Verso un modello accoppiato meteorologia-chimica per la previsione della qualità dell’aria

Paolo Tuccella, Gabriele Curci, Domenico Cimini, Guido Visconti

Università degli Studi dell’Aquila

CETEMPS

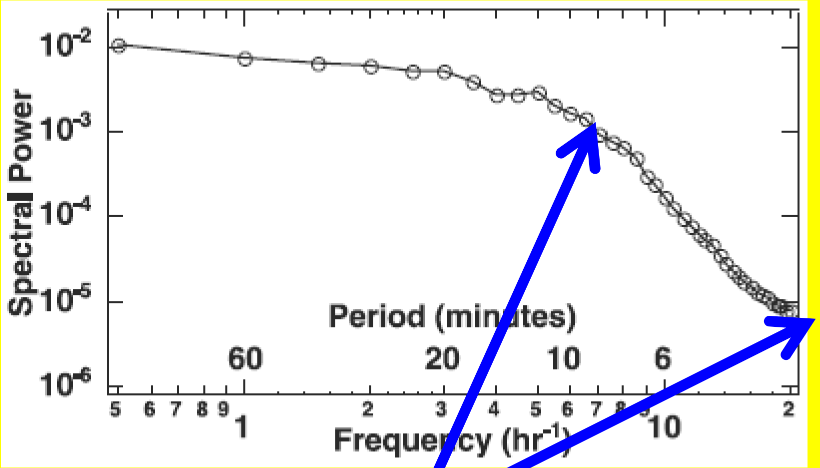
I CTMs COME MEZZO PER LA PREVISIONE DELLA QUALITA' DELL'ARIA

I sistemi di previsione in EUROPA

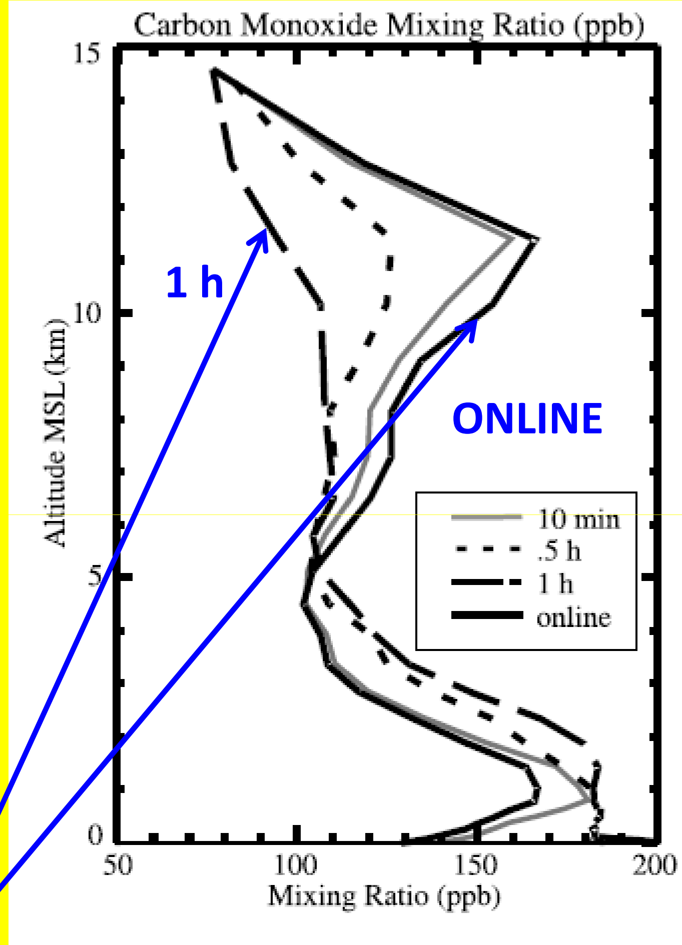
System name (URL)	Country	Meteo/CTM	Reference
CALIOPE (www.bsc.es/caliope)	Spain	WRF/CMAQ	Baldasano et al. (2008)
CAMx-AMWFG (forecast.uoa.gr)	Greece	SKIRON/CAMx	Kallos et al. (2007)
CETEMPS (pumpkin.aquila.infn.it/forechem/)	Italy	MM5/CHIMERE	Curci et al. (2008)
CHIMERE-DUST (www.lmd.polytechnique.fr/dust)	France	MM5/CHIMERE-DUST	Menut et al. (2009)
CHIMERE (MACC)	France	IFS/CHIMERE	Bessagnet et al. (2008)
EMEP-CWF (MACC)	Norway	IFS/EMEP	Simpson et al. (2003)
EURAD (MACC) (www.eurad.uni-koeln.de)	Germany	MM5/EURAD-CTM	Elbern and Schmidt (2001)
FARM (www.aria-net.eu/QualeAria/)	Italy	RAMS/FARM	Zanini et al. (2005)
HIRLAM/MATCH (www.airviro.smhi.se/MATCH-AQ)	Sweden	HIRLAM/MATCH	Robertson et al. (1999)
LOTOS-EUROS (MACC)	Netherlands	LOTOS-EUROS	Schaap et al. (2008)
MATCH (MACC)	Sweden	IFS/MATCH	Robertson et al. (1999)
MOCAGE (MACC)	France	IFS/MOCAGE	Michou and Peuch (2002)
OPANA (artico.lma.fi.upm.es)	Spain	MM5/CMAQ	Cooter and Hutzell (2002)
PREV'AIR (www.prevair.org)	France	MM5/CHIMERE	Rouïl et al. (2009)
		ARPEGE-ALADIN/MOCAGE	Dufour et al. (2004)
PREVISAO-QAR (www.dao.ua.pt/gemac/previsao_qar)	Portugal	MM5/CHIMERE	Monteiro et al. (2005)
RCG (www.trumf.de)	Germany	REM/CALGRID	Stern et al. (2003)
SILAM (MACC) (silam.fmi.fi)	Finland	HIRLAM/SILAM	Sofiev et al. (2006)
SKIRON/Dust (forecast.uoa.gr)	Greece	SKIRON	Kallos et al. (2007)
SMOGPROG (www.lml.rivm.nl/data/smogprog)	Netherlands	LOTOS-EUROS, CHIMERE	Schaap et al. (2008)
THOR (thor.dmu.dk)	Denmark	ETA/DEHM	Frohn and Brandt (2006)
UK AQ forecast (www.airquality.co.uk)	United Kingdom	ECMWF/NAME	Ryall and Maryon (1998)
WRF-CHIMERE (www.lmd.polytechnique.fr/cosy)	France	WRF/CHIMERE	Vautard et al. (2001)
ZAM (www.zamg.ac.at)	Austria	ALADIN/CAMx	Hirtl et al. (2007)
TAU (wind.tau.ac.il/dust8/dust.html)	Israel	MM5/DREAM	Kishcha et al. (2007)

[Menut and Bessagnet, *Ann. Geophys.*, 2010]

VANTAGGI DEI MODELLI "ONLINE"



LA MAGGIOR PARTE DELLA VARIABILITA' E' CONTENUTA NELLE ALTE FREQUENZE DEL MOTO



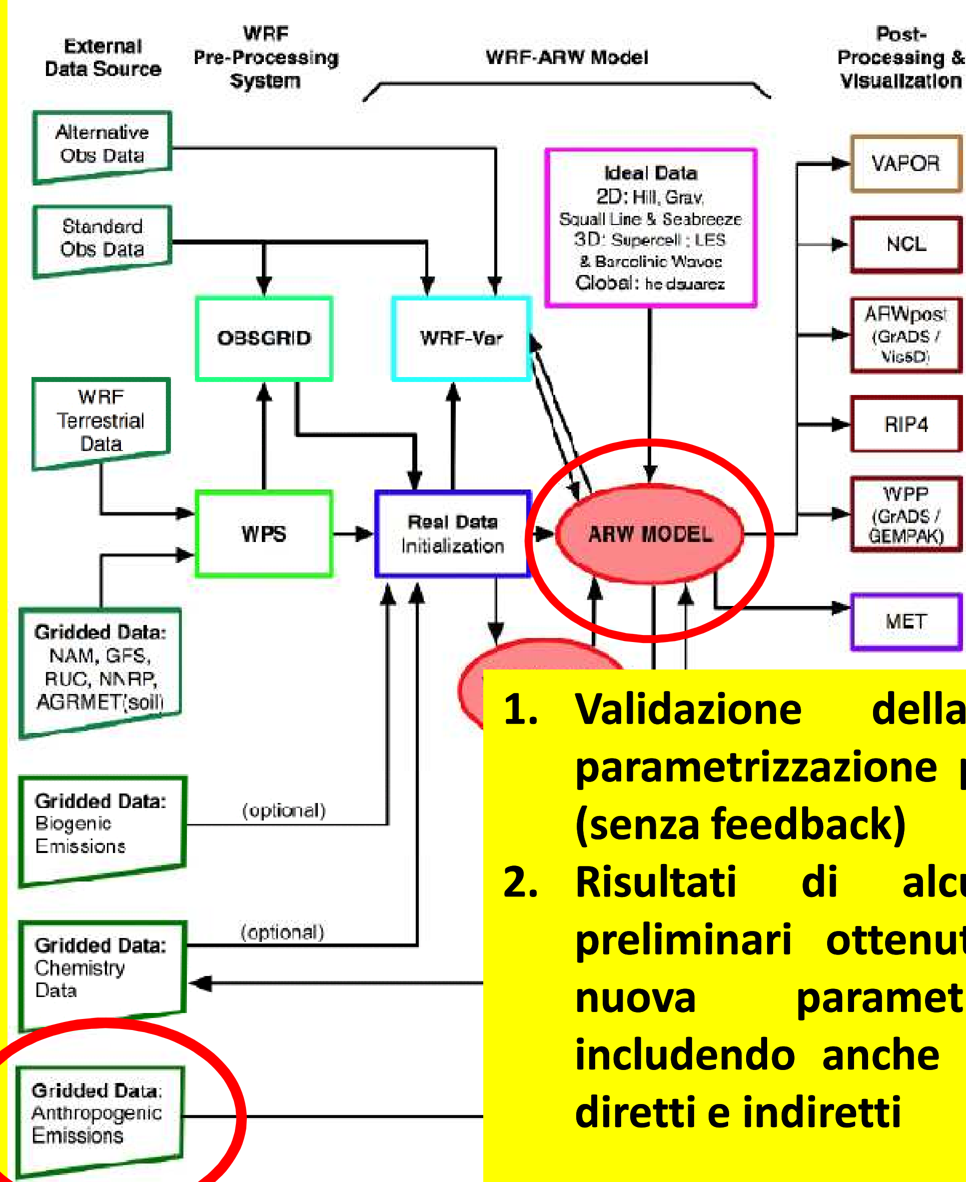
ERRORI PIU' GRANDI NEI MODELLI "OFFLINE" RISPETTO AGLI "ONLINE" NELLA RIDISTRIBUZIONE VERTICALE DELLA MASSA

