

---

## Bedre byluft

Endringer i 2013 og forskningsresultater av prognoser for meteorologi og luftkvalitet i norske byer vinteren 2012 – 2013

Anna Benedictow 1), Leiv Håvard Slørdal 2), Bruce Denby 2), Jakob Süld1) og Arne Kristensen 1)





1) Meteorologisk institutt



2) Norsk institutt for luftforskning



<b>Tittel</b> Bedre byluft - Endringer i 2013 og forskningsresultater av prognoser for meteorologi og luftkvalitet i norske byer vinteren 2012-2013	<b>Dato</b> 19. des. 2013
<b>Seksjon</b> Avdeling Klimamodellering og Luftforurensning	<b>Report nr.</b> 23/2013
<b>Forfattere</b> Anna Benedictow, Leiv Håvard Slørdal <sup>*)</sup> , Bruce Denby <sup>*)</sup> , Jakob Süld og Arne Kristensen  <sup>*)</sup> Norsk institutt for luftforskning	<b>Klassifikasjon</b> <input checked="" type="checkbox"/> Free <input type="checkbox"/> Restricted
	ISSN 1503-8025
<b>Oppdragsgiver</b> Statens Vegvesen	e-ISSN 1503-8025
<b>Sammendrag</b> Prosjektet Bedre byluft varsler luftkvalitet i norske byer vinterstid, og utføres av Meteorologisk institutt og Norsk institutt for luftforskning i samarbeid, og ledes av Meteorologisk institutt på oppdrag fra Statens Vegvesen.	
<b>Nøkkelord</b> varsling av lokal luftkvalitet, spredningsmodell for luftkvalitet, numerisk værvarsling, observasjoner, evaluering, atmosfærens grenselag, visualisering	

<b>Disiplinary signature</b>   Hilde Fagerli	<b>Responsible signature</b>   Øystein Hov
--	--

## Innhold

1. Innledning.....	5
2. Oppsummering fra evalueringen for vintersesongen 2012 – 2013.....	6
2.1 Meteorologiprognosene vintersesongen 2012 - 2013.....	6
2.2 Luftkvalitetsprognosene vintersesongen 2012 - 2013.....	6
3. Endringer i varslingsystemet for sesongen 2013 – 2014.....	7
3.1 Endringer i meteorologimodellen HARMONIE.....	7
3.1.1 Oppdatering av grensesnittet mellom HARMONIE og EPISODE/AIRQUIS.....	8
3.1.2 Rekjøring av forurensningsepisoden i januar 2010 i Bergen og Oslo.....	8
3.2 Endringer i spredningsmodellen EPISODE/AirQUIS.....	19
3.2.1 Beskrivelse av det oppdaterte grensesnittet mellom HARMONIE og EPISODE.....	19
3.2.2 Innføring av 3-dimensjonale (3D) randverdier.....	40
3.2.3 Tekniske endringer i det automatiserte varslingsystemet.....	47
3.2.4 Implementeringsplan for veistøvmodellen «NORTRIP» i Bedre byluft.....	48
3.2.5 Oppdatering av kartrepresentasjonsmodulen ADMIN - LUFTKVALITET.INFO.....	49
3.2.6 Oppdatering av «varslingsmodulen» i LUFTKVALITET.INFO.....	50
4. Evaluering av 3D randverdier fra MACC/EMEP.....	53
4.1 Beskrivelse av EMEP/MSW prognoser til MACC prosjektet.....	53
4.2 Resultater fra sammenligning av EMEP data mot observasjoner av luftkvalitet.....	53
4.2.1 Analyse av MACC/EMEP prognose for dag 3 i februar 2011.....	54
4.2.2 Analyse av MACC/EMEP prognose for dag 2 og dag 3 i perioden januar-april 2012.....	59
5. Oppsummering og anbefaling for videre utvikling.....	65
5.1 Meteorologimodellen.....	65
5.1.1 Oppsummering.....	65
5.1.2 Anbefaling for videre utvikling.....	65
5.2 Luftkvalitetsmodellen.....	66
5.2.1 Oppsummering.....	66
5.2.2 Anbefaling for videre utvikling.....	67
5.3 Statistiske metoder for korreksjon av luftforurensningsprognoser.....	68
5.3.1 Oppsummering.....	68
5.3.2 Anbefaling for videre utvikling.....	68

6. Referanser.....	69
Appendiks 1. About NORTRIP model.....	71
A.1.1 Aim and scope .....	71
A.1.2 Background to the NORTRIP model.....	71
A.1.3 Input data requirements for the model.....	72
A.1.4 Required data and data sources .....	73
A.1.5 Initialisation of the model.....	76
A.1.6 Implementation and improvement of the salting and sanding model.....	76
A.1.6 Implementation plan for NORTRIP in Bedre byluft forecasting .....	77

Kapittel 2.2, 3 og 4.2 er skrevet av NILU, Øvrig tekst og redigeringer av met.no, FoU.

## 1. Innledning

Prosjektet Bedre byluft utføres av Meteorologisk institutt og Norsk institutt for luftforskning i samarbeid, og ledes av Meteorologisk institutt på oppdrag fra Statens Vegvesen.

I prosjektet Bedre byluft lages det daglige varsler for luftkvaliteten i 10 norske byer. Varslene distribueres til publikum gjennom lokale aviser og radiosendinger, internett (<http://www.luftkvalitet.info/>), epost og tekstmeldinger. Varslene baserer seg på målinger av luftkvaliteten i byene, detaljerte værprognoser fra numeriske værvarslingsmodeller og, for halvparten av byene, spredningsberegninger på grunnlag av utslippsdata og værprognoser. Varslene overvåkes manuelt og kvalitetssikres av personell ved Meteorologisk institutt og kommunale etater.

Varslene til publikum lages av Meteorologisk institutt (Værvarslingsavdelingen i Oslo: Sarpsborg/Fredrikstad, Grenland, Kristiansand og Lillehammer, Værvarslinga på Vestlandet: Stavanger/Sandnes, Bergen og Trondheim og Værvarslinga for Nord-Norge: Tromsø), avdeling for miljørettet helsevern i Drammen kommune og av Bymiljøetaten i Oslo kommune.

Modellsystemet som beregner bakgrunnen for varslene er installert på Meteorologisk institutt. Der kjøres modellene hver natt i perioden 1. oktober til 30. april under overvåking av døgnoperativt IT-personell. Fra 1. oktober 2012 til 1. mai 2013 benyttet vi AirQUIS (Air Quality Information System, Slørdal et al., 2003) med 1 x 1 km gitteropløsning for beregning av luftkvalitet. Meteorologiske data ble for første gang beregnet med den numeriske værvarslingsmodellen HARMONIE. AirQUIS med HARMONIE ble testet i forrige sesong, og resultatene er dokumentert i Ødegaard m fl. (2013b).

Modellberegninger og prognoser for Oslo, Bergen, Stavanger, Trondheim og Grenland evalueres mot tilgjengelige observasjoner etter varslingssesongens avslutning. Evalueringsrapporten for vintersesongen 2012-2013 (Ødegaard m fl., 2013b) dokumenterer kvaliteten på modellberegningene for disse byene, samt kvaliteten på manuelt utarbeidede publikumsvarsler for Bergen og Tromsø.

Denne rapporten beskriver endringer i prosjektet i 2013, forskningsresultater og forslag til videre forbedringer og forskningsområder. Kapittel 2 inneholder viktigste resultater fra evalueringsrapporten for vintersesongen 2012-2013 (Ødegaard m fl., 2013b). Kapittel 3 beskriver endringer i varslingssystemet for sesongen 2013-2014. I kapittel 4 oppsummeres erfaringene med utviklingsarbeidet i 2013 og basert på disse er det lagt frem flere anbefalinger for videre utvikling for å forbedre prognosene.

## **2. Oppsummering fra evalueringen for vintersesongen 2012 – 2013**

I de to følgende avsnittene gjengis oppsummeringen fra evalueringsrapporten for varslings sesongen 2012 – 2013 (Ødegaard m. fl., 2013b). Leseren henvises til evalueringsrapporten for en mer detaljert gjennomgang av kvaliteten av Bedre byluft prognosene for de ulike byene.

### **2.1 Meteorologiprognosene vintersesongen 2012 - 2013**

Evalueringen av prognosene (Ødegaard m fl., 2013b) fra HARMONIE på 1km oppløsning viser variasjon i kvaliteten for både vind i 10 m høyde og temperatur i 2 m høyde på de ulike observasjonsstasjonene som er innenfor Bedre byluft modellområdene. Best kvalitet i vindprognosene finnes for stasjoner i Bergen, Oslo og Skien hvor det er godt samsvar mellom timesverdier, lave verdier for statistiske parametre og god overenstemmelse mellom frekvensen av ulike vindhastighetstilfeller i observasjoner og modelldata. På andre stasjoner i Oslo, Drammen og Trondheim finnes en overestimert vind og frekvensplottene viser for få tilfeller med svak vind og for mange med sterk vind. Statistiske parametre varierer på disse stasjonene med både lave og høye verdier.

Kvaliteten i temperaturprognosene er god på de fleste stasjonene, når vi ser på verdiene time for time, men på stasjonene i Drammen er temperaturen for høy, spesielt om natta, og den døgnlige variasjonen er for liten på Florida.

Det pågår et kontinuerlig arbeid spesielt for å dempe over- og underestimert vind i HARMONIE modellen generelt. Spesielt for HARMONIE 1 km testes ulike eksperimenter med for eksempel forbedret beskrivelse av bakken slik at meteorologimodellens prognoser for både vind og temperatur blir mer i samsvar med observasjoner i blant annet utfordrende terreng. Dette er et arbeid som er påbegynt og resultater fra de første testene vil presenteres i kapittel 3.1.

### **2.2 Luftkvalitetsprognosene vintersesongen 2012 - 2013**

Generelt viste evalueringen av luftkvalitetsprognosene for vintersesongen 2012 - 2013 at prognosekvaliteten gjennomgående var god (Ødegaard m. fl., 2013b). Spesielt var samsvaret godt mellom prognoser og observasjoner når det gjaldt NO<sub>2</sub>. For svevestøv var kvaliteten noe dårligere, trolig grunnet større usikkerheter i utslippsestimatene for vedfyringen og veistøvoppvirvlingen. Dette understreker behovet for en kontinuerlig oppdatering av utslippsoversiktene, og innføring av en forbedret veistøvmodell. Forberedende arbeid med sikte på å implementere en prosessbasert veistøvmodell (NORTRIP; Denby et al., 2012) er nå igangsatt og dette arbeidet er nærmere beskrevet nedenfor i kapittel 3.2.3.

Selv om prognosekvaliteten sesongen 2012 – 2013 var lavere for svevestøv enn for NO<sub>2</sub>, må det understrekes at PM-prognosene likevel kunne nyttiggjøres i varslings sammenheng. Sammen med bruk av tilgjengelig tilleggsinformasjon, som f.eks. informasjon om tid og sted for planlagt støvdempingstiltak, tilgang på subjektiv tolkning av de meteorologiske

prognosene fra vakthavende meteorolog, lokalkunnskap om snø/is-forhold langs hovedveinettet, og tilgang til de siste dagenes observasjonsnivå, kunne prognosene benyttes til å gi kvalifiserte varsler for de forventede svevestøvnivåene.

Evalueringsarbeidet viste også at kvaliteten av luftkvalitetsprognosen holdt seg gjennom hele prognoseperioden. Resultatene ble evaluert separat for ”Dag 1”- (dvs. 0 – 24 timer) og ”Dag 2”- (dvs. 24 – 48 timer) prognosene, og viste kun en svak endring (om noen) i de beregnede statistiske måltallene. Dette er viktige kvalitetsegenskaper med tanke på bruk av prognosene i tiltaksøyemed.

Evalueringsarbeidet viste også at prognosekvaliteten var dårligst i Stavanger. For å bedre prognosene for denne byen er det trolig behov for en grundig gjennomgang av hele modelloppsettet. En spesialstudie bør gjennomføres, med uttesting mot et utvidet testdatasett av både meteorologi- og luftkvalitetsobservasjoner.

### **3. Endringer i varslingsystemet for sesongen 2013 – 2014**

#### **3.1 Endringer i meteorologimodellen HARMONIE**

HARMONIE er under stadig utvikling og testing ved met.no. Det kommer stadig nyutviklede versjoner fra HARMONIE samarbeidsprosjektet og en god del arbeid kreves for å tilpasse nye modellversjoner til modellområdene man har behov for. Norges orografi med høye fjell, smale daler og fjorder, og ikke minst en kompleks kystlinje er utfordrende for meteorologiske modeller. Det krever en del oppfølging å sørge for at all ny informasjon om bakken og dens utveksling med atmosfæren blir riktig behandlet av ligningene i den meteorologiske modellen spesielt i beregninger på fin oppløsning. Flere detaljer om HARMONIE kan finnes fra en tidligere Bedre byluft rapport, Ødegaard m fl.(2013a).

For Bedre byluft prosjektet strever man etter å bruke aller nyeste HARMONIE modellversjon til å kjøre stabilt (uten numeriske problemer) på valgt område med god oppløsning. Under forrige Bedre byluft periode, vintersesongen 2012 – 2013, ble det gjort en del eksperimenter med datidens operasjonelle modellversjon av HARMONIE, cy36, på et større område for Sør-Norge, men som man ikke fikk til å kjøre stabilt. Målet med å kjøre et større finskala modellområde for Sør-Norge i stedet for 3 separate områder er at man forventer fordeler ved at alle småskala strukturer skal få utvikle seg bedre og mer uavhengig av de grovere randbetingelsene. Med en ferskere HARMONIE versjon, cy37, har det vært mulig å få til mer stabile eksperimenter, men så har det dukket opp nye problemer for finskala kjøring med blant annet kommunikasjonen mellom nodene på tungregnemaskinen. Det arbeides med å løse disse problemene da det er ønskelig å oppgradere HARMONIE til en nyere versjon, cy37 eller cy38, hvor det blant annet er innført en mulighet for bedre beskrivelse av bakken (ECOCLIMAP-II), som viser seg å ha betydning for temperatur f.eks. langs norskekysten. HARMONIE i nyere versjon vil testes og kjøres parallelt med nåværende operasjonell versjon



for nåværende vinterperiode så fort det blir mulig slik at vi kan undersøke hva slags forbedringer man kan forvente å oppnå i Bedre byluft prognosene for neste sesong.

### **3.1.1 Oppdatering av grensesnittet mellom HARMONIE og EPISODE/AIRQUIS**

Grensesnittet som tilrettelegger data fra meteorologimodellen HARMONIE for bruk i AIRQUIS er i stadig endring for å være oppdatert i forhold til ny informasjon fra meteorologimodellen som nye parametere og vertikal oppløsning, men også for å ta i bruk nye verktøy/programmer for å forenkle prosessen med tilretteleggingen.

#### **3.1.1.1 Endring av vertikaloppløsningen i grensesnitt for EPISODE/AIRQUIS**

I forrige periode, vinteren 2012-2013 ble det valgt en mellomløsning for å unngå for stor overgang fra meteorologimodellen UM til HARMONIE hvor man tok i bruk meteorologiske felter fra vertikale modellnivåer fra HARMONIE tilsvarende modellnivåene brukt fra UM. Det ble også utført parallelle tester med bruk av de laveste 35 modellnivåene fra HARMONIE for en kortere periode nærmere beskrevet i avsnitt 3.2.1. Grensesnittet er fra og med for denne perioden, vinteren 2013-2014 oppdatert på grunnlag av de positive resultatene fra denne testperioden og leverer meteorologiske data på økt vertikalinnndeling fra HARMONIE. Effektene av denne endringen er beskrevet i avsnittene 3.2.1.1-3.2.1.3 og evaluert i forhold til gammelt grensesnitt i avsnitt 3.2.1.4.

#### **3.1.1.2 Innføring av NetCDF filformat i grensesnitt mellom HARMONIE og AIRQUIS**

Det er utviklet rutiner for å levere HARMONIE meteorologiske data på NetCDF format ved met.no. Disse rutineene må tilpasses modellversjon og utvalg av meteorologiske parametre man ønsker å ta i bruk fra meteorologimodellen for EPISODE/AIRQUIS. Det utvikles et nytt grensesnitt for denne tilretteleggingen som tar i bruk disse rutineene. I denne forbindelsen benytter vi muligheten til å vurdere og oppdatere bruk av de meteorologiske parametre som overføres i grensesnittet. Når alle detaljer er på plass er det planlagt å kjøre en periode parallelt med eksisterende grensesnitt for å få endringen testet tilstrekkelig før det innføres operasjonelt.

### **3.1.2 Rekjøring av forurensningsepisoden i januar 2010 i Bergen og Oslo**

Fra evalueringen av forrige Bedre byluft periode vinteren 2012 – 2013 kom det fram at på enkelte stasjoner viser modellen en overestimering av svak vind. Det er et mål at HARMONIE på finere skala skal kunne gi bedre prognoser lokalt i tilfeller med svak vind og sterk inversjon. I januar 2010 oppsto en ganske ekstrem forurensningssituasjon i Bergen og litt mindre ekstrem i Oslo, et typisk tilfelle hvor det er viktig at meteorologiprognosene stemmer godt med faktisk vær-situasjon. Det er kjørt tre ulike HARMONIE eksperimenter for Bergen og to for Oslo. Kort beskrivelse av de tre ulike eksperimentene:

- c36: tilsvarende HARMONIE versjon som har kjørt operasjonelt for Bedre byluft siden forrige periode vinteren 2012 – 2013.
- c37: samme HARMONIE versjon som går operasjonelt for daglige prognoser på met.no per i dag.



- c37\_z01d: samme HARMONIE versjon som over, men med parametrisering av orografisk ruhet slik at komplisert terreng får en representasjon som fører til at vinden bremses opp.

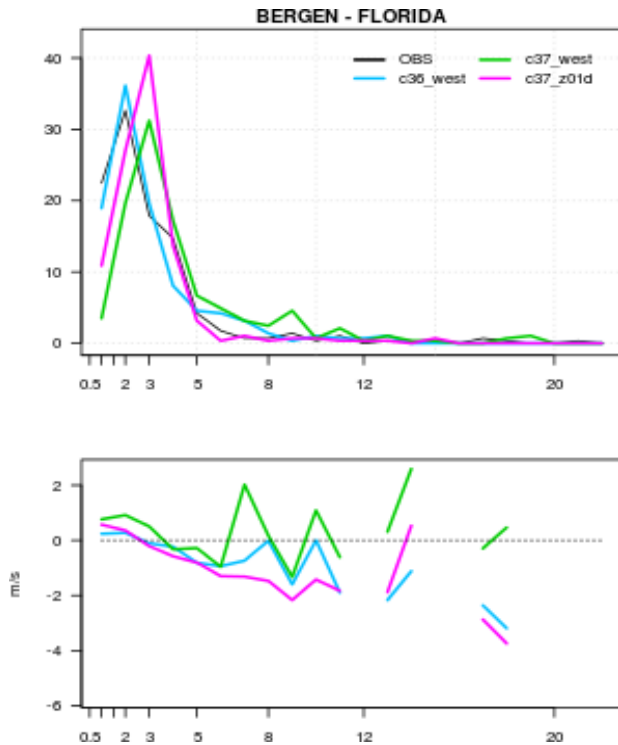
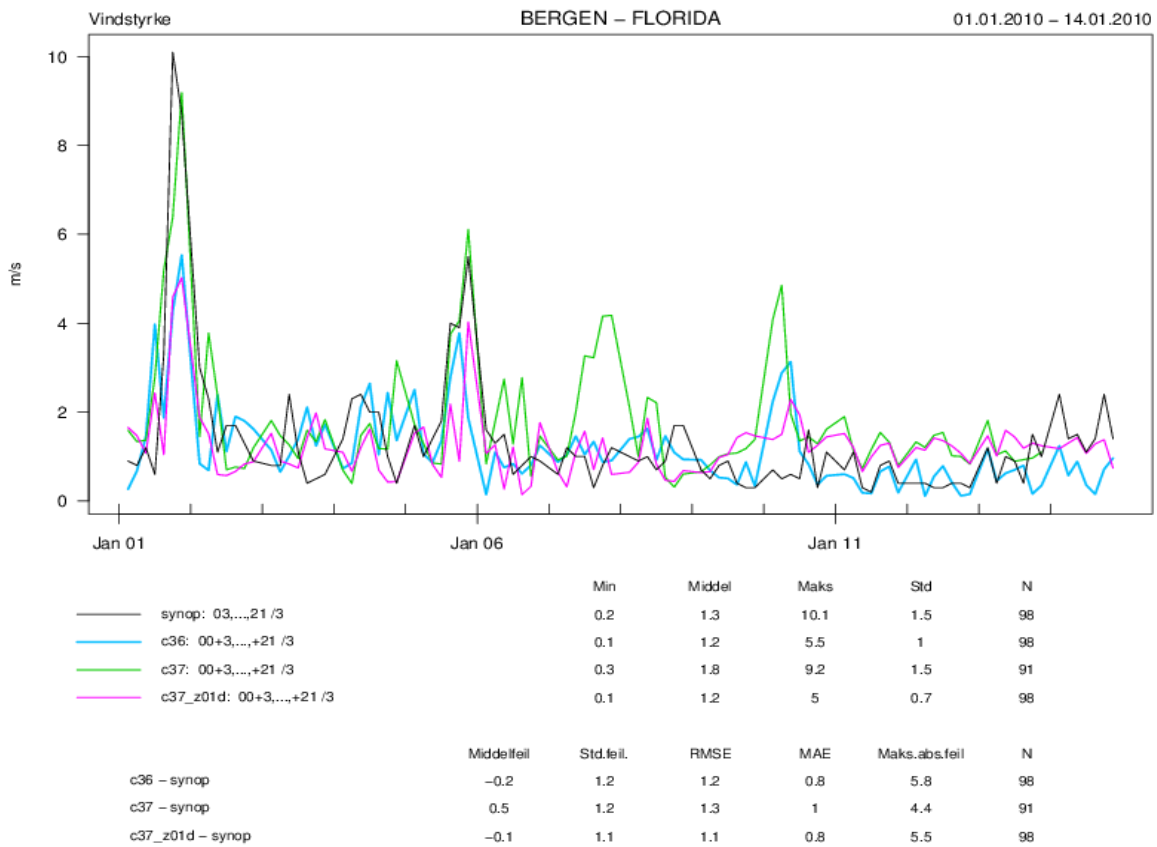
Den viktigste forskjellen i c37 sammenlignet med c36 er en nyere versjon av SURFEX (6.1), en modul innen HARMONIE systemet som beskriver utvekslingen mellom bakke og atmosfære. Men også muligheten for å bruke ECOCLIMAP-II i versjon c37 har vist seg å gi forbedrede resultater på grunnlag av erfaringer med AROME-NORWAY som har kjørt operasjonelt ved met.no for en lengre periode.

### **3.1.1.1 Resultater for perioden 01.01.2010 – 14.01.2010 i Bergen og Oslo**

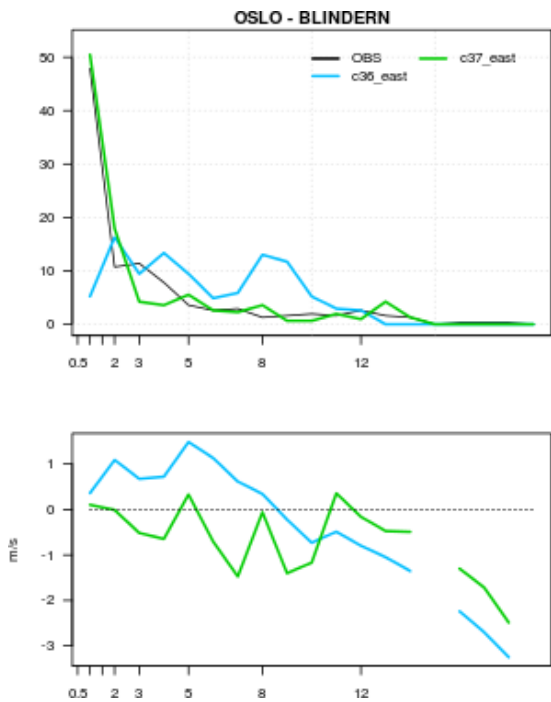
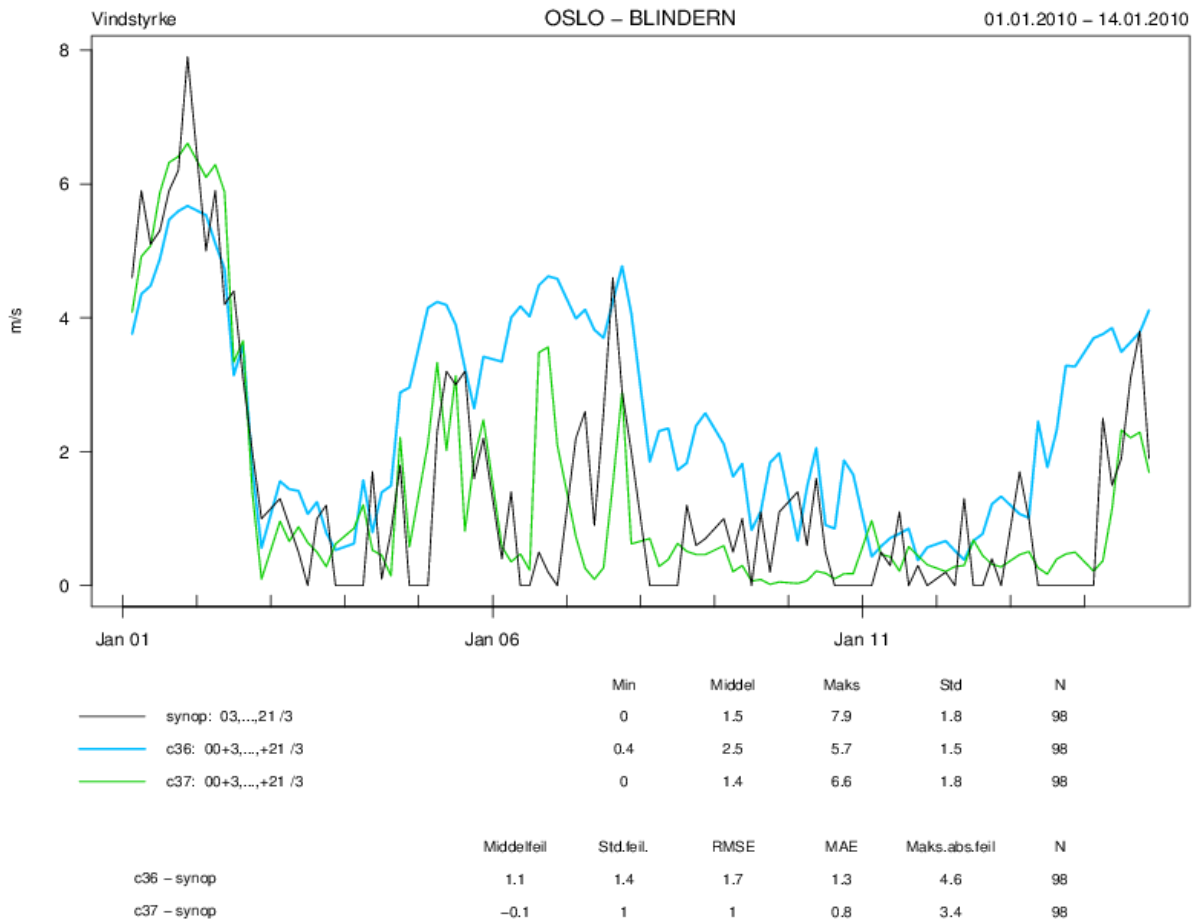
Vi viser resultater for en stasjon i Bergen, Florida og to stasjoner i Oslo, Blindern og Alna. Når vi ser på time for time verdier av vind i 10 m høyde for HARMONIE versjoner og observasjoner gir de tre stasjonene veldig ulike resultater. I Bergen i Figur 3.1.1 gir tidsseriene for c36 bedre samsvar med vindobservasjonene enn for noen av c37 eksperimentene. Frekvensfordelingen av vindtilfellene viser også at c36 treffer godt i forhold til observasjoner og bias er liten spesielt for svak vind. Men på Blindern i Oslo viser Figur 3.1.2 at c37 har en mye bedre overenskomst med observasjonene enn c36 både for tidsserien, frekvensfordelingen og bias. Og på Alna i Oslo ser vi av Figur 3.1.3 at c37 er bare så vidt bedre enn c36, en anelse bedre for de aller svakeste vindtilfellene.

Temperaturprognosene i Figur 3.1.4 viser at c37 har klart bedre kvalitet enn c36 på stasjonene i Oslo, men er kun litt bedre på stasjonen Florida i Bergen med fortsatt liten døgnlig variasjon når vi ser på tidsserier.

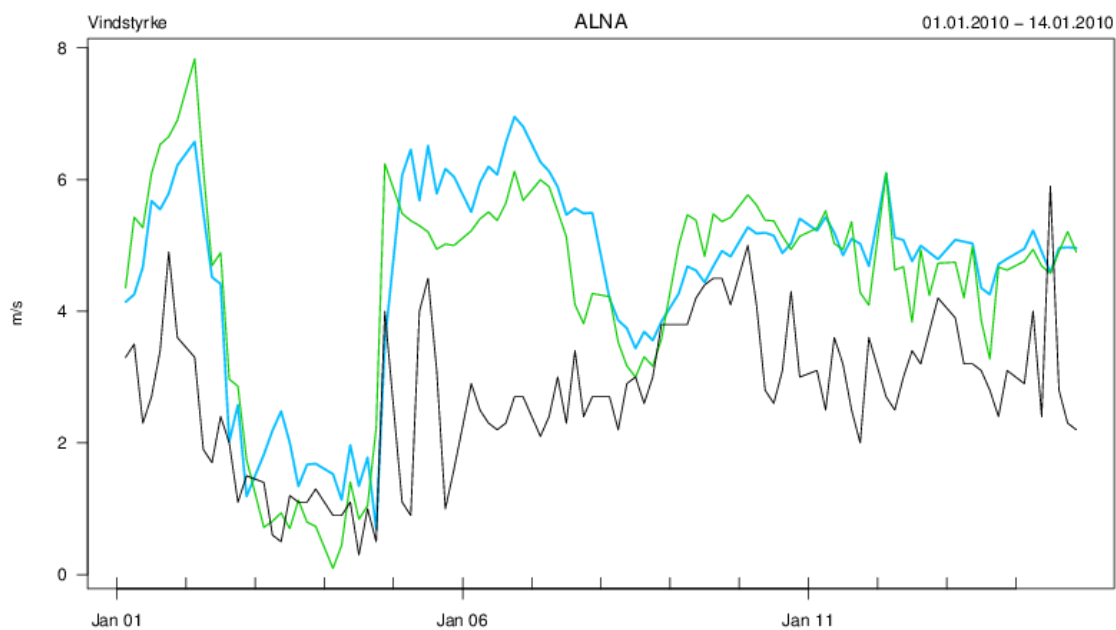
De statistiske parametre bekrefter bildet beskrevet av tidsseriene, men viser også betydningen av lokale forhold på de ulike stasjonene. Vi ser av Figur 3.1.5 at for vind på 10m høyde viser de statiske parametre at for 11 stasjoner innenfor modellområdet på Vestlandet gir C37\_z0d klart minst feil av eksperimentene gjennom den første 24 timers prognoselengden, mens for Florida i Bergen er det både C36 og C37\_z0d som varierer med laveste feil utover i prognosen. Mens i Figur 3.1.6 ser vi at for vind i 10 m høyde på Østlandet gir C37 klart laveste feil, men når man ser på flere stasjoner fordelt over Østlandet viser C37 lavere feil enn C36 for nesten alle timene i prognoselengden. For temperatur i 2m høyde vises i Figurene 3.1.7 og 3.1.8 en klar forbedring av feil for alle stasjoner både på Østlandet og Vestlandet for begge C37 og C37\_z0d eksperimentene.



Figur 3.1.1 Vind i 10m høyde på Bergen – Florida for perioden 01.01.2010 – 14.01.2010. Øverst: Observert og beregnet vindhastighet time for time. Nederst: Frekvensfordeling og bias sortert på observert vindhastighet av timesvise data for vindhastighet fra observasjoner og fra HARMONIE 1km



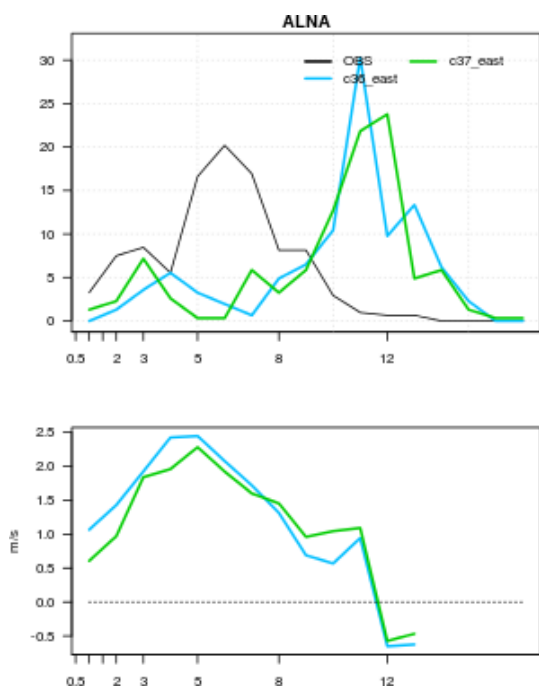
Figur 3.1.2 Vind i 10m høyde på Oslo - Blindern for perioden 01.01.2010 – 14.01.2010. Øverst: Observert og beregnet vindhastighet time for time. Nederst: Frekvensfordeling og bias sortert på observert vindhastighet av timesvise data for vindhastighet fra observasjoner og fra HARMONIE 1km.



