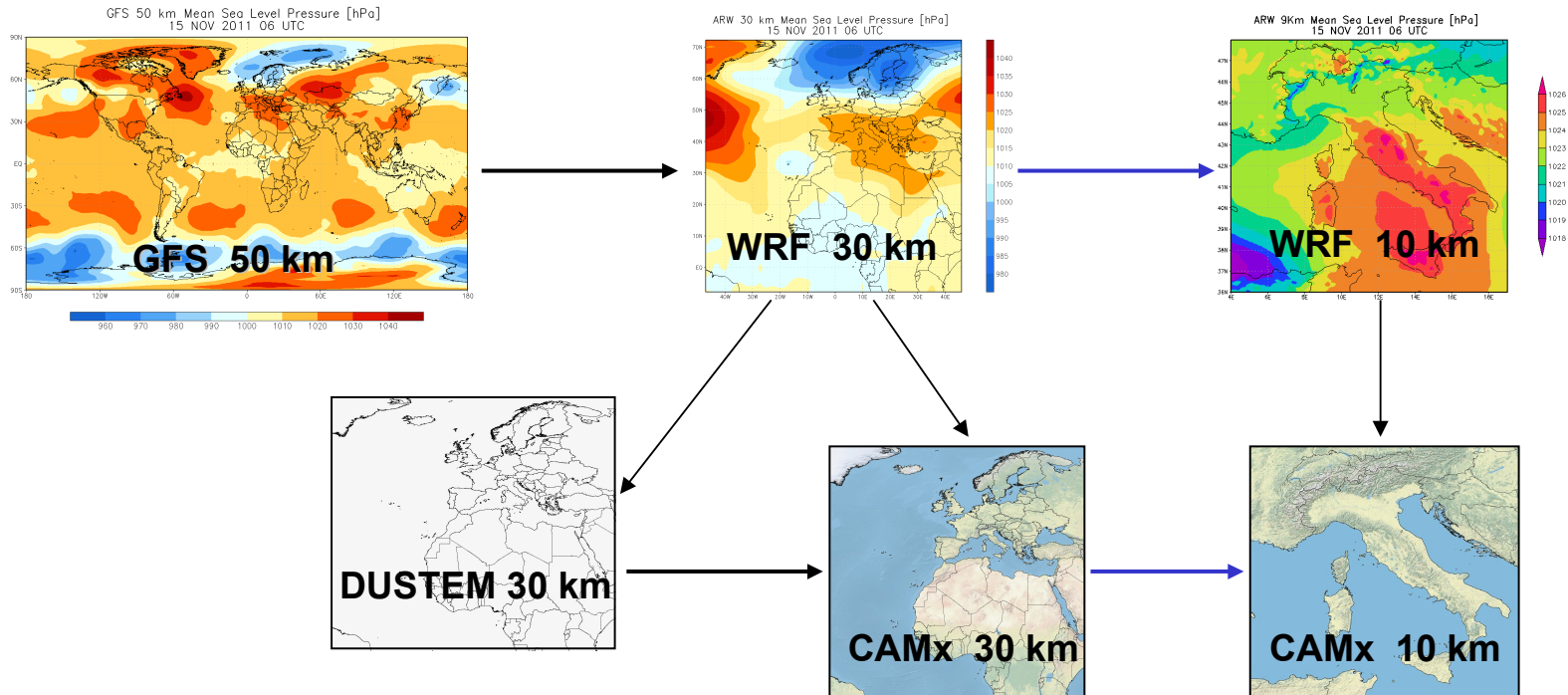
PROSPETTIVE

E' attualmente in fase di sperimentazione una nuova catena di modelli, costituita dal modello meteorologico WRF-ARW, configurato ad una risoluzione di 30 Km sull'intero dominio di calcolo e ad una risoluzione di 10 Km su un dominio, ottenuto dalla griglia innestata, che comprende l'Italia, dal modello DUSTEM (30 Km di risoluzione) e dal modello CAMX, anch'esso configurato in modalit  nesting su domini di calcolo coincidenti con quelli del modello meteo.

→ possibilit  operativo/previsionale

→ possibilit  di fornire le boundary alla catena modellistica per la stima inquinanti

METEO



EMISSIONI

CONCENTRAZIONI



PUBBLICAZIONI

● meccanismi fisici ● misure ● modellistica

- ● ● **F. Calastrini, F. Guarnieri, S. Becagli, C. Busillo, M. Chiari, U. Dayan, F. Lucarelli, S. Nava, M. Pasqui, R. Traversi, R. Udisti, G. Zipoli (2012)**
“Desert dust outbreaks over Mediterranean Basin: a modelling, observational and synoptic analysis approach”. Desert Dust Properties, Modelling, and Monitoring. Advances in Meteorology, Hindawi, vol. 2012, Article ID 246874, 14 pages, 2012. doi:10.1155/2012/246874.
- **Gaetani, M., Pasqui, M., Crisci, A. and Guarnieri, F. (2012)**
“A synoptic characterization of the dust transport and associated thermal anomalies in the Mediterranean basin”. International Journal of Climatology. doi: 10.1002/joc.3615
- ● **Pasqui, M., Taramelli, A., Barbour, J., Kirschbaum, D., Bottai, L., Busillo, C., Calastrini, F., Gualtieri, G., Guarnieri, F. and Small, C. (2012)**
“Dust emission in Northern China: atmospheric emission–dispersion modelling of a major dust event”. Earth Surf. Process. Landforms. DOI: 10.1002/esp.3371
- **Taramelli, A., Pasqui, M., Barbour, J., Kirschbaum, D., Bottai, L., Busillo, C., Calastrini, F., Guarnieri, F. and Small, C. (2012)**
“Spatial and temporal dust source variability in northern China identified using advanced remote sensing analysis”. Earth Surf. Process. Landforms. doi: 10.1002/esp.3321
- ● **F. Guarnieri, F. Calastrini, C. Busillo, M. Pasqui (2012)**
Book chapter: “Dust storm analysis in Northern China during the March 2002 episode”. Air Pollution and Pollutants, Academy Publish.
- **Gaetani M., M. Pasqui (2012)**,
Synoptic patterns associated with extreme dust events in the Mediterranean Basin. Regional Environmental Change. 10.1007/s10113-012-0386-2



CONCLUSIONI

Scopo di questo studio è stato quello di valutare le potenzialità dell'approccio modellistico nella ricostruzione delle dinamiche evolutive della polvere desertica.

E' stato implementato un sistema modellistico basato sulle stime prodotte dal modello meteorologico RAMS, dal modello emissivo DUSTEM e dal modello CAMx, con cui viene simulato il trasporto e la deposizione della polvere sahariana.

Il confronto stime-misure evidenzia un sostanziale buon accordo. Tuttavia, il modello in alcuni casi può sottostimare o sovrastimare. Una possibile spiegazione potrebbe riguardare la valutazione quantitativa dell'altezza di rimescolamento, che svolge un ruolo fondamentale nella stima della concentrazione di polvere al suolo.

In prospettiva, con la nuova catena di modelli WRF-ARW, DUSTEM, CAMX, sarà possibile ottenere una descrizione più dettagliata, nel dominio ad alta risoluzione, della struttura verticale del boundary layer e, di conseguenza, delle intrusioni di polvere sahariana nello strato più vicino al suolo, con la possibilità di avere i file di input in tempo reale.