[Grell et al., *JRL* 2004]

IL MODELLO WRF/CHEM

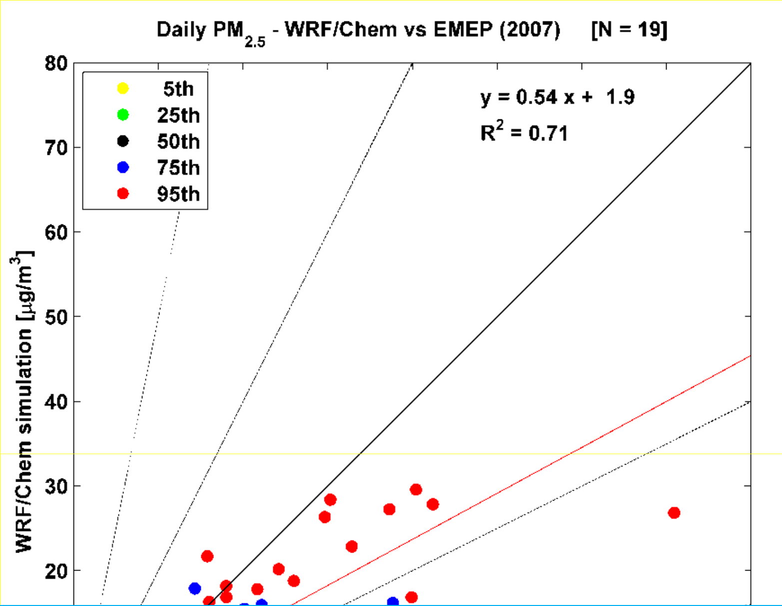
COSTRUZIONE DELL'INVENTARIO DELLE EMISSIONI ANTROPOGENICHE PER L'EUROPA.

IMPLEMENTAZIONE DEGLI EFFETTI DIRETTI E INDIRETTI DEGLI AEROSOLS NELLA PARAMETRIZZAZIONE PER I SOA



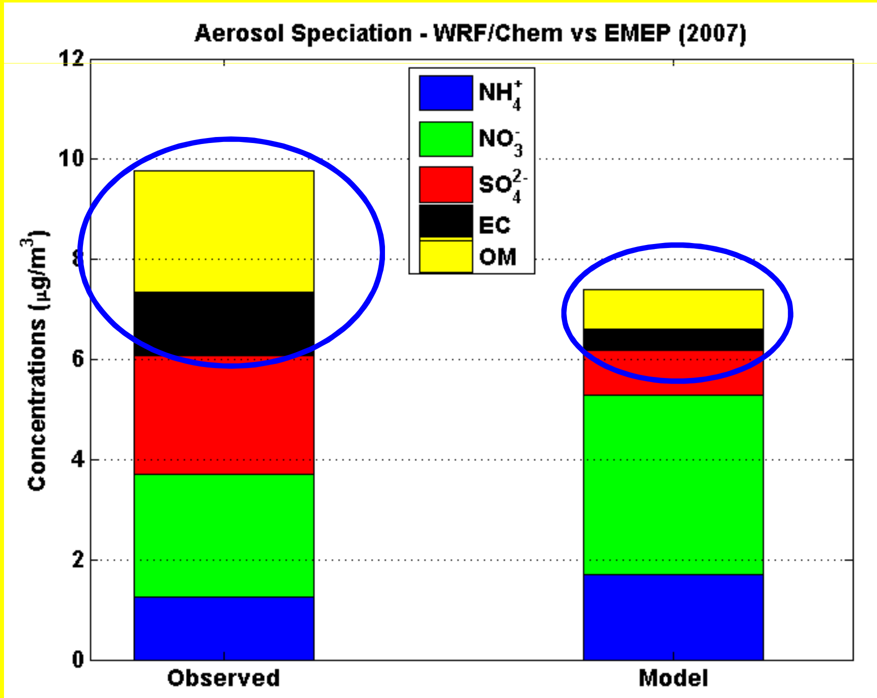
1. **Validazione della nuova parametrizzazione per i SOA (senza feedback)**
2. **Risultati di alcuni test preliminari ottenuti con la nuova parametrizzazione includendo anche gli effetti diretti e indiretti**

PERCHE' UN NUOVO MECCANISMO CHIMICO? UNO SGUARDO AGLI AEROSOL CARBONACEI



Con lo schema classico, il MADE/SORGAM, la massa del PM2.5 è sottostimata di un fattore 2.

La sottostima è dovuta agli aerosol carbonacei. L'OM è sottostimata del 76%!!!



[Tuccella et al., JGR, 2012]

EMISSIONI ANTROPICHE

1. **Emissioni totali annuali EMEP (Programma Europeo Monitoraggio Inquinamento) di**

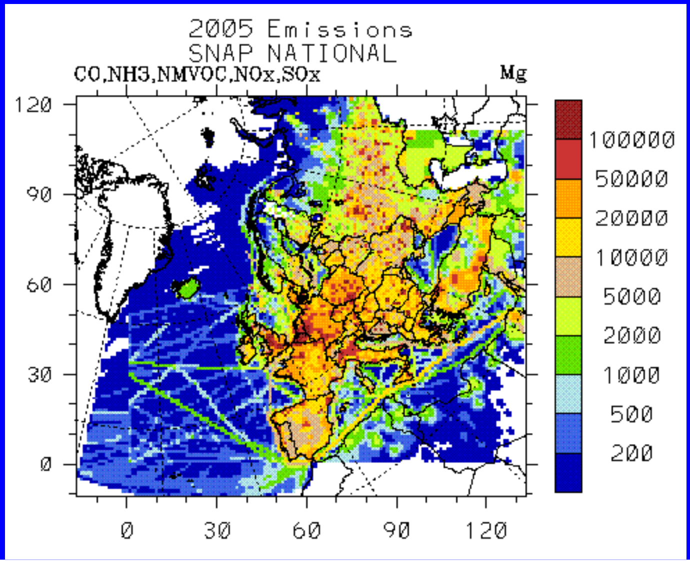
   CO, NH_3, SO_2, NO_x, Σ VOC, PM

2. **Corrispondenza tra le specie emesse e le specie modello:**

CO → CO
NOx → Nox
NH_3 → NH_3
SOx → SO_2 (95%), SO_4 (5%)
PM → 20% PM fine, 80% PM accumulazione

3. **Composti Organici Volatili (VOC):**

VOC→ ???



