



# 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**



## **6. Validacions del sistema de modelització AQM.cat i de previsió AQF.cat.**

La validació d'un model resumeix el procés d'avaluació de la qualitat dels pronòstics envers les mesures. El procés de validació pot ser complex ja que per si sol un paràmetre estadístic no pot reflectir la bondat del model, de forma que és necessari utilitzar tot un seguit de paràmetres estadístics en el seu conjunt per tal d'aconseguir una validació completa. Com s'ha comentat a la introducció, la validació estadística de les previsions forma part fonamental del procés d'implementació dels sistemes de pronòstic de la qualitat de l'aire, ja que s'ha d'aconseguir que aquests sistemes compleixin les recomanacions de la comunitat científica i de la legislació vigent per tal d'arribar a ser operatius. Es tracta d'un procés continu i la eina bàsica per localitzar les incerteses del model i millorar-ne la qualitat. El sistema de modelització AQM.cat i de previsió AQF.cat s'ha anat validant periòdicament durant tota la fase de recerca del doctorand. Així, el treball descrit en aquest capítol correspon a les etapes (6) i (8) del procés cronològic de la fase de recerca mostrada a la secció 1.1.

Mitjançant les estacions que componen la XVPCA i les proporcionades pel Servei Meteorològic de Catalunya, els resultats de AQM.cat i AQF.cat, s'han avaluat mitjançant una sèrie de paràmetres estadístics, la bondat i els errors de l'aplicació dels sistemes AQM.cat i AQF.cat amb les característiques definides en els capítols anteriors. L'avaluació s'ha realitzat sobre diferents variables meteorològiques i sobre els contaminants atmosfèrics ozó, PM10 i diòxid de nitrogen.

Els períodes validats han estat els compresos entre el dia 1 de Maig i el 30 de Setembre del 2009 (MM5v3.7-MNEQAv3.0-CMAQv4.6) i del 2010 (MM5v3.7-MNEQAv4.0-CMAQv4.6). En aquest document no es reproduïx la validació estadística realitzada en un estadi previ del sistema durant el mateix període de l'any 2008 (Arasa et al., 2010a).

Abans de reproduir els resultats de la validació estadística s'ha de comentar que un dels problemes que presenten els sistemes de modelització de la qualitat de l'aire quan es vol avaluar el nivell de reproducció de la realitat, radica en que la resolució del model moltes vegades no és comparable a les mesures fetes a les estacions de mesura. Així, les estacions han de seguir uns criteris d'ubicació per ser representatives d'una zona, depenent de la orografia, la utilització del terreny o la proximitat a focus emissors. Mentre que el model té una resolució horitzontal donada, i per tant, sempre existeix un error inherent quan volem comparar els resultats del model amb les mesures de les estacions. Així, en aquesta avaluació s'ha considerat com a premissa fonamental que les estacions que formen la XVPCA són representatives del municipi al que pertanyen. Tot i així, i com s'observarà i es comentarà durant el present capítol, s'han observat discrepàncies del model envers les mesures de les estacions. Per exemple, s'ha trobat que punts de malla que degut a les emissions que presenta es podrien caracteritzar com a rurals des del punt de vista del model, es caracteritzen per ser estacions urbanes per a la ubicació de l'estació de la XVPCA. Per tant, tot i no negligir cap de les estacions de la XVPCA de les que hem disposat de mesures dels diferents contaminants, s'observa que diverses d'aquestes estacions no són representatives de la zona d'estudi.

## 6.1. Paràmetres estadístics

La validació estadística dels sistemes de modelització i previsió s'ha realitzat utilitzant l'aproximació clàssica de comparació d'observacions i resultats del model. En aquesta validació per valors discrets s'han utilitzat un conjunt de paràmetres estadístics que es mostren a la taula 6.1. La taula es completa amb una sèrie de valors recomanats pels diferents paràmetres estadístics presentats que procedeixen de Denby (2010), suggerits per Emery et al. (2001) i Tesche et al. (2002) per les variables meteorològiques, i de EPA (2009) per les concentracions de contaminants atmosfèrics. S'ha de comentar que tot i que segons EPA (2005) és inapropiat establir un criteri rígid per a l'acceptació o refús d'un model, segons la guia EPA (1991) un rang de valors es poden utilitzar com a indicadors de la bondat del model. El criteri acceptat correspon a valors d'entre  $\pm 5$  a  $\pm 15$  % de MNBE,  $+30$  a  $35$ % de MNGE i una UPA de  $\pm 15$  a  $\pm 20$ %. Aquests són els valors que s'han pres com a referència pels sistemes de modelització i previsió.

Taula 6.1. Definició dels diferents paràmetres estadístics utilitzats en l'avaluació del sistema de modelització AQM.cat i de previsió AQF.cat. M és el valor pronosticat i O el valor mesurat.

Paràmetre estadístic / Definició matemàtica	Variable	Recomanació
$MB = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (M_i - O_i)$	Velocitat del vent	$< \pm 0.5 \text{ ms}^{-1}$
	Direcció del vent	$< \pm 10^\circ$
	Temperatura	$< \pm 0.5 \text{ K}$
	Humitat específica	$< \pm 1 \text{ g kg}^{-1}$
$MAGE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N  M_i - O_i $	Direcció del vent	$< 30^\circ$
	Temperatura	$< 2 \text{ K}$
	Humitat específica	$< 2 \text{ g kg}^{-1}$
$MNBE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left( \frac{M_i - O_i}{O_i} \right) \cdot 100\%$	Concentració contaminants	$< \pm 15 \%$
$MNGE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left( \frac{ M_i - O_i }{O_i} \right) \cdot 100\%$	Concentració contaminants	$< 35 \%$
$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (M_i - O_i)^2}$	Velocitat del vent	$< 2 \text{ ms}^{-1}$
$IOA = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (M_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^N \left[  M_i - \bar{M}  +  O_i - \bar{O}  \right]^2}$	Direcció del vent	$\geq 0.6$
	Temperatura	$\geq 0.8$
	Humitat específica	$\geq 0.6$
$UPA = 100 \cdot \frac{M_{\max} - O_{\max}}{O_{\max}}$	Concentració contaminants	$< \pm 20 \%$

A continuació resumim breument el significat de cada paràmetre estadístic presentat a la taula 6.1.

- Error mig, MB

Aquest estadístic indica en promig si les previsions estan per sobre o per sota de les observacions i en quin grau. La comparació es realitza per a mateixos instants de temps, d'espai o de temps i espai.

- Error normalitzat mig, MNBE  
Aquest estadístic representa el promig de les diferències entre els resultats del model i les observacions, normalitzat segons les observacions i agrupant-les per temps o espai. Un valor de 0 indica que les sobreestimacions i subestimacions del model envers les observacions, cancel·len exactament unes amb les altres.
- Error absolut mig, MAGE  
Aquest estadístic representa una mesura de l'apropament promig entre les mesures i les previsions.
- Error absolut normalitzat mig, MNGE  
Aquest estadístic representa el promig de les diferències absolutes entre els resultats del model i les observacions, normalitzat segons les observacions i agrupant-les per temps o espai. Un valor de 0 indicaria que el model reproduïx exactament els valors observats en cada instant de temps o punt de mesurament.
- Error quadràtic mig, RMSE  
Aquest estadístic mesura la diferència quadràtica mitja entre les observacions i les previsions.
- *Index of Agreement*, IOA  
És un paràmetre definit per avaluar amb un únic valor la bondat del model, variant entre 0 i 1, representant els límits de complet desacord i complet acord entre les observacions i les previsions.
- *Unpaired peak accuracy*, UPA  
Aquest estadístic mesura la diferència entre el valor observat i mesurat per a totes les hores i totes les localitzacions, sense tenir correspondència ni espacial ni temporal.

## 6.2. Variables meteorològiques

Tot i que la finalitat bàsica d'un sistema operatiu de pronòstic de la qualitat de l'aire és obtenir les concentracions de diferents contaminants atmosfèrics, degut a la influència que té la meteorologia sobre aquestes concentracions, és necessari avaluar els errors del model meteorològic com a causa d'incertesa en els pronòstics de la qualitat de l'aire.

Els pronòstics del model meteorològic MM5 operatiu dins de AQM.cat durant el període a estudi s'han avaluat utilitzant 35 estacions meteorològiques en superfície distribuïdes per tota Catalunya i gestionades pel Servei Meteorològic de Catalunya. L'avaluació inclou la velocitat i la direcció del vent mesurada a 10m sobre la superfície, la temperatura de l'aire i la humitat específica a 1.5m. L'error quadràtic mig (RMSE), l'error mig (MB), l'error absolut mig (MAGE) i el *index of agreement* (IOA) per aquests paràmetres meteorològics s'han calculat pels valors horaris modelitzats i observats, obtenint valors diaris dels estadístics (figura 6.1) i valors globals de tot el període (taula 6.2). Els estadístics corresponents a la velocitat i la direcció del vent són calculats per a velocitats superiors a  $0.5\text{ms}^{-1}$ , ja que la mesura de la direcció del vent a les estacions per a velocitats inferiors a aquesta no és del tot fiable. Degut a la naturalesa circular de la variable direcció del vent, en el càlcul dels paràmetres estadístics s'utilitza una direcció del vent modificada (Lee i Fernando, 2004; Soler et al., 2011). Per exemple, si el valor predit és de  $10^\circ$  i la observació corresponent és de  $340^\circ$ , s'utilitza un valor predit de  $370^\circ$  a l'hora de calcular els paràmetres estadístics.

Taula 6.2. Resultats dels paràmetres estadístics corresponents a l'avaluació del model meteorològic MM5 per tot el període a estudi.

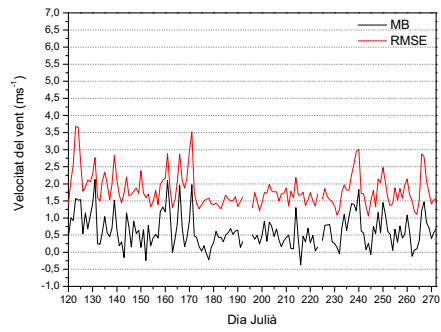
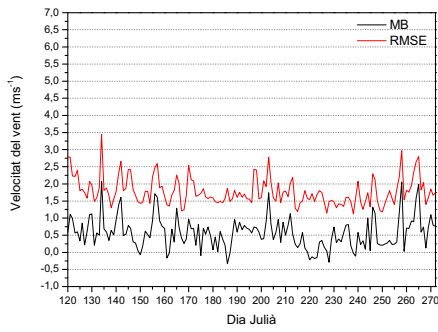
Variable meteorològica	Estadístic	AQM.cat 2009	AQM.cat 2010
Velocitat del vent	RMSE ( $\text{ms}^{-1}$ )	1.82	1.89
	MB ( $\text{ms}^{-1}$ )	0.57	0.63
	IOA	0.66	0.65
Direcció del vent	MAGE ( $^{\circ}$ )	69.35	70.90
	MB ( $^{\circ}$ )	0.62	2.11
Temperatura	MAGE (K)	1.97	1.87
	MB (K)	-0.88	-0.56
	IOA	0.93	0.95
Humitat específica	MAGE ( $\text{g kg}^{-1}$ )	1.26	1.42
	MB ( $\text{g kg}^{-1}$ )	0.22	0.36
	IOA	0.89	0.86

Els resultats de la taula 6.2 mostren que els valors corresponents a la humitat específica i de la velocitat del vent cauen dins de les recomanacions de la taula 6.1. En canvi, la velocitat del vent és lleugerament sobreestimada pel model i la direcció del vent presenta la major desviació, MAGE de  $69.35^{\circ}$  al 2009 i  $70.90^{\circ}$  al 2010. Aquesta major dispersió en els pronòstics de la direcció del vent està associada a la topografia complexa de l'àrea d'aplicació, i es reproduïda per diferents autors utilitzant diferents models en la mateixa àrea (Borge et al., 2008; Jiménez et al., 2006a; Jiménez et al., 2008). Per la temperatura, la subestimació ( $-0.88\text{K}$  i  $-0.56\text{K}$ ) és més alta que la suggerida ( $-0.50\text{K}$ ), però el MAGE i el IOA cauen dins de les recomanacions.

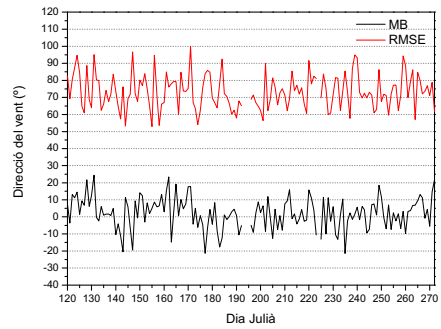
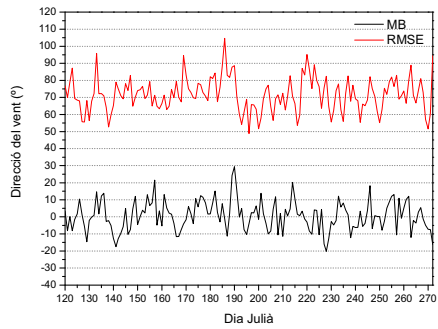
Pel que respecta a la evolució diària dels paràmetres estadístics RMSE i MB (figura 6.1), s'ha observat que per la velocitat del vent el RMSE varia entre  $1$  i  $3\text{ms}^{-1}$  i el MB entre  $0$  i  $2\text{ms}^{-1}$  per tot el període. Típicament a l'àrea d'estudi i pel període considerat les condicions meteorològiques venen marcades per una situació anticiclònica amb dèbil gradient de pressions, el que afavoreix el desenvolupament de circulacions mesoscalars com la brisa de mar. La velocitat del vent associada a aquestes circulacions és reproduïda bastant bé pel model tot i que tendeix a subestimar-la durant el dia i sobreestimar-la durant la nit. Alhora el model no reproduïx acuradament els vents dèbils nocturns (Bravo et al., 2008). La superposició d'aquests efectes provoca el valor positiu global de MB per tot el període. En el cas de la direcció del vent, el valor de RMSE varia entre  $60$  i  $90^{\circ}$  de RMSE i el de MB entre  $-10$  i  $10^{\circ}$ . Aquests errors poden ser deguts a la topografia complexa de la zona com ja s'ha comentat anteriorment. Per la majoria del període, el RMSE de la temperatura varia entre els  $2$  i  $3\text{K}$  i el MB entre els  $0$  i  $-1.5\text{K}$ , el que confirma la tendència del model MM5 a subestimar la temperatura. En el cas de la humitat específica el RMSE varia entre  $1$  i  $2.5\text{gkg}^{-1}$  i el MB entre  $-1$  i  $1\text{gkg}^{-1}$ .

En general, els resultats de l'avaluació meteorològica estan en concordança amb d'altres avaluacions del model MM5 utilitzat per aplicacions de qualitat de l'aire (Zhang et al., 2006a) i especialment aquelles en la mateixa àrea d'estudi (Jiménez et al., 2006a). En comparació amb els resultats dels estudis previs del sistema de modelització AQM.cat, amb una resolució horitzontal de  $9\text{km}$  (Arasa et al., 2010a), s'observa que l'ús d'una major resolució horitzontal proporciona millors resultats, especialment en el cas de la temperatura i de la direcció del vent. Verificant doncs, que les prediccions meteorològiques sobre orografia complexa requereixen d'una alta resolució horitzontal i vertical per resoldre les circulacions mesoscalars.

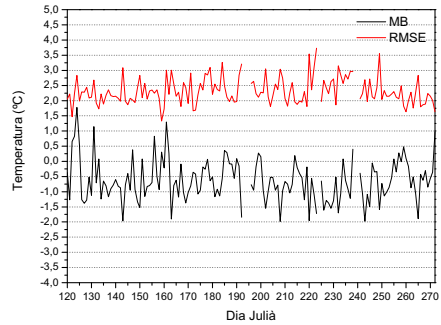
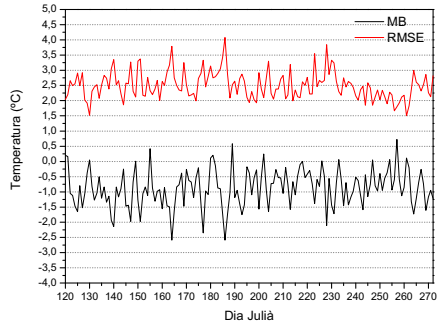
(a)



(b)



(c)



(d)

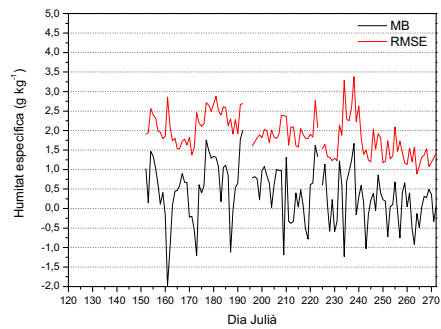
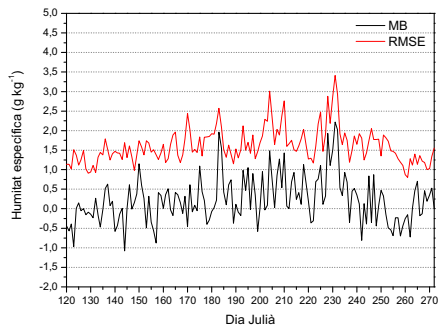


Figura 6.1. Evolució dels errors RMSE i MB diaris per l'estiu 2009 (esquerra) i 2010 (dreta): (a) velocitat del vent mesurada a 10m; (b) direcció del vent mesurada a 10m; (c) temperatura de l'aire a 1.5m; (d) humitat específica a 1.5m.

### 6.3. Ozó troposfèric

A la taula 6.3 es presenta la sèrie d'estacions que mesuren l'ozó troposfèric de la XVPCA que s'han tingut en compte en l'avaluació del model, juntament amb la mitja dels valors horaris de la concentració d'ozó observada i la prevista pel sistema de modelització AQM.cat pels períodes corresponents: 1 de maig – 30 de setembre de 2009 i 2010.

Amb aquests resultats ja es poden extreure les primeres conclusions. S'observa com l'ajust de les previsions del sistema AQM.cat amb les observacions és força correcte, presentant coeficients de correlació lineal de 0.710 (2009) i 0.607 (2010). Tot i així, s'observen casos de sobreestimació del model (Bellver de Cerdanya, Manlleu, Manresa, Sabadell, Santa Pau o Sort) i casos de infraestimació (Alcover, Begur, Gadesa, Guiamets, La Sénia o Rubí) que s'avaluaran convenientment amb els resultats dels diferents paràmetres estadístics a les posteriors seccions.

D'altra banda, la incorporació de les correccions presentades a la secció 5.2.1 milloren sensiblement els resultats del sistema AQF.cat, fins a obtenir coeficients de correlació lineal de: 0.997 i 0.992 (MS), 0.998 i 0.994 (RA), i 0.999 i 0.989 (HF), per als períodes 2009 i 2010 respectivament. Les diferents correccions aplicades en el sistema de previsió AQF.cat (MS, RA i HF) milloren en un grau similar els resultats del sistema AQM.cat, com podrem avaluar en les seccions posteriors. Tot i així, depenent de la situació meteorològica i de la possible persistència d'aquesta, una metodologia de correcció o un altre pot proporcionar millors resultats que la resta (figura 6.2).



Taula 6.3. Localització de les estacions de mesura de la XVPCA utilitzades en la validació de l'ozó troposfèric i promig per tot el període dels valors modelitzats i observats.

