

XII CONFERENZA DEL SISTEMA NAZIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE

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

Convegno

Aria: quale qualità?
Sistema conoscitivo, problemi, sfide



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



in collaborazione con

L'impatto di riduzioni di emissioni di ammoniacca sulla concentrazione di PM10

Relatore Dr.ssa Elisabetta Angelino
Responsabile - U.O. Modellistica Atmosferica e Inventari
Settore Monitoraggi Ambientali – ARPA Lombardia

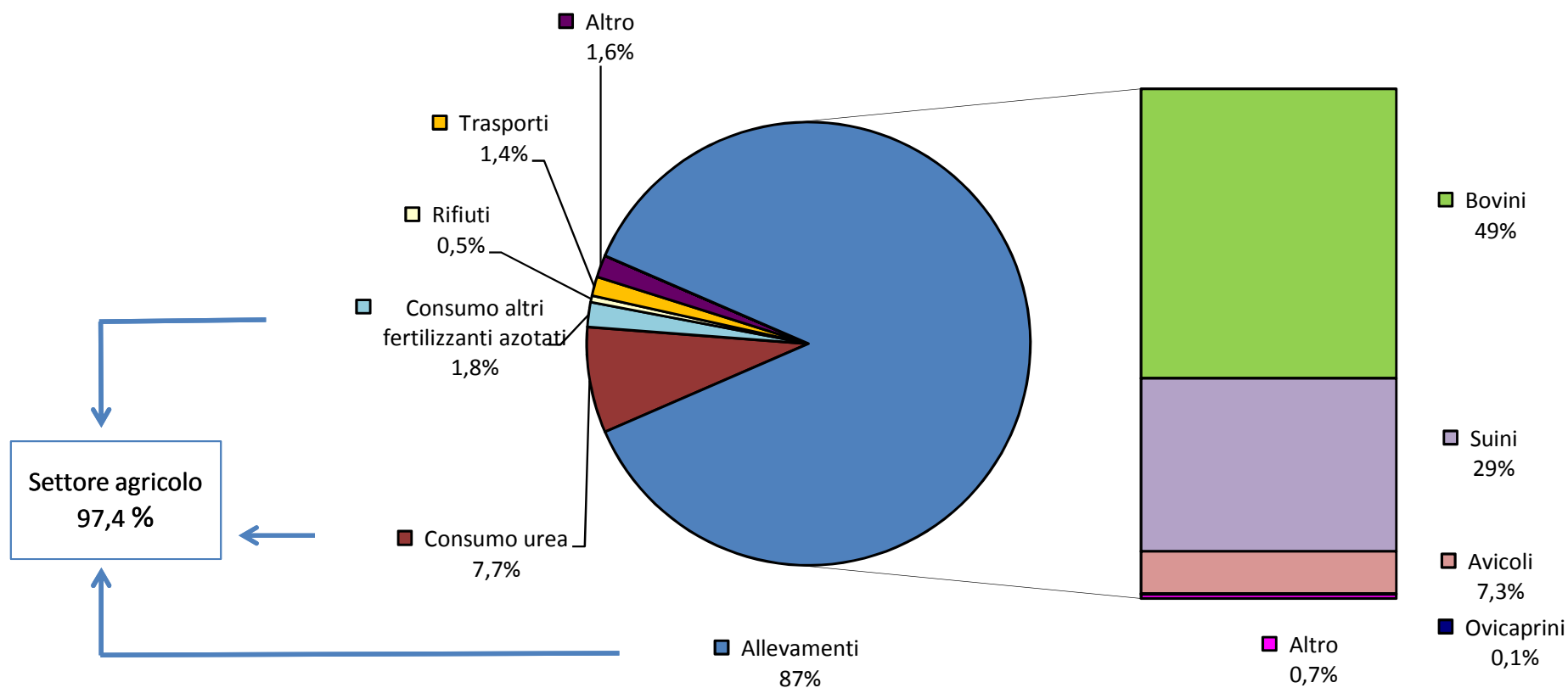
indice

- Introduzione
- gli scenari simulati sul bacino padano
 - ✓ Area e periodi considerati, elaborazioni per la costruzione dei dati di input emissioni – meteorologia – condizioni contorno
 - ✓ Risultati ottenuti per il caso base
 - ✓ Descrizione dei 14 scenari simulati
 - ✓ Risultati degli scenari con il caso base
 - ✓ Discussione e conclusioni

Emissioni di NH₃ in Italia dal 1990 al 2011 per macrosettore (Gg/anno) (Fonte: ISPRA)

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
<i>Gg</i>											
Combustion in energy and transformation industries	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0,1%
Non industrial combustion plants	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0,2%
Combustion - Industry	0.1	0.1	0.1	3.4	2.3	1.6	1.8	1.5	1.2	1.3	0,3%
Production processes	0.8	0.4	0.3	0.5	0.6	0.5	0.4	0.3	0.5	0.4	0,1%
Road transport	0.7	5.0	19.6	15.1	14.3	13.0	11.7	10.5	9.5	9.2	2,4%
Other mobile sources and machinery	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0,0%
Waste treatment and disposal	8.8	9.7	11.5	9.8	9.2	9.0	8.7	9.1	8.9	8.9	2,3%
Agriculture	457.3	432.4	416.7	386.5	384.0	395.2	386.0	370.8	358.4	361.5	94,6%
Total	468	448	449	416	411	420	410	393	379	382	

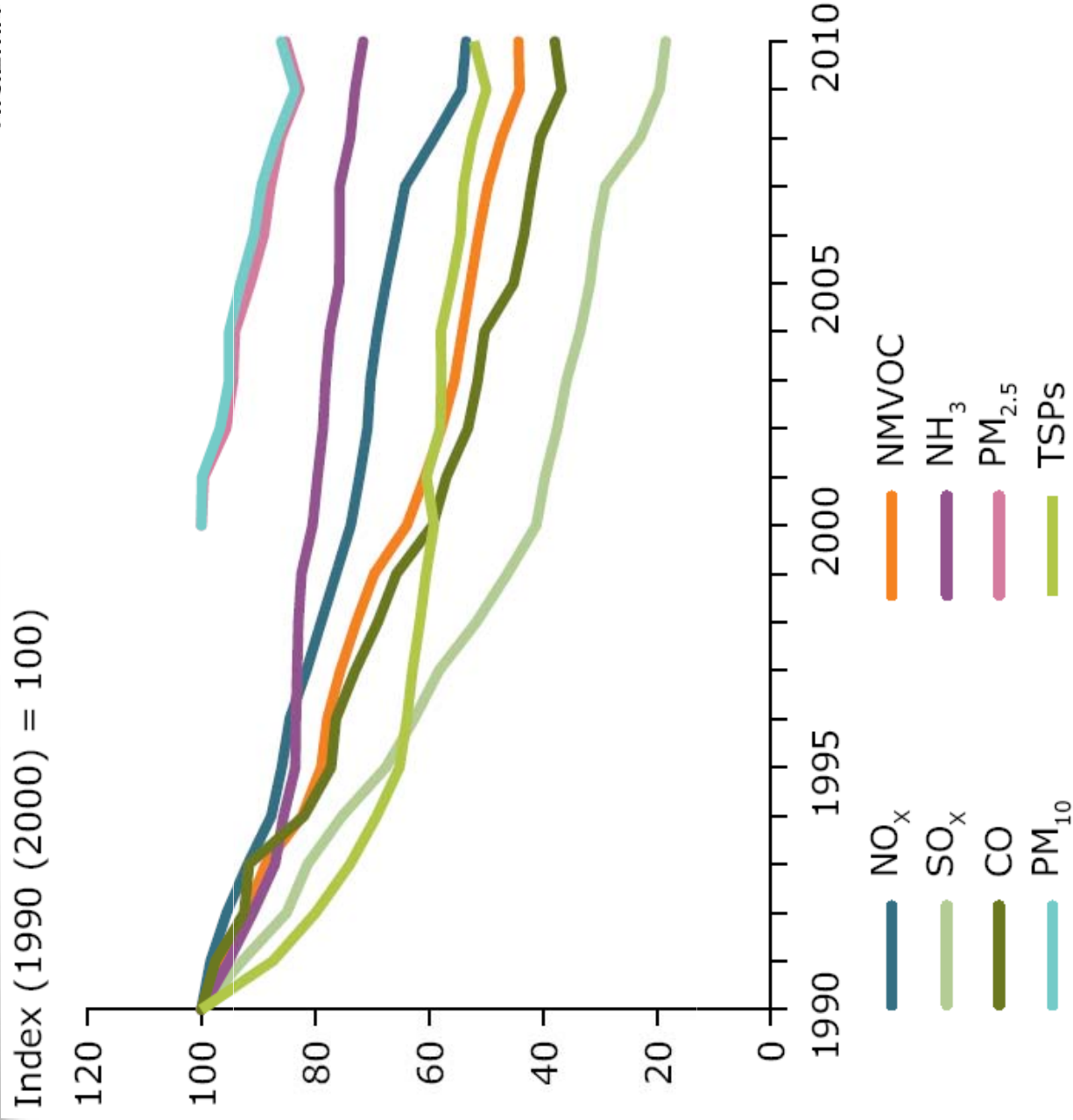
Distribuzione percentuale delle emissioni di NH_3 in Lombardia nel 2010 per fonte (Fonte: ARPA Lombardia)



XII CONFERENZA DEL SISTEMA NAZIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE



Aria: quale qualità?
Sistema conoscitivo, problemi, sfide



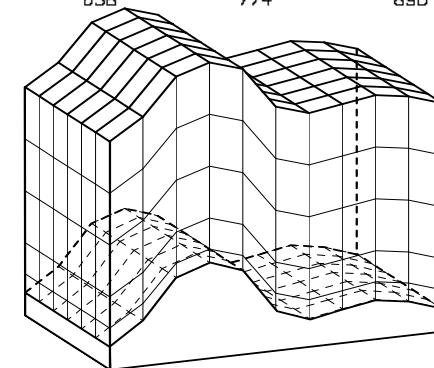
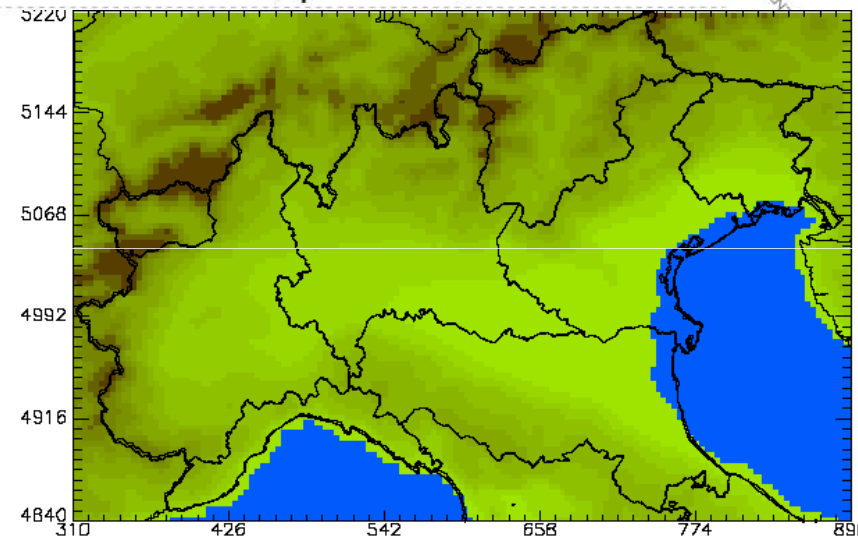
Dominio di simulazione: 584x284 km²
4 km dimensione griglia, celle 146 Nx, 96 Ny:
16 livelli verticali, 40-10000 m

Periodi di simulazione:

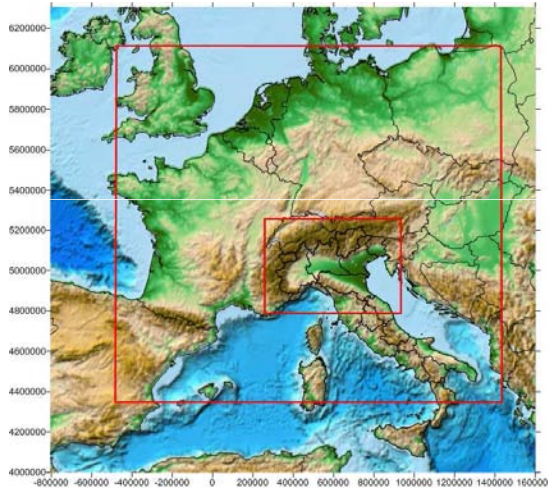
- 16/03-20/04/2011
- 14/09-16/10/2011

Sistema modellistico: Aria Regional, sviluppato da ARIANET srl (Silibello *et al.*, 2008), che è basato sul modello di trasporto e chimica dell'atmosfera FARM (Flexible Air quality Regional Model);

Aria: quale qualità?
Sistema conoscitivo, problemi, sfide



Silibello, C., Calori, G., Brusasca, G., Giudici, A., Angelino, E., Fossati, G., Peroni, E., Buganza, E. (2008) Modelling of PM10 Concentrations Over Milano Urban Area Using Two Aerosol Modules. *Environmental Modelling and Software*, 23, 333-343



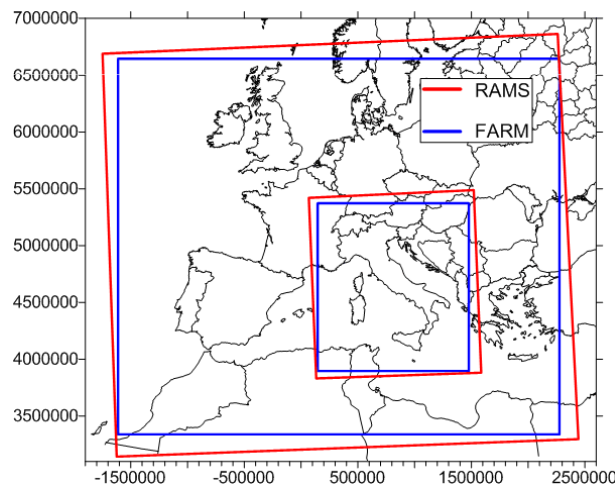
Input: Meteorologia

Utilizzato modello meteorologico prognostico RAMS applicato su due griglie innestate:

- Griglia 1: 121 Nx, 111 Ny, 32 Nz Passo: 16 km
- Griglia 2: 170 Nx, 118 Ny, 32 Nz Passo 4 km

Condizioni iniziali ed al contorno sono state fornite dalle analisi a scala globale NCEP/NCAR

Le condizioni al contorno



- Derivato da QUALEARIA runs giornalieri sull'Italia
- Modello CTM: FARM
- Il dominio europeo è descritto alla risoluzione di 48 km.
- Sulla penisola Italiana la risoluzione spaziale considerata è di 12 km.

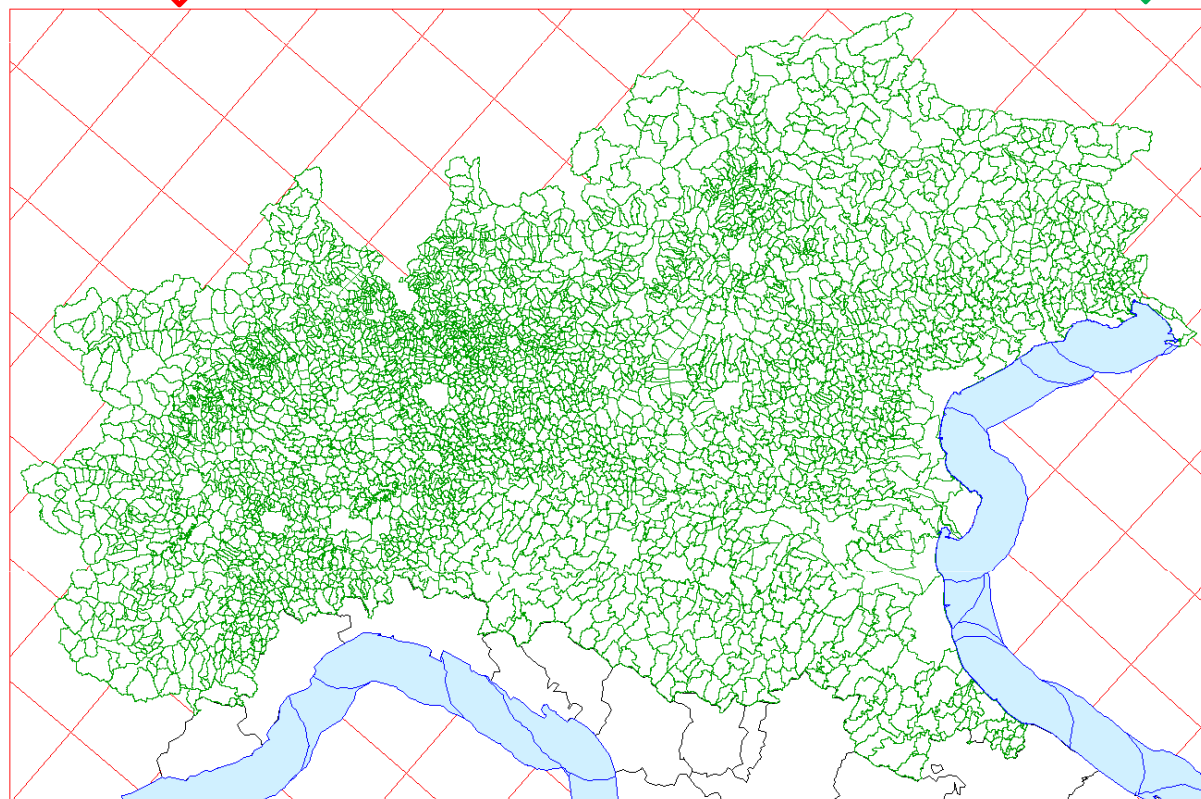
Ricostruzione dell'input emissivo

Aria: quale qualità?
Sistema conoscitivo, problemi, sfide



EMEP 2009 – 50 x 50 km²

Inventari locali regionali* 2011 – a livello comunale



**Inventari regionali a scala comunale riferiti ai seguenti anni:*

Emilia R.°	2007
Friuli V.G.°	2007
Lombardia °	2008
Piemonte°	2007
Trentino AA°	2007
V. Aosta	2008/2009
Veneto°	2008

*°Realizzati con sistema INEMAR
INEMAR (www.inemar.eu)*

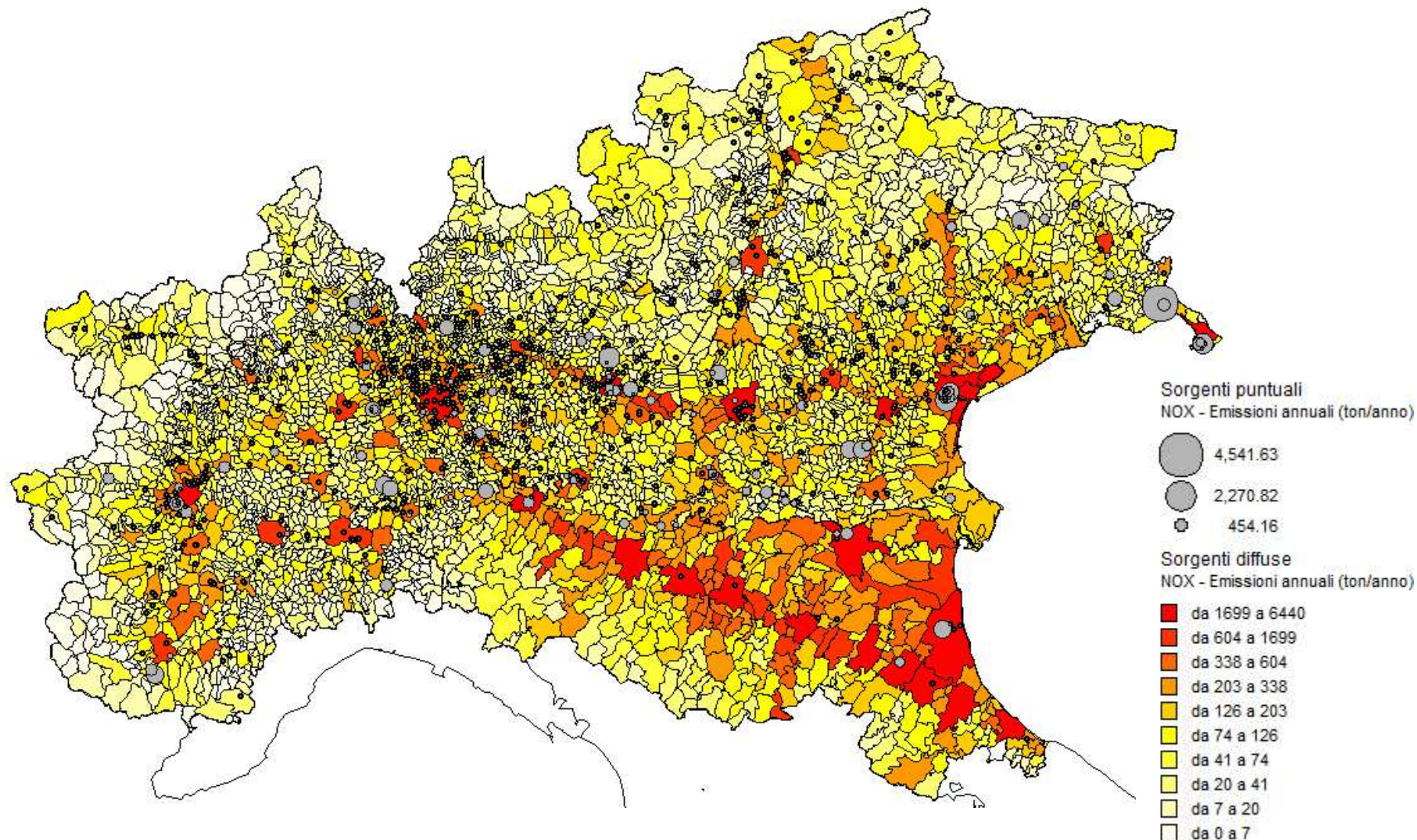
*Aggiornati ad un unico anno, il 2011,
mediante i trend GAINS*

*** Originariamente riferito al 2005 e
aggiornato al 2009 secondo i trend
GAINS relativamente alle regioni:
Liguria, Toscana, Marche*

