



# Modelització i simulació fotoquímica mesoscalar del transport del material particulat i gasos a l'atmosfera

Raúl Arasa Agudo

**ADVERTIMENT.** La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX ([www.tdx.cat](http://www.tdx.cat)) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

**ADVERTENCIA.** La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR ([www.tdx.cat](http://www.tdx.cat)) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

**WARNING.** On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX ([www.tdx.cat](http://www.tdx.cat)) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.

---

# **Modelització i simulació fotoquímica mesoscalar del transport del material particulat i gasos a l'atmosfera**

**Memòria realitzada per Raúl Arasa Agudo per optar al grau  
de Doctor en Ciències Físiques.**

**Programa de Doctorat: Meteorologia (2007-2011)**

**Barcelona, Juny de 2011**

**Doctorand:**

**Raúl Arasa Agudo**

**Directora:**

**Dra. Maria Rosa Soler Duffour**

**Departament d'Astronomia i Meteorologia  
Universitat de Barcelona**



## 4. Contribucions al Model Numèric d'Emissions per la Qualitat de l'Aire MNEQA

Anteriorment en aquesta tesi s'ha explicat la necessitat de disposar d'un model d'emissions que proporcionés les emissions necessàries per al posterior acoblament a un model fotoquímic que permetés pronosticar la qualitat de l'aire de la regió a estudi. Les emissions són la entrada fonamental del model acoblat de qualitat de l'aire ja que variacions en les emissions suposen importants variacions en els camps de concentració dels contaminants pronosticats pel sistema. Per aquest motiu el grup (MAiR) on el doctorand ha desenvolupat la tasca de recerca va decidir i apostar per a la implementació d'un propi model amb aquestes característiques, de forma que diversos integrants del grup han participat durant anys de la creació i desenvolupament del model MNEQA. De forma més intensa i en els estadis inicials del procés de creació, MNEQA es crea gràcies a la recerca desenvolupada per la Dra. Ortega (Ortega, 2009a), a partir de la qual el doctorand inicia la seva contribució.

Per les característiques d'aquest tipus de models i per la necessitat d'actualització contínua del sistema de modelització, el doctorand ha contribuït a aquest model durant tots els anys de recerca realitzats. En els punts (1), (2), (3) i (6) del procés cronològic de desenvolupament de la tesi descrit a la secció 1.1 s'indiquen diversos punts relacionats amb les contribucions del doctorand al Model Numèric d'Emissions per la Qualitat de l'Aire MNEQA. A la taula 4.1 es mostren les contribucions del doctorand a cadascuna de les versions del model MNEQA implementades fins l'actualitat.

Taula 4.1. Evolució del model d'emissions MNEQA i contribucions del doctorand.

Versió	Any	Contribucions del doctorand	
MNEQAv1.0	2006	(1)	Creació del mòdul d'aerosols (Arasa, 2007b).
MNEQAv2.0	2007	(2)	Participació en la unió dels mòduls d'aerosols i gasos (Ortega, 2009a).
		(3)	Incorporació de perfils horaris i mensuals per poder calcular les emissions per qualsevol dia, mes i any.
		(4)	Participació en el procés d'automatització del model.
	2008	(5)	Incorporació de les emissions industrials procedents del inventari del Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya (Arasa et al., 2008).
MNEQAv3.0	2009	(6)	Participació en la disminució de la resolució horitzontal de 9km a 3km seguint la metodologia <i>bottom-up</i> .
		(7)	Implementació d'un tractament específic de les emissions industrials emeses en alçada (Arasa et al., 2009a).
		(8)	Incorporació de les emissions de material particulat per erosió local i resuspensió (Arasa et al., 2009a).
		(9)	Creació d'una metodologia de disgregació espacial del inventari d'emissions EMEP/CORINAIR (Arasa et al., 2010b).
MNEQAv4.0	2010	(10)	Acoblament del MNEQA <i>bottom-up</i> amb la disgregació espacial de les emissions EMEP/CORINAIR.
		(11)	Nou tractament de les emissions degudes al trànsit urbà amb resolució horitzontal de 3km.

La tasca del doctorand envers el model d'emissió MNEQA resumeix molt bé el treball que suposa implementar aquest tipus de models: inicialment suposen un gran esforç per tal d'aconseguir i tractar tota la informació necessària pel model (1, 3, 5); una vegada superat aquest procés resta la feina no menys feixuga d'automatitzar el procés per tal d'extrapol·lar les emissions a d'altres resolucions o intervals temporals (2, 4, 6, 10);

finalment requereixen d'una renovació, millora contínua de les dades base del model i continus refinaments (7, 8, 9, 11) per aconseguir la màxima qualitat possible en els resultats del model.

En els apartats següents es desenvolupen i es comenten les contribucions del doctorand que han permès una millora notable en la qualitat dels resultats del model MNEQA. A més, hi ha un seguit de contribucions que no es descriuen però que han estat fonamentals en l'estat actual de desenvolupament del model com són: la conjunció dels mòduls d'aerosols i gasos inicialment independents; i l'automatització del model per tal de poder aconseguir les emissions per qualsevol dia, mes i any.

#### 4.1. Creació del mòdul d'aerosols

En els inicis del model d'emissió MNEQA els aerosols no havien estat considerats, i tan sols es consideraven el tractament de les emissions de gasos. Per tant, en l'objectiu d'assolir un sistema de modelització de la qualitat de l'aire capaç de pronosticar els nivells d'immissió de diferents contaminants, i degut a la importància i problemàtica de les emissions d'aerosols a l'àrea d'estudi, es va decidir incloure i implementar un mòdul de partícules dins de MNEQA per part del doctorand.

La metodologia seguida en el inici de la creació del mòdul d'aerosols es basava en calcular les emissions  $E$  d'aquest contaminant en cada focus  $x$  segons factors d'emissió (4.1), paral·lelament a com ja s'havia fet pel mòdul de gasos (Ortega, 2009a). Un factor d'emissió  $\beta$  és una relació entre la quantitat emesa a l'atmosfera d'una espècie de contaminant i una unitat d'activitat  $\alpha$ . Els factors d'emissió estan donats per unitat de variable socioeconòmica, que venen caracteritzats per un conjunts d'arguments  $y$  i procedeixen dels deduïts per a centrals o activitats assimilables a les que volem estimar. Les variables d'activitat estan en funció de la variable socioeconòmica utilitzada. El producte de la variable de l'activitat primària pel factor d'emissió associat dona com a resultat la estimació de la emissió corresponent. Per aconseguir la emissió final  $E$  tal i com requereix el sistema de modelització en ús és necessari aplicar uns perfils horaris  $\gamma$  en funció de les hores de funcionament de les fonts i la especiació química  $\delta$  corresponent.

$$E(x, y) = \alpha(x, y) \cdot \beta(y) \cdot \gamma(x, y) \cdot \delta \quad (4.1)$$

El mòdul d'aerosols creat en MNEQA v1.0 (Arasa, 2007b) constava de diferents mòduls: un mòdul d'emissions biogèniques (partícules marines); un mòdul d'emissions industrials; un mòdul d'emissions de trànsit; un mòdul d'emissions degudes a la agricultura; i un mòdul d'emissions degudes al consum domèstic.

Pel que respecta a les emissions naturals, aquestes es van incorporar procedents del mateix model fotoquímic CMAQ, ja que és capaç de generar-les utilitzant de forma activa el mòdul d'aerosols AERO4 (Arasa, 2007b,c) i basant-se en les parametritzacions de Smith i Harrison (1998), que requereixen dels usos del sòl i el pronòstic de les diferents variables meteorològiques.

En el mòdul d'emissions industrials aplicat sobre l'àrea de Catalunya es consideraven:

- Set plantes dedicades a la producció de ciment corresponents a quatre empreses diferents: Molins Industrial, Cemex, Lafarge i Uniland. Multiplicant els factors d'emissió (110g de PM10 per cada tona de ciment produïda) per la producció de ciment tenim les emissions anuals de PM degudes a la producció de ciment.
- Sis plantes incineradores de residus sòlids urbans i situades a diferents punts de la geografia catalana: Girona, Mataró, St. Adrià del Besòs, Tarragona, Vielha i Malla. Les emissions d'una incineradora es van calcular a partir de les tones per any incinerades i de les hores per any que roman en funcionament la fàbrica aplicant el factor d'emissió corresponent (0.3kg de PM10 per tona incinerada).
- I dues refineries (Repsol YPF i Asesa); sis centrals tèrmiques que utilitzen diferent tipus de combustible (una a Cercs i cinc a St. Adrià del Besòs); i un conjunt de centrals de cogeneració (Parra, 2004). En el càlcul d'aquestes emissions es van utilitzar els kilowatts per hora produïts en cada central com a unitats d'activitat.

La implementació d'aquest mòdul especialment va suposar una feina extensa i exhaustiva per aconseguir la informació diversa necessària. Com veurem a la secció 4.2 les emissions industrials del mòdul d'aerosols i també de gasos es van completar amb les emissions procedents de l'inventari d'emissions industrials de la Generalitat de Catalunya a partir de la versió 2.0 del model MNEQA.

Per calcular les emissions de trànsit es va seguir el mateix procediment que Ortega (2009a) utilitzant com a dades d'entrada: la flota de vehicles a nivell de Catalunya, la intensitat mitja diària (IMD) per diferents tipus de vehicles per tota la xarxa de carreteres i la xarxa de carreteres digitalitzada (figura 4.1). Per tant, és necessari: conèixer el parc automobilístic de la regió i la distribució segons tipus de vehicles; conèixer la longitud de les vies de trànsit i les IMD corresponents; i assignar una velocitat tipus a cada via abans de començar el procés de creació d'aquest mòdul. A més, es realitza la consideració prèvia de que el percentatge de cada tipus de vehicle que circula per cada via és equivalent a la proporció de vehicles de cada tipus de tota la flota a nivell de Catalunya.