Estació	LON (° sexag.)	LAT (° sexag.)	2009 - O <sub>3</sub> observat (µg m <sup>-3</sup> )	2009 - O <sub>3</sub> modelitzat (µg m <sup>-3</sup> )	2010 - O <sub>3</sub> observat (µg m <sup>-3</sup> )	2010 - O <sub>3</sub> modelitzat (µg m <sup>-3</sup> )
Constantí	1.219	41.156	67	60	69	58
Vila-seca	1.153	41.113	66	64	68	62
Manresa	1.826	41.731	52	70	57	63
Martorell	1.922	41.477	45	47	52	41
Igualada	0.627	41.579	64	67	57	62
Lleida	0.617	41.617	69	66	66	62
Sant Celoni	2.497	41.690	58	63	48	56
Sabadell	2.103	41.562	53	71	55	62
Reus	1.121	41.152	73	66	73	62
Pardines	2.215	42.313	86	85	78	86
Agullana	2.843	42.393	91	71	82	70
Juneda	0.818	41.551	80	69	76	67
Sort	1.131	42.407	67	79	68	78
Amposta	0.583	40.708	73	66	77	65
Sta. Maria de Palautordera	2.443	41.692	67	73	66	66
St. Cugat del Vallès	2.090	41.789	60	53	58	46
Begur	3.214	41.960	92	71	88	71
Vilanova i la Geltrú	1.722	41.220	69	65	75	63
Santa Pau	2.513	42.146	64	76	60	77
Gandesa	0.441	41.059	84	70	96	71
Bellver de Cerdanya	1.778	42.369	70	79	69	78
Granollers	2.280	41.601	60	61	62	51
Ponts	1.196	41.905	77	75	75	73
La Sénia	0.289	40.644	93	69	91	69
Vic	2.240	41.937	66	71	67	64
Tarragona - Parc de la ciutat	1.243	41.119	65	61	67	58
Rubí	2.044	41.493	61	52	80	46
Tona	2.222	41.848	78	80	78	77
Alcover	1.181	41.280	79	70	76	69
Guiamets	0.756	41.102	85	71	91	72
Berga	1.849	42.097	80	82	67	79
Terrassa	2.009	41.557	58	62	56	54
Manlleu	2.288	42.004	63	78	57	73
Mollet del Vallès	2.213	41.550	48	51	48	44
Vilafranca del Penedès	1.688	41.347	75	66	65	59
Mataró	2.444	41.548	62	61	77	56
Sta. Perpètua de la Mogoda	2.218	41.537	55	57	54	48
Barcelona – Poblenou	2.189	41.388	49	43	57	26
L'Hospitalet del Llobregat	2.116	41.372	61	56	66	47
St. Adrià del Besòs	2.223	41.427	62	54	57	42
Badalona	2.240	41.445	56	56	65	46
Montcada i Reixac	2.190	41.483	48	53	54	46
St. Vicenç dels Horts	2.011	41.393	50	47	58	41
St. Andreu de la Barca	1.976	41.452	47	45	51	40
Barcelona – Eixample	2.155	41.386	42	53	44	38
Sta. Coloma de Gramanet	2.210	41.448	56	54	56	45
Barcelona – Gràcia	2.154	41.400	47	54	49	41
Barcelona - Ciutadella	2.205	41.405	49	61	63	51
Gavà	1.993	41.304	58	57	54	55
Barcelona – Vall d'Hebron	2.149	41.427	62	59	69	44
Vandellòs	0.833	41.016	69	72	95	72

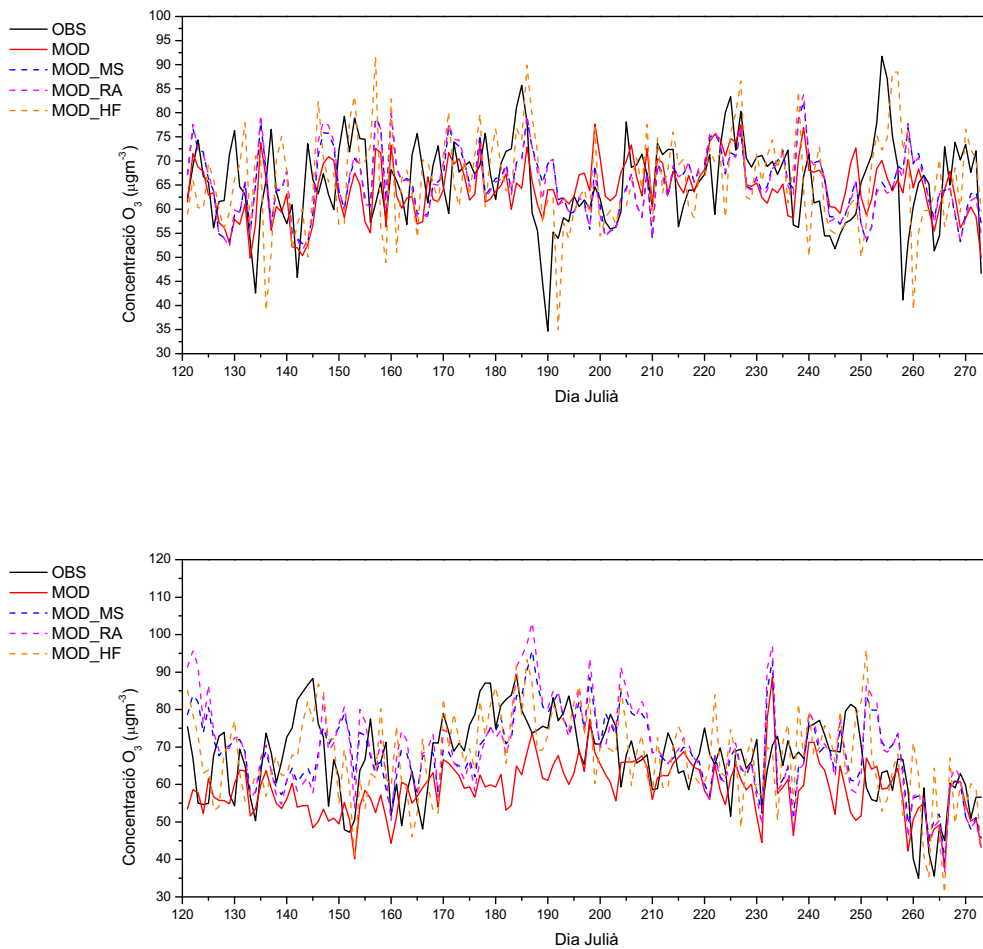


Figura 6.2. Evolució diària dels valors mitjos d'ozó previstos (MOD) pel sistema de previsió AQF.cat (incorporant les correccions MS, RA i HF), i observats (OBS) per les 51 estacions de la XVPCA considerades a la taula 6.3 pels períodes 2009 (superior) i 2010 (inferior).

### 6.3.1. Validació horària

Per tal d'avaluar el comportament del model envers les mesures de forma horària, a la figura 6.3 es presenta l'evolució diària realitzada amb els valors mitjos horaris de les previsions del sistema AQM.cat, AQF.cat i les corresponents a les mesures de la XVPCA. La figura mostra una subestimació diürna dels pronòstics i una sobreestimació nocturna que és més significativa durant el període 2009 que el corresponent al 2010.

La subestimació diürna pot venir causada per: (1) les circulacions mesoscalars corresponents a la brisa marina són difícils de reproduir, associades al paper fonamental que presenten aquest tipus de circulacions en les simulacions fotoquímiques (Pirovano et al., 2007); (2) una tendència a subestimar els precursors de l'ozó (òxids de nitrogen, monòxid de carboni i hidrocarburs) observada en els models de qualitat de l'aire (Russell i Dennis, 2000); (3) la incertesa de les emissions de MNEQA i de la distribució temporal d'aquestes; (4) la subestimació dels pronòstics de temperatura del model meteorològic (Ortega et al., 2010).

D'altra banda, les causes de la sobreestimació nocturna poden estar associades a: (1) que el model no representa prou acuradament els processos fisicoquímics nocturns (Jiménez et al., 2006b); (2) que el model d'emissions MNEQA no calcula apropiadament les emissions nocturnes; (3) que alguns paràmetres meteorològics com la velocitat del vent, la direcció del vent i la mescla vertical no són del tot bé reproduïts pel model quan el forçament sinòptic és dèbil (Bravo et al., 2008; Schürman et al., 2009). Aquesta sobreestimació nocturna es redueix en els resultats corresponents al període de 2010, probablement degut a dues raons principals: (1) es van realitzar canvis en el valor mínim del coeficient vertical de difusivitat turbulenta,  $K_z$ , des d'un valor constant de  $1\text{m}^2\text{s}^{-1}$  (2009) a un valor depenent de la fracció urbana de la cel·la, entre  $0.5\text{m}^2\text{s}^{-1}$  per àrees rurals i  $2\text{m}^2\text{s}^{-1}$  per àrees urbanes (secció 7.4); (2) per una actualització de les emissions de MNEQA. Per reduir l'efecte d'aquestes concentracions baixes nocturnes sobre l'avaluació estadística, els paràmetres estadístics tan sols s'han calculat per a parelles observacions – prediccions per les quals la concentració observada sigui superior un determinat valor (*cut-off*:  $60\mu\text{g}\text{m}^{-3}$ ; Sistla et al., 1996; Hogrefe et al., 2001; Appel et al., 2007).

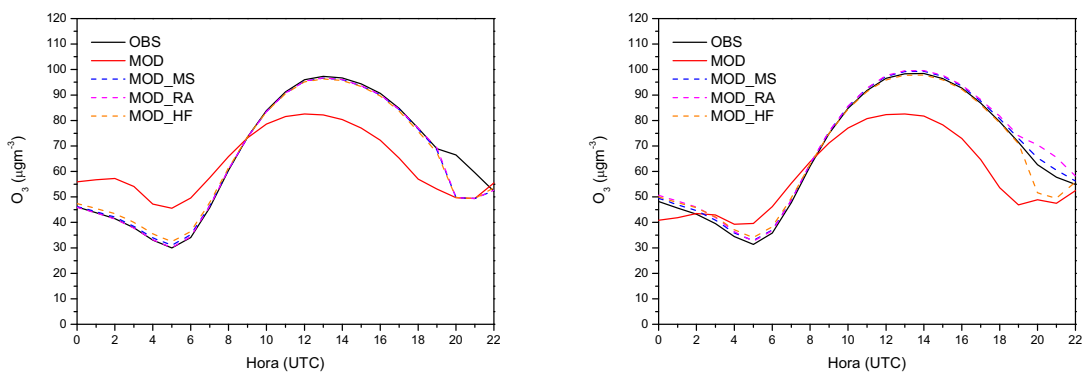


Figura 6.3. Evolució temporal de les concentracions mitges horàries proporcionades pel sistema de previsió de la qualitat de l'aire AQF.cat i les estacions de la XVPCA per l'estiu 2009 (esquerra) i 2010 (dreta).

A les figures 6.4 i 6.5 es mostren les evolucions diàries mitges de la concentració d'ozó per algunes de les estacions de la XVPCA representatives de les diferents zones de qualitat de l'aire i tipus d'estació. Així, observem com en el cas de Bellver de Cerdanya la comparació entre els resultats del model i les mesures de la estació està influenciada per la no del tot bona representativitat de la estació que ja hem comentat al principi del present capítol. Es visualitza doncs que el comportament del model en el punt de malla pertanyent a la estació de Bellver de Cerdanya és de tipus rural, i l'estació en canvi presenta un comportament característic de tipus urbà amb una important disminució dels nivells d'ozó durant la nit. Per tant, es creu que l'estació no és representativa de l'àrea ja que està totalment influenciada per les emissions corresponents al nucli d'aquesta població. S'ha observat aquest mateix comportament en poblacions com ara Sort o Ponts que no es reproduïxen en aquest document.

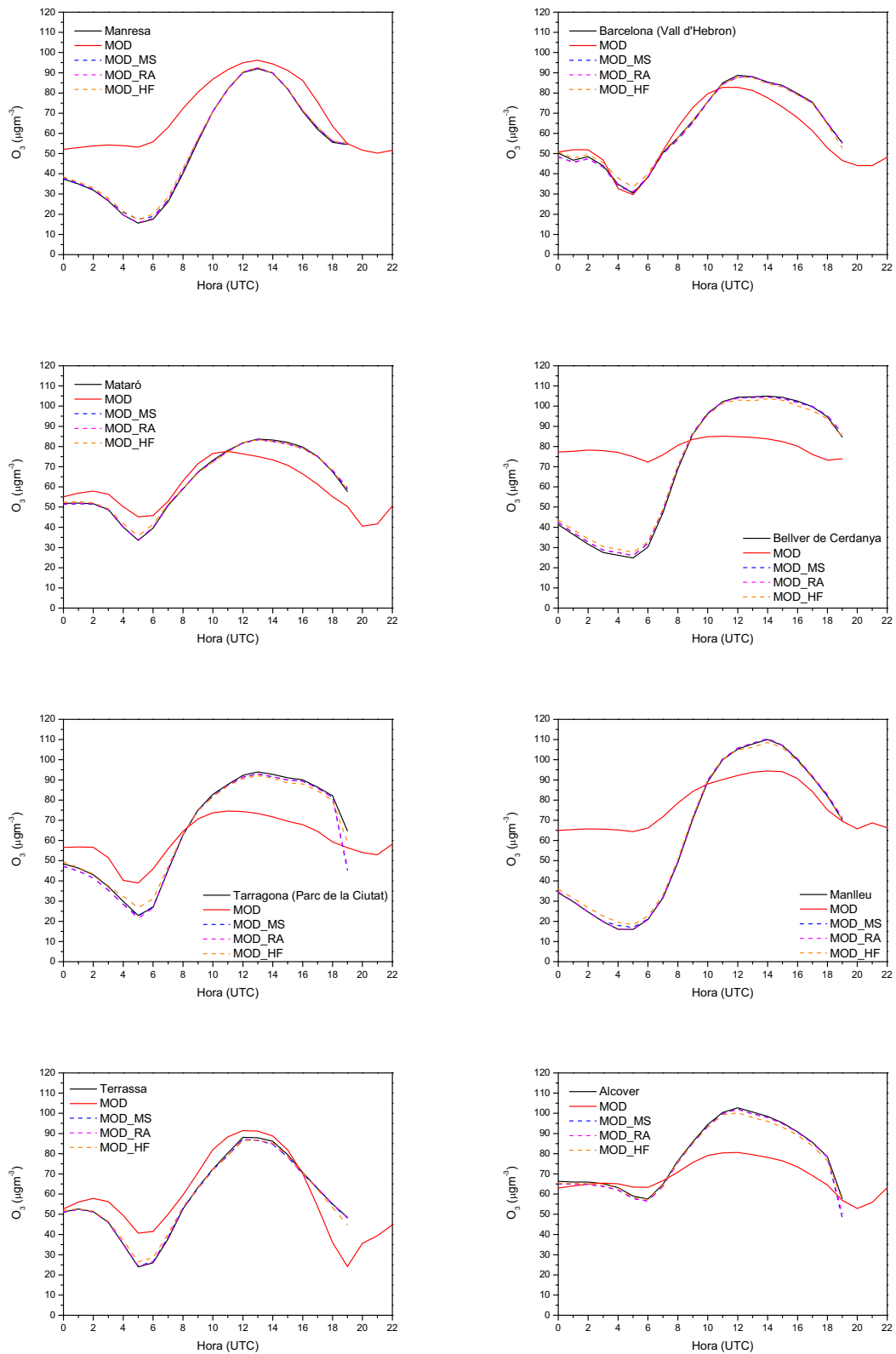


Figura 6.4. Evolució temporal de les concentracions mitges horàries proporcionades pel sistema de previsió de la qualitat de l'aire AQF.cat i les estacions de la XVPCA per l'estiu 2009.

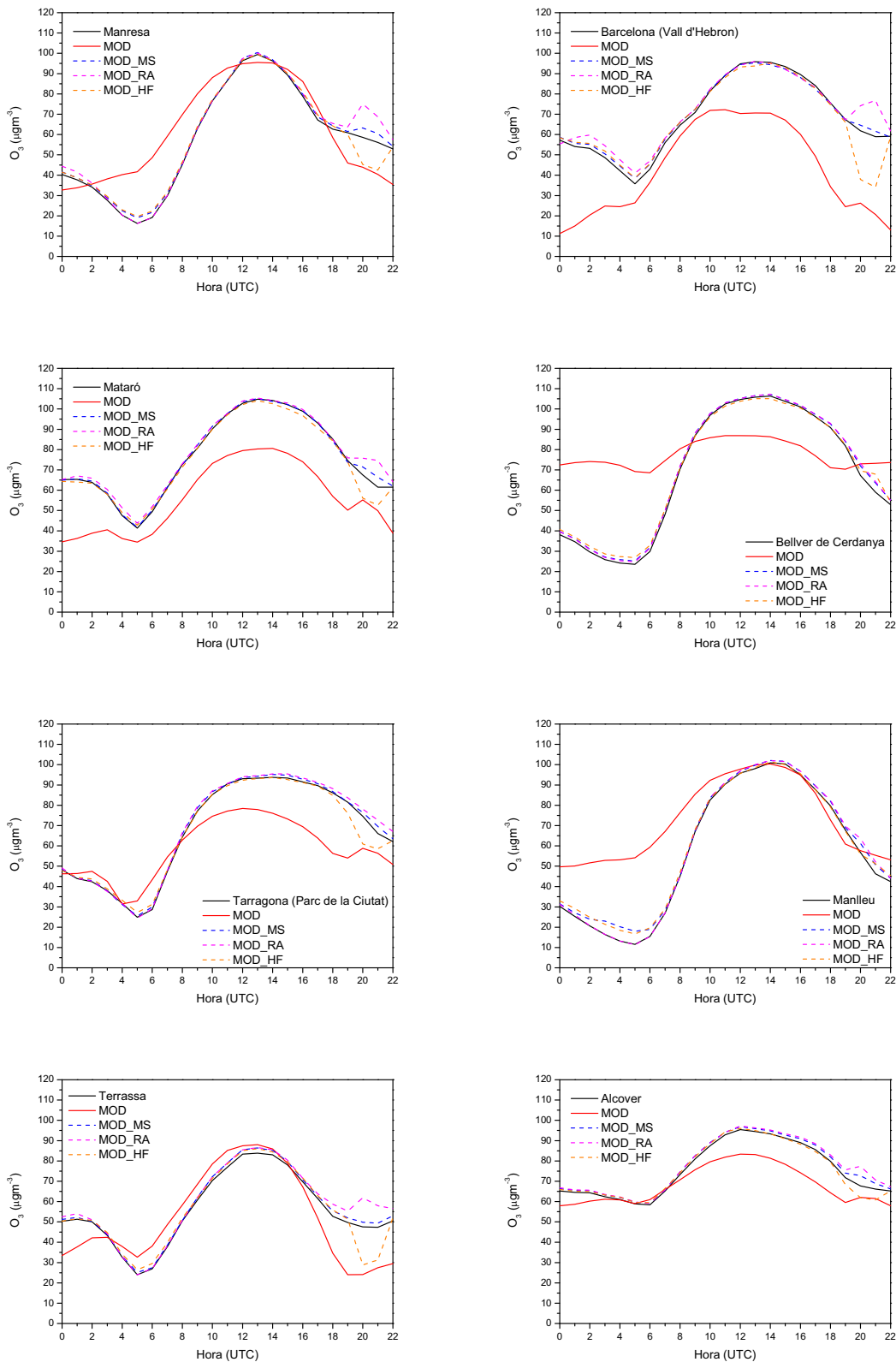


Figura 6.5. Evolució temporal de les concentracions mitges horàries proporcionades pel sistema de previsió de la qualitat de l'aire AQF.cat i les estacions de la XVPCA per l'estiu 2010.

A la taula 6.4 es mostren els resultats del càlcul dels paràmetres estadístics definits a la taula 6.1 tenint el compte totes les estacions de la XVPCA. Els resultats per l'any 2009 mostren que tant els resultats donats pel sistema AQM.cat com els donats per AQF.cat amb les correccions MS, RA i HF compleixen el criteri d'acceptació del MNGE, obtenint valors entre el 20.0 i el 25.0% de l'error absolut normalitzat mig. Pel que respecta al MNBE, les correccions estan dins del rang del criteri d'acceptació EPA (1991) amb valors de -5.7% aproximadament. En canvi, els resultats del sistema AQM.cat estan prop del límit d'acceptació amb un -16.7%.

En el cas dels resultats per l'any 2010 els valors dels paràmetres estadístics són similars, obtenint que tant el model com les correccions MS, RA i HF compleixen el criteri d'acceptació del MNGE, obtenint valors entre el 22.0 i el 26.6% de l'error absolut normalitzat mig. Pel que respecta al MNBE, les correccions estan dins del rang del criteri d'acceptació EPA (1991) amb valors entre -3.2% i -6.6%. En canvi, els resultats del sistema AQM.cat resten fora del límit d'acceptació amb un -21.4%.

Pel que respecta a l'aplicació de les correccions de la desviació entre el model i la mesura, s'observa que l'aplicació d'aquestes metodologies milloren sensiblement les previsions dels nivells d'ozó, especialment el MB i el MNBE. Si s'avalua en global la comparació dels valors horaris del sistema de previsió i els mesurats, es pot observar com els resultats del model corregit amb la metodologia *mean subtraction* minimitzen el conjunt d'errors estadístics.

Taula 6.4. Paràmetres estadístics calculats a partir dels valors horaris d'AQM.cat i AQF.cat i de les mesures a les estacions de la XVPCA. S'han filtrat els valors observats inferiors a  $60\mu\text{g}\text{m}^{-3}$ .