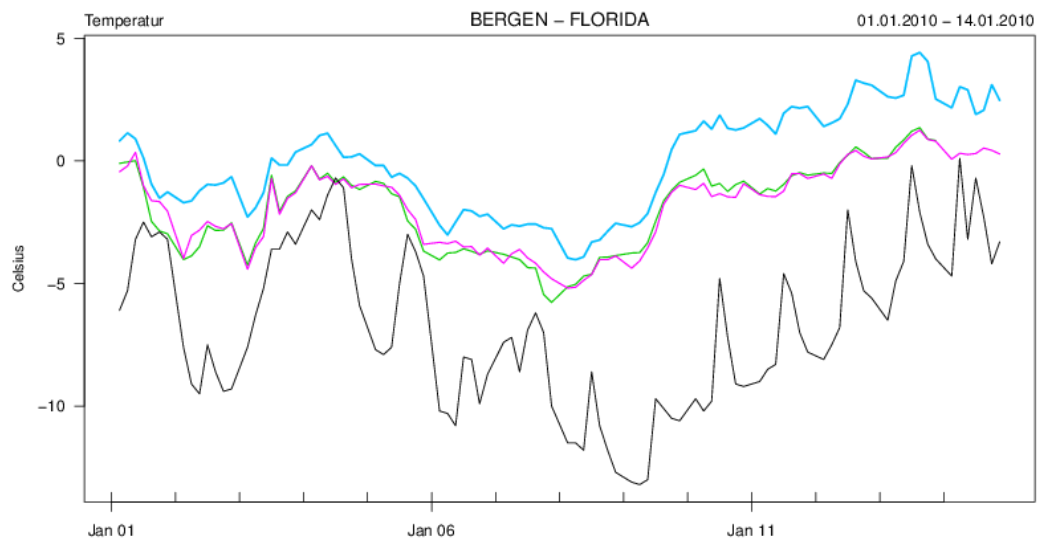
	Min	Middel	Maks	Std	N
— synop: 03,...,21 /3	0.3	2.7	5.9	1.1	98
— c36: 00+3,...+21 /3	0.7	4.6	7	1.5	98
— c37: 00+3,...+21 /3	0.1	4.4	7.8	1.7	98

	Middelfeil	Std.feil.	RMSE	MAE	Maks.abs.feil	N
c36 – synop	1.9	1.4	2.3	1.9	5.6	98
c37 – synop	1.7	1.3	2.1	1.8	4.5	98



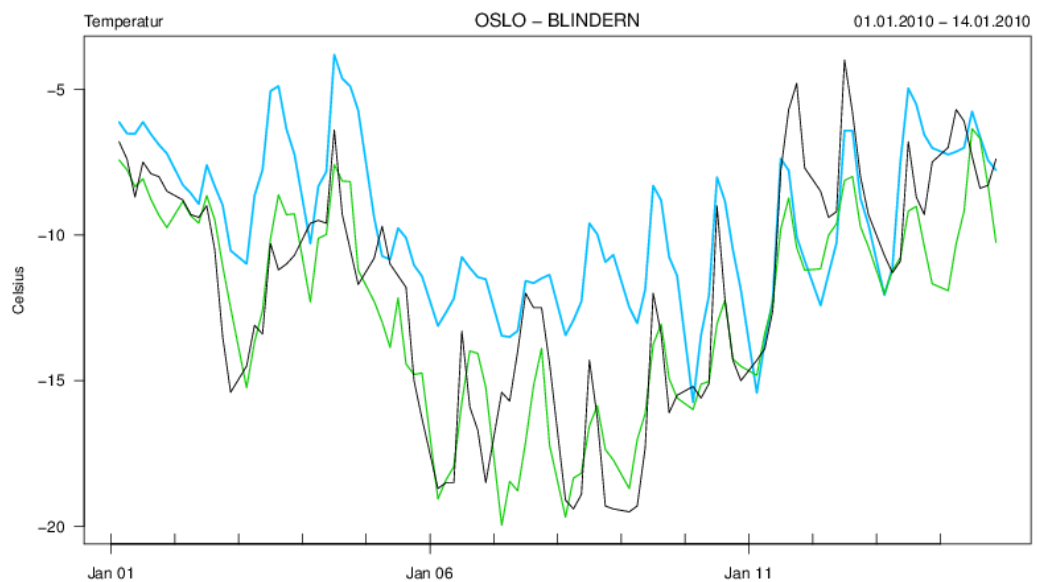
Figur 3.1.3 Vind i 10m høyde på Oslo - Alna for perioden 01.01.2010 – 14.01.2010. Øverst: Observert og beregnet vindhastighet time for time. Nederst: Frekvensfordeling og bias sortert på observert vindhastighet av timesvise data for vindhastighet fra observasjoner og fra HARMONIE 1km.



	Min	Middel	Maks	Std	N
— synop: 03,...,21 /3	-13.2	-6.6	0.1	3.3	98
— c36: 00+3,...,+21 /3	-4	0	4.4	2.1	98
— c37: 00+3,...,+21 /3	-5.8	-2	1.3	1.8	91
— c37_z01d: 00+3,...,+21 /3	-5.2	-1.8	1.2	1.7	98

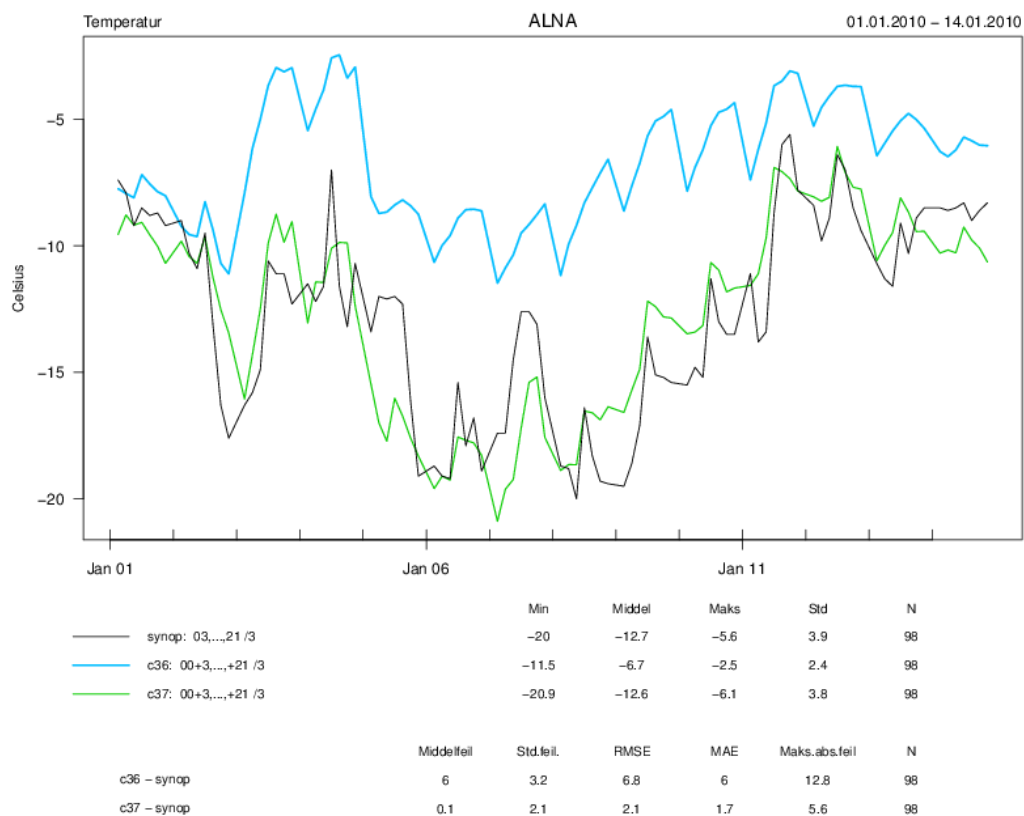
	Middelfeil	Std.feil	RMSE	MAE	Maks.abs.feil	N
c36 – synop	6.6	2.7	7.1	6.6	11.8	98
c37 – synop	5	2.7	5.6	5	9.9	91
c37_z01d – synop	4.8	2.5	5.5	4.8	9.6	98



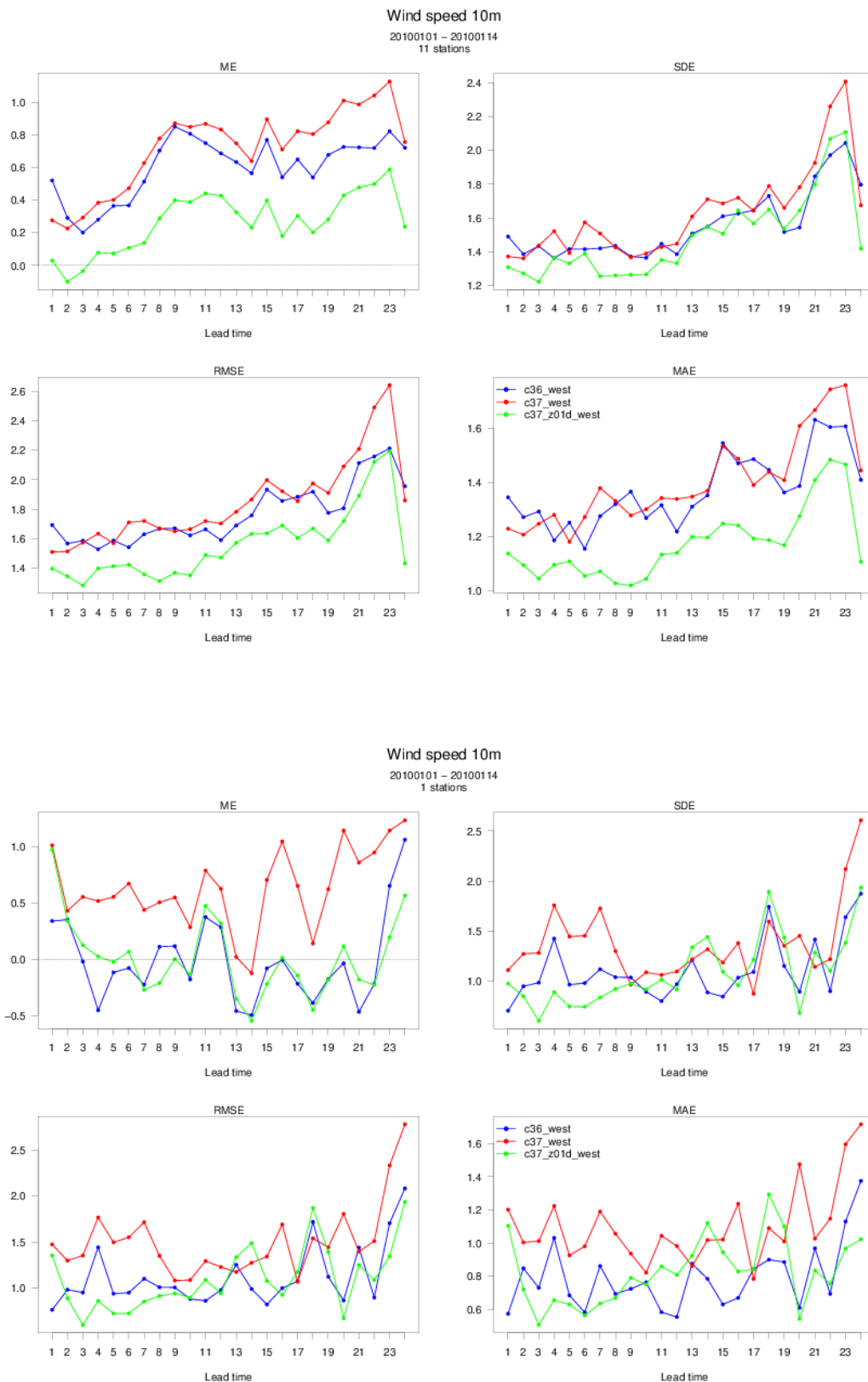
	Min	Middel	Maks	Std	N
— synop: 03,...,21 /3	-19.5	-11.8	-4	4	98
— c36: 00+3,...,+21 /3	-15.7	-9.5	-3.8	2.7	98
— c37: 00+3,...,+21 /3	-20	-12.5	-6.4	3.5	98

	Middelfeil	Std.feil	RMSE	MAE	Maks.abs.feil	N
c36 – synop	2.3	2.8	3.6	2.9	8.7	98
c37 – synop	-0.7	2	2.1	1.6	5.6	98

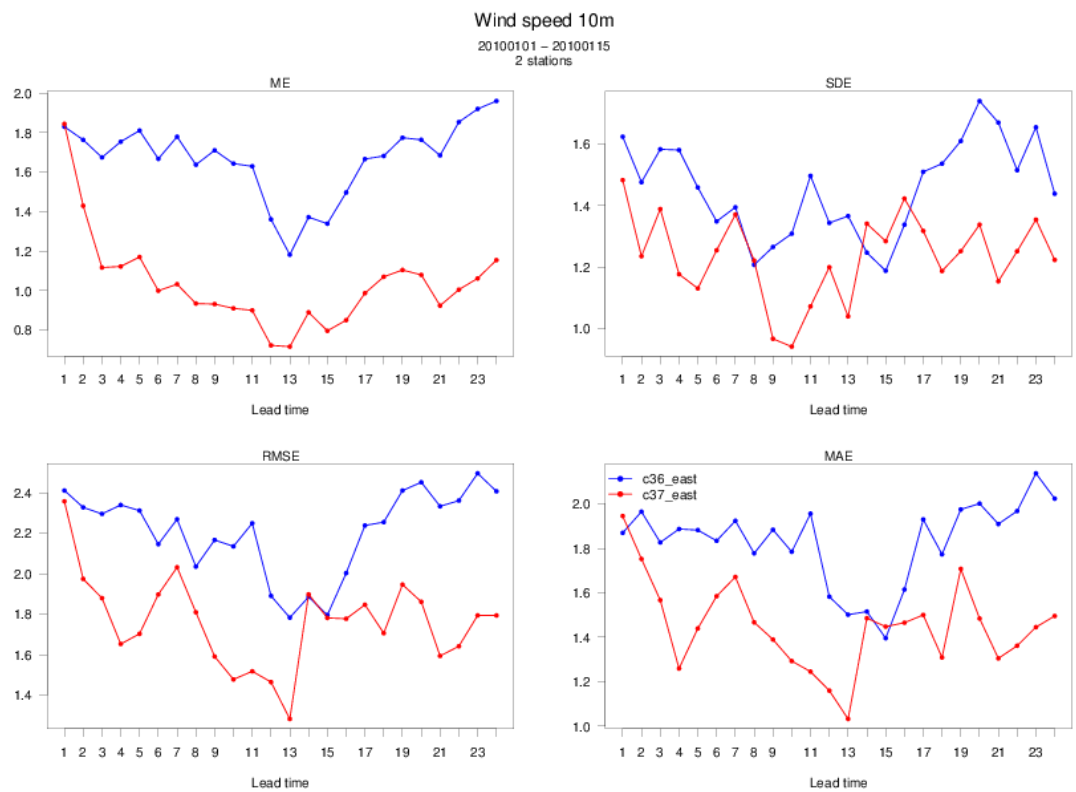
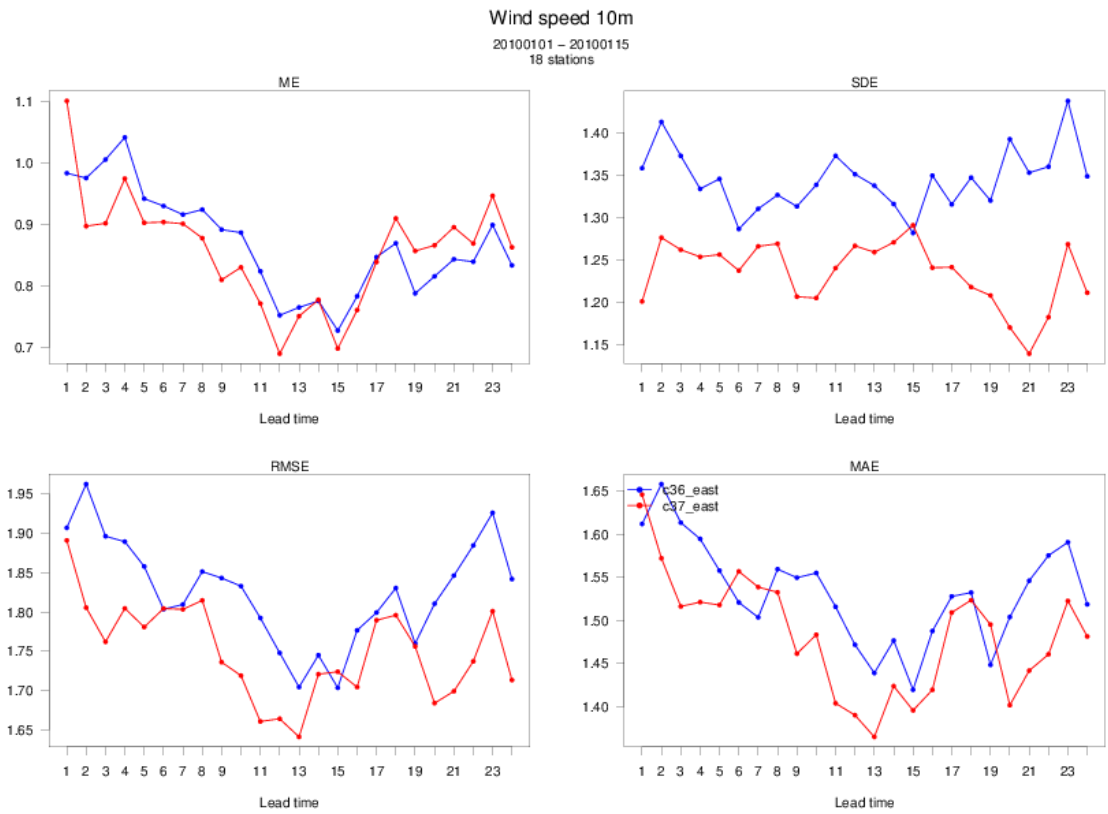


Figur 3.1.4 Temperatur på stasjonene Bergen – Florida, Oslo – Blindern og Oslo – Alna for perioden 01.01.2010 – 14.01.2010. Time for time data fra observasjoner og fra HARMONIE 1km.

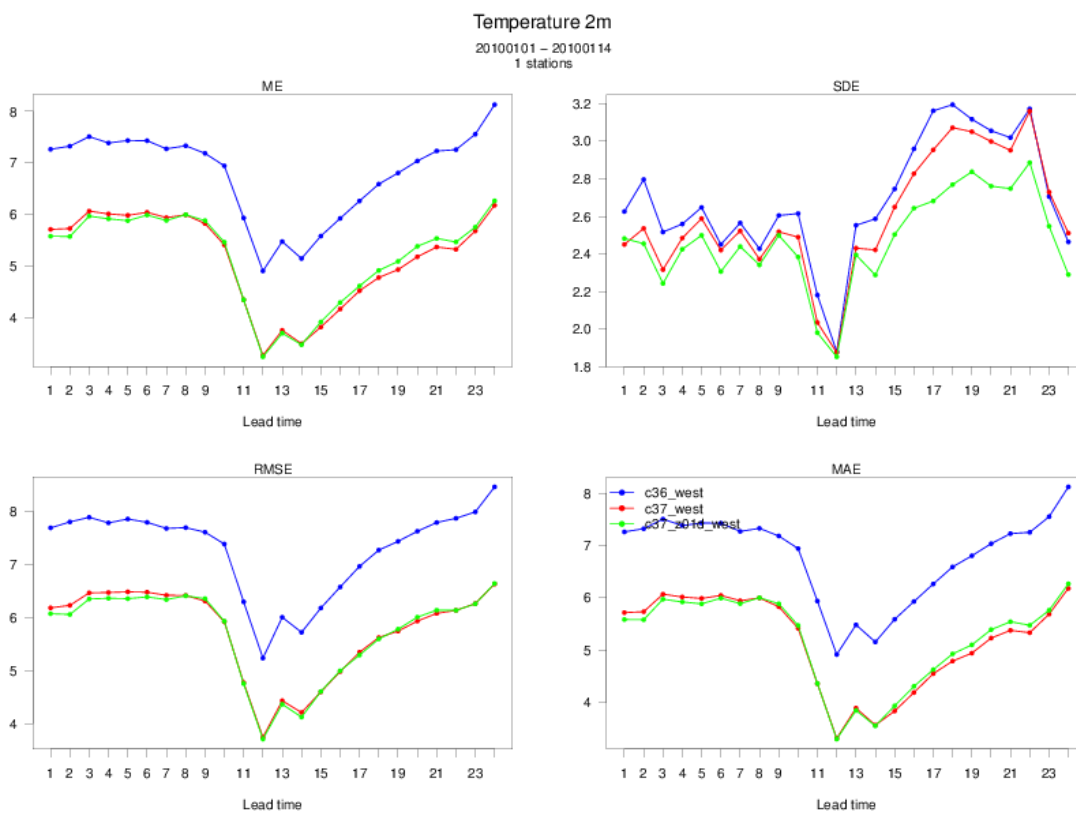
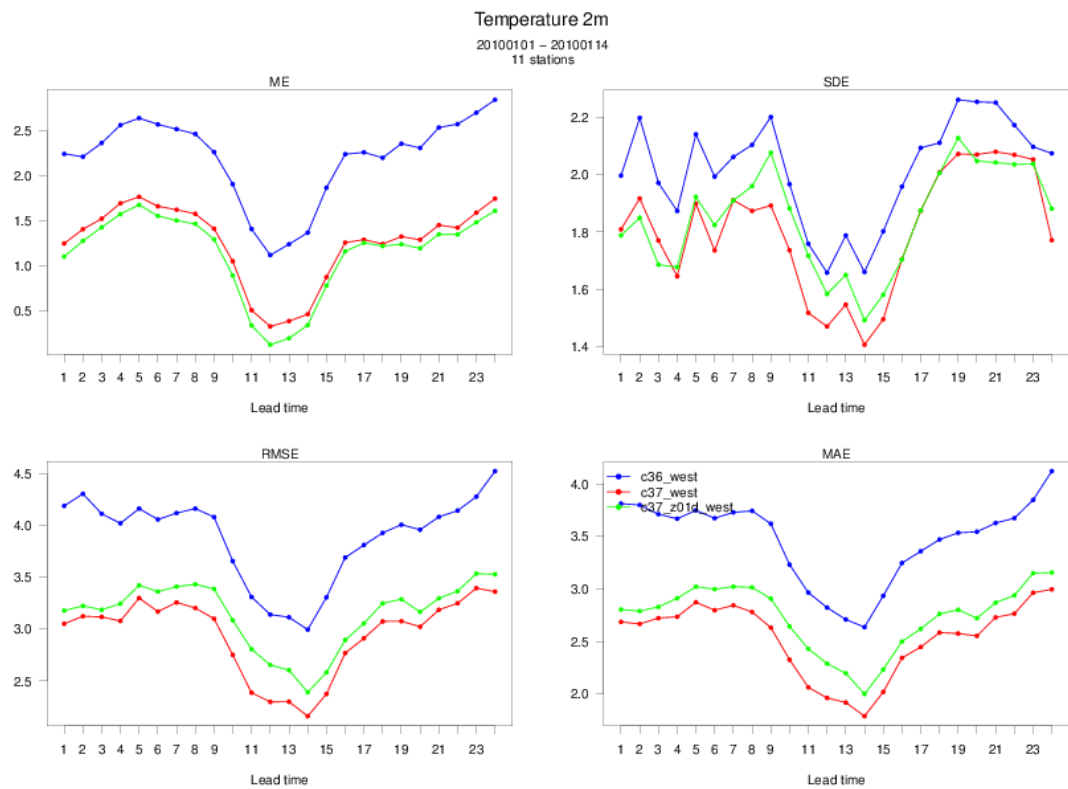


Figur 3.1.5 Middelfeil(ME), standardavvik(SDE), effektivverdi(RMSE) og mean absolute error(MAE) for vind i 10m høyde på Vestlandet (øverst) og Florida, Bergen (nederst) for første 24 timers prognoselengde.

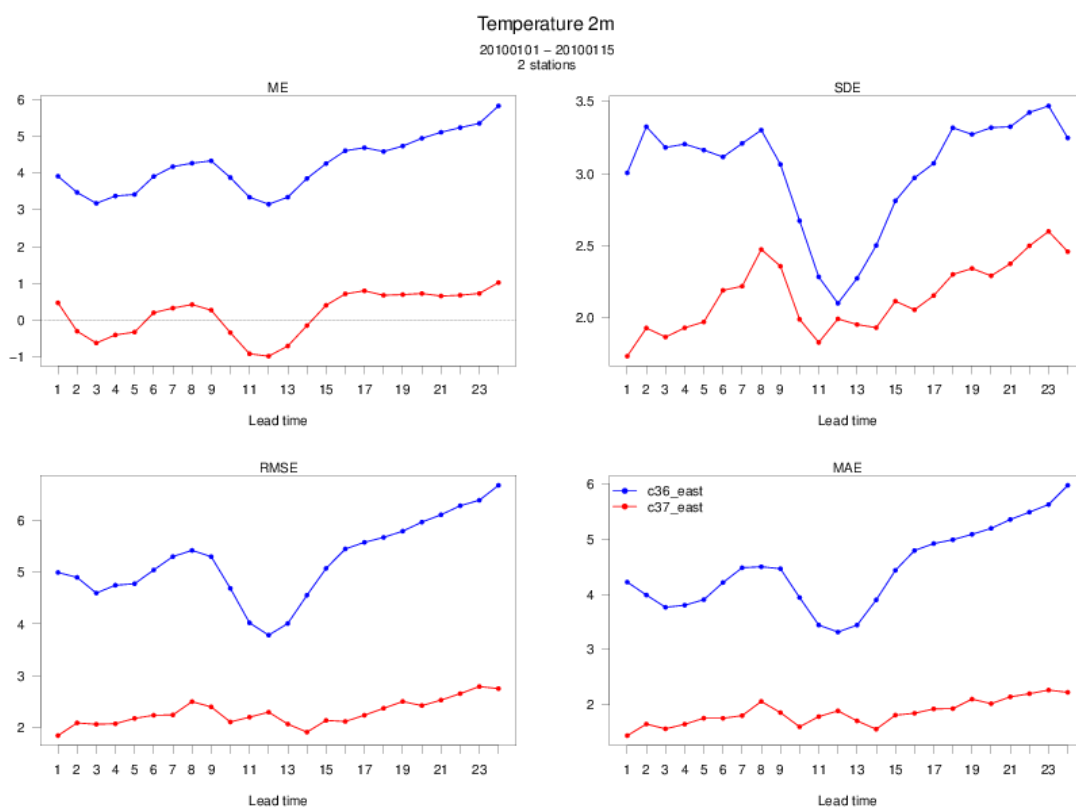
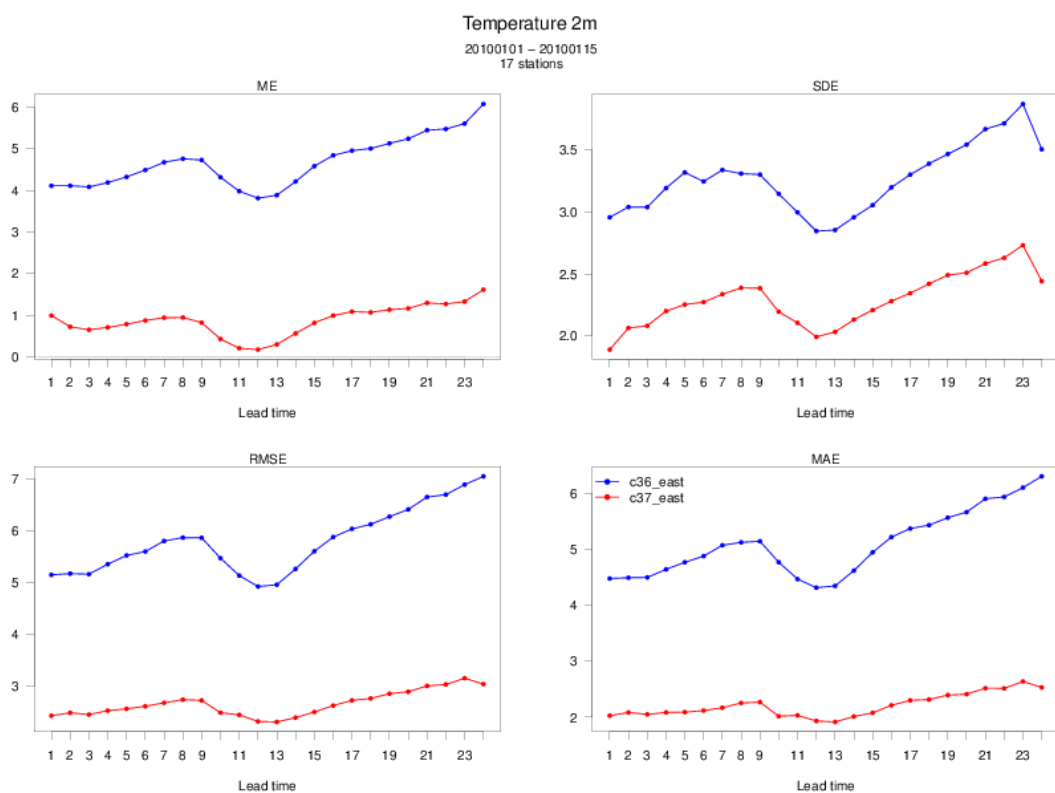




Figur 3.1.6 Middelfeil(ME), standardavvik(SDE), effektivverdi(RMSE) og mean absolute error(MAE) for vind i 10m høyde på Østlandet (øverst) og Alna og Blindern, Oslo (nederst) for første 24 timers prognoselengde.



Figur 3.1.7 Middelfeil(ME), standardavvik(SDE), effektivverdi(RMSE) og mean absolute error(MAE) for temperatur i 2m høyde på Vestlandet (øverst) og Florida, Bergen (nederst) for første 24 timers prognoselengde.



Figur 3.1.8 Middelfeil(ME), standardavvik(SDE), effektivverdi(RMSE) og mean absolute error(MAE) for temperatur i 2m høyde på Østlandet (øverst) og Alna og Blindern, Oslo (nederst) for første 24 timers prognoselengde.

## 3.2 Endringer i spredningsmodellen EPISODE/AirQUIS

I avsnittene nedenfor gis en oversikt over endringene som er gjennomført i tilknytning til luftkvalitetsprognosene i Bedre byluft systemet i løpet av 2013.

### 3.2.1 Beskrivelse av det oppdaterte grensesnittet mellom HARMONIE og EPISODE

Sist sesong, dvs. vinteren 2012 – 2013, ble Bedre byluft systemet for første gang kjørt med meteorologiske prognosedata fra HARMONIE. For å unngå for store omlegginger av systemet ble grensesnittet mot spredningsmodellen EPISODE endret i minst mulig grad i forbindelse med overgangen fra UM til HARMONIE. Dette innebar bl.a. at den vertikale gitterstrukturen i EPISODE, som var tilnærmet lik vertikalstrukturen i UM, ikke ble endret og at de meteorologiske dataene fra HARMONIE ble interpolert til UM/EPISODE nivåene.

For å kunne arbeide videre med forbedringer av prognosesystemet i framtiden, for eksempel gjennom en tettere integrering mellom HARMONIE og EPISODE, er det ønskelig å definere de to modellene med så lik vertikalinnndeling som mulig, slik at uønskede interpolasjonseffekter blir minimalisert. Før årets sesong er derfor vertikalinnndelingen i EPISODE blitt endret slik at den sammenfaller i størst mulig grad med inndelingen i HARMONIE.

Den tidligere vertikalinnndelingen i EPISODE, som var tilnærmet lik vertikalinnndelingen i UM, besto av 20 vertikale lag med følgende lagtykkelser (angitt i m.):

5, 17, 23, 30, 37, 43, 50, 57, 63, 70, 77, 83, 90, 97, 103, 110, 117, 123, 130 og 137.

Dette ga en total modellhøyde i EPISODE på 1462 m.

Den nye HARMONIE-tilpassede vertikalinnndelingen er nå økt til 35 lag med følgende lagtykkelser:

24, 24, 24, 26, 27, 28, 31, 34, 36, 40, 44, 48, 50, 57, 59, 69,  
71, 79, 87, 92, 100, 107, 118, 126, 137, 148, 158, 172, 179, 192,  
204, 214, 227, 238, 248.

Dette gir nå en total modellhøyde i EPISODE på 3528 m, dvs. mer enn en fordobling fra det tidligere oppsettet. Videre ser vi at de tre nederste lagene nå er noe tykkere enn de var i den gamle lagstrukturen.

Endringen i vertikaloppløsning, spesielt i de nederste lagene mot bakken, har imidlertid betydning for spredningsegenskapene i modellen og det har i denne forbindelse vært nødvendig å gjøre noen endringer i modellens diffusjonsskjema. Selve grensesnittet, samt arbeidet knyttet til de modellmessige endringene, er dokumentert nedenfor i avsnittene 3.2.1.1 - 3.2.1.3. En sammenlikning av luftkvalitetsprognoser med gammelt og nytt grensesnitt er deretter gjengitt i avsnitt 3.2.1.4.

### 3.2.1.1 Meteorologiske parametre som overføres fra HARMONIE til EPISODE/AirQUIS

De meteorologiske parametrene som overføres fra HARMONIE til EPISODE/AirQUIS via det nye grensesnittet er gjengitt nedenfor i tabell 3.2.1.

Tabell 3.2.1: Parametrene som overføres fra HARMONIE til EPISODE/AirQUIS

<b>Bakke data uten tidsvariasjon</b> (2D felt)	1) Topografi (m) 2) Overflateruhet (m), (antatt som ruhet for temperatur).	$h$ $z_0$
<b>Bakke data med tidsvariasjon</b> (Timevise 2D felt)	1) Øst/vest -komponent av vertikal momentum fluks ( $N\ m^{-2}$ ) 2) Nord/sør-komponent av vertikal momentum fluks ( $N\ m^{-2}$ ) 3) Vertikal fluks av følbare varme ( $W\ m^{-2}$ ) 4) Vertikal fluks av latent varme ( $W\ m^{-2}$ ) 5) Vertikal fluks av vanndamp ( $kg\ m^{-2}s^{-1}$ ) 6) Nedbør ( $mm\ h^{-1}$ ) 7) Skydekke (0 – 1; 0 = skyfritt; 1 = helt skyet) 8) Relativ fuktighet (0 – 1) 9) Bakketemperatur ( $^{\circ}C$ ) 10) Duggpunktstemperatur ( $^{\circ}C$ ) 11) Høyden av det atmosfæriske grenselaget (m)	$\tau_{x0}$ $\tau_{y0}$ $H_0$ $E_0$ $\lambda E_0$ $Prec$ $CC$ $RH$ $T_0$ $T_d$ $h_{pbl}$
<b>Feltdata med tidsvariasjon</b> (Timevise 3D felt)	1) Høyde over havet for midtpunktet av hver gitterboks i det tredimensjonale modellgitteret (m) 2) Øst/vest-komponent av vinden ( $m\ s^{-1}$ ) 3) Nord/sør-komponent av vinden ( $m\ s^{-1}$ ) 4) Temperatur (K) 5) Trykk (mb) 6) Spesifikk fuktighet (kg vanndamp/kg fuktig luft)	$h_{gpot}$ $U$ $V$ $T$ $p$ $q$
<b>Data som benyttes til beregning av utslipp</b> (Timevise verdier fra ett punkt i modellområdet)	1) Vindstyrke i nederste modellhøyde ( $m\ s^{-1}$ ) 2) Temperatur i nederste modellhøyde ( $^{\circ}C$ ) 5) Nedbør ( $mm\ h^{-1}$ ) 6) Skydekke (0 – 1; 0 = skyfritt; 1 = helt skyet) 7) Relativ fuktighet (0 – 1) 8) Bakketemperatur ( $^{\circ}C$ ) 9) Duggpunktstemperatur ( $^{\circ}C$ )	$FF$ $T$ $Prec$ $CC$ $RH$ $T_0$ $T_d$

### 3.2.1.2 Preprosessering av HARMONIE data for anvendelse i EPISODE

Siden de vertikale høydene for 3D variablene fra HARMONIE varierer med tiden, interpoleres disse til vertikalnivåene for EPISODE (som ikke er tidsvarierende) for hver time. Fra det interpolerte horisontale vindfeltet (dvs. vindkomponentene  $U$  og  $V$ ) beregner deretter EPISODE selv vertikalhastighetene mellom modellagene ut fra det fysiske kravet om divergensfrihet, dvs.

$$\frac{\partial W}{\partial z} = -\frac{\partial U}{\partial x} - \frac{\partial V}{\partial y}$$

Dette sikrer at EPISODE benytter et massebevarende vindfelt uten kunstige sluk eller kilder.