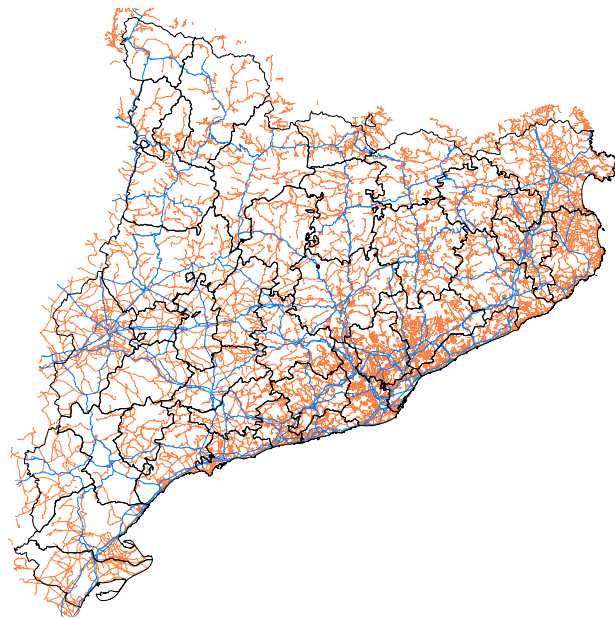


Figura 4.1. Xarxa de carreteres principals (blau) i secundàries (taronja) de Catalunya (en negre indicats els límits comarcals).

El procediment seguit per obtenir les emissions d'aerosols degudes al trànsit es podria resumir en:

- 1) Calcular el factor d'emissió de cada via, de cada contaminant i de cada tipus de vehicle (depenent de la antiguitat d'aquest i del combustible que utilitza). A la taula 4.2 es presenta un exemple de la dependència dels factors d'emissió per tipus de vehicle, velocitat i combustible.

Taula 4.2. Factors d'emissió degut a la combustió de diferents vehicles dièsel i directives.

Directiva	Tipus de vehicle	Subcategoria	Emissió per combustió (g km <sup>-1</sup> )
Pre EuroI	Turisme (<2.5t)	10-130 km/h	$0.45 - 0.0086v + (5.8 \cdot 10^{-5})v^2$
EuroI			$0.45 - 0.0086v + (5.8 \cdot 10^{-5})v^2$
91/441/EC			$0.1804 - 0.004415v + (3.33 \cdot 10^{-5})v^2$
EuroI-94/12/EC		Equivalent a PreEuroI i EuroI	
EuroIII-98/69/EC Stage 2000		Reducció del 28%	
EuroIV-98/69/EC Stage 2005		Reducció del 55%	
Conventional	Vehicles de baix pes (2.5-3.5t)	10-110km/h	$0.288 - 0.000577v + (1.25 \cdot 10^{-5})v^2$
EuroI			$0.1932 - 0.004885v + (4.5 \cdot 10^{-5})v^2$
EuroII-96/69/EC		Equivalent al nivell convencional	
EuroIII-98/69/EC Stage 2000		Reducció del 33%	
EuroIV-98/69/EC Stage 2005		Reducció del 65%	
Conventional	Autobusos urbans	0-50km/h	$7.8609v^{(-0.7360)}$
	Autocars		$9.2934v^{(-0.7373)}$
Conventional	Camions (3.5-7.5t)	0-100km/h	$4.5563v^{(-0.7070)}$
	Camions (7.5-16t)		$9.6037v^{(-0.7259)}$
	Camions (16-32t)		$10.890v^{(-0.7105)}$
	Camions (>32t)		$11.028v^{(-0.6960)}$

- 2) Calcular el factor d'emissió promig tenint en compte cada tipus de vehicle que hi circula, per cada via i per cada contaminant seguint 4.2.

$$F_{m,k} = \sum_j FE_j^i(v_k) \cdot t1_j \quad (4.2)$$

on m és el contaminant especiat, k és la carretera i j correspon al tipus de vehicle segons any i combustible;  $F_{m,k}$  és el factor d'emissió representatiu de la carretera k pel contaminant especiat m;  $v_k$  és la velocitat promig de la carretera k;  $t1_j$  és el tant per u del número de vehicles que hi ha dins cada directiva per un mateix tipus de vehicle; i és el contaminant genèric sense especiar;  $FE_j(v_k)$  és el factor d'emissió per la velocitat k.

- 3) Multiplicar la longitud del tram de via en cada cel·la del domini per la IMD de cada via i pel factor d'emissió promig per trobar la emissió en cada cel·la segons 4.3.

$$E_{m,k}^i = IMD_k^i \cdot F_{m,k}^i \cdot L_k \quad (4.3)$$

on i és el tipus de vehicle, lleuger o pesat; k és el tram i m el contaminant.;  $E_{m,k}$  és la emissió del contaminant m en el tram de carretera k;  $IMD_k$  és la intensitat mitja diària al

tram  $k$ ;  $F_{m,k}$  és el factor d'emissió promig del contaminant  $m$  per la carretera  $k$ ; i  $L_k$  és la longitud del tram de carretera  $k$ .

A banda de les emissions de trànsit degudes a la pròpia circulació, el mòdul d'aerosols de MNEQA també considera la emissió de partícules procedents del sector trànsit deguda a la resuspensió de la pols fugitiva a les carreteres, al desgast dels frens i dels pneumàtics i una metodologia d'incorporació de les emissions degudes al trànsit urbà (Arasa, 2007b).

En el cas de les emissions agrícoles va ser necessari la utilització del número d'animals de diferent tipus presents en cada explotació agrícola i el nombre d'hectàrees conreables per cada municipi conjuntament amb els factors d'emissió apropiats (taula 4.3). Les dades de la població animal agrícola i de la superfície conreable es van extreure del *Instituto Nacional de Estadística* (INE).

Taula 4.3. Factors d'emissió per a les emissions de l'agricultura

Factor d'emissió			
Camps de conreu		PM10	0.103 kg (ha any) <sup>-1</sup>
Ramaderia	Ovins	PM10	0.434 kg (animal any) <sup>-1</sup>
		PM2.5	0.096 kg (animal any) <sup>-1</sup>
	Porcs	PM10	0.438 kg (animal any) <sup>-1</sup>
		PM2.5	0.078 kg (animal any) <sup>-1</sup>

Pel que respecta a les emissions de consum domèstic era necessari conèixer el consum energètic de combustibles fòssils (gas natural, gasoil i gas liquat del petroli) i una distribució en funció de la població per municipi. Així, s'estimen les emissions domèstiques anuals de cada municipi en funció del consum energètic anual i la població del municipi, expressió (4.4)

$$E_j(k, \text{anual}) = CE_j FE_j \frac{P_k}{pob} \quad (4.4)$$

on  $E_j(k, \text{anual})$  representa la emissió anual deguda al combustible  $j$  en el municipi  $k$ ;  $CE_j$  és el consum energètic del combustible  $j$  en GJ per any;  $FE_j$  és el factor d'emissió del combustible  $j$  en g GJ<sup>-1</sup> (taula 4.4);  $p_k$  és la població d'un municipi  $k$  i  $pob$  és la població total de la que es coneix el consum energètic.

Taula 4.4. Factors d'emissió de partícules en funció del combustible fòssil utilitzat (font: EPA).

Combustible fòssil	PM (g GJ <sup>-1</sup> )
GLP	2.27
Gasóleo C	8.19
Fuelóleo	113.69
Gas Natural	3.10

Les dades de població també es van extreure del INE. Per conèixer els perfils diaris es va considerar que la demanda domiciliar de combustibles fòssils és equivalent a la demanda energètica de electricitat i es van utilitzar les gràfiques de demanda energètica de la *Red Energética Española*.

Una major descripció del càlcul de les emissions de material particulat procedents de diferents sectors, els factors d'emissió explícits en cada cas i les especiacions químiques realitzades es pot trobar al treball de Màster realitzat pel doctorand prèviament a l'inici de la fase doctoral (Arasa, 2007b).

#### 4.2. Incorporació de les emissions industrials procedents del inventari de la Generalitat de Catalunya

Com hem vist inicialment el Model Numèric d'Emissions per la Qualitat de l'Aire MNEQA tenia en compte com a emissions industrials les emissions procedents de plantes incineradores de residus, centrals tèrmiques, cimenteres, indústries amb cogeneració i refineries (figura 4.2). Així, a MNEQAv1.0 es feien els càlculs de les emissions de les indústries amb cogeneració i de les centrals tèrmiques en base a la producció d'energia. A partir de conèixer el producte energètic (els kWh generats) s'estimava l'emissió a partir de factors d'emissió (Arasa, 2007b). Igualment per les cimenteres, es calculava l'emissió en base a les tones per any que es produïen a cada planta. En aquesta versió inicial del model només es consideraven els sectors considerats més importants, i se n'estimava l'emissió.