Any	Estadístic	MOD	MOD MS	MOD RA	MOD HF
2009	MB ( $\mu\text{g}\text{m}^{-3}$ )	-17.28	-6.47	-6.31	-6.60
	MAGE ( $\mu\text{g}\text{m}^{-3}$ )	22.09	17.81	18.73	21.96
	MNBE (%)	-16.72	-5.69	-5.56	-6.10
	MNGE (%)	23.20	20.03	21.06	24.98
	RMSE ( $\mu\text{g}\text{m}^{-3}$ )	27.81	22.59	23.84	28.29
	IOA	0.551	0.703	0.687	0.640
2010	MB ( $\mu\text{g}\text{m}^{-3}$ )	-20.97	-5.35	-4.39	-6.89
	MAGE ( $\mu\text{g}\text{m}^{-3}$ )	25.36	19.57	22.88	23.33
	MNBE (%)	-21.36	-4.41	-3.24	-6.57
	MNGE (%)	27.12	22.04	26.03	26.57
	RMSE ( $\mu\text{g}\text{m}^{-3}$ )	32.51	25.36	30.63	30.25
	IOA	0.532	0.670	0.597	0.631

A les taules 6.5, 6.6, 6.7 i 6.8 es presenten els resultats dels diversos estadístics calculats per a cadascuna de les estacions de la XVPCA, corresponents a la comparació entre el model i la mesura, model amb correcció MS i la mesura, model amb correcció RA i la mesura, i model amb correcció HF i la mesura.

S'observa una subestimació del model envers les mesures, obtenint valors negatius dels paràmetres estadístics MB i MNBE en totes les estacions excepte a Manresa i a Sabadell durant el període del 2009, on s'obtenen valors positius i dins del criteri d'acceptació EPA (1991).

Per estacions, s'observa com el criteri d'acceptació per al MNGE s'acompleix en la majoria d'estacions, sent les excepcions: Barcelona-Poblenou (model), Barcelona-

Eixample (model\_MS i model\_HF), Sabadell (model\_HF) i Barcelona-Gràcia (model\_HF) durant el període 2009.

En canvi, hi ha una major quantitat d'estacions que no compleixen el requisit del MNBE, especialment en la comparació model-mesura. Quan s'apliquen les diverses correccions aquesta tendència disminueix clarament, certificant que l'aplicació de les metodologies de correcció milloren sensiblement les previsions dels nivells d'ozó troposfèric.

Taula 6.5. Paràmetres estadístics calculats a partir dels valors horaris del sistema AQM.cat (utilitzant un filtre de  $60\mu\text{g}\text{m}^{-3}$ ) i de les mesures a les estacions XVPCA.

Estació	2009					2010				
	MB $\mu\text{g}\text{m}^{-3}$	MAGE $\mu\text{g}\text{m}^{-3}$	MNBE %	MNGE %	RMSE $\mu\text{g}\text{m}^{-3}$	MB $\mu\text{g}\text{m}^{-3}$	MAGE $\mu\text{g}\text{m}^{-3}$	MNBE %	MNGE %	RMSE $\mu\text{g}\text{m}^{-3}$
Constantí	-22.89	24.53	-23.75	26.05	29.54	-14.46	15.18	-15.24	16.29	23.81
Vila-seca	-17.15	19.62	-17.67	21.15	24.35	-10.78	12.41	-11.30	13.60	19.83
Manresa	0.87	16.23	3.15	19.49	20.88	-2.27	8.22	-2.22	9.86	16.04
Martorell	-14.07	24.12	-15.54	28.55	30.93	-11.24	13.15	-12.45	14.74	24.78
Igualada	-13.59	19.18	-12.69	19.69	24.17	-4.07	7.87	-4.04	9.02	14.89
Lleida	-17.81	20.11	-16.77	20.09	25.17	-8.89	10.26	-8.98	10.97	18.09
Sant Celoni	-15.98	21.08	-16.05	22.13	26.41	-1.47	8.16	-1.57	9.90	16.56
Sabadell	2.52	19.33	4.82	24.02	24.76	-2.37	9.56	-2.40	11.67	19.31
Reus	-19.36	21.58	-19.56	22.77	26.74	-14.39	15.59	-15.20	16.92	23.62
Pardines	-6.71	16.57	-3.42	17.55	20.99	0.29	10.08	2.79	11.81	15.32
Agullana	-24.93	26.06	-23.53	25.01	31.14	-15.59	17.47	-15.61	18.02	24.45
Juneda	-22.09	23.27	-20.58	22.32	28.94	-12.93	13.94	-13.06	14.51	21.43
Sort	-8.51	13.82	-7.11	14.89	17.29	-6.41	9.75	-5.17	10.05	16.24
Amposta	-17.23	18.79	-18.01	20.32	23.27	-15.09	16.13	-15.58	17.10	23.11
Sta. Maria de Palautordera	-10.56	18.25	-9.67	18.92	22.88	-8.72	12.54	-8.09	12.53	21.81
St. Cugat del Vallès	-20.19	25.59	-22.01	28.50	31.11	-12.26	14.38	-13.35	15.76	25.80
Begur	-22.70	24.38	-21.39	23.80	30.54	-18.13	20.44	-17.70	20.78	27.86
Vilanova i la Geltrú	-19.73	23.06	-19.65	24.05	29.14	-16.64	18.33	-16.23	18.50	28.14
Santa Pau	-15.46	19.77	-12.96	19.19	25.27	-3.67	9.15	-2.21	9.44	17.73
Gandesa	-18.91	20.58	-18.73	21.19	25.51	-26.61	27.57	-23.86	25.27	34.78
Bellver de Cerdanya	-15.79	20.10	-12.75	19.03	25.70	-8.58	10.89	-7.15	10.51	18.45
Granollers	-20.43	28.91	-18.24	28.04	36.12	-11.56	14.23	-12.51	15.65	25.11
Ponts	-22.17	24.31	-18.54	21.63	29.77	-11.78	13.66	-10.01	12.69	21.88
La Sénia	-27.18	28.23	-25.45	27.02	33.33	-23.17	24.12	-22.06	23.48	30.73
Vic	-19.20	23.49	-15.88	21.64	29.62	-10.31	13.39	-9.17	13.01	24.09
Tarragona - Parc de la ciutat	-18.67	21.44	-19.44	23.26	26.64	-13.17	14.77	-13.68	15.96	23.75
Rubí	-24.41	29.10	-26.05	31.79	35.43	-29.89	30.64	-29.44	30.26	43.41
Tona	-15.47	21.86	-11.09	19.87	28.29	-9.63	13.30	-8.20	12.72	22.32
Alcover	-16.52	19.07	-16.16	19.76	24.38	-11.48	14.17	-11.43	15.35	22.29
Guiamets	-20.03	21.55	-19.10	21.36	26.82	-21.05	22.26	-19.40	21.21	29.35
Berga	-14.94	20.50	-11.20	19.02	26.18	-2.84	8.42	-1.55	9.13	14.95
Terrassa	-7.01	19.65	-7.34	23.70	25.69	-4.92	9.74	-6.20	12.24	19.76
Manlleu	-10.32	17.63	-7.25	17.20	22.57	-1.77	7.39	-0.84	7.99	14.48
Mollet del Vallès	-13.81	22.53	-14.55	25.62	28.05	-8.68	10.94	-9.19	11.92	21.26
Vilafranca del Penedès	-22.59	24.80	-21.79	24.51	30.00	-9.97	11.84	-10.43	12.89	19.82
Mataró	-11.03	17.37	-12.24	21.12	22.72	-19.94	21.85	-21.40	23.87	32.28
Sta. Perpètua de la Mogoda	-15.01	23.44	-15.46	25.80	29.35	-9.27	12.42	-10.37	14.00	22.59
Barcelona – Poblenou	-29.66	30.43	-35.74	36.84	36.51	-24.93	24.95	-29.89	29.93	38.72
L'Hospitalet del Llobregat	-18.61	23.05	-20.23	26.27	28.44	-16.93	18.32	-19.45	21.21	28.56
St. Adrià del Besòs	-32.43	33.40	-32.72	34.03	39.39	-17.98	18.91	-19.96	21.18	31.31
Badalona	-22.14	28.43	-19.70	28.71	38.11	-17.35	18.64	-19.16	20.81	30.09
Montcada i Reixac	-12.35	21.77	-12.20	24.95	27.74	-10.25	12.92	-11.07	14.44	23.93
St. Vicenç dels Horts	-16.98	23.62	-18.95	27.49	29.42	-15.32	16.56	-16.51	18.09	28.82
St. Andreu de la Barca	-15.08	26.56	-16.59	32.19	33.47	-9.10	11.62	-10.12	13.45	23.59
Barcelona – Eixample	-9.98	17.69	-12.02	23.51	21.85	-11.94	12.08	-12.35	12.58	25.08
Sta. Coloma de Gramanet	-23.08	26.64	-24.10	28.71	32.83	-11.35	13.19	-12.54	14.91	24.00
Barcelona – Gràcia	-11.34	19.53	-13.55	25.21	24.31	-7.51	8.91	-9.68	11.67	19.84
Barcelona - Ciutatella	-12.23	19.66	-12.38	23.06	25.14	-13.49	15.64	-14.88	17.77	26.63
Gavà	-22.59	24.36	-25.88	28.32	29.42	-8.54	9.42	-9.55	10.55	18.27
Barcelona – Vall d'Hebron	-14.54	21.03	-15.69	24.42	26.59	-21.08	22.44	-23.55	25.36	34.52
Vandellòs	-10.36	14.69	-10.13	16.57	18.53	-23.61	25.08	-21.99	24.12	31.33



Taula 6.6. Paràmetres estadístics calculats a partir dels valors horaris del sistema AQF.cat amb correcció MS (utilitzant un filtre de  $60\mu\text{m}^{-3}$ ) i de les mesures a les estacions XVPCA.

Estació	2009					2010				
	MB $\mu\text{gm}^{-3}$	MAGE $\mu\text{gm}^{-3}$	MNBE %	MNGE %	RMSE $\mu\text{gm}^{-3}$	MB $\mu\text{gm}^{-3}$	MAGE $\mu\text{gm}^{-3}$	MNBE %	MNGE %	RMSE $\mu\text{gm}^{-3}$
Constantí	-5.29	16.41	-4.46	18.52	20.85	-2.09	10.74	-1.51	12.39	17.54
Vila-seca	-5.66	16.36	-5.15	19.13	20.62	-3.37	11.25	-3.19	13.36	17.92
Manresa	-7.38	18.87	-7.55	22.07	24.14	-2.47	8.55	-2.31	10.03	16.51
Martorell	-8.15	18.96	-8.49	22.54	23.69	-2.91	9.03	-2.96	10.29	17.61
Igualada	-5.34	16.67	-4.68	18.16	21.10	-1.62	7.92	-1.26	9.34	14.89
Lleida	-4.24	15.73	-3.24	17.55	19.34	-3.21	8.52	-3.05	9.92	14.81
Sant Celoni	-4.31	18.70	-3.14	20.28	23.64	-1.97	8.53	-2.03	10.34	17.10
Sabadell	-13.78	22.97	-15.49	27.56	28.56	-4.12	9.96	-4.24	11.84	19.89
Reus	-6.32	16.58	-5.82	19.00	20.85	-3.54	12.17	-3.10	14.08	18.73
Pardines	-3.53	15.34	-1.10	16.92	19.28	-4.22	10.98	-3.71	12.60	16.50
Agullana	-4.49	15.92	-2.21	16.66	20.06	-4.35	15.33	-2.83	16.88	22.23
Juneda	-2.54	14.85	-1.44	16.20	18.43	-2.39	11.55	-1.85	13.32	17.56
Sort	-8.19	16.58	-7.92	19.04	21.82	-4.63	11.74	-4.28	13.54	19.58
Amposta	-5.34	13.87	-5.16	16.16	17.15	-3.59	11.53	-3.04	13.17	17.01
Sta. Maria de Palautordera	-5.04	18.72	-4.18	20.35	23.43	-3.12	12.47	-2.69	13.20	22.01
St. Cugat del Vallès	-5.91	19.28	-5.51	21.86	24.06	-2.05	10.25	-1.81	11.48	19.20
Begur	-2.60	16.42	0.09	17.55	20.68	-1.31	16.52	1.02	18.35	22.97
Vilanova i la Geltrú	-5.24	17.93	-4.47	20.41	23.16	-2.84	13.87	-1.86	15.13	21.89
Santa Pau	-7.48	18.79	-5.75	20.43	23.88	-4.86	11.67	-3.85	12.56	22.18
Gandesa	-4.19	14.72	-2.90	16.60	18.15	-2.38	16.90	0.20	17.52	22.39
Bellver de Cerdanya	-3.76	16.83	-1.71	18.08	21.32	-1.56	9.80	-0.36	10.80	17.06
Granollers	-13.37	30.34	-10.32	30.98	36.78	-1.16	12.52	-0.66	14.22	22.16
Ponts	-4.67	17.71	-3.11	18.44	21.70	-1.82	11.21	-0.64	11.83	18.84
La Sénia	-2.33	14.35	-0.50	15.16	18.27	-2.23	14.88	-0.38	16.04	19.82
Vic	-4.81	19.64	-2.75	20.07	24.56	-1.81	11.26	-0.91	11.60	20.45
Tarragona - Parc de la ciutat	-7.41	18.13	-7.10	20.99	23.10	-3.69	11.87	-3.20	13.79	18.98
Rubí	-9.21	20.62	-8.99	23.09	25.92	-2.93	15.19	-1.80	15.43	23.63
Tona	-6.70	20.82	-5.03	21.36	26.19	-2.31	12.99	-1.47	13.41	21.40
Alcover	-6.16	16.48	-5.09	18.39	20.65	-3.36	13.33	-2.40	15.36	20.38
Guiamets	-4.20	14.90	-2.81	16.21	18.38	-2.65	15.57	-0.50	16.50	21.26
Berga	-4.74	17.21	-2.74	18.01	21.52	-2.78	10.33	-2.05	11.71	18.11
Terrassa	-10.77	21.06	-11.67	25.20	26.29	-3.70	8.94	-4.27	11.03	17.80
Manlleu	-3.63	17.13	-1.67	18.27	21.64	-2.24	8.85	-1.57	9.61	17.52
Mollet del Vallès	-5.56	18.72	-4.50	21.42	23.72	-3.28	9.45	-3.20	10.45	18.59
Vilafranca del Penedès	-4.63	16.25	-3.90	17.39	20.21	-1.46	9.66	-0.93	11.12	16.79
Mataró	-6.40	16.76	-6.56	20.99	21.51	-3.78	15.01	-3.25	17.14	22.51
Sta. Perpètua de la Mogoda	-5.91	19.38	-5.02	21.85	24.34	-2.74	10.27	-2.72	11.69	19.02
Barcelona – Poblenou	-12.58	20.34	-14.18	25.40	25.92	-4.47	10.24	-4.75	12.50	18.17
L'Hospitalet del Llobregat	-10.46	19.26	-11.18	22.84	24.34	-4.44	11.55	-4.61	13.57	19.19
St. Adrià del Besòs	-8.24	20.55	-7.08	22.20	26.16	-3.66	11.96	-3.59	13.86	21.06
Badalona	-19.66	30.74	-16.18	31.99	39.43	-3.86	12.63	-3.58	14.56	21.01
Montcada i Reixac	-9.01	20.46	-8.49	24.01	25.55	-2.97	10.15	-2.84	11.82	18.95
St. Vicenç dels Horts	-7.15	19.43	-6.96	23.06	24.46	-3.63	9.89	-3.60	11.16	18.23
St. Andreu de la Barca	-11.63	22.56	-12.11	27.22	28.20	-4.46	8.85	-4.63	10.34	17.91
Barcelona – Eixample	-24.11	27.17	-31.45	36.00	32.25	-15.98	15.99	-17.21	17.22	34.05
Sta. Coloma de Gramanet	-9.34	20.74	-8.56	23.16	26.30	-3.98	9.95	-4.03	11.50	18.45
Barcelona – Gràcia	-19.17	24.02	-23.95	30.87	29.20	-5.11	7.20	-6.27	9.25	15.71
Barcelona - Ciutadella	-17.08	22.13	-19.61	26.84	27.51	-6.39	13.66	-6.28	15.79	23.24
Gavà	-8.89	17.90	-9.81	21.69	22.96	-5.93	10.61	-6.95	12.40	21.96
Barcelona – Vall d'Hebron	-10.53	20.49	-10.95	24.35	25.76	-4.89	12.25	-4.87	14.03	20.35
Vandellòs	-11.25	17.19	-12.09	20.49	20.64	-0.92	16.72	1.86	17.84	22.06

Taula 6.7. Paràmetres estadístics calculats a partir dels valors horaris del sistema AQF.cat amb correcció RA (utilitzant un filtre de  $60\mu\text{g}\text{m}^{-3}$ ) i de les mesures a les estacions XVPCA.

Estació	2009					2010				
	MB $\mu\text{g}\text{m}^{-3}$	MAGE $\mu\text{g}\text{m}^{-3}$	MNBE %	MNGE %	RMSE $\mu\text{g}\text{m}^{-3}$	MB $\mu\text{g}\text{m}^{-3}$	MAGE $\mu\text{g}\text{m}^{-3}$	MNBE %	MNGE %	RMSE $\mu\text{g}\text{m}^{-3}$
Constantí	-5.12	17.91	-4.34	20.18	22.80	-1.25	12.53	-0.50	14.49	20.93
Vila-seca	-5.68	17.48	-5.23	20.43	22.17	-3.14	12.31	-2.90	14.65	19.74
Manresa	-7.39	18.43	-7.62	21.46	23.55	-2.05	9.22	-1.68	11.01	18.55
Martorell	-7.51	20.90	-7.73	24.98	26.83	-2.16	11.53	-2.11	13.31	22.95
Igualada	-5.14	17.45	-4.60	18.91	22.38	-1.43	8.44	-0.99	9.99	16.08
Lleida	-4.17	16.33	-3.20	18.14	20.05	-3.11	9.01	-2.88	10.51	16.12
Sant Celoni	-4.05	20.22	-2.93	21.92	25.66	-1.59	8.94	-1.51	10.94	18.37
Sabadell	-14.00	21.83	-15.72	26.11	27.05	-3.78	10.20	-3.81	12.22	20.76
Reus	-6.17	17.51	-5.73	20.03	22.14	-3.06	13.80	-2.47	16.02	21.86
Pardines	-3.56	15.36	-1.14	16.89	19.32	-4.14	11.05	-3.64	12.64	16.58
Agullana	-4.32	16.58	-2.16	17.32	20.96	-4.07	16.37	-2.61	17.96	24.05
Juneda	-2.45	15.38	-1.39	16.72	19.18	-2.18	12.39	-1.57	14.28	19.47
Sort	-8.05	16.53	-7.78	18.98	21.64	-4.48	11.81	-4.13	13.61	19.63
Amposta	-5.39	14.66	-5.22	17.03	18.11	-3.43	12.42	-2.87	14.19	18.42
Sta. Maria de Palautordera	-4.76	19.34	-3.90	20.95	24.13	-2.84	13.57	-2.35	14.29	24.15
St. Cugat del Vallès	-5.31	22.00	-4.89	25.18	27.39	-1.26	12.82	-0.91	14.61	24.53
Begur	-2.54	17.57	0.21	18.72	22.25	-0.76	18.48	1.70	20.50	26.04
Vilanova i la Geltrú	-5.06	19.24	-4.41	21.79	25.32	-2.15	16.07	-1.10	17.48	25.71
Santa Pau	-7.39	19.02	-5.75	20.62	24.11	-4.80	11.92	-3.80	12.84	22.56
Gandesa	-4.04	15.35	-2.70	17.30	18.92	-2.13	18.48	0.57	19.13	25.43
Bellver de Cerdanya	-3.88	16.87	-1.88	18.12	21.33	-1.50	10.10	-0.30	11.10	17.93
Granollers	-12.02	31.42	-8.79	32.33	37.28	1.94	15.97	3.23	18.54	29.39
Ponts	-4.72	18.03	-3.26	18.67	21.99	-1.74	11.77	-0.59	12.31	20.33
La Sénia	-2.30	15.67	-0.40	16.51	20.01	-1.97	16.57	-0.02	17.84	22.68
Vic	-4.64	20.50	-2.75	20.93	25.68	-1.44	12.75	-0.58	13.24	23.77
Tarragona - Parc de la ciutat	-7.35	19.11	-7.06	22.12	24.42	-3.21	13.25	-2.58	15.50	21.70
Rubí	-8.83	23.72	-8.72	26.89	30.01	-1.56	22.37	-0.24	23.35	34.96
Tona	-6.68	21.04	-5.10	21.41	26.48	-2.06	14.03	-1.19	14.43	23.59
Alcover	-6.17	17.08	-5.13	18.99	21.41	-2.96	14.28	-1.91	16.43	22.02
Guiamets	-4.17	15.61	-2.76	16.95	19.34	-2.45	16.86	-0.21	17.81	23.64
Berga	-4.73	17.20	-2.88	17.93	21.55	-2.76	10.46	-2.01	11.80	18.54
Terrassa	-10.63	21.11	-11.46	25.39	26.39	-3.39	10.03	-3.82	12.57	20.57
Manlleu	-3.47	17.31	-1.61	18.41	21.89	-2.18	9.08	-1.50	9.86	18.08
Mollet del Vallès	-5.08	20.00	-4.01	23.09	25.38	-3.05	11.09	-2.95	12.39	22.19
Vilafranca del Penedès	-4.54	17.76	-3.95	18.87	22.23	-0.82	11.13	-0.14	12.92	20.07
Mataró	-6.18	17.38	-6.27	21.77	22.47	-2.86	19.84	-2.06	23.01	30.77
Sta. Perpètua de la Mogoda	-5.36	20.98	-4.45	23.85	26.54	-2.17	12.21	-1.97	14.15	23.23
Barcelona – Poblenou	-11.83	24.06	-13.16	30.40	30.70	-2.24	19.13	-2.10	23.89	34.15
L'Hospitalet del Llobregat	-10.25	20.39	-10.97	24.21	25.71	-3.29	15.09	-3.11	18.20	25.67
St. Adrià del Besòs	-7.85	23.66	-6.95	25.70	30.12	-2.65	17.34	-2.55	20.28	30.42
Badalona	-18.79	31.37	-14.98	32.82	40.03	-2.80	17.04	-2.42	20.05	29.12
Montcada i Reixac	-8.80	21.16	-8.20	24.90	26.51	-2.27	11.96	-2.03	14.08	22.83
St. Vicenç dels Horts	-6.34	21.54	-6.00	25.80	27.52	-2.55	13.18	-2.32	15.22	25.55
St. Andreu de la Barca	-10.66	24.29	-10.89	29.63	30.80	-3.70	10.59	-3.76	12.54	22.08
Barcelona – Eixample	-23.68	26.25	-30.99	34.79	31.11	-15.23	15.25	-16.37	16.39	32.34
Sta. Coloma de Gramanet	-9.21	22.90	-8.50	25.74	28.96	-3.12	12.23	-2.96	14.39	23.23
Barcelona – Gràcia	-19.28	23.59	-24.13	30.32	28.65	-4.27	8.98	-5.05	11.85	20.46
Barcelona - Ciutatella	-17.41	22.15	-19.98	26.79	27.50	-5.37	16.57	-4.93	19.48	28.72
Gavà	-8.45	20.01	-9.35	24.18	25.04	-6.01	12.46	-7.26	14.72	25.77
Barcelona – Vall d'Hebron	-10.40	21.18	-10.79	25.28	26.54	-3.53	17.73	-3.26	21.00	29.97
Vandellòs	-11.24	17.36	-12.02	20.63	20.92	-0.60	18.48	2.31	19.71	25.03