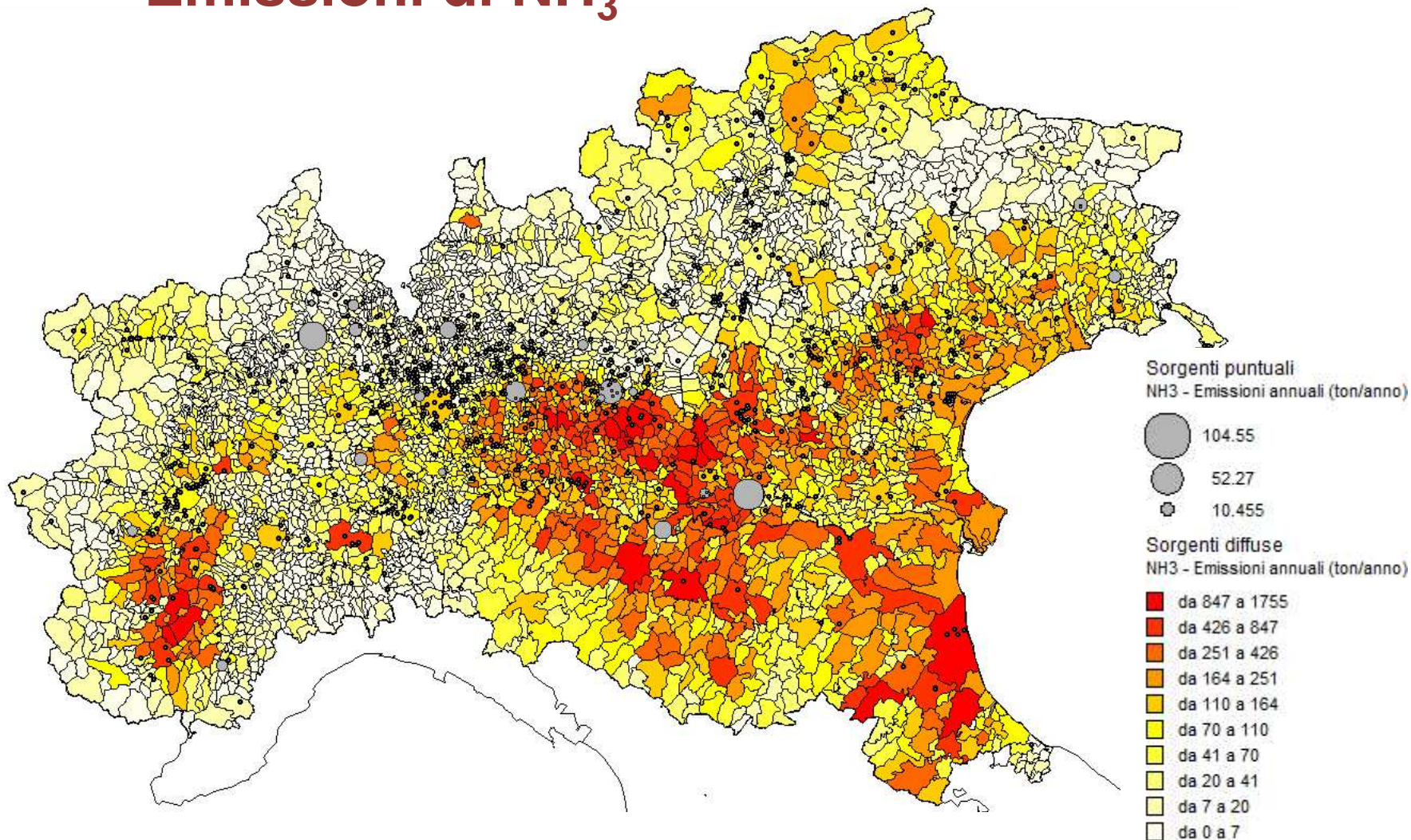
Emissioni navali – a livello provinciale

Inventario nazionale 2009** – a livello provinciale

Emissioni di NO_x

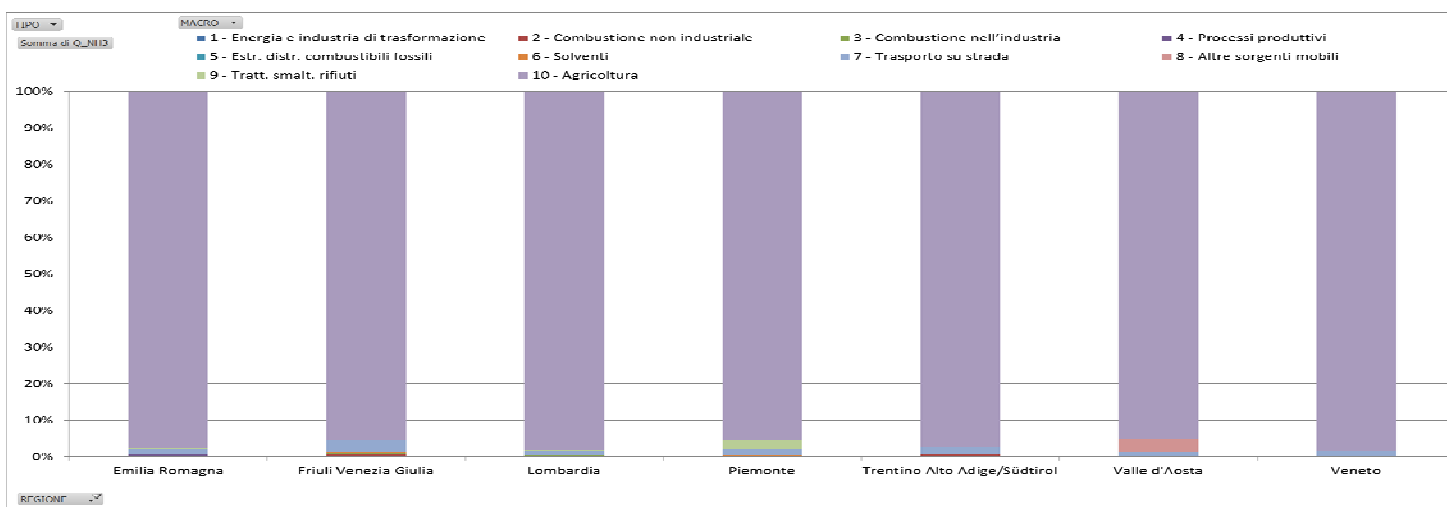
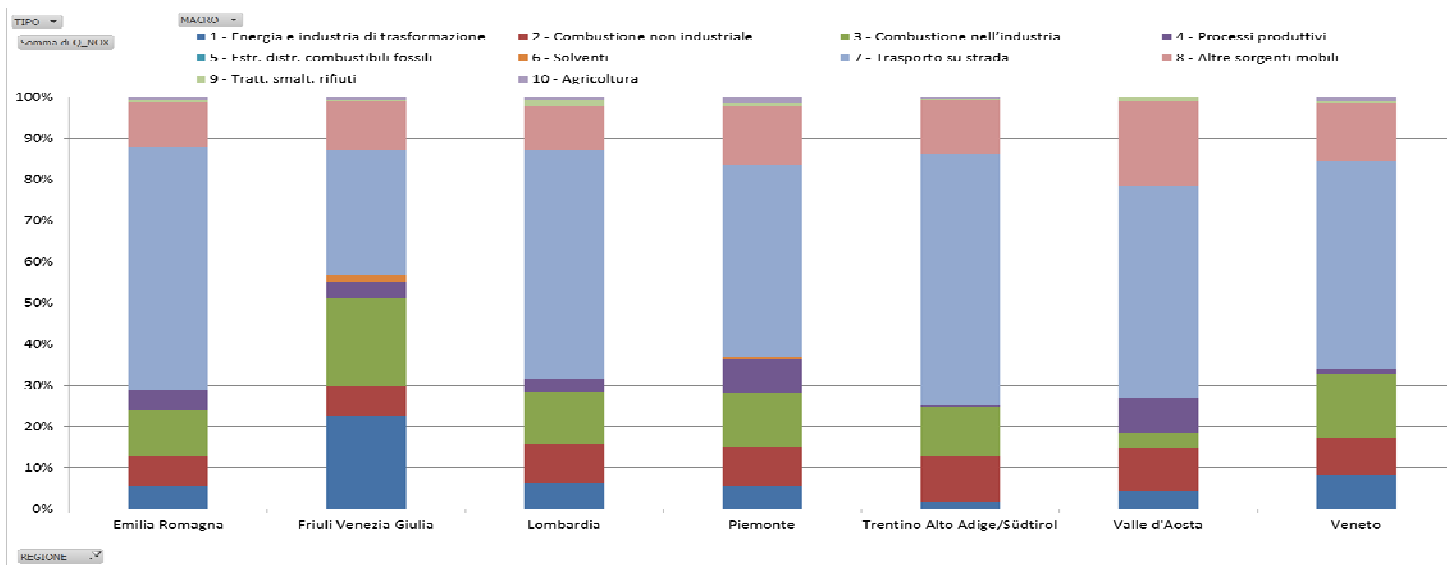


Emissioni di NH₃



Emissioni percentuali per macrosettori

Aria: quale qualità?
Sistema conoscitivo, problemi, sfide

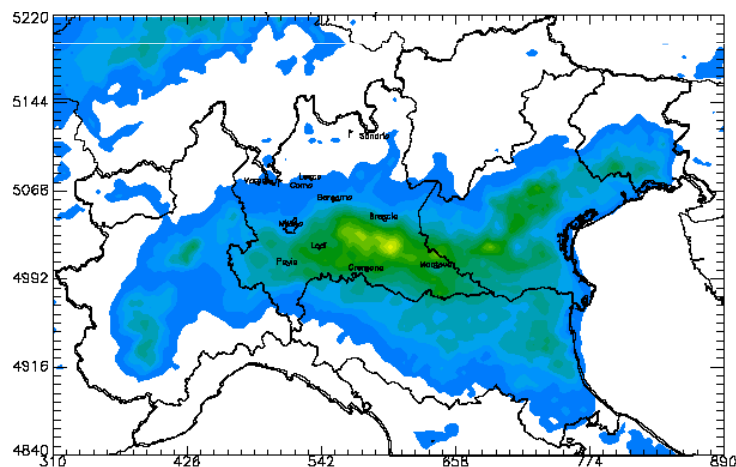


Aria: quale qualità?
Sistema conoscitivo, problemi, sfide

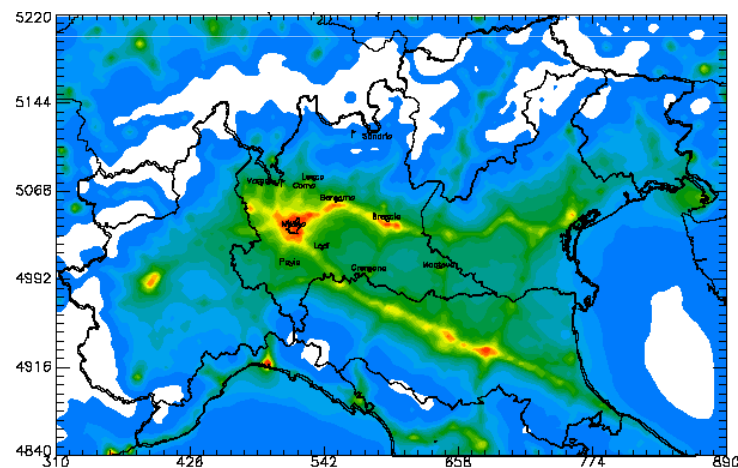
Risultati: medie di NH_3 e NO_2

17/3/2011-19/4/2011

NH_3 : Min=0.1 – Max=29.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

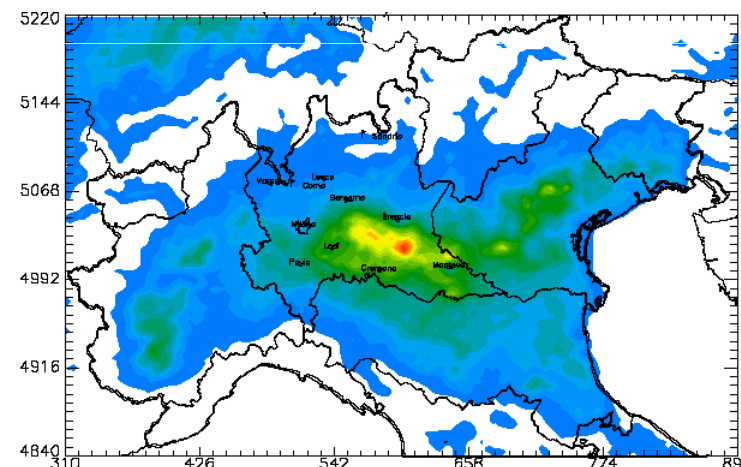


NO_2 : Min=0.7 – Max=55.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

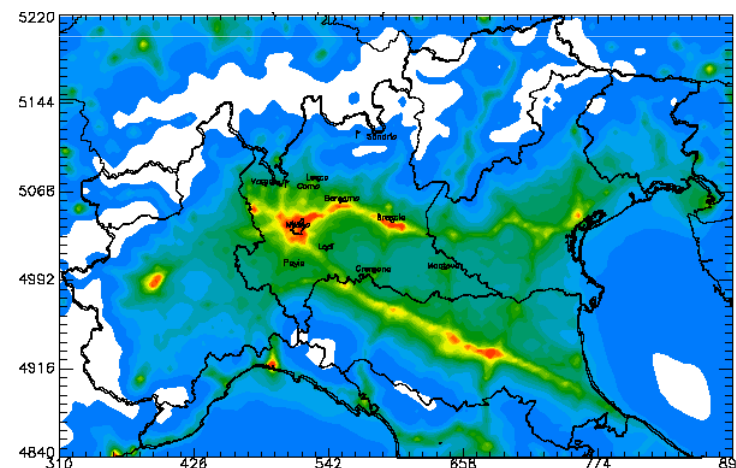


14/09/2011-16/10/2011

NH_3 : Min=0.3 – Max=41.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



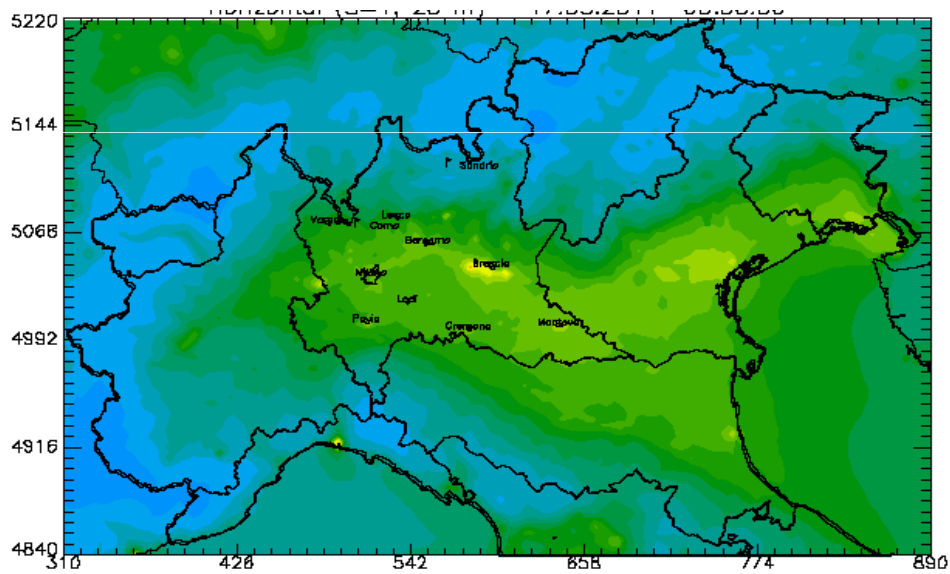
NO_2 : Min=0.6 – Max=53.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Results: PM₂₅ averages

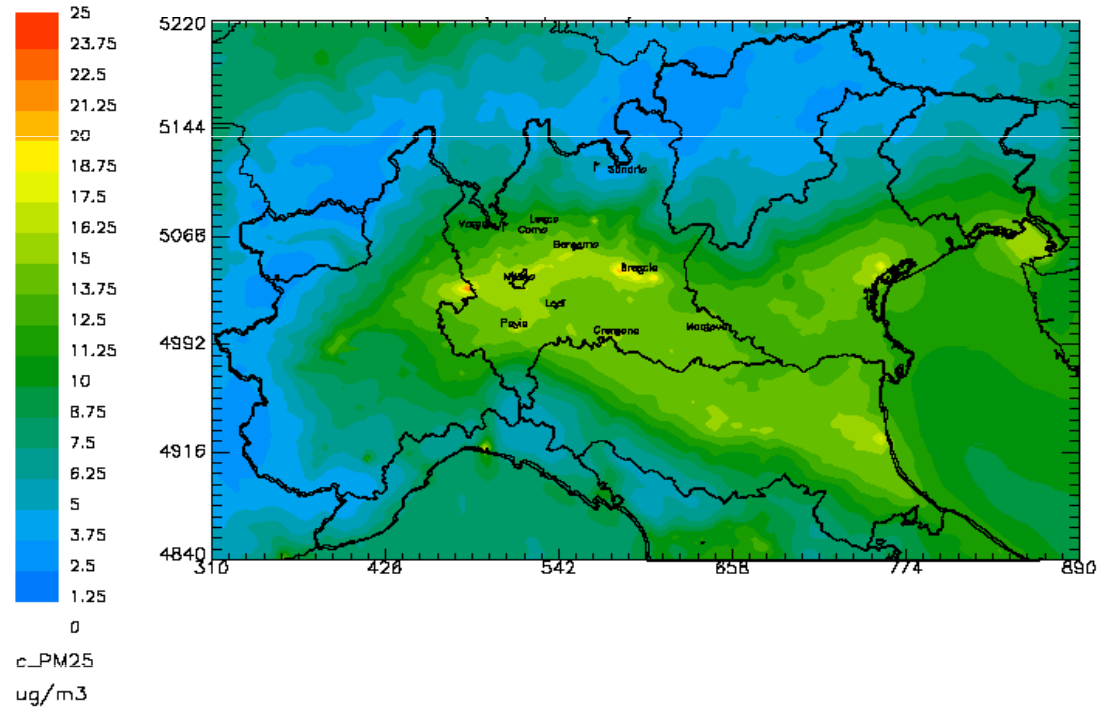
17/3/2011-19/4/2011

PM₂₅: Min=3.1 – Max=22.6 µg/m³



17/3/2011-19/4/2011

PM₂₅: Min=2.7 – Max=24.3 µg/m³



Risultati: confronto con i valori misurati

Arre, quale qualità?
Sistema conoscitivo, problemi, sfide



L'esito del confronto con le misure ha evidenziato:

- NH_3 : risulta una significativa sottostima delle concentrazioni osservate ed uno scarso accordo con le concentrazioni osservate. Gli elevati livelli osservati in alcuni periodi sono evident associati a spargimenti agricoli le cui emissioni di ammoniaca, per assenza di informazioni, non è stato possibile stimare;
- $\text{PM}_{2.5}$ e PM_{10} : risulta un buon accordo tra le concentrazioni osservate e stimate con una tendenza alla sottostima delle concentrazioni osservate (valori negativi per l'indice statistico MFB). L'esame dei valori assunti per il parametro MFB e per il coefficiente di correlazione di Pearson evidenzia il soddisfacimento dell'obiettivo di performance indicato da Thunis *et al.* (2011);
- NO_2 : risulta un buon accordo tra le concentrazioni osservate e stimate con valori per il coefficiente di correlazione di Pearson compresi tra 0.27 e 0.65 e valori per l'indice $|MFB|$ compresi tra 0.01 e 0.14. I valori relativi a quest'ultimo parametro sono generalmente negativi ed indicano quindi una sottostima dei valori osservati;
- O_3 : le simulazioni effettuate soddisfano il criterio più stringente di valutazione indicato da Thunis *et al.* (2011) relativamente all'indice *MFB* ed il cosiddetto "Performance criteria" per quanto riguarda il coefficiente di correlazione di Pearson.

Scenari emissivi considerati

Scenari EMISSIVI:

0. Caso base;

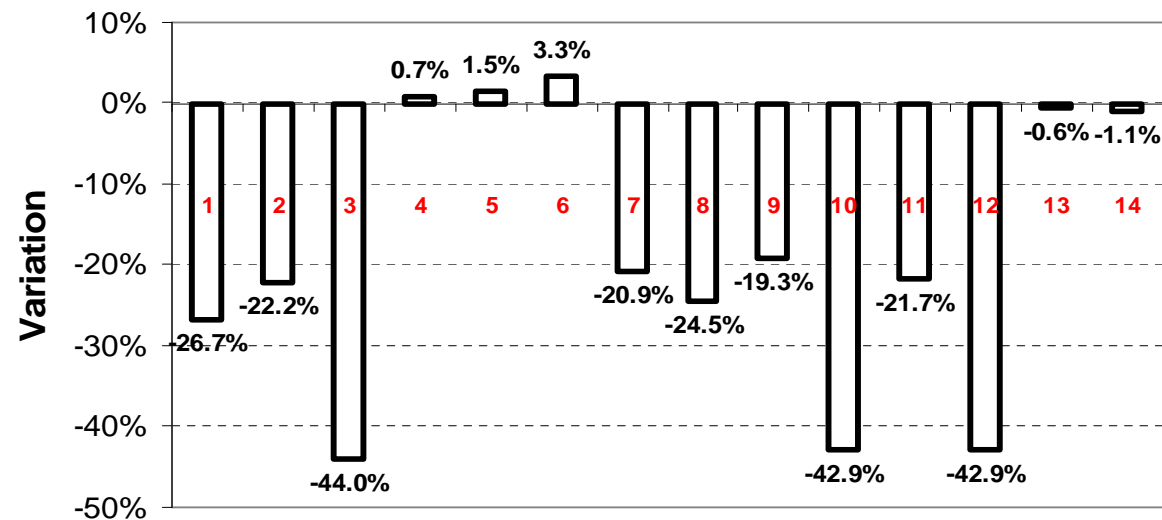
1. -25% riduzione NH_3 su tutto il dominio di simulazione;
2. -25% riduzione NH_3 sulla sola Lombardia;
3. -50% riduzione NH_3 sulla sola Lombardia;
4. -12.5% riduzione NO_x sulla sola Lombardia;
5. -25% riduzione NO_x sulla sola Lombardia;
6. -50% riduzione NO_x sulla sola Lombardia;
7. -25% riduzione congiunta NH_3 e NO_x sulla sola Lombardia;
8. -25% riduzione congiunta NH_3 e NO_x su tutto il dominio;
9. -25% NH_3 e -50% NO_x sulla sola Lombardia;
10. -50% NH_3 e -25% NO_x sulla sola Lombardia;
11. -25% riduzione NH_3 agricoltura sulla sola Lombardia;
12. -50% riduzione NH_3 agricoltura sulla sola Lombardia;
13. -25% riduzione NH_3 traffico sulla sola Lombardia;
14. -50% riduzione NH_3 traffico sulla sola Lombardia;

NH3

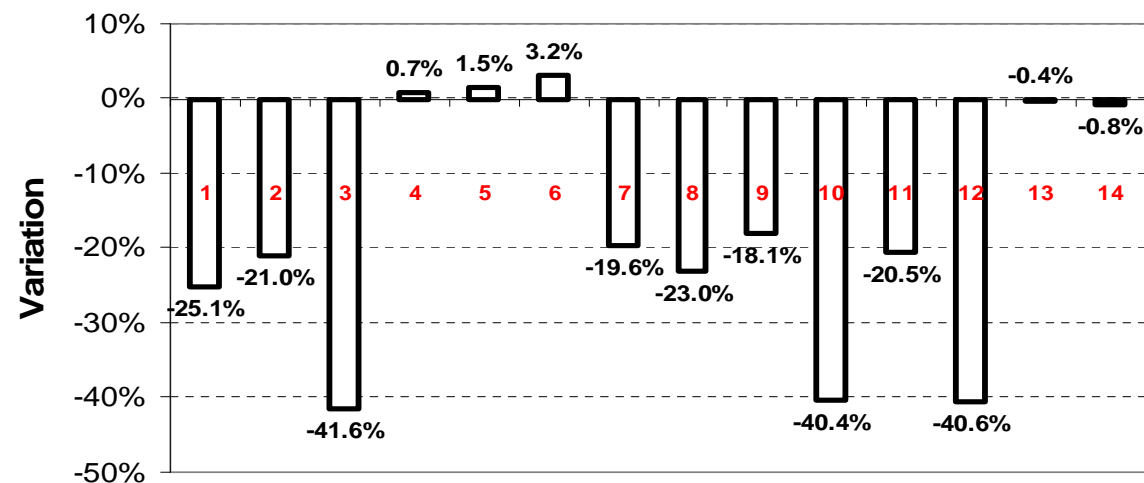
Cod
scenario

- 2. -25% riduzione NH₃ sulla sola Lombardia;
- 3. -50% riduzione NH₃ sulla sola Lombardia;
- 11. -25% NH₃ (agricoltura sulla sola Lombardia);
- 12. -50% NH₃ (agricoltura sulla sola Lombardia);
- 13. -25% NH₃ (traffico sulla sola Lombardia);
- 14. -50% NH₃ (traffico sulla sola Lombardia).