Fra 3D-feltverdiene av temperatur ( $T$ ), trykk ( $p$ ) og spesifikk fuktighet ( $q$ ) beregnes tettheten for fuktig luft ved hjelp av tilstandslikningen:

$$\rho = \frac{p}{R_d(1+0.61q)T}$$

Her er  $R_d = 287 \text{ J kg}^{-1}\text{K}^{-1}$  den universelle gasskonstanten for tørr luft. Innføres virtuell temperatur,  $T_v \equiv (1 + 0.61q)T$  kan luftens tetthet uttrykkes ved

$$\rho = \frac{p}{R_d T_v}$$

Videre uttrykkes den potensielle temperaturen,  $\theta$ , ved

$$\theta = T \left( \frac{p}{p_R} \right)^{-R_d/c_p}$$

der  $c_p = 1006 \text{ J kg}^{-1}\text{K}^{-1}$  er luftens spesifikke varmekapasitet ved konstant trykk og  $p_R$  er referansetrykket ved bakken, vanligvis satt til 1000 hPa. Den virtuelle potensielle temperaturen er definert på tilsvarende måte ved relasjonen

$$\theta_v = T_v \left( \frac{p}{p_R} \right)^{-R_d/c_p}$$

Kombinasjon av uttrykkene for  $T_v$ , og  $\theta_v$  gir videre

$$\theta_v = \theta(1 + 0.61q)$$

Følgende timesvise 2D bakkefelt hentes fra HARMONIE (se Tabell 3.2. 1):

$$\text{Øst/vest-komponent av vertikal momentum fluks (N m}^{-2}\text{):} \quad \tau_{x0} = -\rho(\overline{u'w'})_0$$

$$\text{Nord/sør-komponent av vertikal momentum fluks (N m}^{-2}\text{):} \quad \tau_{y0} = -\rho(\overline{v'w'})_0$$

$$\text{Vertikal fluks av følbare varme (W m}^{-2}\text{):} \quad H_0 = \rho c_p(\overline{w'\theta'})_0$$

$$\text{Vertikal fluks av vanndamp (kg m}^{-2}\text{s}^{-1}\text{):} \quad E_0 = \rho(\overline{w'q'})_0$$

$$\text{Vertikal fluks av latent varme (W m}^{-2}\text{):} \quad \lambda E_0 = \rho\lambda(\overline{w'q'})_0$$

Parentesuttrykkene til høyre er kovarianser av de turbulente fluktuasjonene av de ulike atmosfærevariablene. Det kan vises at

$$(\overline{w'\theta_v'})_0 = (\overline{w'\theta'})_0 + 0.61 \bar{\theta} (\overline{w'q'})_0$$

og følgelig kan oppdriftsfluksen ("surface buoyancy flux") ( $\text{W m}^{-2}$ ) beregnes som

$$H_{v0} = \rho c_p (\overline{w'\theta_v'})_0 = H_0 + 0.61 c_p \bar{\theta} E_0$$

Fra uttrykkene ovenfor defineres følgende turbulensparametre som inngår i spredningsparametriseringen i EPISODE:

Friksjonshastigheten ved bakken,  $u_{*0}$ ,

$$u_{*0} = \left[ \left( \frac{\tau_{x0}}{\rho} \right)^2 + \left( \frac{\tau_{y0}}{\rho} \right)^2 \right]^{1/2} = \left[ (\overline{u'w'})_0^2 + (\overline{v'w'})_0^2 \right]^{1/2}$$

Videre defineres skaleringsparametre for termisk stabilitet, oppdrift og fuktighet ved følgende uttrykk:

$$\theta_{*0} = -(\overline{w'\theta'})_0 / u_{*0}$$

$$\theta_{v*0} = -(\overline{w'\theta'_v})_0 / u_{*0}$$

$$q_{*0} = -(\overline{w'q'})_0 / u_{*0}$$

Monin-Obukhov lengden, kan dermed uttrykkes ved:

$$L = \frac{u_{*0}^2 \bar{\theta}_v}{\kappa g \theta_{v*0}}$$

der  $\kappa = 0.4$  er von Karman's konstant og  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$  er gravitasjonskonstanten. Under ustabile forhold benyttes en egen hastighetsskala,  $w_*$ , definert ved

$$w_* = \left( -\frac{g}{\theta_v} u_* \theta_{v*0} h_{pbl} \right)^{1/3} \quad (3.2.1)$$

I uttrykket for  $w_*$  inngår høyden av det planetære grenselaget,  $h_{pbl}$ . Dette er en grenselagsvariabel som beregnes i HARMONIE og som overføres til EPISODE som timevise 2D felt.

For en nærmere beskrivelse av grenselagsteorien som ligger til grunn for uttrykkene ovenfor henvises leseren til Garratt (1992).

### 3.2.1.3 Beskrivelse av endret spredningsparametrisering i EPISODE

#### *Turbulent diffusjon i den Eulerske gittermodellen*

I den Eulerske gittermodellen i EPISODE beskrives den turbulente utvekslingen mellom modellrutene ved bruk av turbulente diffusjonskoeffisienter (lokal  $K$ -teori), dvs. at den turbulente diffusjonen i spredningslikningen er uttrykt ved



$$\frac{\partial}{\partial x} \left( K^{(H)} \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K^{(H)} \frac{\partial c}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K^{(Z)} \frac{\partial c}{\partial z} \right) \quad (3.2.2)$$

Den horisontale diffusjonen [de to første leddene i likning (3.2.2)] antas lik i x- og y-retning, og er i første rekke inkludert for å dempe småskala numerisk støy i beregningene og er av liten betydning for de beregnede konsentrasjonsnivåene.

Den turbulente diffusjonen i vertikalretningen [siste ledd i likning (3.2.2)] er imidlertid av større betydning, og vil i mange situasjoner være bestemmende for forurensningsnivåene. Den vertikale diffusjonskoeffisienten,  $K^{(Z)}$ , er definert som en sum av to separate bidrag

$$K^{(Z)} = K^* + K_0, \quad (3.2.3)$$

der  $K^{(*)}$  er en standard parametrisering basert på stabilitetsforholdene og  $K_0$  er et lite tilleggsbidrag, som representerer en nødvendig minimumsverdi. Foreløpig benyttes en konstantverdi for  $K_0$  på  $0.1 \text{ m}^2/\text{s}$ .

I tidligere sesonger har den stabilitetsavhengige turbulente diffusiviteten,  $K^*$ , blitt parametrisert på følgende måte:

$$\text{Nøytrale forhold, } |L| > u_*/4|f| : \quad K^* = \kappa u_* z \cdot \exp\left(-\frac{8fz}{u_*}\right)$$

$$\text{Stabile forhold, } 0 < L \leq u_*/4|f| : \quad K^* = \frac{\kappa u_* z}{0.74 + 4.7(z/L)} \cdot \exp\left(-\frac{8fz}{u_*}\right)$$

$$\text{Ustabile forhold, } -u_*/4|f| < L < 0 :$$

$$\frac{K^*}{w_* h} = \begin{cases} 2.5 \left(\kappa \frac{z}{h}\right)^{4/3} \left(1 - 15 \frac{z}{L}\right)^{1/4}; & 0 \leq \frac{z}{h} < 0.05 \\ 0.021 + 0.408 \left(\frac{z}{h}\right) + 1.352 \left(\frac{z}{h}\right)^2 - 4.096 \left(\frac{z}{h}\right)^3 + 2.560 \left(\frac{z}{h}\right)^4; & 0.05 \leq \frac{z}{h} \leq 0.06 \\ 0.2 \cdot \exp\left[6 - 10 \frac{z}{h}\right]; & 0.6 < \frac{z}{h} \leq 1.1 \\ 0.0013; & 1.1 < \frac{z}{h} \end{cases}$$

der  $f$  er Coriolis-parameteren,  $h = h_{pbl}$  er høyden av det atmosfæriske grenselaget. De øvrige parametrene som inngår er definert ovenfor i avsnitt 3.2.1.2.

Tester som er utført i år i forbindelse med overgangen til det nye grensesnittet mellom HARMONIE og EPISODE, har vist at vi oppnår noe bedre modellmessig samsvar med observasjoner ved å endre parametriseringen av  $K^*$ , og isteden ta i bruk et av parametriseringsskjemaene som benyttes i spredningsmodellen CMAQ (EPA/60/R-99/030). Dette skjemaet definerer  $K^*$  som:

$$K^*(z_{k+1/2}) = \frac{1}{z_{k+1} - z_k} \int_{z_k}^{z_{k+1}} K dz \quad (3.2.4)$$

Integralgrensene  $z_k$  og  $z_{k+1}$  angir høyden av midtpunktet i lag  $k$  og lag  $k+1$  i modellen, og likning (3.2.4) beskriver derved  $K^*$  som et vektet middel av  $K$  på skilleflaten mellom de to lagene. Integranden  $K$  er videre definert på følgende måte:

For  $z < 0.1h_{pbl}$  (dvs. innfor bakkelaget):

$$K = \frac{ku_*z}{\varphi_h(z/L)}$$

der funksjonen  $\varphi_h(z/L)$  avhenger av stabilitetsforholdene.

$$\text{Sterkt stabilt } (z/L \geq 1) : \quad \varphi_h(z/L) = Pr_0 \left( \beta_h + \frac{z}{L} \right) \quad (3.2.5)$$

$$\text{Stabilt } (0 \leq z/L < 1) : \quad \varphi_h(z/L) = Pr_0 \left( 1 + \beta_h \frac{z}{L} \right) \quad (3.2.6)$$

$$\text{Ustabilt } (z/L < 0) : \quad \varphi_h(z/L) = \left( 1 - \gamma_h \frac{z}{L} \right)^{-1/2}$$

der  $Pr_0=1.0$ ,  $\beta_h=4.7$  og  $\gamma_h=15.0$  er empiriske konstanter.

For  $0.1h_{pbl} \leq z \leq h_{pbl}$  (Over bakkelaget, men under det atmosfæriske grenselaget):

$$\text{Stabilt } (z/L \geq 0) : \quad K = \frac{ku_*z(1-z/h_{pbl})^{3/2}}{\varphi_h(z/L)}$$

der funksjonen  $\varphi_h(z/L)$  igjen er gitt ved (3.2.5) eller (3.2.6) avhengig av stabilitetsgraden.

$$\text{Ustabilt } (z/L < 0) : \quad K = kw_*z \left( 1 - \frac{z}{h_{pbl}} \right)$$

der hastighetsskalaen  $w^*$  er gitt ved likning (3.2.1).

For  $z > h_{pbl}$  settes både  $K=0$  og  $K_0 = 0$ , og fra likning (3.2.3) gir dette:  $K^{(z)} = 0$ .

### 3.2.1.4 Sammenlikning av prognosekvalitet med gammelt og nytt grensesnitt

I forbindelse med utviklingen av det nye grensesnittet er det utført en rekke testsimuleringer der sammenlikning mot det tidligere systemet er blitt gjennomført. Vi vil i dette avsnittet vise noen av testresultatene for å dokumentere at det nye grensesnittet fungerer tilfredsstillende og for å illustrere grensesnittets betydning.

Testsimuleringene er utført for Oslo for perioden f.o.m. 28. februar – t.o.m. 31. mars 2013. Denne perioden er valgt for å kunne teste systemet modellsystemet både under vinterforhold og samtidig for en periode med betydelig bidrag fra oppvirket veistøv. En annen grunn til å

velge denne testperioden var at vi hadde tilgang til lagrede regionale randverdier fra det Europeiske samarbeidsprosjektet MACC (<http://www.gmes-atmosphere.eu>), noe som også muliggjorde sammenlikninger mot nytt prognosesystem (dvs. nytt grensesnitt) med bruk av 3-dimensjonale randfelt. Vi kommer tilbake til disse testene nedenfor i kapittel 3.2.2.

I Tabell 3.2.2 vises de statistiske måltallene for NO<sub>2</sub>-prognosene som ble beregnet med det gamle grensesnittet som ble benyttet operasjonelt sesongen 2012 - 2013. De tilsvarende statistiske måltallene med det nye grensesnittet er vist i Tabell 3.2.3.

Måltallene som presenteres er:

1. Aritmetisk middelværdi for observasjonene for hele beregningsperioden,  $\bar{C}_O$ .
2. Aritmetisk middelværdi for prognoseverdiene,  $\bar{C}_P$  i selve målepunktet.
3. Relativ prosentvis bias, beregnet som:  $\frac{\bar{C}_P - \bar{C}_O}{\bar{C}_O} \cdot 100$
4. 99.5 prosentilverdi av observasjonene (dvs. ca. 4 høyeste timesverdi for testperioden).
5. 99.5 prosentilverdi av prognoseverdiene.
6. Korrelasjonskoeffisienten mellom observasjon og prognoseverdi for testperioden.

Den relative prosentvise bias angir graden av over- eller underestimering av middelnivåene. En positiv verdi betyr at prognoseverdiene i gjennomsnitt er høyere enn observasjonene (overestimering), mens negative verdien angir at prognosen i middel er for lav. 99.5 prosentilen er blitt benyttet istedenfor maksimumsverdien for å si noe om prognosemodellens evne til å komme opp på de høyeste observerte nivåene. Bruk av maksimal timesverdi vil i stor grad gjenspeile observerte spikerverdier som skyldes spesielle lokale forhold som ikke kan forventes beskrevet i prognose-modellen. Korrelasjonskoeffisienten sier noe om hvor god tidsmessig (lineær) samvariasjon det er mellom observasjons- og prognoseverdiene. I tillegg er middelværdien av det statistiske måltallet for alle stasjonene gjengitt nederst i tabellen.

Siden prognosemodellen hver natt kjøres to døgn fram i tid foreligger det to prognoseverdier for hver observasjonstime; dvs. verdier fra dagens prognose for det første døgnet (timene 0 – 24) og verdier fra gårsdagens prognose for det andre døgnet (timene 24 – 48). I årets evalueringsrapport ble det vist at prognosekvaliteten i liten grad ble forringet utover i prognoseperioden, og vi har derfor begrenset sammenlikningen nedenfor til prognosene for det første døgnet.

De statistiske måltallene i tabellene (3.2.2) og (3.2.3) viser at endringen i grensesnittet har en relativt liten innflytelse på NO<sub>2</sub>-prognosene når vi betrakter gjennomsnittsverdiene for alle 10 målestasjonene. Den generelle effekten er at middelnivåene reduseres, mens de høyeste prosentilverdiene og korrelasjonskoeffisienten endres i mindre grad. Imidlertid er forskjellene mer markerte når vi sammenlikner prognoseverdiene på de enkelte stasjonene. Eksempelvis reduseres det beregnede middelnivået ved Åkebergveien fra 68.2 µg/m<sup>3</sup> til 43.8 µg/m<sup>3</sup> med henholdsvis gammelt og nytt system. På andre stasjoner, for eksempel Smestad, RV4 og Manglerud, er forskjellene mellom de to prognosesystemene mer beskjedne.

Tabell 3.2.2: Statistiske måltall for den operasjonelle NO<sub>2</sub> prognosen (dvs. gammelt grensesnitt) for Oslo for perioden: f.o.m. 28. februar – t.o.m. 31. mars 2013.

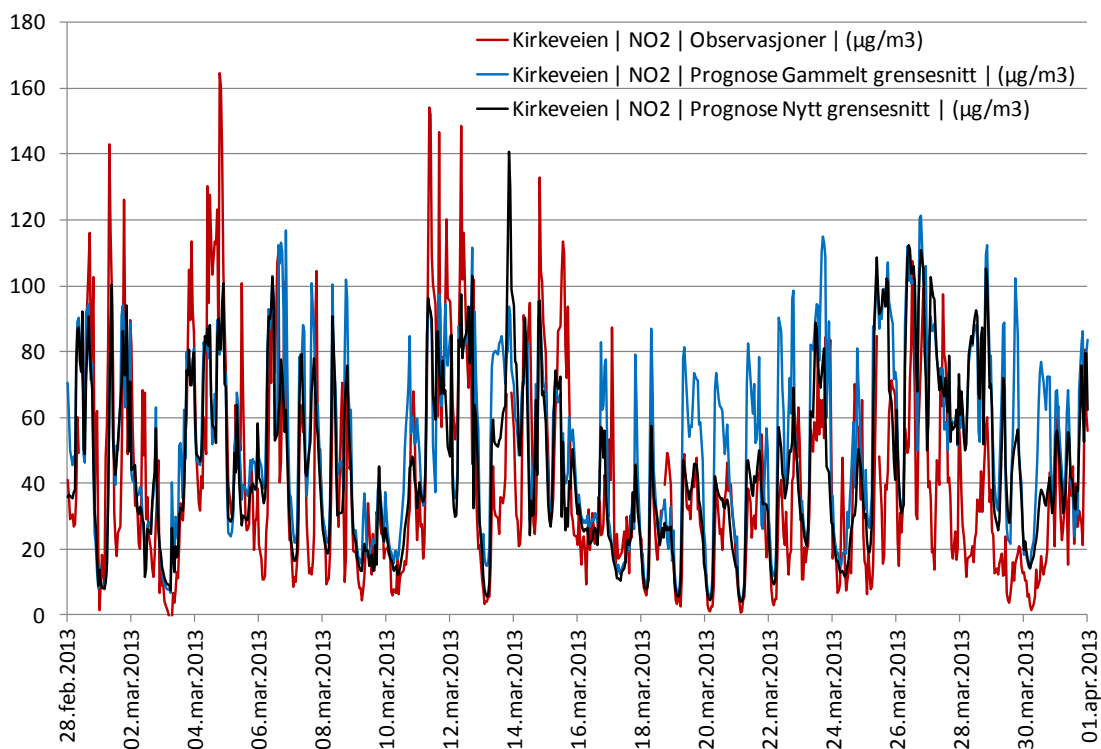
NO2 Operasjonell Prognose	Obs	Reseptor	Reseptor	Obs	Reseptor	Reseptor	Reseptor
	Middel	Middel	% Avvik	Prosentil 0.995	Prosentil 0.995	% Avvik	Korr.koef.
Åkebergveien	47.5	68.2	43.6 %	117.9	135.2	14.6 %	0.53
Alnabru	65.3	61.8	-5.3 %	158.8	124.9	-21.4 %	0.49
Bygdøy Alle	76.7	62.2	-18.9 %	173.7	134.2	-22.7 %	0.58
Hjortnes	68.3	76.8	12.6 %	171.2	180.7	5.6 %	0.52
Kirkeveien	40.6	52.9	30.4 %	149.3	113.4	-24.1 %	0.56
Manglerud	62.9	60.6	-3.7 %	197.2	142.6	-27.7 %	0.45
RV4	41.2	46.2	12.2 %	135.8	124.3	-8.5 %	0.53
Smestad	49.8	60.8	22.3 %	148.9	138.1	-7.3 %	0.59
Grønland	42.2	50.6	20.0 %	135.5	124.4	-8.2 %	0.64
E-16 Sandvika Nord	47.7	53.8	12.9 %	119.1	122.2	2.6 %	0.41
<b>Middelverdi alle stasjoner:</b>	<b>54.2</b>	<b>59.4</b>	<b>12.6 %</b>	<b>150.7</b>	<b>134.0</b>	<b>-9.7 %</b>	<b>0.53</b>

Tabell 3.2.3: Statistiske måltall for NO<sub>2</sub> prognosen for Oslo for perioden: f.o.m. 28. februar – t.o.m. 31. mars 2013 med nytt grensesnitt.

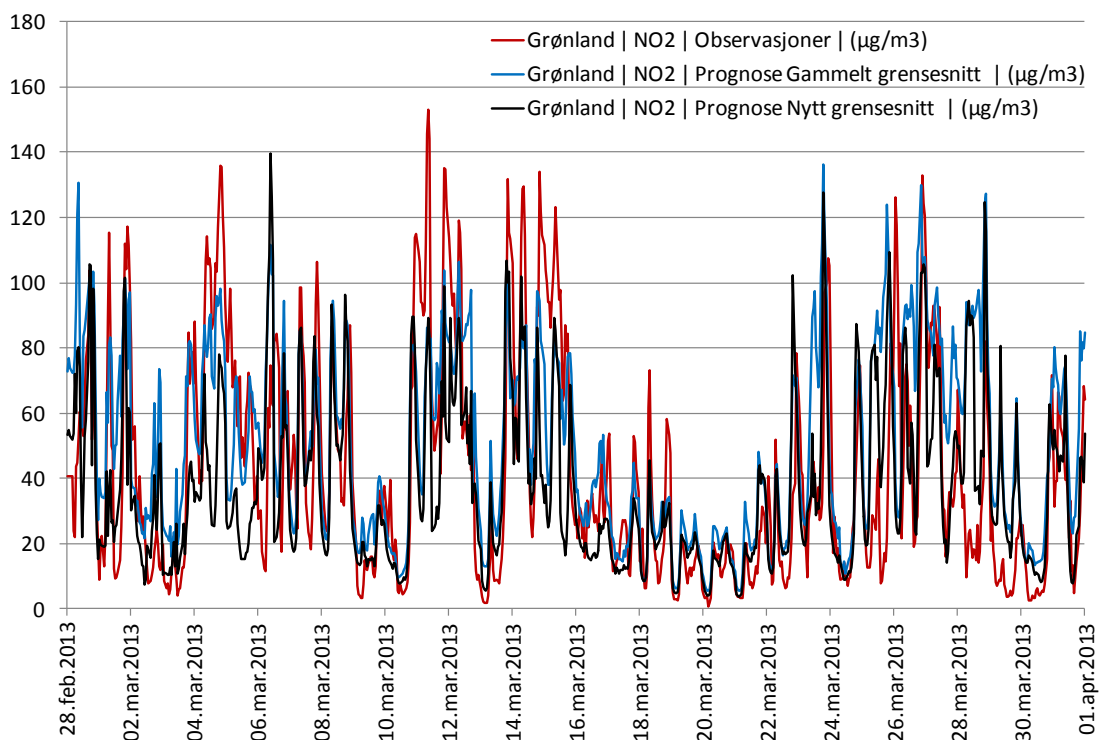
NO2 Nytt grensesnitt	Obs	Reseptor	Reseptor	Obs	Reseptor	Reseptor	Reseptor
	Middel	Middel	% Avvik	Prosentil 0.995	Prosentil 0.995	% Avvik	Korr.koef.
Åkebergveien	47.5	43.8	-7.9 %	117.9	119.9	1.7 %	0.55
Alnabru	65.3	56.5	-13.5 %	158.8	131.8	-17.0 %	0.54
Bygdøy Alle	76.7	51.0	-33.5 %	173.7	139.3	-19.8 %	0.51
Hjortnes	68.3	74.4	8.9 %	171.2	160.6	-6.1 %	0.59
Kirkeveien	40.6	45.7	12.7 %	149.3	111.3	-25.4 %	0.62
Manglerud	62.9	60.5	-3.9 %	197.2	159.4	-19.2 %	0.48
RV4	41.2	49.5	20.0 %	135.8	129.9	-4.3 %	0.56
Smestad	49.8	56.5	13.5 %	148.9	134.4	-9.7 %	0.59
Grønland	42.2	37.6	-10.9 %	135.5	117.2	-13.5 %	0.61
E-16 Sandvika Nord	47.7	47.5	-0.4 %	119.1	116.8	-2.0 %	0.45
<b>Middelverdi alle stasjoner:</b>	<b>54.2</b>	<b>52.3</b>	<b>-1.5 %</b>	<b>150.7</b>	<b>132.1</b>	<b>-11.5 %</b>	<b>0.55</b>

For å illustrere effekten av modellendringene på enkeltstasjoner vises de observerte og beregnede timesverdiene av NO<sub>2</sub> for gatestasjonen Kirkeveien i Figur 3.2.1, og for bybakgrunnstasjonen Grønland i Figur 3.2.2. Fra disse figurene ser vi at bruken av det gamle grensesnittet fører til en markert overestimering på Kirkeveien i siste halvdel av mars. I første halvdel av måneden er NO<sub>2</sub>-prognosene langt mer sammenfallende. For bybakgrunnstasjonen Grønland Figur 3.2.2, finner vi ikke igjen denne klare forskjellen mellom første og andre halvdel av beregningsperioden. Dette viser at endringen av grensesnittet lokalt fører til betydelige endringer i NO<sub>2</sub> prognosene både tidsmessig og geografisk innenfor byområdet. Med bakgrunn i de statistiske måltallene i tabellene (3.2.2) og (3.2.3) og tidsserieeksemplene bl.a. vist i figurene (3.2.1) og (3.2.2), synes det som innføringen av det nye grensesnittet fører til en marginal forbedring av prognosekvaliteten for NO<sub>2</sub>, ved at de beregnede middelnivåene synes å ligge noe nærmere de observerte nivåene, og at korrelasjonskoeffisientene gjennomgående er litt høyere på de fleste målestasjonene.

På tilsvarende måte som for NO<sub>2</sub> vises de statistiske måltallene for PM<sub>10</sub> nedenfor i Tabell 3.2.4 og Tabell 3.2.5 for henholdsvis gammelt og nytt grensesnitt. Vi ser her at det nye modellsystemet generelt fører til bedre samsvar både for middelnivå, prosentilverdier og



Figur 3.2.1 Tidsserier av observerte (rød kurve) og beregnede NO<sub>2</sub>-nivåer for gatestasjonen Kirkeveien. Beregningsverdiene vises for gammelt grensesnitt, dvs. operasjonell prognose våren 2013 (blå kurve) og for det nytviklede grensesnittet (sort kurve).



Figur 3.2.2 Tidsserier av observerte (rød kurve) og beregnede NO<sub>2</sub>-nivåer for bybakgrunnstasjonen Grønland. Beregningsverdiene vises for gammelt grensesnitt, dvs. operasjonell prognose våren 2013 (blå kurve) og for det nytviklede grensesnittet (sort kurve).

korrelasjon. Imidlertid er forskjellene relativt små, og variasjonen mellom de ulike målestasjonene betydelige. Dette gjelder spesielt for 99.5-prosentilverdiene, der de prosentvise avvikene er store. Det er også grunn til å påpeke at korrelasjonskoeffisientene gjennomgående er lave. PM<sub>10</sub>-nivåene er i denne perioden påvirket i stor grad av bidraget fra oppvirket veistøv, og de lave korrelasjonsverdiene gjenspeiler usikkerhetene knyttet til denne forurensningskilden.

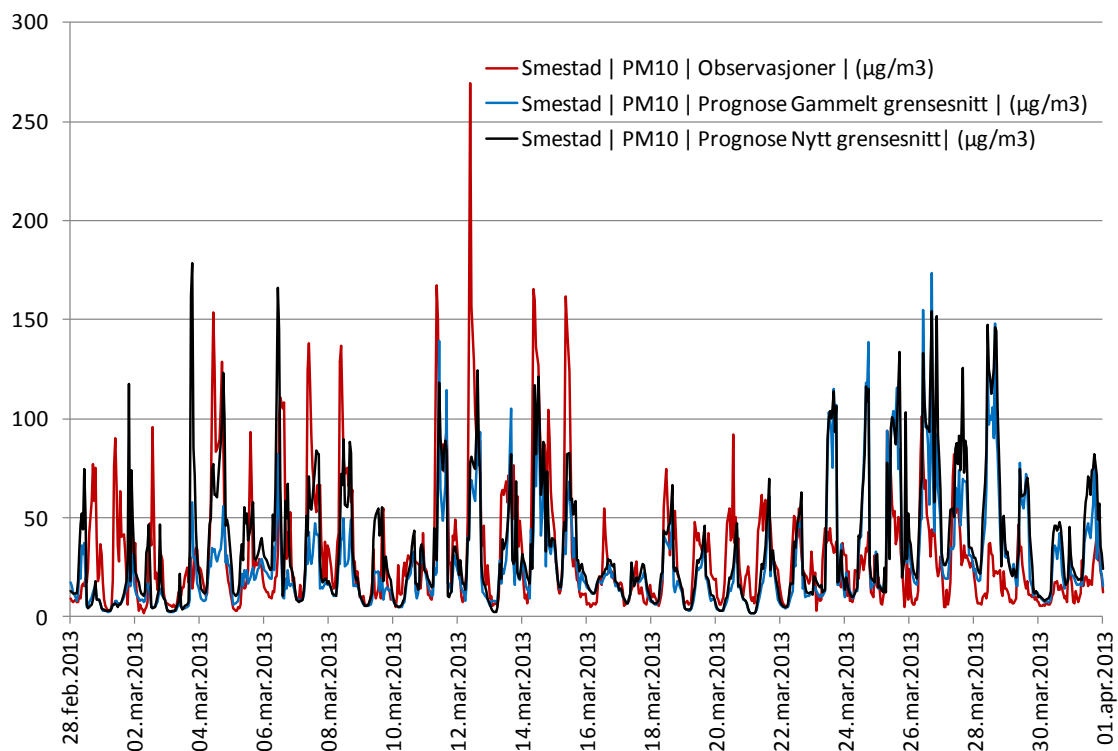
Tabell 3.2.4: Statistiske måltall for den operasjonelle PM<sub>10</sub> prognosen (dvs. gammelt grensesnitt) for Oslo for perioden: f.o.m. 28. februar – t.o.m. 31. mars 2013.

PM10 Operasjonell Prognose	Obs	Reseptor	Reseptor	Obs	Reseptor	Reseptor	Reseptor
	Middel	Middel	% Avvik	Prosentil	Prosentil	% Avvik	Korr.koef.
				<b>0.995</b>	<b>0.995</b>		
Åkebergveien	38.0	22.2	-41.5 %	197.8	98.4	-50.3 %	0.41
Alnabru	44.5	29.4	-33.8 %	258.9	135.3	-47.7 %	0.28
Bygdøy Alle	47.7	28.9	-39.5 %	165.6	158.9	-4.0 %	0.29
Hjortnes	45.2	38.0	-15.9 %	171.7	272.5	58.7 %	0.16
Kirkeveien	28.2	15.6	-44.8 %	150.7	51.1	-66.1 %	0.38
Manglerud	39.8	32.4	-18.6 %	217.6	196.8	-9.6 %	0.48
RV4	30.2	22.1	-26.8 %	191.9	99.1	-48.3 %	0.47
Smestad	31.3	27.1	-13.2 %	160.4	139.0	-13.3 %	0.41
Skøyen	23.5	28.5	21.4 %	96.7	180.0	86.2 %	0.30
SofienbergParken	24.2	14.5	-40.2 %	101.2	53.2	-47.4 %	0.41
E-16 Sandvika Nord	28.9	24.0	-16.8 %	108.7	116.3	7.0 %	0.16
<b>Middelverdi alle stasjoner:</b>	<b>34.7</b>	<b>25.7</b>	<b>-24.5 %</b>	<b>165.6</b>	<b>136.4</b>	<b>-12.3 %</b>	<b>0.34</b>

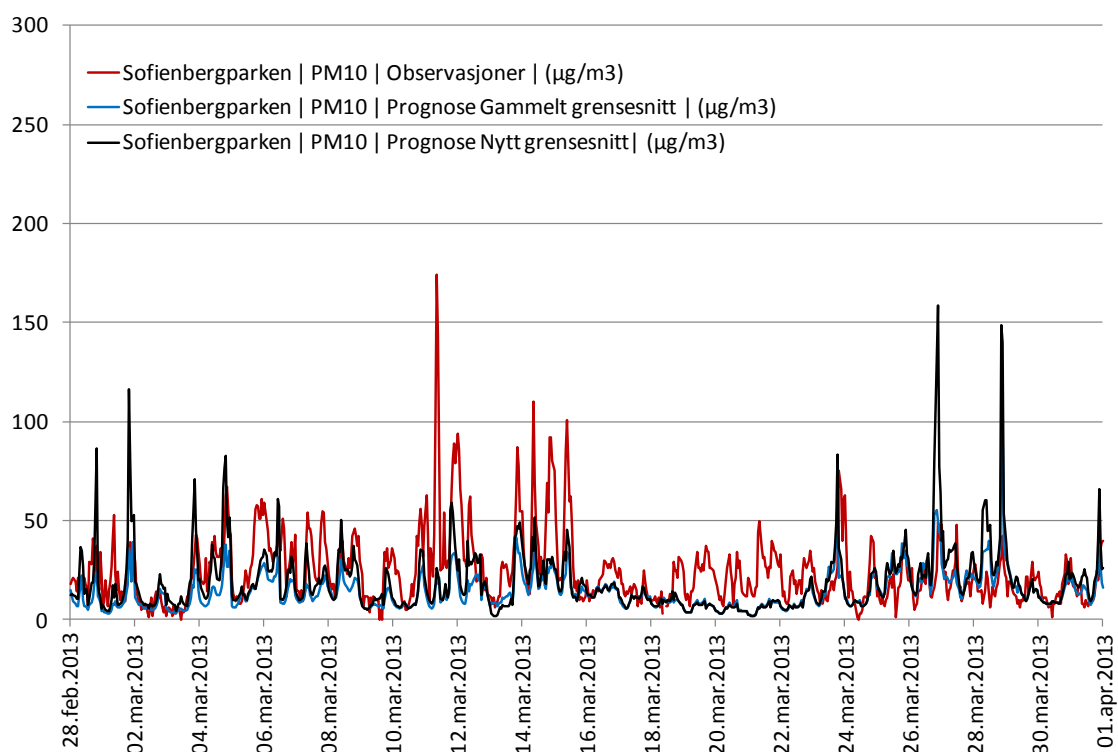
Tabell 3.2.5: Statistiske måltall for PM<sub>10</sub> prognosen for Oslo for perioden: f.o.m. 28. februar – t.o.m. 31. mars 2013 med nytt grensesnitt.

PM10 Nytt grensesnitt	Obs	Reseptor	Reseptor	Obs	Reseptor	Reseptor	Reseptor
	Middel	Middel	% Avvik	Prosentil	Prosentil	% Avvik	Korr.koef.
				<b>0.995</b>	<b>0.995</b>		
Åkebergveien	38.0	21.5	-43.3 %	197.8	110.3	-44.3 %	0.36
Alnabru	44.5	35.9	-19.2 %	258.9	177.8	-31.3 %	0.26
Bygdøy Alle	47.7	29.8	-37.5 %	165.6	170.6	3.0 %	0.27
Hjortnes	45.2	55.8	23.5 %	171.7	297.2	73.1 %	0.36
Kirkeveien	28.2	20.8	-26.3 %	150.7	71.6	-52.5 %	0.41
Manglerud	39.8	46.9	17.7 %	217.6	254.1	16.8 %	0.46
RV4	30.2	32.7	8.4 %	191.9	146.7	-23.5 %	0.43
Smestad	31.3	35.3	12.8 %	160.4	152.3	-5.0 %	0.45
Skøyen	23.5	29.9	27.6 %	96.7	160.4	65.9 %	0.37
SofienbergParken	24.2	19.1	-21.3 %	101.2	118.7	17.3 %	0.37
E-16 Sandvika Nord	28.9	29.4	1.7 %	108.7	124.0	14.1 %	0.30
<b>Middelverdi alle stasjoner:</b>	<b>34.7</b>	<b>32.5</b>	<b>-5.1 %</b>	<b>165.6</b>	<b>162.1</b>	<b>3.0 %</b>	<b>0.37</b>

Tidsserier av observerte og beregnede timesverdier av PM<sub>10</sub> vises for gatestasjonen Smestad og for bybakgrunnstasjonen Sofienbergparken i henholdsvis Figur 3.2.3 og Figur 3.2.4. Fra tidsseriene på gatestasjonen, Figur 3.2.3, ser vi at begge prognosesystemene overestimerer PM<sub>10</sub>-nivåene i siste del av beregningsperioden. I første del av perioden er prognosene stort sett for lave, men det synes som det nye grensesnittet i noe større grad klarer å fange opp de høye observerte maksimumsnivåene. På bybakgrunnstasjonen, Figur 3.2.4, fører det nye grensesnittet til litt bedre statistisk samsvar, men ingen av prognosene klarer å gjenskape de høyeste observerte nivåene i perioden 11. – 16. mars.



Figur 3.2.3 Tidsserier av observerte (rød kurve) og beregnede PM<sub>10</sub>-nivåer for gatestasjonen Smestad. Beregningsverdiene vises for gammelt grensesnitt, dvs. operasjonell prognose våren 2013 (blå kurve) og for det nytviklede grensesnittet (sort kurve).



Figur 3.2.4 Tidsserier av observerte (rød kurve) og beregnede PM<sub>10</sub>-nivåer for bybakgrunnstasjonen Sofienbergparken. Beregningsverdiene vises for gammelt grensesnitt, dvs. operasjonell prognose våren 2013 (blå kurve) og for det nytviklede grensesnittet (sort kurve).



I Tabell 3.2.6 og Tabell 3.2.7 nedenfor vises de statistiske måltallene for PM<sub>2.5</sub> for henholdsvis gammelt og nytt grensesnitt. Fra disse tabellene fremgår det tydelig at prognosene avviker betydelig fra de observerte verdiene på stasjonene Alnabru og Bygdøy Allé. Vi finner for disse stasjonene en massiv underestimering i prognosene, og korrelasjonskoeffisientene, 0.23 for Alnabru og 0.21 for Bygdøy Allé, tyder på at observasjonene enten er påvirket av lokale forhold som ikke er med i modellbeskrivelsen, eller av feil i observasjonene. For de øvrige stasjonene er samsvaret mellom observasjonene og prognoseverdiene langt bedre.