Taula 6.8. Paràmetres estadístics calculats a partir dels valors horaris del sistema AQF.cat amb correcció HF (utilitzant un filtre de  $60\mu\text{m}^{-3}$ ) i de les mesures a les estacions XVPCA.

Estació	2009					2010				
	MB $\mu\text{g m}^{-3}$	MAGE $\mu\text{g m}^{-3}$	MNBE %	MNGE %	RMSE $\mu\text{g m}^{-3}$	MB $\mu\text{g m}^{-3}$	MAGE $\mu\text{g m}^{-3}$	MNBE %	MNGE %	RMSE $\mu\text{g m}^{-3}$
Constantí	-5.83	20.33	-5.47	23.16	25.79	-4.30	12.36	-4.39	14.23	20.31
Vila-seca	-6.75	19.79	-6.86	23.23	25.21	-4.41	12.43	-4.93	15.05	20.50
Manresa	-7.25	22.93	-7.42	27.28	28.58	-3.17	10.94	-3.31	13.01	20.69
Martorell	-7.99	23.37	-8.27	28.14	30.14	-3.67	12.04	-3.84	13.87	23.28
Igualada	-5.38	20.91	-4.93	23.13	26.53	-2.26	9.69	-2.25	11.45	18.41
Lleida	-4.10	19.36	-3.46	21.93	24.31	-3.15	10.39	-3.06	12.06	18.36
Sant Celoni	-4.91	24.06	-4.07	26.53	31.16	-2.21	9.93	-2.34	12.19	20.13
Sabadell	-14.38	29.61	-15.67	36.08	36.14	-4.32	12.52	-4.47	15.16	24.12
Reus	-6.31	19.79	-6.23	22.97	25.07	-4.85	13.24	-5.14	15.55	20.91
Pardines	-3.66	20.22	-1.38	22.59	26.26	-3.42	12.58	-2.84	14.70	18.69
Agullana	-5.12	21.51	-3.14	22.87	27.05	-4.19	17.26	-3.33	19.25	25.43
Juneda	-3.46	17.46	-2.75	19.12	22.62	-3.52	12.91	-3.47	14.82	20.23
Sort	-8.54	20.47	-8.14	23.62	27.07	-4.22	11.96	-4.04	13.91	20.19
Amposta	-5.38	16.66	-5.53	19.67	21.40	-5.02	14.26	-5.01	16.61	20.90
Sta. Maria de Palautordera	-5.39	23.99	-4.87	26.21	30.71	-3.19	14.48	-2.83	15.36	25.59
St. Cugat del Vallès	-6.61	23.73	-6.21	26.87	30.58	-2.96	12.26	-2.87	13.96	22.78
Begur	-2.37	18.53	-0.55	20.23	23.71	-2.39	19.18	-0.79	21.38	26.01
Vilanova i la Geltrú	-6.18	21.67	-5.92	24.83	27.92	-4.18	16.91	-3.57	18.73	26.29
Santa Pau	-7.47	24.72	-5.52	27.16	31.33	-4.81	13.80	-4.36	15.17	25.21
Gandesa	-3.38	16.22	-2.46	18.59	20.67	-3.92	19.58	-1.91	20.41	26.28
Bellver de Cerdanya	-5.56	21.40	-3.98	23.08	27.33	-2.18	11.05	-1.36	12.03	19.67
Granollers	-19.59	27.78	-18.11	27.60	35.97	-10.71	14.42	-11.54	16.10	25.10
Ponts	-4.67	21.58	-3.52	22.52	26.94	-2.85	13.62	-1.94	14.39	22.58
La Sénia	-2.19	16.35	-0.84	17.39	20.92	-3.40	17.45	-2.29	19.03	23.03
Vic	-5.67	25.63	-3.90	26.20	32.47	-3.30	13.95	-2.72	14.20	25.18
Tarragona - Parc de la ciutat	-7.55	21.58	-7.75	25.30	27.82	-4.98	13.95	-5.12	16.36	22.88
Rubí	-8.80	24.18	-8.96	27.10	31.37	-4.77	19.54	-3.87	20.42	30.39
Tona	-6.71	25.60	-5.23	26.44	32.25	-3.53	15.30	-2.94	15.74	24.73
Alcover	-6.35	20.16	-5.96	23.15	25.18	-3.25	14.13	-2.58	16.71	21.62
Guiamets	-3.88	16.54	-3.05	18.36	21.19	-3.48	17.67	-2.07	19.03	24.15
Berga	-5.19	23.82	-3.06	25.21	30.79	-3.23	12.51	-2.90	14.34	21.81
Terrassa	-11.27	26.99	-12.06	32.79	34.02	-4.33	11.17	-5.20	13.94	21.94
Manlleu	-4.24	23.07	-2.16	24.60	29.71	-2.49	10.90	-2.07	11.82	21.47
Mollet del Vallès	-5.77	24.52	-4.85	28.12	31.64	-2.98	10.84	-3.12	12.37	21.34
Vilafranca del Penedès	-5.33	19.97	-4.82	21.54	25.57	-2.45	11.64	-2.30	13.51	20.30
Mataró	-6.30	21.00	-6.70	26.73	27.14	-5.11	17.21	-5.08	19.87	26.23
Sta. Perpètua de la Mogoda	-6.42	25.51	-5.54	28.61	32.71	-3.14	12.39	-3.16	14.32	23.01
Barcelona – Poblenou	-11.34	25.37	-13.43	32.45	31.70	-6.81	13.90	-7.77	17.02	24.74
L'Hospitalet del Llobregat	-9.42	22.57	-10.19	27.12	29.31	-5.61	15.38	-6.06	18.46	25.06
St. Adrià del Besòs	-9.35	26.90	-8.83	29.45	34.17	-4.35	13.98	-4.39	16.31	24.86
Badalona	-24.07	30.34	-22.18	31.11	39.57	-5.32	15.37	-5.32	17.72	25.64
Montcada i Reixac	-8.96	26.15	-8.78	31.16	32.76	-3.02	12.01	-2.90	14.08	22.48
St. Vicenç dels Horts	-7.73	24.12	-7.99	29.03	30.87	-4.98	13.44	-5.29	15.48	24.62
St. Andreu de la Barca	-12.15	27.78	-12.51	33.89	34.45	-5.48	12.53	-5.73	14.74	24.54
Barcelona – Eixample	-20.70	30.40	-26.69	40.82	36.17	-7.97	9.46	-8.17	9.99	22.08
Sta. Coloma de Gramanet	-9.43	27.15	-9.06	31.11	34.43	-4.17	11.94	-4.42	13.98	22.21
Barcelona – Gràcia	-17.85	28.76	-22.00	37.46	34.84	-5.63	9.20	-7.11	12.20	19.77
Barcelona - Ciutadella	-15.02	27.03	-17.43	33.81	34.40	-6.72	16.08	-6.77	18.94	27.10
Gavà	-9.85	21.37	-10.99	26.13	27.68	-7.69	9.21	-8.62	10.39	17.93
Barcelona – Vall d'Hebron	-9.77	25.09	-10.36	30.42	31.50	-5.55	15.75	-5.88	18.61	25.91
Vandellòs	-7.82	16.85	-8.78	20.62	21.35	-3.78	18.23	-2.17	19.38	23.69

### 6.3.2. Validació dels valors màxims 1-h

Des del punt de vista de l'administració, la bondat dels models ha de presentar-se especialment en relació amb els llindars establerts per la legislació. Per aquest motiu, és necessari ampliar l'anterior validació estadística horària als valors màxims 1-horaris (1-h) i 8-horaris (8-h) diaris, ja que s'utilitzen per avaluar possibles superacions del llindar d'informació a la població i el llindar d'alerta, en el primer cas, i el valor objectiu a llarg termini per a la protecció de la salut humana en el segon cas.

A la taula 6.9 reproduïm els paràmetres estadístics resultants de la comparació de valors màxims 1-h. En aquest cas també es verifica que el sistema AQM.cat tendeix a subestimar els valors màxims 1-h d'ozó troposfèric degut als valors negatius de MB i MNBE. Els valors dels estadístics també mostren que tant el sistema AQM.cat com les correccions aplicades sobre ell compleixen el criteri d'acceptació del MNGE, obtenint valors entre el 17.6 i el 27.4% de l'error absolut normalitzat mig. Pel que respecta al MNBE, els pronòstics del model amb i sense correccions estan dins del rang del criteri d'acceptació EPA (1991) amb valors entre el -15.5% i el 12.7% d'error. A més, s'observa com els sistemes de previsió AQM.cat i AQF.cat presenten uns errors estadístics inferiors en el cas de la comparació de valors màxims 1-h que en el cas de la comparació horària.

Taula 6.9. Paràmetres estadístics calculats a partir dels valors màxims 1-h d'AQM.cat i AQF.cat i de les mesures a les estacions de la XVPCA. S'han filtrat els valors observats inferiors a  $60\mu\text{g}\text{m}^{-3}$ .

Any	Estadístic	MOD	MOD MS	MOD RA	MOD HF
2009	MB ( $\mu\text{g}\text{m}^{-3}$ )	-17.43	-2.50	0.91	4.41
	MAGE ( $\mu\text{g}\text{m}^{-3}$ )	24.53	18.34	20.95	20.73
	MNBE (%)	-13.71	0.17	3.63	6.38
	MNGE (%)	22.03	17.59	20.46	20.45
	RMSE ( $\mu\text{g}\text{m}^{-3}$ )	30.33	23.26	27.72	26.64
	UPA (%)	-17.47	2.31	19.99	4.40
	IOA	0.551	0.684	0.620	0.666
2010	MB ( $\mu\text{g}\text{m}^{-3}$ )	-19.23	0.28	9.61	5.62
	MAGE ( $\mu\text{g}\text{m}^{-3}$ )	25.04	19.58	27.47	22.39
	MNBE (%)	-15.52	2.93	12.72	7.83
	MNGE (%)	22.16	18.81	27.39	22.15
	RMSE ( $\mu\text{g}\text{m}^{-3}$ )	32.20	25.38	38.14	39.36
	UPA (%)	0.30	1.89	3.42	3.36
	IOA	0.550	0.658	0.473	0.636

S'observa que l'aplicació de les correccions de la desviació entre el model i la mesura millora sensiblement les previsions dels nivells d'ozó, arribant a disminuir l'error dels pronòstics del model en un 4%, i es passa de subestimar els valors d'ozó segons els resultats d'AQM.cat (MNBE de -13.7 i -15.5%), a lleugeres sobreestimacions d'aquests valors. D'altra banda, s'observa que avaluant en global la comparació dels valors màxims 1-horaris de AQF.cat i els mesurats, els resultats del model corregit amb *mean subtraction* minimitzen el conjunt d'errors estadístics.

A les taules 6.10, 6.11, 6.12 i 6.13 es presenten els resultats dels diversos estadístics calculats per a cadascuna de les estacions de la XVPCA, corresponents a la comparació entre el model i la mesura, model amb correcció MS i la mesura, model amb correcció RA i la mesura, i model amb correcció HF i la mesura.

Amb aquests resultats també s'observa una infraestimació del model envers les mesures, obtenint valors negatius dels paràmetres estadístics MB i MNBE en totes les estacions excepte a alguns punts de mesurament (2009: Manresa, Martorell, Sabadell i Terrassa; 2010: Sant Celoni i Sabadell) on s'obtenen valors positius. Quan s'apliquen les correccions s'observa que les metodologies MS, en major grau, i RA, en inferior grau, mantenen aquesta subestimació; mentre que HF actua sobreestimant en promig els valors màxims diaris d'ozó.

També s'observa com el criteri d'acceptació per al MNGE s'acompleix en la gran majoria d'estacions. En canvi, augmenta el número d'estacions que no compleixen el requisit del MNBE, especialment en la comparació model-mesura i RA-mesura. Així, s'ha observat el fet que a l'aplicar les metodologies de correcció sobre alguns punts de mesurament, s'obté un empitjorament dels pronòstics. Aquesta tendència pot venir associada al fet que les dades de les estacions de mesura que s'incorporen a l'algoritme de correcció són dades prevalidades pels tècnics del Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya, ja que al ser un sistema funcionant en mode operatiu, les dades s'incorporen al sistema al dia següent de ser mesurades. Per tant, aquestes dades poden contenir incerteses que influeixen directament sobre la previsió d'AQF.cat, tot i que s'han aplicat filtres dins dels algoritmes per identificar-les.

Taula 6.10. Paràmetres estadístics calculats a partir dels valors màxims 1-h del sistema AQM.cat (utilitzant un filtre de 60µgm<sup>-3</sup>) i de les mesures a les estacions XVPCA.

Estació	2009					2010				
	MB µgm <sup>-3</sup>	MAGE µgm <sup>-3</sup>	MNBE %	MNGE %	RMSE µgm <sup>-3</sup>	MB µgm <sup>-3</sup>	MAGE µgm <sup>-3</sup>	MNBE %	MNGE %	RMSE µgm <sup>-3</sup>
Constantí	-26.65	28.77	-23.14	25.67	34.07	-25.90	26.53	-22.54	23.31	32.33
Vila-seca	-22.24	24.83	-19.93	23.09	29.26	-18.25	21.37	-15.87	19.88	28.11
Manresa	2.70	18.81	5.96	19.69	24.57	-4.73	17.90	-2.40	16.26	23.93
Martorell	0.00	18.53	1.69	19.92	24.15	-16.66	22.68	-14.59	21.08	28.50
Igualada	-16.01	21.04	-12.67	17.78	26.36	-7.47	16.29	-5.19	15.36	22.34
Lleida	-27.34	27.79	-22.46	23.01	32.50	-18.89	21.45	-15.12	18.64	28.46
Sant Celoni	-11.87	20.59	-9.82	18.25	25.75	6.17	20.05	7.86	21.56	26.54
Sabadell	14.42	23.40	18.63	26.78	30.32	5.27	21.66	8.18	23.63	28.15
Reus	-25.12	27.40	-21.45	24.38	32.88	-22.57	25.39	-18.84	22.56	32.55
Pardines	-19.87	21.58	-15.36	17.37	27.00	-7.85	15.17	-4.53	13.46	21.77
Agullana	-32.90	34.26	-26.18	27.54	38.73	-18.71	21.65	-15.62	18.79	29.06
Juneda	-34.63	34.77	-26.98	27.16	39.62	-21.07	22.58	-17.21	19.28	29.12
Sort	-15.29	16.89	-13.43	15.60	20.76	-18.20	19.49	-15.25	16.91	25.91
Amposta	-23.79	24.98	-21.84	23.47	29.17	-27.12	27.74	-23.84	24.60	32.65
Sta. Maria de Palautordera	-6.34	19.65	-4.30	17.44	24.44	-13.20	22.58	-9.36	18.37	29.60
St. Cugat del Vallès	-10.69	21.61	-8.94	20.35	26.18	-16.98	23.98	-14.57	21.74	30.82
Begur	-29.38	30.53	-24.53	25.63	37.10	-19.18	23.88	-15.80	20.72	30.80
Vilanova i la Geltrú	-23.20	27.08	-19.66	23.64	33.44	-27.43	29.71	-22.17	24.81	37.22
Santa Pau	-22.37	24.69	-17.40	20.50	29.68	-8.84	18.62	-5.07	16.67	25.40
Gandesa	-26.67	27.52	-23.19	24.41	31.70	-37.87	38.53	-29.07	29.94	43.69
Bellver de Cerdanya	-27.37	28.12	-21.43	22.39	33.64	-24.10	25.51	-18.98	20.87	31.54
Granollers	-12.35	27.29	-8.89	22.49	32.17	-12.23	23.39	-9.12	21.51	29.95
Ponts	-32.54	33.13	-24.60	25.37	37.39	-26.27	27.32	-20.09	21.31	33.50
La Sénia	-37.34	37.59	-30.70	31.07	41.35	-34.42	34.70	-28.45	28.85	39.93
Vic	-26.57	28.99	-18.25	21.09	35.29	-25.06	29.02	-15.81	20.03	38.97
Tarragona - Parc de la ciutat	-22.56	25.59	-19.62	23.30	31.95	-21.02	24.50	-17.43	21.97	31.24
Rubí	-14.11	23.47	-11.42	21.63	28.90	-36.78	39.21	-27.10	28.99	47.35
Tona	-24.58	29.75	-15.40	21.61	37.04	-20.00	25.28	-12.71	18.10	34.02
Alcover	-25.23	27.98	-19.96	23.35	34.71	-19.57	24.81	-14.33	21.71	34.26
Guiamets	-30.21	30.66	-25.46	25.98	34.92	-31.78	32.47	-25.68	26.67	37.47
Berga	-27.37	29.06	-19.61	21.65	34.81	-10.60	16.88	-6.71	13.86	25.05
Terrassa	2.83	20.94	5.04	21.55	27.30	-0.16	19.61	1.62	20.70	27.30
Manlleu	-18.28	22.22	-12.68	17.43	28.59	-7.23	17.37	-2.91	14.69	25.28
Mollet del Vallès	-5.37	19.46	-3.98	19.54	24.50	-13.31	22.65	-10.76	21.32	29.36
Vilafranca del Penedès	-24.53	27.22	-20.06	22.52	32.27	-17.88	21.61	-15.27	19.50	27.06
Mataró	-6.25	17.16	-4.56	18.21	22.18	-26.18	30.59	-20.96	25.82	37.45
Sta. Perpètua de la Mogoda	-6.30	20.69	-4.40	20.06	26.00	-11.09	22.13	-9.84	20.93	27.67
Barcelona – Poblenou	-20.51	22.79	-21.13	24.25	28.62	-44.90	44.90	-44.97	44.97	51.11
L'Hospitalet del Llobregat	-12.21	19.73	-10.04	19.28	24.86	-21.72	25.12	-19.35	23.03	31.56
St. Adrià del Besòs	-33.65	34.61	-29.20	30.13	39.55	-31.24	33.37	-28.49	30.82	39.93
Badalona	-16.95	25.31	-12.33	22.68	36.30	-26.35	29.00	-22.86	25.70	35.99
Montcada i Reixac	-4.15	20.31	-1.18	21.63	26.05	-13.63	23.12	-11.17	22.11	29.79
St. Vicenç dels Horts	-8.06	18.21	-7.32	18.73	23.22	-24.17	27.64	-21.09	25.06	32.51
St. Andreu de la Barca	-1.92	20.53	-0.04	22.03	26.17	-11.63	19.91	-10.18	19.88	25.78
Barcelona – Eixample	-4.56	16.73	-2.95	20.69	23.38	-40.27	40.27	-37.13	37.13	43.41
Sta. Coloma de Gramanet	-18.68	23.47	-16.04	21.44	28.98	-18.83	24.81	-16.57	23.55	30.94
Barcelona – Gràcia	-1.14	16.72	1.03	19.97	21.64	-8.34	17.05	-7.55	19.19	22.71
Barcelona - Ciutadella	-5.87	17.69	-3.29	19.27	22.77	-19.02	23.59	-16.77	22.13	30.40
Gavà	-22.23	24.32	-21.37	23.83	29.43	-13.68	20.33	-12.53	20.68	23.20
Barcelona – Vall d'Hebron	-7.43	18.45	-5.40	18.80	22.87	-24.28	28.54	-20.90	26.06	34.66
Vandellòs	-10.03	16.47	-7.93	16.86	20.44	-28.22	29.32	-23.37	24.86	34.49

Taula 6.11. Paràmetres estadístics calculats a partir dels valors màxims 1-h del sistema AQF.cat amb correcció MS (utilitzant un filtre de  $60\mu\text{m}^{-3}$ ) i de les mesures a les estacions XVPCA.

