

# XII CONFERENZA DEL SISTEMA NAZIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE

Vent'anni di controlli ambientali. Esperienze e nuove sfide.

**20**anni  
DI CONTROLLI  
AMBIENTALI  
XII CONFERENZA

Convegno

Aria: quale qualità?

*Sistema conoscitivo, problemi, sfide*



Bologna, 20 - 21 marzo 2014 - CNR Area della Ricerca



in collaborazione con



Aria: quale qualità?  
*Sistema conoscitivo, problemi, sfide*



## Modellistica operativa per la valutazione e previsione della qualità dell'aria

*E.Minguzzi, M.Stortini, G.Bonafé*

ARPA Emilia Romagna



in collaborazione con



# Introduzione

Nel corso degli anni, ARPA-ER si è dotata di una serie di strumenti modellistici per il supporto alla gestione della qualità dell'aria, nei suoi vari aspetti.

Sommario:

- Le richieste
- Gli strumenti
- I prodotti
- Verifica
- Linee di sviluppo

*Spesso i problemi da affrontare hanno una duplice natura:*

- *aspetto scientifico (dare le risposte "migliori possibili")*
- *aspetto comunicativo (dare risposte chiare e utili per l'utente finale)*

*In questa presentazione mi concentro sugli strumenti sviluppati da ARPA-ER per rispondere a queste due esigenze, senza entrare in dettagli tecnici*

# ***Gestione della QA: le richieste***

## Rispetto limiti di legge

- Regione, Ministero Ambiente (ISPRA), UE
- Richieste analisi di lungo periodo, a posteriori, sia sulle stazioni sia sul territorio

## Scenari di riduzione delle emissioni (piani di risanamento)

- Valutazione dei provvedimenti a scala regionale (emergenziali e pianificati)
- Scelta delle politiche più efficaci

## Comunicazione

- Figure istituzionali, mezzi d'informazione, popolazione
- Previsioni e analisi NRT, con elevato dettaglio spaziale, disponibili 24/7 e non ambigue; soglie di informazione alla popolazione

NB: in Emilia Romagna i provvedimenti d'emergenza in caso di forte inquinamento dipendono solo dai dati osservati (non dalle previsioni).

## Impatto di specifiche sorgenti

- pianificazione, VIA/VAS
- gestione rilasci accidentali.

## Analisi di specifici episodi di inquinamento

# Gli strumenti principali

- Modelli di dispersione:

NINFA: modello di chimica e trasporto Chimere, implementato sul nord Italia con risoluzione di 5 km. Previsioni in tempo reale e scenari

LAPMOD: modello lagrangiano a particelle

ADMS: modello gaussiano "evoluto"

- Modelli meteorologici:

Cosmo-I7: modello di riferimento nazionale, risoluzione 7 km; fornisce l'input per Ninfa e alimenta un archivio di analisi NRT (inclusi parametri turbolenti)

Calmet: alimentato da osservazioni o da COSMO-I7; fornisce l'input per Lapmod e ADMS, e alimenta un archivio di analisi NRT

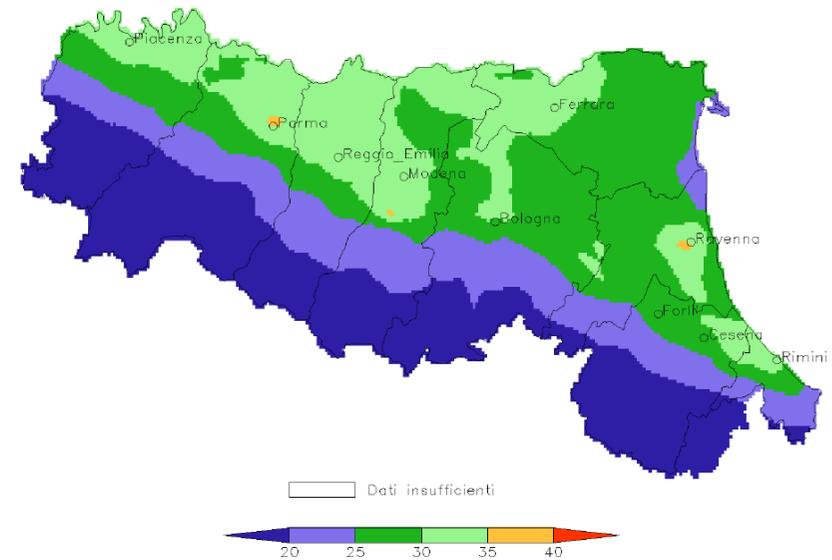
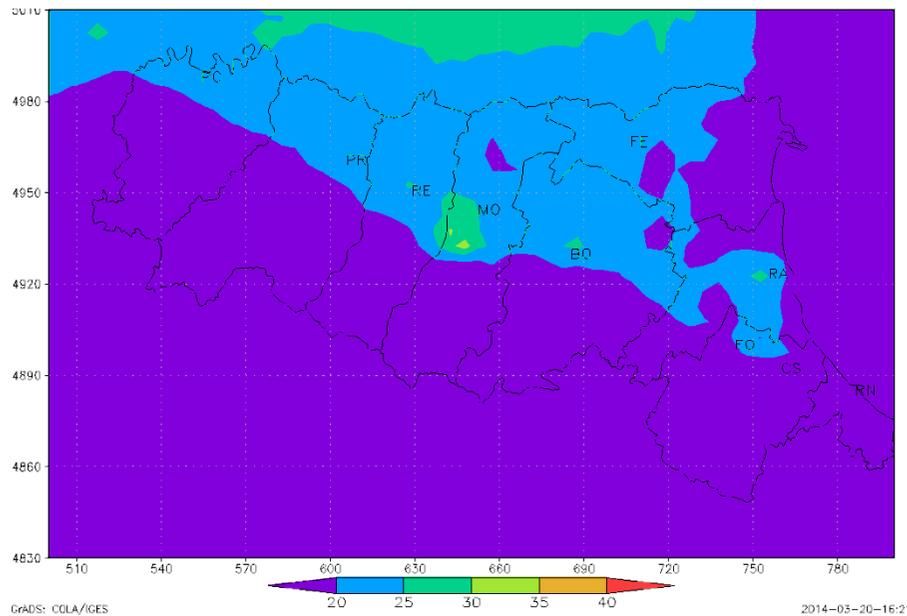
- INEMAR: inventario emissioni

- Reti di monitoraggio: QA (47 stazioni) e meteo (>300 stazioni)

# Strumenti: post-processing di Chimere

Gli output Ninfa richiedono un post-processing, a causa del dettaglio spaziale limitato e della sottostima del PM (*critica per valutazione del limite giornaliero*)

- **Pesco**: stime in NRT e annuali delle concentrazioni di fondo di PM, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, su celle di 1x1 km<sup>2</sup>.  
Integra uscite Ninfa con osservazioni e variabili secondarie (emissioni, quota).
- **Ninfa "unbiased"**: analisi e previsioni in tempo reale.  
Attualmente il post-processing è molto semplice: si applica un fattore moltiplicativo stagionale, calcolato dal confronto tra Ninfa e Pesco negli anni precedenti



PM10, concentrazioni medie nel 2012: output NINFA (sinistra) e stima PESCO (destra)

# I prodotti: previsioni e analisi NRT

Tre livelli di informazione distinti:

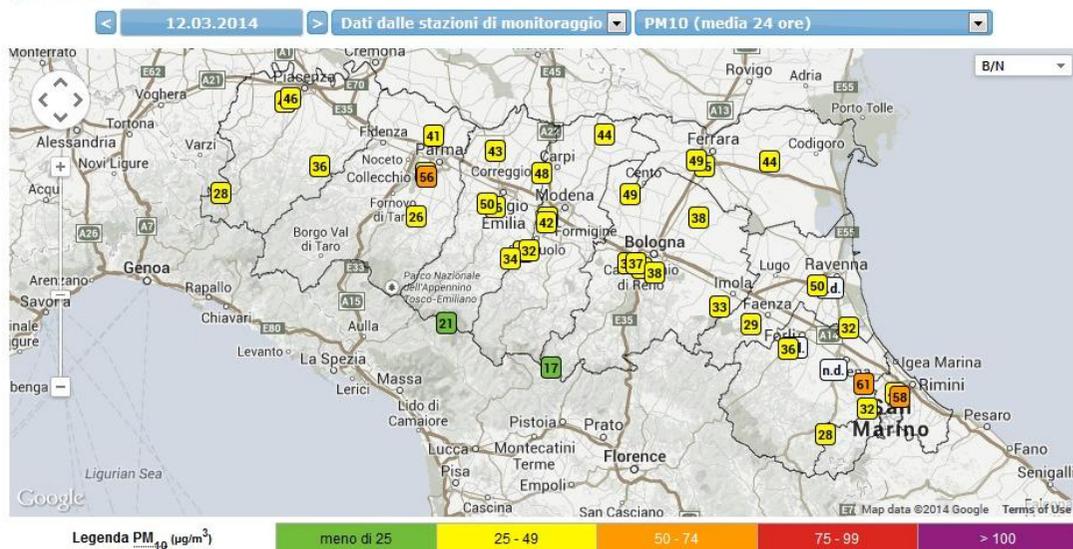
- Osservazioni validate ("*dati delle stazioni di monitoraggio*")
- PESCO ("*valutazioni di qualità dell'aria*")
- NINFA ("*previsioni di qualità dell'aria*")