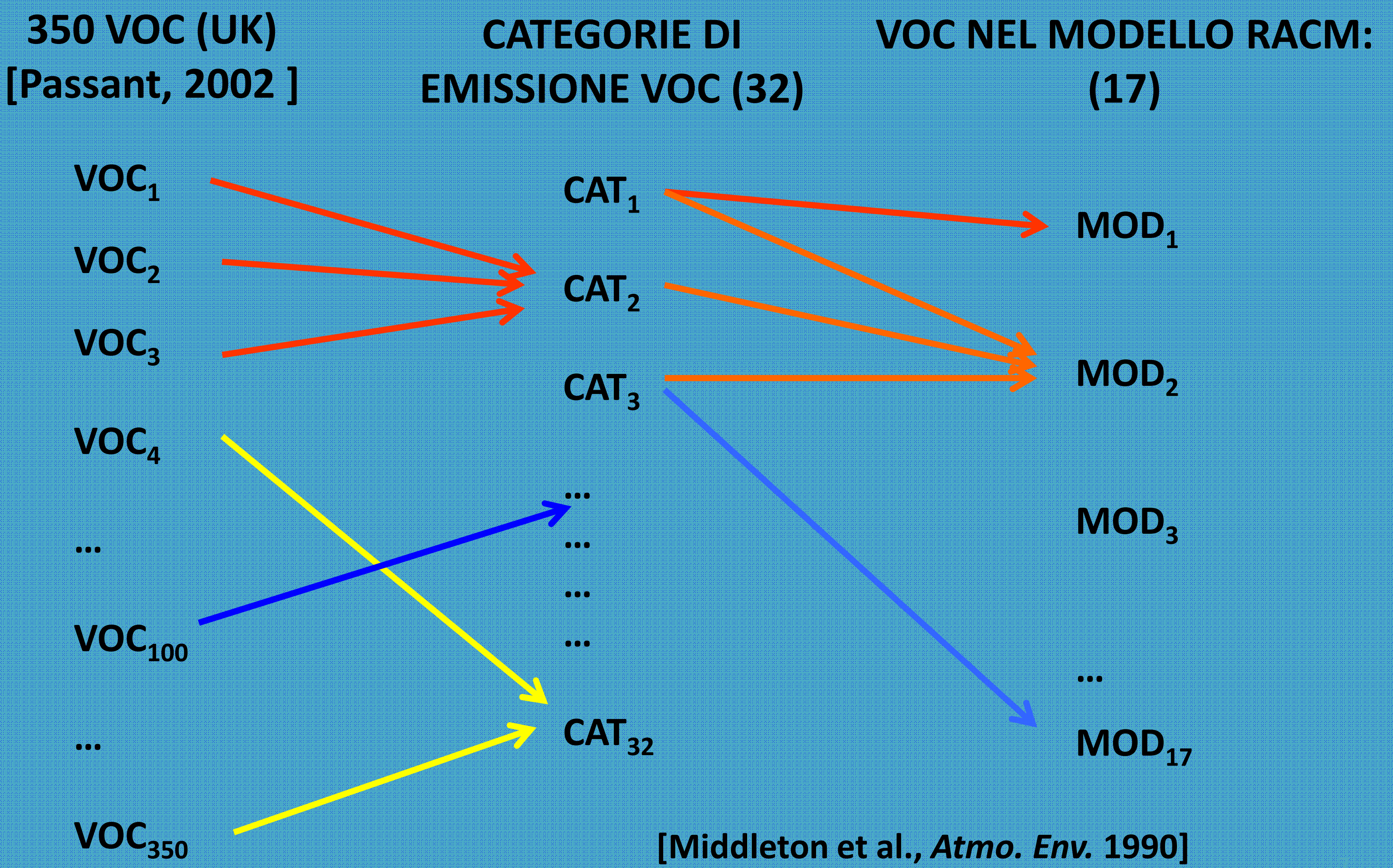
Diverse centinaia di VOC!!!

1. **Non si conosce la degradazione chimica di molti**
2. **Limiti computazionali**

AGGREGAZIONE

[Middleton et al., *Atmo. Env.* 1990]

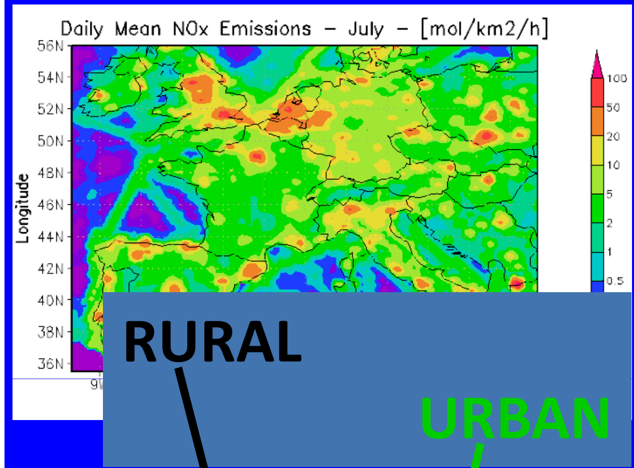
VOC: DA CENTINAIA A 17 SPECIE MODELLO

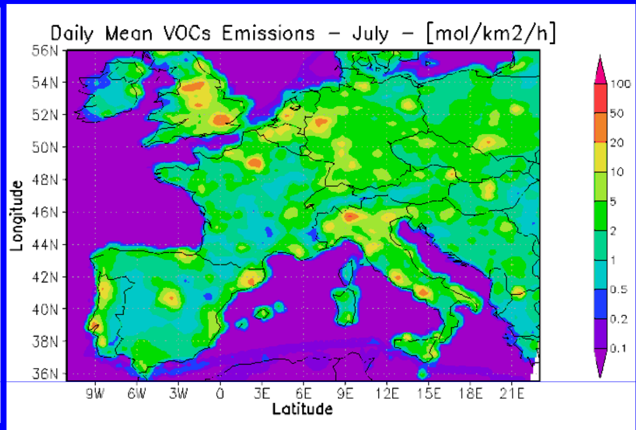


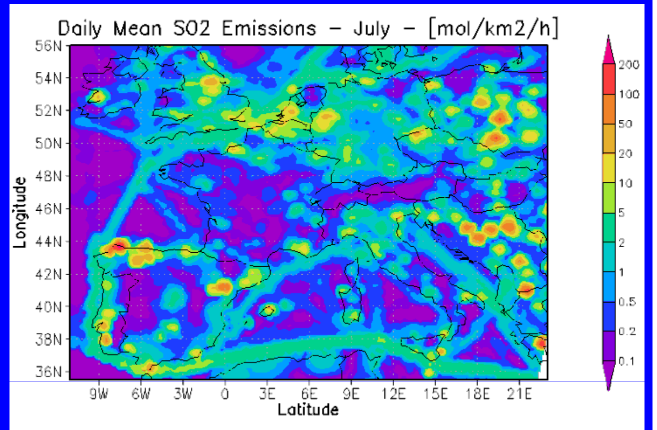
[Middleton et al., *Atmo. Env.* 1990]

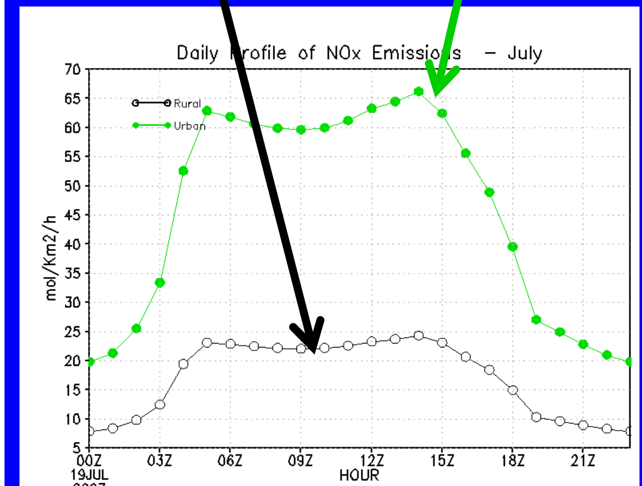
ESEMPI IN UN GIORNO SETTIMANALE

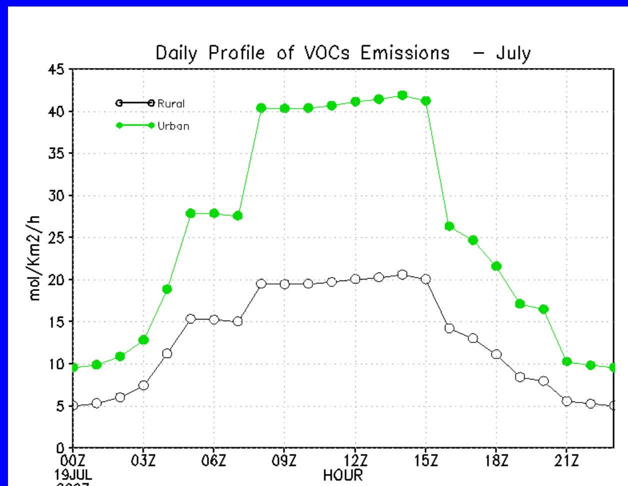
NOx | VOCs | SO_2

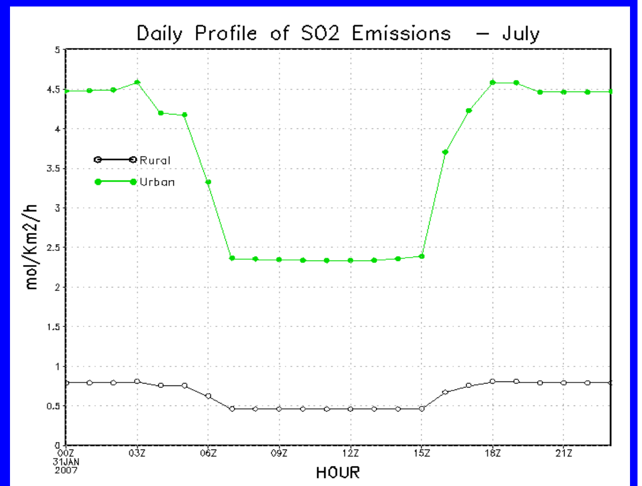












WRF/CHEM SETUP

- **Period:** May-June 2003.
- **Resolution:** 30 Km, 28 vertical levels (p_top = 50 hPa, 15-16 Km).
- **Initial and boundary meteorological conditions:** NCEP analysis (every 6 hours).
- **Initial and boundary chemical conditions:** climatological profiles.