Estació	2009					2010				
	MB $\mu\text{g m}^{-3}$	MAGE $\mu\text{g m}^{-3}$	MNBE %	MNGE %	RMSE $\mu\text{g m}^{-3}$	MB $\mu\text{g m}^{-3}$	MAGE $\mu\text{g m}^{-3}$	MNBE %	MNGE %	RMSE $\mu\text{g m}^{-3}$
Constantí	-3.29	18.00	-0.24	16.99	22.24	-0.11	18.48	2.37	17.47	22.79
Vila-seca	-3.73	17.13	-1.29	16.77	20.86	0.58	17.74	3.22	18.12	22.51
Manresa	-1.94	19.67	0.75	19.51	25.90	0.01	19.39	2.57	18.66	24.30
Martorell	1.37	18.03	3.28	19.60	23.21	1.10	20.94	3.46	20.85	26.62
Igualada	-1.45	17.75	0.79	15.95	22.17	-0.35	16.69	2.06	16.77	22.46
Lleida	-3.16	17.16	-0.31	15.40	20.67	-1.20	17.09	2.02	17.16	21.13
Sant Celoni	1.84	20.02	3.48	18.37	24.63	5.62	21.30	7.88	23.31	27.16
Sabadell	0.65	20.89	3.41	22.71	27.46	1.93	22.59	5.26	24.34	28.69
Reus	-3.75	18.31	-0.50	17.55	22.53	0.14	20.56	3.79	20.19	25.71
Pardines	-6.35	16.79	-3.10	14.33	21.14	-5.14	16.27	-2.28	14.70	22.15
Agullana	-4.67	16.68	-1.84	14.08	21.25	0.24	18.97	2.81	17.82	25.02
Juneda	-2.90	17.34	0.11	14.63	21.67	1.63	18.34	4.50	17.85	23.32
Sort	-4.72	12.12	-2.94	11.78	16.00	-2.44	14.54	-0.39	14.05	18.69
Amposta	-2.42	14.48	-0.31	14.59	18.07	-1.43	15.71	0.59	14.98	19.78
Sta. Maria de Palautordera	3.21	19.48	4.84	18.06	24.18	3.15	22.08	5.06	19.38	28.31
St. Cugat del Vallès	1.68	19.97	3.51	19.54	24.72	2.61	20.92	4.86	20.82	27.24
Begur	-2.21	18.76	0.27	16.65	23.20	5.45	18.99	7.64	18.22	25.00
Vilanova i la Geltrú	-1.68	18.85	0.85	17.29	25.06	0.78	21.84	3.62	19.89	27.31
Santa Pau	-5.35	17.83	-1.77	16.42	21.67	-3.22	20.87	0.48	19.89	26.57
Gandesa	-4.36	15.82	-2.00	15.06	19.66	-0.57	18.50	2.35	16.15	23.52
Bellver de Cerdanya	-5.84	15.95	-2.70	13.42	20.39	-3.15	15.40	-0.20	13.92	20.85
Granollers	-0.33	27.05	2.72	23.59	31.18	9.46	25.31	11.78	25.05	32.55
Ponts	-3.94	16.70	-0.90	13.90	20.53	0.00	16.72	2.34	14.42	22.09
La Sénia	-2.60	14.57	-0.36	12.97	18.13	-0.04	17.33	2.21	15.93	22.07
Vic	-2.87	21.00	1.63	17.63	26.69	-1.35	22.96	2.63	17.94	29.97
Tarragona - Parc de la ciutat	-3.79	19.43	-0.46	18.48	24.85	-0.58	19.20	2.78	19.05	24.15
Rubí	0.26	20.79	3.05	20.58	26.65	1.13	24.07	3.72	19.44	30.17
Tona	-1.67	24.11	2.22	19.45	30.15	1.42	21.46	4.23	17.18	28.04
Alcover	-5.67	19.85	-1.81	17.54	24.85	-1.31	23.93	3.14	23.14	30.87
Guiamets	-3.86	17.28	-1.18	15.48	20.70	0.30	17.41	2.71	15.80	21.89
Berga	-4.44	19.74	-0.30	16.47	23.82	-2.65	16.61	0.60	15.01	22.49
Terrassa	-0.46	21.75	2.14	22.17	27.74	2.00	21.70	4.93	23.24	29.03
Manlleu	-3.37	18.54	0.42	16.25	23.64	-2.20	18.95	1.36	16.84	25.38
Mollet del Vallès	1.30	18.65	3.49	19.22	24.01	-1.19	22.59	0.79	21.99	28.32
Vilafranca del Penedès	-0.85	17.85	1.03	15.38	21.89	-0.03	17.18	2.00	16.60	22.57
Mataró	-0.90	16.86	1.65	18.48	21.95	0.78	20.30	3.14	18.47	25.67
Sta. Perpètua de la Mogoda	1.94	19.26	4.06	19.30	24.56	1.80	21.37	3.36	20.88	27.08
Barcelona – Poblenou	-3.05	17.24	-0.33	19.81	22.00	2.34	20.15	6.09	21.90	26.16
L'Hospitalet del Llobregat	-3.55	17.61	-1.20	18.26	22.17	0.11	19.13	2.43	18.69	24.84
St. Adrià del Besòs	-3.42	18.01	-0.66	16.18	23.30	2.06	22.40	4.42	22.10	28.18
Badalona	-3.14	36.32	5.84	37.07	47.41	0.47	19.67	3.10	18.66	25.73
Montcada i Reixac	-2.34	19.87	0.46	21.44	24.70	2.09	21.81	4.79	22.57	28.16
St. Vicenç dels Horts	0.51	18.07	2.58	19.34	23.20	0.34	18.76	2.65	18.29	24.43
St. Andreu de la Barca	-0.65	20.24	2.07	21.87	25.77	-2.94	19.42	-0.64	19.77	25.41
Barcelona – Eixample	-13.51	21.23	-14.14	25.66	27.77	-44.63	44.63	-43.89	43.89	46.27
Sta. Coloma de Gramanet	-3.52	19.70	-0.73	19.01	23.78	-1.85	20.19	0.51	19.91	25.92
Barcelona – Gràcia	-6.52	17.82	-5.31	20.72	22.64	-3.48	18.25	-1.28	21.11	24.37
Barcelona - Ciutadella	-6.72	16.41	-4.69	17.92	21.22	1.51	18.86	3.91	18.92	25.29
Gavà	-4.92	18.78	-2.38	18.69	24.10	7.94	25.48	9.69	26.41	31.20
Barcelona – Vall d'Hebron	-1.67	18.74	1.06	19.69	23.06	0.52	19.66	2.79	19.45	24.93
Vandellòs	-5.73	15.43	-3.80	16.24	19.56	1.34	18.01	3.64	16.87	23.24

Taula 6.12. Paràmetres estadístics calculats a partir dels valors màxims 1-h del sistema AQF.cat amb correcció RA (utilitzant un filtre de 60µgm<sup>-3</sup>) i de les mesures a les estacions XVPCA.

Estació	2009					2010				
	MB µgm <sup>-3</sup>	MAGE µgm <sup>-3</sup>	MNBE %	MNGE %	RMSE µgm <sup>-3</sup>	MB µgm <sup>-3</sup>	MAGE µgm <sup>-3</sup>	MNBE %	MNGE %	RMSE µgm <sup>-3</sup>
Constantí	-0.65	20.14	2.26	19.32	25.81	9.28	26.57	11.81	25.95	36.12
Vila-seca	-1.87	19.06	0.49	18.80	23.27	4.52	21.42	7.37	22.12	27.05
Manresa	-1.97	19.81	0.64	19.54	26.02	9.75	28.66	13.29	28.98	39.43
Martorell	8.91	23.00	11.50	25.32	29.98	11.91	29.27	14.97	30.50	40.28
Igualada	0.36	19.46	2.26	17.47	25.04	2.67	19.92	5.55	20.45	28.15
Lleida	-2.13	18.11	0.58	16.31	21.78	0.92	19.02	4.19	19.11	24.34
Sant Celoni	4.28	22.26	5.66	20.45	27.40	14.08	28.46	18.04	32.08	40.66
Sabadell	-0.45	21.14	2.45	22.77	27.63	12.58	29.40	17.58	33.27	41.79
Reus	-1.96	19.93	1.14	19.27	24.71	7.45	27.05	11.18	27.02	36.04
Pardines	-5.45	16.90	-2.33	14.55	21.14	-4.23	17.01	-1.45	15.46	22.60
Agullana	-2.85	17.80	-0.57	15.07	23.17	4.08	22.43	6.32	21.18	30.03
Juneda	-1.27	17.91	1.43	15.25	22.80	4.95	21.25	7.74	20.83	28.79
Sort	-4.24	12.21	-2.50	11.90	15.99	-1.76	14.94	0.20	14.50	19.90
Amposta	-1.51	16.24	0.67	16.45	20.02	1.01	18.29	2.73	17.62	22.95
Sta. Maria de Palautordera	7.66	23.37	9.11	21.92	31.82	9.10	28.69	11.11	25.55	37.68
St. Cugat del Vallès	10.74	27.45	12.73	27.37	35.71	9.17	26.56	11.72	26.59	35.42
Begur	0.63	21.63	2.79	19.30	26.82	12.02	24.40	13.79	23.51	32.08
Vilanova i la Geltrú	1.13	21.64	3.30	19.90	28.49	9.06	28.40	11.13	26.28	36.46
Santa Pau	-4.04	18.32	-0.77	17.01	22.22	-1.95	22.11	1.73	21.17	28.57
Gandesa	-2.79	17.08	-0.47	16.42	21.00	3.99	22.19	6.46	19.67	29.86
Bellver de Cerdanya	-5.32	15.84	-2.29	13.40	20.02	-1.83	16.06	0.94	14.63	22.55
Granollers	1.05	28.39	4.12	25.09	32.82	21.72	38.40	24.49	38.36	49.54
Ponts	-2.31	17.03	0.28	14.21	20.80	2.23	18.49	4.13	15.95	25.71
La Sénia	-0.21	16.25	1.73	14.63	20.11	3.49	21.29	5.51	19.71	27.57
Vic	-0.22	22.34	3.67	18.95	28.37	7.64	30.92	10.59	25.24	40.44
Tarragona - Parc de la ciutat	-1.66	21.99	1.66	21.20	27.63	5.62	24.78	9.37	25.33	35.14
Rubí	11.93	29.74	15.07	30.40	41.34	13.95	36.40	15.26	30.32	46.63
Tona	-0.05	25.26	3.14	20.24	31.37	5.24	25.84	7.77	21.02	34.46
Alcover	-4.66	20.96	-0.95	18.65	25.94	2.90	28.01	7.26	27.25	36.65
Guiamets	-2.07	18.72	0.48	16.98	22.81	4.01	20.44	5.98	18.65	26.55
Berga	-2.01	19.82	1.32	16.72	24.22	-1.22	17.75	1.79	16.04	24.50
Terrassa	1.60	23.23	4.96	24.34	30.45	16.43	31.72	21.05	35.12	44.67
Manlleu	-2.40	18.70	0.99	16.40	23.68	-1.44	19.86	2.17	17.66	27.77
Mollet del Vallès	8.75	25.13	11.51	26.38	37.38	10.59	34.53	14.69	36.06	44.67
Vilafranca del Penedès	2.13	20.99	3.51	18.17	26.21	5.99	21.58	7.56	20.93	29.39
Mataró	0.60	18.15	3.25	19.99	24.03	10.19	30.34	11.90	28.51	43.49
Sta. Perpètua de la Mogoda	11.15	27.32	13.48	27.72	39.39	14.21	32.32	16.99	33.00	43.59
Barcelona – Poblenou	6.89	23.51	11.37	28.28	31.39	37.41	53.73	44.83	59.65	67.73
L'Hospitalet del Llobregat	1.03	20.65	4.06	22.12	26.01	15.91	30.56	19.08	31.60	41.90
St. Adrià del Besòs	3.07	22.77	5.15	20.91	29.35	22.88	39.70	26.04	40.89	52.77
Badalona	-1.07	37.00	7.86	37.79	46.62	20.60	37.73	23.81	37.71	50.32
Montcada i Reixac	1.53	21.86	4.62	23.66	27.37	13.47	30.12	16.66	31.72	40.81
St. Vicenç dels Horts	12.24	27.66	15.45	30.46	39.72	17.99	32.43	20.77	32.90	45.02
St. Andreu de la Barca	10.88	27.58	15.63	31.56	37.51	14.24	30.15	17.71	32.29	40.41
Barcelona – Eixample	-11.35	19.98	-11.47	24.37	26.00	-37.53	43.86	-38.27	44.00	50.34
Sta. Coloma de Gramanet	0.34	23.10	3.08	22.58	28.94	14.66	31.82	18.67	33.91	43.51
Barcelona – Gràcia	-3.99	18.94	-2.18	22.38	23.62	28.60	46.00	39.33	56.94	60.60
Barcelona - Ciutatella	-6.02	17.22	-3.83	18.91	22.43	21.02	33.12	23.59	34.21	44.95
Gavà	-1.02	23.04	1.78	23.47	28.75	15.05	35.59	15.89	36.68	44.94
Barcelona – Vall d'Hebron	5.26	25.07	8.90	27.09	36.57	23.77	37.47	27.49	39.35	49.14
Vandellòs	-5.51	16.05	-3.58	16.93	20.57	6.57	22.81	8.57	21.57	30.50



Taula 6.13. Paràmetres estadístics calculats a partir dels valors màxims 1-h del sistema AQF.cat amb correcció HF (utilitzant un filtre de  $60\mu\text{m}^{-3}$ ) i de les mesures a les estacions XVPCA.

Estació	2009					2010				
	MB $\mu\text{g m}^{-3}$	MAGE $\mu\text{g m}^{-3}$	MNBE %	MNGE %	RMSE $\mu\text{g m}^{-3}$	MB $\mu\text{g m}^{-3}$	MAGE $\mu\text{g m}^{-3}$	MNBE %	MNGE %	RMSE $\mu\text{g m}^{-3}$
Constantí	3.44	21.33	5.99	20.97	26.64	2.13	19.68	3.93	18.92	25.49
Vila-seca	2.72	18.54	4.90	18.91	23.56	5.17	17.71	7.18	18.44	23.88
Manresa	2.71	22.44	5.61	23.13	27.88	3.75	23.49	5.92	23.23	29.88
Martorell	7.66	20.71	10.10	22.98	25.90	7.13	25.48	9.41	26.13	32.30
Igualada	4.06	19.94	5.81	18.82	25.38	4.61	20.56	6.75	21.41	26.97
Lleida	1.29	18.72	3.14	17.46	23.88	1.99	19.88	4.44	20.08	26.21
Sant Celoni	8.13	23.10	9.21	21.85	29.45	9.98	22.50	12.91	25.46	30.73
Sabadell	6.70	26.65	11.01	29.76	32.16	9.87	28.65	13.92	31.49	36.23
Reus	1.86	19.45	4.20	19.48	24.38	3.80	19.10	6.40	19.70	25.09
Pardines	2.78	21.09	4.88	18.69	26.81	2.78	17.97	5.30	17.00	27.57
Agullana	3.57	19.35	5.03	16.98	24.50	6.75	21.28	8.42	20.75	27.71
Juneda	2.11	18.75	3.71	16.42	24.97	3.76	18.15	5.41	17.74	23.70
Sort	1.21	15.72	3.01	15.72	20.80	1.88	15.59	3.42	15.34	20.60
Amposta	2.24	15.46	3.81	15.70	19.89	1.96	15.18	2.94	15.01	20.62
Sta. Maria de Palautordera	8.93	22.62	9.88	21.22	28.77	8.50	25.40	9.69	23.19	31.74
St. Cugat del Vallès	6.46	21.86	8.06	21.61	28.11	8.68	25.55	11.01	26.01	33.46
Begur	5.26	19.14	6.52	17.51	24.20	11.56	21.39	13.00	20.97	27.57
Vilanova i la Geltrú	4.71	20.76	6.57	19.57	27.10	9.83	25.57	12.11	24.37	32.12
Santa Pau	3.38	21.34	6.17	20.34	26.77	5.51	22.93	7.69	22.54	29.86
Gandesa	1.72	14.86	3.14	14.35	19.41	2.29	19.00	3.71	16.71	24.61
Bellver de Cerdanya	1.04	19.80	3.11	17.50	24.81	2.43	16.91	3.81	15.44	23.38
Granollers	-7.44	23.94	-4.29	20.53	28.89	-9.55	24.91	-5.72	23.69	30.52
Ponts	2.36	19.56	3.77	16.62	24.42	4.14	20.47	5.38	18.04	26.11
La Sénia	2.53	16.16	3.64	14.55	20.46	3.81	15.90	4.56	14.78	20.32
Vic	4.63	23.39	6.60	19.92	29.97	0.45	28.31	3.84	22.36	36.68
Tarragona - Parc de la ciutat	3.20	20.29	5.79	20.29	25.51	5.69	20.12	8.13	20.21	26.05
Rubí	5.93	22.47	8.04	22.17	29.00	6.72	28.13	8.18	23.87	36.10
Tona	4.44	24.25	6.27	19.73	30.87	3.95	26.37	6.47	21.85	33.72
Alcover	0.75	22.91	3.67	21.00	28.30	6.10	23.16	9.67	22.97	31.27
Guiamets	2.07	16.14	3.57	15.01	21.28	3.88	18.63	5.16	17.10	23.95
Berga	2.69	23.43	5.55	20.22	31.01	5.35	21.09	7.27	19.72	28.41
Terrassa	6.06	25.02	9.44	26.34	32.34	8.64	25.75	11.77	28.24	33.76
Manlleu	3.72	21.98	6.17	20.03	28.80	3.06	23.77	5.81	21.82	31.16
Mollet del Vallès	7.50	22.85	9.76	23.51	29.14	3.91	24.61	5.25	24.68	29.96
Vilafranca del Penedès	3.53	19.98	4.66	17.60	23.99	5.64	20.62	7.77	20.99	27.56
Mataró	6.69	18.18	9.68	20.43	24.08	8.87	23.40	10.28	21.99	29.98
Sta. Perpètua de la Mogoda	7.54	24.25	9.59	24.06	30.49	7.81	25.44	9.72	25.71	32.65
Barcelona – Poblenou	5.18	20.78	8.08	24.72	26.57	6.98	23.57	10.63	25.80	30.42
L'Hospitalet del Llobregat	4.58	17.55	6.86	18.58	23.98	7.60	22.97	10.28	23.88	30.45
St. Adrià del Besòs	4.67	21.62	6.29	20.10	27.86	10.65	25.35	13.01	25.91	32.53
Badalona	-17.54	25.26	-13.02	22.45	36.31	7.96	23.54	10.39	23.00	31.12
Montcada i Reixac	4.62	24.42	7.81	26.51	30.44	7.25	25.78	9.75	27.16	32.28
St. Vicenç dels Horts	5.91	21.01	8.28	23.01	27.64	6.83	24.91	9.29	25.45	32.23
St. Andreu de la Barca	6.42	25.35	10.72	28.34	31.09	5.24	27.03	8.05	28.69	34.31
Barcelona – Eixample	1.29	22.71	5.05	28.62	27.32	-25.30	26.77	-23.58	24.91	35.75
Sta. Coloma de Gramanet	4.83	23.23	7.23	23.24	29.16	5.51	23.61	7.58	24.14	29.78
Barcelona – Gràcia	4.41	19.93	7.97	24.03	25.17	6.08	23.22	10.39	28.25	29.68
Barcelona - Ciutadella	5.60	19.71	9.19	22.96	25.95	10.33	25.74	13.31	26.85	33.96
Gavà	1.17	21.13	4.05	21.41	27.96	-11.04	20.14	-9.66	20.64	22.84
Barcelona – Vall d'Hebron	5.71	20.53	8.52	22.05	26.08	8.58	23.57	10.87	24.51	30.28
Vandellòs	1.32	13.44	2.95	14.70	16.97	3.72	16.51	4.90	15.70	21.68

Per avaluar el grau de millora en els pronòstics de la qualitat de l'aire a l'utilitzar les diferents metodologies de correcció exposades anteriorment, s'han realitzat histogrames dels errors mitjos diaris de les concentracions màximes 1-horàries d'ozó troposfèric durant tot el període (figura 6.6). A la figura es pot observar com el pic de la distribució corresponent a la desviació entre les previsions d'AQM.cat i les mesures és negatiu, i com a l'aplicar els algoritmes de correcció comentats aquest pic es desplaça cap a valors nuls o lleugerament positius. En alguns casos, especialment quan s'utilitza la metodologia MS, augmenta l'alçada del pic de la distribució, i per tant augmenta el número de prediccions d'ozó troposfèric amb un error proper a zero i es redueix l'amplada de la distribució. Per avaluar el grau de desplaçament del pic de les distribucions corresponents a cada correcció i l'amplada d'aquestes, s'ha ajustat una funció gaussiana a cada mostra, mostrant l'amplada i el desplaçament respecte l'error nul (taula 6.14).