NH3 (17/3 - 19/4/2011)



NH3 (14/9 - 16/10/2011)

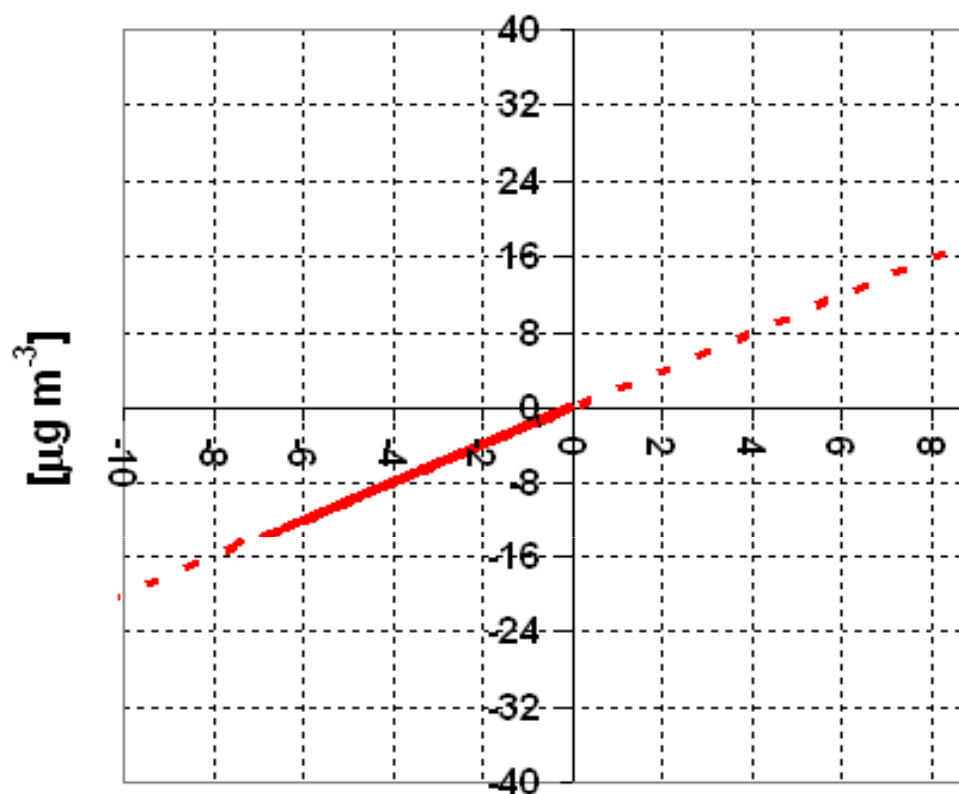


Scenario

Aria: quale qualità?
Sistema conoscitivo, problemi, sfide

NH₃

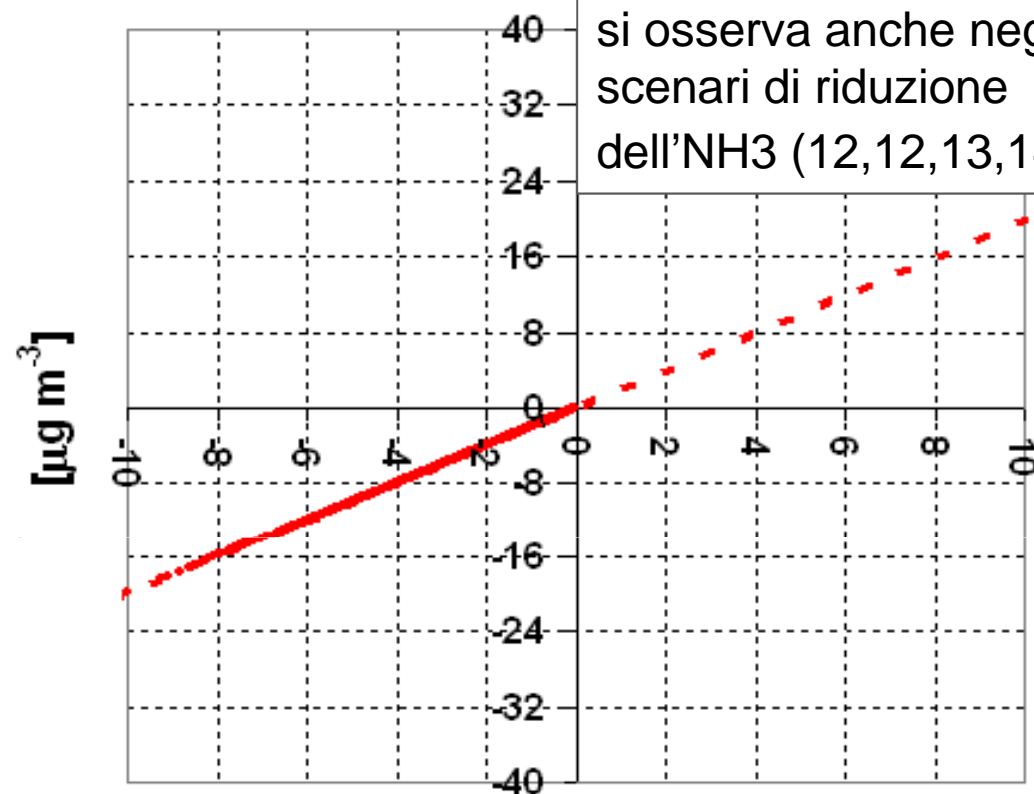
NH3 (17/3 - 19/4/2011)



-25 % NH₃ [μg m⁻³]

• -50 % NH₃ - - y=-2x

NH3 (14/9 - 16/10/2011)

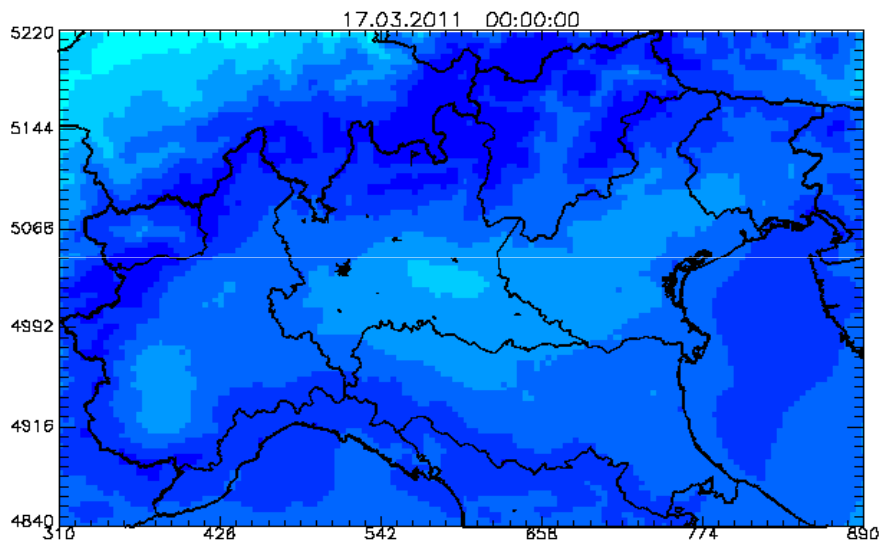


-25 % NH₃ [μg m⁻³]

• -50 % NH₃ - - y=-2x

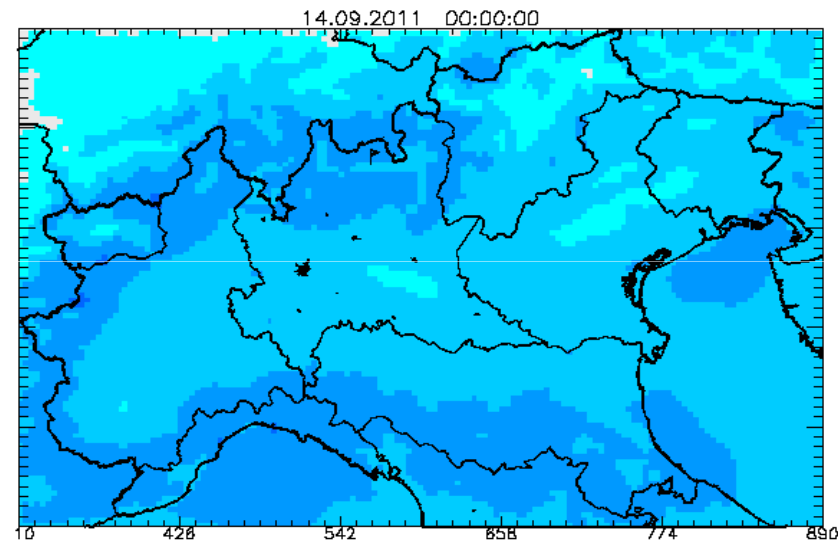
Analogo relazione, lineare, si osserva anche negli altri scenari di riduzione dell'NH₃ (12,12,13,14)

NH₃ 'tracer' Variazioni percentuali – column integrated (‘full chemistry’ – ‘tracer run’)/ ‘tracer run’ 17/3 – 19/4/ 2011



Min = -31.59 % – Max = 2.049 %

14/9 – 16/10/ 2011



Le variazioni percentuali sono negative poiché nella simulazione ‘tracer’ non si considerano i processi di condensazione dell’ammoniaca sul particolato. Nella Pianura padana tali variazioni sono comprese tra circa il 20 % (periodo autunnale) e circa il 35 % (periodo primaverile).

PM_{2.5}

Aria: quale qualità?
Sistema conoscitivo, problemi, sfide



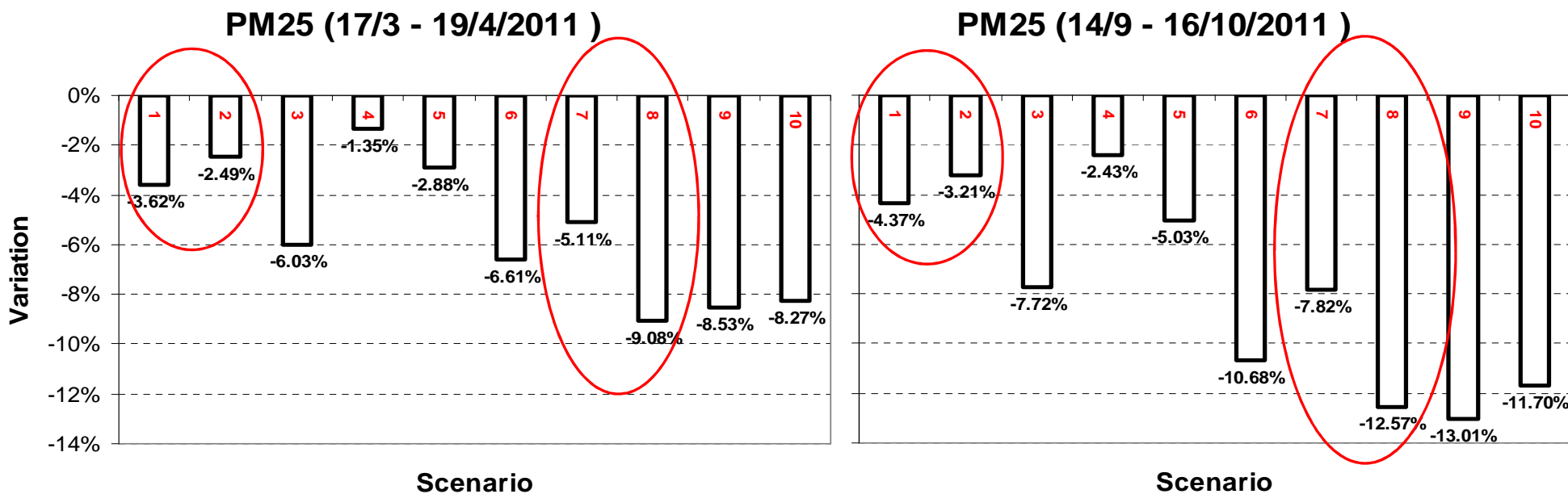
variazioni percentuali minime, medie e massime rispetto al caso base sulla regione Lombardia a seguito di differenti riduzioni di emissioni di NH₃ sulla Lombardia (L) o sull'intero dominio di calcolo (D)

Cod. scenario	Tipo di riduzione	17/3 - 19/4/2011			14/9 - 16/10/2011		
		Min	Avg	Max	Min	Avg	Max
2	-25% NH ₃ (L)	-4.96%	-2.49%	-0.61%	-5.90%	-3.21%	-0.51%
11	-25% NH ₃ (agricoltura L)	-4.54%	-2.38%	-0.58%	-5.64%	-3.09%	-0.49%
13	-25% NH ₃ (traffico L)	-0.37%	-0.08%	0.00%	-0.41%	-0.08%	0.00%
1	-25% NH ₃ (D)	-6.68%	-3.62%	-1.92%	-7.15%	-4.37%	-1.57%
3	-50% NH ₃ (L)	-11.37%	-6.03%	-1.52%	-13.29%	-7.72%	-1.19%
12	-50% NH ₃ (agricoltura L)	-10.24%	-5.76%	-1.43%	-12.39%	-7.41%	-1.13%
14	-50% NH ₃ (traffico L)	-0.76%	-0.16%	-0.01%	-0.83%	-0.16%	0.01%

Le nuove simulazioni 11 e 12 (riduzione delle emissioni di ammoniaca da agricoltura) forniscono risultati sostanzialmente analoghi alle simulazioni 2 e 3 (la quasi totalità delle emissioni di ammoniaca proviene da tale settore) mentre le simulazioni 13 e 14 (riduzione delle emissioni di ammoniaca da traffico) presentano effetti molto ridotti sulle concentrazioni di PM_{2.5}.

PM_{2.5}: Analisi dei risultati ottenuti

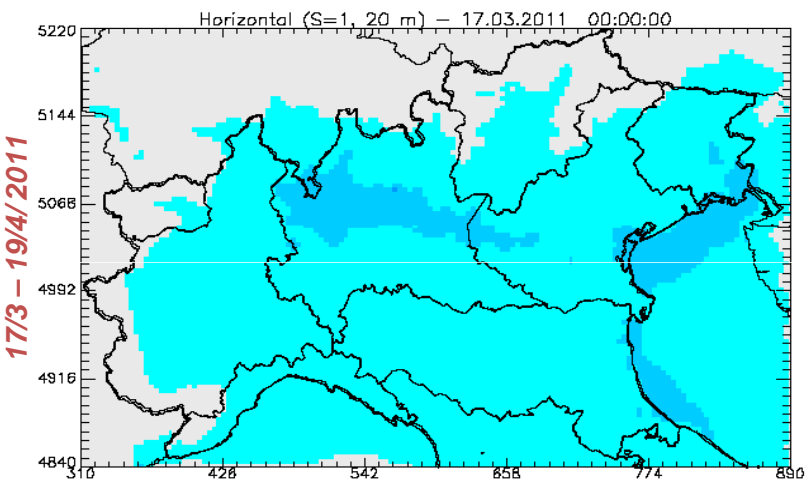
La riduzione su tutto il dominio è più efficace rispetto alla stessa riduzione sulla Lombardia (confronto scenari 1 (-25% NH3 D) -2 (25% NH3 L) e 7 (-25% NH3 e NOX D) -8 (25% NH3 e NOX L) .



Min = -0.751 - Max = -0.01278 [ug/m3]

-25.0% NH₃ (dominio)

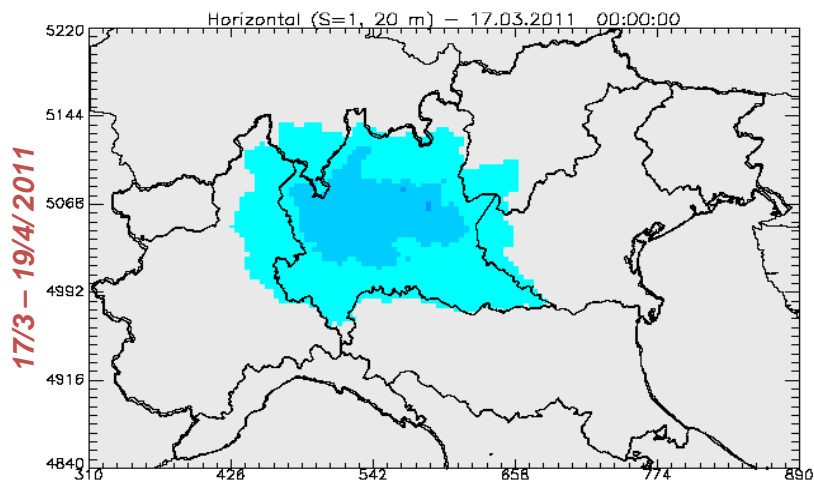
Scenario 1 - Scenario 0



Min = -0.6137 - Max = 0.000168 [ug/m3]

Scenario 2 - Scenario 0

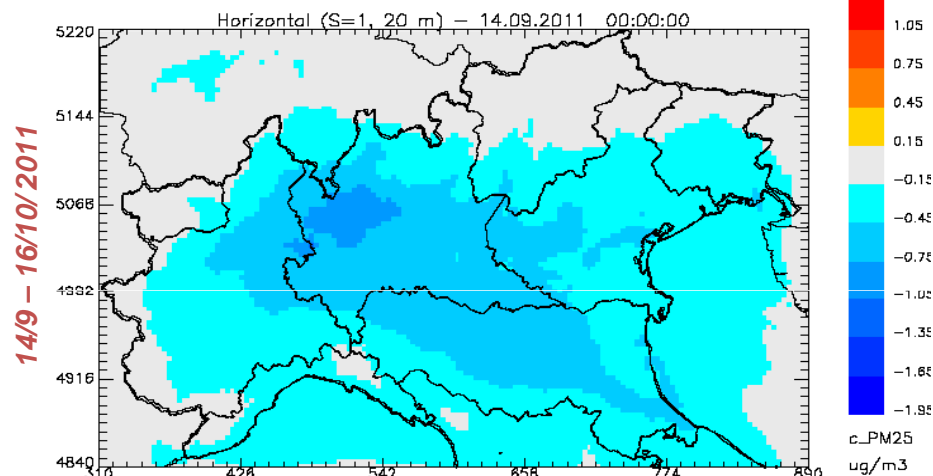
-25.0% NH₃ (Lombardia)



PM_{2.5}

-25.0% NH₃ (dominio)

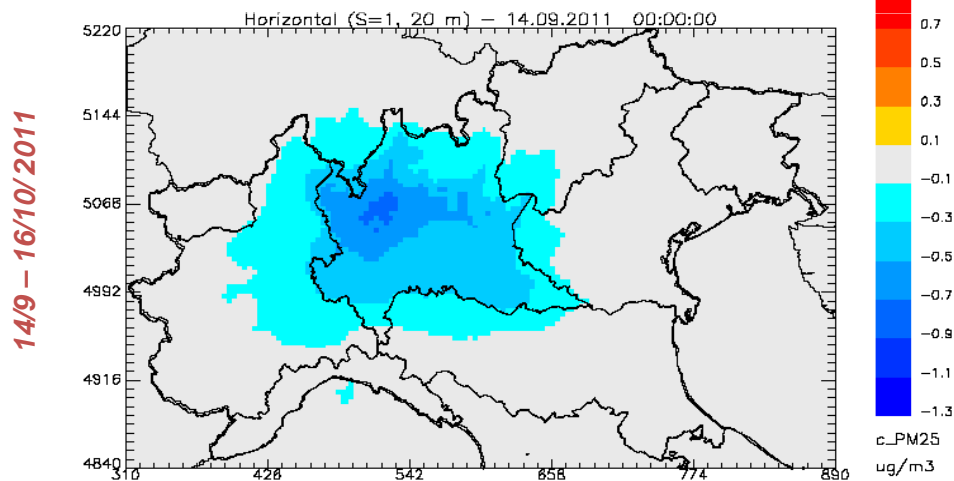
Scenario 1 - Scenario 0



Min = -0.7508 - Max = -2.53000e-005 [ug/m3]

Scenario 2 - Scenario 0

-25.0% NH₃ (Lombardia)