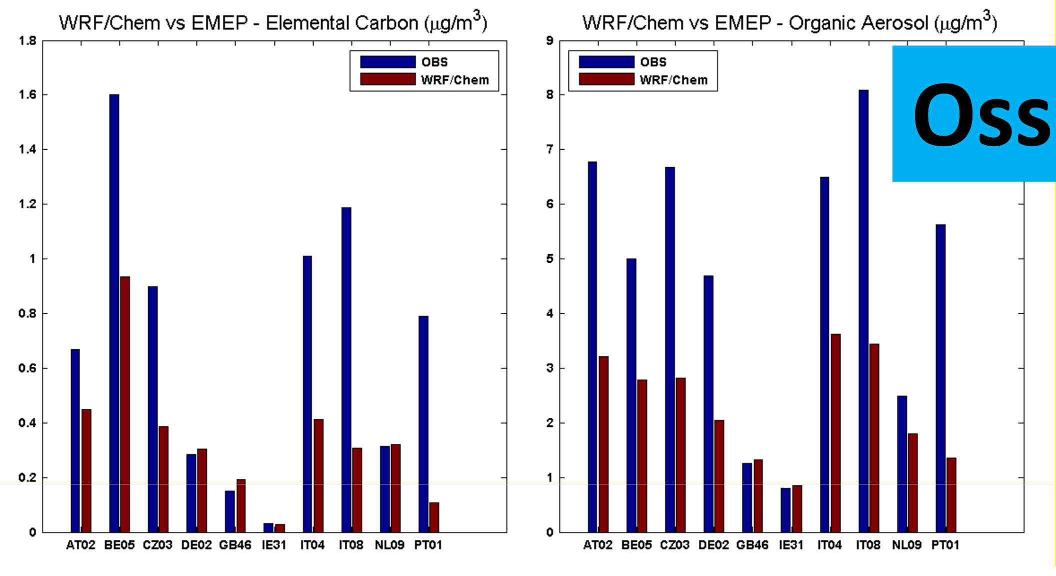
PHYSICAL PROCESS	WRF/CHEM OPTION
MICROPHYSIC	MORRISON
LONGWAWE	RRTM
SHORTWAWE	GODDARD
SURFACE LAYER	MONIN-OBUKHOV
LAND SURFACE	NOAH LSM
PBL	MYNN LEVEL 2.5 PBL
CUMULUS CLOUDS	G3
PHOTOLYSIS	MADRONICH
BIOGENIC EMISSIONS	MEGAN
WET DEPOSITION	INCLUDED
FEEDBACK	NO

MECCANISMO CHIMICO: RACM

AEROSOL: MADE-VBS

[Hamadov et al., *JGR*, 2012]

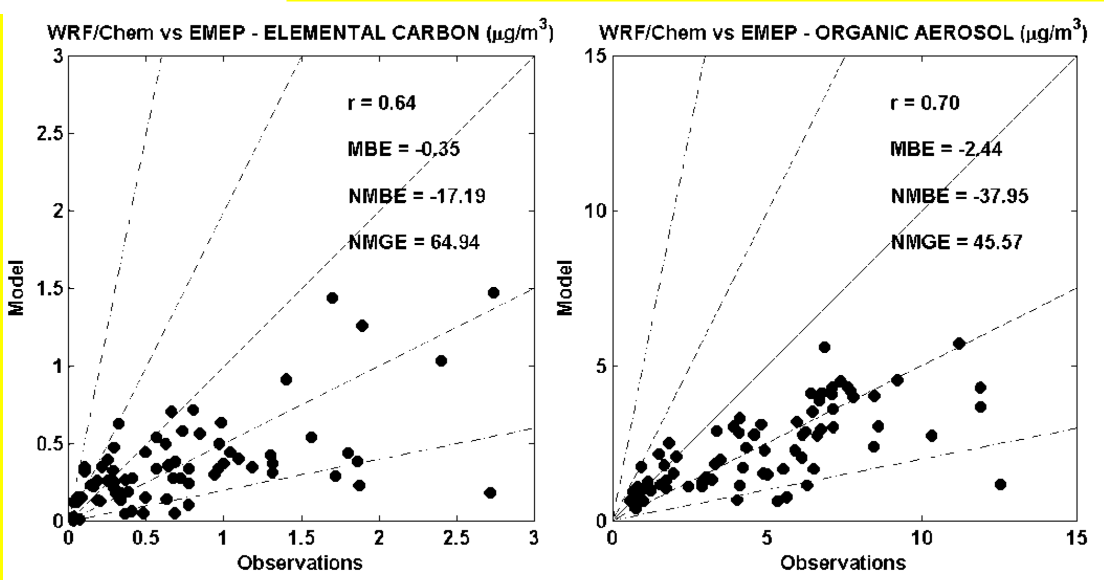
WRF/CHEM vs EC/OC EMEP DATA (CAMPAGNA 2002-2003)