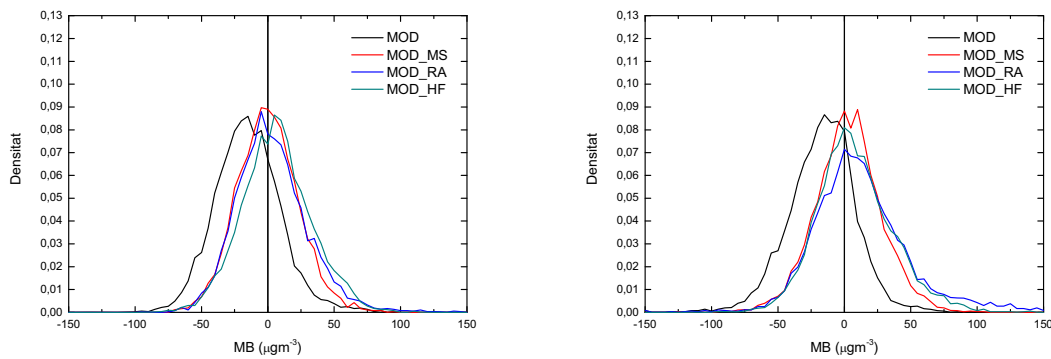


Figura 6.6. Histogrames de la desviació del pronòstic dels sistemes AQM.cat i AQF.cat envers les mesures corresponents al valor màxim 1-h diaris per l'estiu 2009 (esquerra) i 2010 (dreta).

Taula 6.14. Amplada i desplaçament de l'ajust Gaussià calculat sobre la distribució de desviacions dels valors màxims 1-h pronosticats pel sistema de previsió de qualitat de l'aire.

Paràmetre	Any	MOD	MOD_MS	MOD_RA	MOD_HF
Amplada ( $2\sigma$ ) ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )	2009	45.84	44.44	47.91	48.55
	2010	44.96	45.34	54.04	50.71
Desplaçament ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )	2009	-16.05	-0.79	-0.07	5.24
	2010	-14.99	2.80	6.68	4.66

Els valors de la taula 6.14 i de la figura 6.6 demostren novament que la tècnica MS és la que presenta un millor ajust global. Tot i així, la experiència d'aplicar les tres tècniques de forma operativa ha permès extreure diferents conclusions respecte el resultat de cada tècnica sota diferents situacions meteorològiques.

Per una banda, les tècniques MS i RA proporcionen millors resultats que HF quan domina una situació meteorològica persistent anticiclònica típica de l'estiu de la zona d'aplicació del sistema, i on dominen les circulacions mesoscalars com la brisa marina associada a episodis amb alts nivells d'ozó. De tota manera, com s'observa dels valors de les taules 6.9 i 6.14, MS proporciona millors resultats de les previsions que RA. Fins tot, les previsions de RA a vegades empitjoren els resultats de les previsions sense correcció, tot reduint el IOA. Aquest comportament es degut a que la tècnica RA augmenta l'amplada de la distribució de les previsions al voltant del valor mig i incrementa la desviació estàndard de la mostra,  $\sigma$ , reproduint concentracions altes i molt altes d'ozó, però alhora no sempre proporciona valors realistes. S'ha observat que

en situacions on el quocient entre les observacions i els pronòstics de l'algoritme RA és superior a 1.25, aquesta metodologia no proporciona bons resultats.

D'altra banda la metodologia HF proporciona els millors resultats quan s'aplica sobre situacions meteorològiques caracteritzades per canvis en el forçament sinòptic, ja que assumeix que el model és capaç de predir els canvis en la concentració dels contaminants d'un dia per l'altre (secció 5.2.1).

### 6.3.3. Validació dels valors màxims 8-h

Un altre dels valors legislats per al contaminant ozó troposfèric és el valor objectiu a llarg termini per a la protecció de la salut humana, el valor màxim dels promitjos 8-h d'ozó segons una finestra mòbil no pot superar el valor de  $120 \mu\text{g}\text{m}^{-3}$ . A la taula 6.15 reproduïm els paràmetres estadístics resultants de la comparació de valors màxims 8-h. Els resultats d'aquesta taula mostren que tant el model com les correccions compleixen el criteri d'acceptació del MNGE, obtenint valors entre el 16.4 i el 21.5% de l'error absolut normalitzat mig. Pel que respecta al MNBE, el model amb i sense correccions estan dins del rang del criteri d'acceptació EPA (1991) amb valors entre el -15.0% i el 5.2% d'error. Així, s'observa com el sistema de previsió presenta uns errors estadístics inferiors en el cas de la comparació de valors màxims 8-h que en el cas de la comparació horària, i similars o lleugerament millors que respecte als màxims 1-h.

Taula 6.15. Paràmetres estadístics calculats a partir dels valors màxims 8-h d'AQM.cat i AQF.cat i de les mesures a les estacions de la XVPCA. S'han filtrat els valors observats inferiors a  $60\mu\text{g}\text{m}^{-3}$ .

Any	Estadístic	MOD	MOD MS	MOD RA	MOD HF
2009	MB ( $\mu\text{g}\text{m}^{-3}$ )	-15.60	-2.10	-1.37	-0.59
	MAGE ( $\mu\text{g}\text{m}^{-3}$ )	20.62	15.40	16.26	18.09
	MNBE (%)	-13.73	-0.02	0.73	1.34
	MNGE (%)	20.41	16.43	17.37	19.52
	RMSE ( $\mu\text{g}\text{m}^{-3}$ )	25.41	19.28	20.53	23.10
	UPA (%)	-16.44	1.28	8.22	6.27
	IOA	0.818	0.853	0.837	0.808
2010	MB ( $\mu\text{g}\text{m}^{-3}$ )	-16.75	-0.24	2.77	-0.13
	MAGE ( $\mu\text{g}\text{m}^{-3}$ )	21.51	17.12	20.12	19.42
	MNBE (%)	-14.99	1.91	5.18	1.63
	MNGE (%)	21.03	18.07	21.46	20.84
	RMSE ( $\mu\text{g}\text{m}^{-3}$ )	27.21	22.12	26.51	25.22
	UPA (%)	-1.40	8.22	12.54	13.89
	IOA	0.802	0.807	0.735	0.783

S'observa novament que l'aplicació de les metodologies milloren sensiblement les previsions dels nivells d'ozó, especialment el MB i el MNBE. En el cas de les correccions aplicades sobre els màxims d'ozó 8-h, el comportament és d'una petita subestimació en general.

A les taules 6.16, 6.17, 6.18 i 6.19 es presenten els resultats dels diversos estadístics calculats per a cadascuna de les estacions de la XVPCA corresponents a la comparació entre el model i la mesura, model amb correcció MS i la mesura, model amb correcció RA i la mesura, model amb correcció HF i la mesura.

Amb aquests resultats també s'observa una subestimació del model envers les mesures, obtenint valors negatius dels paràmetres estadístics MB i MNBE en la majoria d'estacions. Per estacions, s'observa com el criteri d'acceptació per al MNGE s'acompleix per quasi totes les estacions i totes les metodologies. En canvi, hi ha una important quantitat d'estacions que no compleixen el requisit del MNBE, especialment en la comparació model-mesura.

Taula 6.16. Paràmetres estadístics calculats a partir dels valors màxims 8-h del sistema AQM.cat (utilitzant un filtre de  $60\mu\text{m}^{-3}$ ) i de les mesures a les estacions XVPCA.

Estació	2009					2010				
	MB $\mu\text{gm}^{-3}$	MAGE $\mu\text{gm}^{-3}$	MNBE %	MNGE %	RMSE $\mu\text{gm}^{-3}$	MB $\mu\text{gm}^{-3}$	MAGE $\mu\text{gm}^{-3}$	MNBE %	MNGE %	RMSE $\mu\text{gm}^{-3}$
Constantí	-22.60	23.89	-22.13	23.84	27.96	-22.78	23.45	-21.92	22.90	28.11
Vila-seca	-17.40	19.80	-17.10	20.41	23.70	-16.03	18.19	-15.28	18.28	23.47
Manresa	6.04	14.63	9.62	18.08	18.39	1.89	12.81	3.54	14.27	16.29
Martorell	-5.59	14.86	-5.02	17.34	18.67	-17.24	21.05	-17.37	21.81	25.65
Igualada	-12.59	16.99	-11.18	16.23	21.22	-3.95	12.24	-2.52	13.11	15.79
Lleida	-19.91	21.28	-18.07	19.98	25.15	-14.45	17.12	-12.66	16.46	21.98
Sant Celoni	-13.22	16.48	-12.39	16.18	21.17	2.22	16.43	3.69	19.03	20.29
Sabadell	10.64	19.40	15.86	24.51	23.66	4.82	19.39	8.54	23.11	24.40
Reus	-20.68	22.36	-19.74	22.12	26.53	-19.58	21.47	-18.26	21.03	26.54
Pardines	-12.63	16.53	-10.13	15.33	20.64	-2.92	11.67	-0.79	12.01	15.59
Agullana	-27.93	29.37	-24.05	25.80	33.45	-16.56	19.55	-14.45	18.15	24.83
Juneda	-27.62	28.16	-23.79	24.54	32.16	-18.04	19.55	-15.87	17.99	24.37
Sort	-8.83	12.65	-7.76	13.12	15.55	-11.29	15.13	-9.22	14.48	19.94
Amposta	-19.70	20.92	-19.50	21.28	24.90	-20.57	22.27	-19.09	21.54	27.12
Sta. Maria de Palautordera	-9.02	15.94	-7.34	15.35	20.14	-13.47	19.64	-10.62	17.54	25.19
St. Cugat del Vallès	-13.65	19.09	-13.14	19.60	23.14	-18.22	21.74	-17.64	21.44	27.34
Begur	-27.39	27.70	-24.54	24.94	33.49	-18.22	20.81	-16.19	19.46	25.97
Vilanova i la Geltrú	-20.28	22.88	-19.32	22.39	27.53	-24.42	26.36	-21.84	24.26	32.15
Santa Pau	-15.68	19.27	-13.11	18.15	23.64	-3.44	13.75	-0.81	14.17	18.64
Gandesa	-22.61	23.42	-21.10	22.27	27.62	-33.53	34.32	-27.33	28.40	38.84
Bellver de Cerdanya	-18.63	20.21	-15.91	18.06	24.81	-17.34	19.22	-14.75	17.48	23.02
Granollers	-16.36	24.85	-12.52	22.07	30.19	-16.09	21.44	-14.51	20.82	27.54
Ponts	-26.59	27.16	-21.86	22.56	31.31	-21.39	22.41	-17.54	18.93	26.91
La Sénia	-34.44	34.69	-30.20	30.53	38.38	-30.42	31.17	-26.65	27.72	35.51
Vic	-18.37	20.83	-14.46	17.56	25.48	-15.79	19.95	-11.65	16.58	25.45
Tarragona - Parc de la ciutat	-17.65	20.61	-17.18	21.38	25.05	-17.98	20.83	-16.67	20.71	26.34
Rubí	-17.22	21.93	-15.73	21.85	26.82	-36.62	38.08	-30.33	31.80	44.41
Tona	-18.35	23.62	-12.68	19.87	29.08	-14.89	19.37	-10.88	15.86	24.56
Alcover	-18.67	20.70	-17.05	19.91	25.37	-14.81	19.19	-12.35	18.56	25.58
Guiamets	-25.39	26.63	-22.73	24.61	30.58	-27.95	28.75	-24.08	25.25	32.83
Berga	-20.75	23.07	-16.30	19.37	27.55	-3.26	12.52	-0.89	12.77	15.63
Terrassa	0.19	15.61	2.54	18.21	19.89	0.49	15.89	2.10	18.78	21.40
Manlleu	-10.20	15.72	-7.30	14.58	19.85	0.07	12.40	2.51	13.05	15.38
Mollet del Vallès	-8.63	16.85	-7.99	18.46	20.48	-16.67	21.04	-16.06	21.29	26.02
Vilafranca del Penedès	-22.98	24.66	-20.52	22.44	28.99	-15.42	18.26	-14.71	18.26	22.16
Mataró	-6.56	14.11	-6.10	16.48	17.93	-22.20	25.42	-19.92	24.01	31.40
Sta. Perpètua de la Mogoda	-8.67	18.22	-7.39	19.42	22.05	-12.79	19.31	-12.50	19.90	24.39
Barcelona – Poblenou	-25.29	25.75	-29.55	30.23	30.68	-43.39	43.39	-49.78	49.78	47.22
L'Hospitalet del Llobregat	-11.26	17.38	-10.10	18.61	21.54	-19.89	22.22	-19.77	22.58	27.51
St. Adrià del Besòs	-30.63	31.10	-29.36	29.91	36.12	-29.45	30.64	-30.80	32.23	35.91
Badalona	-14.80	22.22	-10.18	20.82	33.87	-22.68	24.82	-22.31	24.94	29.83
Montcada i Reixac	-7.31	17.18	-5.76	19.46	21.42	-14.77	20.76	-13.71	21.21	26.65
St. Vicenç dels Horts	-9.37	15.63	-9.55	17.71	19.15	-24.07	25.95	-23.21	25.44	30.70
St. Andreu de la Barca	-3.48	16.57	-1.71	19.90	20.72	-11.85	18.66	-11.25	20.48	24.05
Barcelona – Eixample	-3.06	14.41	-2.17	19.30	16.48	-40.65	40.65	-39.81	39.81	42.54
Sta. Coloma de Gramanet	-18.17	21.27	-17.57	21.41	26.14	-17.28	21.36	-17.04	22.48	26.73
Barcelona – Gràcia	-3.52	13.61	-2.86	17.03	17.66	-8.11	15.34	-8.07	18.48	20.62
Barcelona - Ciutadella	-6.12	16.30	-4.29	18.98	21.01	-15.19	18.40	-15.02	19.07	24.23
Gavà	-20.09	21.22	-21.94	23.29	24.84	-9.84	14.37	-12.07	16.72	17.10
Barcelona – Vall d'Hebron	-6.58	15.72	-4.97	17.65	19.94	-23.59	27.19	-22.19	27.33	32.28
Vandellòs	-6.90	14.26	-5.12	16.30	17.31	-24.07	25.22	-21.22	22.87	29.79

Taula 6.17. Paràmetres estadístics calculats a partir dels valors màxims 8-h del sistema AQF.cat amb correcció MS (utilitzant un filtre de  $60\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) i de les mesures a les estacions XVPCA.

Estació	2009					2010				
	MB $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	MAGE $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	MNBE %	MNGE %	RMSE $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	MB $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	MAGE $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	MNBE %	MNGE %	RMSE $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
Constantí	-1.21	14.02	0.79	14.65	17.43	1.35	15.45	3.59	16.38	19.67
Vila-seca	-0.38	14.47	1.94	15.91	18.24	0.18	15.48	2.39	16.98	19.77
Manresa	-2.75	15.86	-1.20	18.33	20.01	-0.69	15.48	1.08	17.12	20.09
Martorell	-3.49	14.43	-2.49	17.24	18.01	-1.59	17.53	-0.19	18.98	22.17
Igualada	-1.98	14.40	-0.45	14.33	17.93	0.32	14.36	2.28	16.28	18.54
Lleida	-0.49	14.58	2.03	15.28	17.61	-1.93	13.96	0.22	15.01	17.47
Sant Celoni	-0.82	15.12	0.89	15.38	18.82	-0.74	17.94	0.34	20.90	22.72
Sabadell	-6.37	18.44	-4.90	21.30	23.55	-2.66	20.53	-0.06	23.54	26.61
Reus	-1.26	14.45	1.09	15.40	18.10	0.61	16.42	3.22	17.51	20.55
Pardines	-1.10	13.77	1.52	13.95	17.49	-1.99	12.43	-0.13	13.00	16.22
Agullana	-2.11	14.46	0.42	14.01	18.65	-0.74	17.67	2.22	18.23	23.54
Juneda	0.50	14.50	2.78	14.07	17.88	1.58	16.53	4.33	17.40	21.11
Sort	-1.21	11.86	0.68	13.31	15.06	0.09	14.29	2.27	15.65	17.83
Amposta	-0.91	13.19	1.07	14.56	16.31	1.47	14.77	4.17	16.09	19.02
Sta. Maria de Palautordera	-0.74	15.84	1.38	15.95	19.56	-0.03	20.11	2.28	19.26	25.57
St. Cugat del Vallès	-1.03	16.13	0.73	17.28	19.65	0.25	17.89	1.68	18.68	23.32
Begur	-2.05	15.96	0.29	15.41	19.83	2.91	16.54	5.70	17.43	21.83
Vilanova i la Geltrú	-0.55	14.97	1.61	15.50	19.66	1.40	19.10	3.78	19.22	23.86
Santa Pau	-1.87	15.25	0.99	16.10	18.43	-2.08	17.19	0.71	18.24	22.98
Gandesa	-1.81	14.28	0.12	14.75	17.33	0.71	17.49	3.45	16.41	22.50
Bellver de Cerdanya	-0.32	13.50	1.95	13.36	16.94	-0.05	13.86	2.22	14.19	18.19
Granollers	-7.78	22.62	-3.83	21.64	28.08	3.76	23.09	6.35	24.29	28.80
Ponts	-0.71	14.99	1.58	13.88	18.39	1.45	15.32	3.72	14.68	20.03
La Sénia	-1.26	13.55	0.53	12.72	16.97	0.88	16.55	3.28	16.45	21.49
Vic	-0.55	16.79	2.44	16.11	20.55	1.05	18.49	3.49	16.89	23.88
Tarragona - Parc de la ciutat	-1.28	15.47	1.28	16.92	19.52	0.61	16.91	3.46	18.68	20.80
Rubí	-3.33	17.00	-0.97	18.12	21.65	0.93	21.40	3.43	19.33	27.10
Tona	-0.85	19.49	2.57	18.22	24.46	1.22	18.84	3.57	16.96	24.41
Alcover	-1.45	15.70	1.12	16.32	19.07	0.64	19.02	3.86	20.21	24.06
Guiamets	-0.68	15.94	2.02	16.17	19.24	1.27	16.25	3.77	15.89	21.14
Berga	-0.36	16.50	3.06	16.27	20.39	0.80	14.56	3.24	15.64	19.02
Terrassa	-5.36	17.40	-3.90	19.90	21.54	-1.76	17.47	-0.30	20.58	24.00
Manlleu	-0.01	14.15	2.60	14.56	18.23	-0.24	16.18	2.40	16.92	21.63
Mollet del Vallès	-2.08	15.40	-0.16	17.30	19.28	-5.13	20.27	-4.33	21.15	24.97
Vilafranca del Penedès	-0.34	14.94	1.66	14.55	18.32	1.02	15.29	2.88	16.61	19.83
Mataró	-0.70	13.73	1.20	16.60	17.33	1.19	18.09	3.25	18.64	22.35
Sta. Perpètua de la Mogoda	-0.61	16.56	1.90	18.51	20.26	-0.88	18.83	0.69	20.15	24.12
Barcelona – Poblenou	-6.78	15.41	-6.02	18.75	19.58	-0.67	15.51	1.59	18.49	19.92
L'Hospitalet del Llobregat	-3.02	14.97	-1.18	17.31	18.77	-0.74	17.02	1.09	18.38	22.02
St. Adrià del Besòs	-1.54	17.09	1.30	17.48	20.94	-0.11	19.12	1.52	21.04	23.57
Badalona	-14.07	21.48	-9.31	19.69	33.95	0.30	17.82	2.59	19.18	22.54
Montcada i Reixac	-4.84	17.37	-2.92	20.39	21.34	-0.90	18.67	1.26	20.74	23.75
St. Vicenç dels Horts	-1.53	15.39	0.28	18.19	18.88	-2.56	16.96	-0.93	17.41	21.85
St. Andreu de la Barca	-3.46	17.05	-1.40	20.50	21.40	-4.52	18.38	-2.56	20.86	23.98
Barcelona – Eixample	-16.03	18.15	-20.02	23.24	24.13	-48.59	48.59	-45.88	45.88	58.01
Sta. Coloma de Gramanet	-3.73	16.25	-1.58	17.20	19.94	-2.56	17.44	-0.85	19.47	22.20
Barcelona – Gràcia	-12.51	17.66	-14.57	21.93	21.99	-8.56	17.12	-8.53	20.85	23.21
Barcelona - Ciutadella	-10.16	15.54	-10.37	18.20	19.98	-2.61	17.14	-0.83	18.57	22.48
Gavà	-3.48	14.91	-2.26	16.59	18.11	1.23	18.45	0.71	22.07	22.80
Barcelona – Vall d'Hebron	-2.01	15.83	0.40	18.39	19.60	-1.11	17.66	0.84	19.02	22.11
Vandellòs	-5.09	14.89	-3.78	17.60	17.94	2.43	16.79	4.86	17.08	21.69