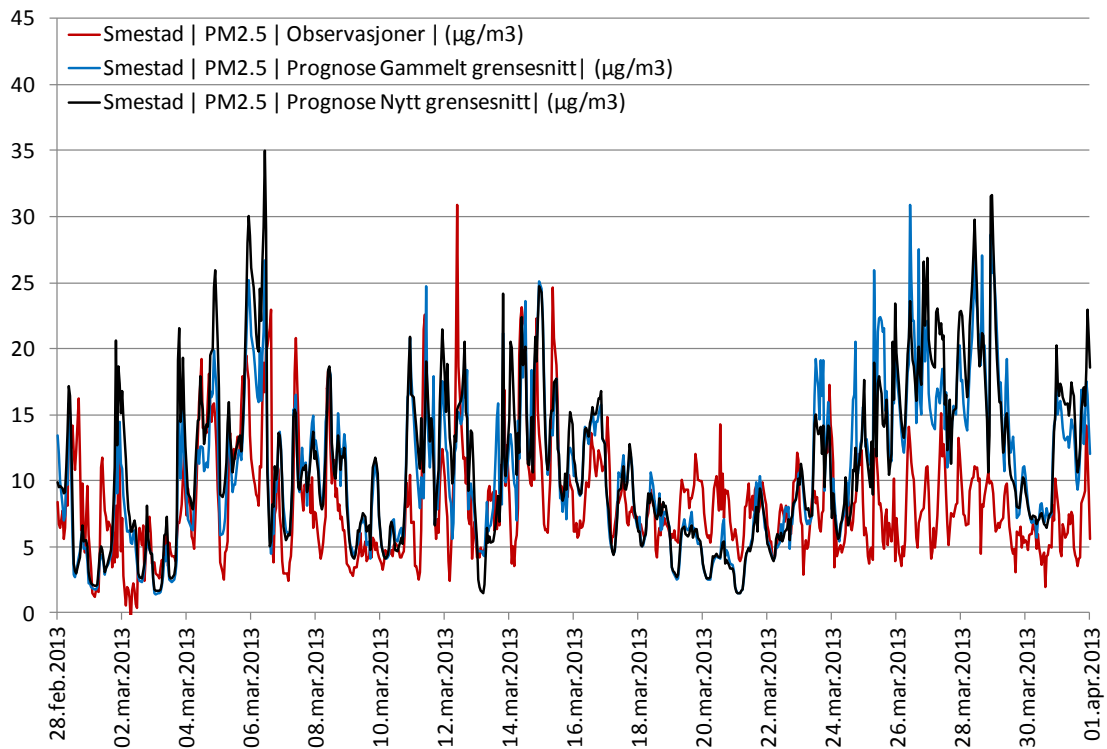
Tabell 3.2.6: Statistiske måltall for den operasjonelle PM<sub>2.5</sub> prognosen (dvs. gammelt grensesnitt) for Oslo for perioden: f.o.m. 28. februar – t.o.m. 31. mars 2013.

PM2.5 Operasjonell Prognose	Obs	Reseptor	Reseptor	Obs	Reseptor	Reseptor	Reseptor
	Middel	Middel	% Avvik	Prosentil	Prosentil	% Avvik	Korr.koef.
				<b>0.995</b>	<b>0.995</b>		
Åkebergveien	12.2	10.3	-15.6 %	44.3	25.6	-42.4 %	0.60
Alnabru	24.0	11.0	-54.4 %	172.0	26.8	-84.4 %	0.23
Bygdøy Alle	22.4	11.3	-49.5 %	78.2	30.4	-61.1 %	0.21
Hjortnes	9.3	12.5	34.5 %	24.1	42.1	74.5 %	0.39
Kirkeveien	7.7	9.7	25.1 %	22.2	29.3	32.1 %	0.49
Manglerud	9.6	11.4	19.5 %	28.5	32.1	12.6 %	0.44
RV4	7.3	10.2	39.6 %	20.4	27.7	35.8 %	0.55
Smestad	8.2	10.7	30.4 %	22.6	27.2	20.1 %	0.46
SofienbergParken	10.4	9.6	-7.3 %	38.0	27.9	-26.6 %	0.52
E-16 Sandvika Nord	12.4	10.1	-18.5 %	35.6	27.7	-22.3 %	0.35
<b>Middelverdi alle stasjoner:</b>	<b>12.3</b>	<b>10.7</b>	<b>0.4 %</b>	<b>48.6</b>	<b>29.7</b>	<b>-6.2 %</b>	<b>0.42</b>

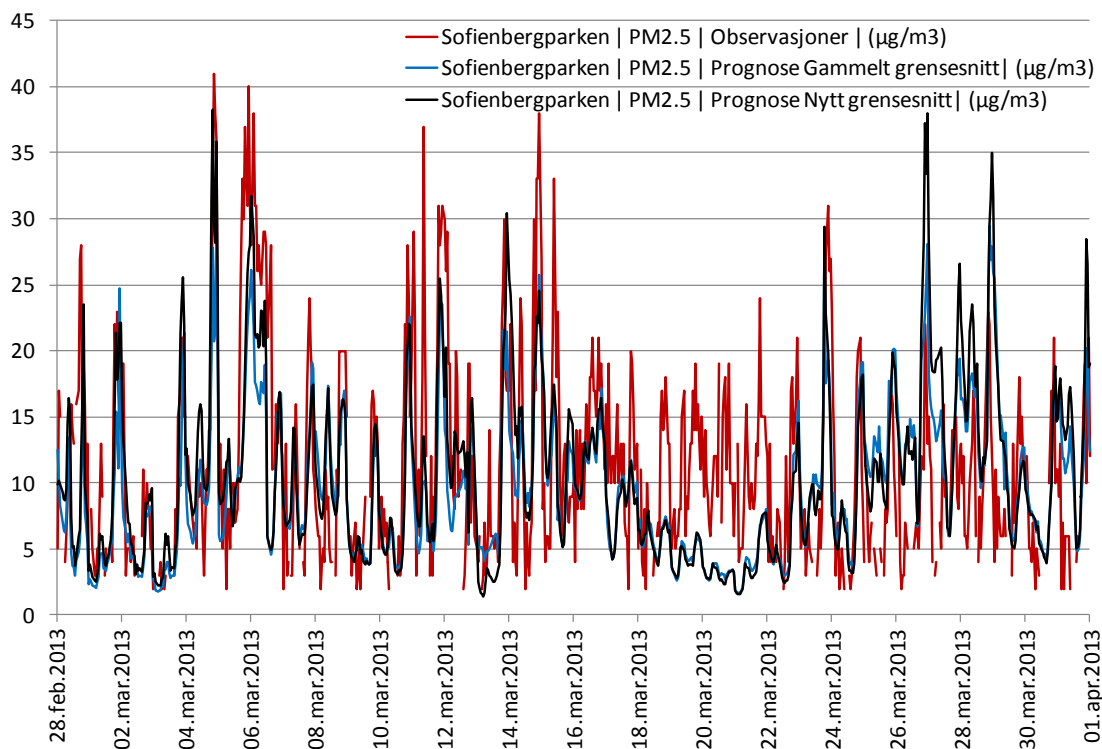
Tabell 3.2.7: Statistiske måltall for PM<sub>2.5</sub> prognosen for Oslo for perioden: f.o.m. 28. februar – t.o.m. 31. mars 2013 med nytt grensesnitt.

PM2.5 Nytt grensesnitt	Obs	Reseptor	Reseptor	Obs	Reseptor	Reseptor	Reseptor
	Middel	Middel	% Avvik	Prosentil	Prosentil	% Avvik	Korr.koef.
				<b>0.995</b>	<b>0.995</b>		
Åkebergveien	12.2	10.2	-16.5 %	44.3	30.2	-31.9 %	0.63
Alnabru	24.0	11.2	-53.3 %	172.0	30.6	-82.2 %	0.20
Bygdøy Alle	22.4	11.6	-48.1 %	78.2	37.1	-52.6 %	0.20
Hjortnes	9.3	13.6	46.2 %	24.1	37.1	54.0 %	0.54
Kirkeveien	7.7	10.5	35.9 %	22.2	34.6	56.0 %	0.53
Manglerud	9.6	12.2	27.7 %	28.5	32.5	13.9 %	0.44
RV4	7.3	11.4	56.7 %	20.4	37.1	81.6 %	0.54
Smestad	8.2	11.2	37.2 %	22.6	29.8	31.9 %	0.46
SofienbergParken	10.4	10.4	0.5 %	38.0	35.2	-7.5 %	0.54
E-16 Sandvika Nord	12.4	10.4	-16.1 %	35.6	27.4	-23.0 %	0.42
<b>Middelverdi alle stasjoner:</b>	<b>12.3</b>	<b>11.3</b>	<b>7.0 %</b>	<b>48.6</b>	<b>33.2</b>	<b>4.0 %</b>	<b>0.45</b>

På tilsvarende vis som for PM<sub>10</sub>, har vi valgt å vise tidsserier for PM<sub>2.5</sub> for gatestasjonen Smestad og bybakgrunnstasjonen Sofienbergparken i henholdsvis Figur 3.2.5 og Figur 3.2.6. Fra disse kurvene ser vi tydelig at prognosene er best i første halvdel av beregningsperioden. I siste del av perioden overestimerer prognosene i stor grad. Et karakteristisk trekk ved denne overestimeringen er de høye nattverdiene, noe som antyder at overestimeringen kan skyldes at vi benytter for høye verdier på rendene i denne perioden. Vi vil komme tilbake til dette i neste avsnitt (kapittel 3.2.2), der vi ser nærmere på effekten av randverdiene.



Figur 3.2.5: Tidsserier av observerte (rød kurve) og beregnede PM<sub>2.5</sub>-nivåer for gatestasjonen Smestad. Beregningsverdiene vises for gammelt grensesnitt, dvs. operasjonell prognose våren 2013 (blå kurve) og for det nyutviklede grensesnittet (sort kurve).



Figur 3.2.6: Tidsserier av observerte (rød kurve) og beregnede PM<sub>2.5</sub>-nivåer for bybakgrunnstasjonen Sofienbergparken. Beregningsverdiene vises for gammelt grensesnitt, dvs. operasjonell prognose våren 2013 (blå kurve) og for det nyutviklede grensesnittet (sort kurve).

Stort sett er de to PM<sub>2.5</sub>-prognosene ganske like i tidsseriene vist i Figur 3.2.5 og Figur 3.2.6. Den største forskjellen består i at det nye grensesnittet gjennomgående beregner noe høyere maksimumsverdier. Dette kommer tydeligst fram i tidsserien for bybakgrunnstasjonen (Figur 3.2.6), men vises også tydelig i første halvdel av beregningsperioden på gatestasjonen Smestad (Figur 3.2.5).

Basert på testresultatene presentert ovenfor kan vi konkludere med at det nye grensesnittet mellom HARMONIE og EPISODE/AirQUIS fungerer på en tilfredsstillende måte. De statistiske måltallene som er presentert indikerer en svak forbedring med det nye grensesnittet sammenliknet med det gamle prognosesystemet som ble benyttet i de offisielle Bedre byluft prognosene sist sesong. Hoved-gevinsten ved innføringen av det nye grensesnittet er at vi nå opererer med to modeller med nær identisk vertikalstruktur. Dette innebærer at vi i framtiden har bedre muligheter for å videreføre integreringen mellom modellene, og i større grad kunne nyttiggjøre oss av tilgjengelig spredningsinformasjon fra HARMONIE.

### **3.2.1.5 Rekjøring av forurensningsepisoden i januar 2010 i Bergen og Oslo**

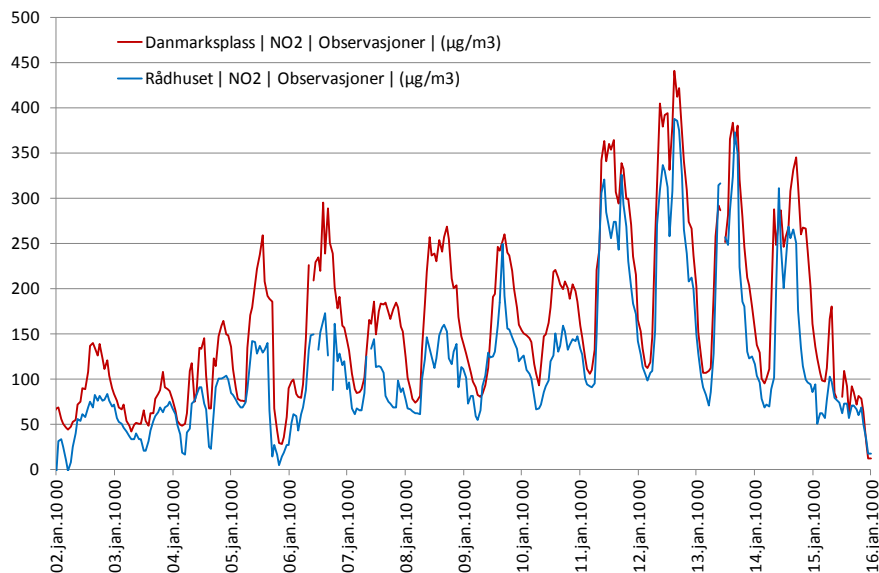
Resultatene fra testperioden diskutert ovenfor i kapittel 3.2.1.4 representerer normale forurensningsnivåer for vinter- og vårsituasjoner i norske byer. Under spesielle høytrykksforhold vinterstid kan det imidlertid oppstå ekstreme forurensingssituasjoner. En slik situasjon inntraff i første halvdel av januar 2010 i Bergen, og til en viss grad også i Oslo.

De meteorologiske forholdene i denne perioden var i stor grad påvirket av et kraftig høytrykk som ble liggende sentralt over Sør-Norge i flere dager, med svakvindsforhold nær bakken og utvikling av sterke bakkeinversjoner.

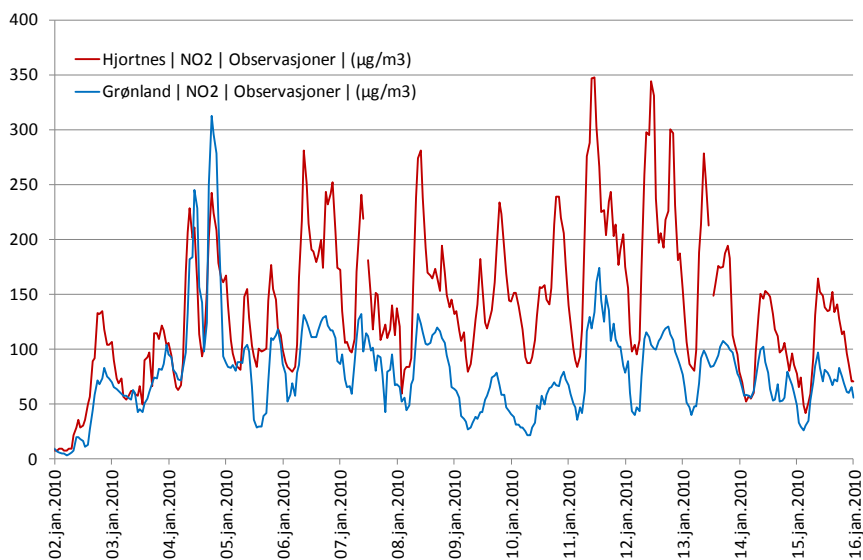
I denne perioden ble det målt svært høye NO<sub>2</sub> nivåer i Bergen. I Figur 3. 2.7 vises tidsserier for de observerte NO<sub>2</sub> nivåene på gatestasjonen Danmarks plass og bybakgrunnstasjonen Rådhuset for perioden 2. – 15. januar 2010. Med unntak av 7. januar, overskrides grenseverdien 200 µg/m<sup>3</sup> i lengre perioder hver dag f.o.m. 5. – t.o.m. 14. januar. Maksimalverdiene på gatestasjonen Danmarks plass når helt opp i 441 µg/m<sup>3</sup> den 12. januar, og selv på bybakgrunnstasjonen Rådhuset er måleverdiene over 300 µg/m<sup>3</sup> for alle de 4 siste dagene av forurensningsperioden. Fra tidsseriene i Figur 3.2.7 ser vi også at nivåene på gate- og bybakgrunnstasjonen er omtrent like høye de siste dagene, noe som tyder på at hele sentrumsområdet er innhyllet i en sky av forurensning, og at det lokale ekstrabidraget fra veien ved Danmarks plass ikke er av stor betydning.

Også i Oslo ble det målt høye NO<sub>2</sub>-verdier i denne perioden. I Figur 3.2.8 vises tidsserier av observerte timesverdier av NO<sub>2</sub> for gatestasjonen Hjortnes og bybakgrunnstasjonen Grønland. På bybakgrunnstasjonen ble de høyeste NO<sub>2</sub> nivåene målt 4. januar, med maksimalverdier over 300 µg/m<sup>3</sup>. Denne dagen ble det målt høye NO<sub>2</sub> verdier på samtlige målestasjoner i Oslo. I de påfølgende dagene viser observasjonsmaterialet imidlertid at NO<sub>2</sub> nivåene varierer mye fra stasjon til stasjon. Årsaken til dette er trolig at store deler av det sentrale og nordøstlige

byområdet blir påvirket av en betydelig drenasjevind ned langs Groruddalen. Dette gir en tilstrekkelig omrøring og transport av den bakkenære luften slik at forurensningsnivåene blir moderate. De vestlige byområdene påvirkes ikke direkte av drenasjeeffekten og i disse områdene nås de høyeste NO<sub>2</sub>-nivåene den 11. og 12. januar, som vist for Hjortnes i Figur 3.2.8.



Figur 3.2.7: Tidsserier av observerte timesverdier av NO<sub>2</sub> på gatestasjonen Danmarks plass (rød kurve) og bybakgrunnstasjonen Rådhuset (blå kurve) for perioden 2. – 15. januar 2010.

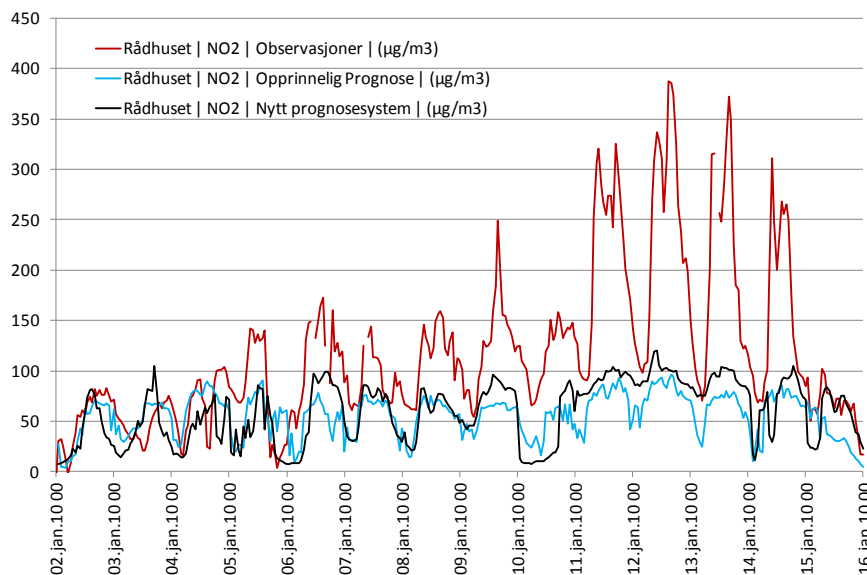


Figur 3.2.8: Tidsserier av observerte timesverdier av NO<sub>2</sub> på gatestasjonen Hjortnes (rød kurve) og bybakgrunnstasjonen Grønland (blå kurve) for perioden 2. – 15. januar 2010.

For å belyse hvordan det nye prognosesystemet håndterer sterke forurensningssituasjoner er perioden 2. – 15. januar 2010 blitt rekjørt for NO<sub>2</sub> for Bergen og Oslo. Resultatene fra disse rekjøringene er sammenliknet både med observasjoner og med de opprinnelige prognosene

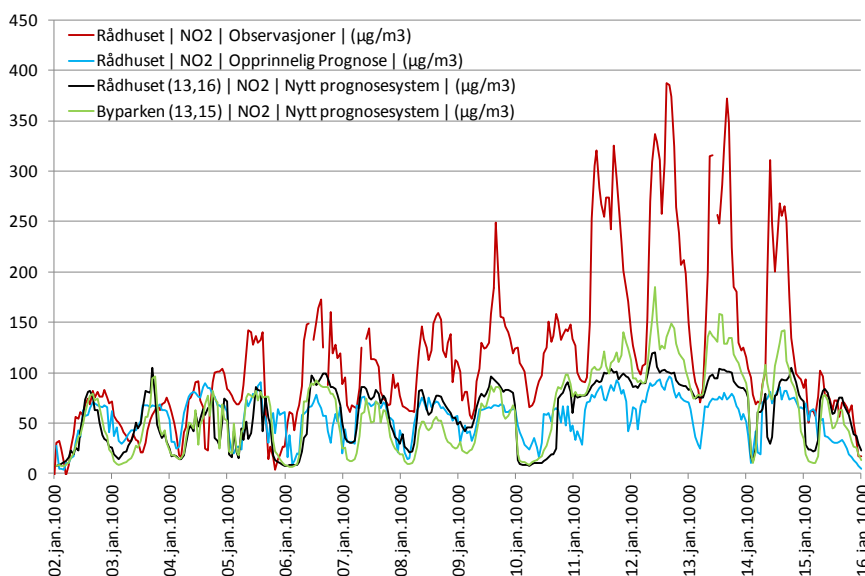
som ble beregnet i 2010 med modellsystemet UM/EPISODE. Det må her påpekes at modellprognoser for randverdier ikke forelå i 2010, og testberegningene med det nye prognosesystemet benytter derfor de samme klimatologiske bakgrunnsverdiene som ble benyttet i de opprinnelige prognoseberegningene, dvs.  $O_3 = 64 \mu\text{g}/\text{m}^3$  og  $\text{NO}_2 = 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Videre er modellområdene for EPISODE utvidet både for Bergen og Oslo og det er derfor flere endringer som bidrar til forskjellene som vises i prognoseresultatene.

Figur 3.2.9 viser de observerte timesverdiene av  $\text{NO}_2$  på bybakgrunnstasjonen Rådhuset (rød kurve) sammen med verdiene beregnet med nytt (sort kurve) og opprinnelig (blå kurve) prognosesystem. Som det fremgår av denne figuren lykkes prognosesystemene i liten grad å fange opp de høye observasjonsnivåene. Likevel viser det nye prognosesystemet at spredningsforholdene er spesielle i 3-dagersperioden 11. – 13. januar, ved at  $\text{NO}_2$ -nivået holdes vedvarende høyt, uten den vanlige reduksjonen nattetid som vises i de opprinnelige prognoseverdiene. Nærmere analyse av beregningsresultatene med det nye systemet viser at  $\text{NO}_2$ -prognosene har sterke romlige gradienter i nærområdet av Rådhuset. Dette vises i Figur 3.2.10, der prognoseverdien for  $\text{NO}_2$  i modellruten rett sør for Rådhuset presenteres (grønn kurve) sammen med de øvrige kurvene vist i Figur 3.2.9. Denne modellruten dekker  $1 \text{ km}^2$ -området inneholdende Lille Lungegårdsvannet/Grieghallen. Som en ser beregnes det i denne naboruten vesentlig høyere konsentrasjoner, spesielt i de fire siste dagene av forurensningsepisoden. Likevel er prognoseverdiene også i denne ruten langt lavere enn de observerte  $\text{NO}_2$ -nivåene ved Rådhuset.



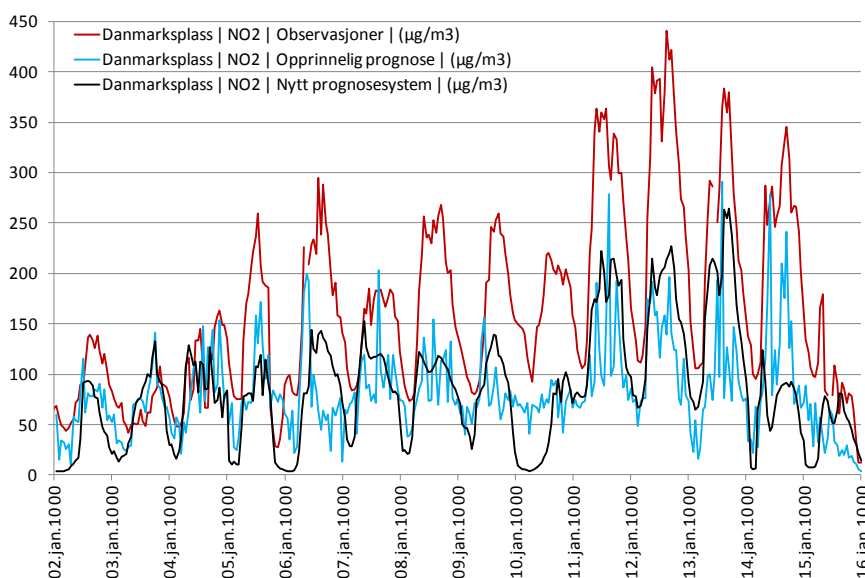
Figur 3.2.9: Tidsserier av observerte (rød kurve) og beregnede  $\text{NO}_2$ -nivåer for bybakgrunnstasjonen Rådhuset i Bergen. Beregningsverdiene vises for opprinnelig prognose, dvs. operasjonell prognose 2010 (blå kurve) og for det nye prognosesystemet (sort kurve).

I Figur 3.2.11 vises tidsseriene for  $\text{NO}_2$  for gatestasjonen Danmarks plass. Også for denne stasjonen er det en betydelig underestimering i modellprognosene. Likevel synes det som prognosene fanger opp at forholdene forverres fra den 11. januar. Det er dessuten en slående forskjell på tidsseriene fra det nye og det gamle prognosesystemet. Mens det nye



Figur 3.2.10: Tilsvarende tidsserier som vist i Figur 3.2.9, men med egen kurve for modellruta sør for Rådhuset, dvs. modellruta sentralt over Byparken (Lille Lungegårdsvannet/Grieghallen).

prognosesystemet beregner en relativt glatt kurve, som i form ligner mye på det observerte tidssignalet, er tidsserien fra det gamle prognosesystemet hurtigvarierende med svært store variasjoner fra time til time. Årsaken til denne forskjellen er ikke kjent, men kan både skyldes endringene i de meteorologiske inngangsdataene, og modellmessige forbedringer som er gjort i spredningsmodellen i løpet av de senere årene.



Figur 3.2.11: Tidsserier av observerte (rød kurve) og beregnede  $\text{NO}_2$ -nivåer for gatestasjonen Danmarks plass i Bergen. Beregningsverdiene vises for opprinnelig prognose, dvs. operasjonell prognose 2010 (blå kurve) og for det nye prognosesystemet (sort kurve).

Blant endringene som er gjort i EPISODE er innføring av restart fra foregående dags prognoseverdier, samt økning av størrelsen på modellområdene. Begge disse endringene var i utgangspunktet motivert ut fra et ønske om å bedre prognosekvaliteten under

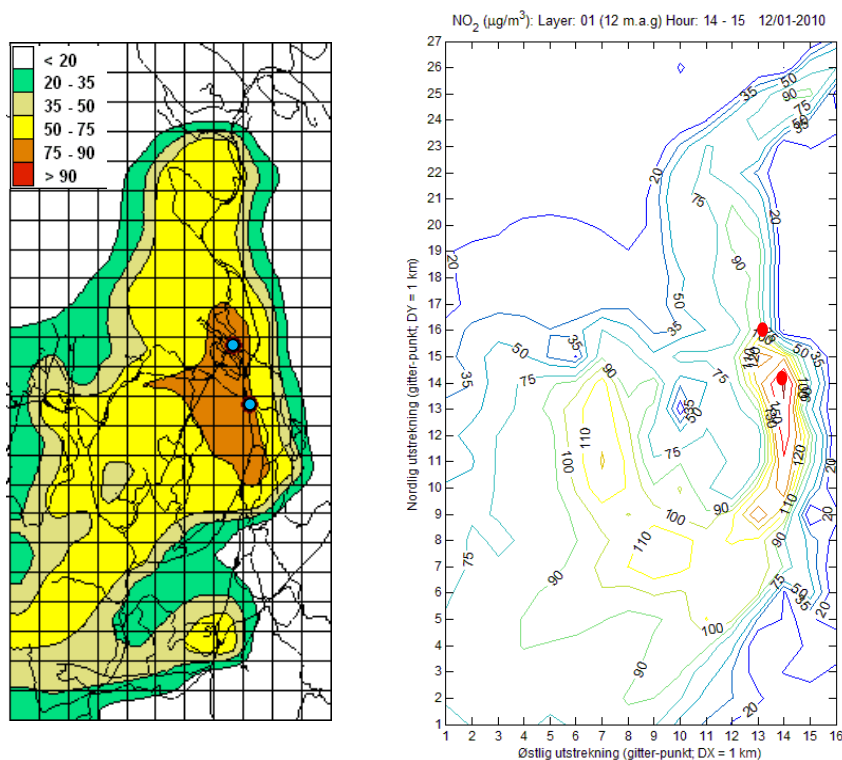
forurensningsepisoder av typen som inntraff i Bergen og Oslo i januar 2010. I disse periodene viser observasjonene tydelige tegn på at luftmassene i sentrumsområdet ikke luftes ut i løpet av natten, og at forurensningene dermed er med og bidrar til neste dags nivåer. Dette sees blant annet fra observasjonene på Rådhuset og Danmarks plass (se Figur 3.2.7) ved at minimumsnivåene for NO<sub>2</sub> holder seg over 50 µg/m<sup>3</sup> i hele perioden fra den 6. til den 15. januar og i flere netter endog kommer over 100 µg/m<sup>3</sup> på Danmarks plass. Gevinsten av å innføre restart samt å øke modellområdene vises tydeligst i tidsseriene for Rådhuset (Figur 3.2.10), der minimumsverdiene beregnet med det nye prognosesystemet klart viser forhøyede NO<sub>2</sub>-verdier nattetid i sentrumsområdet i perioden fra 11. – 14. januar. Natt til 15. januar går imidlertid nattkonsentrasjonen ned i prognosen, mens de høye observerte verdiene ført faller natt til 16. januar.

For å belyse hvordan modellprognosene beskriver den romlige konsentrasjonsfordelingen vises NO<sub>2</sub>-feltene for timen når de maksimale nivåene observeres (12. januar kl. 15) i Figur 3.2.12. Dette er timen da det måles 387 µg/m<sup>3</sup> ved Rådhuset og 441 µg/m<sup>3</sup> på Danmarks plass. Siden rådataene fra de opprinnelige NO<sub>2</sub>-prognosene i 2010 ikke lenger er tilgjengelige, presenteres feltdataene fra denne prognosen i form av en tidligere presentert rapportfigur (Figur 3.2.12 a). For å lette sammenlikningen mellom figurene er feltverdiene plottet med samme ekvidistanse mellom kotelinjene. Som det framgår av Figur 3.2.12 beregnes vesentlig høyere NO<sub>2</sub>-nivåer med det nye prognosesystemet. Dette sees tydelig over det sentrale byområdet der konsentrasjoner i modellens gitterruter (dvs. estimatene for bybakgrunnsnivåene) kommer opp mot 175 µg/m<sup>3</sup> for denne timen. I de opprinnelige prognoseberegningene kom imidlertid ikke bybakgrunnsverdiene over 90 µg/m<sup>3</sup>. Vi ser dessuten at store områder sydøst for sentrum (f.eks. Fyllingsdalen) nå oppnår vesentlig høyere konsentrasjonsnivåer enn i de opprinnelige NO<sub>2</sub>-prognosene.

Posisjonene til målestasjonene Rådhuset og Danmarks plass er avmerket på konturplottene i Figur 3.2.12. Rådhuset er det nordligste punktet, og vi ser fra Figur 4.3.12 b at denne stasjonen befinner seg i et område hvor modellen beregner sterke gradienter i konsentrasjonsfeltet. Dette forklarer hvorfor vi finner betydelige forskjeller i denne perioden mellom naborutene i sentrumsområdet, som illustrert ovenfor i Figur 3.2.10.



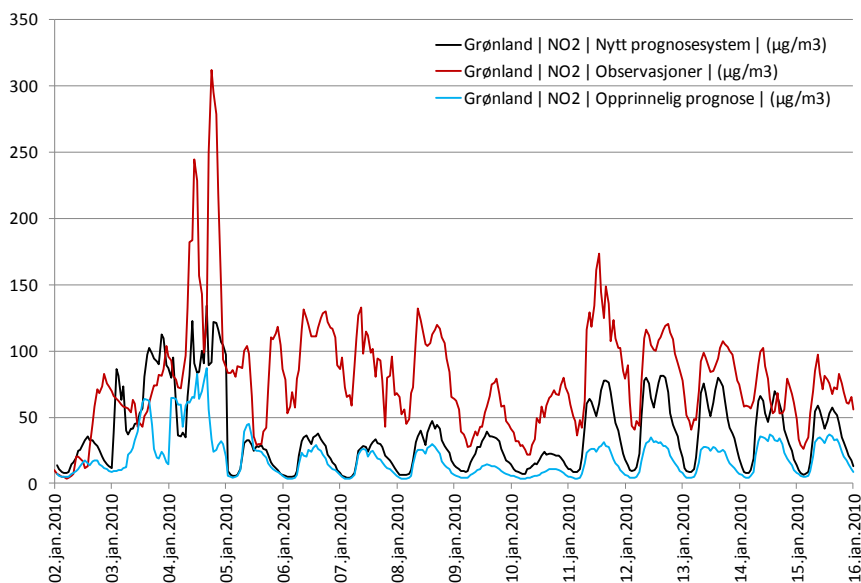
Bergen: 12. Januar 2010 kl. 15 (Prognosestart: 11/1 kl. 00 + 39 timer)



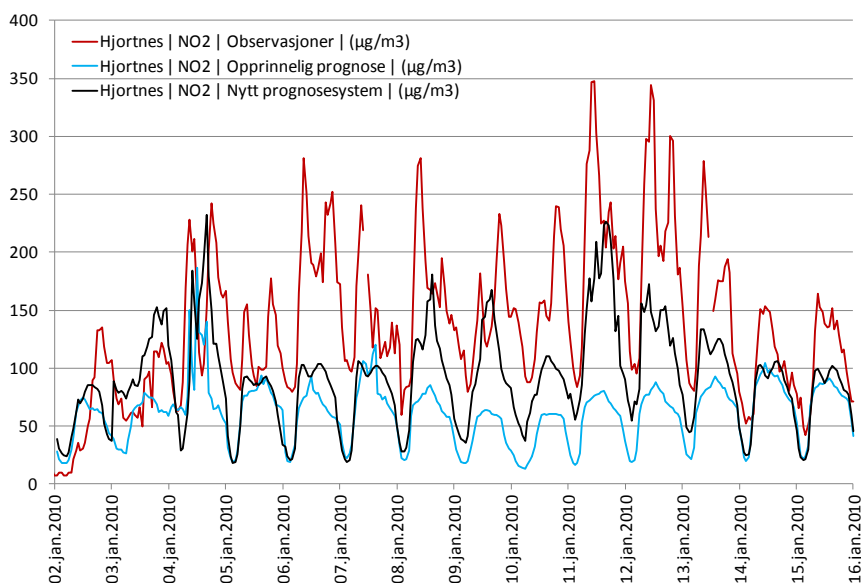
a) Original UM20/EPISODE NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)      b) Dagens HM35/EPISODE system NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)

Figur 3.2.12: NO<sub>2</sub> prognose for Bergen for 12. januar 2010 kl. 15, dvs. tidspunktet for maksimum observert NO<sub>2</sub>-konsentrasjon, med a) opprinnelig prognosesystem og b) dagens prognosesystem (nytt grensesnitt, men uten regionale randverdier). Posisjonene for målestasjonene Rådhuset (øverst) og Danmarks plass (nederst) er markert med blå prikker i a, og med røde prikker i b.