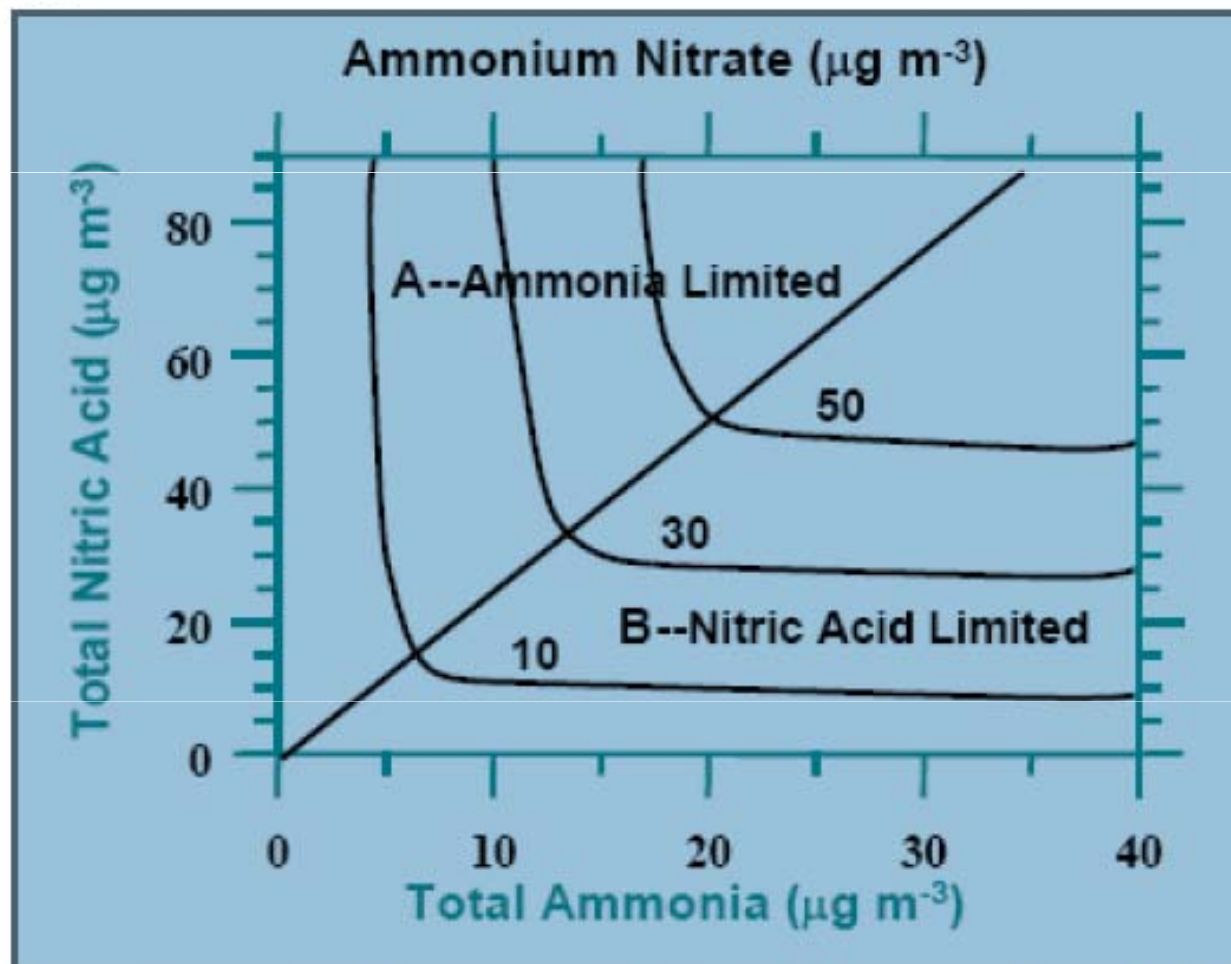
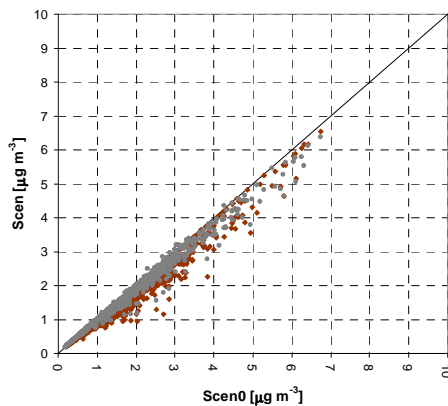


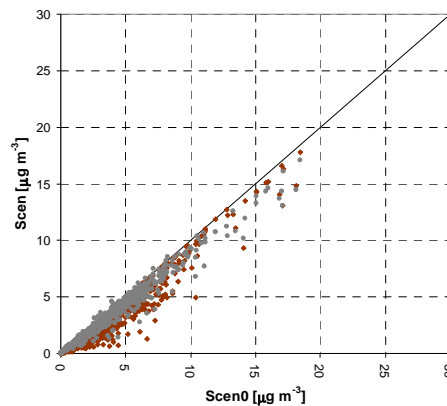
Figura 3 - Condizioni dei reagenti limitanti per la formazione del PM

Le condizioni per avere la formazione di nitrato d'ammonio, nel caso in cui ci sia assenza di acido solforico o sia già stato interamente neutralizzato sono illustrate nella figura che segue dove la concentrazione di NH_4NO_3 è rappresentata in termini di curve di isoconcentrazione (Fonte: Ruolo dell'ammoniaca nella formazione di particolato fine e ultrafine – Politecnico di Milano Progetto Parfil, nov 2008)

Milano - Pascal Città Studi - NH4
(primavera)



Milano - Pascal Città Studi - NO3
(primavera)

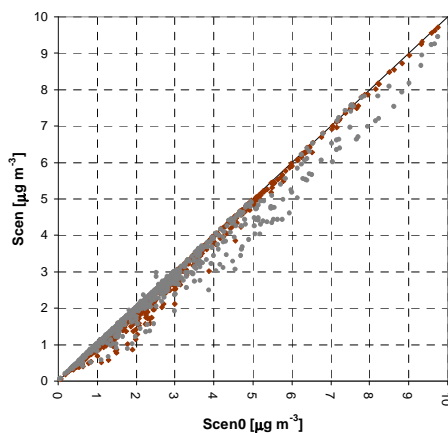


◆ scen3 ● scen6

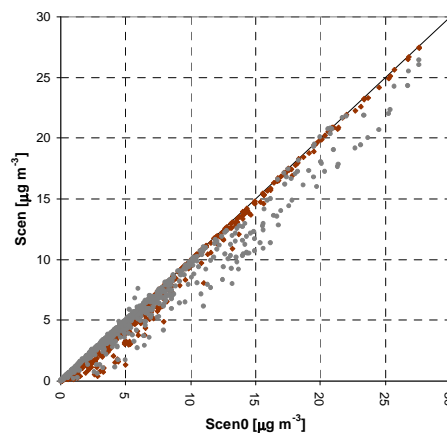
**Scen 3: -50% riduzione NH₃
sulla sola Lombardia;**

**Scen 6: -50% riduzione NO_x
sulla sola Lombardia;**

Schivenoglia - NH4 (primavera)

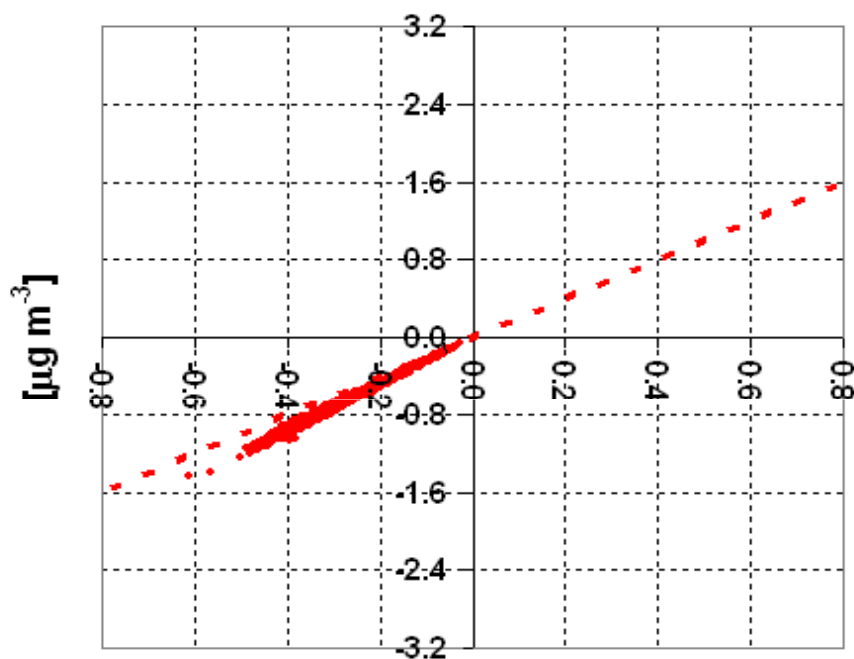


Schivenoglia - NO3 (primavera)



PM_{2.5} Variazioni assolute rispetto al Caso base

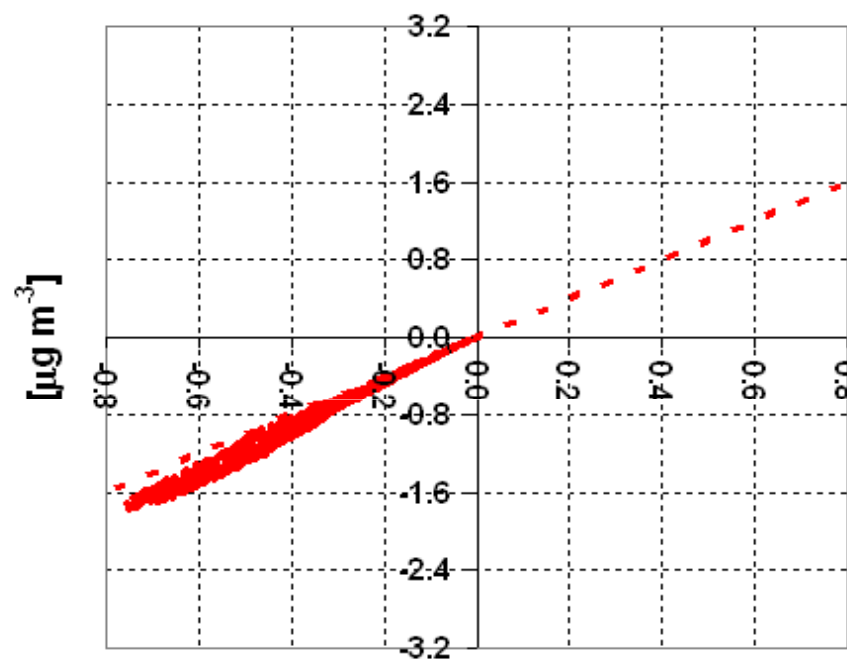
PM25 (17/3 - 19/4/2011)



-25 % NH₃ [µg m⁻³]

• -50 % NH₃ - - y=-2x

PM25 (14/9 - 16/10/2011)



-25 % NH₃ [µg m⁻³]

• -50 % NH₃ - - y=-2x

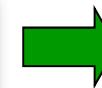
Riduzione emissioni	Inquinante	PM _{2.5}	
		Primavera	Autunno
-25%	NH ₃	-2.49 %	-3.24 %
	NO _x	-2.88 %	-5.03 %
-50%	NH ₃	-6.03 %	-7.72 %
	NO _x	-6.61 %	-10.68 %
-25% NH ₃ , -25% NO _x		-5.11 %	-7.82 %
-25% NH ₃ , -50% NO _x		-8.53 %	-12.57 %
-50% NH ₃ , -25% NO _x		-8.27 %	-11.70 %

PM_{2.5}: Analisi dei risultati ottenuti

La riduzione delle emissioni di NH₃ è paragonabile è rispetto alla analoga riduzione di emissioni di NO_x

La riduzione congiunta di NO_x e NH₃ è paragonabile rispetto alla riduzione più consistente di una singola componente

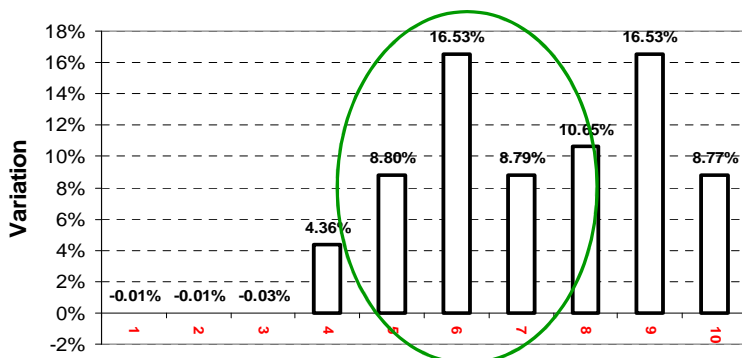
L'efficacia è inferiore durante il periodo primaverile.
La riduzione delle emissioni di NO_x determina una maggiore disponibilità di radicale OH che reagisce con SO₂ e COV condensabili



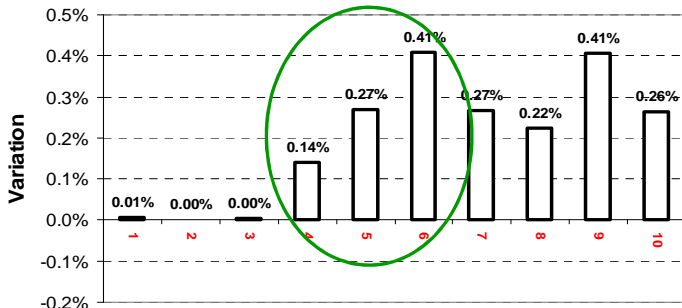
produzione di solfato e di componente organica nel PM

Aria: quale qualità?
Sistema conoscitivo, problemi, sfide

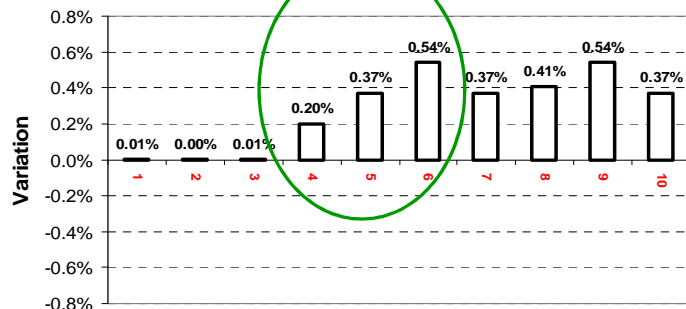
OH (17/3 - 19/4/2011)



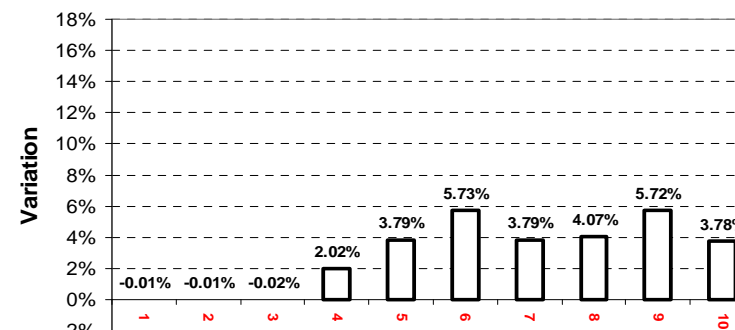
SO4 (17/3 - 19/4/2011)



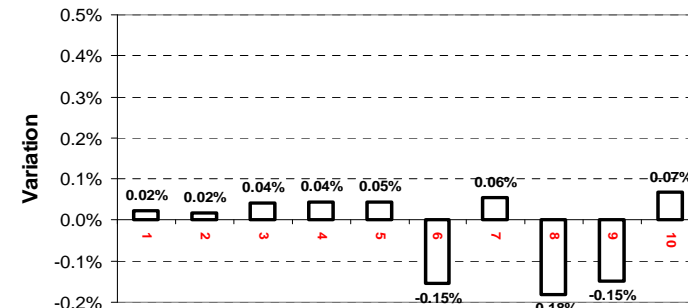
ORG (17/3 - 19/4/2011)



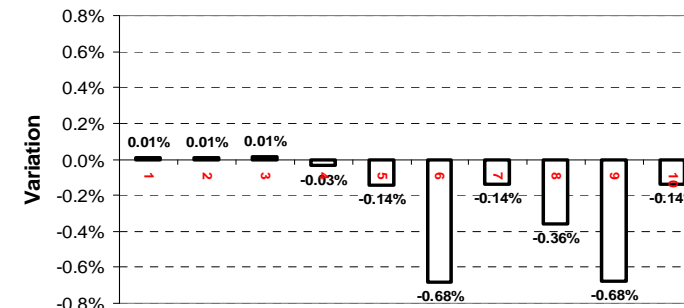
OH (14/9 - 16/10/2011)



SO4 (14/9 - 16/10/2011)



ORG (14/9 - 16/10/2011)



PM_{2.5}:
Analisi
dei
risultati
ottenuti

conclusioni

Aria: quale qualità?
Sistema conoscitivo, problemi, sfide



L'esame dei risultati conferma la complessità e la non linearità degli effetti di riduzione delle emissioni di precursori gassosi sulle concentrazioni di particolato ed in generale sulla qualità dell'aria. Risultano infatti effetti differenti sia nelle diverse aree del territorio regionale sia relativamente ai diversi periodi dell'anno (radiazione solare, caratteristiche dispersive dell'atmosfera).

Dall'analisi dei risultati, il ruolo dell'ammoniaca sia sul totale della massa di PM2.5 che sulla sua composizione risulta confermato, evidenziando la necessità dell'implementazione di adeguate strategie di controllo delle emissioni.

Un ringraziamento particolare a tutti coloro che hanno collaborato alla realizzazione dello studio

*M.P. Costa², A. D'Allura², S. Finardi², G. Fossati¹, G.
Lanzani¹, E. Peroni¹, P. Radice², C. Silibello²*



1. ARPA – Agenzia Regionale per la Protezione dell' Ambiente - www.arpalombardia.it



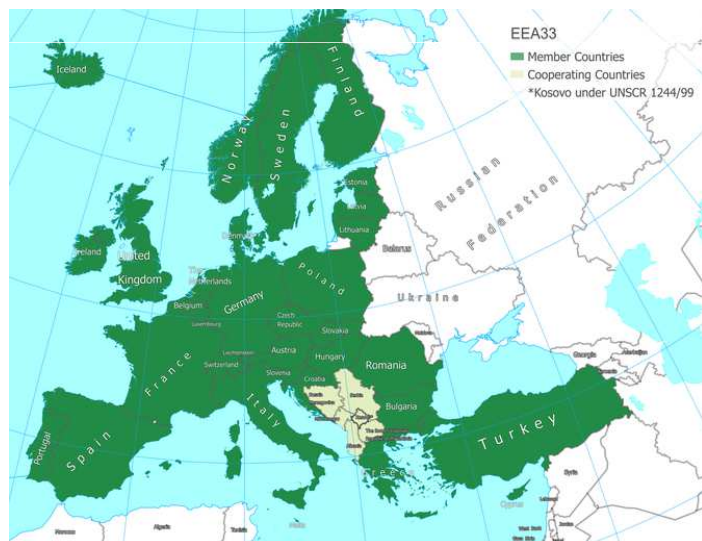
2. ARIANET Srl – www.aria-net.it

Aria: quale qualità?
Sistema conoscitivo, problemi, sfide

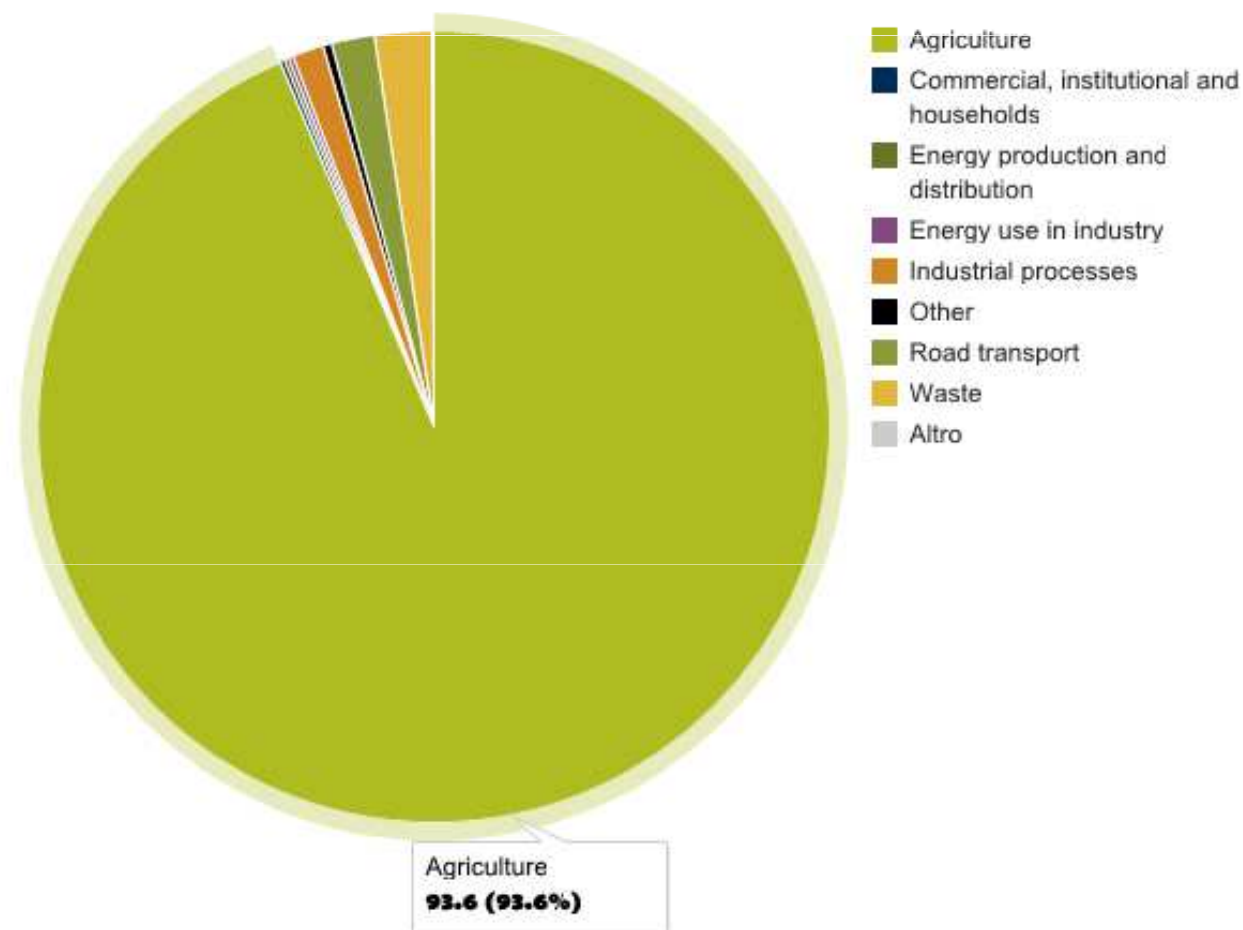


e a voi per l'attenzione !