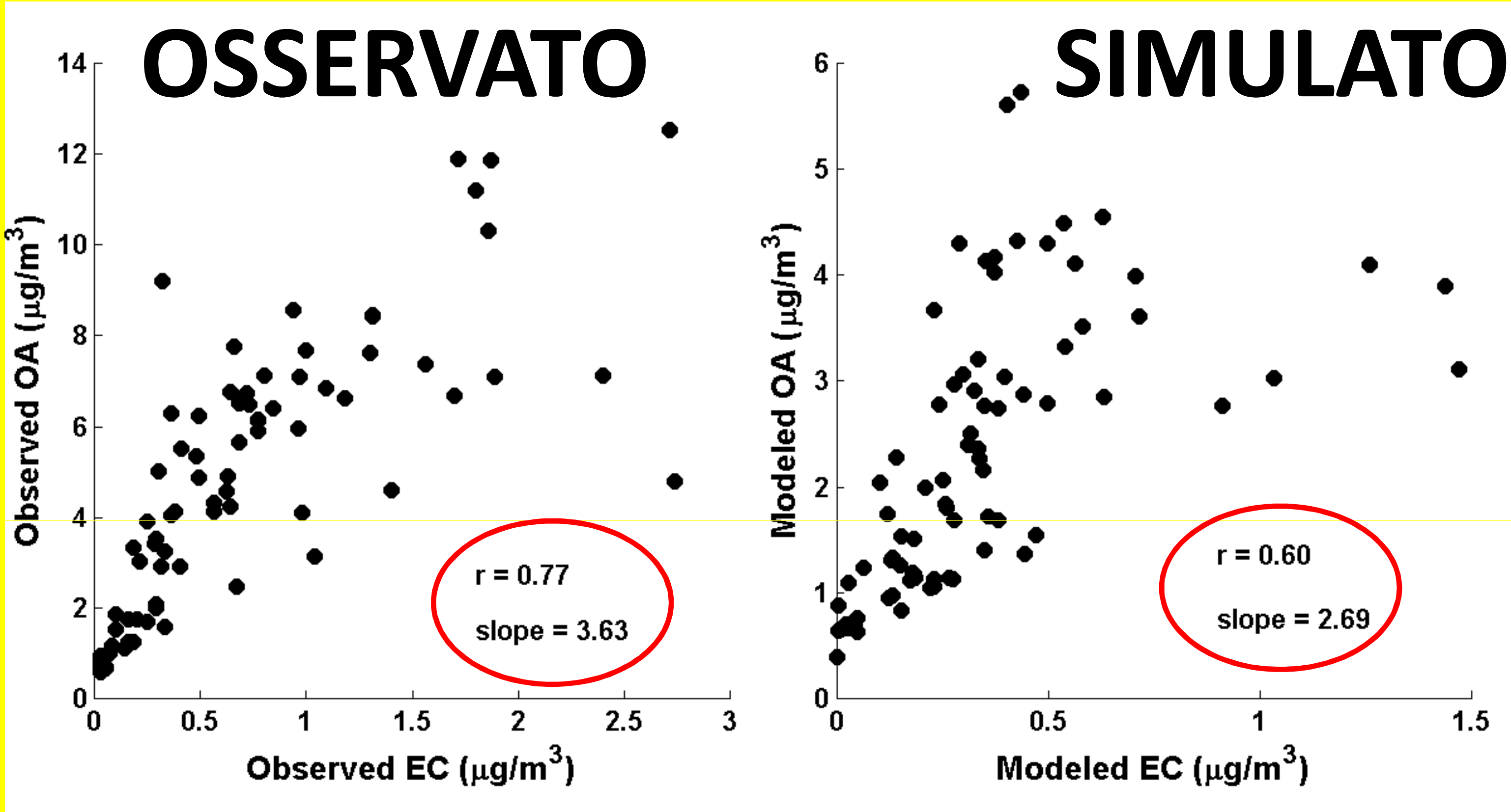
Osservato OM = 1.6 OC

EC: r=0.64 bias=-17%

OA: r=0.70 bias=-38%

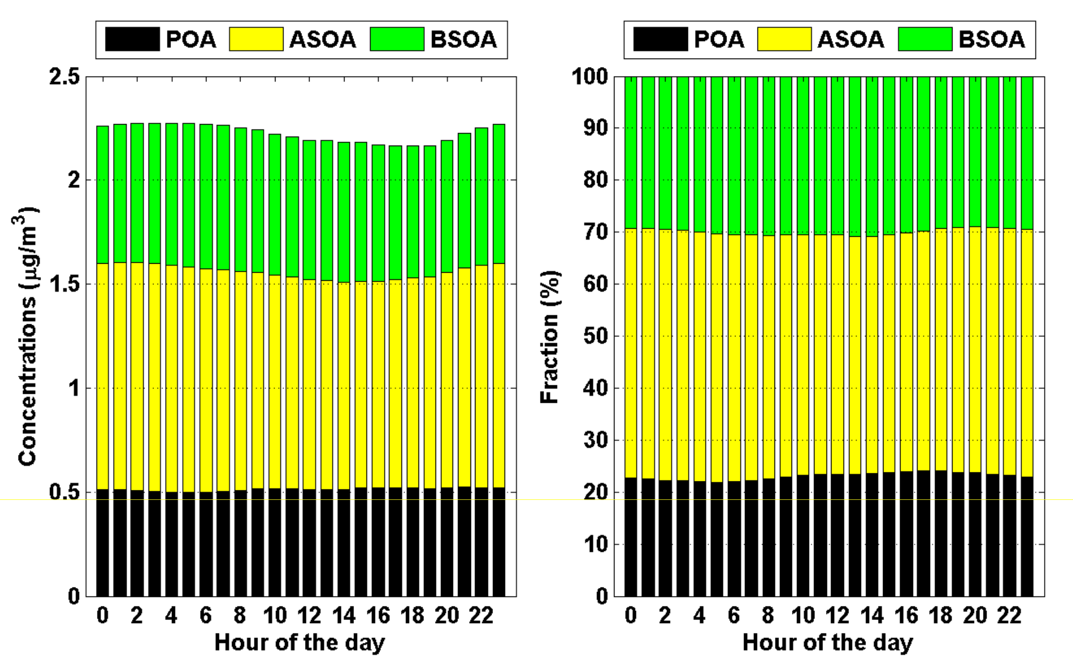


WRF/CHEM vs EC/OC EMEP DATA: OM:EC RATIO



WRF/Chem sottostima la correlazione la pendenza del rapporto OM:EC osservati

VARIAZIONE DIURNA DELLA COMPOSIZIONE DELL'OM PREDETTA SULLE STAZIONI EMEP



1. Primario (POA)
2. Antropogenico secondario (ASOA)
3. Biogenico secondario (BSOA)

La composizione dell'OM simulata è costante per quasi tutto il giorno.

Rapporto SOA/OM: 80%, al limite del 50-80% osservato sull'Europa [Jiminez et al., *Science*, 2009]

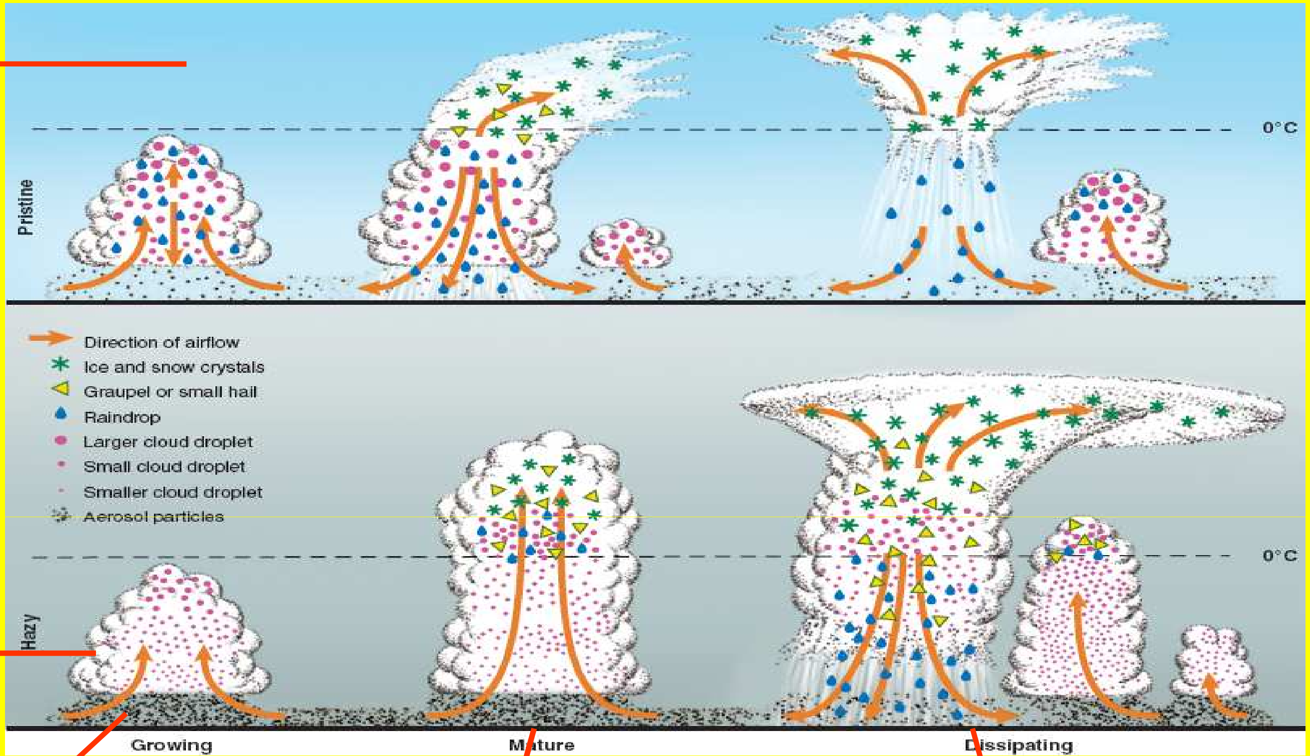
BSOA/SOA: 30% (50-60% Sud Europa), in linea con altri studi [Bessagnat et al., *J. Atmos. Chem.*, 2008]

INTERAZIONE RADIAZIONE-AEROSOL-NUBI

Sviluppo di nubi e di pioggia in un'atmosfera "pulita".

Effetto Twomey: molte più particelle aumentano l'albedo

Rallentamento della conversione da cloud-droplet a rain-droplet



Ritardo nella precipitazione: invigorimento della nube.

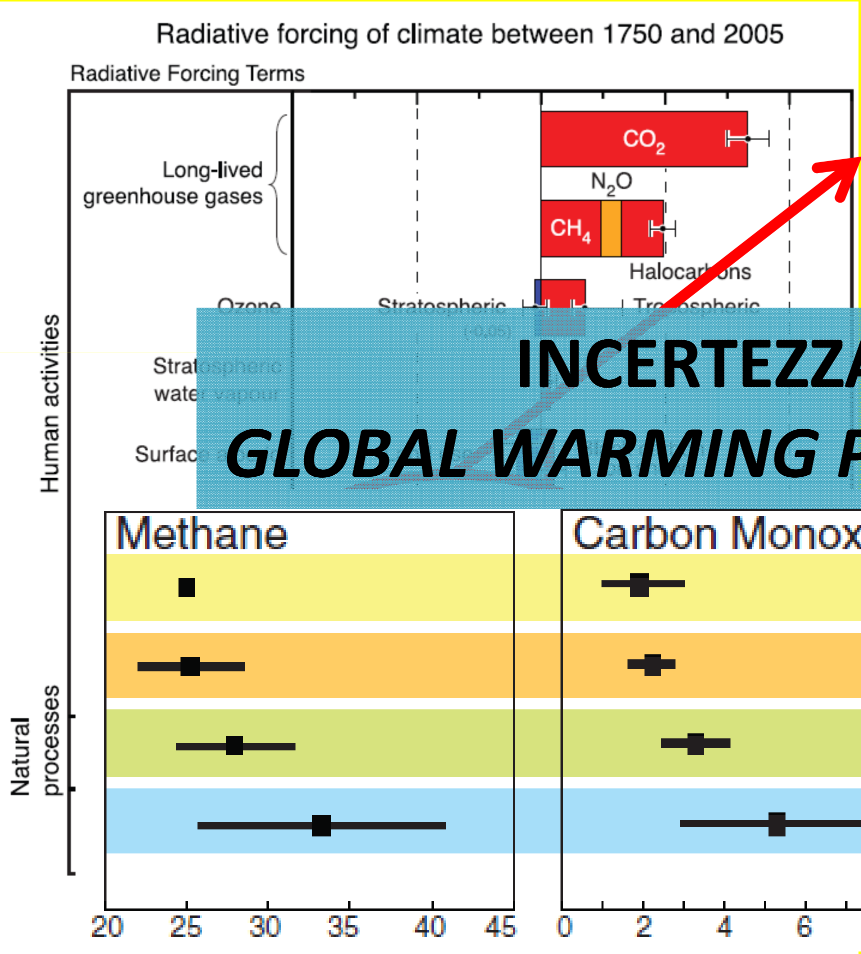
L'acqua condensata congela e rilascia calore latente. Precipitando si scioglie e assorbe calore negli strati bassi.