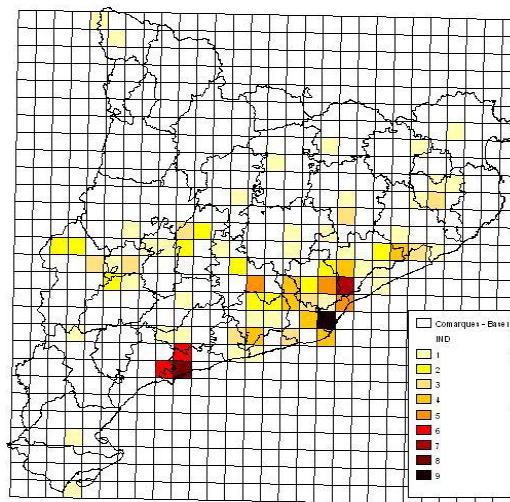


Figura 4.2. Número d'indústries comptabilitzades inicialment a MNEQAv1.0 per quadrícules de 9km (Olid, 2007b).

D'aquesta manera es va observar la necessitat de completar les emissions industrials de MNEQA amb un inventari d'emissions industrials complet i extens. En aquest sentit, es va rebre la col·laboració de l'antic Departament de Medi Ambient i Habitatge (DMAH) de la Generalitat de Catalunya que va posar en disposició del grup MAiR les dades del inventari DMAH per incorporar-ho a MNEQA. Aquesta informació va ser traspasada en diferents etapes per diferents focus emissors i per cadascuna de les zones de qualitat de l'aire de Catalunya (figura 2.7). L'inventari DMAH conté com a focus aquelles fonts emissores antropogèniques relacionades amb la producció industrial i reconegudes per aquesta administració (centrals tèrmiques; foneries; processos de molturació; incineradores; plantes asfàltiques; fàbriques de vidre i ceràmica; cimenteres i mineries; i refineries). Es tracta d'un inventari molt més extens que l'inicialment considerat a MNEQA i fet sobre el terreny, que conté 16573 tipus diferents d'emissions tenint en compte les diferents fonts emissores i els diferents contaminants atmosfèrics.



L'inventari del DMAH contenia la localització de la font; l'activitat i descripció de la font; les característiques físiques de la font (alçada, temperatura i velocitat de sortida de gasos i aerosols); un codi de contaminant; les hores de funcionament de la font (t); el cabal Q (volum emès per la font per unitat de temps); i la emissió màssica per volum d'aire N. Finalment, i seguint les unitats apropiades, mitjançant 4.5 es calculaven les emissions anuals de cadascuna de les diferents fonts.

$$\left[ \frac{E}{t \cdot \text{any}^{-1}} \right] = \left[ \frac{N}{\text{mg} \cdot \text{m}^3} \right] \cdot \left[ \frac{Q}{\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}} \right] \cdot \left[ \frac{t}{\text{h} \cdot \text{any}^{-1}} \right] \cdot 10^{-9} \quad (4.5)$$

Les dades procedents del inventari es van haver de manipular convenientment seguint un procés exhaustiu de revisió d'aquestes i d'eliminació d'aquelles espècies químiques no considerades en el model d'emissió i en el model fotoquímic. Una vegada les dades van estar revisades, a cada contaminant i a cada activitat industrial se li assignava un codi de forma que el procés d'especiació química necessari es podia automatitzar. Aquest procés de tractament de les dades DMAH i adaptació a les necessitats MNEQA i requeriments CMAQ va ser molt laboriós i sovint és, juntament amb el tractament previ de la informació necessària per al càlcul de les emissions, una feina fosca que suposa la inversió de molt de temps i esforç.

Posteriorment a aquest tractament, es va desenvolupar una eina d'automatització de les emissions industrials de forma que es poden anar incorporant noves emissions sense haver de seguir un procés manual, ja que les emissions de contaminants a l'atmosfera és una variable en actualització contínua.

L'assignació emissions - cel·les del domini es va realitzar mitjançant el Sistema d'Informació Geogràfica MiraMon ([http://www.creaf.uab.es/miramon/index\\_ca.htm](http://www.creaf.uab.es/miramon/index_ca.htm)), ja que les emissions procedents del inventari DMAH presentava les coordenades geogràfiques en UTM.

Des del punt de vista dels resultats dels pronòstics de la qualitat de l'aire d'AQM.cat, la incorporació d'aquestes emissions va esdevenir decisiva per a la qualitat dels pronòstics i per al inici de la operativitat del sistema. A mode d'exemple a la taula 4.5 es presenten els valors d'emissió de diferents contaminants en un dia segons la versió inicial del model i la contribució del inventari del DMAH.

Taula 4.5. Valors de CO, NO<sub>x</sub> i VOCs per un dia laborable per Catalunya.

Contaminant	MNEQA v1.0	DMAH	MNEQA v2.0
CO (kg/dia)	30586	755016	761674
NO <sub>x</sub> (kg/dia)	108417	961879	983221
VOC (kg/dia)	16423	34635	45832

D'altra banda, durant els pronòstics de qualitat de l'aire realitzats durant els mesos de maig a setembre de 2008 i 2009 es van localitzar diverses incerteses associades a aquest inventari d'emissions, el que va requerir d'un exhaustiu estudi de les emissions de tipus industrials que influïen sobre el sistema de modelització AQM.cat i que provocaven nivells d'immissió extraordinaris i no realistes. D'aquesta manera es van localitzar, filtrar i modificar dades originals de les fonts emissores del DMAH. Explícitament es

van modificar les dades de les fonts corresponents a diàmetres superiors a 9m; temperatura de sortida de gasos i aerosols superiors a 400°C; i velocitats de sortida de gasos i aerosols superiors a 40ms<sup>-1</sup>.

Tot i així, es continuaven observant diversos focus emissors que provocaven errors en el sistema de modelització AQM.cat, a causa d'emissions extraordinàries amb un alt grau d'incertesa que donaven lloc a la existència de concentracions no realistes d'alguns contaminants com el diòxid de sofre SO<sub>2</sub> i el material particulat PM10. Les millores realitzades en el MNEQA v3.0 relacionades amb aquesta incertesa de les emissions industrials juntament amb l'aplicació de la metodologia de sobrelevació que es descriurà a l'apartat següent, s'avaluaren en l'apartat 1 del capítol 7.

### 4.3. Incorporació de la metodologia de sobrelevació

Habitualment a l'hora d'implementar sistemes acoblats de la qualitat de l'aire de tipus Eulerià, no es realitza cap tractament específic de les emissions de tipus industrials que es produeixen a una certa alçada de la superfície. Com s'ha comentat a la descripció del model fotoquímic CMAQ del capítol 3, aquest inclou un mòdul de tractament específic de les emissions en alçada anomenat *Plume Dynamics Model* (PDM) però que no s'ha implementat en el sistema operatiu AQM.cat perquè es recomana utilitzar per resolucions horitzontals superiors a 10km i per tant no és útil en el domini d'interès D3 (3km).

A fi d'intentar pal·liar aquest problema, i tenint també en compte que en estudis previs amb el sistema de modelització de la qualitat de l'aire AQM.cat (Arasa et al., 2008), s'observava que una de les majors incerteses del sistema de modelització requeria en la sobreestimació de les emissions industrials procedent del inventari d'emissions de la Generalitat de Catalunya, el doctorand va implementar un mòdul intern a MNEQA que permetés incorporar l'emissió de la font considerada a l'estrat del model corresponent a l'alçada efectiva de la font, tot calculant la sobrelevació de la font utilitzant les fórmules de Briggs (Annex 3). Entenem com a alçada efectiva de la font  $H_{ef}$ , la suma de l'alçada geomètrica  $H_g$  més una certa sobrelevació  $\Delta H$  deguda a la diferència de temperatura dels contaminants emesos i de l'ambient, i a la pròpia velocitat de sortida d'aquests. El càlcul de l'alçada efectiva d'una font emissora de contaminants és una tema clàssic dins de la contaminació atmosfèrica (Dobbins, 1979; Scorer, 1990; Turner, 1994) i aquest tipus de tractaments venen inclosos en els models de diagnòstics gaussians utilitzats freqüentment en estudis d'impacte ambiental.

A mode d'exemple es presenten a la figura 4.3 la comparació de les emissions industrials de MNEQA v3.0 durant un dia amb i sense aplicació de la consideració de l'alçada efectiva de la font per cadascun dels 9 estrats verticals que considera MNEQA.