Distribuzione percentuale delle emissioni di NH₃ nei paesi EEA33 nel 2011 (Fonte: EEA)



Paesi EEA33 (EE32 + Croazia)



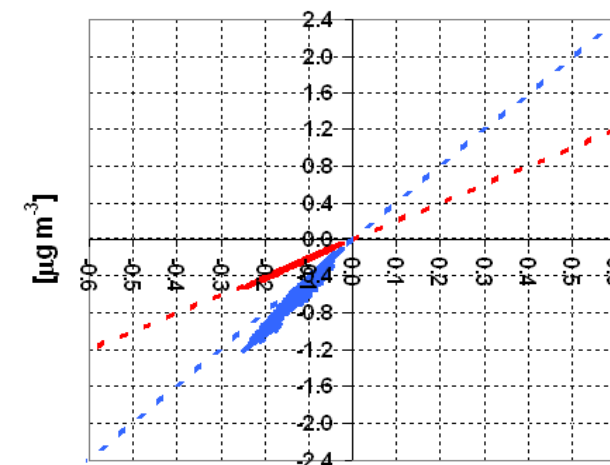
Analisi dei risultati ottenuti $PM_{2.5}$

L'analisi degli scenari 4, 5 e 6 evidenzia che all'aumentare delle riduzioni delle emissioni di NO_x aumenta l'efficacia sui livelli di $PM_{2.5}$:

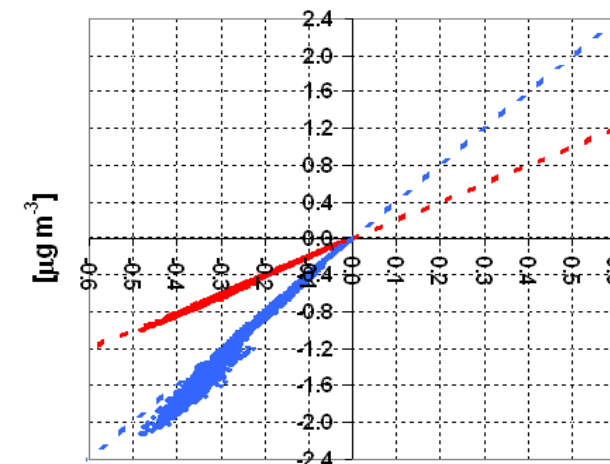
- a riduzioni dal 12.5 al 25% delle emissioni di NO_x corrispondono riduzioni proporzionali;
- a riduzioni dal 12.5 al 50% delle emissioni di NO_x corrispondono riduzioni più che proporzionali.

L'analisi degli scenari 2 e 3 (riduzione delle emissioni di NH_3) conferma questo risultato.

PM25 (17/3 - 19/4/2011)



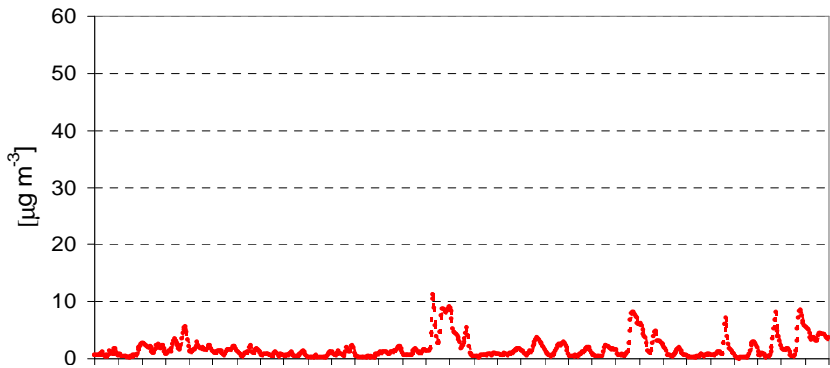
PM25 (14/9 - 16/10/2011)



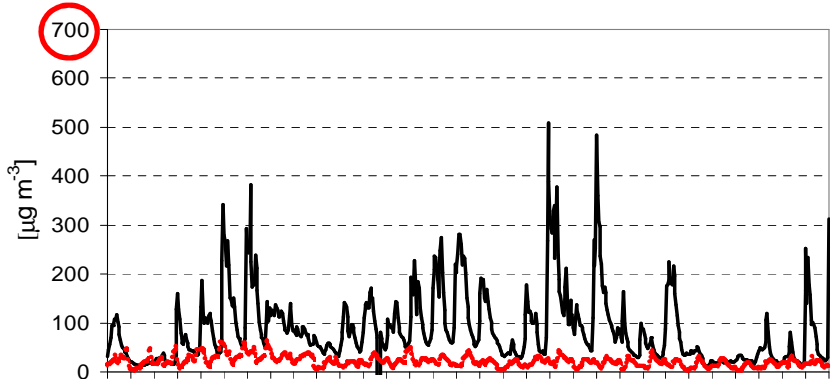
-12.5 % NO_x [$\mu g m^{-3}$]

• -25% NO_x • $y=2x$ • -50% NO_x • $y=4x$

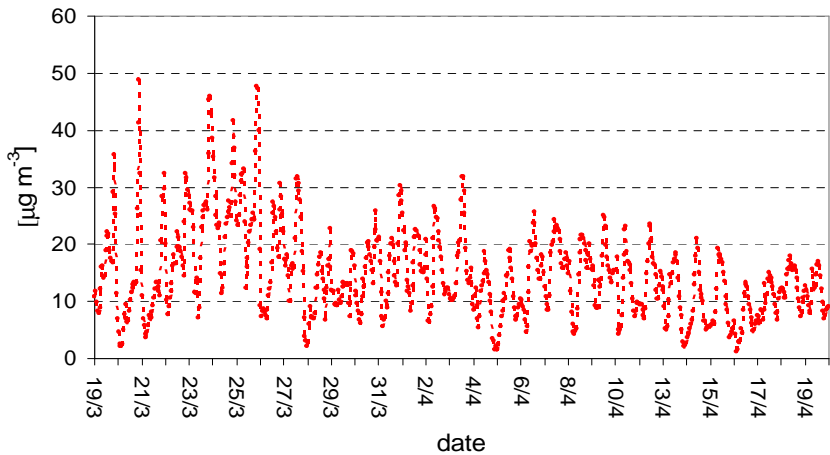
Station: 681 (LC) - Type: FR



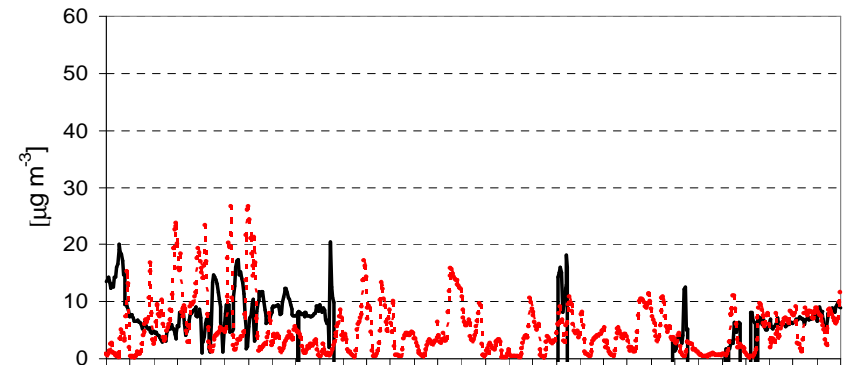
Station: 626 (CR) - Type: FR



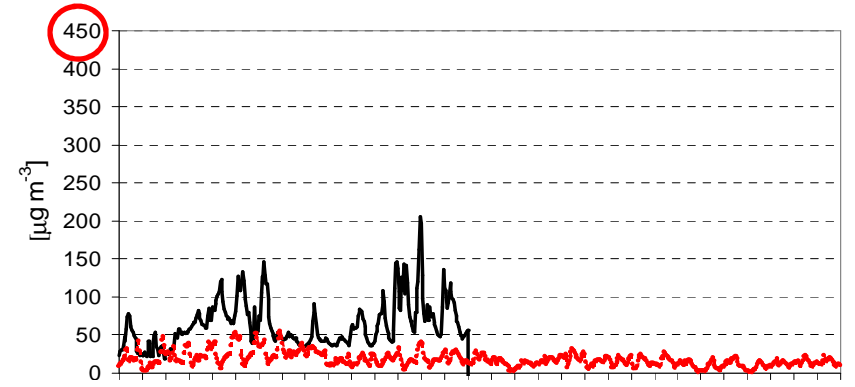
Station: 677 (CR) - Type: FU



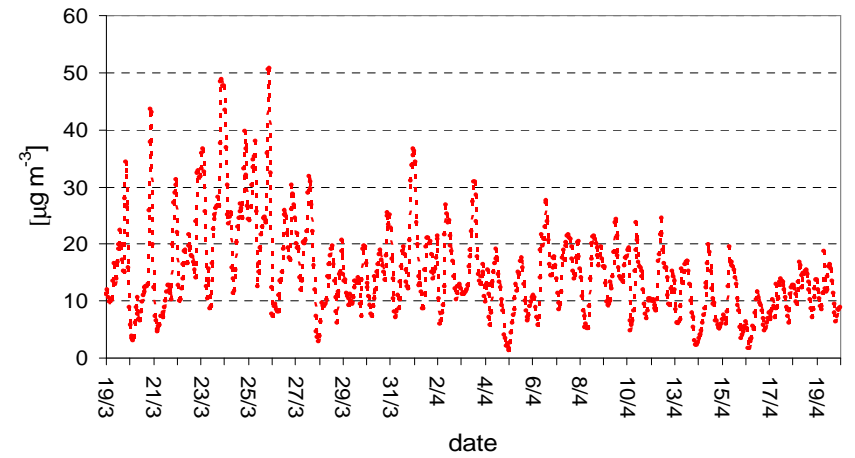
Station: 705 (MI) - Type: FU



Station: 1266 (LO) - Type: IR



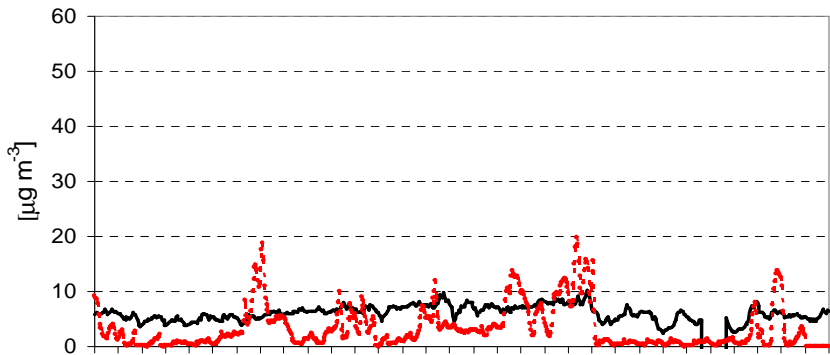
Station: 1303 (CR) - Type: FR



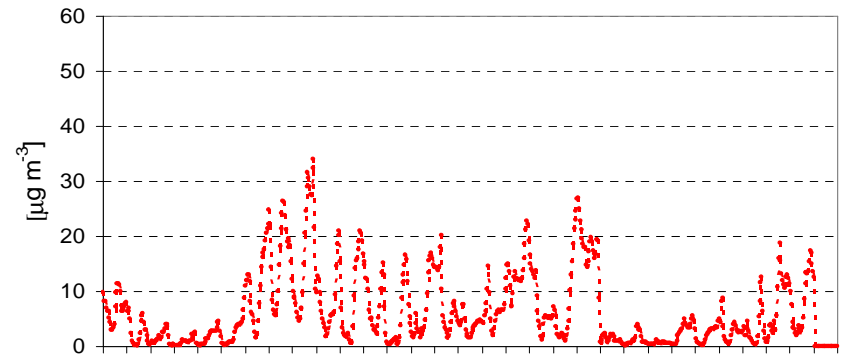
NH₃
(spring)

■ measured ■ computed

Station: 681 (LC) - Type: FR

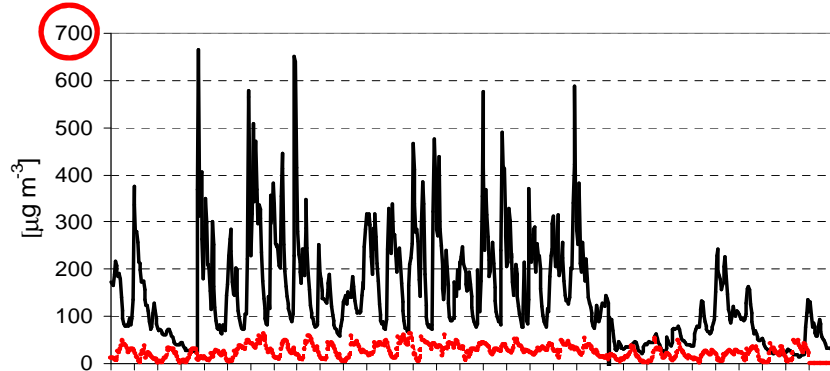


Station: 705 (MI) - Type: FU

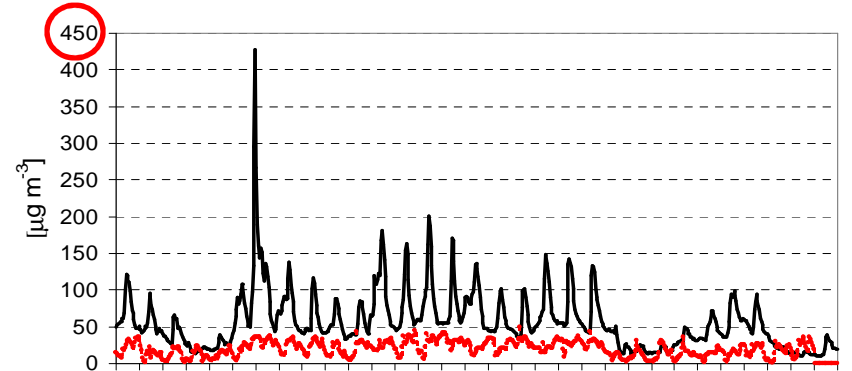


NH₃
(fall)

Station: 626 (CR) - Type: FR

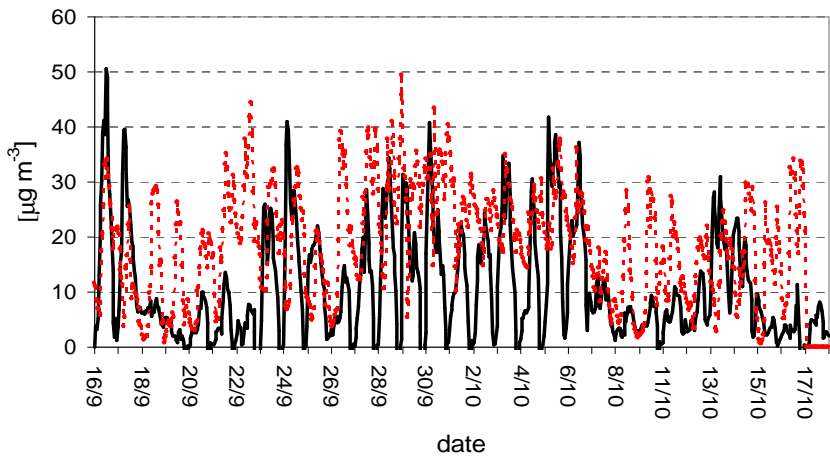


Station: 1266 (LO) - Type: IR

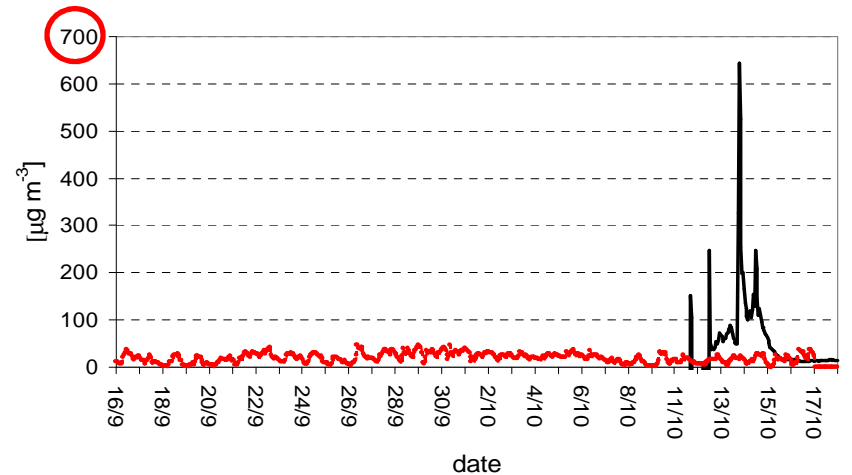


■	measured	■	computed
---	----------	---	----------

Station: 677 (CR) - Type: FU

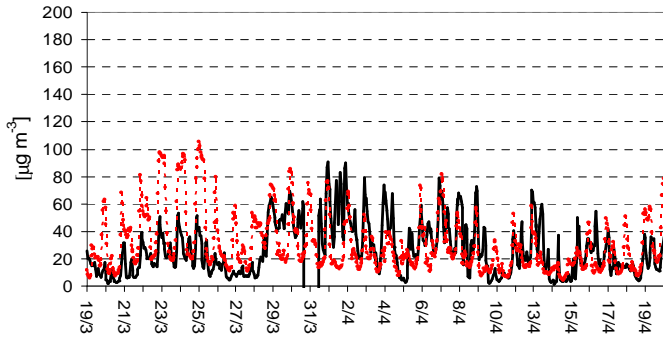


Station: 1303 (CR) - Type: FR

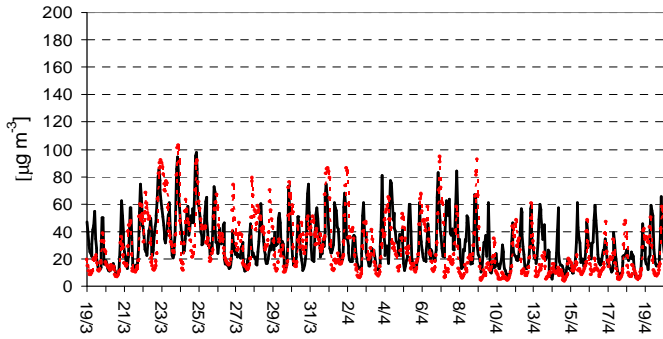


NO₂ (spring)

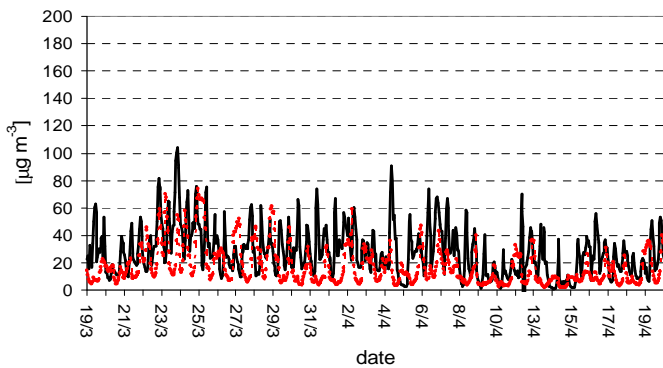
Station: 554 (VA) - Type: FU



Station: 591 (BG) - Type: FU

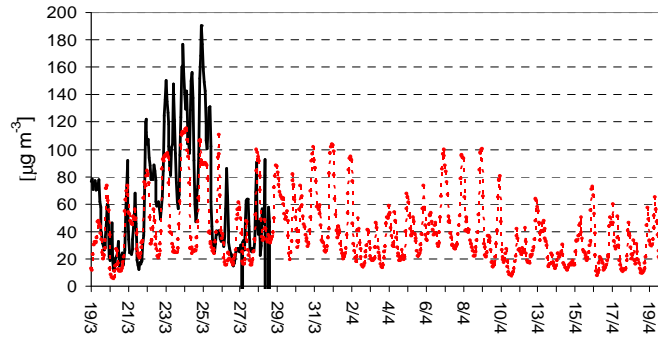


Station: 706 (LC) - Type: FU

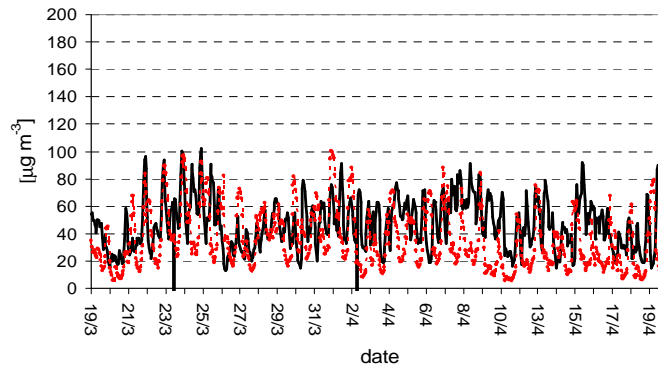


■ measured ■ computed

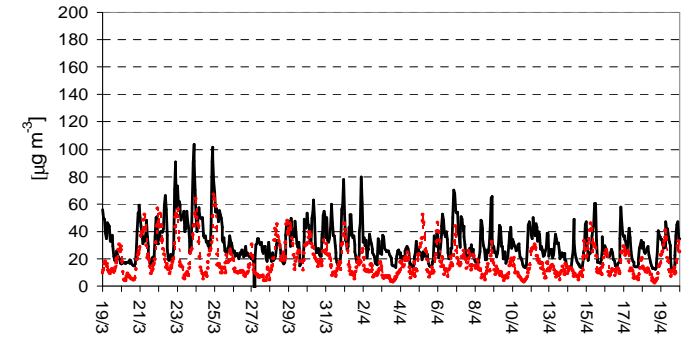
Station: 705 (MI) - Type: FU



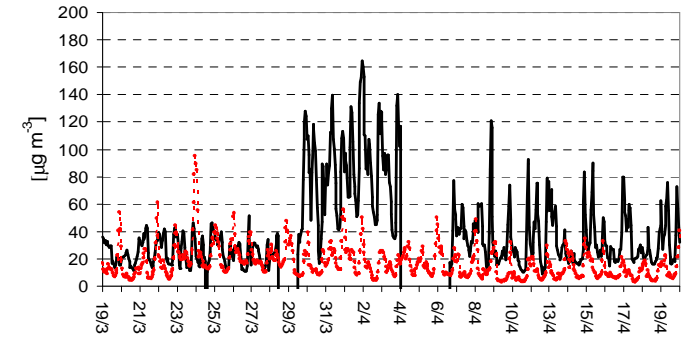
Station: 653 (BS) - Type: FS



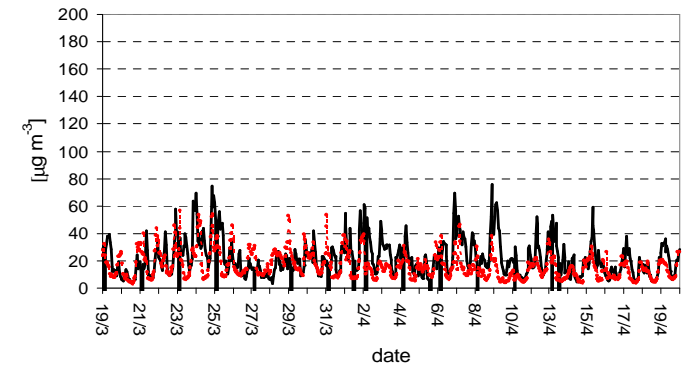
Station: 672 (PV) - Type: FR



Station: 695 (MN) - Type: FS

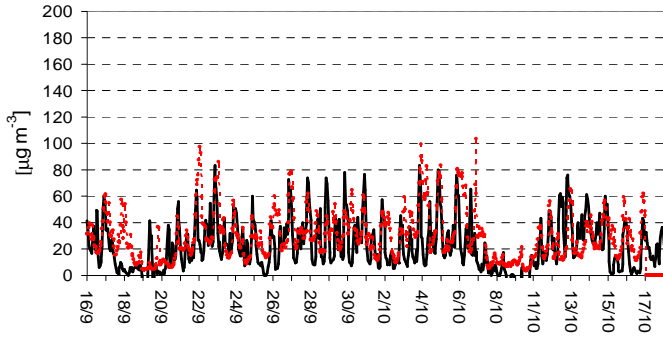


Station: 1297 (CR) - Type: FR

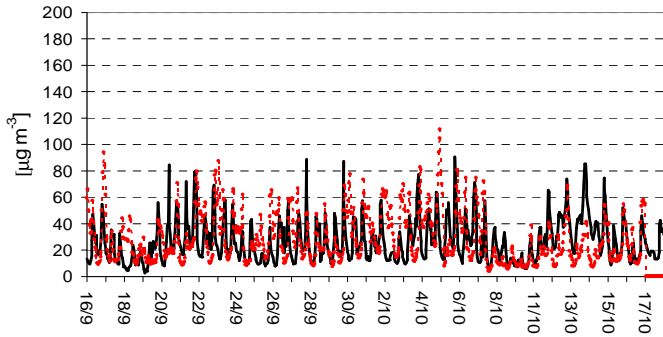


NO₂ (fall)