Tutte le informazioni sono disponibili su mappa (google), come dato provinciale / comunale, come app per smartphone

Per valutazioni e previsioni, viene visualizzato anche l'IQA (*si considera la peggiore tra le concentrazioni di  $O_3$ ,  $PM_{10}$ ,  $NO_2$  e  $PM_{25}$ , normalizzate alle relative soglie di legge. IQA mediocre = il peggiore inquinante supera la sua soglia per < 50%*)

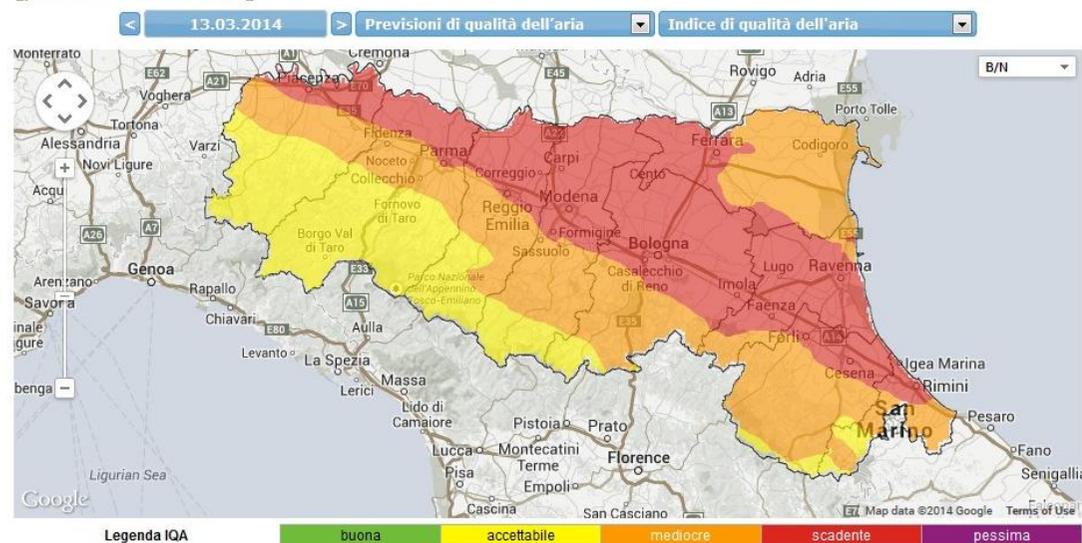
Dati dalle stazioni di monitoraggio

[12 Marzo 2014]



Indice di Qualità dell'aria: previsione per giovedì 13 marzo 2014

[prodotta il 12 marzo 2014]



# I prodotti: valutazioni (1)

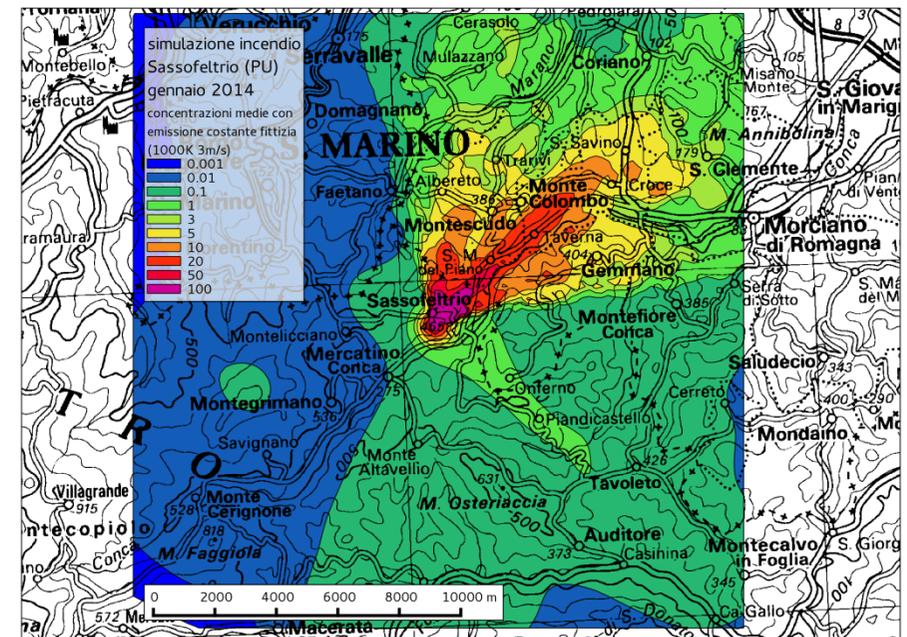
Stima a posteriori della qualità dell'aria, per diverse applicazioni:

- Valutazioni di lungo periodo di sorgenti specifiche (VIA)
- Analisi dettagliata di specifici episodi di inquinamento
- Gestione di rilasci accidentali (pianificare il monitoraggio delle ricadute)

Sono stati implementati due modelli:

ADMS-URBAN: modello "semplice" (gaussiano), adatto a simulare molte sorgenti emmissive, in un dominio piccolo, per un lungo periodo

LAPMOD: modello più complesso (lagrangiano), adatto a simulare sorgenti semplici, ma in orografia complessa e su domini ampi.



Lapmod, stima delle ricadute a seguito dell'incendio di Sassofletrio (Pu), gen 2014

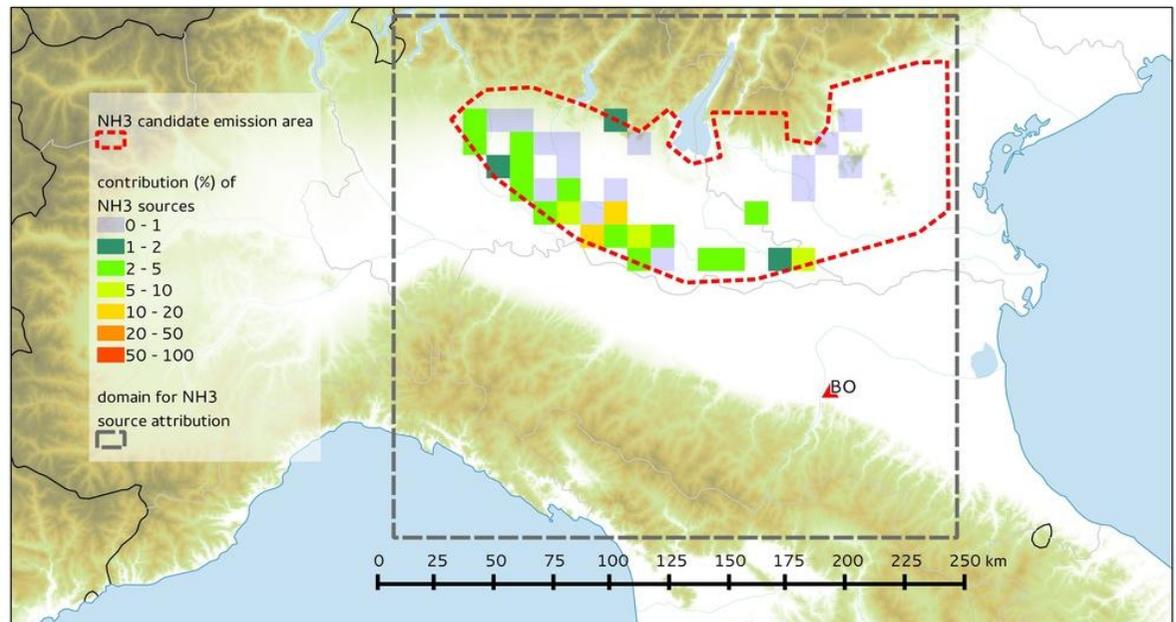
# I prodotti: valutazioni (2)

Analisi di un episodio di inquinamento intenso (15/2/2012)

- A Bologna concentrazioni insolitamente elevate di aerosol, in particolare nitrati
- Forti nevicate nei giorni precedenti a sud del Po; a nord terreno libero da neve
- Valutazione del possibile contributo di emissioni di  $\text{NH}_3$  per attività agricole (spandimenti)

Metodo (*basato su LAPMOD e alternativo alle back-trajectories*):

- Selezionata l'area con emissioni rilevanti
- Ipotizzata un'emissione costante, simulato il trasporto dell' $\text{NH}_3$  emesso in ciascuna cella
- Calcolato il contributo delle diverse sorgenti alle concentrazioni a Bologna (*quale area era "sottovento" a Bologna*)



Lapmod, stima della localizzazione geografica delle emissioni di  $\text{NH}_3$  che hanno interessato Bologna il 15/2/2012

# I prodotti: scenari per PM10

I limiti di legge dovrebbero essere rispettati in tutto il territorio e in tutti gli anni, ma le simulazioni si riferiscono a un anno specifico, e hanno una risoluzione limitata:

Per tener conto della variabilità meteorologica, è stata compiuta una simulazione Ninfa di 10 anni a emissioni costanti, per stimare:

- variabilità delle concentrazioni medie dovuta a cause meteorologiche ( $\sigma = 7\%$ );
- anomalia dell'anno di riferimento degli scenari rispetto al "clima" (per il 2010,  $-7\%$ ).