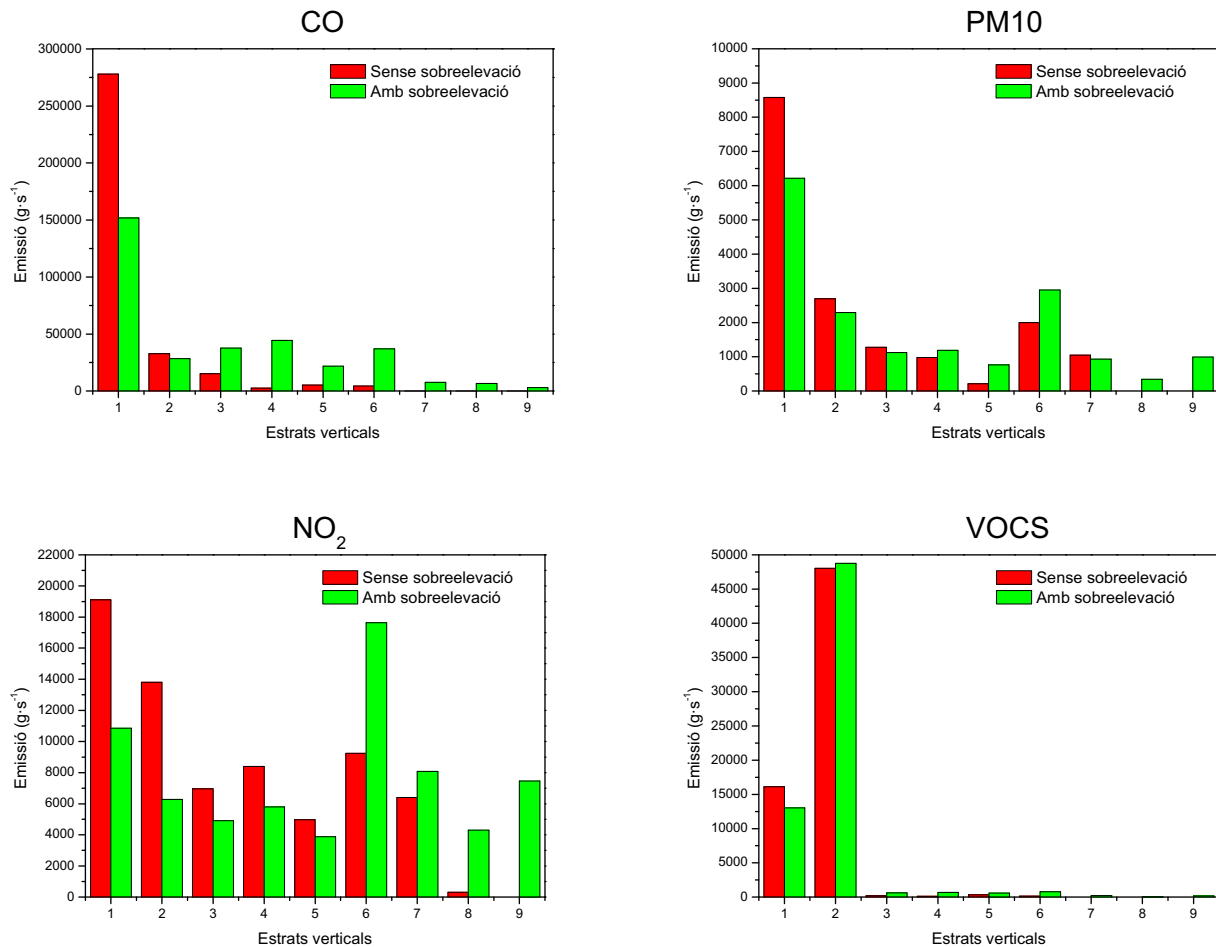


Figura 4.3. Comparació (considerant i no considerant l'alçada efectiva) de la suma de les emissions industrials diàries per diferents espècies contaminants i per diferents estrats. L'exemple correspon al dia 3 d'agost de 2008. Estrat 1: 0-15.29m; estrat 2: 15.29-30.59m; estrat 3: 30.59-45.93m; estrat 4: 45.93-61.28m; estrat 5: 61.28-76.66m; estrat 6: 76.77-153.89m; estrat 7: 153.89-231.72m; estrat 8: 231.72-310.14m; estrat 9: alçades superiors a 310.14m.

Aquest repartiment en capes de les emissions industrials afecta directament als valors d'immissió en superfície, tot disminuint-los i augmentant aquests en alçada. Seria necessari disposar de perfils verticals de concentració dels diferents contaminants per tal d'avaluar amb més precisió la bondat d'aquesta metodologia.

En el capítol 7 d'aquesta tesi es tindrà oportunitat d'avaluar la incorporació i aplicació d'aquesta metodologia sobre els pronòstics de la qualitat de l'aire en superfície.

#### 4.4. Incorporació de la pols per erosió i resuspensió

De la validació de la primera versió AQM.cat 2008 (Arasa et al., 2008), s'observà que les previsions de valors diaris de partícules inferiors a 10µm (PM10) a l'àrea de Catalunya estaven infraestimades. Aquest resultat està en la línia d'altres models de transport a nivell europeu, que al considerar emissions tan sols de tipus antropogènic, infravaloren la concentració de PM10 entre un 30 i un 50% (Van Loon, 2004).

És sabut, que una gran quantitat de partícules a l'atmosfera són d'origen mineral i suposen una de les principals fonts emissores de partícules a escala global. A nivell europeu, la contribució de la pols mineral sobre el total de PM10 es suposa entre un 10 i més del 30%, depenent de la localització i època de l'any (Putaud et al., 2004). Així, la injecció de pols a l'atmosfera representa una contribució important de les partícules en suspensió presents en ella i suposen un percentatge important en la contribució local de les concentracions de PM10 (CSIC, 2002). Aquestes es generen com a conseqüència dels vents sobre la superfície terrestre, especialment sobre regions àrides o semiàrides. Habitualment els estudis realitzats per avaluar aquestes partícules es centren en episodis de tempestes de sorra, en àrees que presenten sòls altament erosionables o en el cas de Catalunya, en situacions que afavoreixen intrusions de masses d'aire Africà. Tot i així, en aquestes condicions d'intrusions saharianes, la legislació determina que s'ha de corregir el valor de la estació de mesura de PM10 i no s'avalua com a possible superació del valor límit diari legislat (50µgm<sup>-3</sup>).

Fora de l'àmbit de les situacions anteriors i a fi d'intentar incloure en el model d'emissions MNEQA aquesta massa de partícules deguda a l'erosió local (a) i a la resuspensió (b), que per altre part no solen estar incloses en els models d'emissió, però que típicament poden ser del ordre d'uns pocs micrograms per metre cúbic (Vautard et al., 2005), el doctorand ha utilitzat tota una sèrie de parametritzacions que a continuació es detallen.

a) Erosió local

Per intentar realitzar una parametrització de la pols emesa per la erosió del sòl ens basem en l'esquema habitual utilitzat de *Windblown Dust Model* (Marticorena i Bergametti, 1995; Marticorena et al., 1997) que consisteix en calcular el flux de partícules a partir de la velocitat de fricció (4.7) de cada punt de malla  $u_{*s}$  i d'una velocitat de fricció límit a partir de la qual existirà emissió de partícules  $u_{*r}$  (4.6).

$$F = \alpha C u_{*s} (u_{*s}^2 - u_{*r}^2) \quad (4.6)$$

on la velocitat de fricció es defineix en funció de cadascuna de les components turbulentes del vector vent,  $u'$ ,  $v'$ ,  $w'$  (4.7).

$$u_{*s}^2 = \left[ \overline{u'w'^2} + \overline{v'w'^2} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4.7)$$

C és un coeficient que depèn de factors superficials. En el cas de que el sòl no estigui cobert de vegetació segons Zender et al. (2003), C pren valors segons 4.8.

$$C = 2.61 \frac{\rho_{aire}}{g} \quad (4.8)$$

Però a la realitat la superfície del sòl està recoberta per vegetació, aigua o neu formant una coberta sobre el sòl. Per aquest motiu es corregeix el valor del coeficient C segons l'expressió 4.9, on s'introdueix un factor de proporció de terra coberta  $f_c$  i un factor de

proporció de terra descobert  $f_b$ . Segons Putaud et al. (2004) el producte  $f_b f_c$  es pot prendre constant i igual  $4 \cdot 10^{-3}$ , deduït a partir de observacions climàtiques.

$$C = 2.61 f_b f_c \frac{\rho_{aire}}{g} \quad (4.9)$$

D'altra banda  $\alpha$  és el factor d'eficiència del flux de sorra que es considera constant tot i que depèn del contingut de fang del sòl. A partir de mesures realitzades a Espanya es considera constant i igual a  $5 \cdot 10^{-3} m^{-1}$  (Gomes et al., 2003a,b).

La velocitat de fricció (4.10) es calcula a partir del camp de vents a 10m amb la longitud de rugositat  $z_0$  dependent de l'ús del sòl i considerant estabilitat neutra.

$$u_{*s} = \frac{u_{10m} \cdot \kappa}{\ln\left(\frac{10m}{z_0}\right)} \quad (4.10)$$

On  $\kappa$  és la constant de Von Karman que té un valor adimensional igual a 0.4.

Per calcular la velocitat de fricció límit (4.11) es considera que depèn exclusivament del contingut d'aigua del sòl  $w$  (Fécan et al., 1999), expressat en funció d'un factor d'humitat  $f_w$ .

$$u_{*T} = f_w u_{*0} \quad (4.11)$$

on  $u_{*0}$  és la velocitat mínima de fricció perquè es produeixi injecció de pols sobre terra sec, i es considerada aproximadament constant i igual a  $0.1 ms^{-1}$  (Fécan et al., 1999).

El factor d'humitat  $f_w$  (4.12) depèn del contingut d'aigua del sòl  $w$  i d'una constant  $w_t$  que és el contingut d'aigua del sòl que fa que la injecció de partícules estigui inhibida per la mateixa humitat del sòl. Aquesta  $w_t$  depèn de la fracció de fang del sòl i s'ha considerat constant i igual a 0.1, seguint el procediment de Fécan et al. (1999).

$$f_w = \begin{cases} 1 & w < w_t \\ \sqrt{1 + 1.21[100(w - w_t)]^{0.68}} & w > w_t \end{cases} \quad (4.12)$$

El flux de partícules emeses per erosió del sòl corresponent a l'expressió 4.6 es calcula si el contingut d'aigua del sòl és inferior a 0.16, i es fa nul per a valors superiors a 0.20. En el rang 0.16-0.20 s'interpolava per aconseguir el valor d'aquest flux.