I Figur 3.2.13 vises de observerte timesverdiene av NO<sub>2</sub> på bybakgrunnstasjonen Grønland (rød kurve) sammen med verdiene beregnet med nytt (sort kurve) og opprinnelig (blå kurve) prognosesystem for den samme januar-episoden i Oslo. Tilsvarende kurver for gatestasjonen Hjortnes, hvor de høyeste NO<sub>2</sub> verdiene ble målt, er vist i Figur 3.2.14. Fra disse figurene framgår det at prognosesystemene heller ikke her klarer å beskrive de høye observerte nivåene på en tilfredsstillende måte. Likevel representerer det nye systemet en klar forbedring i prognosekvaliteten, spesielt for Hjortnes, men også for bybakgrunnstasjonen. For Grønland underestimerer begge prognosesystemene både de høye maksimumsverdiene den 4. januar, og de relativt moderate nivåene for de resterende dagene i perioden. Bruk av det nye prognosesystemet fører likevel til en del høyere NO<sub>2</sub>-nivåer. På Hjortnes lykkes begge prognosesystemene til en viss grad å beskrive relativt høye verdier den 4. januar, mens det kun er det nye systemet som tidvis fanger opp de høye nivåene som inntreffer i de påfølgende dagene.



Figur 3.2.13: Tidsserier av observerte (rød kurve) og beregnede NO<sub>2</sub>-nivåer for bybakgrunnstasjonen Grønland i Oslo. Beregningsverdiene vises for opprinnelig prognose, dvs. operasjonell prognose 2010 (blå kurve) og for det nye prognosesystemet (sort kurve).

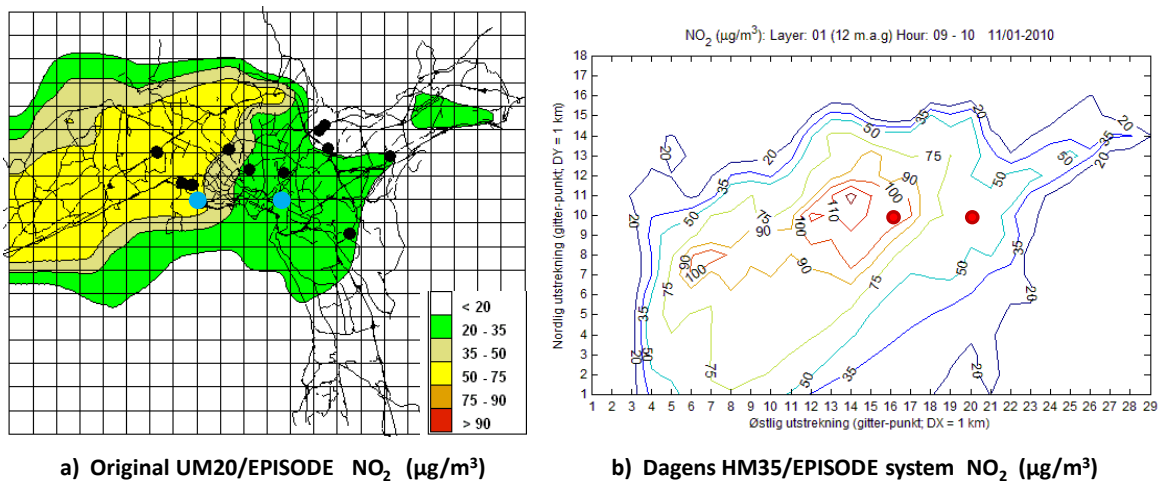


Figur 3.2.14: Tidsserier av observerte (rød kurve) og beregnede NO<sub>2</sub>-nivåer for gatestasjonen Hjortnes i Oslo. Beregningsverdiene vises for opprinnelig prognose, dvs. operasjonell prognose 2010 (blå kurve) og for det nye prognosesystemet (sort kurve).

På tilsvarende måte som for Bergen kan mye av forbedringene i det nye prognosesystemet tilskrives en bedre evne til å bevare forurensningene i modellgitteret. Dette illustreres nedenfor i Figur 3.2.15 der prognosefeltene for NO<sub>2</sub> presenteres for 11. januar kl. 10. Dette er timen da maksimumsverdien 347 µg/m<sup>3</sup> måles på Hjortnes. Også i denne figuren presenteres konturplottene på samme måte som for Bergen, siden vi ikke lenger har tilgang på felldataene fra de opprinnelige prognoseberegningene. Mens den opprinnelige prognosen for denne timen

beregnet verdier under  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for de vestlige byområdene, nås  $\text{NO}_2$ -nivåer opp mot  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  med det nye prognosesystemet. Posisjonene for Hjortnes og Grønland er avmerket i konturplottene i Figur 3.2.15, og vi ser at bybakgrunnsbidraget på begge stasjoner er betydelig økt i det nye prognosesystemet.

**Oslo: 11. Januar 2010 kl. 10**  
(Prognosestart: 10/1 kl. 00 + 34 timer)



Figur 3.2.15:  $\text{NO}_2$  prognose for Oslo for 11. januar 2010 kl. 10, dvs. tidspunktet for maksimum observert  $\text{NO}_2$ -konsentrasjon, med a) opprinnelig prognosesystem og b) dagens prognosesystem (nytt grensesnitt, men uten regionale randverdier). Posisjonene for Hjortnes og Grønland er vist med blå prikker i a, og røde prikker i b; Hjortnes til venstre, Grønland til høyre.

Selv om det nye prognosesystemet viser bedre evne til å gjenskape den observerte oppbyggingen av forurensningsnivåene i de to betraktete forurensningsepisodene i Bergen og Oslo, er det fortsatt en betydelig underestimering i  $\text{NO}_2$  prognosene, og ytterligere forbedringen i beregningene av både de meteorologiske og spredningsmessige forholdene er nødvendige for å kunne varsle denne type ekstremsituasjoner på en mer presis måte. Når det gjelder de spredningsmessige aspektene er det flere punkter som bør undersøkes nærmere:

- Tettere integrering mellom HARMONIE og EPISODE: Arbeidet som er gjort i år har lagt grunnlaget for en ytterligere sammenkobling av de to modellene. Dette arbeidet bør videreføres slik at EPISODE-beregningene kan dra nytte av den kontinuerlige utviklingen som foregår i grenselagsbeskrivelsen i HARMONIE.
- Gjennomgang av ”restart”-metodikken: Under ekstreme forurensningsepisoder, som f. eks. januar 2010, er luftkvalitetsprognosene avhengige av optimale ”restart”-betingelser. Det bør vurderes hvorvidt den eksisterende ”restart”-metoden kan forbedres, eventuelt med assimilasjon av tilgjengelige observasjonsdata.

- Økning av modellområdenes størrelse: Noe av forbedringen som vi ser i prognosene skyldes at modellområdene er økt noe i størrelse, og betydningen av en ytterligere økning bør vurderes.

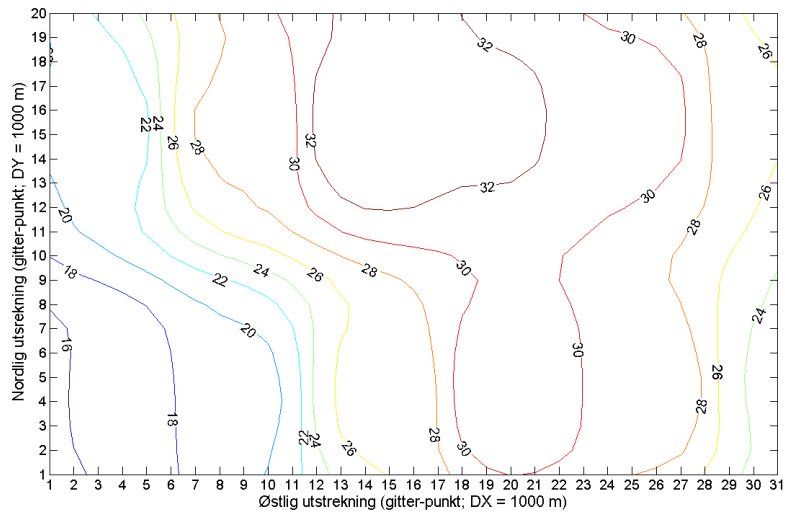
Som nevnt innledningsvis har vi i disse beregningene ikke benyttet modellgenererte MACC-verdier på modellområdets render. Det er imidlertid grunn til å tro at de lokale ekstremforholdene i liten grad fanges opp av de regionale MACC-modellene og at randbidraget således ikke ville gitt store bidrag til Bedre byluft prognosene. Likevel representerer dette en systematisk feilkilde som sannsynligvis bidrar til underestimeringen i prognosene.

### 3.2.2 Innføring av 3-dimensjonale (3D) randverdier

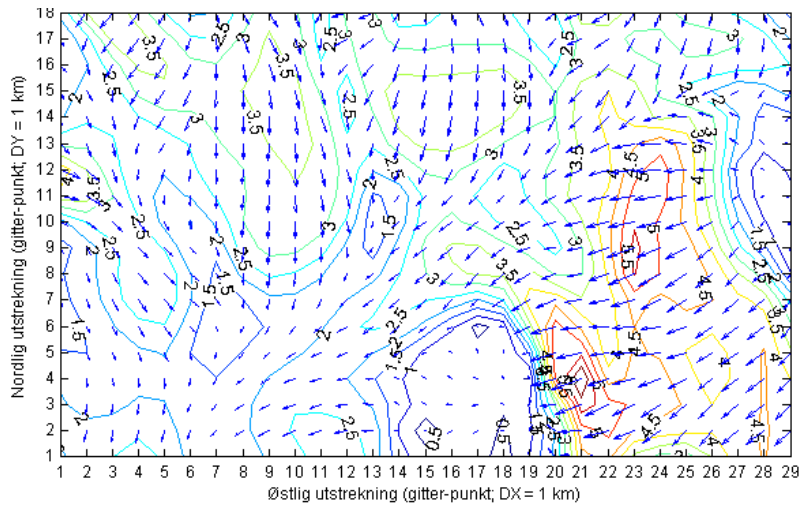
I prognoseresultatene som er diskutert i avsnittene ovenfor, er det benyttet randverdier fra de regionale prognosemodellene som er tilgjengelige gjennom det Europeiske prosjektet MACC (<http://www.gmes-atmosphere.eu>). De benyttede randverdiene er hentet fra den regionale "Ensemble" prognosen som er en statistisk kombinasjon av prognoser fra 7 ulike regionale modeller. Ensemble dataene foreligger som timesvise felt med en horisontal oppløsning på 0.1°. På våre breddegrader er imidlertid den reelle oppløsningen noe grovere enn dette, og MACC verdiene vil derfor i liten grad beskrive detaljene i den romlige konsentrasjonsfordelingen innenfor de relativt små byområdene som EPISODE/AirQUIS dekker. På grunn av dette ble det gjort en metodemessig forenkling når MACC prognosene ble introdusert som randbetingelser i Bedre byluft systemet. Forenklingen besto i å kun hente ut timevise verdier fra ett MACC punkt innfor det betraktede byområdet. MACC verdiene foreligger i 4 høyder over bakken, dvs. 3 m, 500 m, 1000 m og 3000 m, og disse 4 verdiene ble benyttet til å estimere de timesvise randverdiene i EPISODE-prognosene. I denne rapporten benevnes dette som bruk av 1D (dvs. endimensjonale) randverdier, siden vi benytter en endimensjonal søyle fra Ensemble prognosen. Alle testresultatene presentert ovenfor i kapittel 3.2.1.4, både med gammelt og nytt grensesnitt, er beregnet med denne randverdi-forenklingen. Forenklingen representerer imidlertid en unødig feilkilde, ved at lokale bidrag fra byområdet også gir direkte bidrag til luftmassene som kommer inn gjennom de åpne modellrendene. Dessuten vil trolig oppløsningen i de regionale modellene bli bedre i årene framover, noe som ytterligere vil øke betydningen av denne feilkilden.

#### 3.2.2.1 Implementering av 3D randverdier fra MACC's Ensemble-prognose

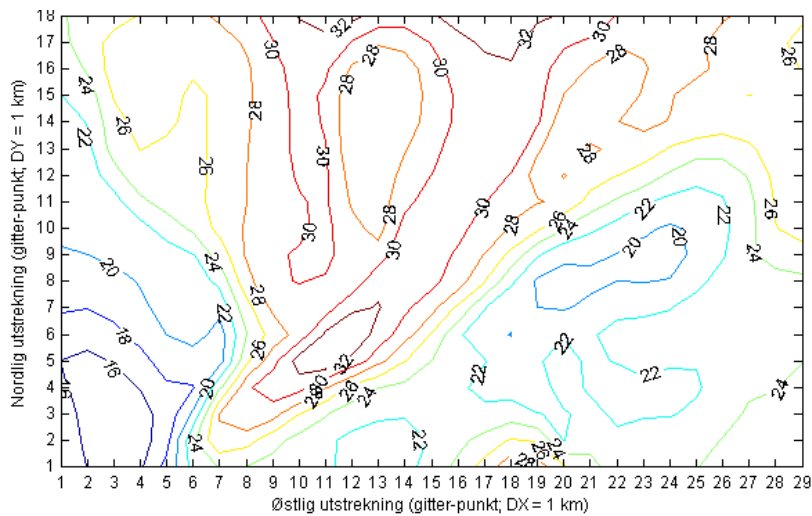
Som del av årets utviklingsarbeid er derfor metoden for å estimere randverdiene blitt forbedret. I den nye metoden benyttes alle randverdiene i Ensemble prognosen som ligger innenfor bymodellområdet, samt de nærmeste verdiene utenfor dette området, til å estimere timesvise 3D (tredimensjonale) randverdier. I figur 3.2.16 vises et eksempel på det benyttede 3D randverdifeltet for PM<sub>2.5</sub> for nederste modellag for Oslo den 28. mars 2013 kl. 23. I figuren vises randverdifeltet for hele modellområdet i Oslo, mens det kun er de ytterste randverdiene som benyttes i modellberegningene i EPISODE. Denne timen er valgt ut for å vise at MACC verdiene tidvis bidrar med svært høye verdier, spesielt for PM<sub>2.5</sub>.



Figur 3.2.16: 3D randverdifelt for  $PM_{2.5}$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) for Oslo 28. mars 2013 kl. 23 - 24. Verdiene er vist for nederste modellag i EPISODE.



Figur 3.2.17: Vindfelt (Konturlinjer viser vindstyrke i m/s) fra HARMONIE35 for Oslo 28. mars 2013 kl. 23 - 24. Verdiene er vist for nederste modellag i EPISODE.



Figur 3.2.18:  $PM_{2.5}$  prognose ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) for Oslo 28. mars 2013 kl. 23 - 24. Verdiene er vist for nederste modellag i EPISODE.

Vi ser fra figuren at randverdiene for denne timen varierer fra i underkant av  $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i det sørvestreandområdet, og helt opp til i overkant av  $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i den nordlige randsonen. Virkningen av disse randverdiene på selve  $\text{PM}_{2.5}$ -prognosen, vil avhenge av vindfeltet fra HARMONIE for denne timen, siden randverdiene bare har innflytelse på innstrømningsranden. For å belyse virkningen av randfeltet på selve  $\text{PM}_{2.5}$ -prognosen presenteres det tilhørende vindfeltet, hentet fra HARMONIE og overført til EPISODE via det nye grensesnittet, og det resulterende prognosefeltet for  $\text{PM}_{2.5}$ , henholdsvis i Figur 3.2.17 og Figur 3.2.18. Fra disse figurene ser vi at de høye randverdiene i nord transporteres inn i modellområdet og synes å gi det dominerende bidraget til de høye  $\text{PM}_{2.5}$  nivåene som beregnes i store deler av modellområdet.

Prognoseverdiene vist i Figur 3.2.18 er beregnet med bruk av det nye grensesnittet mellom HARMONIE og EPISODE, og med bruk av de nye 3D randverdiene. Resultatet er derfor ikke identisk med testresultatene med det nye grensesnittet som er presentert ovenfor i kapittel 3.2.1.4. For å dokumentere effekten av den nye randverdimetoden er derfor testperioden 28. februar – 31. mars rekjørt for Oslo med bruk av nytt grensesnitt og 3D randbetingelser fra MACC's Ensemble-prognoser. Statistiske måltall fra disse rekjøringene er vist nedenfor i Tabell 3.2.8 ( $\text{NO}_2$ ), Tabell 3.2.9 ( $\text{PM}_{10}$ ) og Tabell 3.2.10 ( $\text{PM}_{2.5}$ ). Sammenlikning av disse tabellene med de tilsvarende tabellene for 1D randverdiene, dvs. Tabell 3.2.3 ( $\text{NO}_2$ ), Tabell 3.2.5 ( $\text{PM}_{10}$ ) og Tabell 3.2.7 ( $\text{PM}_{2.5}$ ), viser som forventet at innføringen av 3D verdier fører til marginalt lavere prognoseverdier. Effekten er mest markert for  $\text{PM}_{2.5}$ , siden randbidraget er størst for denne komponenten.

Som illustrasjon vises tidsserier av de beregnede timesverdier av  $\text{PM}_{2.5}$  med både 1D og 3D randverdier for gatestasjonen Smestad i Figur 3.2.19. Observasjonene er også inkludert i denne figuren. En ser her at 1D-randverdiene gjennomgående bidrar til litt høyere maksimumsverdier, mens prognoseverdiene er nærmest identiske i øvrige perioder. For å belyse hvor stort randbidraget er, vises dette bidraget som tykk sort kurve i Figur 3.2.20, sammen med den tilhørende totale  $\text{PM}_{2.5}$ -prognosen og observasjonene. Randbidraget (sort kurve) er da mindre eller lik prognoseverdiene (blå kurve) i denne figuren. Fra Tabell 3.2.10 ser vi at middelverdien for  $\text{PM}_{2.5}$ -prognosen er  $10.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for denne perioden, mens middelnivået av observasjonene kun ligger på  $8.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Middelverdien av randbidraget vist i Figur 3.2.20 er på hele  $6.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  og utgjør dermed så mye som  $2/3$  av det beregnede  $\text{PM}_{2.5}$ -nivået. Fra Figur 3.2.20 framkommer det tydelig at randbidraget er en viktig årsak til overestimeringen i siste del av beregningsperioden. Vi ser også at maksimumsverdien som beregnes i denne perioden (28/3 kl. 23 – 24) så å si i sin helhet skyldes randbidraget. Denne maksimumstimen er for øvrig den samme situasjonen som er detaljert omtalt ovenfor og som er illustrert ved figurene 3.2.16, 3.2.17 og 3.2.18.

Tabell 3.2.8: Statistiske måltall for NO<sub>2</sub> prognosen for Oslo for perioden: f.o.m. 28. februar – t.o.m. 31. mars 2013 med nytt grensesnitt og med 3D randverdier.

NO2 Nytt grensesnitt 3D randverdier benyttet	Obs Middel	Reseptor Middel	Reseptor % Avvik	Obs Prosentil 0.995	Reseptor Prosentil 0.995	Reseptor % Avvik	Reseptor Korr.koef.
Åkebergveien	47.5	42.4	-10.9 %	117.9	119.3	1.1 %	0.54
Alnabru	65.3	55.1	-15.6 %	158.8	131.9	-17.0 %	0.54
Bygdøy Alle	76.7	50.4	-34.2 %	173.7	140.1	-19.3 %	0.50
Hjortnes	68.3	73.9	8.2 %	171.2	159.5	-6.8 %	0.59
Kirkeveien	40.6	45.1	11.2 %	149.3	111.6	-25.2 %	0.61
Manglerud	62.9	59.2	-5.9 %	197.2	161.4	-18.2 %	0.47
RV4	41.2	48.5	17.6 %	135.8	129.7	-4.5 %	0.55
Smestad	49.8	56.1	12.7 %	148.9	134.6	-9.6 %	0.59
Grønland	42.2	36.1	-14.5 %	135.5	116.2	-14.2 %	0.60
E-16 Sandvika Nord	47.7	46.5	-2.6 %	119.1	118.8	-0.3 %	0.44
<b>Middelverdi alle stasjoner:</b>	<b>54.2</b>	<b>51.3</b>	<b>-3.4 %</b>	<b>150.7</b>	<b>132.3</b>	<b>-11.4 %</b>	<b>0.54</b>

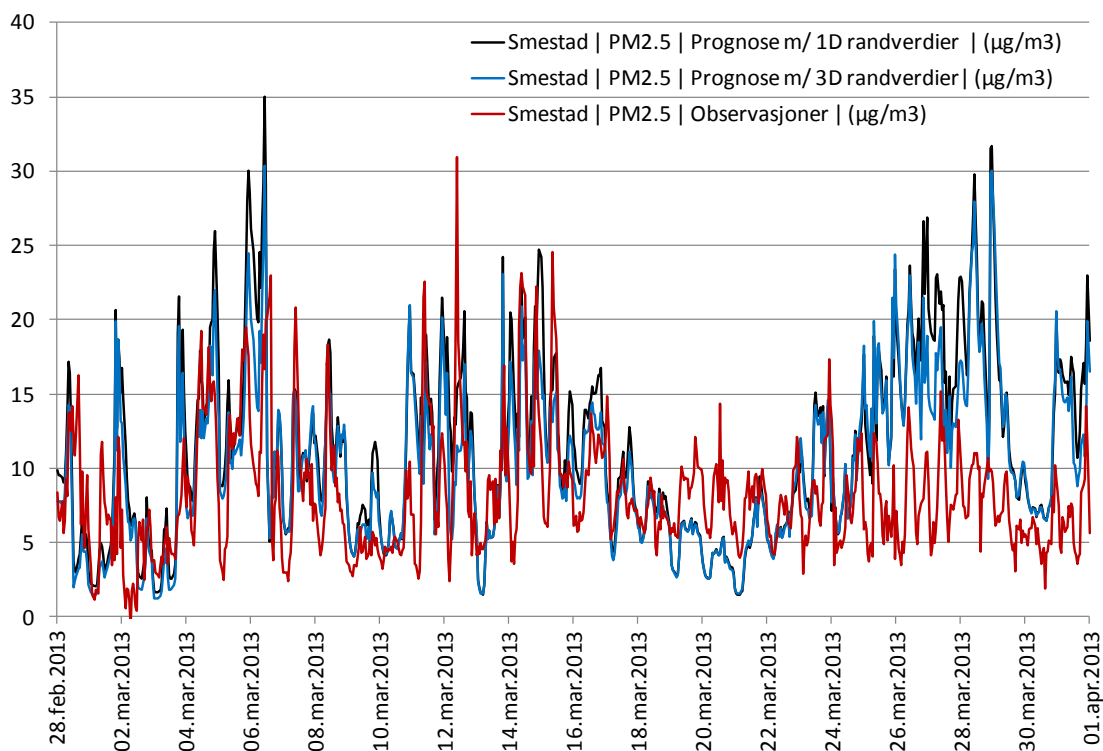
Tabell 3.2.9: Statistiske måltall for PM<sub>10</sub> prognosen for Oslo for perioden: f.o.m. 28. februar – t.o.m. 31. mars 2013 med nytt grensesnitt og med 3D randverdier.

PM10 Nytt grensesnitt 3D randverdier benyttet	Obs Middel	Reseptor Middel	Reseptor % Avvik	Obs Prosentil 0.995	Reseptor Prosentil 0.995	Reseptor % Avvik	Reseptor Korr.koef.
Åkebergveien	38.0	19.5	-48.7 %	197.8	105.6	-46.6 %	0.33
Alnabru	44.5	33.8	-23.9 %	258.9	175.1	-32.4 %	0.25
Bygdøy Alle	47.7	28.2	-40.8 %	165.6	166.4	0.5 %	0.26
Hjortnes	45.2	54.0	19.6 %	171.7	296.4	72.7 %	0.36
Kirkeveien	28.2	19.4	-31.2 %	150.7	69.2	-54.1 %	0.40
Manglerud	39.8	44.9	12.7 %	217.6	251.3	15.5 %	0.46
RV4	30.2	31.1	2.8 %	191.9	142.7	-25.6 %	0.43
Smestad	31.3	34.0	8.6 %	160.4	146.4	-8.7 %	0.45
Skøyen	23.5	28.4	20.9 %	96.7	160.2	65.6 %	0.35
SofienbergParken	24.2	17.2	-29.1 %	101.2	117.3	16.0 %	0.36
E-16 Sandvika Nord	28.9	27.1	-6.2 %	108.7	120.2	10.6 %	0.29
<b>Middelverdi alle stasjoner:</b>	<b>34.7</b>	<b>30.7</b>	<b>-10.5 %</b>	<b>165.6</b>	<b>159.2</b>	<b>1.2 %</b>	<b>0.36</b>

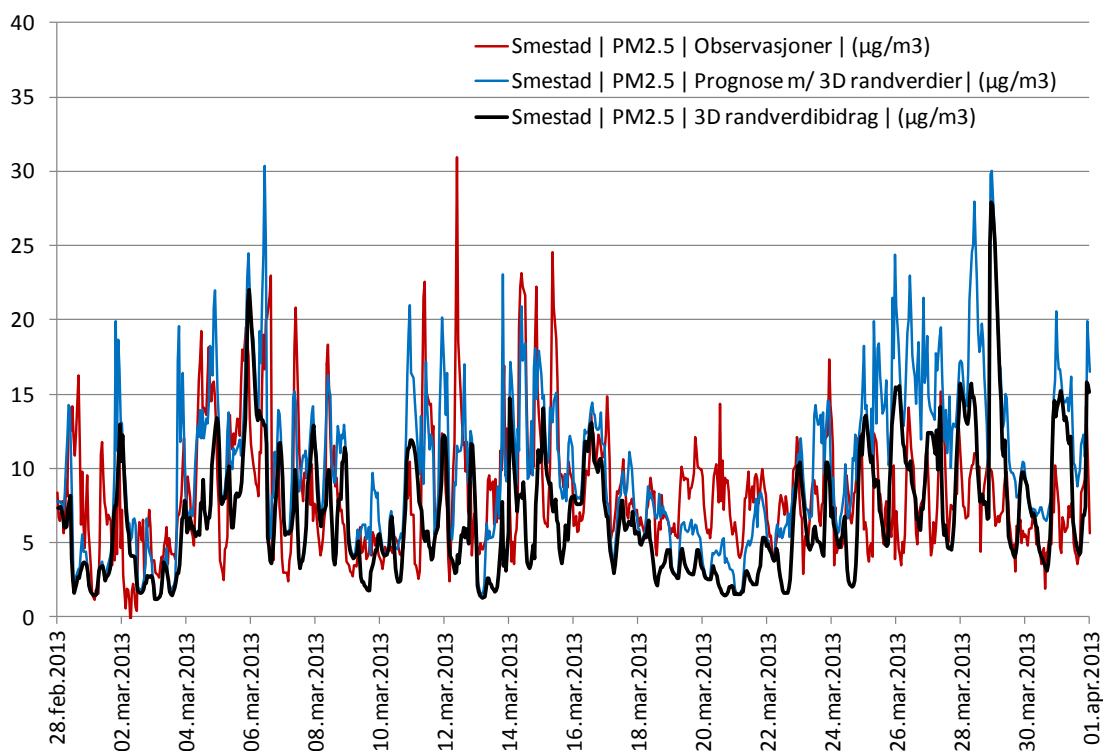
Tabell 3.2.10: Statistiske måltall for PM<sub>2,5</sub> prognosen for Oslo for perioden: f.o.m. 28. februar – t.o.m. 31. mars 2013 med nytt grensesnitt og med 3D randverdier.

PM2.5 Nytt grensesnitt 3D randverdier benyttet	Obs Middel	Reseptor Middel	Reseptor % Avvik	Obs Prosentil 0.995	Reseptor Prosentil 0.995	Reseptor % Avvik	Reseptor Korr.koef.
Åkebergveien	12.2	8.3	-31.8 %	44.3	25.8	-41.8 %	0.60
Alnabru	24.0	9.3	-61.2 %	172.0	28.0	-83.7 %	0.20
Bygdøy Alle	22.4	10.2	-54.3 %	78.2	35.8	-54.2 %	0.20
Hjortnes	9.3	12.1	29.5 %	24.1	36.8	52.5 %	0.53
Kirkeveien	7.7	9.3	20.4 %	22.2	33.4	50.2 %	0.51
Manglerud	9.6	10.4	8.4 %	28.5	29.6	3.8 %	0.38
RV4	7.3	9.9	36.1 %	20.4	36.1	76.5 %	0.54
Smestad	8.2	10.1	23.6 %	22.6	28.0	23.8 %	0.43
SofienbergParken	10.4	8.7	-16.0 %	38.0	32.0	-15.9 %	0.54
E-16 Sandvika Nord	12.4	8.4	-32.0 %	35.6	25.1	-29.5 %	0.39
<b>Middelverdi alle stasjoner:</b>	<b>12.3</b>	<b>9.7</b>	<b>-7.7 %</b>	<b>48.6</b>	<b>31.0</b>	<b>-1.8 %</b>	<b>0.43</b>





Figur 3.2.19: Tidsserier av observerte (rød kurve) og beregnede PM<sub>2.5</sub>-nivåer for gatestasjonen Smestad. Beregningsverdiene vises for nytt grensesnitt, med 3D randverdier (blå kurve) og med 1D randverdier (sort kurve).

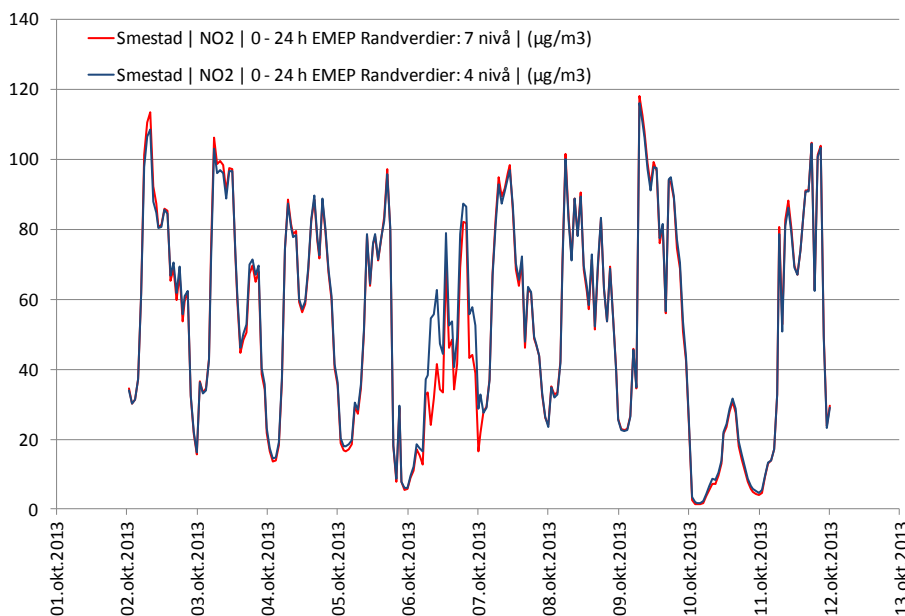


Figur 3.2.20: Tidsserier av observerte (rød kurve) og beregnede PM<sub>2.5</sub>-nivåer for gatestasjonen Smestad. Beregningsverdiene vist for nytt grensesnitt, med 3D randverdier (blå kurve) og for 3D randverdibidraget (sort kurve). Rød og blå kurve identiske med de tilsvarende kurvene i Figur 3.2.19.

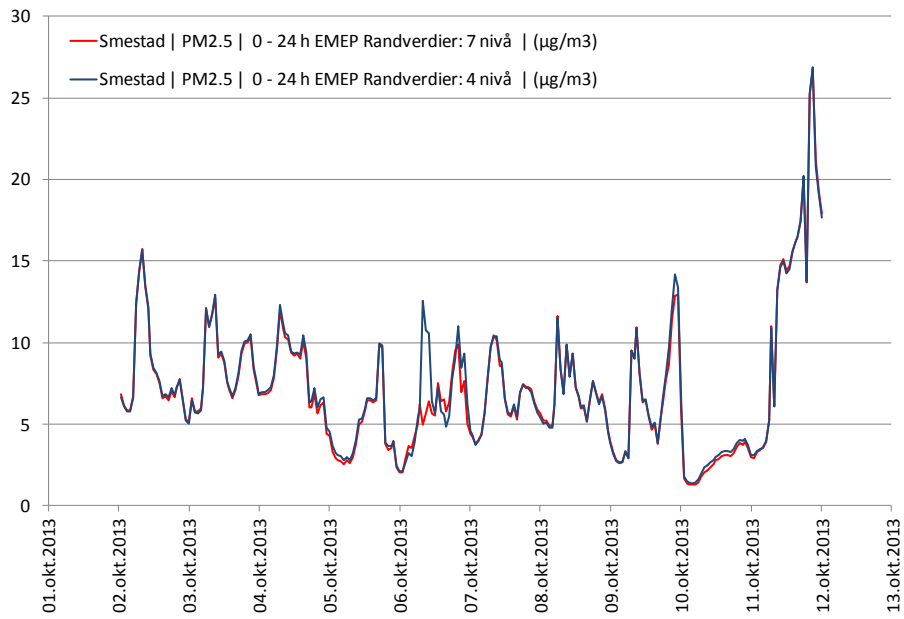


### 3.2.2.2 Test med bruk av 3D randverdier fra EMEP-prognoser med økt vertikaloppløsning

Ensemble prognosene fra MACC foreligger foreløpig bare med prognoseverdier i følgende 4 høyder over bakken: 3 m, 500 m, 1000 m og 3000 m. For anvendelse som randverdier i finskala modellberegninger for byområder ville det være ønskelig med en noe finere oppløsning enn dette, spesielt innenfor atmosfærens nederste 200 – 300 m. Med den grove oppløsningen som nå foreligger, kan det være grunn til å tro at randbidraget i for sterk grad påvirkes av bakkeverdien, dvs. verdien i 3 m. For å undersøke dette nærmere er det gjennomført tester med bruk av randverdier fra EMEP modellen, som er en av modellene som inngår i MACC-Ensemblet. Randverdier er blitt produsert med den opprinnelige 4 lags oppløsningen i MACC, og med 7 lags oppløsning med verdier i nivåene: 3 m, 45 m, 160 m, 300 m, 500 m, 1000 m og 3000 m. Det er dermed lagt inn 3 ekstra verdier mellom 3 og 500 m. Testverdiene er kun blitt produsert for en kort periode fra 2. – 11. oktober 2013. Resultatene fra disse testene er presentert i form av tidsserier for målestasjonen Smestad i Figur 3.2.21 for NO<sub>2</sub> og i Figur 2.2.22 for PM<sub>2.5</sub>. Som vist i disse figurene fører den økte oppløsningen i randfeltene til relativt små forskjeller i de beregnede totalnivåene. Likevel er det perioder der effekten er større, som for eksempel på morgenen 6. oktober. På sikt er det derfor ønskelig å få bedret vertikaloppløsningen i randfeltene.



Figur 3.2.21: Tidsserier for NO<sub>2</sub> for Smestad 2.- 11. Oktober, beregnet med MACC-EMEP randverdier med 4 (blå kurve) og 7 (rød kurve) vertikalnivåer.



Figur 3.2.22: Tidsserier for PM<sub>2.5</sub> for Smestad 2.- 11. Oktober, beregnet med MACC-EMEP randverdier med 4 (blå kurve) og 7 (rød kurve) vertikalnivåer.

### **3.2.3 Tekniske endringer i det automatiserte varslingsystemet**

Parallelt med arbeidet med grensesnittet mellom HARMONIE og EPISODE har det pågått arbeid med tekniske endringer av systemoppsettet. I det følgende gis en kortfattet oppsummering av hovedelementene i dette arbeidet.