Per ovviare alla risoluzione limitata di NINFA (5km), è stata calcolata la relazione tra la media nelle celle Ninfa e il massimo tra le celle PESCO (1km) che la compongono.

Mappa che visualizza entrambe le incertezze:

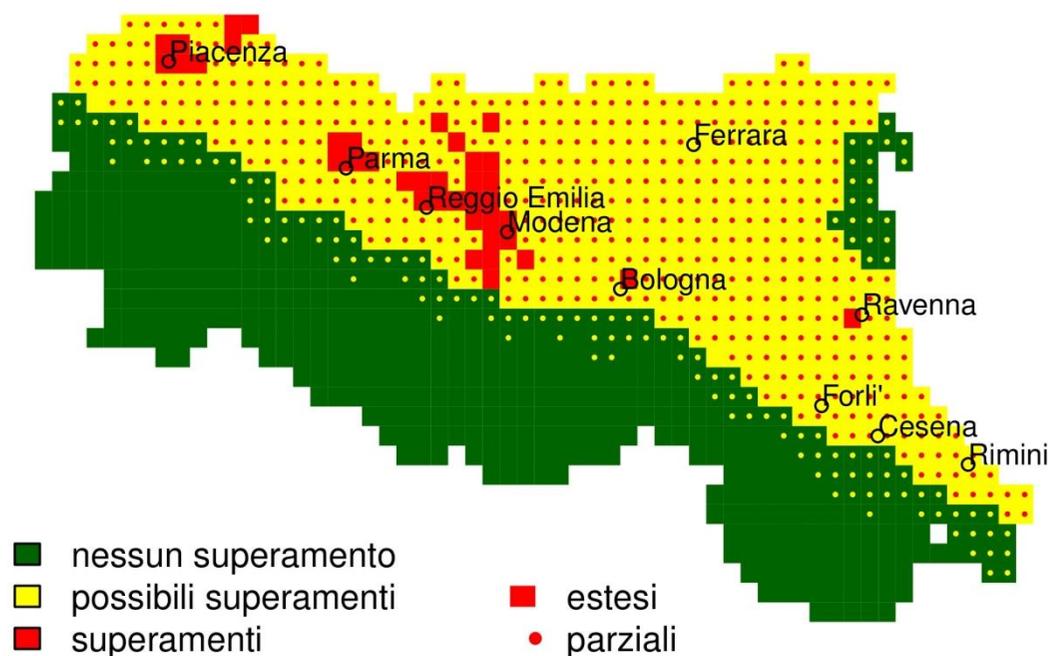
*Sup. estesi: media in una cella Ninfa (5km)*

*Sup. parziali: almeno una cella Pesco (1km)*

*Superamenti: limite superato anche negli anni con meteo favorevole (media  $-14\%$ )*

*Possibili sup: limite superato negli anni con meteo sfavorevole (media  $+14\%$ )*

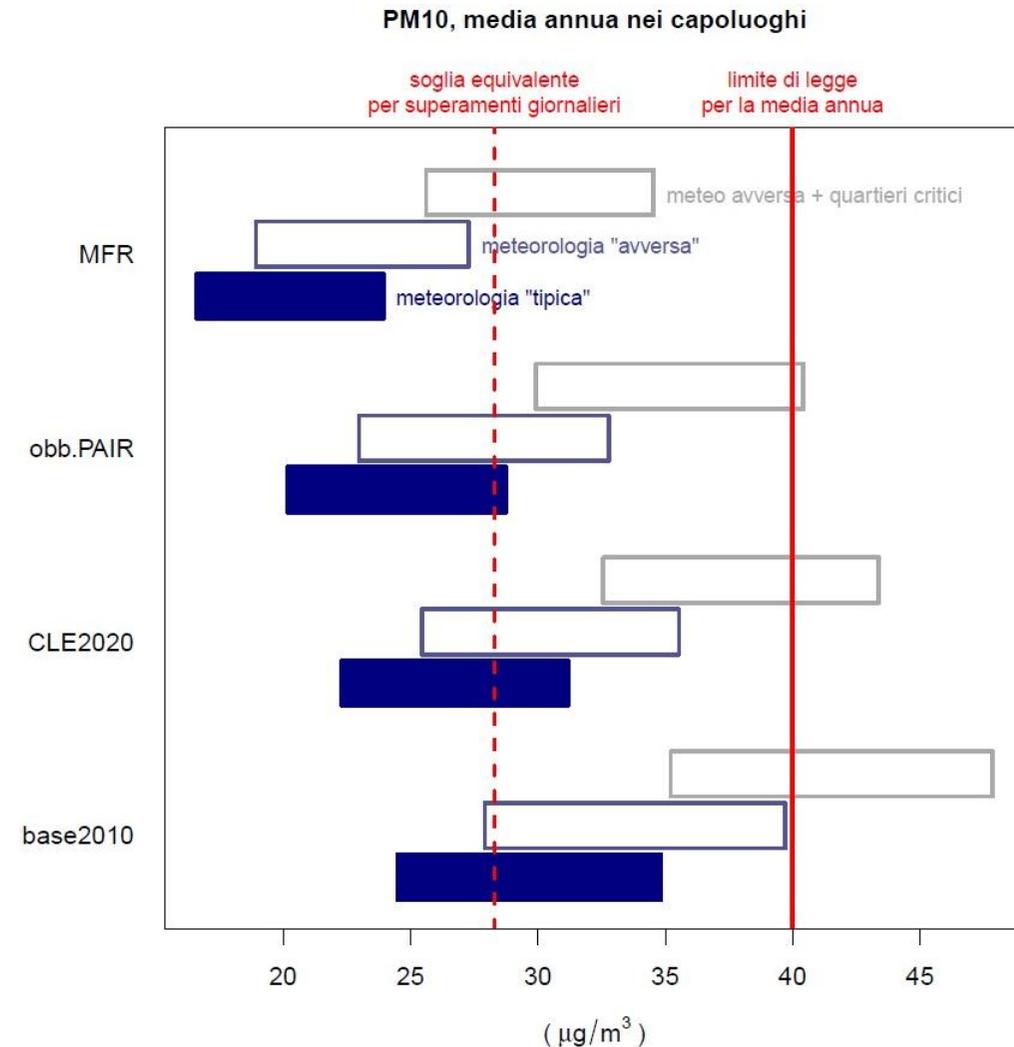
*Nessun sup.: limite non superato neanche negli anni con meteo sfavorevole*



# I prodotti: scenari per PM10 (2)

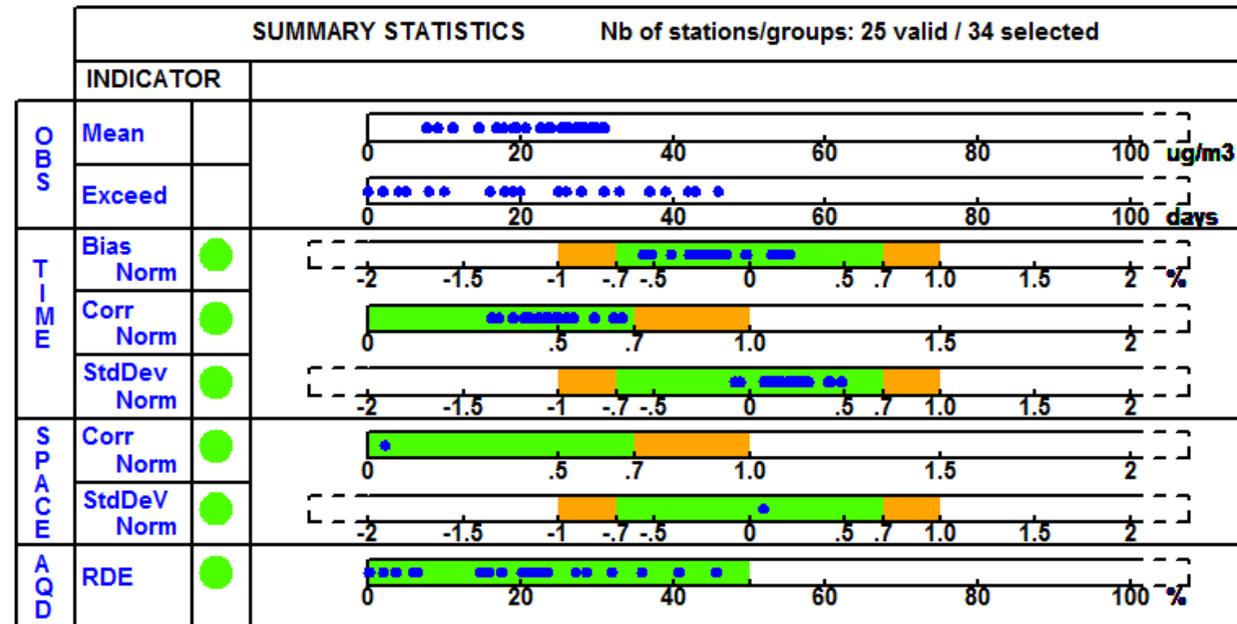
Descrizione sintetica:  
invece della mappa, intervallo di variabilità delle concentrazioni nei capoluoghi