Taula 6.18. Paràmetres estadístics calculats a partir dels valors màxims 8-h del sistema AQF.cat amb correcció RA (utilitzant un filtre de  $60\mu\text{m}^{-3}$ ) i de les mesures a les estacions XVPCA.

Estació	2009					2010				
	MB $\mu\text{g m}^{-3}$	MAGE $\mu\text{g m}^{-3}$	MNBE %	MNGE %	RMSE $\mu\text{g m}^{-3}$	MB $\mu\text{g m}^{-3}$	MAGE $\mu\text{g m}^{-3}$	MNBE %	MNGE %	RMSE $\mu\text{g m}^{-3}$
Constantí	-0.50	15.68	1.49	16.42	19.95	4.50	18.81	6.97	20.08	23.84
Vila-seca	0.14	16.03	2.53	17.65	20.34	1.42	17.21	3.81	19.00	22.22
Manresa	-2.77	15.59	-1.27	17.91	19.56	1.36	16.22	3.41	18.26	21.49
Martorell	-1.26	15.28	0.16	18.37	19.41	2.50	22.61	4.13	24.79	28.94
Igualada	-1.44	15.13	-0.04	14.96	19.25	0.93	15.25	2.94	17.31	20.34
Lleida	-0.32	15.16	2.14	15.82	18.39	-1.85	14.62	0.31	15.77	19.06
Sant Celoni	-0.10	16.44	1.52	16.67	20.50	0.99	18.26	2.42	21.40	23.62
Sabadell	-6.77	17.65	-5.29	20.30	22.52	-0.68	21.20	2.25	24.55	27.06
Reus	-0.82	15.73	1.42	16.68	19.69	2.41	18.81	5.20	20.10	24.25
Pardines	-1.00	13.89	1.63	14.09	17.70	-1.70	12.59	0.15	13.20	16.42
Agullana	-1.68	15.29	0.63	14.70	19.82	0.53	19.21	3.33	19.65	25.67
Juneda	0.75	14.93	2.94	14.45	18.71	2.34	17.65	5.14	18.56	23.38
Sort	-1.07	11.92	0.80	13.37	15.05	0.25	14.50	2.36	15.89	18.53
Amposta	-0.83	14.14	1.18	15.58	17.56	2.08	16.13	4.81	17.51	20.59
Sta. Maria de Palautordera	0.00	16.93	2.11	17.06	20.80	1.22	22.14	3.56	21.13	28.68
St. Cugat del Vallès	1.16	18.63	3.14	20.17	22.88	4.59	21.89	5.91	23.10	28.08
Begur	-1.44	17.67	0.91	17.09	21.82	5.30	18.29	8.11	19.34	24.81
Vilanova i la Geltrú	0.20	16.56	2.15	17.04	21.86	4.37	22.93	6.79	23.11	29.17
Santa Pau	-1.73	15.32	1.01	16.21	18.58	-1.60	17.92	1.27	19.05	24.01
Gandesa	-1.43	15.24	0.55	15.80	18.47	2.18	19.86	4.97	18.70	26.45
Bellver de Cerdanya	-0.34	13.48	1.91	13.35	16.94	0.22	14.21	2.46	14.56	19.59
Granollers	-6.35	23.92	-2.34	23.19	29.12	10.32	28.06	13.06	29.69	35.75
Ponts	-0.51	15.04	1.62	13.84	18.44	1.97	16.05	4.10	15.29	22.10
La Sénia	-0.79	14.99	1.00	14.13	18.95	2.01	19.06	4.50	18.99	25.27
Vic	-0.09	17.02	2.63	16.28	20.91	3.47	20.65	5.67	19.03	27.26
Tarragona - Parc de la ciutat	-0.77	16.88	1.87	18.57	21.49	2.92	19.03	5.97	21.09	23.72
Rubí	-0.64	18.88	1.82	20.33	23.77	6.05	27.92	7.90	25.56	35.38
Tona	-0.69	19.57	2.56	18.19	24.76	2.50	20.27	4.77	18.33	27.19
Alcover	-1.32	16.45	1.21	17.02	20.21	1.97	20.67	5.30	21.96	26.35
Guiamets	-0.32	17.00	2.46	17.32	20.80	2.46	18.37	4.96	17.93	24.26
Berga	-0.09	15.96	3.06	15.75	20.04	1.02	14.84	3.40	15.85	19.93
Terrassa	-4.87	16.95	-3.21	19.38	21.34	3.11	19.52	5.71	23.85	27.87
Manlleu	0.24	14.21	2.69	14.54	18.26	-0.03	16.55	2.62	17.23	22.63
Mollet del Vallès	-0.71	16.58	1.42	18.78	21.14	-1.78	23.79	-0.46	25.23	29.81
Vilafranca del Penedès	0.33	16.75	2.20	16.29	20.71	2.84	17.84	4.92	19.48	23.52
Mataró	-0.19	14.36	1.78	17.38	18.52	7.10	23.34	9.07	24.11	29.29
Sta. Perpètua de la Mogoda	1.41	18.20	4.25	20.59	22.55	2.68	22.25	4.53	24.29	28.28
Barcelona – Poblenou	-4.13	17.68	-2.71	22.05	22.99	13.21	32.20	17.96	39.34	40.87
L'Hospitalet del Llobregat	-2.04	15.91	-0.01	18.46	20.08	3.76	21.88	6.30	24.25	28.06
St. Adrià del Besòs	0.44	19.00	3.08	19.59	24.15	7.09	28.79	9.16	31.88	35.75
Badalona	-12.94	22.48	-7.93	20.91	34.42	7.16	24.20	9.76	26.16	30.20
Montcada i Reixac	-4.03	17.79	-1.93	20.97	22.02	3.85	22.34	6.13	25.02	27.79
St. Vicenç dels Horts	1.07	17.13	3.31	20.48	21.82	3.96	22.66	5.81	23.68	29.24
St. Andreu de la Barca	-1.13	17.20	1.42	20.97	22.17	1.94	23.10	4.97	26.86	29.66
Barcelona – Eixample	-15.44	17.24	-19.28	22.00	22.88	-19.19	57.49	-13.57	56.15	60.61
Sta. Coloma de Gramanet	-2.84	18.20	-0.61	19.44	22.46	2.35	21.66	4.73	24.76	27.96
Barcelona – Gràcia	-12.84	17.13	-15.03	21.18	21.51	-2.04	20.57	0.63	26.00	26.86
Barcelona - Ciutatella	-10.57	15.48	-10.83	18.06	19.97	3.71	20.39	6.18	22.69	27.49
Gavà	-1.99	17.44	-0.51	19.54	21.39	3.57	22.86	3.08	27.20	28.56
Barcelona – Vall d'Hebron	-1.06	16.82	1.62	19.65	20.87	6.93	23.53	9.70	25.94	30.09
Vandellòs	-5.13	15.21	-3.82	17.91	18.53	4.17	19.68	6.69	20.01	25.53

Taula 6.19. Paràmetres estadístics calculats a partir dels valors màxims 8-h del sistema AQF.cat amb correcció HF (utilitzant un filtre de  $60\mu\text{gm}^{-3}$ ) i de les mesures a les estacions XVPCA.

Estació	2009					2010				
	MB $\mu\text{gm}^{-3}$	MAGE $\mu\text{gm}^{-3}$	MNBE %	MNGE %	RMSE $\mu\text{gm}^{-3}$	MB $\mu\text{gm}^{-3}$	MAGE $\mu\text{gm}^{-3}$	MNBE %	MNGE %	RMSE $\mu\text{gm}^{-3}$
Constantí	-0.49	17.21	1.21	18.28	21.06	-1.20	16.57	0.20	17.40	21.49
Vila-seca	-0.31	15.95	1.41	17.52	20.11	0.59	15.50	2.14	17.32	20.38
Manresa	-1.39	19.22	0.45	22.90	23.34	-0.64	19.18	0.83	21.48	25.44
Martorell	-0.89	17.52	0.96	21.07	22.57	-1.18	22.77	0.20	25.00	28.63
Igualada	-0.70	17.34	0.58	17.81	21.80	-0.13	16.19	1.02	18.44	21.90
Lleida	0.30	16.36	2.27	17.32	20.51	-1.93	17.36	-0.38	19.25	22.49
Sant Celoni	0.72	18.30	2.15	18.99	23.25	0.04	19.75	1.44	23.77	26.19
Sabadell	-4.18	24.99	-1.18	30.12	30.27	-0.59	27.48	2.82	32.33	33.70
Reus	-0.84	16.17	0.75	17.46	20.39	-0.33	15.92	1.21	17.30	20.64
Pardines	1.10	17.25	3.49	17.61	21.82	0.39	14.96	2.44	16.10	20.29
Agullana	0.33	18.12	2.61	17.55	22.63	2.72	19.01	5.17	19.94	25.17
Juneda	0.31	16.01	2.08	15.65	20.60	0.32	16.92	2.21	17.84	22.21
Sort	-0.57	15.46	1.52	17.41	20.30	-0.04	14.24	1.57	15.51	18.89
Amposta	0.27	14.53	1.95	16.06	18.20	0.78	16.21	2.83	17.73	20.44
Sta. Maria de Palautordera	0.76	19.18	2.46	19.32	24.12	0.16	22.96	1.96	22.40	29.43
St. Cugat del Vallès	-0.01	19.00	1.91	20.34	24.39	-0.35	20.84	1.17	22.17	27.38
Begur	0.95	16.55	2.56	16.24	20.63	5.11	18.02	7.31	18.97	23.15
Vilanova i la Geltrú	-0.26	17.32	1.48	18.30	22.75	1.33	20.82	3.45	21.26	26.32
Santa Pau	0.19	20.01	3.39	21.27	24.91	-0.50	19.30	1.17	20.69	25.77
Gandesa	-0.19	13.40	1.10	13.86	17.47	0.22	18.85	2.17	17.68	23.86
Bellver de Cerdanya	0.24	16.99	2.32	16.98	20.76	-0.07	14.39	1.43	14.55	20.27
Granollers	-15.26	20.98	-12.58	18.94	26.54	-14.68	21.35	-13.15	21.18	26.73
Ponts	0.44	16.99	2.11	15.68	21.63	0.63	18.49	2.41	17.83	23.89
La Sénia	0.21	15.08	1.46	14.24	19.41	1.12	16.52	2.45	16.35	20.45
Vic	0.31	20.52	3.09	19.67	26.42	-0.50	21.39	1.51	19.48	28.24
Tarragona - Parc de la ciutat	-0.55	17.18	1.29	18.84	22.09	1.07	17.51	3.14	19.38	22.16
Rubí	-1.69	18.59	0.08	19.57	24.34	0.32	24.70	2.54	23.02	31.14
Tona	0.72	20.78	3.42	19.57	27.09	-0.17	20.78	1.80	18.57	26.27
Alcover	-0.67	17.66	1.28	18.59	21.41	1.72	17.34	4.12	19.06	22.66
Guiamets	0.70	15.10	2.63	15.41	19.62	0.93	17.17	2.56	16.72	21.84
Berga	0.90	20.80	4.13	20.23	26.88	2.07	17.86	4.07	19.14	22.74
Terrassa	-3.55	22.15	-1.24	25.91	27.95	0.22	23.13	2.24	28.00	30.12
Manlleu	0.41	18.03	2.91	18.20	23.97	0.27	19.90	2.45	20.97	25.74
Mollet del Vallès	-0.63	19.48	1.22	21.69	24.17	-3.44	21.31	-3.44	23.13	26.67
Vilafranca del Penedès	-0.26	17.42	1.49	17.09	21.47	0.87	17.64	2.41	19.36	23.19
Mataró	1.50	16.20	3.48	19.74	20.65	2.14	19.15	4.07	20.49	25.18
Sta. Perpètua de la Mogoda	0.16	20.88	2.83	22.87	26.95	-0.37	22.41	1.36	24.33	28.25
Barcelona – Poblenou	-2.81	18.53	-1.88	23.48	23.94	-2.38	19.94	-0.58	23.72	25.49
L'Hospitalet del Llobregat	-0.18	15.67	1.72	18.44	21.36	-0.44	20.23	1.14	22.43	25.89
St. Adrià del Besòs	-0.05	20.45	2.10	21.15	25.87	1.36	20.89	3.21	23.59	26.35
Badalona	-15.28	22.50	-10.57	21.01	34.48	0.33	21.02	2.44	22.92	25.98
Montcada i Reixac	-2.33	21.55	-0.20	25.60	26.77	-0.33	22.63	1.63	25.61	28.46
St. Vicenç dels Horts	-0.38	18.36	1.42	22.00	23.17	-2.43	21.72	-1.03	23.20	27.91
St. Andreu de la Barca	-2.35	21.23	0.25	26.04	26.16	-3.15	26.33	-0.71	30.47	32.95
Barcelona – Eixample	-11.46	22.43	-14.00	29.94	26.61	-22.77	30.41	-19.92	28.42	37.99
Sta. Coloma de Gramanet	-1.61	20.06	0.18	21.69	25.84	-0.97	20.03	0.53	22.60	25.69
Barcelona – Gràcia	-8.45	22.09	-8.78	28.27	26.81	-7.26	21.38	-7.15	27.74	27.22
Barcelona - Ciutatella	-4.42	19.03	-3.78	23.46	23.58	-1.47	21.07	0.49	23.60	27.04
Gavà	-3.32	17.07	-2.04	19.12	21.02	-7.33	13.53	-9.27	15.78	16.01
Barcelona – Vall d'Hebron	0.14	18.53	2.57	22.02	23.13	0.95	20.98	2.97	23.44	27.16
Vandellòs	-0.64	12.83	0.76	15.37	16.19	0.89	16.42	2.34	16.55	20.61



A la figura 6.7 i a la taula 6.20 es presenten els histogrames de la desviació del pronòstic del model envers les mesures i l'ajust Gaussià calculat sobre aquestes distribucions respectivament. Els resultats són similars als comentats en el cas de la validació dels valors màxims 1-h tot reproduint el mateix comportament i obtenint novament com a millors resultats els deguts a l'aplicació de la metodologia MS.

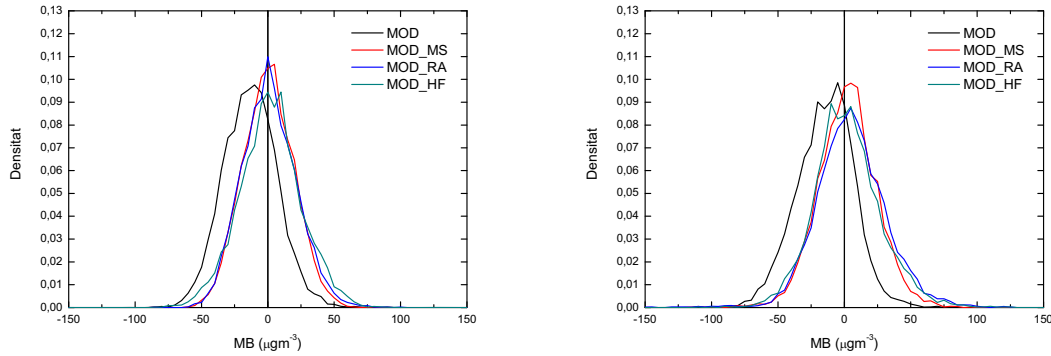


Figura 6.7. Histogrames de la desviació del pronòstic dels sistemes AQM.cat i AQF.cat envers les mesures corresponents al valors màxim 8-h diaris per l'estiu 2009 (esquerra) i 2010 (dreta).

Taula 6.20. Amplada i desplaçament de l'ajust Gaussià calculat sobre la distribució de desviacions dels valors màxims 8-h pronosticats pel sistema de previsió de qualitat de l'aire.

Paràmetre	Any	MOD	MOD_MS	MOD_RA	MOD_HF
Amplada ( $2\sigma$ ) ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )	2009	40.30	38.78	40.40	42.92
	2010	41.61	40.86	46.30	43.91
Desplaçament ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )	2009	-13.32	0.17	0.05	1.72
	2010	-12.80	2.22	3.90	0.27

#### 6.3.4. Errors sistemàtics i aleatoris

De forma complementària a la validació estadística realitzada en les seccions anteriors, és interessant obtenir una mesura de l'error aleatori  $RMSE_u$  (6.1) i de l'error sistemàtic  $RMSE_s$  (6.2) dels sistemes AQM.cat i AQF.cat. El càlcul d'aquests valors ajuda a identificar les fonts o els tipus d'error que conté el sistema de modelització i que s'ha de tenir en compte en el procés de refinament del model (Rao et al., 1985; Appel et al., 2007).  $RMSE_s$  representa la porció de l'error que es atribuïda directament al model; i  $RMSE_u$  representa l'error aleatori del model o de les entrades d'aquest. Per assolir un alt grau de bondat del model la part aleatòria del RMSE ha de ser molt més gran que la part sistemàtica. A les següents expressions es defineixen  $RMSE_s$  i  $RMSE_u$ .

$$RMSE_u = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_1^N (C - C_m)^2} \quad (6.1)$$

$$RMSE_s = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_1^N (C - C_o)^2} \quad (6.2)$$

$$C = a + b \cdot C_o \quad (6.3)$$

$$RMSE = \sqrt{(RMSE_u)^2 + (RMSE_s)^2} \quad (6.4)$$

On  $C_m$  i  $C_o$  són les concentracions observades i modelitzades respectivament;  $a$  i  $b$  són els coeficients de l'ajust per mínims quadrats entre  $C_m$  i  $C_o$ ; i  $N$  és el número total de parelles observacions – pronòstics considerades en el càlcul.

Els resultats del càlcul d'aquests valors per als màxims 1-h i 8-h es presenten a la taula 6.21.

Taula 6.21. Errors sistemàtics i aleatoris calculats pels valors màxims 1-h i 8-h d'ozó troposfèric.