Aumento del trasporto di calore. Più consumo di CAPE: maggiore energia cinetica

[Rosenfeld et al., *Science*, 2008.]

INCERTEZZE DEGLI AEROSOL SUL CLIMA

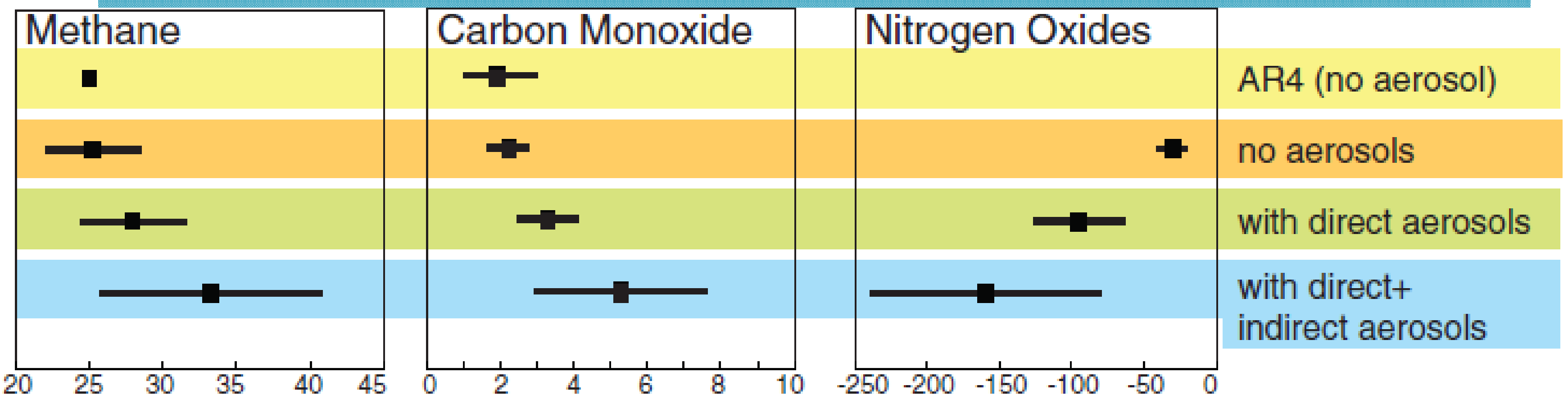
Forcing radiativo del clima
1750-2005



Incertezza Forcing degli Aerosol:

Diretto: -0.04 ÷ -0.80 W/m^2
Indiretto: -0.22 ÷ -1.85 W/m^2

INCERTEZZA SULLA STIMA DEL
GLOBAL WARMING POTENTIAL DEL CH_4, CO E N_2O



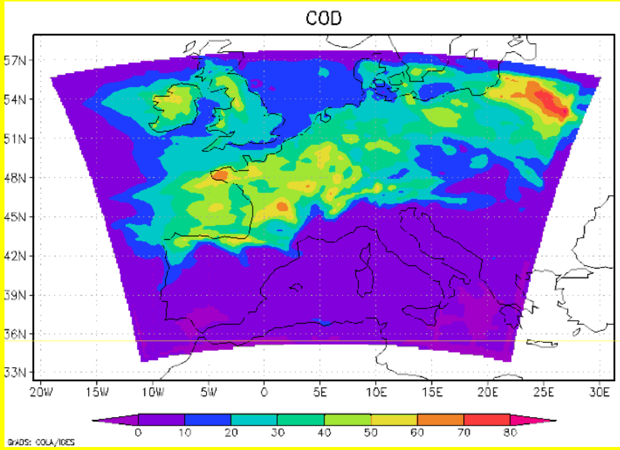
[IPCC, 2007]

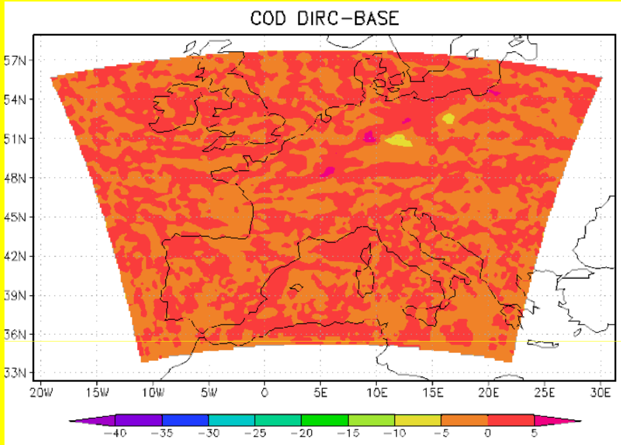
[Schindell et al., *Science*, 2009]