D'altra banda es considera que el flux representa l'emissió total de partícules per qualsevol grandària, per totes les partícules en suspensió. Així, es considera que el 50% de les emissions de pols per erosió són partícules entre 10 i  $40 \mu m$  de diàmetre, el 45% són partícules entre 2.5 i  $10 \mu m$ , i el 5% restant presenta grandàries inferiors a les  $2.5 \mu m$  (Vautard et al., 2005).

Per conèixer els valors de la longitud de rugositat i del contingut volumètric d'aigua i per aplicar-ho sistema de modelització AQM.cat s'han utilitzat els usos del sòl de la Classificació dels usos del sòl a Catalunya 2002 (DMAH, 2002). A partir d'aquests usos del sòl (figura 4.4) per tota l'àrea de Catalunya assignem un valor a aquestes dues variables utilitzant com a referència els valors assignats a les classes de sòl que contempla el *Corine Land Cover (2000)*, i relacionem els usos del sòl amb els establerts per la *U.S. Geological Survey (Pineda et al., 2004)*. Com que la resolució del domini de simulació (3km) és superior a la dels usos del sòl (30m), es calcula el valor del flux en cada cel·la de 30m considerant que la velocitat del vent a 10m calculada pel model meteorològic correspon uniformement a tots els punts de 30m que cauen dins d'aquesta.

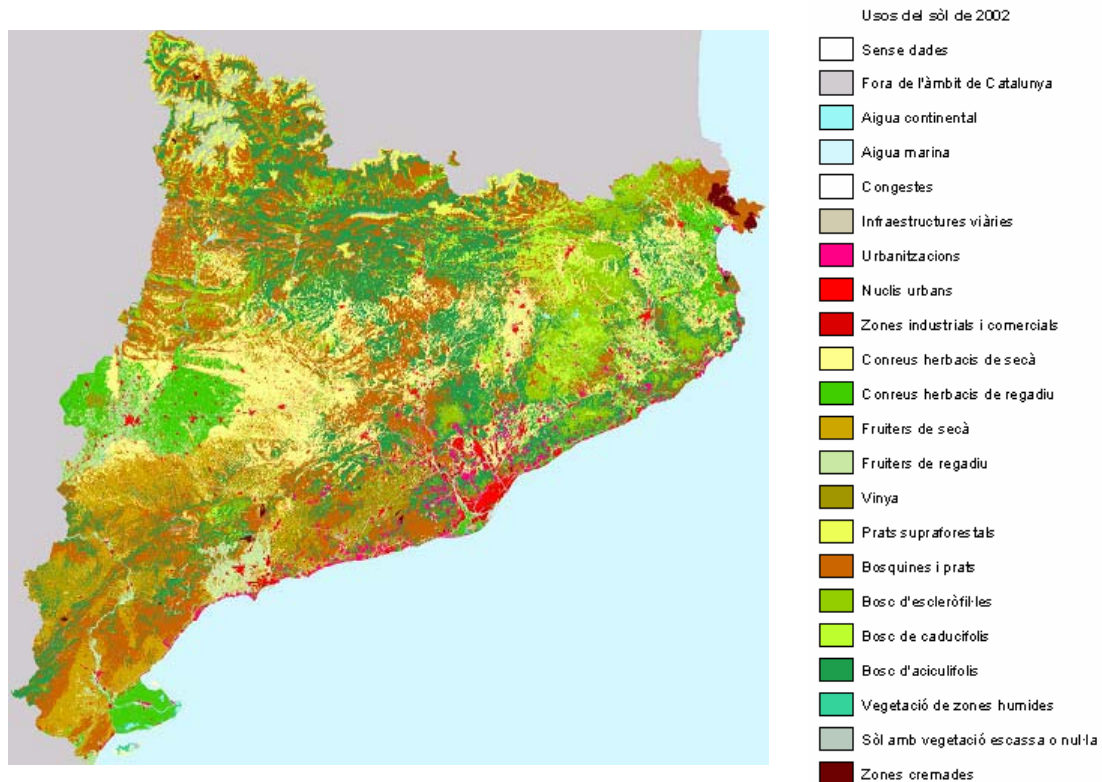


Figura 4.4. Usos del sòl per Catalunya l'any 2002 (DMAH, 2002).

A les figures 4.5 es presenten comparacions gràfiques de valors horaris d'emissió i immissió amb i sense consideració de la pols per erosió local, per un dia determinat, el 14 de maig a les 14:00 UTC.

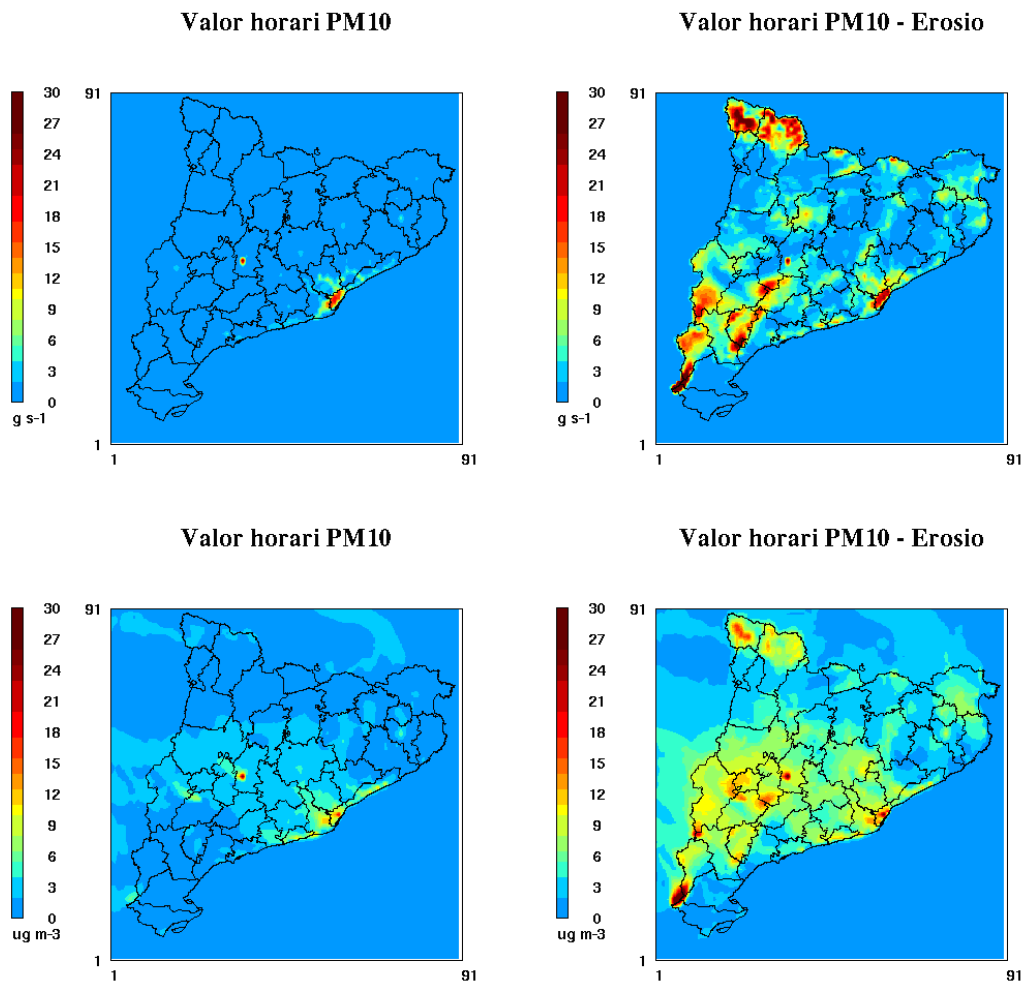


Figura 4.5. Emissions de PM10 corresponents al dia 20 de Maig de 2009 a les 14:00 UTC sense i amb la inclusió de la pols degut a l'erosió del sòl (superior esquerra i dreta respectivament). Immissions de PM10 del dia 20 de Maig de 2009 a les 14:00 UTC sense i amb la inclusió de pols també per efecte de l'erosió del sòl (inferior esquerra i dreta respectivament).

D'altra banda en els punts del domini que cauen fora de l'àmbit territorial de Catalunya i per generalitzar l'àmbit d'aplicació del sistema de modelització implementat, es segueix el mateix procediment comentat utilitzant els usos del sòl *Corine Land Class* 2000.

#### b) Resuspensió

Existeixen evidències de la presència de compostos biogènics (restes de vegetals, espores, pol·len, etc.) no minerals en els aerosols continentals. El seu origen pot estar en el fenomen de la resuspensió de petites partícules acabades de dipositar en la superfície, degut al desequilibri entre les forces adhesives i d'ascens (Loosmore, 2003).

Així, per representar aquest tipus de procés, es va avaluar la resuspensió del material disponible a prop del sòl mitjançant un esquema simple d'emissió depenent de la turbulència proposat per Loosmore (2003). Seguint els passos de Vautard et al. (2005), considerem que la concentració de pols tan sols depèn de la humitat en superfície segons l'expressió 4.13.

$$F = Pf(w)u_*^{1.43} \quad (4.13)$$

on  $f(w)$  és una funció del contingut d'aigua del terra  $w$  i  $P$  és una constant ajustada a partir de diferents valors coneguts de la relació entre el flux  $F$ , el contingut d'aigua del terra  $w$  i la velocitat de fricció  $u_*$ .

Per caracteritzar la funció de modulació  $f(w)$  es considera una relació lineal tot considerant que ha de ser 0 per a continguts d'aigua al terra superiors a 0.2, i s'ha de fer nul·la si  $w$  és inferior a 0.1 (Vautard et al., 2005).