Paràmetre	Any	Estadístic	MOD	MOD_MS	MOD_RA	MOD-HF
Màxim 1-h	2009	RMSE <sub>s</sub> ( $\mu\text{gm}^{-3}$ )	23.99	13.13	13.27	12.00
		RMSE <sub>u</sub> ( $\mu\text{gm}^{-3}$ )	18.55	19.20	24.33	23.78
		RMSE ( $\mu\text{gm}^{-3}$ )	30.33	23.26	27.72	26.64
	2010	RMSE <sub>s</sub> ( $\mu\text{gm}^{-3}$ )	24.84	13.23	19.23	12.56
		RMSE <sub>u</sub> ( $\mu\text{gm}^{-3}$ )	20.49	21.66	32.81	26.54
		RMSE ( $\mu\text{gm}^{-3}$ )	32.20	25.38	38.03	29.36
Màxim 8-h	2009	RMSE <sub>s</sub> ( $\mu\text{gm}^{-3}$ )	19.13	10.84	10.54	9.24
		RMSE <sub>u</sub> ( $\mu\text{gm}^{-3}$ )	15.08	15.95	17.61	21.17
		RMSE ( $\mu\text{gm}^{-3}$ )	24.36	19.28	20.53	23.10
	2010	RMSE <sub>s</sub> ( $\mu\text{gm}^{-3}$ )	29.75	10.60	10.96	8.27
		RMSE <sub>u</sub> ( $\mu\text{gm}^{-3}$ )	18.44	19.46	24.09	23.89
		RMSE ( $\mu\text{gm}^{-3}$ )	35.00	22.16	26.46	25.28

Els resultats mostren que encara l'error sistemàtic del sistema AQM.cat és major que la contribució aleatòria i que per tant, el sistema encara es pot refinar i millorar convenientment. Per aquest motiu s'han identificat diferents factors que poden influir en les desviacions de les previsions i que s'han de seguir estudiant com ara: la sensibilitat a les condicions sinòptiques; l'aplicació de diferents models meteorològics; realitzar refinaments en el model d'emissió; o estudiar la influència de les condicions de contorn sobre el model fotoquímic a l'àrea de Catalunya. De qualsevol manera, quan s'apliquen les tècniques de correcció, l'error sistemàtic es redueix mentre que l'error aleatori augmenta, proporcionant un RMSE més baix que sense l'aplicació de les correccions.

Aquests dos últims efectes comentats resumeixen les línies actuals i futures d'aquest sistema de modelització com són: (1) analitzar la sensibilitat del model a canvis en les emissions i les condicions meteorològiques per aconseguir augmentar la precisió dels pronòstics; i (2) continuar aplicant les metodologies de correcció que des d'un punt de vista operatiu disminueixen l'error en els pronòstics.

### 6.3.5. Avaluació de la incertesa segons la Directiva Europea

Com s'ha comentat al capítol 2, la Directiva Europea determina una incertesa de la modelització que els models han de complir per tal de poder utilitzar-los en el sentit que la Directiva contempla, i es recull el valor de 50% com a valor de la incertesa de la modelització per l'ozó troposfèric.

La traducció matemàtica de la incertesa que ha de presentar un model pot ser, si més no, ambigua i oberta a interpretació (Denby, 2010). Tot i així s'ha avaluat aquest error seguint la definició d'error relatiu a la directiva (RDE) de Denby (2010), com una de les possibles interpretacions de la incertesa del model, definida en l'expressió 6.5.

$$RDE = \frac{|O_{LV} - M_{LV}|}{LV} \quad (6.5)$$

On  $O_{LV}$  és la concentració més propera al valor límit (LV) i  $M_{LV}$  és la concentració prevista pel model corresponent. El màxim d'aquest valor trobat en el 90% dels punts de mesurament disponibles és l'error màxim relatiu associat a la directiva (MRDE), que és el valor que es compara amb la definició d'incertesa de la Directiva.

A la taula 6.22 es presenten els valors de MRDE calculats pels pronòstics del sistema de modelització amb i sense correccions, on es confirma que es compleix el requeriment de la Directiva. Per tant, és totalment acceptable que el sistema que en aquesta tesi es presenta sigui utilitzat de forma operativa i aplicat de la manera que la legislació considera.

Taula 6.22. Valors de MRDE calculats pels pronòstics del sistema de modelització i previsió.

MRDE (%)	MOD	MOD MS	MOD RA	MOD HF
2009	43	39	40	39
2010	46	37	41	27

#### 6.4. Diòxid de nitrogen

Com ja s'ha comentat anteriorment, el sistema de modelització de la qualitat de l'aire AQM.cat s'ha validat també per als contaminant atmosfèrics diòxid de nitrogen i partícules amb una grandària inferior a  $10\mu\text{m}$ . Aquesta validació però no s'ha realitzat amb el mateix grau d'aprofundiment que en el cas de l'ozó troposfèric. La motivació bàsica d'aquest fet rau que el grup on el doctorand ha desenvolupat aquesta tesi doctoral ja tenia prèviament experiència en la modelització de l'ozó troposfèric, i calia sistematitzar-la i aprofundir en els seus resultats. En canvi, pel que respecta als altres dos contaminants atmosfèrics no es tenia aquest tipus d'experiència i es requeria de treballs previs en relació a ells, com ara la implementació del mòdul d'aerosols, la millora de les emissions d'òxids de nitrogen a MNEQA i l'estudi previ d'aquests dos contaminants atmosfèrics.

D'aquesta manera el sistema de modelització de la qualitat de l'aire s'ha començat a executar de forma no operativa durant el període 1 de maig – 30 de setembre de 2010 per al  $\text{NO}_2$  i les  $\text{PM}_{10}$ , ja que es requereix d'un major refinament de forma similar al realitzat sobre les previsions d'ozó troposfèric. Alhora, un dels treballs de futur és incorporar la metodologia de correcció de la desviació entre els pronòstics del model i les mesures per a les previsions d'aquests dos contaminants atmosfèrics. A més, per avaluar en la justa mesura la fiabilitat del model envers aquests contaminants atmosfèrics, es requereix ampliar el període a estudi als mesos de tardor i hivern on els nivells assolits per aquests contaminants són més alts.

A la taula 6.23 es presenten la sèrie d'estacions de la XVPCA que mesuren diòxid de nitrogen i que s'han tingut en compte en aquesta avaluació del model. S'afegeix la localització i els valors horaris mitjos observats i resultants del model per totes aquestes estacions.

Taula 6.23. Comparació entre el promig dels valors mesurats i els modelitzats amb AQM.cat per les diferents estacions de la XVPCA.

Estació	LON (° sexag.)	LAT (°sexag.)	NO <sub>2</sub> observat (µg m <sup>-3</sup> )	NO <sub>2</sub> model (µg m <sup>-3</sup> )
Perafort (Puigdelfí)	1.234	41.195	12	9
Vila-seca	1.153	41.113	16	10
Tarragona – Sant Salvador	1.241	41.161	20	15
Tarragona	1.193	41.117	17	16
Martorell	1.922	41.477	38	39
Lleida	0.617	41.617	19	11
Sant Celoni	2.497	41.690	23	26
Sabadell	2.103	41.562	48	20
Reus	1.121	41.152	16	11
Tarragona – Universitat Laboral	1.202	41.105	20	8
St. Cugat del Vallès	2.090	41.478	24	35
Bellver de Cerdanya	1.778	42.369	5	1
Tarragona – Parc de la Ciutat	1.243	41.119	20	15
Terrassa	2.009	41.557	45	27
Manlleu	2.288	42.004	13	12
Mollet del Vallès	2.213	41.550	41	40
Sta. Perpètua de Mogoda	2.218	41.537	33	23
Barcelona – Poblenou	2.189	41.388	35	56
St. Adrià del Besòs	2.223	41.427	37	39
Montcada i Reixac	2.190	41.483	37	35
St. Vicenç dels Horts	2.011	41.394	30	38
Cornellà del Llobregat	2.078	41.358	29	39
St. Andreu de la Barca	1.976	41.452	42	43
Barcelona – Sants	2.134	41.380	34	33
Sta. Coloma de Gramanet	2.210	41.448	34	36
Barcelona – Gràcia	2.154	41.400	62	40
Barcelona – Ciutadella	2.205	41.405	41	28

Amb els resultats de la taula 6.23 es poden extreure les primeres conclusions. S'observa com per als valors mitjos durant tota la campanya, l'ajust de les previsions del sistema AQM.cat amb les observacions presenta un coeficient de correlació lineal de 0.720. En general s'observa una subestimació de les previsions del model en comparació amb les observacions.

Per tal d'avaluar el comportament del model envers les mesures de forma horària, a la figura 6.8 es presenta l'evolució diària realitzada amb els valors mitjos de les previsions del model AQM.cat i les corresponents a les mesures de la XVPCA. Com podem observar una vegada més, el model presenta una subestimació diürna associada al problema del desconeixement del perfil temporal de les emissions industrials; i una lleugera sobreestimació nocturna, tot i que reproduceix fidelment la evolució diària.

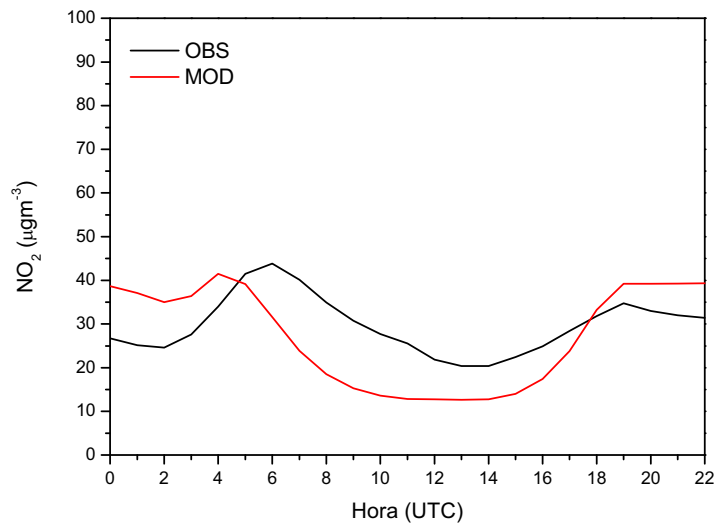


Figura 6.8. Evolució diària de les concentracions mitges de NO<sub>2</sub> pronosticades pel sistema AQM.cat (MOD) i de les mesures de les estacions de la XVPCA (OBS).

El càlcul dels paràmetres estadístics mostra com les previsions del diòxid de nitrogen encara no estan dins de les recomanacions EPA (1991). Tot i així, s'observen diverses estacions que sí aconsegueixen aquests criteris d'acceptació pel que respecta al MNBE i al MNGE, calculats sobre els valors màxims 1-h de NO<sub>2</sub> (taula 6.24), i localitzats a l'àrea metropolitana de Barcelona. Alhora, el sistema de modelització presenta un valor de *Index of Agreement* pels valors màxims 1-h diaris prou acurat i igual a 0.753.

Taula 6.24. Paràmetres estadístics calculats a partir dels valors màxims 1-h del model AQM.cat i de les mesures a les estacions XVPCA.

Estació	2010				
	MB µgm <sup>-3</sup>	MAGE µgm <sup>-3</sup>	MNBE %	MNGE %	RMSE µgm <sup>-3</sup>
Martorell	5.64	15.26	13.31	24.52	19.11
Mollet del Vallès	-5.29	18.60	-1.75	23.36	22.75
Sta. Perpètua de Mogoda	-9.73	18.92	-11.06	29.76	23.79
St. Adrià del Besòs	-3.23	18.21	-0.39	25.71	23.43
Barcelona – Sants	-0.68	17.88	11.43	31.95	22.62

Pel que respecta a la incertesa tal i com la defineix la Directiva Europea 2008/50/CE, el sistema de modelització AQM.cat durant el període a estudi presenta una incertesa del 47.1%. Per tant, es verifica que l'error del model calculat en referència a la incertesa de la modelització segons la Directiva, estan dins del marge de tolerància pel diòxid de nitrogen que és del 50%.

## 6.5. Material particulat PM10

En el cas de l'avaluació de les partícules PM10, s'utilitzen les mesures proporcionades pels equips de mesura manuals, degut a múltiples raons: el major nombre de mesures i estacions disponibles envers a les corresponents estacions automàtiques; la major fiabilitat del sistema de mesurament manual que la proporcionada pels equips de mesura

automàtica; la correcció per intrusió de pols saharià aplicada sobre les mesures manuals; i finalment per ser dades validades i supervisades pels tècnics de l'antic Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya.

En aquest tipus de mesura, es necessita d'un mostreig previ mitjançant captadors i una anàlisi química posterior en un laboratori especialitzat, obtenint dades diàries. Aquest fet, provoca que hi hagi un temps d'espera important entre la realització de la previsió i l'avaluació d'aquesta. L'altra problema associat que tenen aquest tipus de mesures és la relacionada amb el període de captació de les dades. Si bé per aconseguir el valor diari de PM10 d'AQM.cat es realitza el promig durant les 24h naturals d'un dia (de 0 a 23 UTC), la captació en els equips de mesura es realitza durant 24h, és a dir, des de l'hora que el tècnic inicia el sistema de captació fins que la captació resta finalitzada 24h després. L'hora en la que el tècnic inicia i finalitza la captació és desconeguda a l'hora de realitzar la validació dels resultats donats pel sistema AQM.cat per les PM10, ja que en la actualitat encara no es disposa de una base de dades que contingui aquesta informació. El fet de realitzar el promig diari de 0 a 23 UTC pot diferenciar-se força si es realitza en altres intervals horaris, especialment en aquells en que el dia de la mesura i el dia següent presentin característiques meteorològiques diferents. Per tant, es requeriria conèixer aquesta informació per millorar l'avaluació estadística de les previsions de PM10. A la taula 6.25 es presenta un exemple de com els valors diaris pronosticats per AQM.cat poden ser molt diferents segons la hora d'inici i final de captació.

Taula 6.25. Comparació dels valors diaris previstos per AQM.cat en funció dels diferents promitjos per a diferents intervals horaris (d: dia de mesura i d+1: dia següent).

Dia	AQM.cat (Promig 24h)		XVPCA (Valor diari)
21 Agost 2008	0h - 23h UTC	29	27
	6h(d) - 5h(d+1) UTC	21	
	10h(d) - 9h(d+1) UTC	19	
22 Agost 2008	0h - 23h UTC	19	20
	6h(d) - 5h(d+1) UTC	21	
	10h(d) - 9h(d+1) UTC	19	

A la taula 6.26 presentem la sèrie d'estacions de la XVPCA que mesuren material particulat PM10 i que s'han tingut en compte en aquesta avaluació del model.

Taula 6.26. Comparació entre el promig dels valors diaris modelitzats amb AQM.cat i els mesurats per les diferents estacions de la XVPCA.

Estació	PM10 observat ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )	PM10 model ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )
Barcelona – Pl. Universitat	33	35
Barcelona - Sants	32	28
Barcelona – Gràcia	35	34
Barcelona – Zona Universitària	28	28
Barcelona – Port Vell	30	26
Barcelona – IES Goya	30	32
Barcelona – Vall d'Hebron	28	30
Berga	22	15
Berga (IES Guillem de Berguedà)	18	12
Caldes de Montbui	27	13
Castellar del Vallès	25	24
Castellbisbal	21	27
Esplugues de Llobregat	25	28
Hospitalet de Llobregat	23	24
Igualada	19	18
Manlleu IES An	21	20
Manresa (Les Fonts)	24	23
Martorell	25	28
Montcada i Reixac	24	27
Montornès del Vallès (Escola)	28	29
Montornès del Vallès (Plaça)	21	28
El Papiol	25	28
El Prat de Llobregat	28	28
Pont de Vilomara i Rocafort	24	20
Sabadell – Gran Via	23	26
Sabadell – IES Escola Industrial	23	27
Sant Andreu de la Barca	27	31
Sant Celoni	21	23
Santa Coloma de Gramanet	23	26
Ca l'Antic – Els Monjos	20	17
Barberà del Vallès	34	33
Santa Perpètua de Mogoda	26	33
Sant Vicenç dels Horts	25	31
Sentmenat	27	24
Súria	22	16
Terrassa (Rambla Pare Alegre)	28	28
Terrassa (Mina)	25	28
Tona	25	20
Vic	27	23
Vilanova del Camí	31	20
Vilanova i la Geltrú (Ajuntament)	20	21
Vilanova i la Geltrú (Centre Cívic)	22	16
Cassà de la Selva	20	19
Bellver de Cerdanya	14	9
Lleida	20	18
Sort	16	11
L'Arboç	21	21
Tarragona – Port	29	18

S'observa com per als valors mitjos l'ajust de les previsions del model AQM.cat amb les observacions presenta un coeficient de correlació lineal del 0.689. En aquesta comparació s'observen subestimacions i sobreestimacions del model respecte les mesures. En el cas de les subestimacions, una de les causes podria estar associada al fet que les mesures de les estacions poden estar puntualment influenciades per focus puntuals d'emissió descontrolats que el sistema de modelització no té en compte. Per exemple, la presència d'obres a l'entorn de la estació, pot incorporar una gran quantitat de pols que afecta directament a la mesura i implica per tant un error afegit a la comparació previsió – mesura. Pel contrari, les sobreestimacions poden estar relacionades amb dos factors. Per una banda, degut a disminucions dels valors d'emissió dels sectors industrials i trànsit, el que fa necessari una revisió dels valors d'emissió de MNEQA per tal d'actualitzar-ho i adequar-ho a les noves restriccions i limitacions de l'administració (Pla d'actuació). I d'altra banda, degut a sobreestimacions del valor d'emissió de pols per erosió i resuspensió en situacions de vents intensos.

A continuació a la taula 6.27 es presenten els valors dels estadístics comentats a la taula 6.1. Així, s'observa com el valor límit del MNBE recomanat per EPA (1991) es compleix correctament i no es compleix el del MNGE, el que fa necessari un millor ajust de les previsions d'aquest contaminant atmosfèric. D'altra banda, el model presenta un valor de *Index of Agreement* de 0.537, que s'espera millorar en el futur.

Taula 6.27. Paràmetres estadístics calculats a partir dels valors mitjos diaris del sistema AQM.cat i de les mesures a les estacions de la XVPCA.

Estadístic	MOD
MB ( $\mu\text{gm}^{-3}$ )	-0.61
MAGE ( $\mu\text{gm}^{-3}$ )	8.87
MNBE (%)	8.17
MNGE (%)	40.99
RMSE ( $\mu\text{gm}^{-3}$ )	11.69

Si es realitza una avaluació per estacions, s'observa que les estacions de mesura de Barcelona i la seva àrea metropolitana són les que presenten millors ajustos (taula 6.28). Precisament, les zones de qualitat de l'aire 1 i 2, definides per l'antic Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya, són les que presenten valors més alts d'immissió de PM10 tradicionalment.

Taula 6.28. Paràmetres estadístics calculats a partir dels valors mitjos diaris del sistema AQM.cat i de les mesures a diferents estacions de la XVPCA.

Estació	2010				
	MB $\mu\text{gm}^{-3}$	MAGE $\mu\text{gm}^{-3}$	MNBE %	MNGE %	RMSE $\mu\text{gm}^{-3}$
Barcelona (Plaça Universitat)	1.42	7.93	13.44	30.89	10.59
Barcelona (Gràcia – St. Gervasi)	-1.19	8.75	6.22	28.78	11.80
Barcelona (Vall d'Hebrón)	2.18	6.59	13.93	25.40	7.80
Hospitalet del Llobregat	1.22	7.16	14.33	35.15	9.66
Igualada	-1.45	5.67	3.58	32.37	7.07
Manresa (Les Fonts)	-0.94	6.12	4.20	26.73	8.43
Montornès del Vallès (Escola)	1.43	6.67	10.40	27.15	8.95
El Pont de Vilomara	-4.14	6.62	-11.74	26.82	8.50
Vic	-3.55	7.35	-5.85	28.10	9.76



Finalment, comentar que per a les PM10 no existeix una incertesa determinada per la directiva europea per a valors diaris similar als casos de l'ozó i el diòxid de nitrogen (taula 2.2). Sí que hi ha un valor límit anual d'incertesa que correspon al 50% i que per tant, requereix ampliar la validació a tot un any per tal d'estimar-la. En l'actualitat el doctorand ha ampliat els períodes de simulació operativa amb el sistema de modelització AQM.cat, que resta en funcionament des del dia 1 d'octubre de 2010 fins a la data de presentació d'aquesta tesi doctoral.