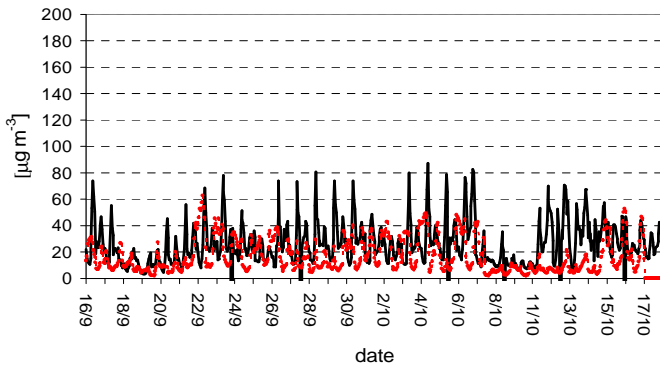
Station: 554 (VA) - Type: FU



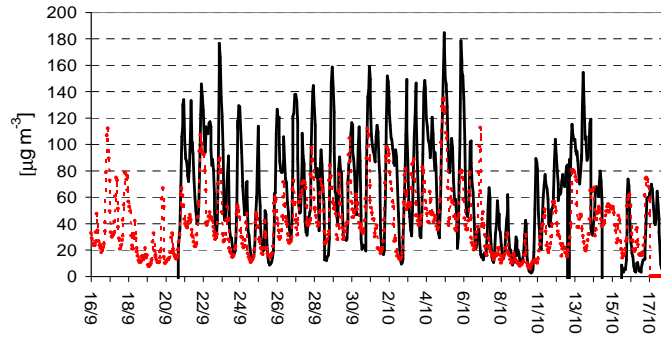
Station: 591 (BG) - Type: FU



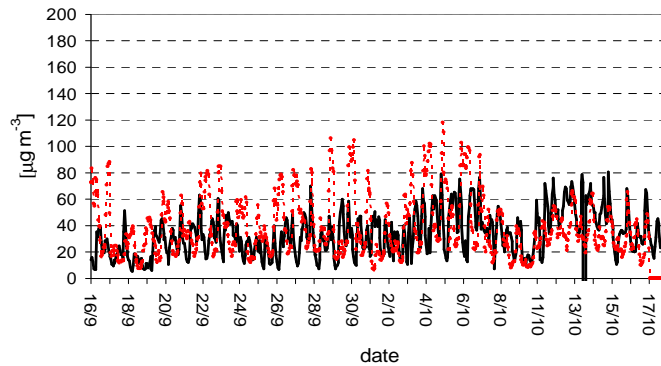
Station: 706 (LC) - Type: FU



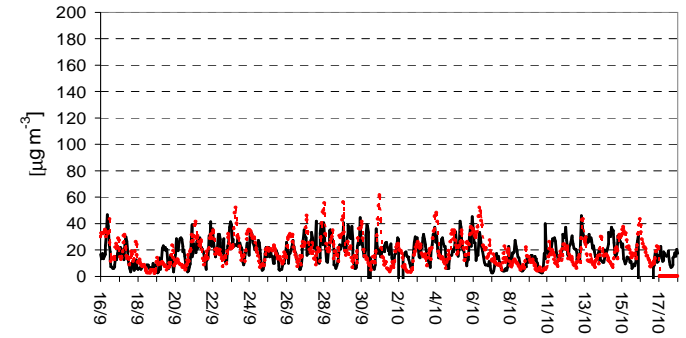
Station: 705 (MI) - Type: FU



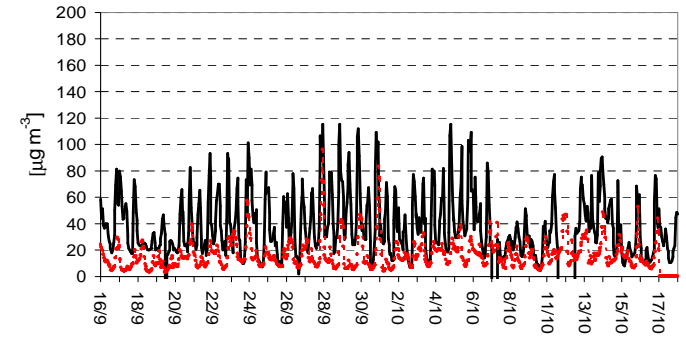
Station: 653 (BS) - Type: FS



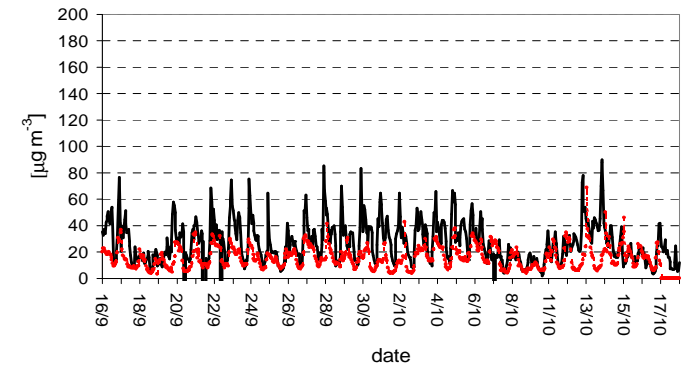
Station: 672 (PV) - Type: FR



Station: 695 (MN) - Type: FS



Station: 1297 (CR) - Type: FR

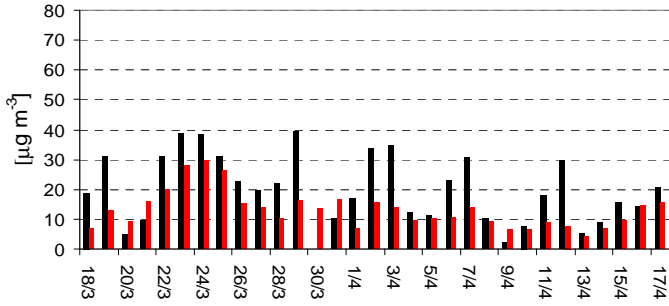


■ measured ■ computed

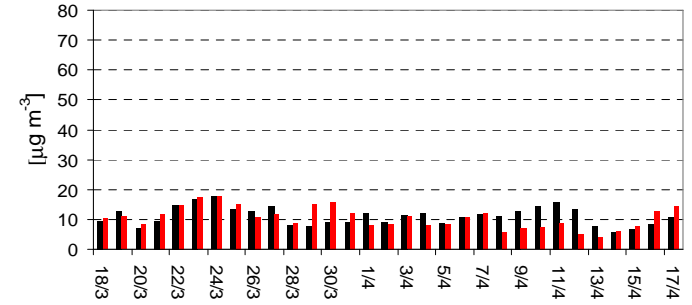
PM₂₅ (spring)

■ measured ■ computed

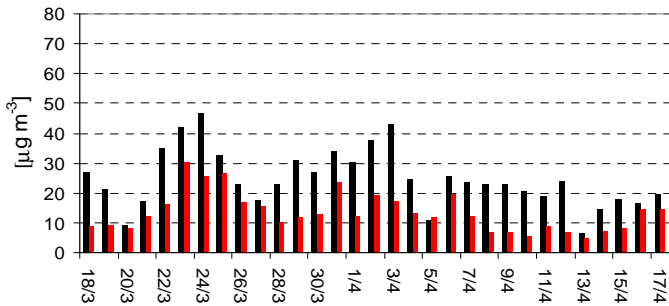
Station: 554 (VA) - Type: FU



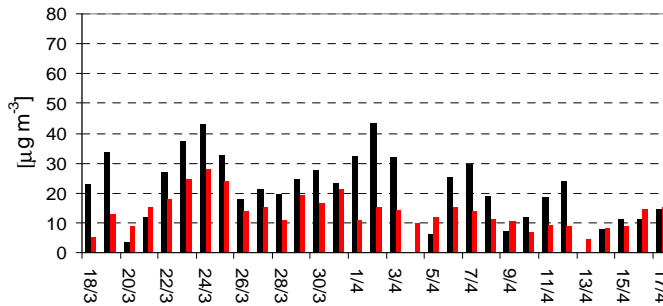
Station: 672 (PV) - Type: FR



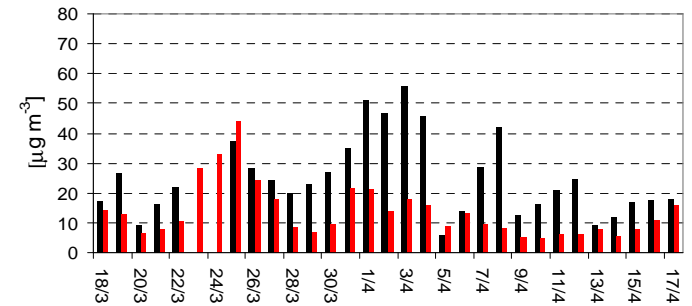
Station: 591 (BG) - Type: FU



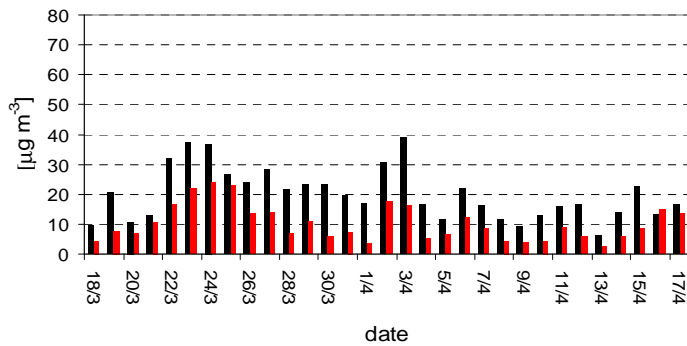
Station: 705 (MI) - Type: FU



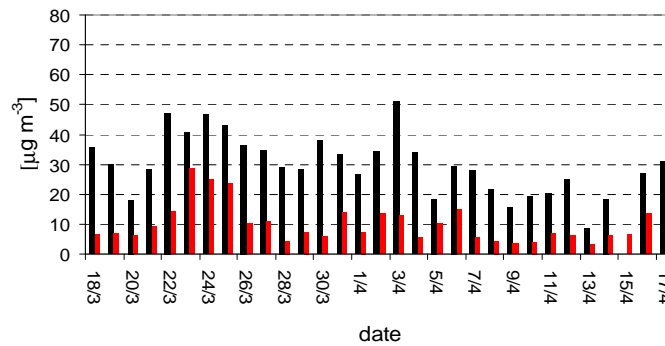
Station: 695 (MN) - Type: FS



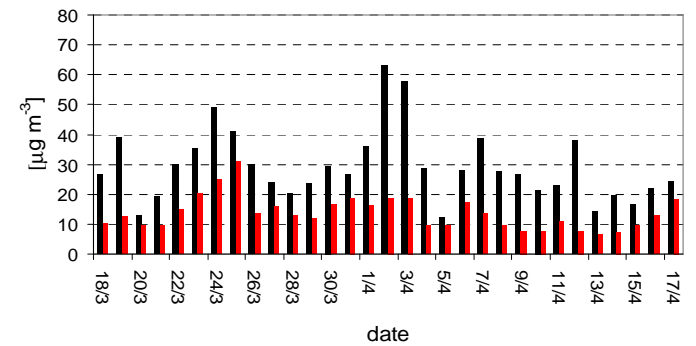
Station: 706 (LC) - Type: FU



Station: 655 (BS) - Type: FS



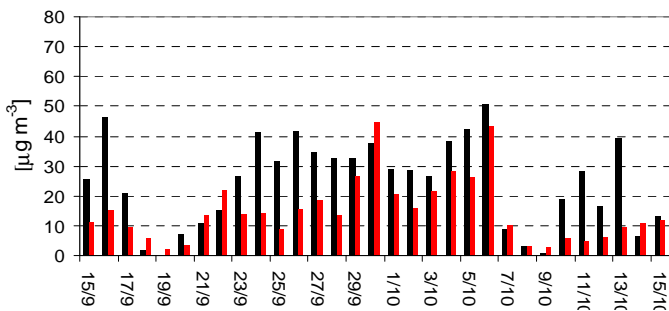
Station: 1297 (CR) - Type: FR



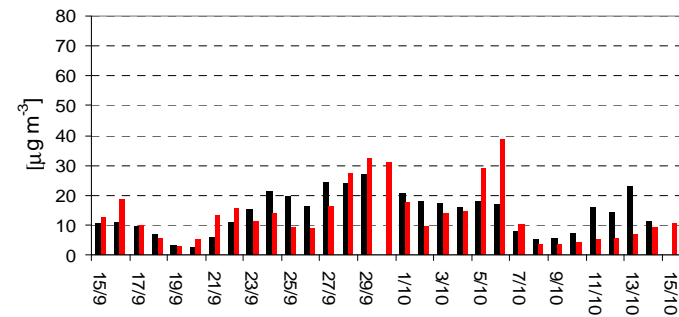
PM₂₅ (fall)

■ measured ■ computed

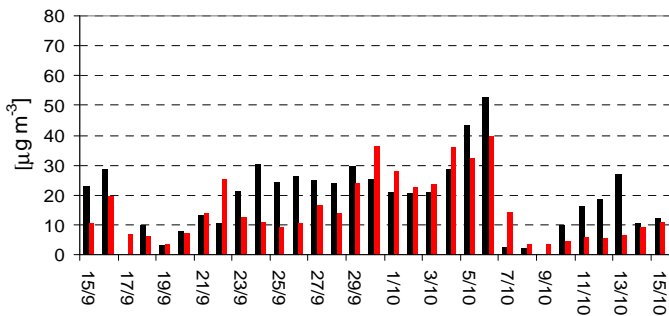
Station: 554 (VA) - Type: FU



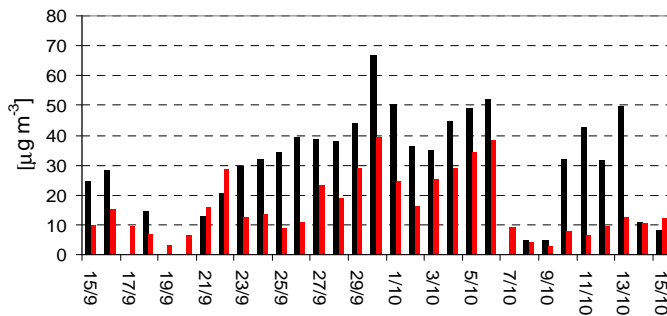
Station: 672 (PV) - Type: FR



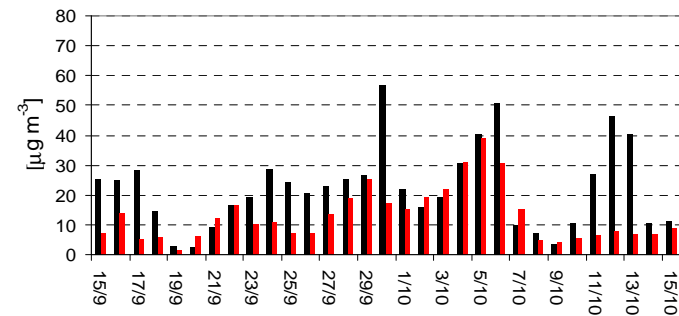
Station: 591 (BG) - Type: FU



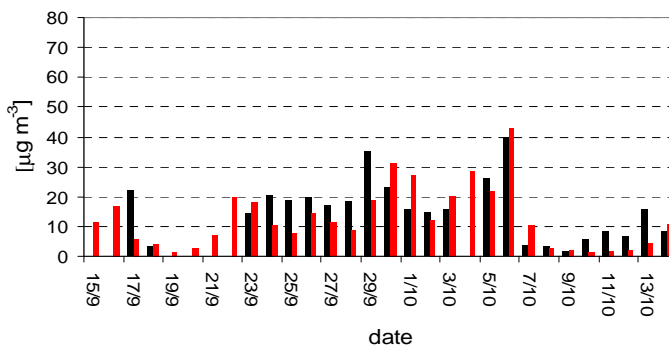
Station: 705 (MI) - Type: FU



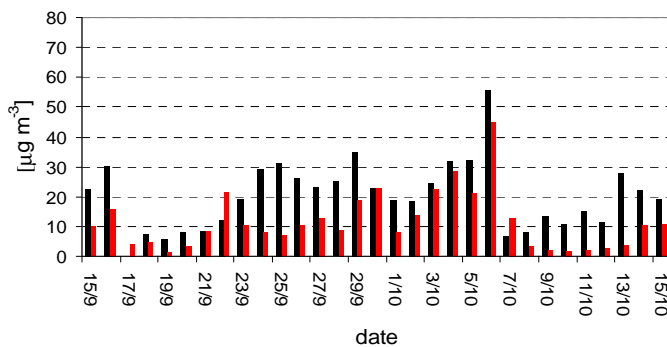
Station: 695 (MN) - Type: FS



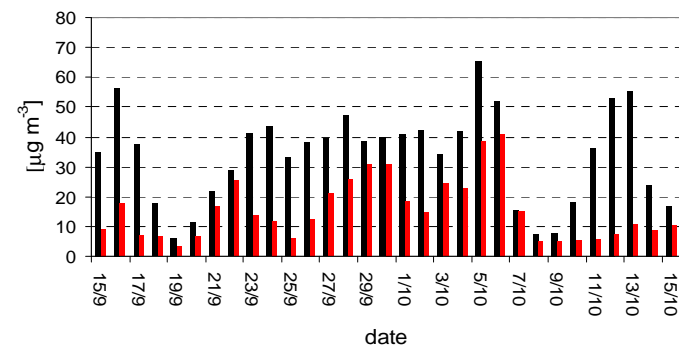
Station: 706 (LC) - Type: FU



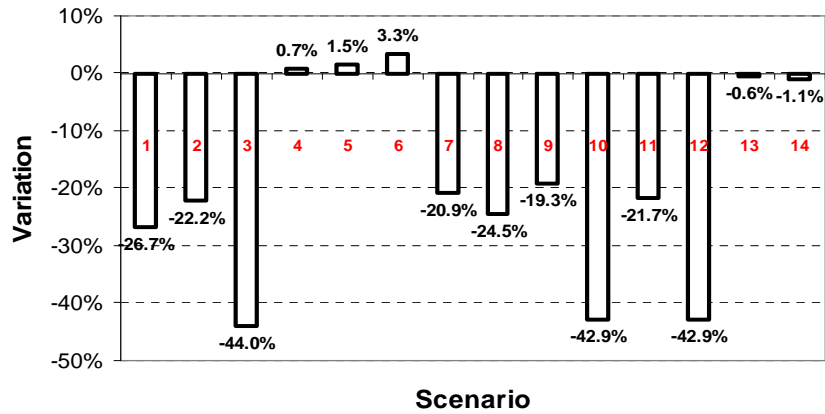
Station: 655 (BS) - Type: FS



Station: 1297 (CR) - Type: FR

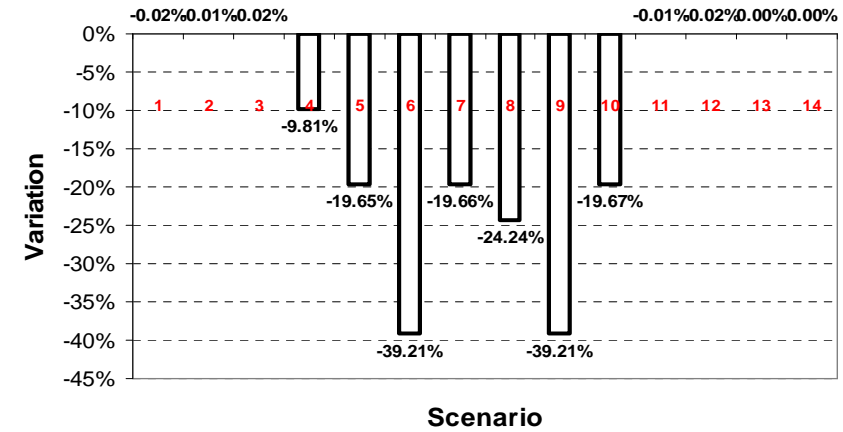


NH3 (17/3 - 19/4/2011)