D'aquest flux emissor es considera que el 66.7% cau en el rang de les partícules inferiors a  $2.5\mu\text{m}$ , mentre que el 33.3% restant cau en el rang de les PM<sub>2.5</sub>-PM<sub>10</sub> (Vautard et al., 2005).

A les figures 4.6 es presenten comparacions gràfiques de valors horaris d'emissió i immissió amb i sense consideració de la resuspensió.

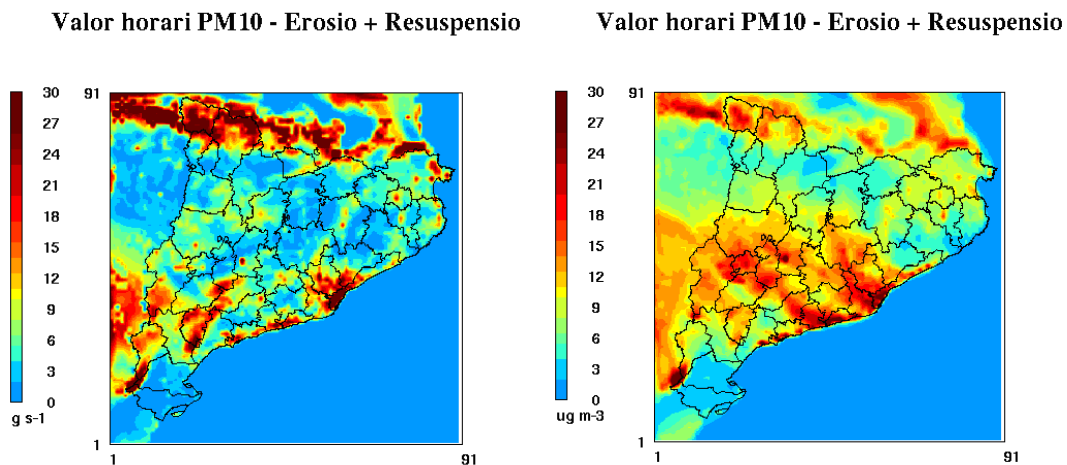


Figura 4.6. Emissió (esquerra) i immissió (dreta) del dia 20 de Maig de 2009 a les 14:00 UTC incloent la pols degut a la erosió del sòl i la resuspensió de les partícules.

La comparació dels valors mesurats a les estacions de la XVPCA amb les concentracions resultants del sistema AQM.cat amb i sense incorporació de la pols per erosió del sòl i de la corresponent a la resuspensió, va mostrar clarament que aquesta incorporació suposa una millora i que redueix l'error comés per AQM.cat entre un 20 i un 30%. Sobre el valor diari de PM<sub>10</sub> i comparant totes les estacions de la XVPCA, la incorporació de la pols per erosió pel dia 20 de Maig de 2009 suposa un augment promig del 42%, sent més significatiu en entorns rurals on el model AQM.cat en la versió 2008 va quedar demostrat que infravalorava els valors mesurats (Arasa et al., 2008). L'augment encara és més significatiu a l'hora d'incorporar la resuspensió de les partícules, que pot arribar a augmentar el valor predit pel model AQM.cat original en un 200% (capítol 7). Per avaluar aquesta millora, a la figura 4.7 presentem els resultats del model amb i sense aquesta incorporació.



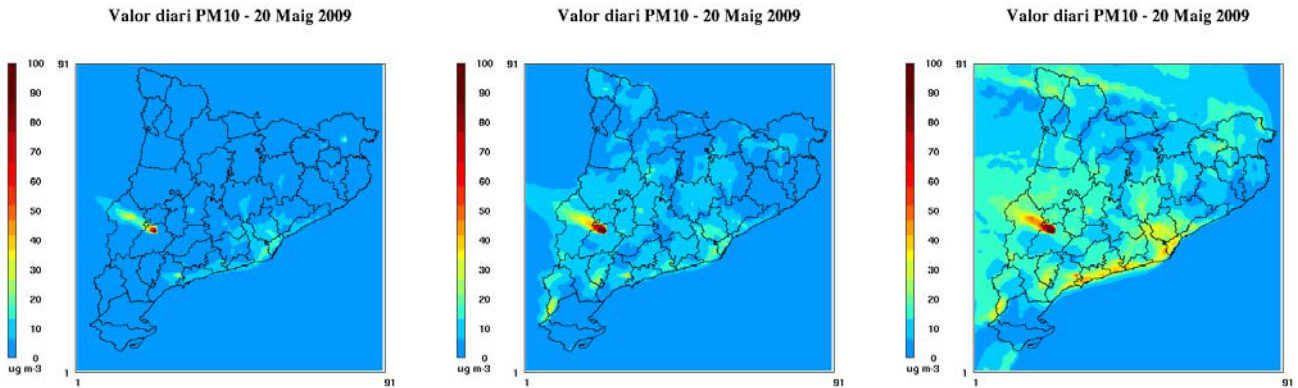


Figura 4.7. Valor diari de PM10 per al dia 20 de Maig de 2009 per l'AQM.cat original, incloent la pols per erosió del sòl i incloent la pols per erosió més la resuspensió (d'esquerra a dreta respectivament).

Finalment, s'ha de ressaltar que la incorporació de la resuspensió de material del sòl associat a processos biològics és actualment motiu de recerca i que s'hauria d'aprofundir molt més per aconseguir parametritzacions que siguin més ajustades a la realitat per poder posteriorment incorporar-les als models de previsió de la qualitat de l'aire.

#### 4.5. Disgregació espacial del inventari d'emissions EMEP i metodologia *top-down*

A nivell europeu, les emissions d'espècies contaminants a l'atmosfera es recullen en el inventari anual EMEP/CORINAIR (European Environment Agency, 2007). Les fonts presents en aquest inventari es divideixen en 11 sectors diferents, segons característiques i procedències, que tenen en compte les emissions de les principals fonts antropogèniques, trànsit i indústria, i certes emissions naturals. Les emissions recollides en aquest inventari es distribueixen per espècies contaminants i sectors dins d'un domini que cobreix tota Europa amb resolució horitzontal de 50km (figura 4.8). Aquest tipus d'emissions són freqüentment utilitzades en l'aplicació de sistemes acoblats de la qualitat de l'aire, especialment quan no hi ha disponible una base de dades d'aquest tipus a nivell local.

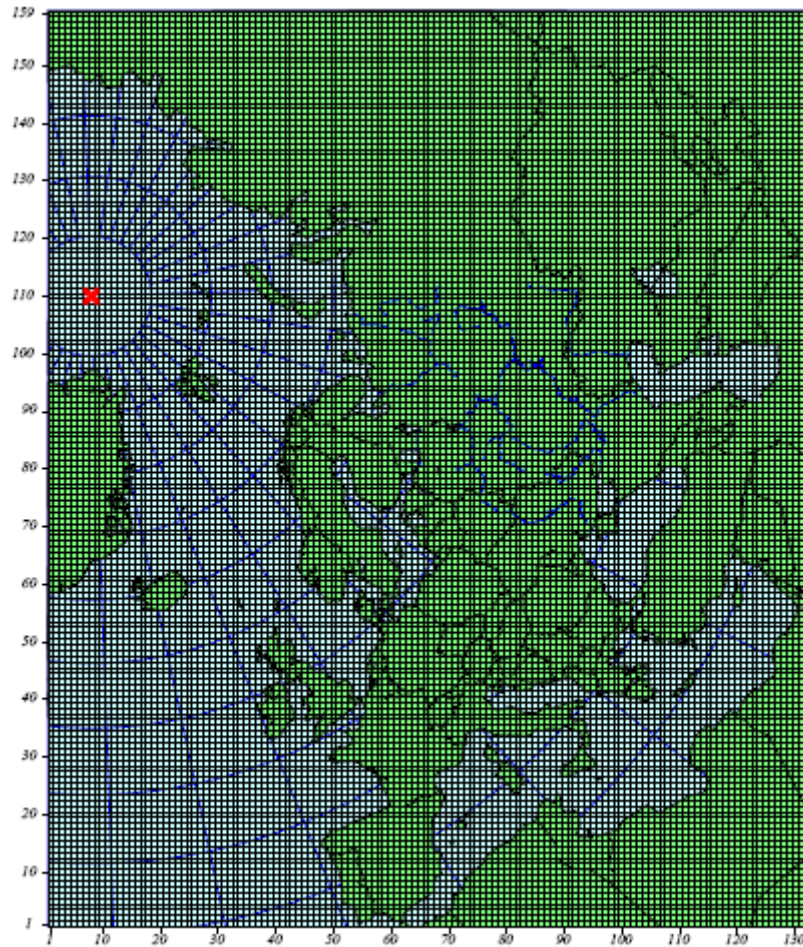


Figura 4.8. Domini EMEP (els números als eixos indiquen els índex de cada cel·la del domini).

En particular, en el model d'emissions MNEQAv1.0, v2.0 i v3.0, les emissions EMEP s'utilitzaven per implementar les emissions del domini D1 (figura 3.2). La metodologia que es seguia per adaptar les emissions de la malla EMEP de resolució 50km a la malla del D1 amb resolució de 27km es basava en l'assignació de les emissions EMEP a les cel·les del punt més proper del domini D1, incorporant un factor de proporcionalitat que tingués en compte quantes cel·les del D1 ( $N_{D1}$ ) cauen dins d'una cel·la EMEP ( $N_{EMEP}$ ) (4.14).

$$E_{D1} = E_{EMEP} \frac{N_{EMEP}}{N_{D1}} \quad (4.14)$$

Aquesta metodologia resulta força acurada al aplicar-la sobre el domini D1, obtenint errors inferiors al 1% en el cas del CO o dels compostos orgànics volàtils VOCs (Ortega, 2009a).