- Meteo tipica: anno 2010 +7%
- Meteo avversa: meteo tipica + 14% ( $2\sigma$  della variabilità interannuale)
- Quartieri critici: meteo avversa + cella 1 km peggiore



# Verifica Ninfa: PM10

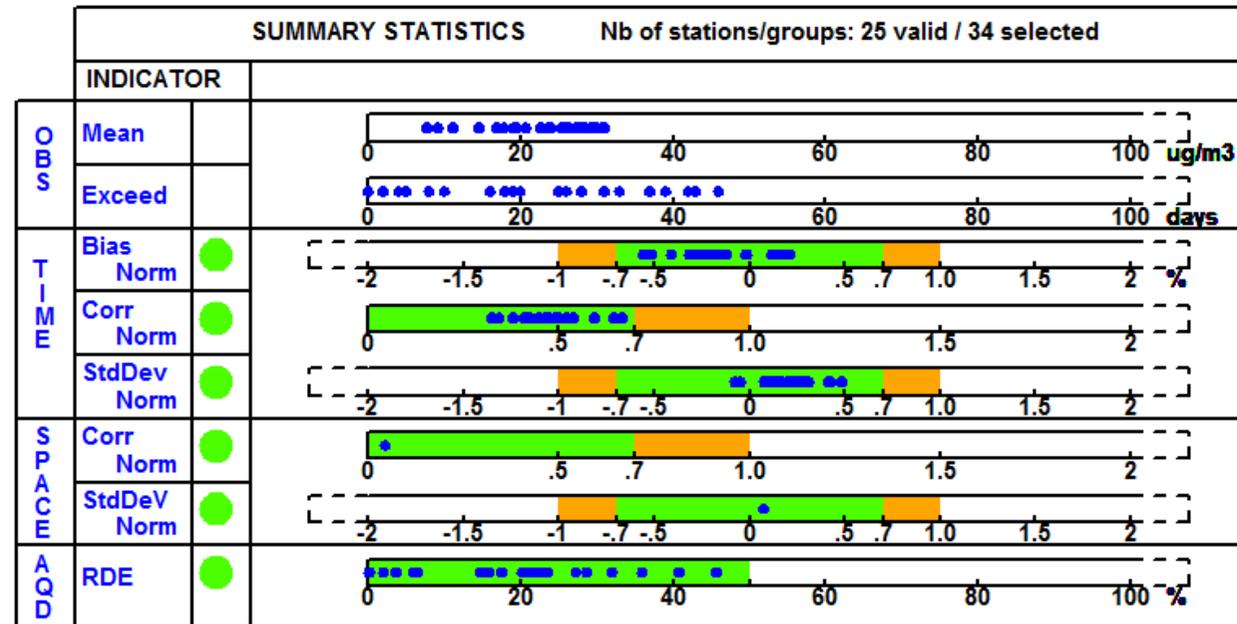
- Confronto tra misure a terra e valutazioni prodotte da NINFA (PM10, anno 2013, stazioni di fondo, no post-processing):
- Statistiche standard EU (delta-tool), come definite dal gruppo Fairmode
- Le prestazioni del modello rispettano i requisiti della normativa.



Verifica Ninfa: PM10, d-1, anno 2013, confronto con stazioni di fondo.

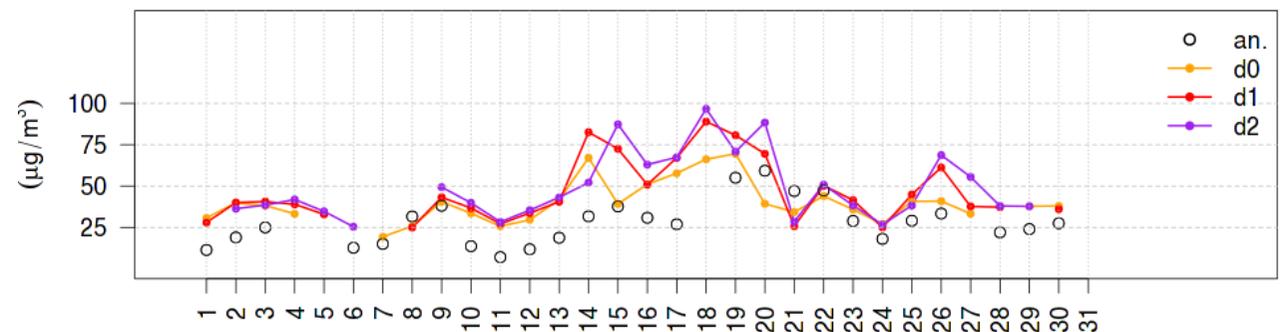
# Verifica Ninfa: PM10

- Confronto tra misure a terra e valutazioni prodotte da NINFA (PM10, anno 2013, stazioni di fondo, no post-processing):
- Statistiche standard EU (delta-tool), come definite dal gruppo Fairmode
- Le prestazioni del modello rispettano i requisiti della normativa.



Esempio di verifica operativa delle previsioni Ninfa

PM10: average over Emilia Romagna (weighted with population)  
month: 10/2013

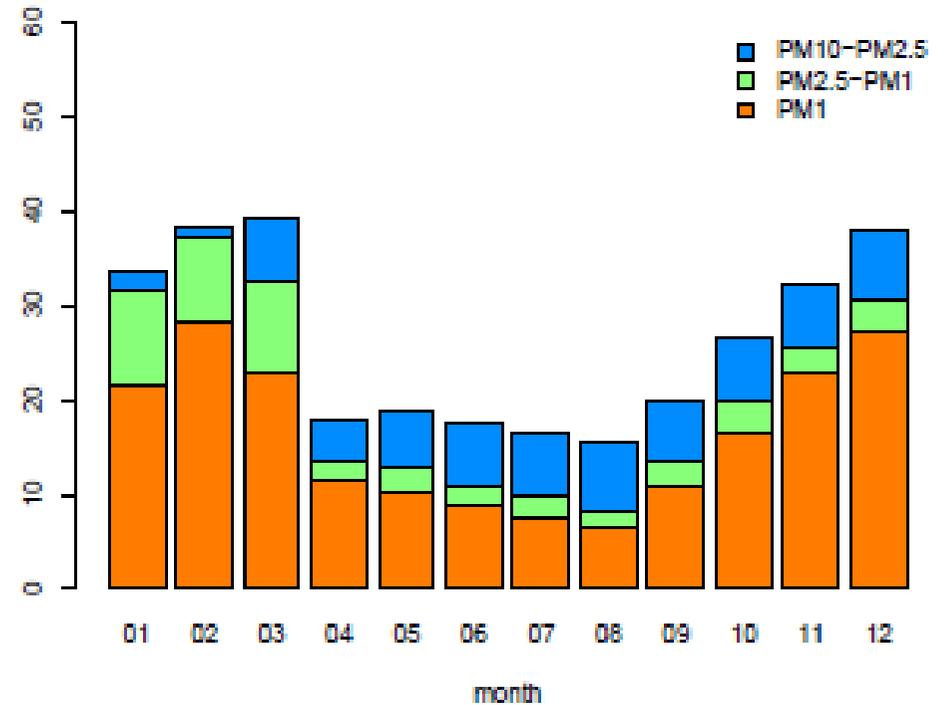
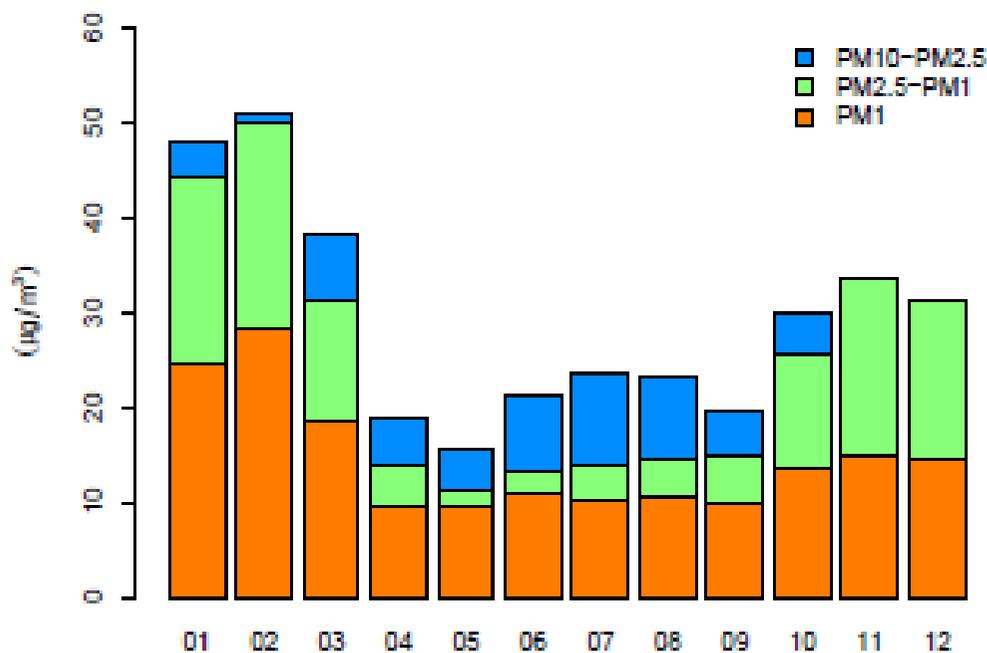