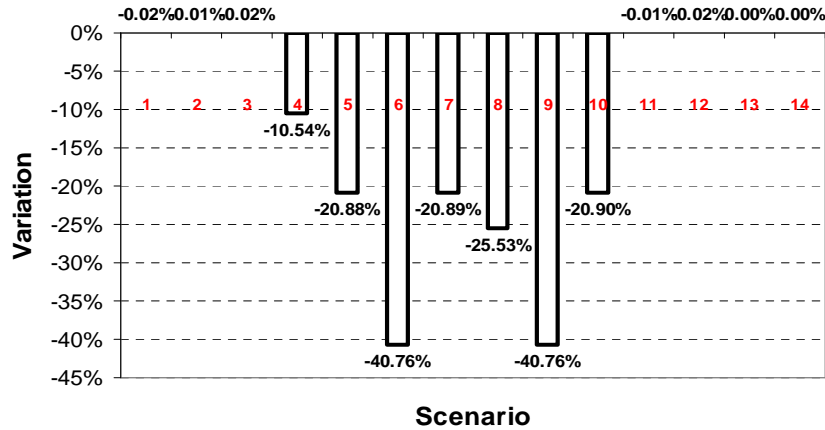


Variazioni percentuali rispetto al caso base

NO2 (17/3 - 19/4/2011)



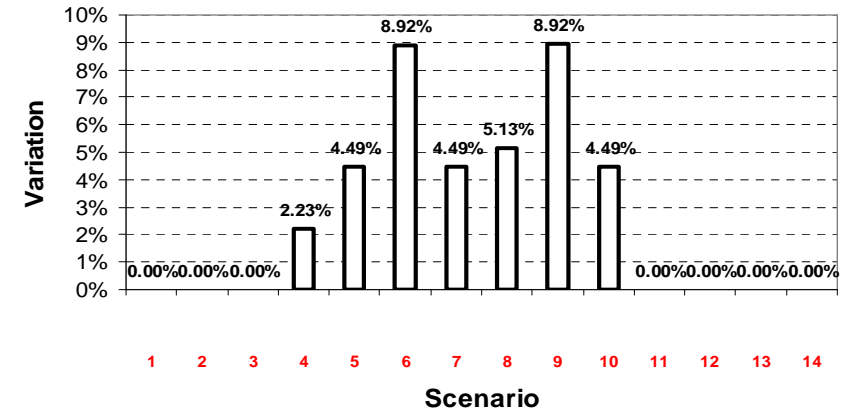
NOx (17/3 - 19/4/2011)



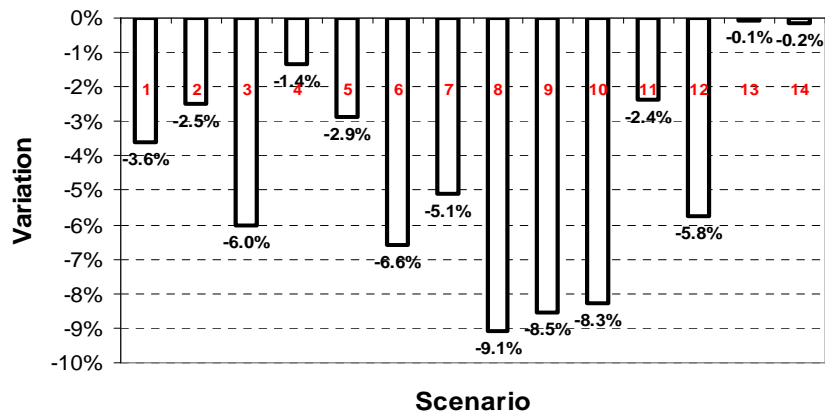
Scenari EMISSIVI:

1. -25% NH₃ (dominio);
2. -25% NH₃ (Lombardia);
3. -50% NH₃ (Lombardia);
4. -12.5% NO_x (Lombardia);
5. -25% NO_x (Lombardia);
6. -50% NO_x (Lombardia);
7. -25% NH₃ e NO_x (Lombardia);
8. -25% NH₃ e NO_x (dominio);
9. -25% NH₃ e -50% NO_x (Lombardia);
10. -50% NH₃ e -25% NO_x (Lombardia);
11. -25% NH₃ (agr. Lombardia);
12. -50% NH₃ (agr. Lombardia);
13. -25% NH₃ (traf. Lombardia);
14. -50% NH₃ (traf. Lombardia);

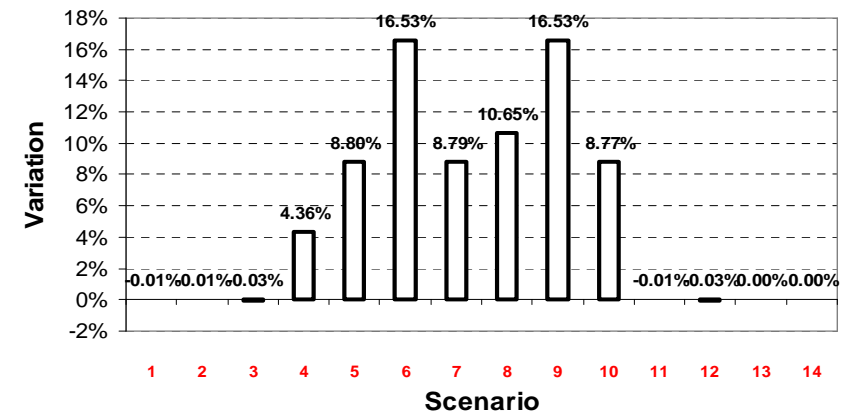
O3 (17/3 - 19/4/2011)



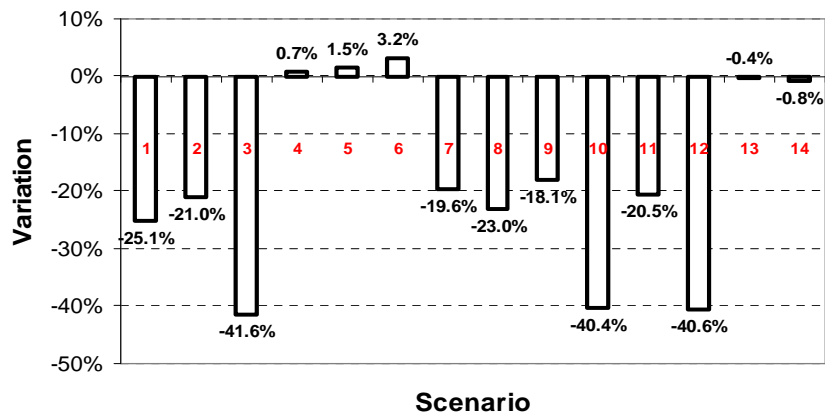
PM25 (17/3 - 19/4/2011)



OH (17/3 - 19/4/2011)

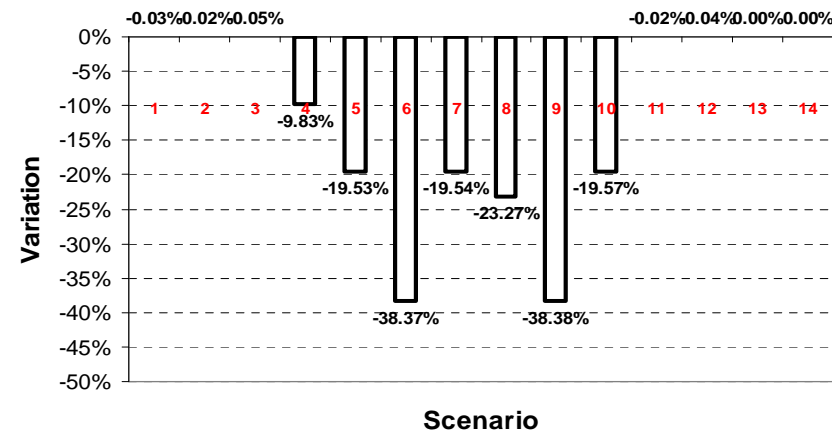


NH3 (14/9 - 16/10/2011)

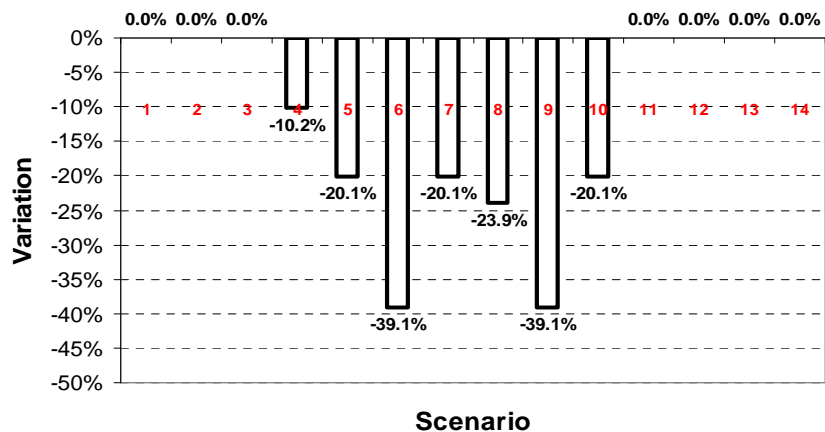


Variazioni percentuali rispetto al caso base

NO2 (14/9 - 16/10/2011)



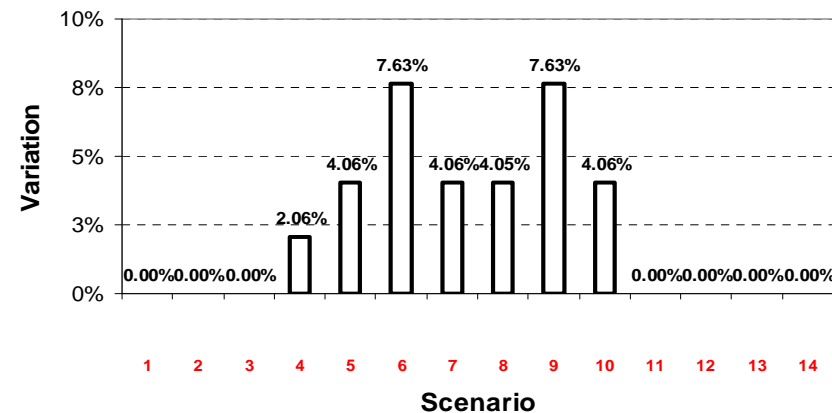
NOx (14/9 - 16/10/2011)



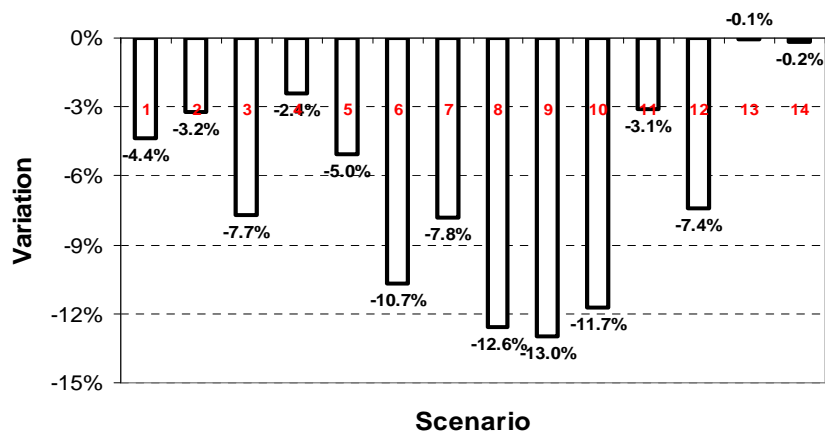
Scenari EMISSIVI:

1. -25% NH₃ (dominio);
2. -25% NH₃ (Lombardia);
3. -50% NH₃ (Lombardia);
4. -12.5% NO_x (Lombardia);
5. -25% NO_x (Lombardia);
6. -50% NO_x (Lombardia);
7. -25% NH₃ e NO_x (Lombardia);
8. -25% NH₃ e NO_x (dominio);
9. -25% NH₃ e -50% NO_x (Lombardia);
10. -50% NH₃ e -25% NO_x (Lombardia);
11. -25% NH₃ (agr. Lombardia);
12. -50% NH₃ (agr. Lombardia);
13. -25% NH₃ (traf. Lombardia);
14. -50% NH₃ (traf. Lombardia);

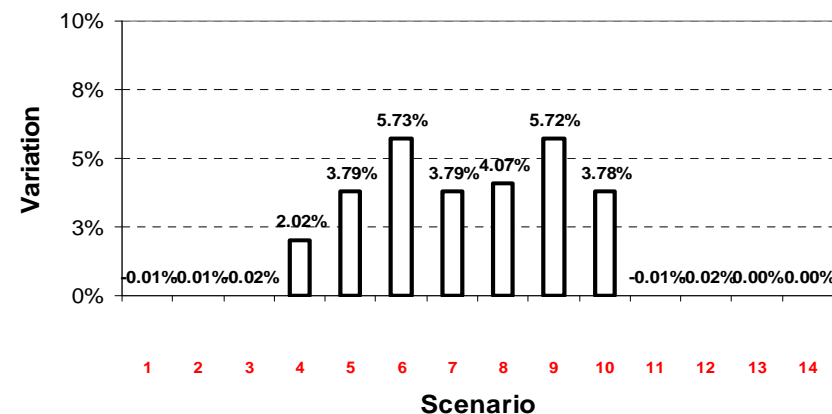
O3 (14/9 - 16/10/2011)



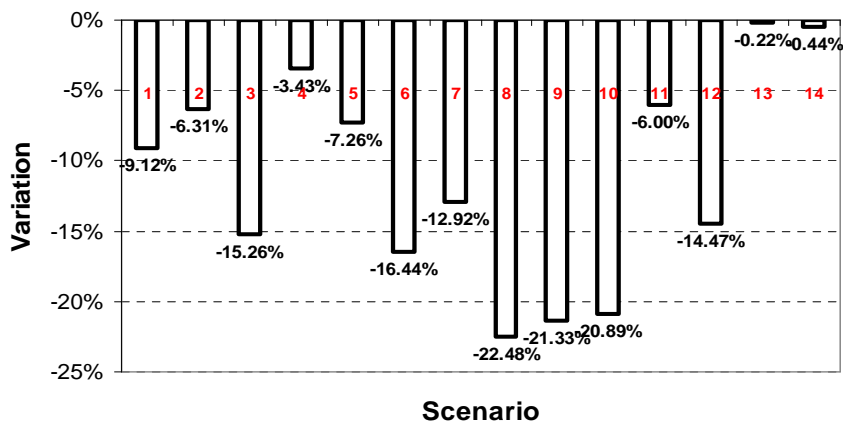
PM25 (14/9 - 16/10/2011)



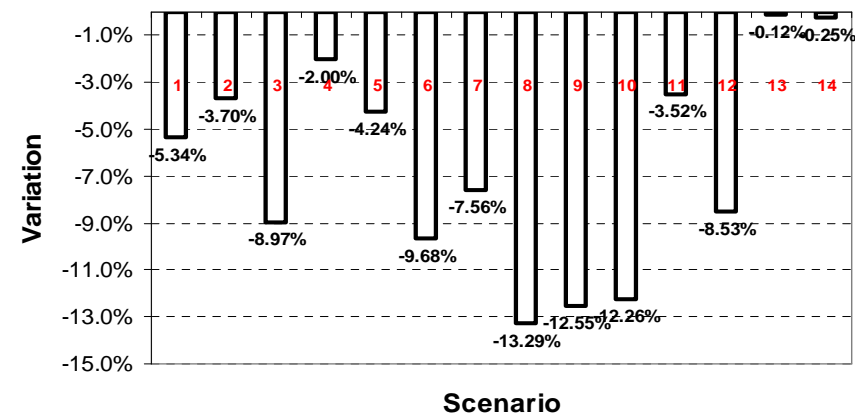
OH (14/9 - 16/10/2011)



NO3 (17/3 - 19/4/2011)

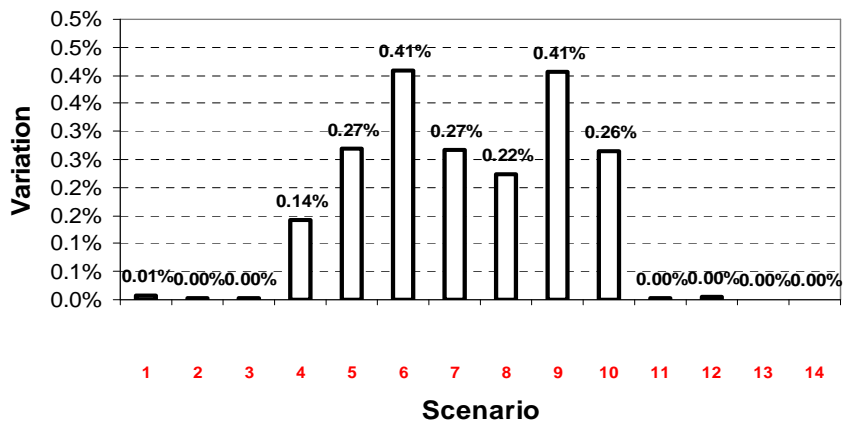


NH4 (17/3 - 19/4/2011)

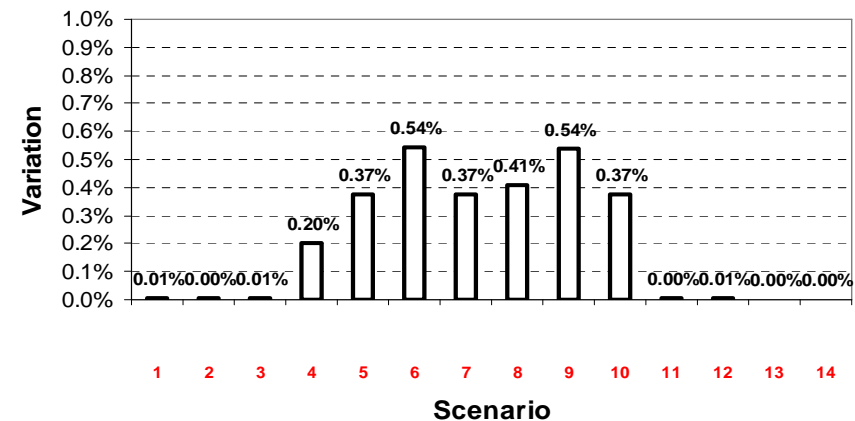


Variazioni percentuali rispetto al caso base

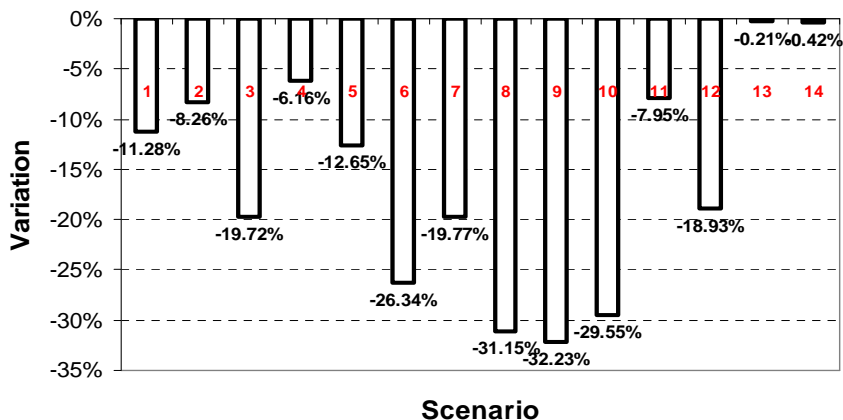
SO4 (17/3 - 19/4/2011)



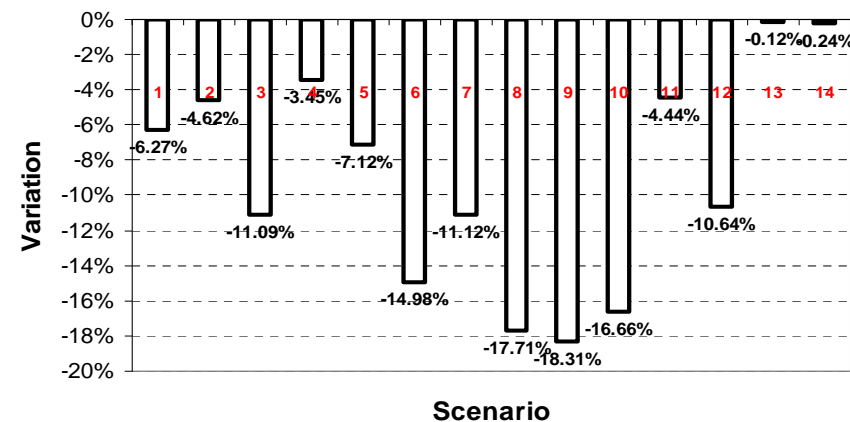
ORG (17/3 - 19/4/2011)



NO3 (14/9 - 16/10/2011)

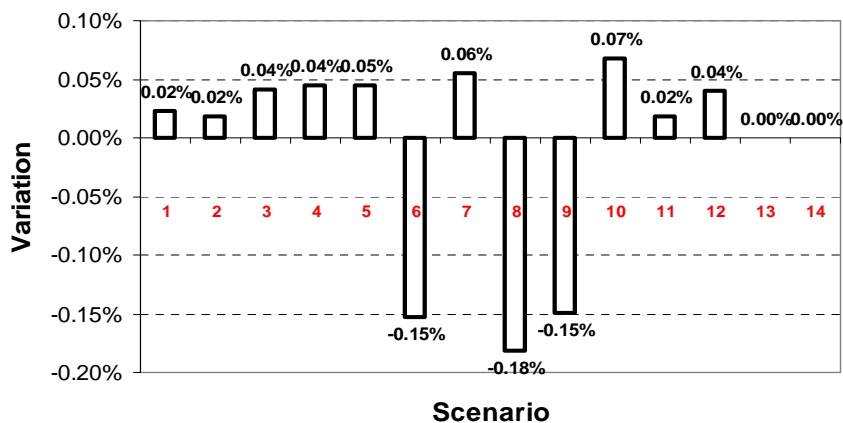


NH4 (14/9 - 16/10/2011)