Tot i així, era necessari dotar al model MNEQA d'una metodologia que permetés adaptar les emissions EMEP a resolucions de cel·la inferiors (per exemple 3km) per l'estat espanyol (tot i que la metodologia seguida és extensible a qualsevol punt d'Europa). D'aquesta manera aconseguiríem: tenir disponibles les emissions necessàries a qualsevol resolució per un eventual canvi de resolució dels dominis utilitzats; obtenir

les emissions per estudis fora de l'àrea de Catalunya; i ajustar més acuradament les emissions EMEP dels sectors que no considera la metodologia *bottom-up* del MNEQA sobre el domini D3. Per aquesta finalitat el doctorand va treballar en la implementació d'una metodologia de disgregació de les emissions EMEP sobre els dominis considerats o també anomenada metodologia *top-down*.

La base del model de disgregació utilitzat són els usos del sòl *Corine Land Class 2000* (CLC2000, figura 4.11) de resolució 250m, acoblats a diferents funcions pes estadístiques. Les funcions pes estadístiques s'han determinat a partir de dades estadístiques com la densitat de treballadors, número de treballadors en diferents sectors econòmics, número de vols operats en cada aeroport, dades de trànsit, etc (taula 4.4). La metodologia implementada segueix amb bastant fidelitat els passos de Maes et al. (2009). A aquesta metodologia també s'incorpora un tractament de les dades procedents del registre PRTR (Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes, 2010).

Per una banda, en el primer procés s'ajusten les emissions PRTR segons localització. Aquestes emissions són emissions de tipus industrials de les que es coneix la localització geogràfica exacta i que s'assignen directament al punt de cel·la del domini del model d'emissions (figura 4.9). Algunes de les fonts puntuals PRTR estan incloses dins dels sectors relacionats amb la indústria del inventari EMEP. Per tant, és necessari extreure la contribució de PRTR a EMEP (taula 4.3). Sent aquesta quantitat d'emissions (1-x) la que és necessari disgregar com a emissions degudes a fonts no puntuals.

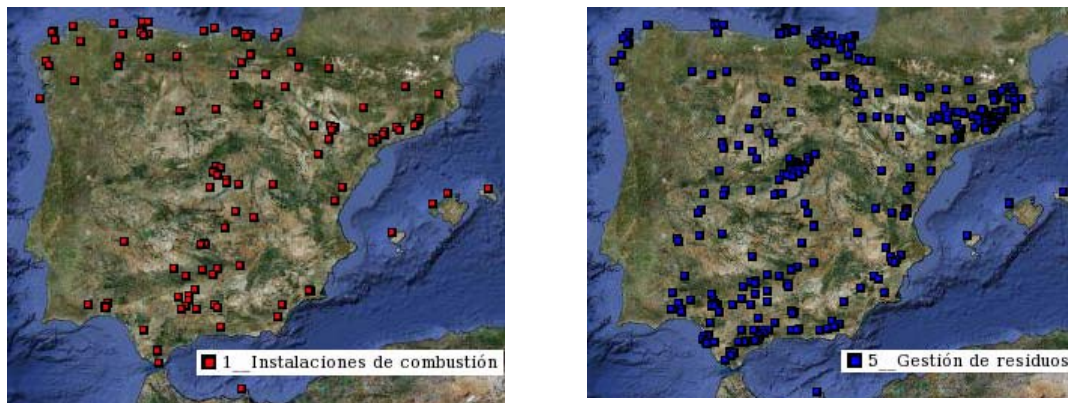


Figura 4.9. Localització de les emissions PRTR corresponents a Instal·lacions de combustió (esquerra) i a Gestió de residus (dreta).

Taula 4.6. Model conceptual del procediment de disgregació de les emissions EMEP/CORINAIR.

<b>Emissions CORINAIR/EMEP</b>	$x = \frac{PRTR}{EMEP}$	<b>Localització d'emissions de fonts puntuals</b> PRTR– Emissions puntuals	Aplicació de perfils mensuals i diaris, i diferenciació de les espècies químiques
	1 - x	<b>Disgregació de les emissions per fonts no puntuals</b>	

El pas posterior és realitzar una disgregació espacial de les emissions d'EMEP restants. Es tracta de repartir el valor d'emissió d'una cel·la de 50km EMEP sobre les cel·les del domini en consideració i adaptable a qualsevol resolució horitzontal. Per aquest motiu es va definir un domini DE que abarçava tota la Península Ibèrica i les Illes Balears amb una resolució de 3km. A la figura 4.10 es presenta un exemple de comparació de un àrea concreta de la península entre les cel·les del domini EMEP i les del domini DE.

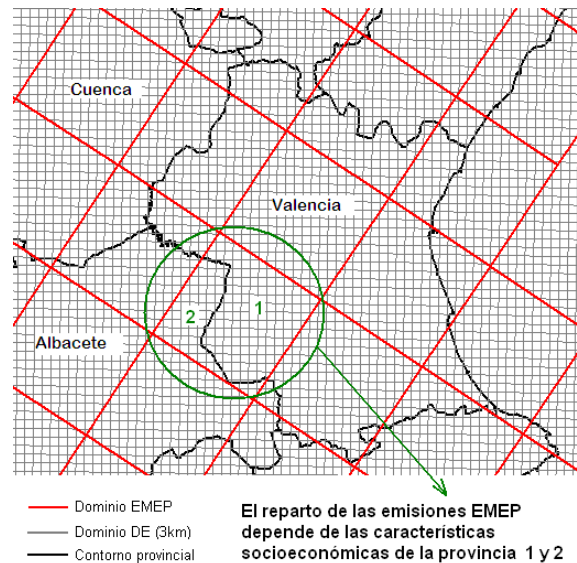


Figura 4.10. Comparació del domini de 3km per a tota Espanya (DE) amb el domini EMEP (50km) i el contorn provincial.

I per assignar la emissió s'utilitzen com a factors d'assignació geogràfica els usos del sòl CLC2000, la xarxa de carreteres i la xarxa de ferrocarrils (figura 4.11). Quan ja tenim assignades les cel·les del domini en consideració on s'ha de repartir la emissió, s'utilitza una funció pes dependent de diversos factors socio-econòmics, per a ponderar el repartiment de la emissió en totes les cel·les escollides. Aquesta funció pes pot correspondre a la densitat de població, al número de treballadors en un sector econòmic, número de vols operat per un aeroport, etc.

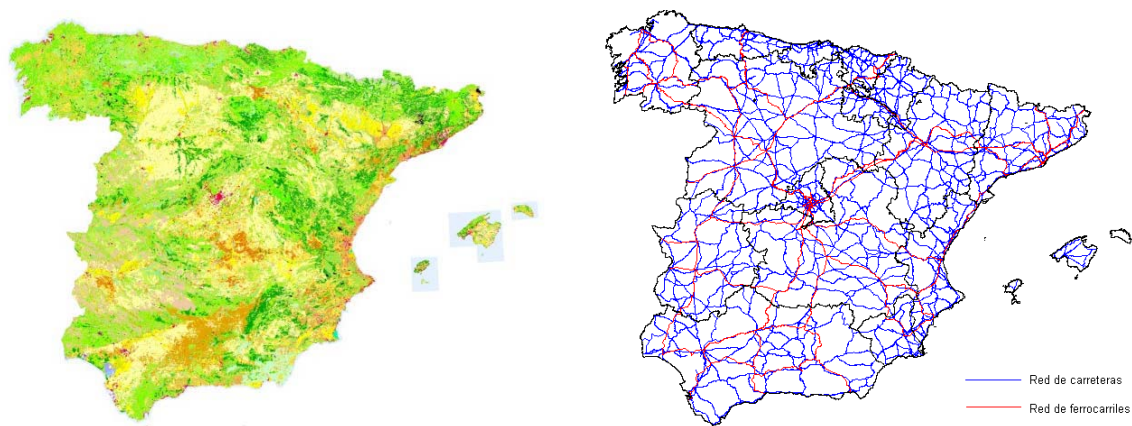


Figura 4.11. Usos del sòl CLC2000 (esquerra) i xarxa de carreteres i ferrocarrils (dreta) a Espanya.

Finalment, una vegada tenim les emissions disgregades espacialment, és necessari realitzar una disgregació temporal i vertical, mitjançant l'aplicació de perfils diaris i mensuals directament extrets del model EMEP.

A la taula 4.7 s'intenta resumir la metodologia de disgregació utilitzada on s'ha mantingut la nomenclatura anglesa a l'hora de definir els sectors que considera EMEP i els diferents usos del sòl del CLC2000.

Taula 4.7. Model conceptual del procediment de disgregació de les emissions EMEP/CORINAIR en el cas de les emissions per fonts no puntuals.