#### ***Restrukturering av scriptsystemet***

Luftkvalitetsprognosene kjøres automatisk ved hjelp av et ”Python”-basert scriptsystem. Dette systemet ble tatt i bruk for første gang sist sesong, dvs. sesongen 2012 - 2013. Erfaringene fra den første sesongen avdekket noen problemer med systemet, spesielt i forbindelse med automatisk oppstart etter teknisk maskinsvikt. Spesifikke endringer av scriptsystemet er gjennomført for å rette på disse svakhetene, og dermed gjøre systemet mer robust. I tillegg er scriptsystemet blitt restrukturert slik at det enklere kan anvendes av vaktpersonell på Meteorologisk Institutt, dersom systemet må restarteres. Det er i denne forbindelse blitt laget et notat som beskriver hvordan systemet er bygget opp og hvordan det kan restarteres ved behov. Høsten 2013 ble det også avholdt et møte på met.no, der systemet ble gjennomgått.

#### ***Reduksjon i beregningstid***

Endringen av antall modellag fra 20 til 35 har ført til en betydelig økning i beregningsmengde. For å unngå at dette førte til for lang beregningstid i EPISODE er det lagt ned noe arbeid for å øke beregningshastigheten. I stor grad er dette blitt oppnådd ved bruk av kodeoptimalisering og bedre utnyttelse av parallelliseringsmulighetene i scriptsystemet. På denne måten har den totale beregningstiden for spredningsberegningene ikke økt til tross for økningen i beregningsmengde.

#### ***Overgang til NetCDF format***

Arbeid er i gang med å endre filformatene for de meteorologiske inngangsdataene til EPISODE. Fram til nå har disse dataene blitt overført i form av ASCII-filer. Dette er imidlertid ikke et optimalt format, både på grunn av størrelse og av standardiseringsmessige hensyn. Det er derfor bestemt at formatet skal endres til NetCDF (Network Common Data Form), som er et standardisert dataformat som er mye brukt for overføring av geofysiske data av ulike typer. Dette formatet benyttes allerede i Bedre byluft ved overføring av de regionale randverdiene fra MACC.

Det arbeides nå med å modifisere innlesningsrutinene for de meteorologiske NetCDF-filene både i scriptsystemet og i selve EPISODE-koden. Deretter vil anvendelsen av det nye formatet måtte testes mot resultatene basert på inngangsdataene fra de eksisterende ASCII-filene.

### **3.2.4 Implementeringsplan for veistøvmodellen «NORTRIP» i Bedre byluft**

Bakgrunnen for å implementere veistøvmodellen NORTRIP som en del av Bedre byluft prosjektet, er hovedsakelig for å forbedre estimatet av veistøvutslippet og for å få et bedre verktøy for å vurdere effekten av veistøvreduserende tiltak. Modellen kobler store mengder data om veier, utslipp, meteorologi, salting/sanding og veirensing/brøyting på veiene, og beregner for eksempel effektene av denne rensingen og støvbindingen. Flere detaljer om NORTRIP veistøvmodellen og behov for data er skrevet på engelsk og finnes i Appendiks 1.

#### **3.2.4.1 Kort om NORTRIP modellen**

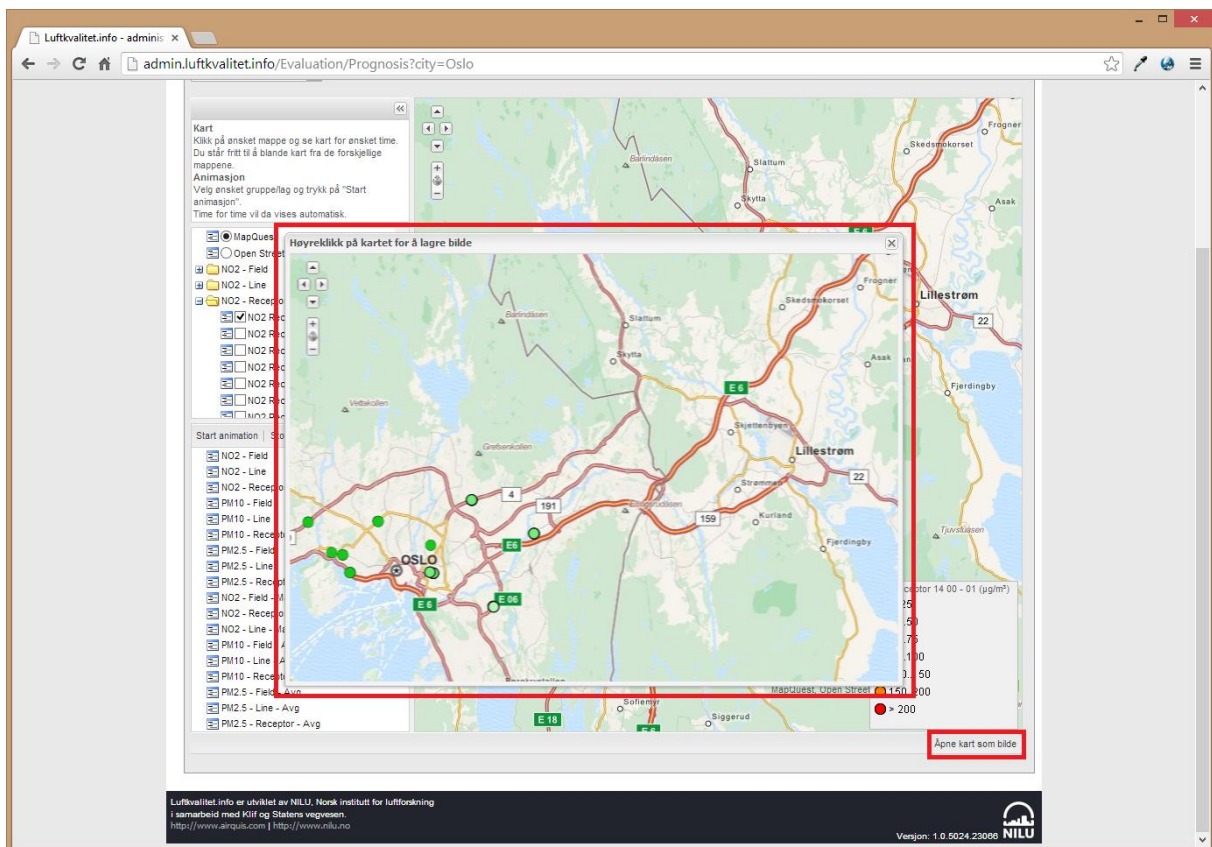
NORTRIP veistøvmodell er utviklet ved NILU for å gi prognoser for veislitasje og andre ikke-eksos relaterte utslipp generert av trafikk. Modellen har blitt validert mot data fra flere nordiske målestasjoner og har blant annet blitt utviklet for Statens Vegvesen for å beregne effekten av hastighetsreduksjon, piggdekkbruk og vedlikehold av veier.

### 3.2.5 Oppdatering av kartrepresentasjonsmodulen ADMIN - LUFTKVALITET.INFO.

Før oppstart av sesongen 2013-2014 ble kartpresentasjonen av luftkvalitetsprognosene som er tilgjengelige på Admin-sidene på Luftkvalitet.info, <http://admin.luftkvalitet.info/>, oppdatert basert på innspill fra brukerne, Oslo kommune, Drammen kommune, Meteorologisk institutt. Nedenfor gis en kortfattet gjennomgang av disse oppdateringene.

#### **Lagring av kart som bilde:**

For å lagre kartet som ett bilde trykker man på «Åpne kart som bilde» linken nederst til høyre (se Figur 3.2.24). Bildet vil da dukke opp i ett eget vindu. For å lagre dette på maskinen høyreklikker man på bildet og velger «Lagre bilde som...». Denne funksjonaliteten skal virke på de fleste nettlesere, men kun på de nyeste versjonene. Det betyr at man for eksempel må ha Internet Explorer 9 eller høyere.



Figur 3.2.24: Skjermbildeillustrasjon for bildelagring av luftkvalitetskart.

#### **Mulighet for flytting av "Reseptorgraf" vinduet:**

Når man trykker på "reseptorpunkt" og får opp tidsseriene for prognoseperioden i et eget "reseptorgraf"-bilde, kan brukeren nå flytte på bildet, slik at man kan se både kart- og reseptorgrafbildet samtidig dersom dette ønskes.

## Utvidet innloggingstid:

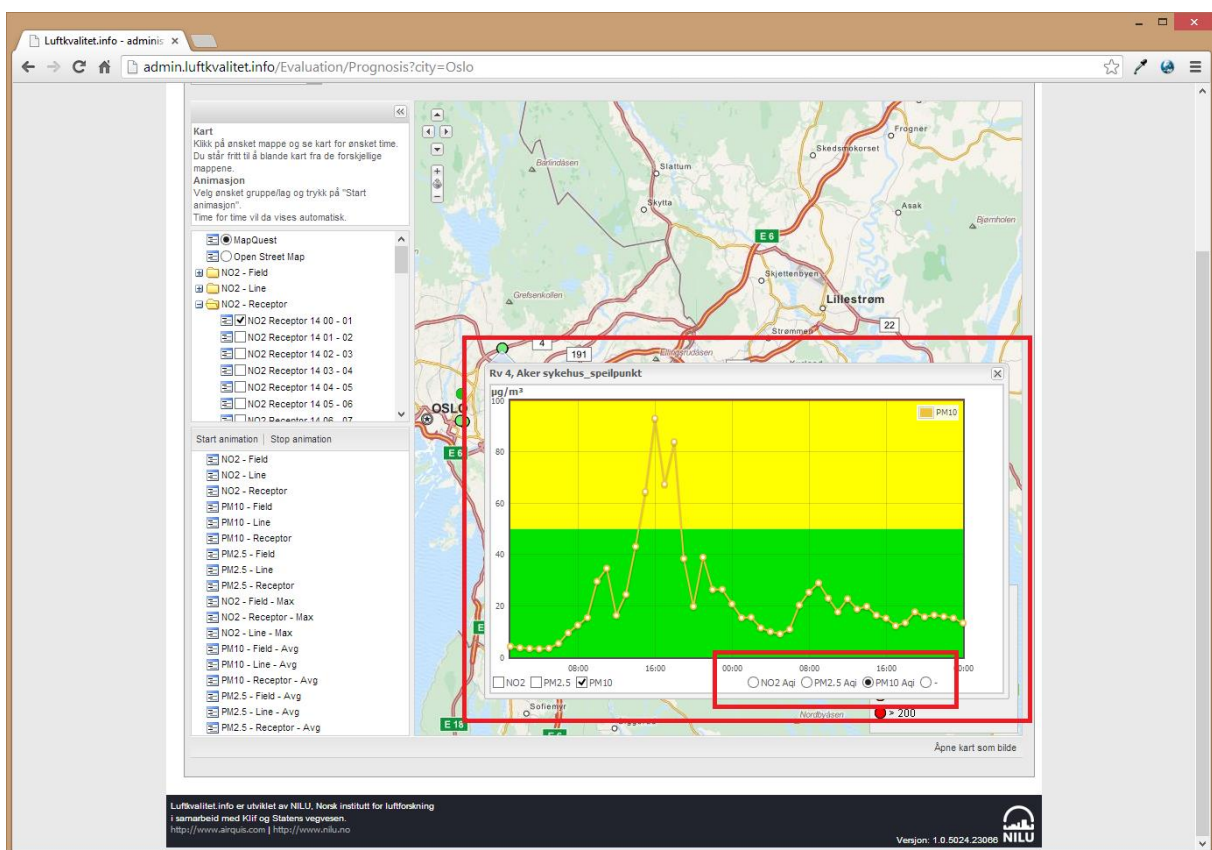
Innloggingstiden er nå utvidet til 1 time.

## Presentasjon av timedata for PM<sub>10</sub> og PM<sub>2.5</sub>

I den opprinnelige kartpresentasjonen kunne bare døgnverdier presenteres for PM<sub>10</sub> og PM<sub>2.5</sub>. Dette er nå endret slik at timesverdiene for disse komponentene også kan presenteres på tilsvarende måte som for NO<sub>2</sub>.

## Fargesetting av AQI nivåene i "reseptorgraf" bildet

Det er nå mulig å se AQI ("Air Quality Index") nivåene i reseptorgrafene som vist nedenfor i Figur 3.2.25. Fargene er skrudd av i utgangspunktet, men kan slås på nede på høyre side.



Figur 3.2.25: Skjermbildeillustrasjon av fargesetting av AQI nivåer i reseptorgraf-bildet.

## 3.2.6 Oppdatering av «varslingsmodulen» i LUFTKVALITET.INFO

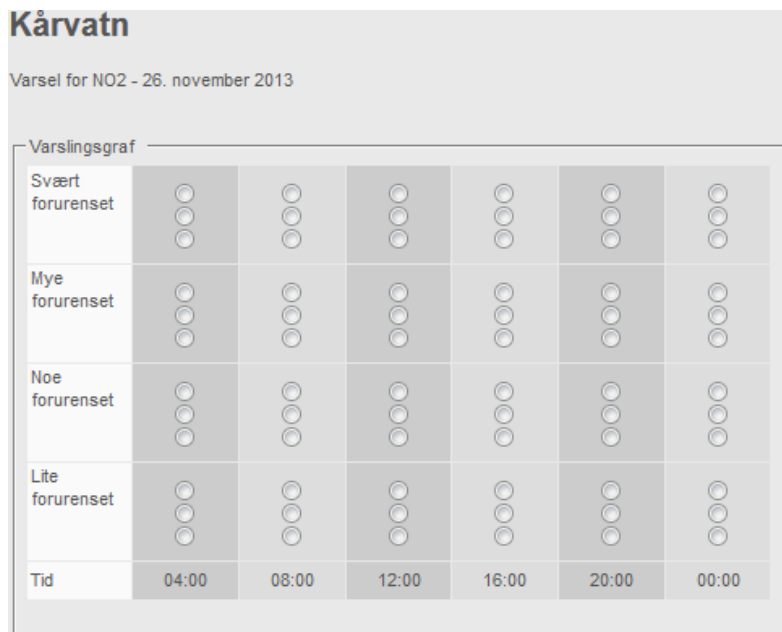
På tilsvarende måte som for kartpresentasjonen har også brukerne, dvs. Oslo kommune, Drammen kommune og Meteorologisk institutt, gitt innspill på ønskede endringer i Varslingsmodulen på Admin-sidene på Luftkvalitet.info, <http://admin.luftkvalitet.info/>. Nedenfor gis en oppsummering av disse endringene.

### Endring av tidsangivelsen for "Varslingsgraf":

Tidspunktene angitt i varslingsgrafene var tidligere satt til: kl. 02 – 06 – 10 – 14 – 18 – 22.

Disse er nå forskjøvet to timer fram til:

kl. 04 – 08 – 12 – 16 – 20 – 00.



Figur 3.2.26: Illustrasjon av nytt skjermbilde for "Varslingsgraf".

### ***Endring av "Treff for varslingsgraf":***

Tidligere var det en "Periode"-tekstboks med rullgardin i dette skjermbildet, der bruker kunne velge mellom faste tidsperioder. Nå er det innført en "Fra Tid" og en "Til Tid" datoboks, der bruker fritt kan velge tidspunkt for varsel, se Figur 3.2.27.

Lage varsel   Treff for varslingsgraf   Treff for døgnvarsler   Håndbok for varslingsgraf

Fra Tid: 22.11.2013   Til Tid: 27.11.2013  
Velg fra og med dato og tid   Velg til og med dato og tid

By: Bergen

Stasjon: Rådhuset, Danmarks plass, Rådhuset NILUDB, Z-Ama  
(Velg en eller flere stasjoner)

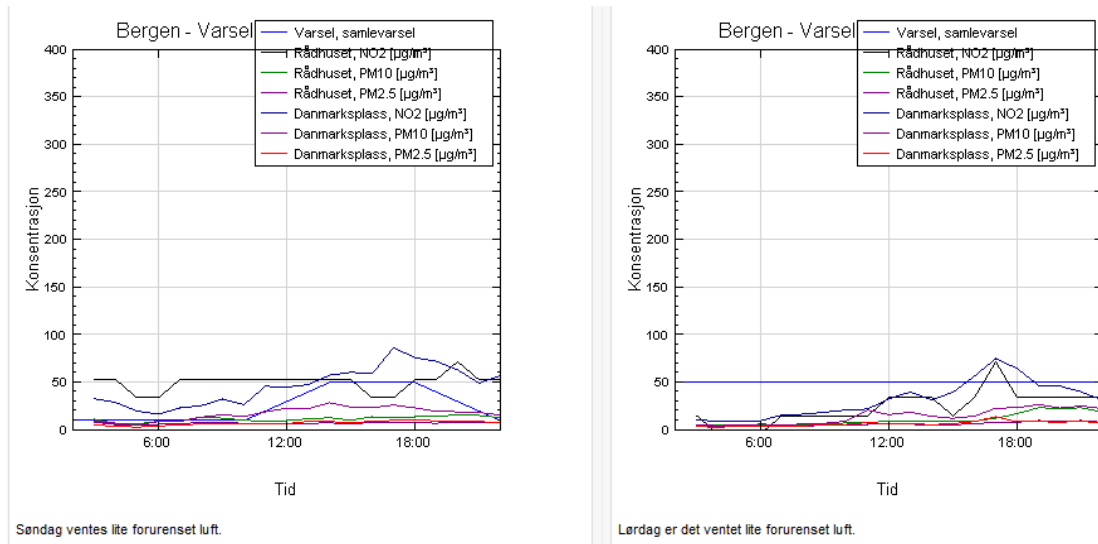
Type varsel: Samlevarsel

Komponent: NO2, PM10, PM2.5  
(Velg en eller flere komponenter)

Fortsett

Figur 3.2.27: Illustrasjon av nytt skjermbilde for "Treff for varslingsgraf".

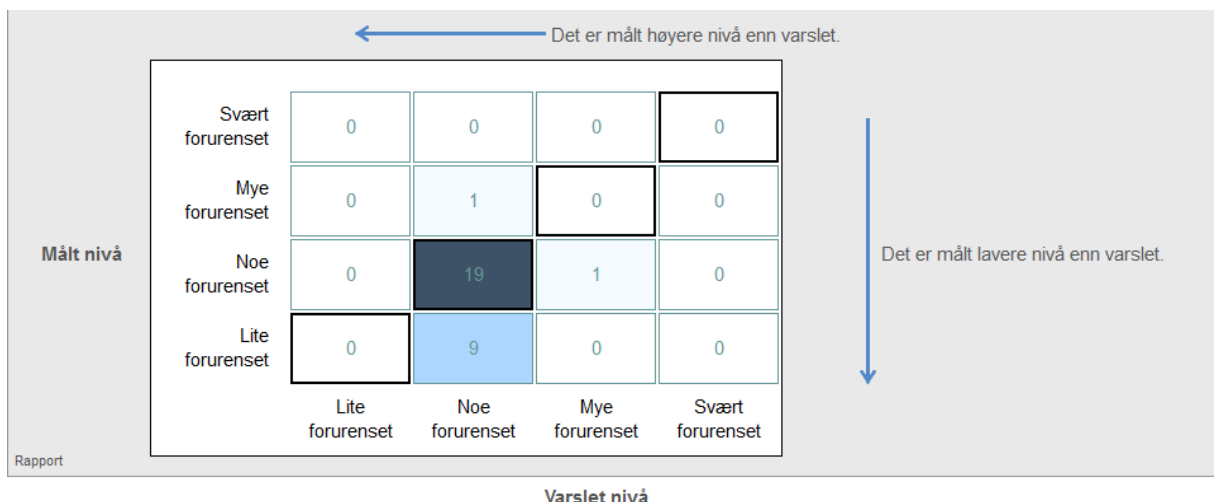
Tidligere var det kun definert 6 forskjellige graf-farger, noe som førte til like farger på kurver når mer enn 6 kurver skulle presenteres. For å redusere dette problemet er det nå innført mulighet for 12 ulike graffarger.



Figur 3.2.28: Illustrasjon av varslingskurver .

### Endring av "Treff for døgnvarslergraf":

I dette skjermbildet er teksten på x og y byttet om, siden disse var plassert feil. Det opprettede skjermbildet er vist nedenfor i Figur 3.2.29.



Figur 3.2.29: Illustrasjon av opprettet skjermbilde for "Treff for døgnvarslergraf".



## 4. Evaluering av 3D randverdier fra MACC/EMEP

Siden 2006 har met.no deltatt i prosjektet GEMS som siden er overtatt av MACC (<http://www.gmes-atmosphere.eu>) i 2009 med blant annet å levere daglige luftforurensningsprognoser med resultater fra modellen kalt EMEP/MSC-W for Europa. Modellen er utviklet og brukes hovedsakelig for å beregne langtransportert luftforurensning over større områder som Europa og EECCA landene. Et av målene med MACC prosjektet er å kunne levere daglige prognoser med resultat fra et ensemble av flere luftforurensningsmodeller for å gi et så godt som mulig bilde av luftforurensningssituasjonen for hele Europa til enhver tid. En mulig bruk av disse feltene er til randverdier for lokale småskala modeller slik at man kan få så god som mulig informasjon om bakgrunnsverdiene av de viktigste luftforurensningskomponentene..

### 4.1 Beskrivelse av EMEP/MSC-W prognoser til MACC prosjektet

EMEP/MSC-W modellen (Simpson m. fl., EMEP/MSC-W 2012) produserer daglige prognoser under visse forutsetninger som bestemmes i MACC prosjektet. Modellområdet dekker Europa (30 W - 45 E / 30 N - 76 N), oppløsningen er på 0.2 grader (~20 km), utslippene er TNO-MACCII for året 2009 ([https://gmes-atmosphere.eu/about/project\\_structure/input\\_data/d\\_emis/](https://gmes-atmosphere.eu/about/project_structure/input_data/d_emis/)), meteorologiske data fra ECMWF IFS modellen og globale randbetingelser fra MOZART-IFS modellen. Komponentene O3, NO2, PM2.5 og PM10 leveres per i dag på daglig basis fra EMEP/MSC-W modellen til MACC på 4 vertikale nivåer 0m, 500m, 1000m og 3000m. MACC prosjektet er under stadig utvikling og vurderer for tiden å kunne levere på flere nivåer (også nær bakken) på grunnlag av blant annet at man med nye og mer effektive filformater klarer å håndtere større mengder med data enn før.

### 4.2 Resultater fra sammenligning av EMEP data mot observasjoner av luftkvalitet

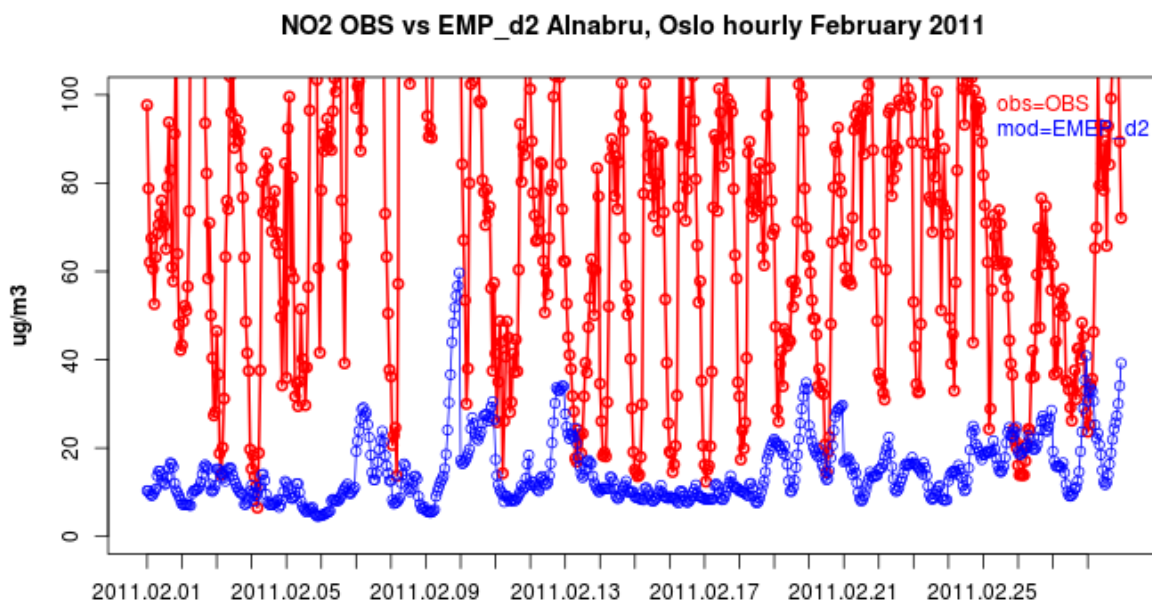
Utgangspunktet for denne sammenligningen var å se om vi kunne belyse betydningen av bakgrunnsinformasjon fra de viktigste luftforurensningskomponentene til byene, men også om EMEP/MSC-W langtidsprognosene som per i dag leveres til MACC kan brukes som et estimat for langtidvarsling.

Når man sammenligner resultatene av EMEP/MSC-W prognosene som leveres daglig til MACC med observasjoner er det viktig å ta i betraktning at utslippene fra MACC er på grov skala, beskriver utslippene i et annet år (2009) og er av begrenset tilpasning til lokale forhold i for eksempel norske byer. Med stor sannsynlighet ganske ulikt enn det som brukes av EPISODE/AIRQUIS for Bedre byluft. Generelt ser vi at i noen tilfeller klarer EMEP/MSC-W modellen forhøyede luftforurensningsverdier godt da forholdene kan være slik at bakgrunnskilder dominerer over lokale kilder. I andre tilfeller viser ikke EMEP/MSC-W modellen de samme høye verdiene som observasjonene måler antagelig på grunn av at disse episodene er forårsaket mer av lokale kilder/forhold som modellen vanskelig kan rekonstruere uten oppdatert informasjon. Årsaken til dette kan være mange, blant annet som nevnt utslipp, men også modellopløsning kan være svært avgjørende. Det må også nevnes at den meteorologiske situasjon under visse episoder er veldig avgjørende for om det er de lokale

forholdene som regjerer eller om det er stor påvirkning fra en større utslippskilde utenfor de lokale modellområdene ved hjelp av riktig vindretning. I tillegg er kanskje det mest avgjørende hvor selve stasjonen er plassert og hvor sterkt den er påvirket av bakgrunn eller lokale forhold.

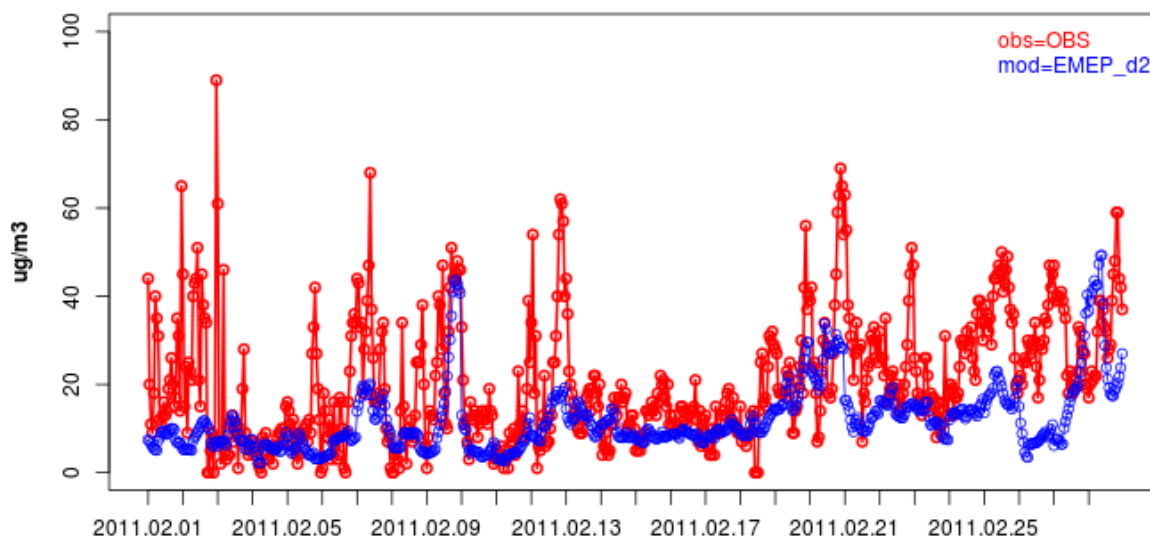
#### 4.2.1 Analyse av MACC/EMEP prognose for dag 3 i februar 2011

I Figurene 4.2.1-4.2.7 vises MACC/EMEP prognosene for dag 3 mot målinger på et utvalg stasjoner for perioden februar 2011. Vi kan se bidraget fra bakgrunnen da modellresultatene (blått) hovedsakelig ligger under observasjonene (rødt). For  $\text{NO}_2$  i Figur 4.2.1 viser MACC/EMEP prognosen kun et lite bidrag i forhold til målingene, da  $\text{NO}_2$  er av mer lokal opprinnelse. Men for  $\text{PM}_{2.5}$  i Figur 4.2.2 vises derimot et ikke ubetydelig bidrag fra bakgrunnen. I Figurene 4.2.3-4.2.7 viser MACC/EMEP prognosen for  $\text{PM}_{10}$  på flere stasjoner både i Oslo og Bergen hvor vi ser stor variasjon i betydningen av bidraget fra bakgrunnen avhengig av plassering av stasjonen i forhold til påvirkning lokalt/regionalt, men også med stor sannsynlighet meteorologiske forhold. For samme periode i februar 2011 viser de statistiske parametrene for  $\text{NO}_2$ ,  $\text{PM}_{2.5}$  og  $\text{PM}_{10}$  i Tabell 4.2.1 en oversikt i variasjonen fra stasjon til stasjon. Legg merke til stasjonene i Oslo som havner innenfor samme modellgitter fra MACC/EMEP prognosen og som bekrefter hvor lokale eller regionale forhold kan ha størst betydning. Man kan se av disse resultatene at det ligger et potensiale i disse dataene for å beskrive det mulige bidraget til konsentrasjonene forårsaket av bakgrunnsverdier. Det er viktig å ta med denne informasjonen i de lokale modellberegningene for å forstå påvirkning utenfra modellområdet slik at man bruker optimalt bidraget som ikke har opprinnelse i de lokale utslippene.



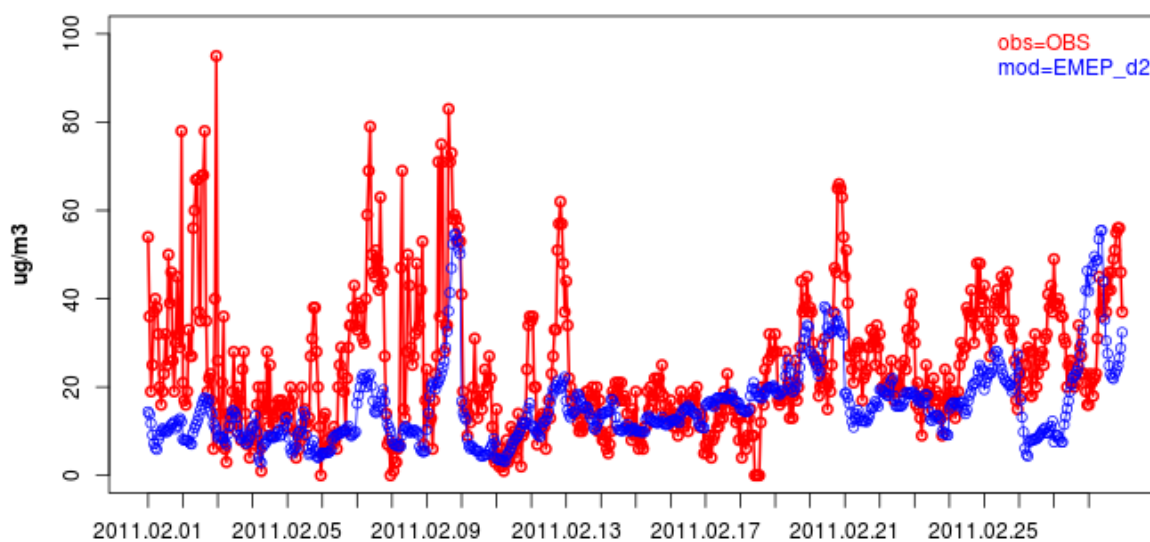
Figur 4.2.1 EMEP/MSC-W prognose (blå) for  $\text{NO}_2$  mot observasjoner (rød) for dag 3 på Alnabru, Oslo i februar 2011.

PM25 OBS vs EMP\_d2 Alnabru, Oslo hourly February 2011



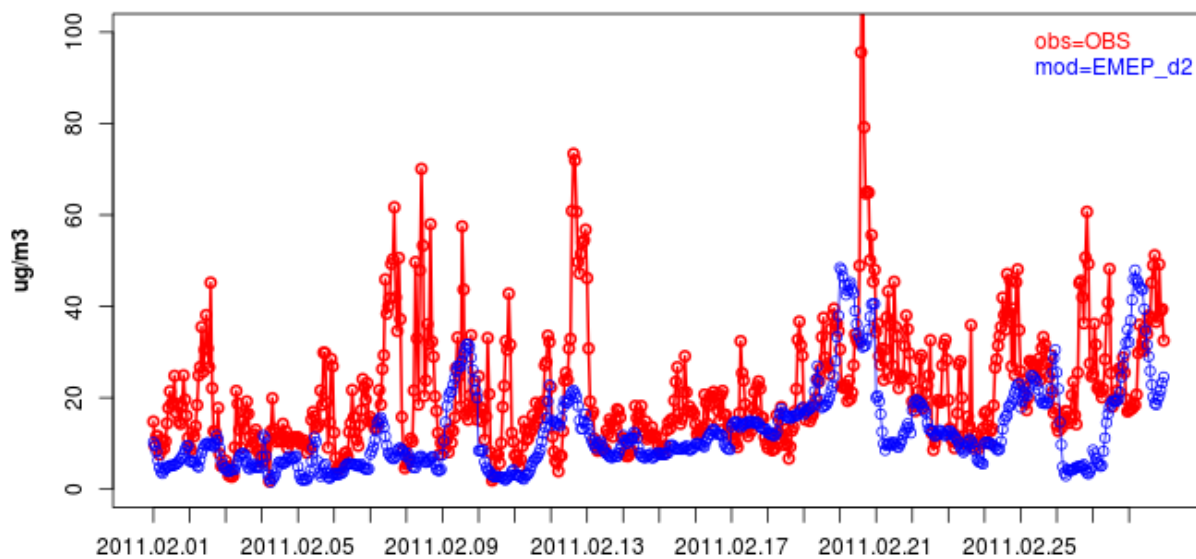
Figur 4.2.2 EMEP/MSC-W prognose (blå) for PM<sub>2,5</sub> mot observasjoner (rød) for dag 3 på Alnabru, Oslo i februar 2011.

PM10 OBS vs EMP\_d2 Alnabru, Oslo hourly February 2011



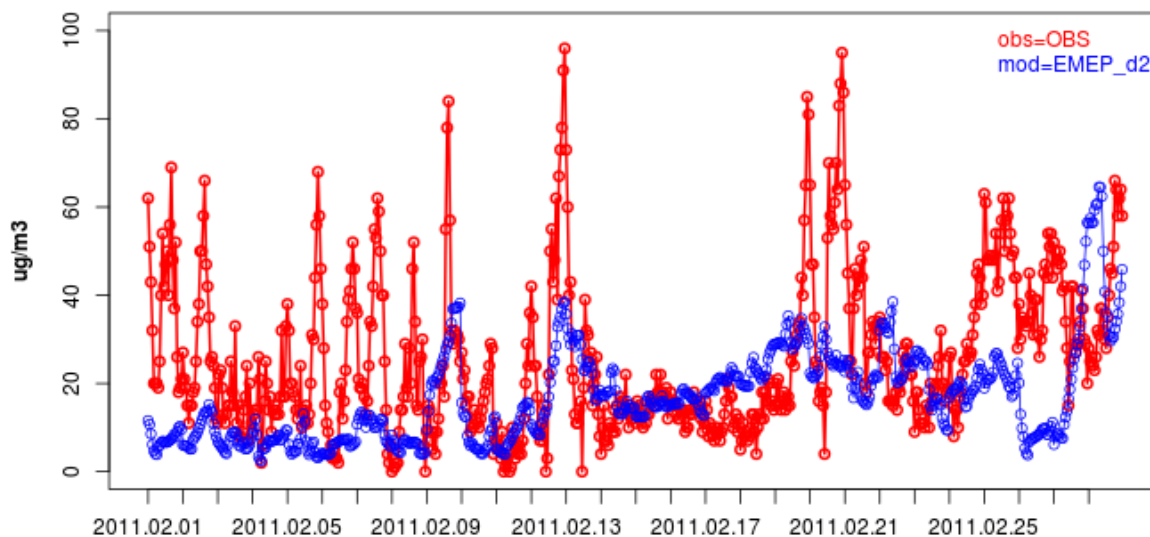
Figur 4.2.3 EMEP/MSC-W prognose (blå) for PM<sub>10</sub> mot observasjoner (rød) for dag 3 på Alnabru, Oslo i februar 2011.