Verifica Ninfa, PM10. *Sopra*: d-1, anno 2013, confronto con stazioni di fondo. *Sotto*: ott 2013, confronto tra previsioni e valutazioni Pesco

# Verifica Ninfa: granulometria aerosol

In Emilia Romagna le concentrazioni di aerosol presentano un marcato ciclo stagionale; le componenti fine e ultrafine sono prevalenti (PM1 > 50% del PM10)

- Il modello sottostima le concentrazioni, ma riproduce correttamente l'andamento stagionale e la ripartizione granulometrica
- In inverno tende a sovrastimare la parte grossolana rispetto a quella intermedia



Distribuzione granulometrica degli aerosol a Bologna, anno 2012: osservazioni (sn) e valutazioni Ninfa (dx)

# Verifica Ninfa: composizione aerosol

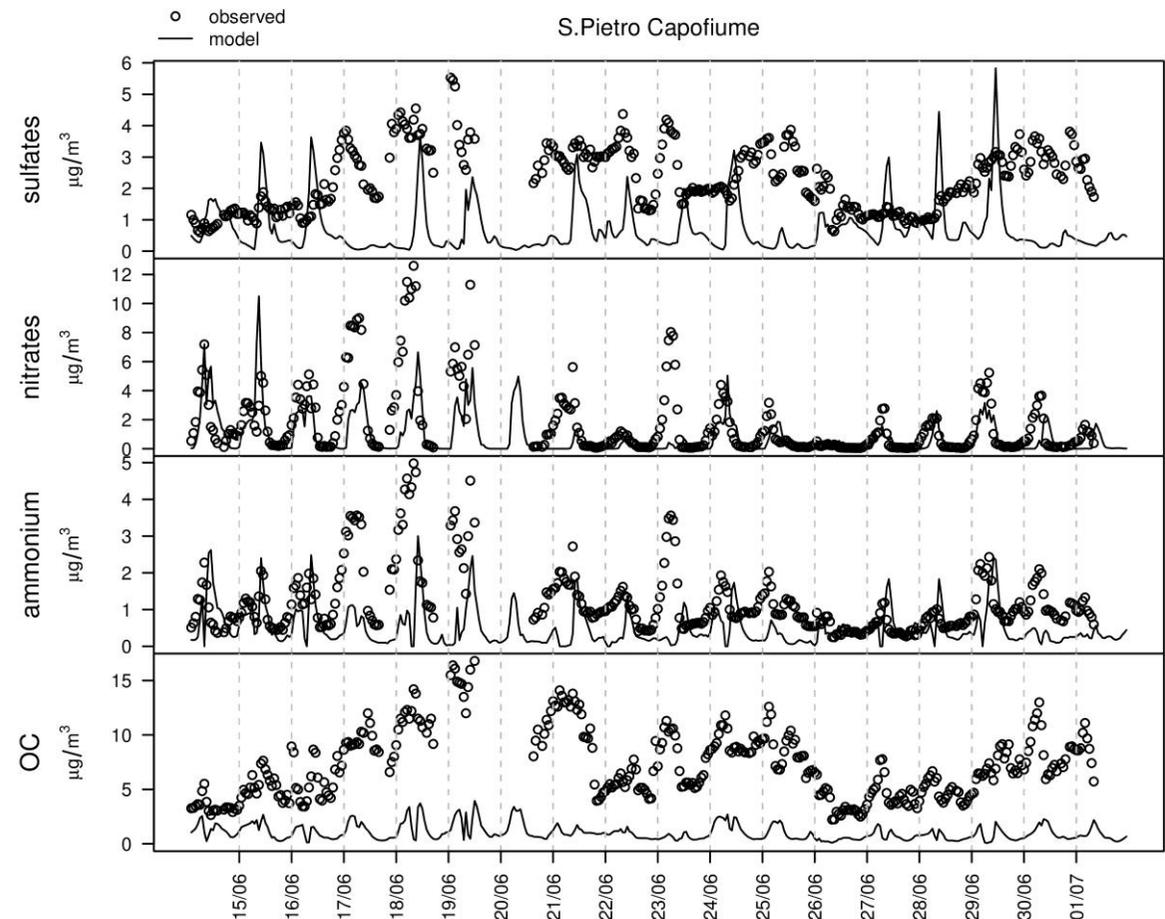
Verifica della composizione dell'aerosol simulato da Chimere (campagna di misure intensive a S.P.Capofiume, giugno 2012, in collaborazione con CNR-ISAC)

Il modello sottostima la componente organica, ma nitrati e ammonio sono ben riprodotti (*incoraggiante per valutazione misure di risanamento*)

Nel tempo, andamento irregolare sia nell'osservato che nel modello; performance molto variabili.

Il confronto con dati di questo tipo è un test molto severo, ma prezioso per la diagnostica e il miglioramento di Ninfa:

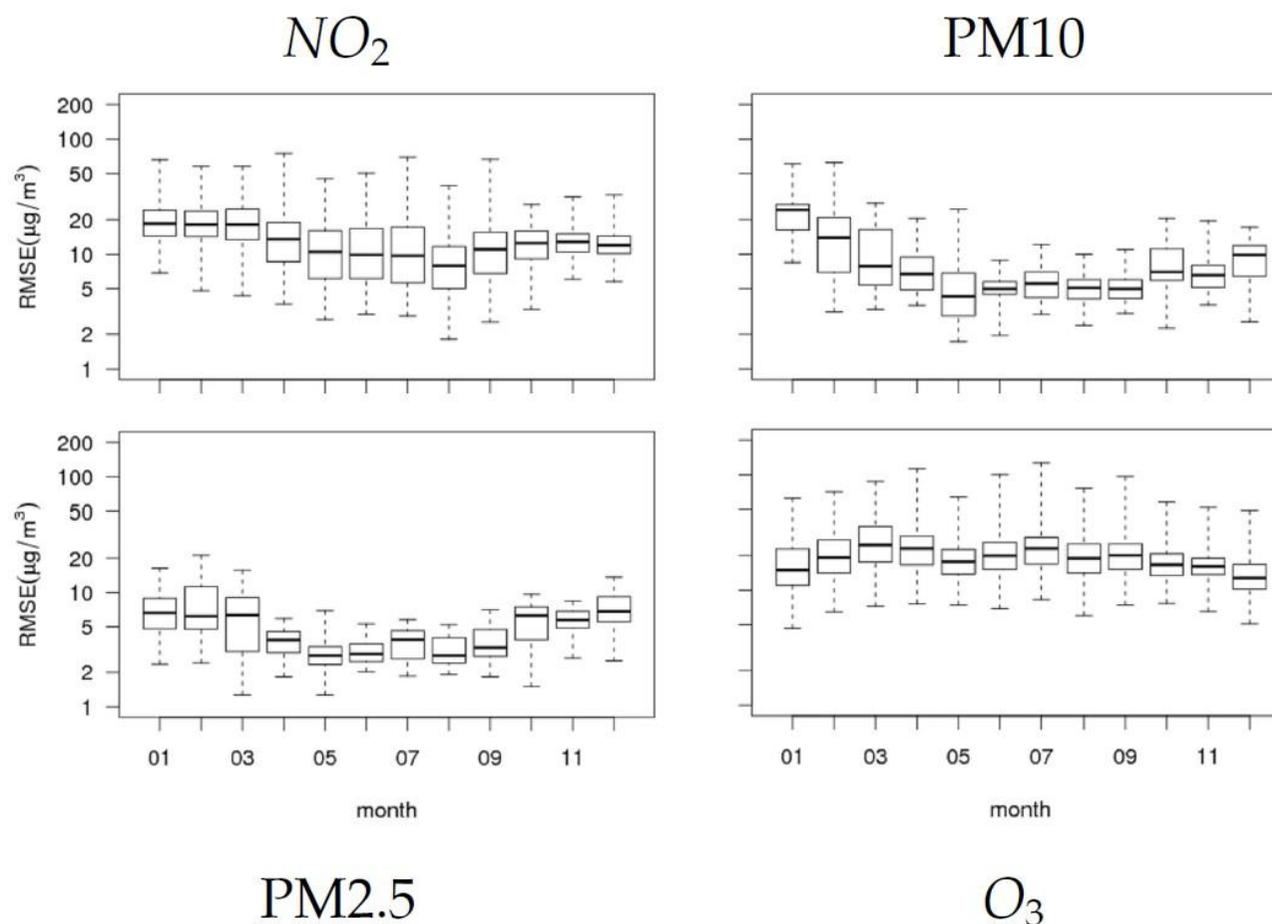
- per stimare PM10, bisogna simulare >100 diversi tipi di aerosol
- in Emilia-Romagna il 60-70% degli aerosol sono di origine secondaria