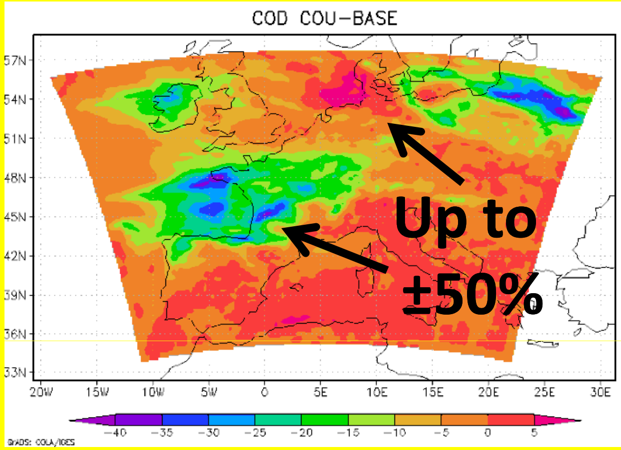
EFFETTI DEL FORCING DIRETTO E INDIRETTO

CTRL | **Δ DIRETTI** | **Δ DIRETTI+ INDIRETTI**

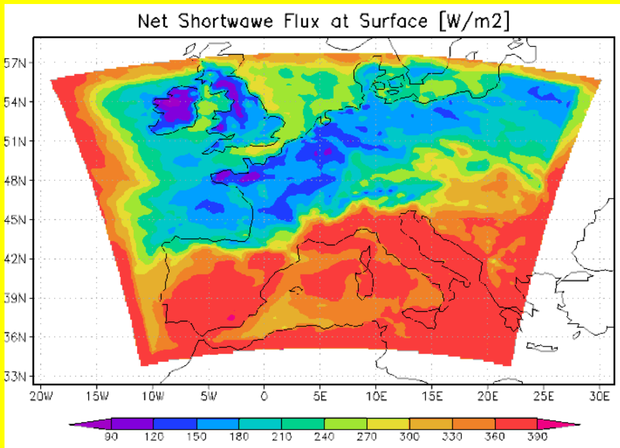
SPESSORE OTTICO DELLE NUBI

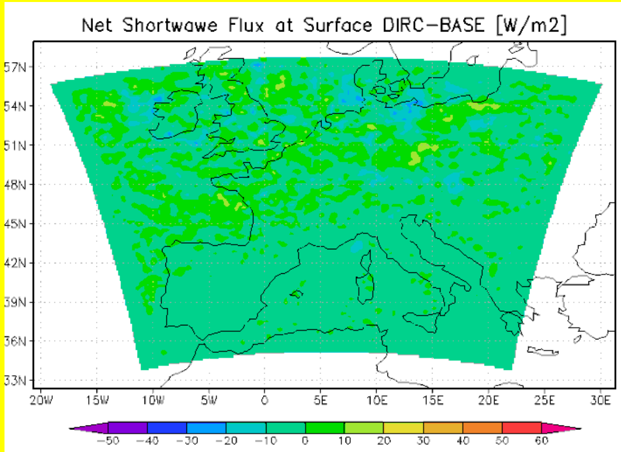


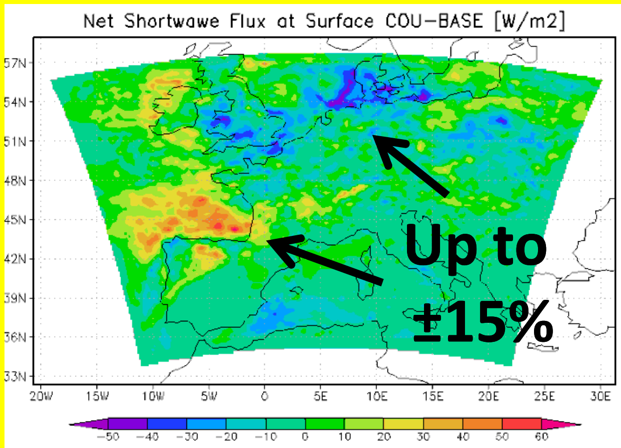




IMPATTO SULLA RADIAZIONE AD ONDE CORTE



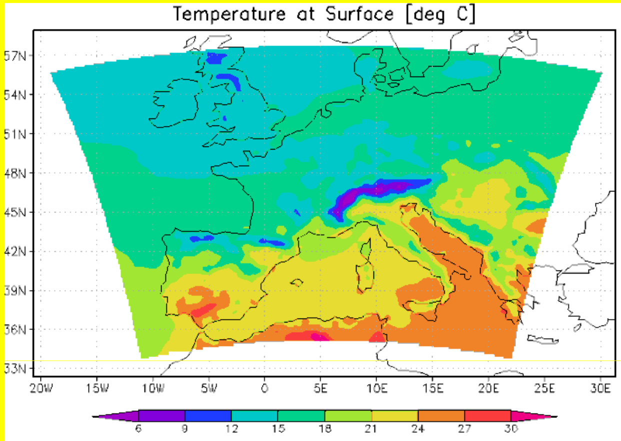


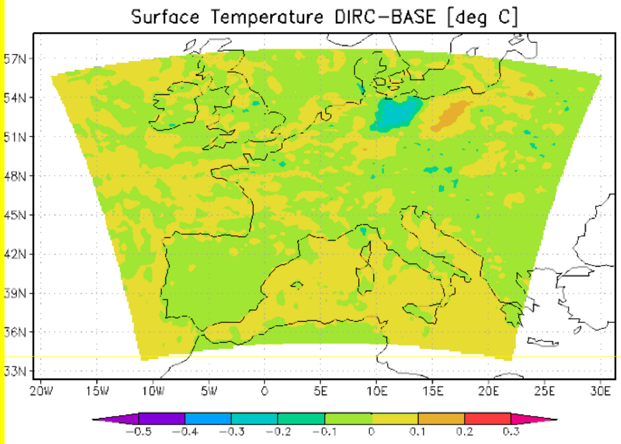


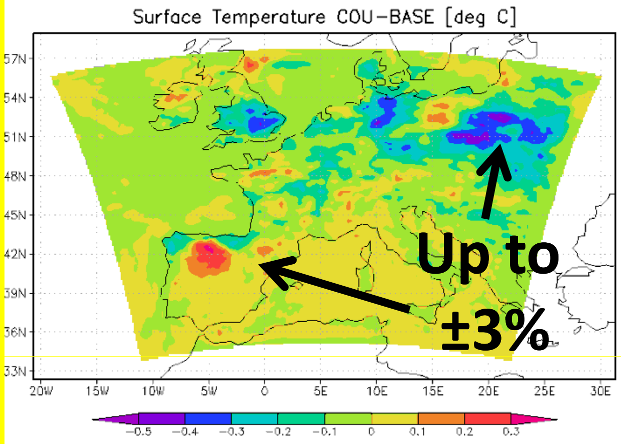
EFFETTI DEL FORCING DIRETTO E INDIRETTO

CTRL | Δ DIRETTI | Δ DIRETTI+ INDIRETTI

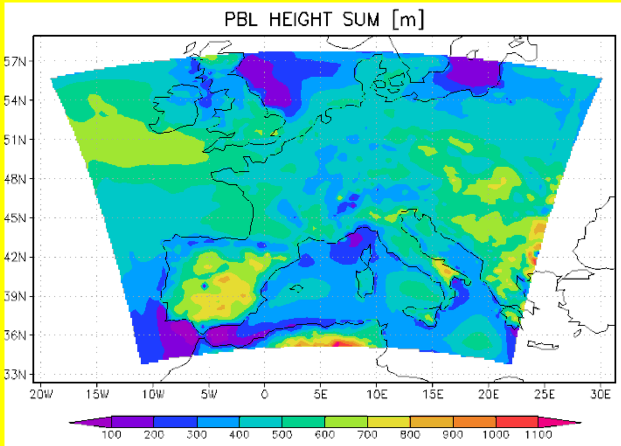
TEMPERATURA A 2m

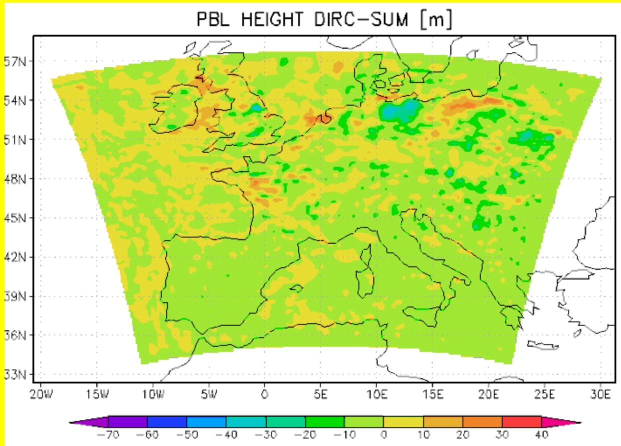


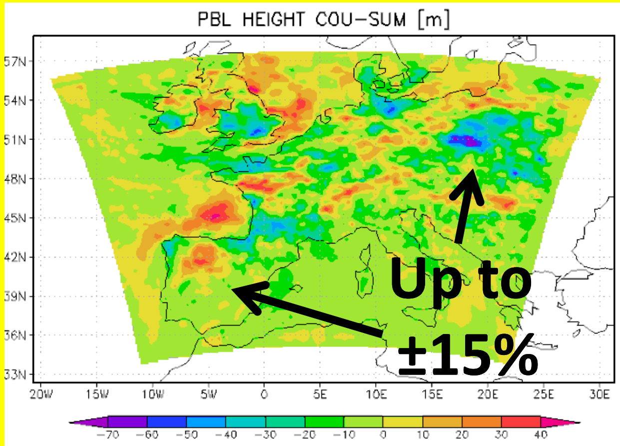




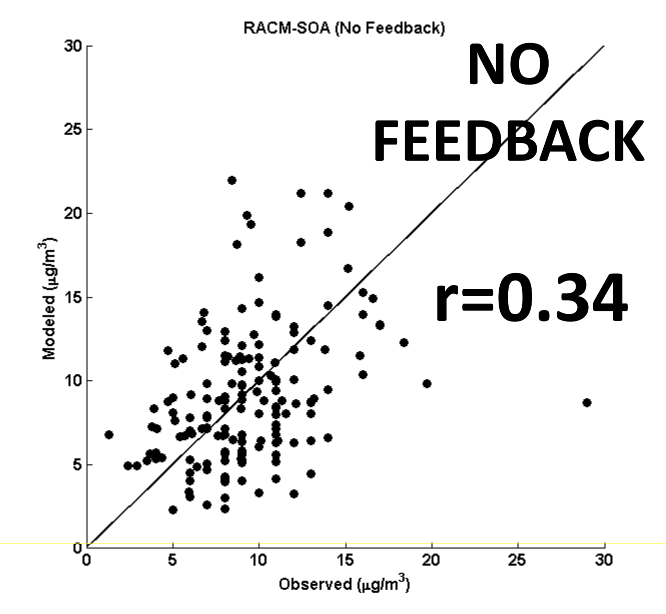
ALTEZZA DEL PBL

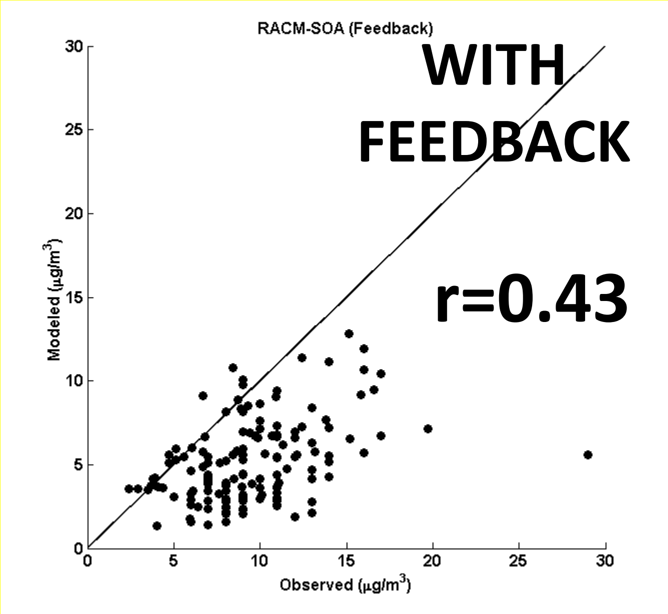






PM2.5: WRF/Chem vs EMEP (10-19 May 2003)