PM10 OBS vs EMP\_d2 Manglerud, Oslo hourly February 2011



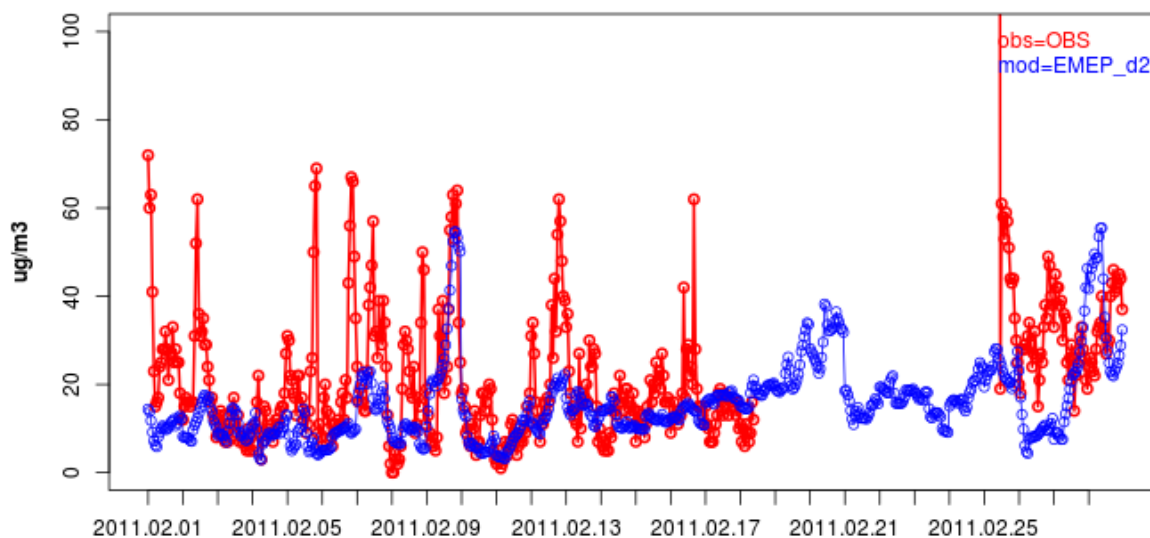
Figur 4.2.4 EMEP/MSC-W prognose (blå) for PM<sub>10</sub> mot observasjoner (rød) for dag 3 på Manglerud, Oslo i februar 2011.

PM10 OBS vs EMP\_d2 Skøyen, Oslo hourly February 2011



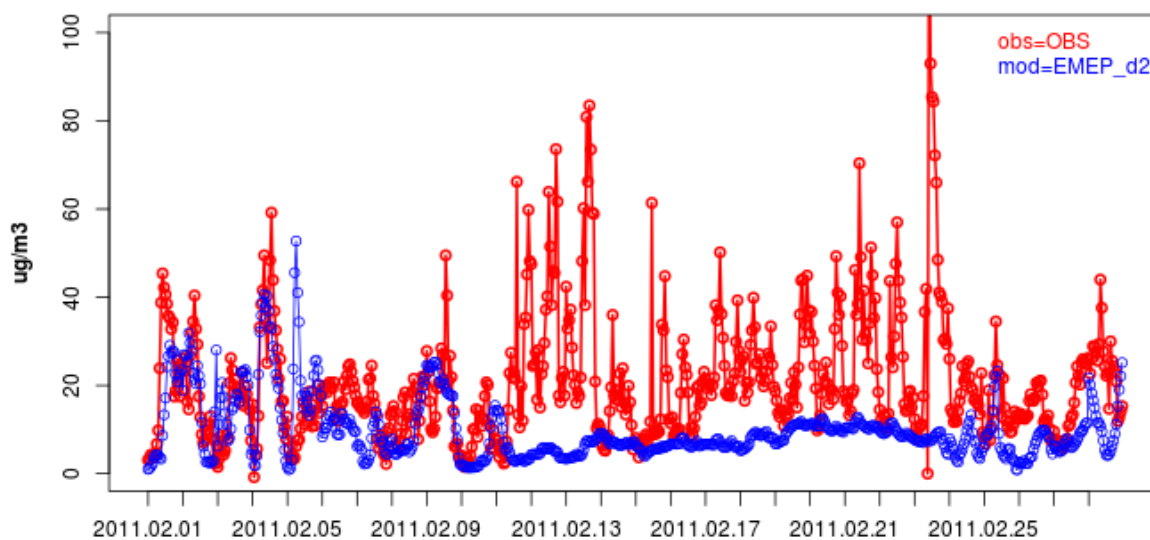
Figur 4.2.3 EMEP/MSC-W prognose (blå) for PM<sub>10</sub> mot observasjoner (rød) for dag 3 på Skøyen, Oslo i februar 2011.

PM10 OBS vs EMP\_d2 Sofienbergparken, oslo hourly February 2011



Figur 4.2.4 EMEP/MSC-W prognose (blå) for PM<sub>10</sub> mot observasjoner (rød) for dag 3 på Sofienbergparken, Oslo i februar 2011.

PM10 OBS vs EMP\_d2 Raadhuset, bergen hourly February 2011



Figur 4.2.5 EMEP/MSC-W prognose (blå) for PM<sub>10</sub> mot observasjoner (rød) for dag 3 på Rådhuset, Bergen i februar 2011.

Tabell 4.2.1 Statistiske feilparametere for NO<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub> og PM<sub>10</sub> i februar 2011 for prognose på dag 3 mot observasjoner i Oslo og Bergen.

NO <sub>2</sub>	OBS middelverdi	MOD middelverdi	%Bias	RMSE	Korrelasjon
Alnabru	75,7	14,9	-80,3	75,1	0,15
Bygdoy_Alle	96,0	15,7	-83,6	93,3	-0,03
Hjortnes	82,8	15,7	-81,0	83,2	0,07
Kirkeveien	62,9	14,9	-76,2	62,9	0,25
Manglerud	65,3	12,5	-80,8	66,0	0,16
Rv4_Aker_sykehus	48,2	14,9	-69,0	47,6	0,26
Smestad	2595,0	15,7	-99,4	3659,1	0,30
Danmarksplass	53,0	8,9	-83,3	55,6	0,12
Rådhuset	39,2	8,9	-77,4	39,3	0,10

PM <sub>2.5</sub>	OBS middelverdi	MOD middelverdi	%Bias	RMSE	Korrelasjon
Alnabru	20,7	12,1	-41,7	15,1	0,47
Bygdoy_Alle	18,6	13,8	-25,6	14,5	0,37
Hjortnes	14,7	13,8	-5,6	10,5	0,30
Kirkeveien	13,2	12,1	-8,4	7,8	0,48
Manglerud	13,0	9,6	-26,3	12,4	0,35
Rv4_Aker_sykehus	12,2	12,1	-1,0	7,0	0,55
Smestad	11,3	13,8	-18,9	8,2	0,31
Sofienbergparken	21,2	12,1	-49,3	81,4	0,13
Danmarksplass	11,7	4,2	-64,6	10,4	0,44
Rådhuset	9,3	4,2	-55,3	7,2	0,37

PM <sub>10</sub>	OBS middelverdi	MOD middelverdi	%Bias	RMSE	Korrelasjon
Alnabru	24,3	15,7	-35,3	8,6	0,41
Bygdoy_Alle	28,2	17,1	-39,3	11,1	0,26
Hjortnes	27,5	17,1	-37,8	10,4	0,12
Kirkeveien	19,3	15,7	-18,5	3,6	0,38
Manglerud	21,3	12,8	-39,8	8,5	0,38
Rv4_Aker_sykehus	20,5	15,7	-23,3	4,8	0,32
Skoyen	25,8	17,1	-33,8	8,7	0,25
Smestad	22,3	17,1	-46,9	19,6	0,17
Sofienbergparken	22,5	15,7	-36,5	31,4	0,22
Danmarksplass	27,9	9,9	-64,5	33,6	-0,05
Rådhuset	21,0	9,9	-52,8	11,1	0,11

#### 4.2.2 Analyse av MACC/EMEP prognose for dag 2 og dag 3 i perioden januar-april 2012

Som et bidrag til sammenlikningen av luftkvalitetsvarslene med og uten randverdifelter i Kapittel 4 i rapporten skrevet av Ødegaard m.fl. 2013a, vil vi her evaluere prognosene fra EMEP/MSC-W modellen mot observasjoner for perioden januar-april 2012. Legg merke til at prognosene fra EMEP/MSC-W modellen er fra en annen modell enn de som ble brukt i Bedre byluft i 2012 og oversikt over type målestasjoner, gate eller bybakgrunn, finnes i Tabell 4.1 i rapporten (Ødegaard m.fl., 2013a).

##### Evaluering av NO<sub>2</sub> fra randverdiprognoene

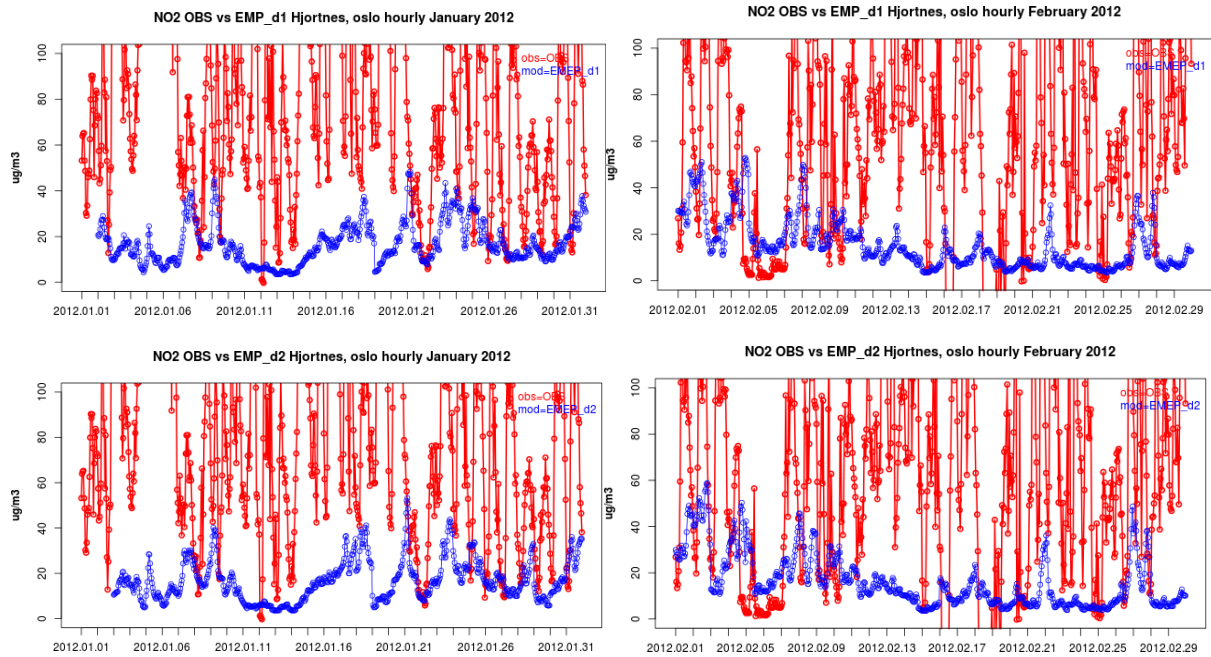
Statistiske parametre for NO<sub>2</sub> prognoser dag 2 og 3 mot observasjoner for perioden januar-april 2012 finnes i tabell 4.2.2. Vi finner lite samsvar mellom prognosen og observasjoner da NO<sub>2</sub> hovedsakelig er av lokal opprinnelse og kun lave konsentrasjoner blir transportert langveisfra. Men som vi ser av Figurene 4.2.6-4.2.7 kan bakgrunnsverdiene fra MACC/EMEP prognosene gi reelle bidrag til visse episoder med forhøyede konsentrasjoner. Det er ingen markant kvalitetsforskjell i prognosene fra dag 2 til dag 3.

Tabell 4.2.2 Statistiske feilparametere for januar-april 2012 for prognose av NO<sub>2</sub> på dag 2 (øverst) og dag 3 (nederst) mot observasjoner i Oslo og Bergen.

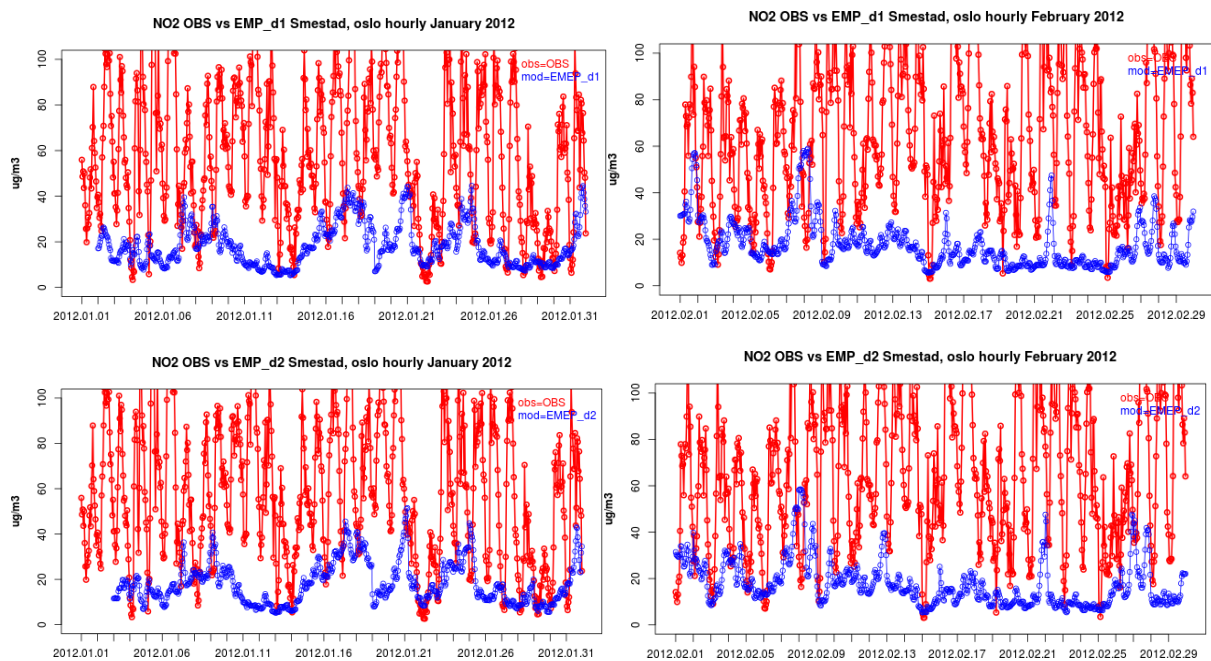
NO <sub>2</sub> dag 2	OBS middelverdi	MOD middelverdi	%Bias	RMSE	Korrelasjon
Alnabru	63,7	14,1	-77,5	62,8	0,16
Bygdoy_Alle	76,9	13,8	-81,5	74,5	-0,02
Hjortnes	61,5	13,8	-77,0	66,9	0,07
Kirkeveien	51,4	14,1	-71,9	52,1	0,12
Manglerud	58,3	12,9	-77,7	62,1	0,20
Rv4_Aker_sykehus	44,2	14,1	-67,5	46,6	0,14
Smestad	55,5	16,0	-70,7	51,4	0,13
Danmarks plass	45,3	7,5	-83,4	51,2	0,11
Rådhuset	32,7	7,5	-77,2	33,5	0,22

NO <sub>2</sub> dag 3	OBS middelverdi	MOD middelverdi	%Bias	RMSE	Korrelasjon
Alnabru	63,7	14,2	-76,4	62,6	0,16
Bygdoy_Alle	76,9	13,9	-80,5	74,2	0,00
Hjortnes	61,5	13,9	-75,9	66,6	0,10
Kirkeveien	51,4	14,2	-71,0	51,9	0,15
Manglerud	58,3	12,8	-77,2	62,3	0,19
Rv4_Aker_sykehus	44,2	14,2	-66,6	46,6	0,14
Smestad	55,5	15,9	-70,1	51,5	0,10
Danmarks plass	45,3	7,6	-82,2	51,1	0,10
Rådhuset	32,7	7,6	-76,0	33,5	0,19





Figur 4.2.6 EMEP/MSC-W prognose (blå) for NO<sub>2</sub> [ug/m<sup>3</sup>] mot observasjoner (rød) for dag 2 (øverst) og dag 3 (nederst) på Hjordnes, Oslo i januar (venstre) og februar (høyre) 2012.



Figur 4.2.7 EMEP/MSC-W prognose (blå) for NO<sub>2</sub> [ug/m<sup>3</sup>] mot observasjoner (rød) for dag 2 (øverst) og dag 3 (nederst) på Smestad, Oslo i januar (venstre) og februar (høyre) 2012.



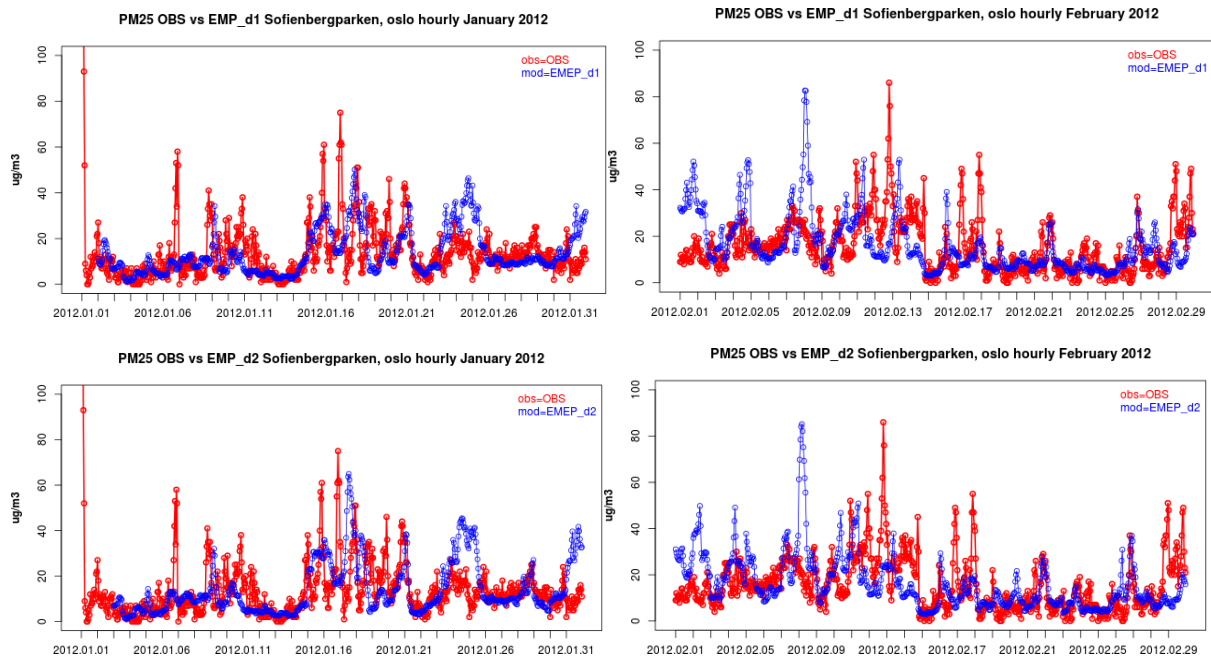
### Evaluering av PM2.5 fra randverdiprognosene

De statistiske feilparametere av PM<sub>2.5</sub> i Tabell 4.2.3 viser litt samsvar mellom randverdiprognosene og observasjoner. De to stasjonene i Bergen, Danmarks plass og Rådhuset har høyere korrelasjon enn alle stasjonene i Oslo. Bybakgrunnstasjonen i Sofienbergparken har liten underestimering av prognoseverdiene, lav middelfeil og høyere korrelasjon blant oslostasjonene. Det er liten kvalitetsforskjell på prognosene for dag 2 og dag 3, men Manglerud har noen ufiltrerte observasjonsverdier. Figurene 4.2.8 og 4.2.9 viser et betydelig bidrag fra bakgrunnsverdiene både på bybakgrunnstasjonen i Sofienbergparken og gatestasjonen på Smestad.

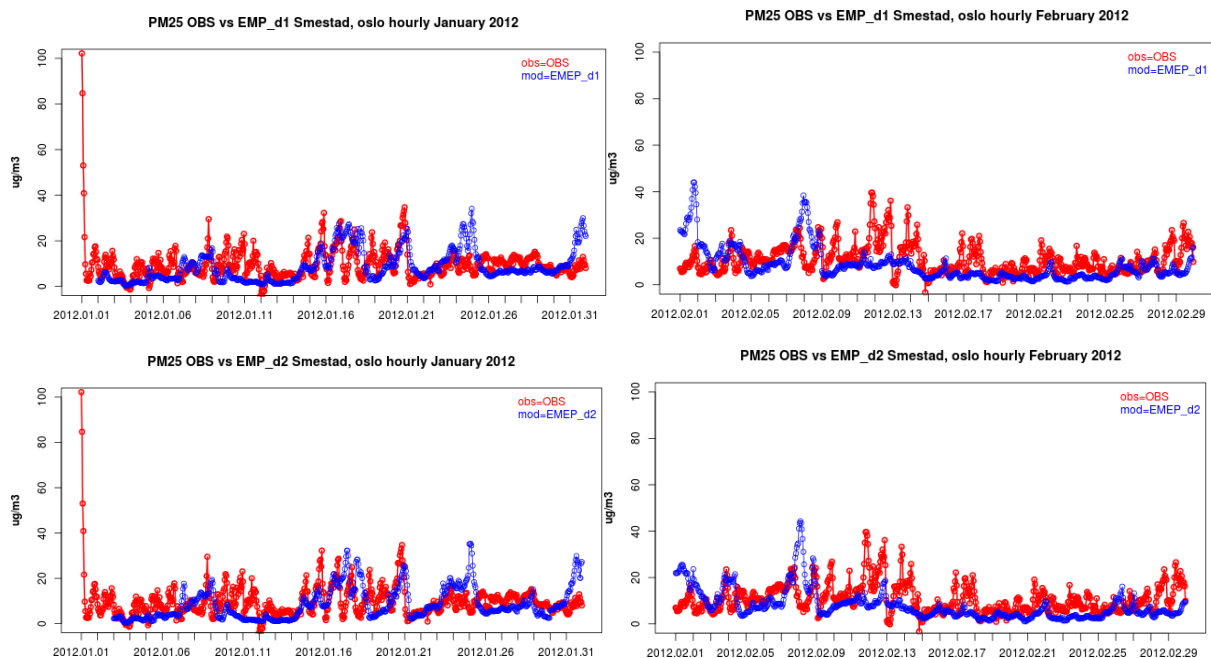
Tabell 4.2.3 Statistiske feilparametere for januar-april 2012 for prognose av PM<sub>2.5</sub> på dag 2 (øverst) og dag 3 (nederst) mot observasjoner i Oslo og Bergen.

PM2.5 dag 2	OBS middelverdi	MOD middelverdi	%Bias	RMSE	Korrelasjon
Alnabru	17,4	11,6	-31,6	17,9	0,17
Bygdoy_Alle	14,2	12,5	-10,9	15,5	0,12
Hjortnes	10,3	12,5	21,9	12,6	0,23
Kirkeveien	9,2	11,6	27,1	10,7	0,22
Manglerud	89,6	10,0	-89,2	4171,8	-0,01
Rv4_Aker_sykehus	10,7	11,6	9,1	71,3	0,02
Smestad	9,2	7,2	-20,6	7,0	0,29
Sofienbergparken	13,5	11,6	-11,4	13,5	0,25
Alnabru	17,4	11,6	-31,6	17,9	0,17
Danmarks plass	8,8	4,7	-46,5	7,8	0,35
Rådhuset	7,7	4,7	-38,4	6,0	0,38

PM2.5 dag 3	OBS middelverdi	MOD middelverdi	%Bias	RMSE	Korrelasjon
Alnabru	17,4	11,8	-30,7	18,2	0,17
Bygdoy_Alle	14,2	12,6	-10,7	15,6	0,13
Hjortnes	10,3	12,6	22,1	12,8	0,23
Kirkeveien	9,2	11,8	28,6	11,2	0,21
Manglerud	89,6	9,8	-89,3	4189,4	-0,01
Rv4_Aker_sykehus	10,7	11,8	10,5	71,6	0,02
Smestad	9,2	7,2	-20,7	7,1	0,25
Sofienbergparken	13,5	11,8	-10,3	13,8	0,24
Alnabru	17,4	11,8	-30,7	18,2	0,17
Danmarks plass	8,8	4,8	-45,8	8,0	0,32
Rådhuset	7,7	4,8	-37,7	6,1	0,36



Figur 4.2.8 EMEP/MSC-W prognose (blå) for PM<sub>2.5</sub> [ug/m<sup>3</sup>] mot observasjoner (rød) for dag 2 (øverst) og dag 3 (nederst) på Sofienbergparken, Oslo i januar (venstre) og februar (høyre) 2012.



Figur 4.2.9 EMEP/MSC-W prognose (blå) for PM<sub>2.5</sub> [ug/m<sup>3</sup>] mot observasjoner (rød) for dag 2 (øverst) og dag 3 (nederst) på Smestad, Oslo i januar (venstre) og februar (høyre) 2012.

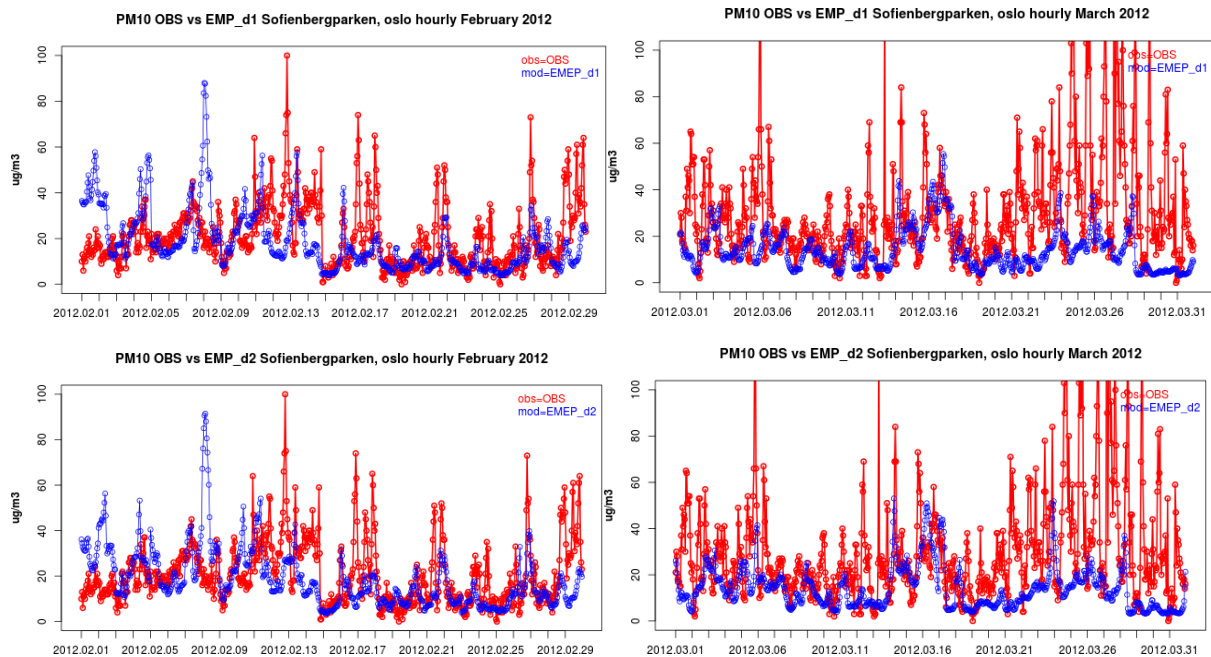
## Evaluering av PM<sub>10</sub> fra randverdiprognosene

De statistiske feilparametere av PM<sub>10</sub> i Tabell 4.2.3 viser lite samsvar mellom randverdiprognosene og observasjoner da PM<sub>10</sub> er hovedsakelig av lokal opprinnelse, oppvirket veistøv. De to stasjonene i Bergen, Danmarks plass og Rådhuset har høyere korrelasjon enn stasjonene i Oslo. Om våren finnes forhøyede bidrag fra oppvirket veistøv. For gatestasjonen på Smestad synes det tydelig i mars med lave bakgrunnsverdier som øker litt i de mest forhøyede episodene. Men også i andre halvdel av mars på bagrunnstasjonen i Sofienbergparken er det episoder hvor bakgrunnsverdiene øker noe i takt med observasjonene.

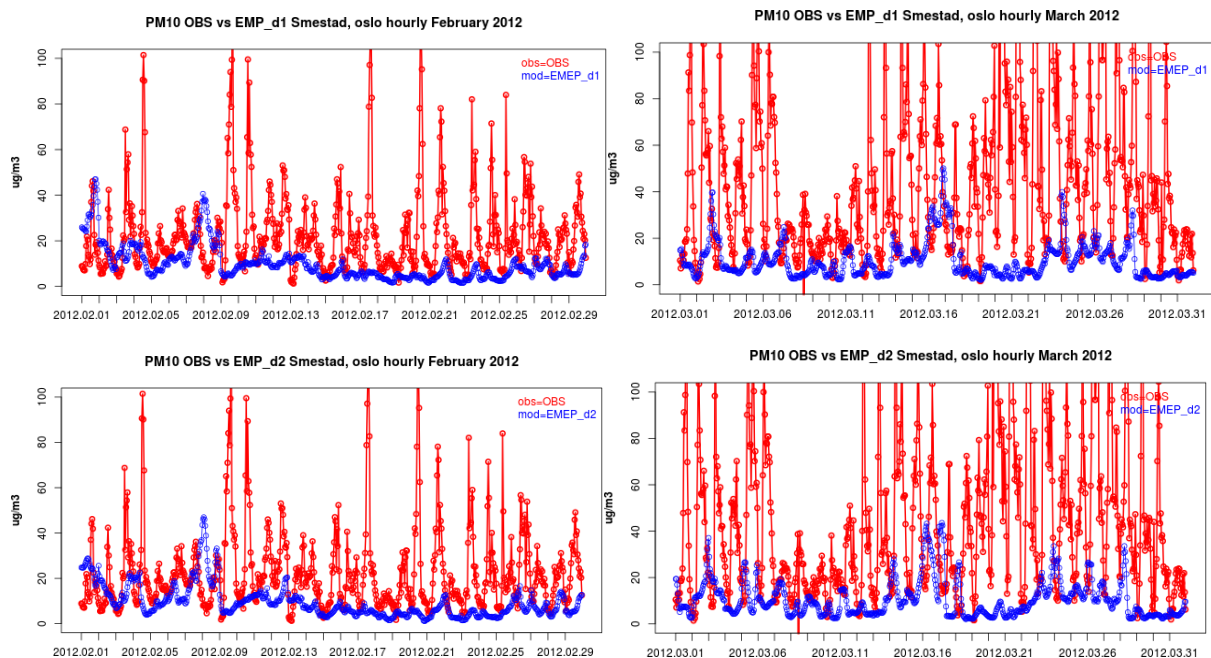
Tabell 4.2.3 Statistiske feilparametere for januar-april 2012 for prognose av PM<sub>10</sub> på dag 2 (øverst) og dag 3 (nederst) mot observasjoner i Oslo og Bergen.

PM <sub>10</sub> dag 2	OBS middelverdi	MOD middelverdi	%Bias	RMSE	Korrelasjon
Alnabru	29,4	14,3	-50,4	33,7	0,12
Bygdoy_Alle	29,3	14,7	-49,0	29,4	0,06
Hjortnes	29,5	14,7	-49,6	34,5	0,11
Kirkeveien	22,8	14,3	-36,5	27,9	0,05
Manglerud	24,9	12,3	-51,7	28,1	0,04
Rv4_Aker_sykehus	22,0	14,3	-34,7	25,3	0,07
Skoyen	21,8	14,7	-31,3	21,9	0,10
Smestad	26,7	9,1	-65,4	33,4	0,04
Sofienbergparken	21,5	14,3	-32,0	26,4	0,12
Danmarks plass	19,9	8,6	-56,4	23,4	0,21
Rådhuset	16,4	8,6	-47,1	17,3	0,28

PM <sub>10</sub> dag 3	OBS middelverdi	MOD middelverdi	%Bias	RMSE	Korrelasjon
Alnabru	29,4	14,5	-49,7	33,8	0,13
Bygdoy_Alle	29,3	14,7	-48,8	29,4	0,07
Hjortnes	29,5	14,7	-49,5	34,5	0,13
Kirkeveien	22,8	14,5	-35,8	28,1	0,06
Manglerud	24,9	12,1	-52,0	28,4	0,02
Rv4_Aker_sykehus	22,0	14,5	-34,1	25,5	0,08
Skoyen	21,8	14,7	-31,1	21,9	0,11
Smestad	26,7	9,1	-65,2	33,5	0,05
Sofienbergparken	21,5	14,5	-31,2	26,5	0,13
Danmarks plass	19,9	8,7	-55,5	23,4	0,16
Rådhuset	16,4	8,7	-46,5	17,5	0,24



Figur 4.2.1 EMEP/MSC-W prognose (blå) for  $PM_{10}$  [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] mot observasjoner (rød) for dag 2 (øverst) og dag 3 (nederst) på Sofienbergparken, Oslo i februar (venstre) og mars (høyre) 2012.



Figur 4.2.1 EMEP/MSC-W prognose (blå) for  $PM_{10}$  [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] mot observasjoner (rød) for dag 2 (øverst) og dag 3 (nederst) på Smestad, Oslo i februar (venstre) og mars (høyre) 2012.

## 5. Oppsummering og anbefaling for videre utvikling

### 5.1 Meteorologimodellen

#### 5.1.1 Oppsummering

For å gi en bedre prognose for alle byene innen Bedre byluft prosjektet vil det arbeides mot å utvikle et stabilt modelloppsett med HARMONIE for Sør-Norge. Målet med dette er å sørge for at modellområdet er stort nok til å la alle småskala parametriseringer få utvikle seg innenfor riktige dimensjoner og være mindre påvirket av «storskala» randfelt.

Det gjenstår fortsatt en del arbeid med nyere versjoner av HARMONIE hvor man kan få til stabile finskala kjøring. Samtidig vil det legges vekt på å forbedre vindprognosene, spesielt tilfeller med svak vind. Vi har vist resultater i kapittel 3.1.1 som viser at det finnes muligheter til å forbedre både temperatur- og vindprognosene. Det finnes også en god del opsjoner for HARMONIE som ikke er undersøkt ferdig enda, men som f.eks. andre modellgrupper innen HARMONIE samarbeidet har testet i sine finskala eksperimenter med gode resultater.

Evalueringen av MACC/EMEP randverdier mot observasjoner på et utvalg av stasjoner viser at EMEP/MACC data, som i hovedsak representerer bakgrunnsverdier, gir et viktig bidrag til konsentrasjonene i byområdene for partikler., Det vil være nyttig å undersøke disse bidragene nærmere, både med hensyn til å evaluere om størrelsen på bidragene er riktige og om konsentrasjonene utenfra modellområdet brukes riktig i forhold til lokale kilder.