# Verifica Pesco

Cross-validation delle stime Pesco: viene esclusa una stazione alla volta, e si valuta la capacità del modello nel riprodurne i valori

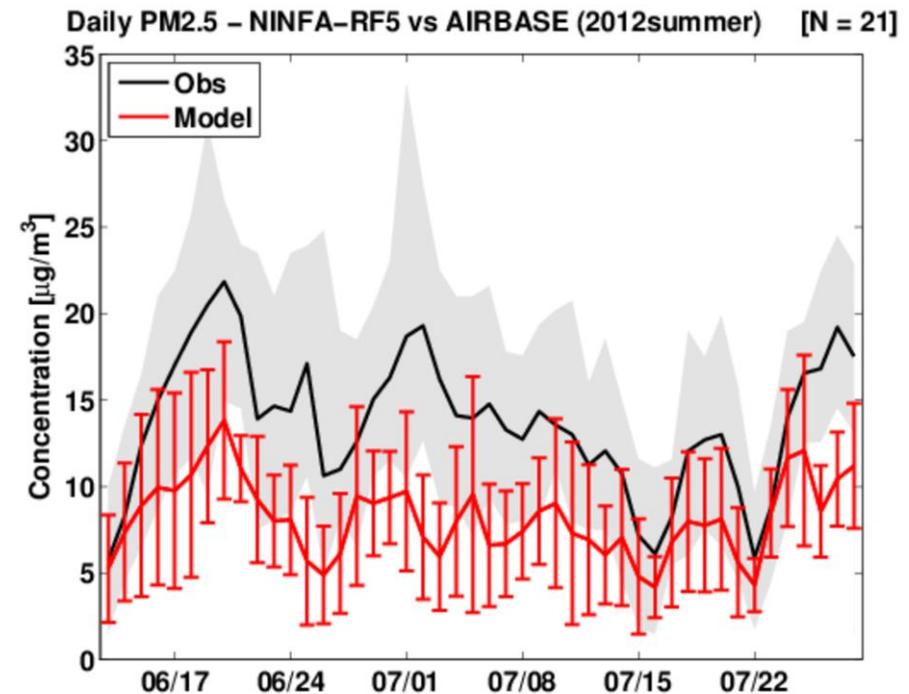
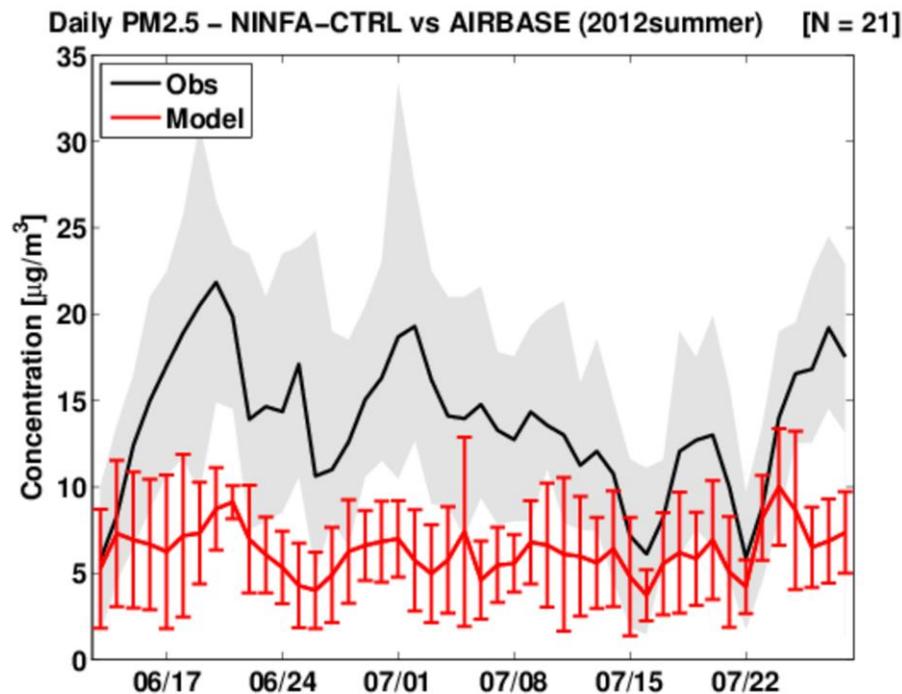
- PM e NO<sub>2</sub>: l'errore del modello (RMSE) è circa del 25% del valore osservato; performance migliori in estate (i gradienti spaziali sono meno marcati)
- O<sub>3</sub>: l'errore è circa il 15% del valore osservato; risultati buoni anche in estate.



# Sviluppi (1)

Miglioramenti del modello Chimere (in collaborazione con ISAC-CNR):

- Diagnostica approfondita delle stime di aerosol Ninfa (campagna di misura Supersito; confronto con dati da satellite)
- Modifica a parametri del modello: velocità di accrescimento particelle (Landi 2013)
- Emissioni: VOC che si trasformano in aerosol organico immediatamente dopo l'emissione (Robinson 2007)



PM2.5, estate 2012, confronto tra stime Ninfa (d-1) e osservazioni (Airbase): modello in configurazione operativa (sinistra) e con velocità di accrescimento delle particelle ridotta (destra) [elaborazioni: T.Landi]

# Sviluppi (2)

## Miglioramenti del post-processing NINFA

- Revisione di PESCO (collaborazione con Università di Bologna, dip. di statistica, D.ssa Paci)
- Revisione del post-processing nelle previsioni (*es: dipendenza da tipo di tempo, metodi adattivi*)

## Miglioramenti della comunicazione

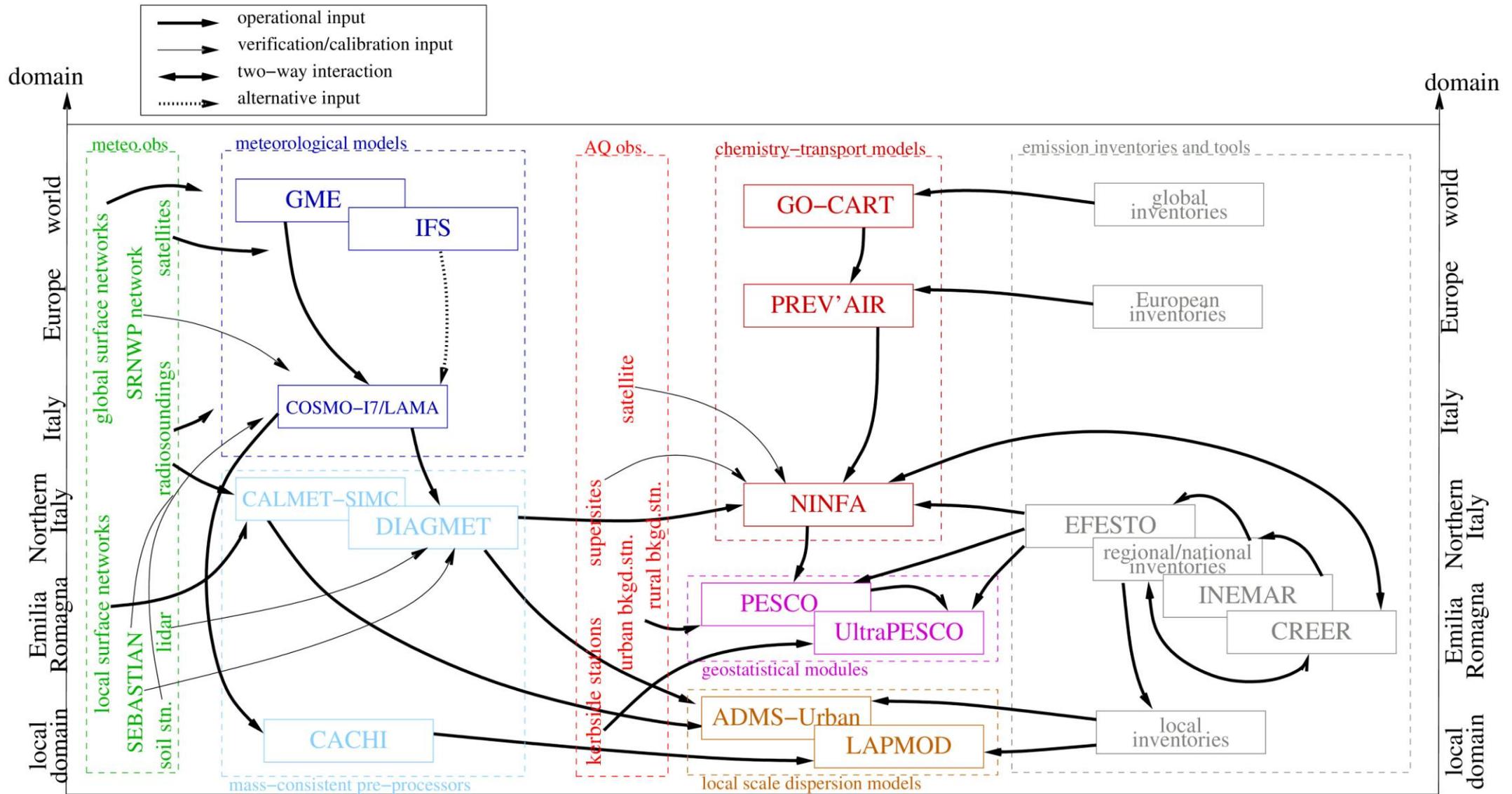
- Open data
- Andamento multi-annuale delle concentrazioni
- Sviluppo app e sito web.