Sector EMEP/CORINAIR		Assignació/Disgregació geogràfica	
		Funció Pes Estadística	
S1	<i>Combustion in energy and transformation industries</i>	CLC2000 → <i>Industrial or commercial units</i>	
		EUROSTAT <sup>7</sup> → Número d'empleats a la indústria per províncies	
S2	<i>Non-industrial combustion plants</i>	Uniformement a la cel·la	
		Densitat de població	
S3	<i>Combustion in manufacturing industry</i>	CLC2000 → <i>Industrial or commercial units</i>	
		EUROSTAT → Número d'empleats a la indústria per províncies	
S4	<i>Production processes</i>	CLC2000 → <i>Industrial or commercial units</i>	
		EUROSTAT → Número d'empleats a la indústria per províncies	
S5	<i>Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy</i>	CLC2000 → <i>Port areas</i>	
		Disgregació uniforme	
S6	<i>Solvent and other product use</i>	Uniformement a la cel·la	
		Densitat de població	
S7	<i>Road transport (urban roads, non-urban roads and motorways)</i>	<i>Urban roads</i> → CLC2000 → <i>Continuous urban fabric</i>	
		<i>Non-urban roads</i> → CLC2000 → <i>Discontinuous urban fabric</i>	
		<i>Motorways</i> → Xarxa estatal de carreteres principals i secundàries.	
		Densitat de població	
S8	<i>Other mobiles sources and machinery</i> $E_{S8_f} = E_{S8} \cdot (1 - 0.504)$ <i>(railways, inland shipping, air transport)</i>	<i>Railways</i> → Xarxa de ferrocarrils de curta, mitja i llarga distància estatal	
		<i>Inland shipping</i> → CLC2000 → <i>Water courses and water bodies</i>	
		<i>Air transport</i> → CLC2000 → <i>Airports</i>	
		<i>Railways</i> → Factor TREMOVE <sup>8</sup> i distribució uniforme	
		<i>Inland Shipping</i> → Factor TREMOVE i distribució uniforme	
		<i>Air transport</i> → Factor TREMOVE i segons el número de vols operat per aeroport	
S9	<i>Waste treatment and disposal</i>	CLC2000 → <i>Dump sites</i>	
		Disgregació uniforme	
S10	<i>Agriculture</i> $E_{S10_f} = E_{S10} + 0.504 \cdot E_{S8}$	CLC2000 per al NH <sub>3</sub>	<i>Pastures</i> <i>Complex cultivation patterns</i>
		CLC2000 per a la resta de contaminants	<i>Non-irrigated arable land</i> <i>Permanently irrigated land</i> <i>Rice fields</i> <i>Vineyards</i> <i>Fruit trees and berry plantations</i> <i>Olive groves</i> <i>Pastures</i> <i>Annual crops associated with permanent crops</i> <i>Complex cultivation patterns</i> <i>Land principally occupied by agriculture</i> <i>Agro-forestry areas</i>
			EUROSTAT → Número d'animals segons comunitats autònomes en el cas del NH <sub>3</sub>
		EUROSTAT → Número d'empleats a l'agricultura segons províncies per la resta de contaminants	
S11	<i>Other sources and sinks</i>	Càlcul específic segons la metodologia incorporada al MNEQA: emissions de pols per erosió local i resuspensió; emissions biogèniques d'hidrocarburs emesos per la vegetació.	

<sup>7</sup> EUROSTAT publica estadístiques relacionades amb la economia, els negocis, la societat, l'agricultura, etc a nivell europeu segons províncies o comunitats autònomes en el cas de l'estat espanyol. <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>

<sup>8</sup> TREMOVE és un model per avaluar l'efecte de les diferents polítiques ambientals sobre les emissions del sector transport. <http://www.tremove.org>

Aquesta nova metodologia de disgregació el doctorand la va incorporar a la versió 4.0 del model d'emissions MNEQA. A la figura 4.12, es representa com a exemple el camp resultant d'aquesta metodologia per al NO amb resolució 3km sobre la Espanya peninsular i les Illes Balears, juntament amb la incorporació de les emissions procedents dels vaixells segons les rutes marítimes mediterrànies i atlàntiques.

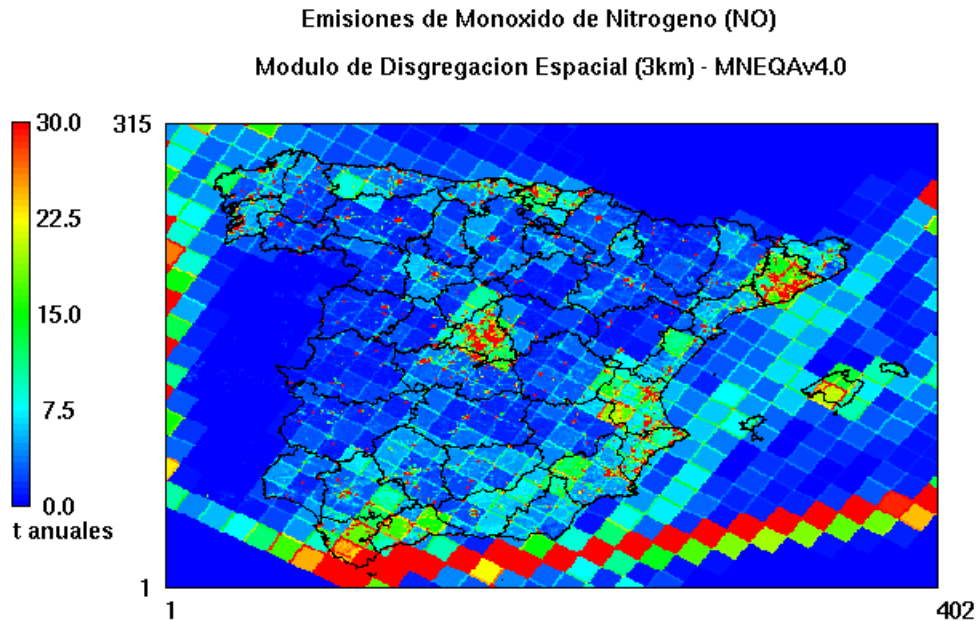


Figura 4.12. Emissions de NO anuals seguint la metodologia de disgregació amb resolució 3km.

Així, en àrees del territori on la metodologia *bottom-up* no sigui del tot complerta o no es disposi de la suficient informació per la seva implementació, aquesta nova disgregació és una eina útil i efectiva per l'obtenció de les emissions necessàries en la utilització de models Eulerians per pronosticar i estimar la qualitat de l'aire, així com per realitzar estudis d'impacte mediambiental.

Aquesta metodologia s'ha comprovat que és eficient ja que si comparem les emissions EMEP de resolució horitzontal 50km per tot el domini D1 amb les resultants de la metodologia, l'error no supera el 7% (taula 4.8).

Taula 4.8. Error de la metodologia de disgregació

Contaminant	$100 \cdot \frac{E_{disgregat} - E_{no\_disgregat}}{E_{no\_disgregat}} (\%)$
CO	-6.6
NH <sub>3</sub>	-1.8
VOCs	7.2
NO <sub>x</sub>	-4.4
SO <sub>2</sub>	5.7
PM10	6.6

A més, aquesta metodologia s'aplica també al domini D3 en conjunció amb la *bottom-up* (figura 4.13), tot incorporant les emissions d'aquells sectors EMEP no considerats en aquesta (taula 4.9).

Taula 4.9. Sectors EMEP/CORINAIR acoblats a les emissions del domini D3 segons els diferents contaminants seleccionats.

Sector EMEP/CORINAIR		Contaminants
S5	<i>Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy</i>	VOCS
S6	<i>Solvent and other product use</i>	NH <sub>3</sub> , VOCS
S7	<i>Road transport</i>	SO <sub>2</sub> <sup>9</sup>
S8	<i>Other mobiles sources and machinery</i>	CO, NO <sub>x</sub> , NH <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> , VOCS
S9	<i>Waste treatment and disposal</i>	NH <sub>3</sub> , PM10, SO <sub>2</sub>
S10	<i>Agriculture</i>	CO, NH <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> , PM10
Altres	<i>Shipping emissions</i>	CO, SO <sub>2</sub> , PM10

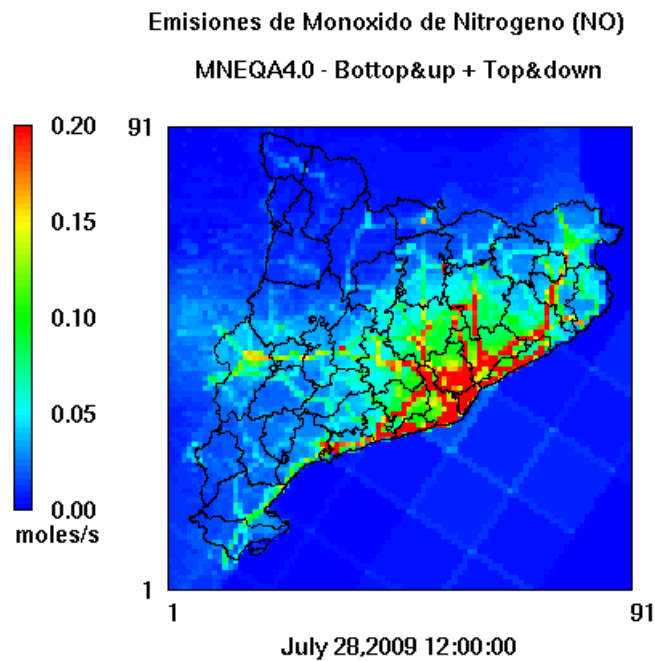


Figura 4.13. Emissions horàries corresponents a l'acoblament de les metodologies *bottom-up* i *top-down* segons MNEQA4.0 a l'àrea de Catalunya a les 12UTC del 28 de juliol de 2009.

<sup>9</sup> S'incorpora el SO<sub>2</sub> degut a les emissions de trànsit i no ala resta de contaminants perquè ja es calculen mitjançant la metodologia *bottom-up*.