#### 5.1.2 Anbefaling for videre utvikling

Basert på siste årets erfaring med varsling, finskala HARMONIE eksperimenter og evaluering av MACC/EMEP randverdier foreslås følgende anbefalinger for neste periode:

- Velge en nyere HARMONIE versjon, c37 eller c38.
- Flere eksperimenter for å optimalisere modellen på stort område (Sør-Norge).
- Benytte EUROCLIMAP2 data på valgt modellområde.
- Eksperimenter med SURFEX opsjoner (eks. orografisk ruhet, vegetasjon, parametrisering av bymiljø).
- Forske på stabile situasjoner/inversjoner. Svak vind. Se på stabilitetsfunksjoner.
  
- Internt seminar med hensyn på varsling.
- AirQUIS inn i DIANA.
- Helårsdrift av modellsystemet.
- Validering – bedre system for sammenligning fra år til år.
- Utrede betydningen av langtransportert luftforurensning fra området utenfor AIRQUIS modellområde (feltene som leses inn fra MACC ensemblet/EMEP modellen).

## 5.2 Luftkvalitetsmodellen

### 5.2.1 Oppsummering

På luftkvalitetssiden har utviklingsarbeidet i 2013 i første rekke vært knyttet til arbeidet med modellgrensesnittet mellom meteorologimodellen HARMONIE og spredningsmodellen EPISODE. Mens dette grensesnittet tidligere var tilpasset laginndelingen i UM-modellen, er det nå tilrettelagt for vertikalstrukturen i HARMONIE. Dette innebærer blant annet at antall vertikale lag i EPISODE nå er økt fra 20 til 35, og at lagstrukturen i de to modellene er nær sammenfallende. Dette minimaliserer feilkilden knyttet til interpolasjon av de meteorologiske inngangsdataene. I tillegg legger det forholdene til rette for framtidig arbeid med å utvikle en tettere kobling mellom modellene.

I forbindelse med omleggingen av vertikaloppløsningen har parametriseringen av den turbulente utvekslingen mellom vertikallagene blitt endret. Dette er et eksempel på en tettere integrering av modellene, ved at HARMONIEs prognoseverdi for tykkelsen av atmosfærens grenselag,  $h_{pbl}$ , benyttes direkte i spredningsmodellens beskrivelse av vertikalspredningen under stabile og nøytrale forhold; se kapittel (3.2.1.3).

Tester har vist at innføringen av det nye grensesnittet gir en svak forbedring av prognosekvaliteten både under normale spredningsforhold (kapittel 3.2.1.4) og for mer ekstreme forurensningsepisoder (kapittel 3.2.1.5). Med dette som bakgrunn ble det nye grensesnittet tatt i bruk ved oppstart av årets Bedre byluft sesong, dvs. sesongen 2013 – 2014.

Sesongen 2012 - 2013 ble regionale prognoseverdier fra MACC (<http://www.gmes-atmosphere.eu>) benyttet som randverdier for luftkvalitetsprognosene i Bedre byluft. Siden de regionale modellprognosene har en relativt grov oppløsning sammenliknet med byberegningene i Bedre byluft, ble randverdiene i utgangspunktet lagt inn på en forenklet måte, som beskrevet i kapittel 3.2.2. Som del av utviklingsarbeidet i år, har dette blitt endret slik at de tilgjengelige 3-dimensjonale verdiene fra MACC Ensemble-prognosene anvendes til å estimere randverdiene for de ulike byområdene i Bedre byluft (se kapittel 3.2.2.1). I tillegg har betydningen av vertikaloppløsningen av randverdiene blitt testet ved å benytte randverdier fra EMEP-modellen med ulik vertikaloppløsning (se kapittel 3.2.2.2). Testene viser at den økte oppløsningen som introduseres ved bruk av mer komplette 3D felter på modellrendene, foreløpig ikke har veldig stor betydning. Det forventes imidlertid at oppløsningen i de regionale modellene vil forbedres, og at betydningen av mer detaljerte randverdier dermed vil øke.

Gjennomgående er kvaliteten på  $PM_{10}$  prognosene relativt dårlig. Dette skyldes i stor grad usikkerheter knyttet til bidraget fra oppvirvlet veistøv (dvs. svevestøv utenom eksospartikler). I løpet av de siste årene er en ny modell blitt utviklet (NORTRIP, Denby et al. 2012) for å estimere dette støvbidraget. For å anvende denne modellen kreves imidlertid en del inngangsdata som i utgangspunktet ikke er allment tilgjengelige. Som beskrevet i kapittel 3.2.3, er det derfor i årets Bedre byluft prosjekt gjennomført en forstudie, for å kartlegge tilgjengeligheten av nødvendige inngangsdata. Forstudien har vist at et betydelig arbeid må

gjennomføres for å samle inn alle relevante inngangsdata for en effektiv anvendelse av NORTRIP modellen. Dette innbefatter sanntidsdata om meteorologi, veibanens beskaffenhet og veivedlikehold. Dessuten trengs metadata om veidekketype og bygningsforhold langs veinettet. Det er i tillegg en rekke modellmessige aspekter som trenger videreutvikling, som f.eks. veirensing, støvbinding, og avrenningsprosesser. Til tross for disse utfordringene anbefales det at arbeidet med implementering av NORTRIP i BedreByluft igangsettes. Potensialet for prognoseforbedringer er stort, og modellen vil også gi nye muligheter for å analysere virkninger av ulike støvdempende tiltak.

Før oppstart av årets sesong ble ”Evaluerings”- og ”Varslings”- modulene som er tilgjengelige på Admin-sidene på Luftkvalitet.info, <http://admin.luftkvalitet.info/>, oppdatert basert på innspill fra brukerne, Oslo kommune, Drammen kommune og Meteorologisk institutt. De gjennomførte oppdateringene er beskrevet ovenfor i kapittel 3.2.5 og 3.2.6.

### 5.2.2 Anbefaling for videre utvikling

Basert på erfaringene fra årets arbeid med prognosesystemet HARMONIE/EPISODE , som beskrevet ovenfor i kapittel 3.2, anbefales fortsatt utviklingsaktivitet på følgende områder:

- Start av arbeidet med implementering av modellen NORTRIP i Bedre byluft der målet for 2012 er å ferdigstille første fase med parallellkjøringer og bruk av enkelt oppsett av NORTRIP modellen. Modellen må deretter videreutvikles og omprogrammeres for tilpasning til varslingsystemet. Blant annet må dataflyt etableres for nye inngangsdata som for eksempel informasjon fra entrepenører som utfører vinterdriften. Se nærmer omtale av implementeringsplanen i den engelske NORTRIP beskrivelsen i Appendiks 1. Det legges opp til 2 års varighet for NORTRIP-implementeringen.
- Tettere integrering mellom HARMONIE og EPISODE: Arbeidet som er gjort i år har lagt grunnlaget for en ytterligere sammenkobling av de to modellene. Dette arbeidet bør videreføres slik at EPISODE-beregningene kan dra nytte av den kontinuerlige utviklingen som foregår i grenselagsbeskrivelsen i HARMONIE.
- Gjennomgang av ”restart”-metodikken: Under ekstreme forurensningsepisoder, som f. eks. januar 2010, er luftkvalitetsprognosene avhengige av optimale restart-betingelser. Det bør vurderes hvorvidt den eksisterende restart-metoden kan forbedres, eventuelt med assimilasjon av tilgjengelige observasjonsdata.
- Økning av modellområdenes størrelse: Noe av forbedringen som vi ser i prognosene skyldes at modellområdene er økt noe i størrelse, og betydningen av en ytterligere økning bør vurderes.
- Vurdering av effekten av mulige tiltak: Under siste Bedre Byluft Forum i november 2013, ble det påpekt at det er behov for videre arbeid innen Bedre Byluft prosjektet med vurdering av effekt av mulige tiltak for å redusere luftkvalitetsproblemer. Når det er varslet overskridelser av grenseverdier er det ønskelig med en modellbasert tilleggs vurdering av situasjonen. I første omgang kan det være nyttig å teste et system som identifiserer bidrag fra nasjonale og internasjonale kilder til byforurensning. Målet er



å kunne bedømme om det hjelper med lokale kontrolltiltak eller om det er slik at overskridelsen skyldes en episode av langtransporterte luftforurensning. Dette arbeidet kan kobles til pågående arbeid under MACC prosjektet. Det er også anbefalt å teste innføringen av et vurderingssystem gjennom scenariokjøringer (såkalte grønne scenarier). Målet her er å definere mulige kontrolltiltak (f.eks. trafikkrestriksjoner, rensing av veier, etc.) som testes med meteorologiprognosen, for å avdekke om de varslede overskridelsene kan unngås. Denne tilleggsvurderingen skal kunne hjelpe myndighetene med å vurdere effekten av mulige kontrolltiltak.

- Rapportering på engelsk og publisering av en fagfelleurdert artikkel. For å nå ut til et større publikum, både avanserte brukere av tilsvarende system i utlandet og forskere, er det foreslått å lage en rapport på engelsk som oppsummerer prognosesystemet Bedre byluft, i tillegg til å skrive en fagfelleurdert artikkel.

## 5.3 Statistiske metoder for korreksjon av luftforurensningsprognoser

### 5.3.1 Oppsummering

I rapporten (Steinbakk mfl., 2013) vises resultater av forbedringspotensialet som finnes i å kombinere prognosene fra AirQUIS med statiske modeller tilpasset måledata. Det er utviklet en statistisk modell for selve målestasjonene, og en modell som også kan brukes utenfor målestasjonene. Disse resultatene kan brukes til å gi en beskrivelse av usikkerheten i prognosene og man kan se på sannsynligheter for overskridelse av luftkonsentrasjoner. Rapporten viser at det er mulig å forbedre deterministiske prognoser fra AirQUIS med en relativ enkel statistisk modell i størrelsesorden 10-20% for RMSE og 10-40% for korrelasjon.

Metoden har vist å ha effekt i Oslo med mange målestasjoner, men det er usikkert om man vil oppnå den samme effekten i andre byer med langt færre målestasjoner.

I rapporten (Ødegård og Walker, 2013) beskrives alternative statistiske metoder for justering av modellprognoser fra AirQUIS med observasjoner basert på bruk av såkalt dynamiske lineære regresjonsmodeller og hierarkisk rom-tid modellering. Optimalt kan slike metoder ta hensyn til dynamisk endring av sammenheng og usikkerhet mellom observerte og prognoserte konsentrasjoner.

### 5.3.2 Anbefaling for videre utvikling

- Undersøke muligheter for å ha tilgang til kontinuerlig kvalitetsikrede måledata i nåtid da de statistiske metodene kan gi dårligere prognoser på grunn av instrumentfeil.
- Metoden bør testes i Oslo og eventuelt andre byer med færre målestasjoner.
- Ytterligere utvikling med utgangspunkt i den statistiske modellen og forbedringer ved i tillegg å ta hensyn til prognoseusikkerhet under bestemte meteorologiske forhold blant annet.
- Undersøke og teste bruk av dynamisk lineære modeller og anvendelse av hierarkisk rom-tid modellering for Oslo og eventuelt andre byer med færre målestasjoner.



## 6. Referanser

- Denby, B.R., Sundvor, I., Johansson, C., Pirjola, L., Ketzler, M., Norman, M., Kupiainen, K. , Gustafsson, M., Blomqvist, G. and Omstedt, G., 2013a. A coupled road dust and surface moisture model to predict non-exhaust road traffic induced particle emissions (NORTRIP). Part 1: road dust loading and suspension modelling. *Atmos. Environ.* 77, 283-300.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.04.069>
- Denby, B.R., Sundvor, I., Johansson, C., Pirjola, L., Ketzler, M., Norman, M., Kupiainen, K. , Gustafsson, M., Blomqvist, G., Kauhaniemi, M. and Omstedt, G., 2013. A coupled road dust and surface moisture model to predict non-exhaust road traffic induced particle emissions (NORTRIP). Part 2: surface moisture and salt impact modelling. *Atmos. Environ.*, 81, 485-503. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.09.003>
- Denby, B. R. and Sundvor, I. 2012. NORTRIP model development and documentation. Norwegian Institute for Air Research (NILU OR 23/2012). URL:  
<http://www.nilu.no/Default.aspx?tabid=62&ctl=PublicationDetails&mid=764&publicationid=26896>
- Denby, B.R. (2012) NORTRIP emission model user guide. Kjeller, NILU (NILU TR, 02/2012). URL:  
<http://www.nilu.no/Default.aspx?tabid=62&ctl=PublicationDetails&mid=764&publicationid=26895>
- Denby, B.R. (2013) Modelling non-exhaust emissions of PM10 in Oslo. Impact of traffic parameters and road maintenance activities using the NORTRIP model. Kjeller, NILU (NILU OR, 29/2013).  
<http://www.nilu.no/Default.aspx?tabid=62&ctl=PublicationDetails&mid=764&publicationid=27232>
- Denby, B.R., Sundvor, I. (2013) Modelling non-exhaust emissions of PM10 in Oslo. Impact of the environmental speed limit using the NORTRIP model. Kjeller, NILU (NILU OR, 41/2013).  
<http://www.nilu.no/Default.aspx?tabid=62&ctl=PublicationDetails&mid=764&publicationid=27233>
- NVDB, 2013. Nasjonal Vegdatabank URL:  
<http://svvgw.vegvesen.no/http://svvnvdbapp.vegvesen.no:7778/webinnsyn/anon/index>
- Simpson D., A. Benedictow, H. Berge, R. Bergström, L. D. Emberson, H. Fagerli, C. R. Flechard, G. D. Hayman, M. Gauss, J. E. Jonson, M. E. Jenkin, A. Nyíri, C. Richter, V. S. Semeena, S. Tsyro, J.-P. Tuovinen, Á. Valdebenito, and P. Wind (EMEP/MSC-W 2012). The EMEP MSC-W chemical transport model – technical description, *Atmos. Chem. Phys.*, 12, 7825-7865, 2012 <http://www.atmos-chem-phys.net/12/7825/2012/acp-12-7825-2012.html>

Steinbakk, G. H., M. Aldrin, T. Thorarinsdottir (2013). Statistiske metoder for korreksjon av deterministiske luftforurensningsprognoser, Notatnr SAMBA/38/13 Norsk Regnesentral

Ødegaard, V., L. H. Slørdal, H. Abildsnes og A. Kristensen, (2013a). BedreByluft – Prognoser for meteorologi og luftkvalitet i norske byer vinteren 2011-2012. met.no report 10/2013, Meteorologisk institutt met.no

Ødegaard, V., L. H. Slørdal, H. Abildsnes og A. Kristensen, (2013b). BedreByluft – Prognoser for meteorologi og luftkvalitet i norske byer vinteren 2012-2013. met.no report 14/2013, Meteorologisk institutt met.no

Ødegård, R., S.E. Walker (2013) Forprosjekt: Levering av luftkvalitetsdata til webportalen Dit.no. Kjeller, NILU (NILU OR /2013).

## Appendiks 1. About NORTRIP model

### A.1.1 Aim and scope

This section addresses the specifications and data requirements for implementing the road dust model NORTRIP as part of Bedre byluft forecasting. One of the major aims of developing NORTRIP model is its application for assessing measures taken to reduce road dust emissions. When used as a forecasting tool it provides the possibility for assessing, prior to implementation, the impact of a selected number of mitigation measures. The two most important of these will be cleaning and dust binding. It should be possible, by use of parallel calculations, to assess the impact of these activities in order to make the most effective use of resources and to help provide information to road maintenance contractors. Indeed NORTRIP will also require information on salting, binding and cleaning from these contractors if it is to be effectively implemented.

In this section we provide some background information concerning the emission model and then list the input data required. This serves as a basis for establishing the availability of these data to run the model in forecast mode. Input to this document has come from several parties including Statens Vegvesen, road contractors (e.g. ISS), NILU, met.no and the Oslo city authorities.

### A.1.2 Background to the NORTRIP model

The NORTRIP road dust emission model has been developed at NILU to predict road wear and other non-exhaust emissions generated by traffic. The model is the 'state of the science' in non-exhaust emission modelling and has been validated against a number of Nordic data sets (Denby et al., 2013a, 2013b; Denby and Sundvor 2012; Denby 2012). The model has also been applied for Statens Vegvesen to calculate the impact of speed reduction (Denby and Sundvor, 2013) and of studded tyre share and road maintenance activities (Denby, 2013). The model consists of two sub-models:

1. the road dust sub-model that predicts non-exhaust emissions and accumulated dust on the road surface,
2. the surface moisture sub-model, that predicts surface wetness and resulting retention of dust.

In addition to dust the model also considers the impact of salting, cleaning and sanding on the road surface moisture. A schematic of the model is shown in Figure 3.2.23.

The model has been developed for single road applications with high quality input data. It is currently being tested within the stand alone AirQUIS structure for its application to all road links in Oslo. Applying the model in this way requires some level of simplification but the model remains essentially the same. The model requires significantly more input data than is

currently implemented in AirQUIS calculations for non-exhaust traffic emissions, currently used in Bedre byluft forecasts.

**NORTRIP emission model concept and processes**

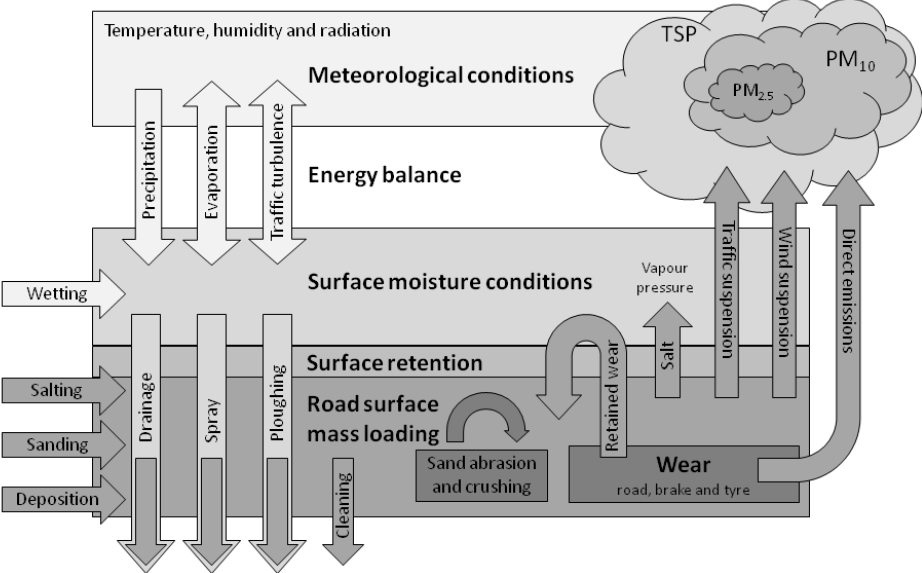


Figure 3.2.23. Schematic representation of the NORTRIP model concept and processes

**A.1.3 Input data requirements for the model**

Table 3.2.11 lists the input data requirements for the single road application of the model. In addition to these input data there are also a number of model parameters that need to be provided. Some of these are uncertain and require further assessment, e.g. for cleaning, and further model development and observational data is required to improve this.

Table 3.2.11. Input data requirements for the NORTRIP emission model.

Site and road data	Traffic (hourly)	Meteorology (hourly)	Road maintenance activity (hourly)
Number of lanes	Time and date	Time and date	Time and date
Width of lane (m)	Total traffic volume (veh/hr)	Observed atmospheric temperature (°C)	Sanding mass per hour (g/m <sup>2</sup> )
Road width (m)	Total heavy duty vehicle traffic volume (veh/hr)	Wind speed (m/s)	Salting mass NaCl per hour (g/m <sup>2</sup> )
Street canyon width (m)	Total light duty vehicle traffic volume (veh/hr)	Relative humidity (%)	Salting mass MgCl <sub>2</sub> per hour (g/m <sup>2</sup> )
Street canyon height north (m)	Studded tyre heavy duty vehicle traffic volume (veh/hr)	Rain fall (mm/hr)	Road wetting per hour (mm)
Street canyon height south (m)	Studded tyre light duty vehicle traffic volume (veh/hr)	Snow fall (mm/hr)	Road cleaning occurrence
Street orientation (degrees from north)	Winter friction tyre heavy duty vehicle traffic volume (veh/hr)	Global radiation (W/m <sup>2</sup> )	Snow ploughing occurrence
Latitude (decimal degrees)	Winter friction tyre light duty vehicle traffic volume (veh/hr)	Cloud cover (fraction) *	

Longitude (decimal degrees)	Summer tyre heavy duty vehicle traffic volume (veh/hr)	Road surface wetness (mV or mm) **
Elevation (m a.s.l.)	Summer tyre light duty vehicle traffic volume	Road surface temperature (°C) **
Height of observed wind (m)	Heavy duty vehicle speed (km/hr)	
Height of observed temperature and RH (m)	Light duty vehicle speed(km/hr)	
Surface albedo (0-1)		
Time difference with UTC (hr)		
Surface pressure (mbar)		
Driving cycle (index)		
Pavement type (index)		

\* Not obligatory, cloud cover can be estimated from the global radiation

\*\* Not required directly for the emission modelling but can be used for comparison with observed concentrations

### A.1.4 Required data and data sources

In Tables 3.2.12 – 3.2.15 we list the individual data types, shown in Table 3.2.11, with a short description and the likely provider of this information. Some of the data may be based on archived or on real time information. These tables require input from the relevant bodies to ascertain the availability of these data.

#### *Metadata requirements*

Some information concerning roads is required that is not currently available. The most important of these is information connected to road wear and pavement type. The National Vegdatabank (NVDB, 2013) is the major source of traffic data and may also provide information for some metadata requirements.

Table 3.2.12. Metadata requirements

Data	Description	Comment	Provider	Availability	Priority
<b>Street canyon height, width and orientation</b>	When implementing the model on individual roads then these data are required for calculating the radiation balance (i.e. for shading and for longwave radiation)	This would require the processing of DEM data for Oslo to provide individual information for each road.	Kommune	Not required yet	MEDIUM
<b>Road surface albedo</b>	Required for radiation balance	Currently set at 0.3 but other information may be available	SV	Can be estimated without further input	LOW
<b>Road pavement type</b>	The model estimates road wear due to studs using road pavement characteristics such Nordic Ball Mill (NBM) and stone size.	Some information concerning road pavement type ('Vegdekke_masstype') is available through Vegdatabank but this information needs to be related to the NBM and stone size information required by the model.	SV	Can be estimated but best if available	HIGH
<b>Road surface texture</b>	The road surface texture appears to be an important parameter for both drainage and suspension/retention of dust and salt. Though not currently a direct input parameter in the model this will be included in future versions of the model	Surface texture may be determined from laser measurements of the surface that are routinely carried out by SV to assess road wear profiles.	SV Other?	Will be required in the future	MEDIUM

### ***Traffic data requirements***

Generally traffic data is already available but some aspects such as speed are more important for road dust modelling than for other emissions and will require improved information. In general the National Vegdatabank (NVDB, 2013) provides this type of information. Basic traffic data is part of the AirQUIS emissions inventory. Speed data is available from traffic counting sites, which tend to be few. More recent developments within Google maps (where traffic speed is registered online from mobile phones using Crowd sourcing methods, maps.google.com) may provide a new source of speed data but for privacy and corporate reasons this has limited accessibility.

*Table 3.2.13. Traffic data*

<b>Data</b>	<b>Description</b>	<b>Comment</b>	<b>Provider</b>	<b>Availability</b>	<b>Priority</b>
<b>Traffic volume</b>	Traffic volume is essential information for the model. This is already provided, based on HVDB, and included in AirQUIS emissions. Basic information concerning temporal profiles is available.	Updates concerning traffic volume on communal roads and updates on temporal profiles (both volume and speed) are required. In addition updates concerning holiday traffic levels are needed.	SV Oslo kommune	Currently available but can be improved	MEDIUM
<b>Share of HDV</b>	Heavy duty vehicles have an enhanced impact on the road wear and suspension. HDV fraction is currently available through NVDB and is already applied in AirQUIS.	Updates concerning the 'definition' of HDV are required (by length or weight) and improved information of HDV on communal roads is also required.	SV Oslo kommune	Currently available but can be improved	MEDIUM
<b>Traffic speed</b>	Speed is an important parameter in the NORTRIP model as wear is linearly dependent on this. Currently only signed speed is available from NVDB but this does not always reflect real speeds.	Information either from a traffic model or some form of conversion from signed speed to real speed is needed. This would need to include congestion and resulting speed reductions on an hourly basis	SV Traffic modellers? NILU	Needs development, new information or updating	HIGH
<b>Studded tyre share</b>	The studded tyre share is a very important parameter for the model as this is the major source of wear. Currently fixed fractions, e.g. 16% for LDV and 8% for HDV are used.	Updates each year are required as well as the temporal variation in the studded tyre share. E.g. increase in November and reduction after Easter. In addition it is assumed that studded tyre share is the same for all roads. Transit roads, e.g. RV and E roads may have higher shares. More information required, also on HDV studded tyre share	SV	Can use current estimates but improvements needed	MEDIUM

### ***Meteorological data requirements***

Most meteorological data can be extracted from the existing forecast model data. However, the use of updated real time meteorological data may significantly improve the road dust emission forecasting and is also included here.

*Table 3.2.14. Meteorological data.*

<b>Data</b>	<b>Description</b>	<b>Comment</b>	<b>Provider</b>	<b>Availability</b>	<b>Priority</b>
<b>Temperature</b>	Screen level temperature for NORTRIP energy balance model	To be taken from meteorological model (HARMONI) lowest level	Met.no	Yes	HIGH
<b>Wind speed</b>	Wind speed and height for NORTRIP energy balance model	To be taken from meteorological model (HARMONI) lowest level	Met.no	Yes	HIGH
<b>Relative humidity</b>	Relative humidity for NORTRIP evaporation and radiation calculations	To be taken from meteorological model (HARMONI) lowest level	Met.no	Yes	HIGH
<b>Rain and snow fall</b>	Important parameter for road wetness. Quality of precipitation forecasts needs	To be taken from meteorological model (HARMONI) lowest level. Also	Met.no	Yes, observed	HIGH

	to be assessed. Observed precip can be used to initialise the model.	can be taken from updated observed values up until the forecast start date.		available but not in a data flow	
<b>Global radiation</b>	Global shortwave radiation for NORTRIP energy balance calculations	To be taken from meteorological model (HARMONI), surface parameter	Met.no	GRIB files Interface required	HIGH
<b>Incoming longwave radiation</b>	Currently NORTRIP calculates longwave radiation, incoming, based on (cloud cover), temperature and RH. This parameter can also come directly from the meteorological model	To be derived or taken from the meteorological model (HARMONI), surface parameter	Met.no	GRIB files Interface required	HIGH
<b>Cloud cover</b>	Needed for longwave radiation calculation.	To be taken from the meteorological model (HARMONI)	Met.no	FELT file Interface required	LOW
<b>Road surface temperature and wetness monitoring</b>	NORTRIP calculations can be compared with measurements of road surface temperature and wetness.	These data can be used for validation or for model initialisation. SV road weather sites	SV	Surface temperature at 4 SV traffic sites or through Veivær modlling	MEDIUM

### ***Road maintenance activity data requirements***

These data are new to forecasting but are important for a successful forecast and for the proper initialisation of the model based on previous days activities. NORTRIP cannot properly predict road dust emissions if no information concerning salting, dust binding or cleaning is available. These data can be used in two ways, for re-initialisation (see section 5) of the model with yesterday’s maintenance activities and for developing predictive road maintenance rules common to both the forecast and the contractors carrying out operations.

*Table 3.2.15. Road maintenance activity data*

<b>Data</b>	<b>Description</b>	<b>Comment</b>	<b>Provider</b>	<b>Availability</b>	<b>Priority</b>
<b>Sanding mass and timing</b>	If sand, or gravel, is applied to the road or pedestrian surface then the timing, position (streets) and the amount is required	If the forecast of such events cannot be predicted then occurrence in the last 24 hours would be required for reinitialisation of the model	SV ISS Other contractors? Kommune?	None available	MEDIUM
<b>Salting mass and timing</b>	I salt is applied to the road then the timing, position (street), amount, solution and type of salting is required.	If the forecast of such events cannot be predicted then occurrence in the last 24 hours would be required for re-initialisation of the model	ISS Other contractors? Kommune?	Some archived data available	HIGH
<b>Dust binding activities</b>	Dust binding is a special type of salting activity in the model and the same type of information is required. Application may be different, e.g. on the road shoulder as well	If the forecast of such events cannot be predicted then occurrence in the last 24 hours would be required for re-initialisation of the model	ISS Other contractors? Kommune?	Some archived data available but little information on methods	HIGH
<b>Road cleaning and rinsing</b>	The model can remove dust from the surface as a result of cleaning. Timing and efficiency of cleaning will vary for cleaning method and this information is required.	If the forecast of such events cannot be predicted then occurrence in the last 24 hours would be required for re-initialisation of the model.	ISS Other contractors? Kommune?	Some little archived data available but more required	HIGH
<b>Snow ploughing</b>	The model automatically removes snow above a critical level but direct information concerning snow ploughing would be beneficial	This is assumed to occur in the model automatically, to avoid a build up of snow. However, some roads may be ploughed less often. Information concerning this is required.	ISS Other contractors? Kommune?	Some little archived data available but more required	LOW

### A.1.5 Initialisation of the model

Because NORTRIP has a memory, information is required at the start of each model forecast. Some initial information, such as model surface wetness and dust loading, impact on the future calculations. This will involve storage of model data from previous calculations.

If updated monitoring data is available for some of the model input parameters, e.g. meteorological data, then the model can be rerun on these ‘real’ data to provide the best estimate of the initial conditions (re-initialisation). This will eliminate errors introduced by previous forecasting errors. In addition updates of road maintenance carried out since the last forecast can be used in the re-initialisation of the model. This may be an important detail for the successful implementation of NORTRIP as a forecast model. Extensive testing will be required.

Table 3.2.16. Initialisation data

Data	Description	Comment
Road dust loading	Dust loading of the road surface	Model output from previous forecast or after re-initialisation
Road salt loading	Salt loading (all salts) of the road surface	Model output from previous forecast or after re-initialisation
Road surface water	Fluid water on the road surface	Model output from previous forecast or can be updated for re-initialisation if monitoring data are available
Road surface ice	Ice water on the road surface	Model output from previous forecast or can be updated for re-initialisation if monitoring data are available
Precipitation	Observed precipitation	Can be updated for re-initialisation if monitoring data are available
Temperature	Observed temperature	Can be updated for re-initialisation if monitoring data are available
Humidity	Observed humidity	Can be updated for re-initialisation if monitoring data are available

### A.1.6 Implementation and improvement of the salting and sanding model

A rule based model is currently implemented in NORTRIP to determine, based on meteorological information, when certain road maintenance activities occur. This can be improved based on archived maintenance activities, on rules employed by the contractors and in dialogue with the contractors. The salting rules are described using the following logic:

A window of time is established ( $t_{rule-window}$ ) that can be used both backwards and forwards in time, around the current time ( $t_0$ ) in which a number of meteorological parameters are searched for. If these parameters are found within specified bounds then salting can occur at predefined times of the day ( $t_{rule-hour}$ ). A minimum ‘delay’ time between salting events is prescribed ( $t_{rule-delay}$ ). The following rules apply based on temperature ( $T_a$ ), Humidity ( $RH_a$ ) and precipitation ( $Prec$ ).

If  $t_0 = t_{rule-hour}$  and  $t_0 > t_{last-application} + t_{rule-delay}$  then (salting is allowed this hour):

If  $T_{rule-min} < T_a(t) < T_{rule-max}$  for  $t = t_0$  to  $t_0 + t_{rule-window}$  then  $T_{allowed}$  is true

If  $RH_a(t) > RH_{rule-min}$  for  $t = t_0$  to  $t_0 + t_{rule-window}$  then  $RH_{allowed}$  is true



If  $Prec(t) > Prec_{rule-min}$  for  $t = t_0 - t_{rule-window}$  to  $t_0 + t_{rule-window}$  then  $Prec_{allowed}$  is true

If  $T_{allowed}$  and ( $RH_{allowed}$  or  $Prec_{allowed}$ ) then  $t_{application} = t_0$  (salt is applied)

An additional rule concerning the wetting of the salt, at a predefined solution (e.g. 20% salt), is included. Salt is applied in solution if the road surface moisture is below a threshold value ( $g_{rule-min}$ ). Values of the various parameters are listed in Table 3.2.17. For snow ploughing a much simpler condition is applied. When snow depth on the road surface exceeds a limit value ( $> 3$  mm w.e., which for fresh snow is around 3 cm in depth) then snow ploughing occurs and snow is removed with a specified efficiency.

Table 3.2.17. Parameters used to define the salting rule model

Salting rule parameter	Value	Units	Comment
$t_{rule-hour} (1)$	05:00	hh:mm	First time of day when salting can occur
$t_{rule-hour} (2)$	20:00	hh:mm	Second time of day when salting can occur
$t_{rule-delay}$	0.2	days	Minimum allowable time between salting events in days
$t_{rule-window}$	0.5	days	Time window checked ahead (temperature, RH) and behind (precipitation) in days
$T_{rule-min}$	-6	°C	Minimum temperature for salting in the forward time window
$T_{rule-max}$	0	°C	Maximum temperature for salting in the forward time window
$Prec_{rule-min}$	0.1	mm/hr	Salt if precipitation occurs above this level in the forward and behind time window
$RH_{rule-min}$	95	%	Salt if the relative humidity is above this level in the forward time window
$g_{rule-min}$	0.25	mm	Dry salt if the surface moisture is above this value at time of salting
$M_{salting}(i)$	15	g/m <sup>2</sup>	Mass of salt applied at each application for salt type I (NaCl or MgCl <sub>2</sub> )
$Salt_{solution}$	0.2	kg/litre	Salt solution by mass, if 0 then dry salting

## A.1.6 Implementation plan for NORTRIP in Bedre byluft forecasting

### Implementation requirements

In order to implement the NORTRIP model, once data sources have been identified, a number of steps are required for its operational use. These include:

1. Recoding of model for use as a multi-road model
2. Interfacing of model and data
3. Model testing and assessment
4. Establishing real time data flows
5. Operational testing and assessment
6. Information, interaction and guidance for users

This may be carried out in three phases.

**Phase 1:** Inclusion of the NORTRIP model given the best current available data sources.

**Phase 2:** Inclusion of improved data sources, real word initialisation, testing and comparison

**Phase 3:** Use of NORTRIP as a predictive tool for implementation of road dust reduction measures

In addition to these activities there are continuous efforts to improve our understanding of road dust emissions, both in Norway and in other Nordic countries. Developments there will need to be included during and after the implementation of the model.

#### **Implementation in 2014**

In 2014 the aim will be to establish phase 1 (above) and partially address phase 2. NORTRIP will be established as an emissions model for the air quality calculations and will be run parallel as a test case for the next season 2014-2015. The following efforts will be required (an indication of time needed is also given).

1. **Establishment of the structural requirements for implementation of the model**, i.e. where and when in the system will it be placed, how long can it take, where will data be sent, where will the model be physically placed (2 weeks).
2. **Reprogramming of the single road model to a multi-road model**. Some efforts are required to reprogram NORTRIP to a multi-road model since it is current implemented only as a single road model (2 months including testing).
3. **Establishing data flows and liasoning with the relevant stake holders**. This includes discussions with Statens Vegvesen (also Tromsø), road contractors (ISS and others) and city authorities (all Bedre Byluft cities). Though efforts will be concentrated in Oslo the other Bedre Byluft cities must also be involved if the system is to be successfully established in all cities (1 month).
4. **System testing and assessment**. After establishment of the system then the results will need to be monitored and continually assessed, updated and reported (2 months).

This implementation plan do not include general model developement which is needed for the model to implement several processes in a better manner. This would need extra funding. As an example we can mention the cleaning efficiency and dustbinding as well as dust removal processes like drainage.