## Nuovi prodotti

- *Aumento di risoluzione Ninfa da 5 km a 2.5 km*
- *Analisi statistica delle concentrazioni negli hot-spot urbani: (stima della distribuzione di frequenza all'interno delle celle PESCO 1x1 km)*
- *Migliorare la gestione in tempo reale dei rilasci accidentali*

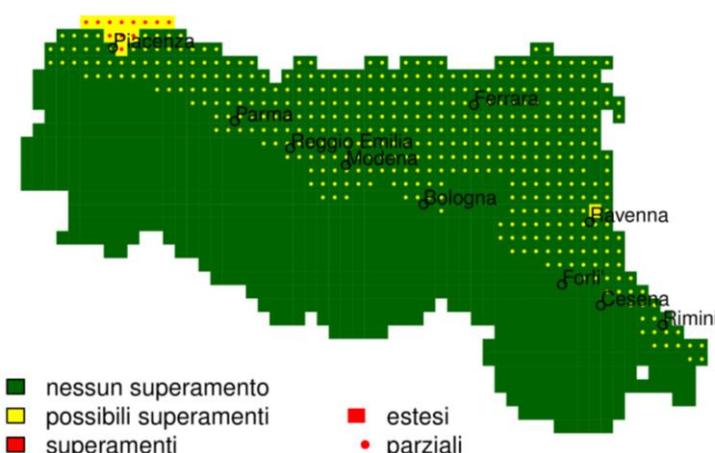
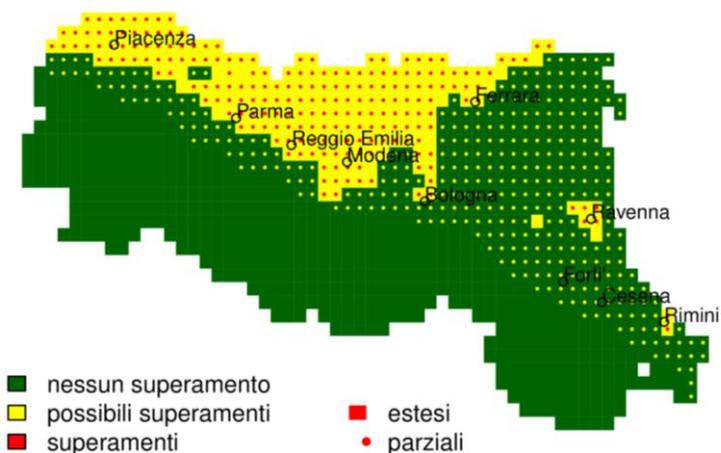
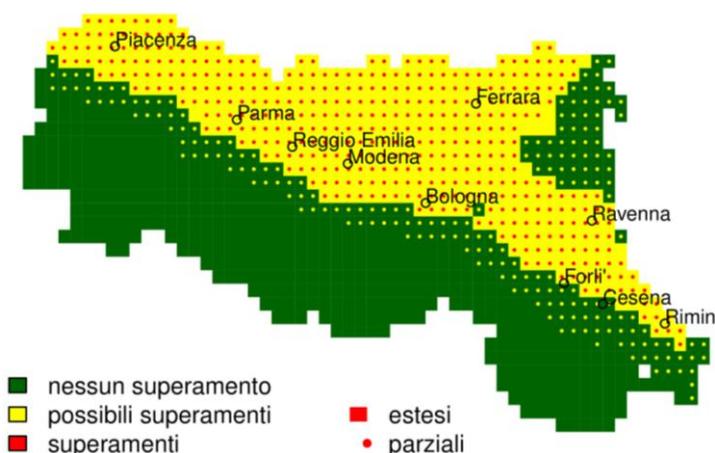
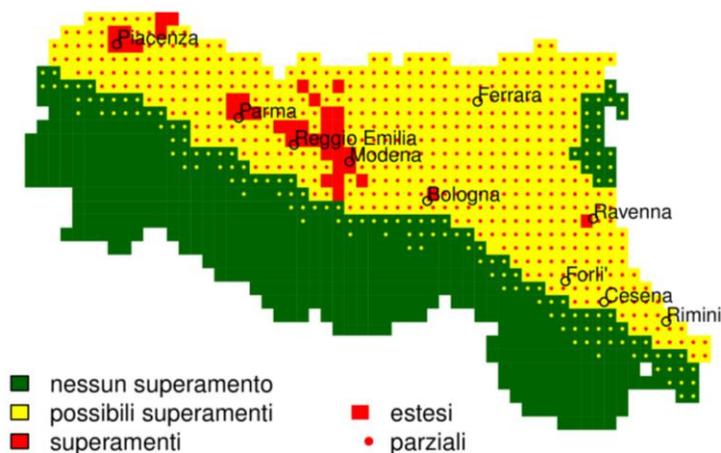
# RISERVE

# Gli strumenti



Schema completo degli strumenti modellistici per la gestione della qualità dell'aria presso ARPA-ER

# Scenari di riduzione delle emissioni

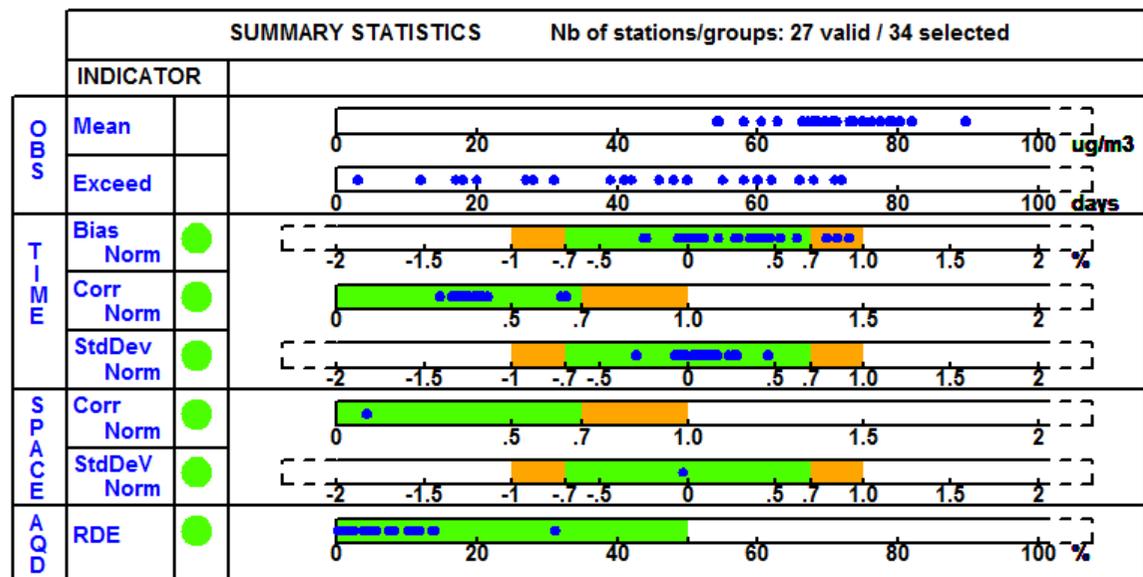
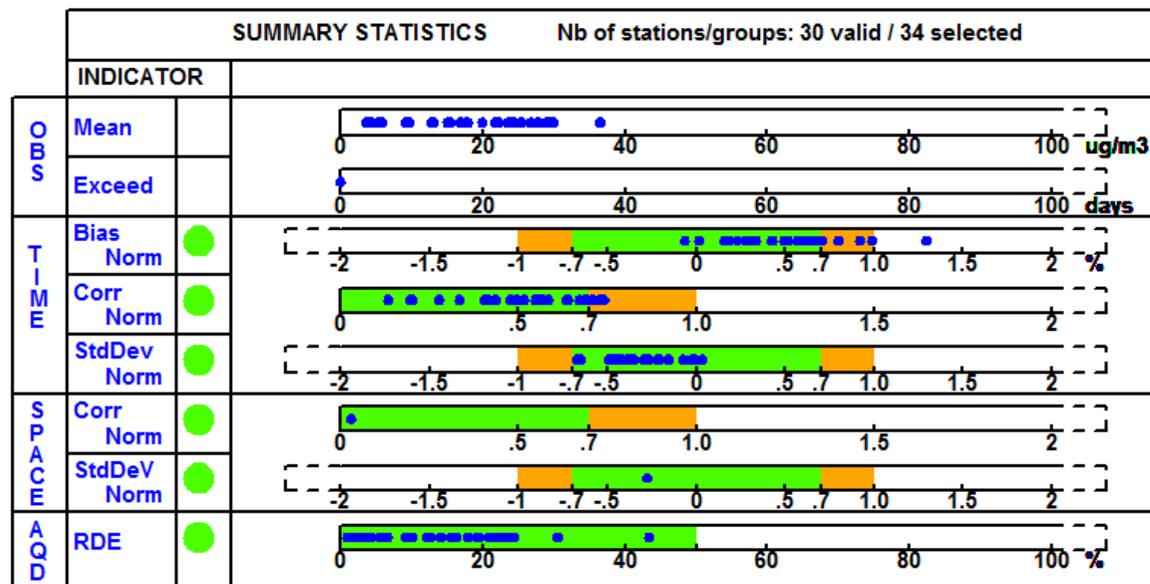