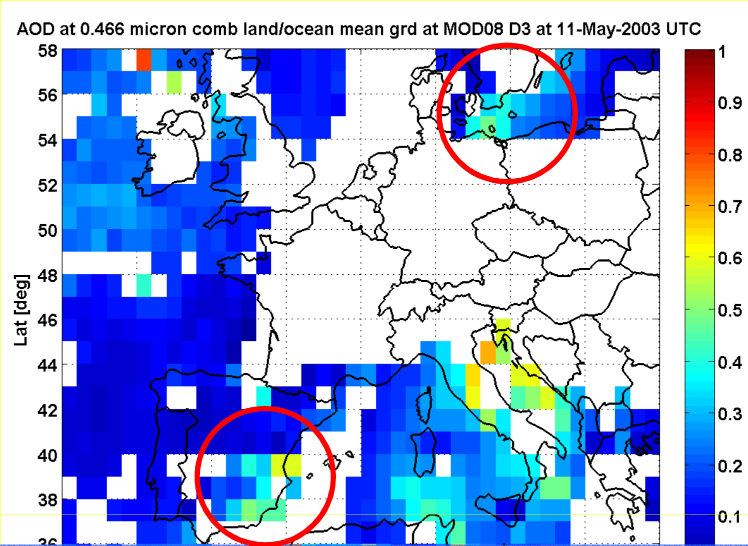




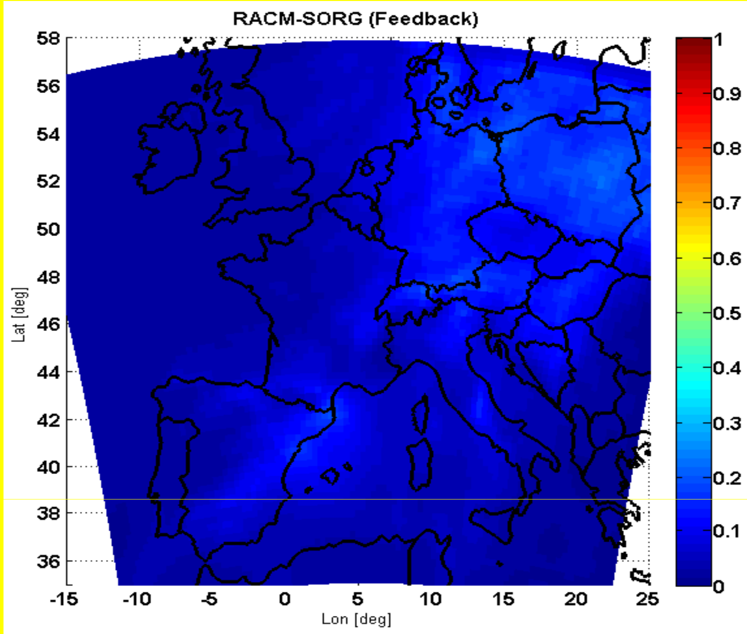
La simulazione del PM2.5 migliora aggiungendo gli effetti diretti e indiretti: La correlazione aumenta e lo spread dei dati diminuisce

AOT@400 nm: WRF/Chem vs MODIS (11/05/2003)

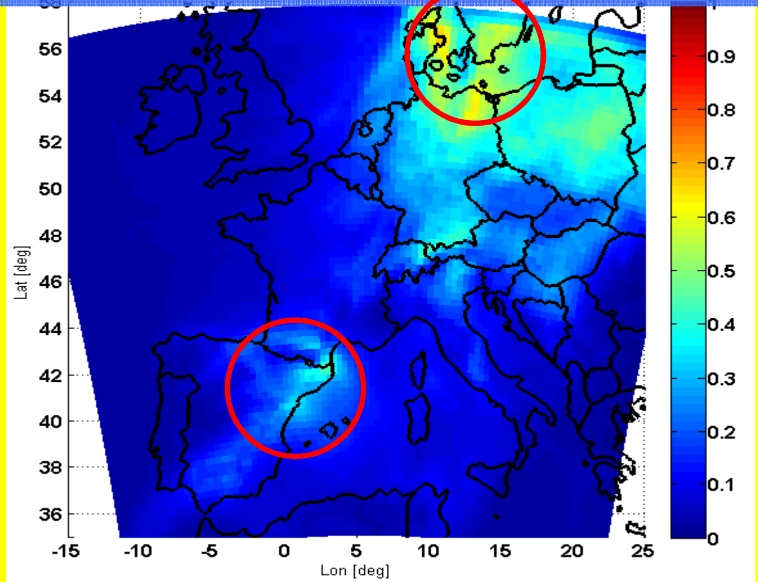
MODIS



SORGAM con FEEDBACK



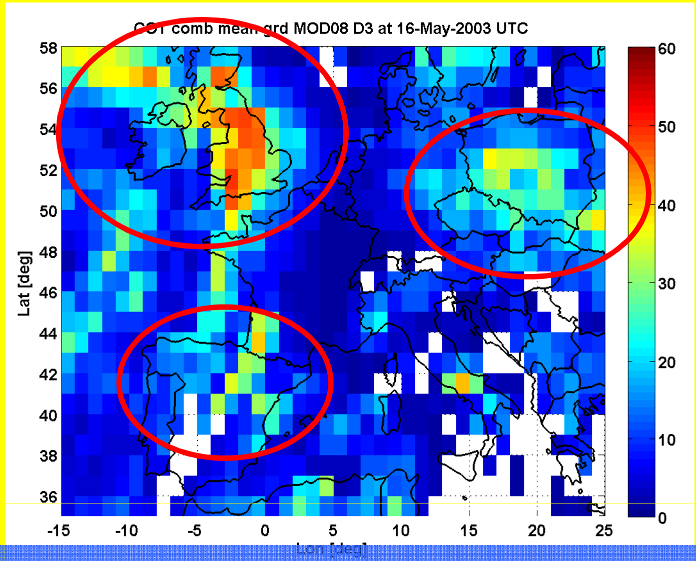
NEW SOA con FEEDBACK



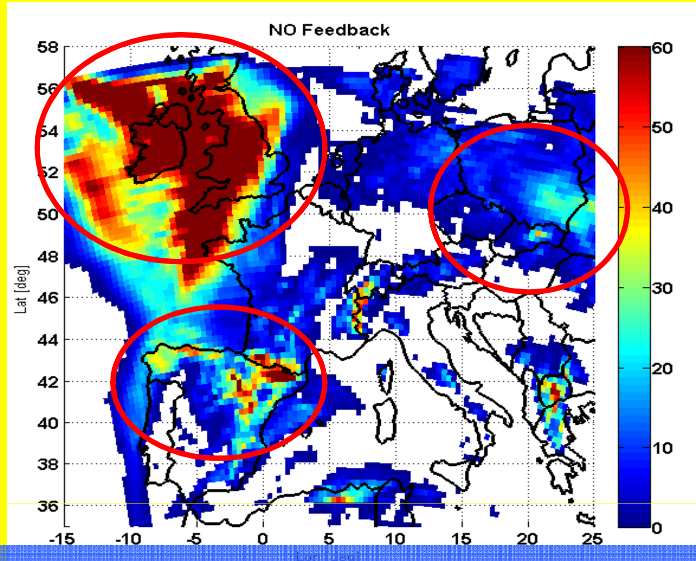
Con la nuova parametrizzazione per i SOA il modello cattura meglio la variabilità dell' AOT

COT: WRF/Chem vs MODIS (16/05/2003)

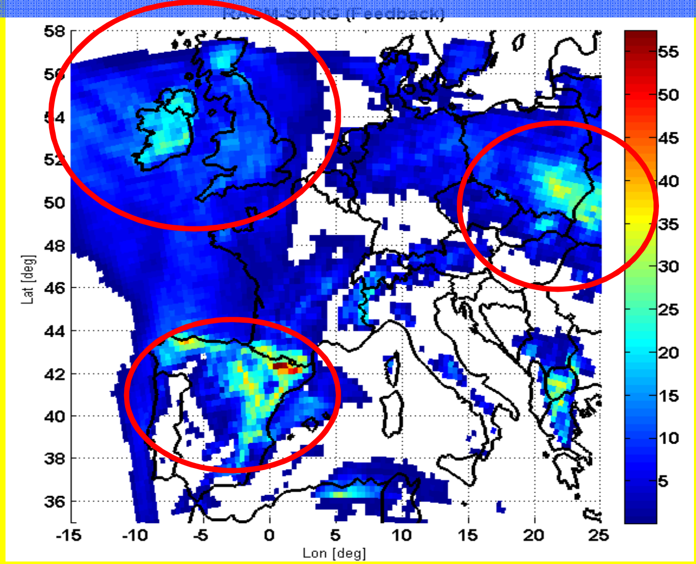
MODIS



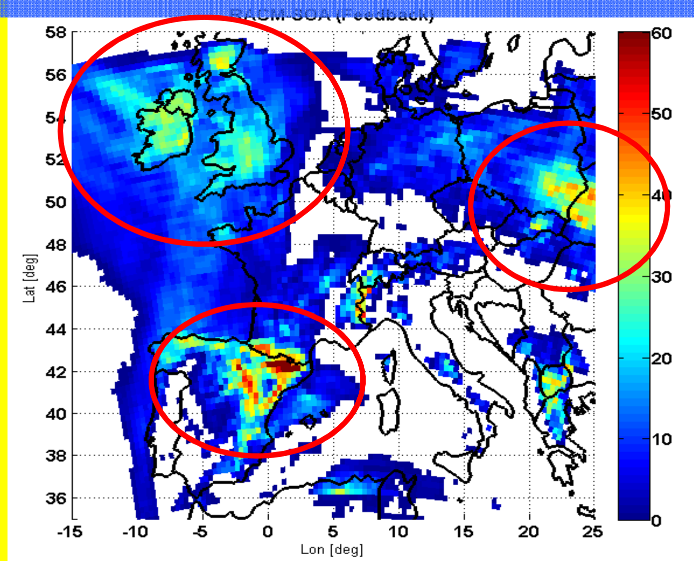
NO FEEDBACK



SORGAM con FEEDBACK



NEW SOA con FEEDBACK



SVILUPPI FUTURI

1. **Implementazione di un inventario per le emissioni con risoluzione maggiore rispetto all'EMEP (TNO ed EDGAR)**
2. **Utilizzo del modello ad alta risoluzione a scala regionale (10 e 2 Km)**
3. **Operatività del WRF/Chem sull'Italia parallelamente a MM5/CHIMERE (pumpkin.aquila.infn.it/forechem)**