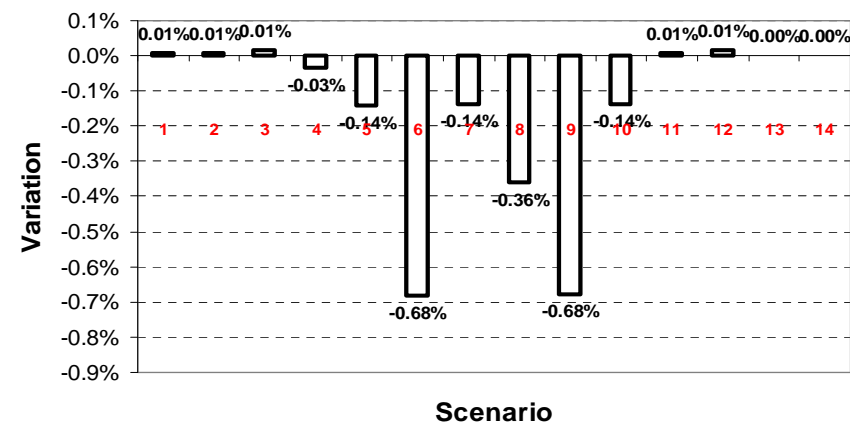


Variazioni percentuali rispetto al caso base

SO4 (14/9 - 16/10/2011)



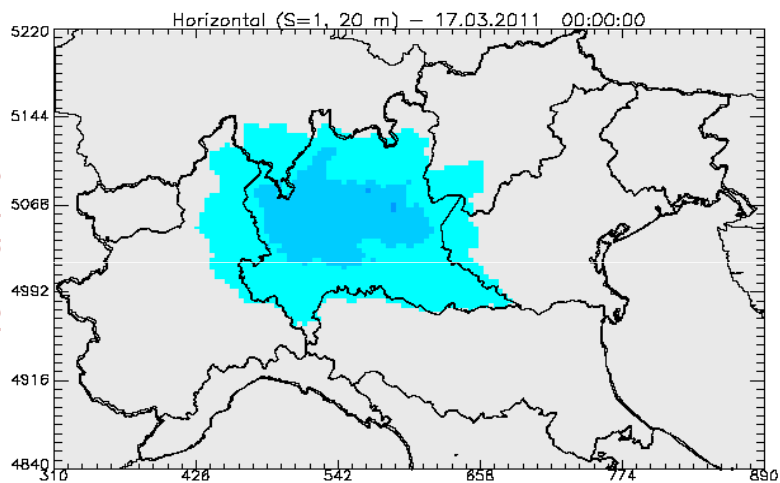
ORG (14/9 - 16/10/2011)



Min = -0.6137 - Max = 0.000168 [ug/m3]

-25.0% NH₃ (Lombardia)

Scenario 2 – Scenario 0

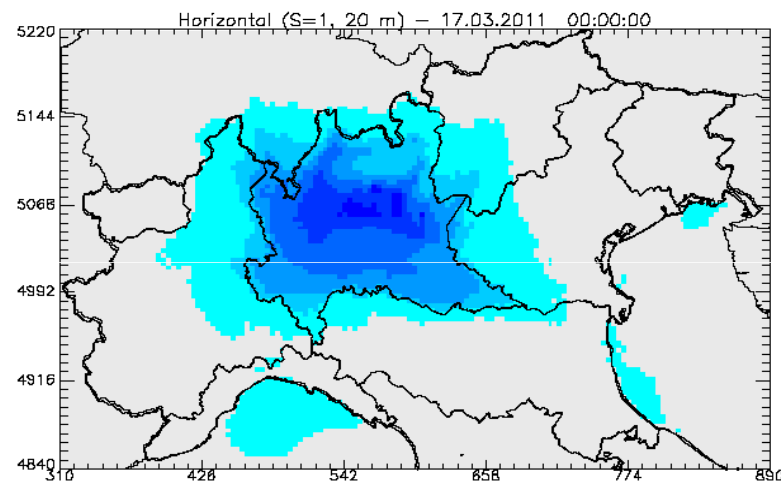


ONALE PER LA

Min = -1.43 - Max = 0.0001117 [ug/m3]

-50.0% NH₃ (Lombardia)

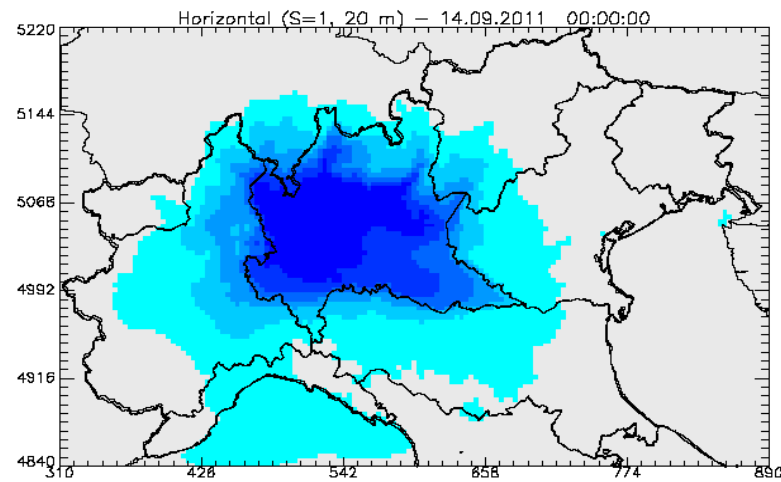
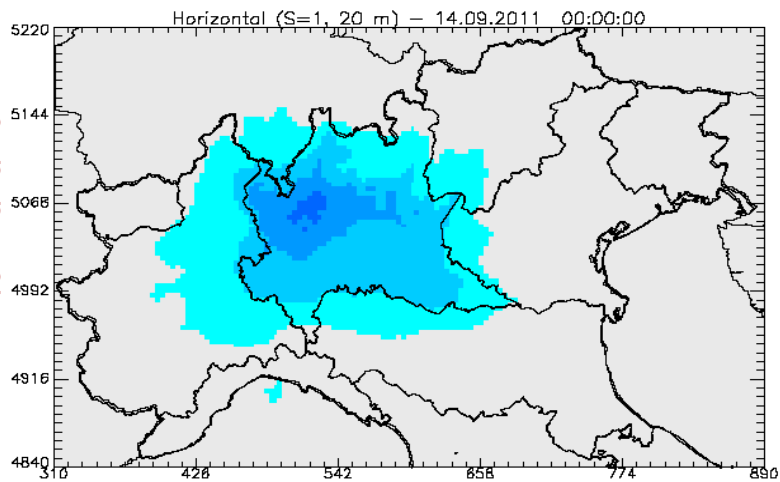
Scenario 3 – Scenario 0



Min = -0.7508 - Max = -2.53000e-005 [ug/m3]

Min = -1.776 - Max = 0.0003452 [ug/m3]

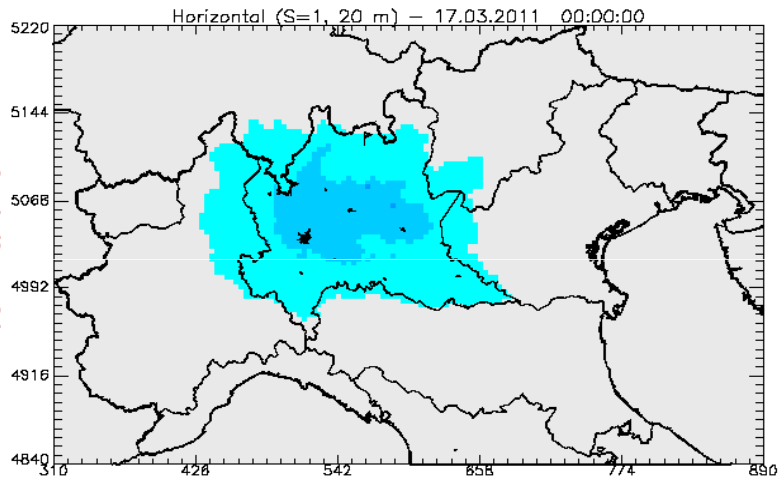
PM_{2.5}



MIN = -0.5825 - Max = 0.000125 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

-25.0% NH₃ (Lombardia)

Scenario 11 – Scenario 0

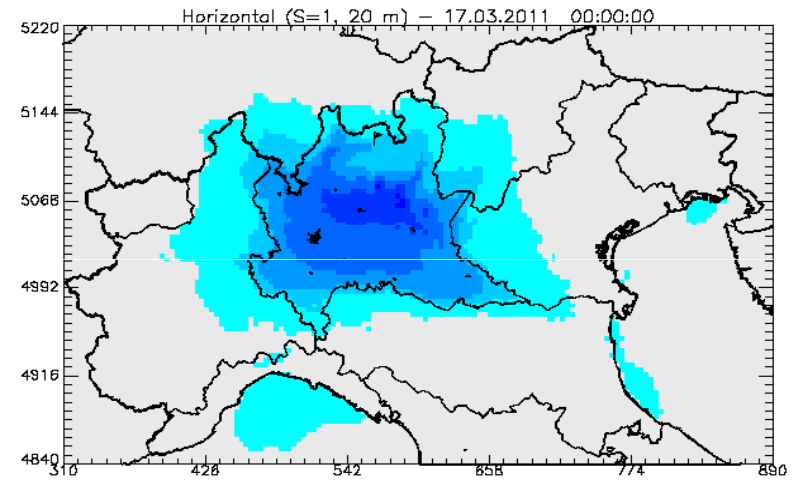


ONALE PER LA

MIN = -1.348 - Max = 6.58800e-005 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

-50.0% NH₃ (Lombardia)

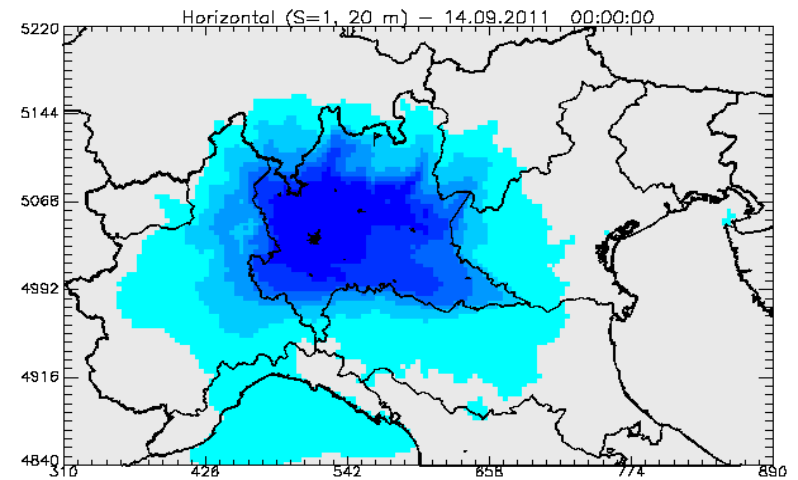
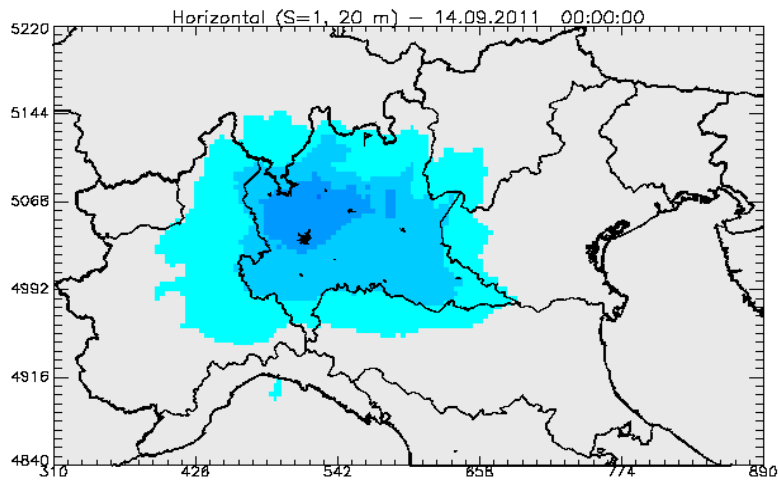
Scenario 12 – Scenario 0



MIN = -0.7005 - Max = -2.94300e-005 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

PM_{2.5}

MIN = -1.652 - Max = -2.99100e-005 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

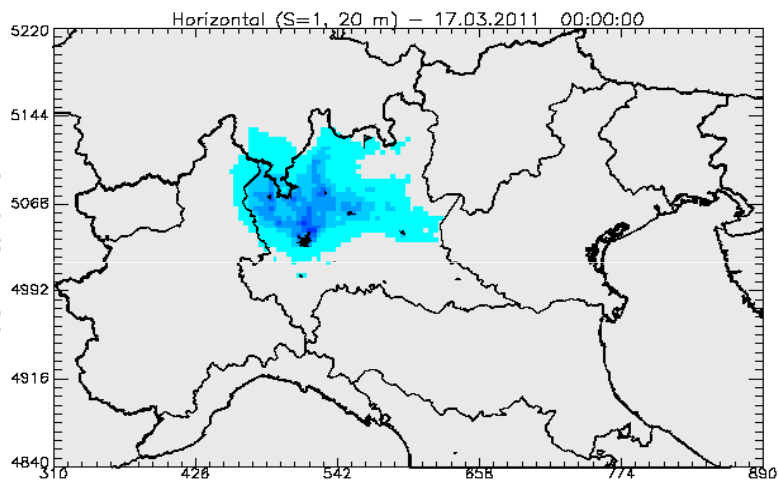


cerca

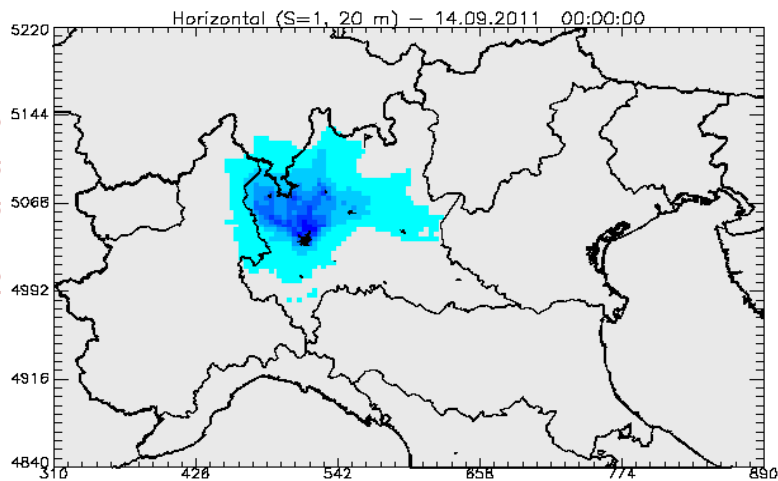
MIN = -0.05006 - Max = 0.002638 [ug/m3]

-25.0% NH₃ (Lombardia)

Scenario 13 – Scenario 0



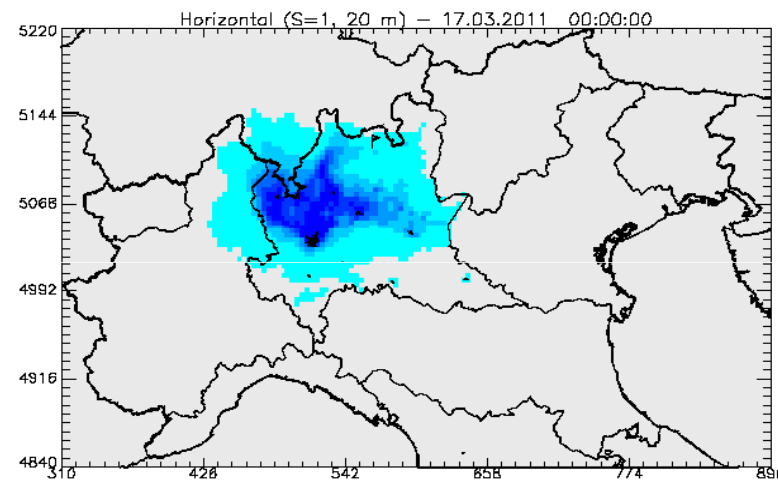
MIN = -0.06711 - Max = 0.002699 [ug/m3]



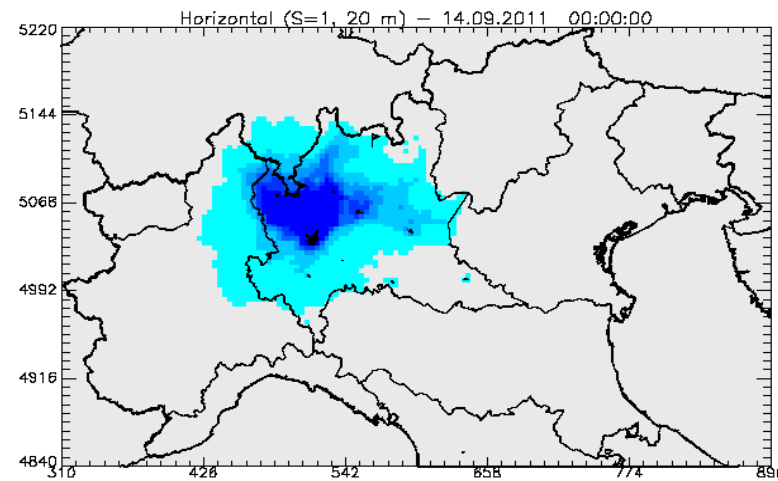
MIN = -0.1051 - Max = 0.002737 [ug/m3]

-50.0% NH₃ (Lombardia)

Scenario 14 – Scenario 0

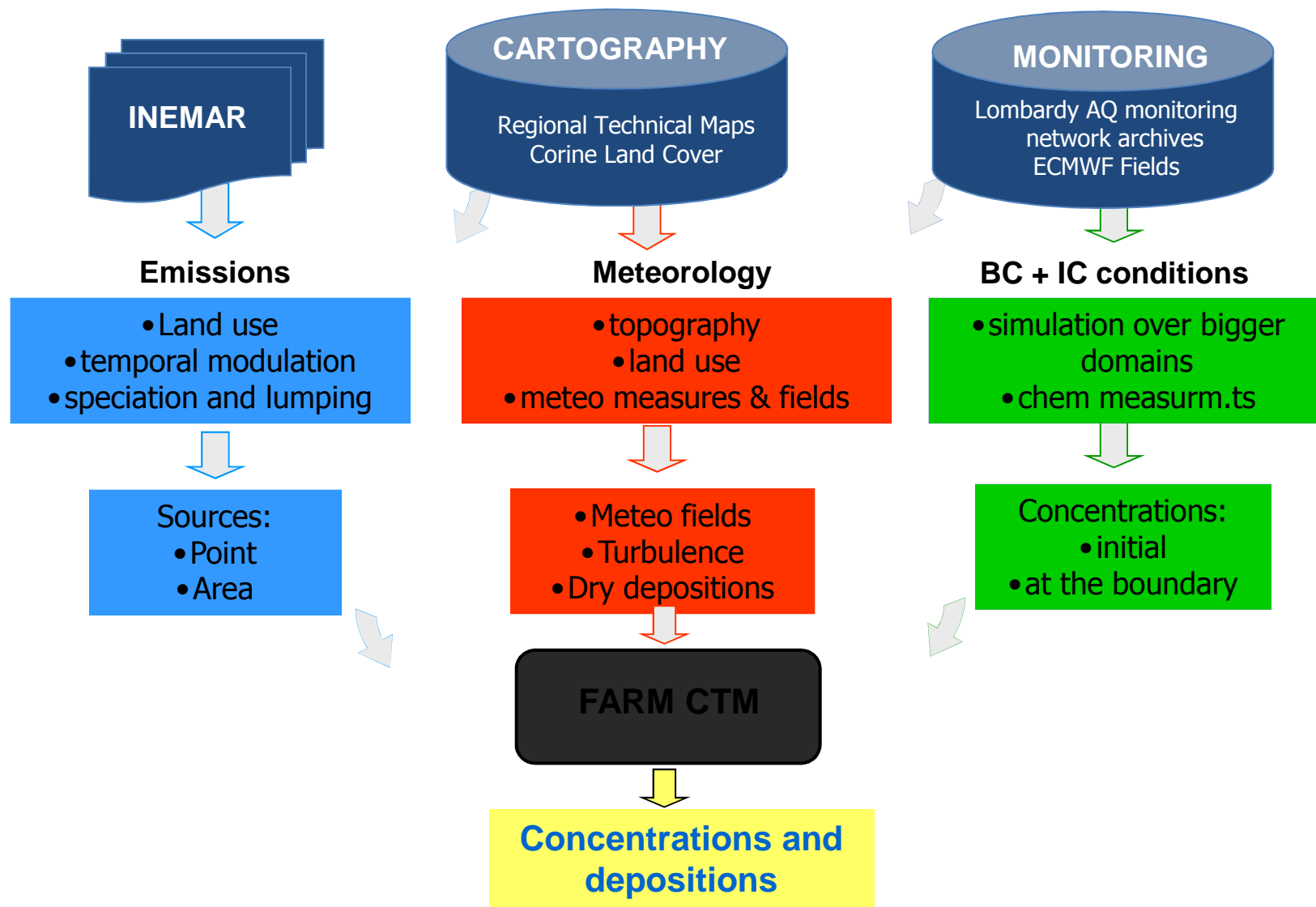


MIN = -0.1367 - Max = 0.001491 [ug/m3]



PM_{2.5}

Catena modellistica in uso presso ARPA



Simulazioni e misure di particolato: alcuni confronti in due aree del territorio lombardo

Milano Pascal - % sul PM_{2.5}

TC da misure	33% (28% OC e 5% EC)
--------------	----------------------

TC da simulazioni	29% (23% OC e 6% EC)
-------------------	----------------------

Cremona - % sul PM₁₀

NO ₃ , NH ₄ , SO ₄ da misure	42% (26% NO ₃ , 9% NH ₄ e 6% SO ₄)
---	--

NO ₃ , NH ₄ , SO ₄ da simulazioni	56% (27% NO ₃ , 14% NH ₄ e 16% SO ₄)
--	--