Superamenti dei limiti di legge per il PM10 nei vari scenari: caso base (alto sn), CLE 2020 (alto dx), CLE+PAIR Emilia Romagna (basso sn), MFR (basso dx)

# Verifica Ninfa: O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>

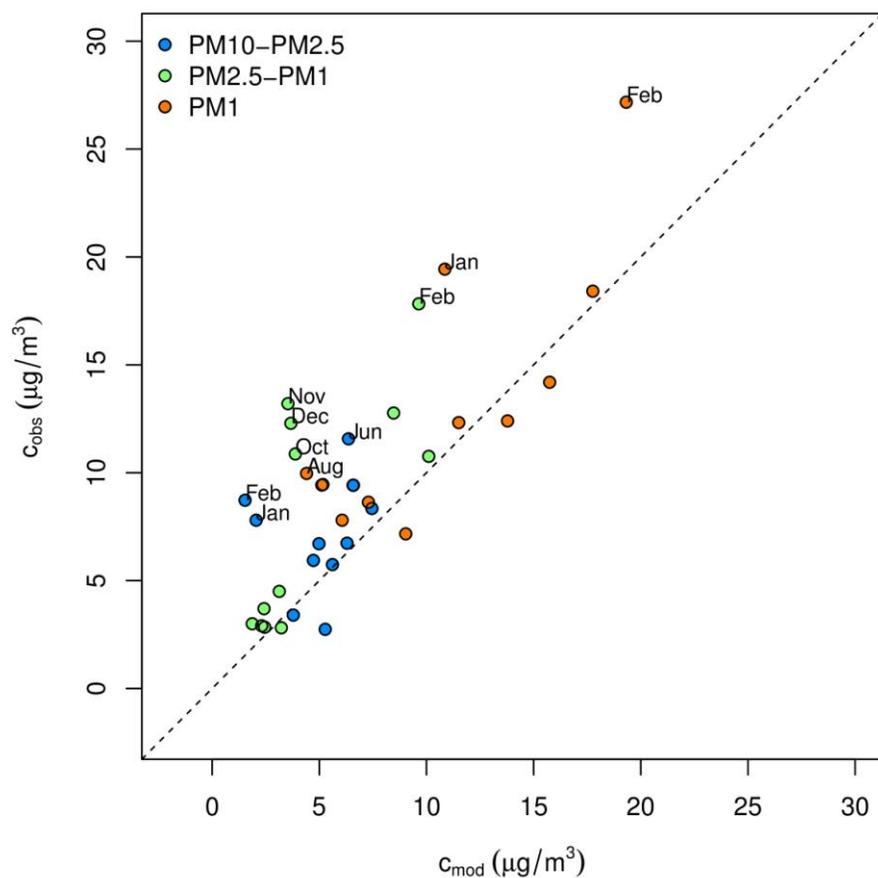
Confronto tra misure a terra e valutazioni prodotte da NINFA (O<sub>3</sub> e NO<sub>2</sub>, anno 2013, stazioni di fondo):

Le prestazioni del modello (senza post-processing) rispettano i requisiti della normativa.

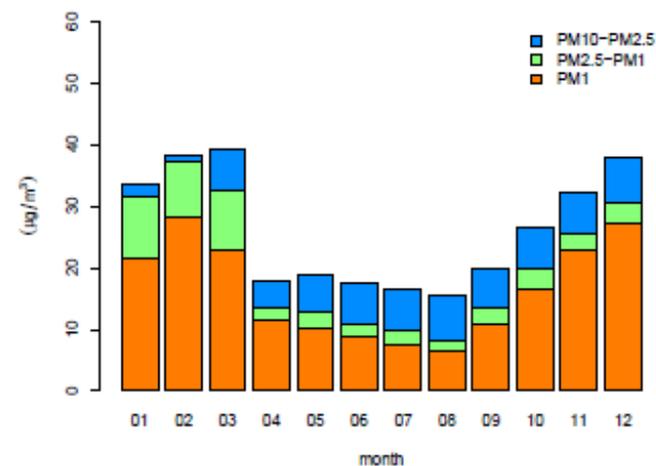
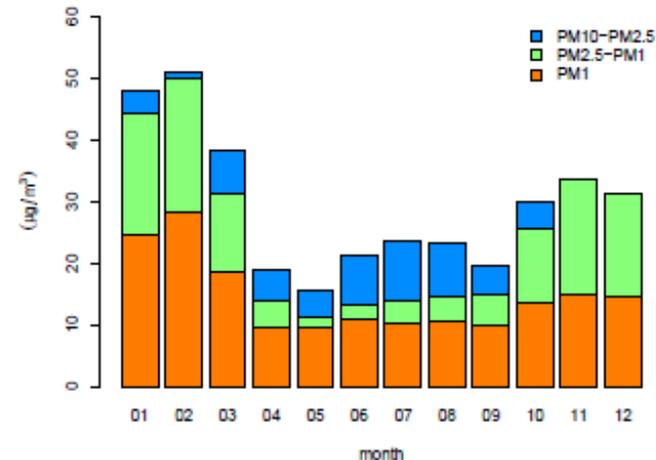


Verifica Ninfa operativo (d-1), anno 2013: NO<sub>2</sub> (alto), O<sub>3</sub> (basso)

# Verifica Ninfa: granulometria aerosol (2)



## BOLOGNA



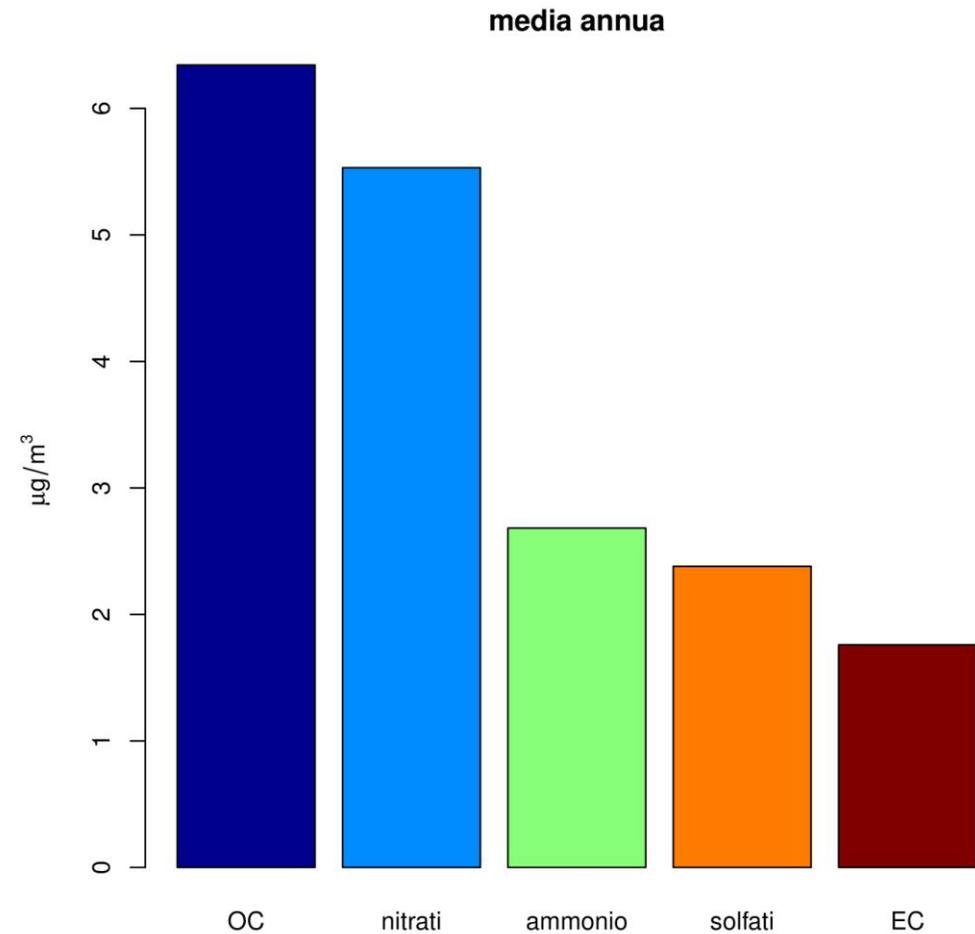
Sopra: misure; sotto: modello

Distribuzione granulometrica degli aerosol nell'anno 2012, confronto tra le valutazioni Ninfa (d-1) e le osservazioni (progetto Supersito): S.P.Capofiume (sinistra) e Bologna (dx)

# Composizione degli aerosol

Componente secondaria:  
nitrati + solafati + ammonio +  
parte di OC => ~ 60-70%

Gli aerosol organici sono la  
componente più importante



Composizione chimica del PM2.5  
osservata a Bologna, media anno 2012