



Norwegian  
Meteorological  
Institute

**MET**report

No. 23/2015  
ISSN 2387-4201  
Luftforurensning

# Bedre byluft 2014/15

**Prognoser for meteorologi og luftkvalitet  
i norske byer vinteren 2014 - 2015**

Bruce Rolstad Denby, Jakob Süld, Ingrid Sundvor\*, Britt Ann K.  
Høiskar\*, Unni Nilssen, Kristen Gislefoss, Thomas Olsen,  
Arne Kristensen

\* Norsk institutt for luftforskning (NILU)



Foto: Magne Velle



Norwegian  
Meteorological  
Institute

# METreport

**Title**

Bedre byluft 2014/15

**Date**

2015-09-04

**Section**

Avdeling Klimamodellering og Luftforurensning

**Report no.**

No. 23/2015

**Author(s)**

Bruce Rolstad Denby, Jakob Süld, Ingrid Sundvor\*, Britt Ann K. Høiskar\*, Unni Nilssen, Kristen Gislefoss, Thomas Olsen, Arne Kristensen

**Classification**

● Free ○ Restricted

\* Norsk institutt for luftforskning (NILU)

**Client**

Statens vegvesen, Vegdirektoratet

**Client's reference****Abstract**

Prosjektet Bedre byluft varsler luftkvalitet i norske byer vinterstid, og utføres av Meteorologisk institutt og Norsk institutt for luftforskning i samarbeid under ledelse av Meteorologisk institutt på oppdrag fra Statens Vegvesen v/Vegdirektoratet. Denne rapporten er en evaluering av varslene for sesongen 2014/15.

**Keywords**

Luftforurensning, varsling av lokal luftkvalitet, spredningsmodell for luftkvalitet, numerisk værvarsling, observasjoner, evaluering, atmosfærens grenselag, visualisering

Disiplinary signature

Responsible signature

## Abstrakt

Prosjektet Bedre byluft varsler luftkvalitet i norske byer vinterstid, og utføres av Meteorologisk institutt og Norsk institutt for luftforskning i samarbeid under ledelse av Meteorologisk institutt på oppdrag fra Statens Vegvesen v/Vegdirektoratet. Denne rapporten er en evaluering av varslene for sesongen 2014/15.

# Innholdsoversikt

<b>1 Innledning</b>	Feil! Bokmerke er ikke definert.
1.1 Generelt om sesongen 2014/15	Feil! Bokmerke er ikke definert.
1.2 Generelt om varsling og prognoser	8
1.3 Generelt om meteorologisk verifikasjon	10
1.4 Generelt om luftkvalitetsverifikasjon	11
<b>2 Varsler for Oslo og Bærum</b>	<b>12</b>
2.1 Varsling for sesongen 2014/15	12
2.2 Meteorologiske prognoser for sesongen 2014/15	14
2.2.1 Oppsummerende statistikk	14
2.2.2 Statistikk for prognoselengde	15
2.2.3 Frekvensfordeling	17
2.2.4 Tidsserier	19
2.3 Luftkvalitetsprognoser for sesongen 2014/15	19
2.3.1 Kirkeveien	20
2.3.2 Grønland	22
2.3.3 Smestad	22
2.3.4 Skøyen	24
2.3.5 Sofienbergparken	24
2.3.6 RV4	26
<b>3 Varsler for Drammen</b>	<b>29</b>
3.1 Varsling for sesongen 2014/15	29
3.2 Meteorologiske prognoser for sesongen 2014/15	29
3.2.1 Tidsserier	29
3.3 Luftkvalitetsprognoser for sesongen 2014/15	30
3.3.1 Bangeløkka	31
<b>4 Varsler for Grenland</b>	<b>33</b>
4.1 Varsling for sesongen 2014/15	33
4.2 Meteorologiske prognoser for sesongen 2014/15	35
4.2.1 Tidsserier	35

4.3	Luftkvalitetsprognoser for sesongen 2014/15	36
4.3.1	Lensmannsdalen	37
4.3.2	Øyekast	39
<b>5</b>	<b>Varsler for Stavanger</b>	<b>41</b>
5.1	Varsling for sesongen 2014/15	41
5.1.1	Varsling av luftkvalitet og grenseverdier	41
5.1.2	Vurdering av resultater	42
5.1.3	Oppsummering av resultater:	45
5.1.4	Konklusjon	46
5.2	Meteorologiske prognoser for sesongen 2014/15	46
5.2.1	Oppsummerende statistikk	46
5.2.2	Statistikk for prognoselengde	47
5.2.3	Frekvensfordeling	49
5.2.4	Tidsserier	50
5.3	Luftkvalitetsprognoser for sesongen 2014/15	51
5.3.1	Våland	51
5.3.2	Kannik	53
<b>6</b>	<b>Varsler for Bergen</b>	<b>56</b>
6.1	Varsling for sesongen 2014/15	56
6.1.1	Varsling av luftkvalitet og grenseverdier	57
6.1.2	Vurdering av resultater	57
6.1.3	Perioder med potensiell fare for forurensning i Bergen:	58
6.1.4	Konklusjon	60
6.2	Meteorologiske prognoser for sesongen 2014/15	61
6.2.1	Tidsserier	61
6.3	Luftkvalitetsprognoser for sesongen 2014/15	63
6.3.1	Rådhuset	63
6.3.2	Danmarks plass	65
<b>7</b>	<b>Varsler for Trondheim</b>	<b>67</b>
7.1	Varsling for sesongen 2014/15	67
7.1.1	Varsling av luftkvalitet og grenseverdier	68
7.1.2	Vurdering av resultater	68
7.1.3	Oppsummering av resultater:	69

7.1.4	Konklusjon	70
7.2	Meteorologiske prognoser for sesongen 2014/15	70
7.2.1	Statistikk for prognoselengde	71
7.2.2	Frekvensfordeling	73
7.2.3	Tidsserier	74
7.3	Luftkvalitetsprognoser for sesongen 2014/15	75
7.3.1	Bakke kirke	75
7.3.2	Torvet	78
7.3.3	Elgesetergate	81
<b>8</b>	<b>Varsler for Tromsø</b>	<b>82</b>
8.1	Varsling for sesongen 2014/15	82
8.2	Målestasjoner	83
8.3	Vurdering av resultater	84
8.4	Konklusjon	87
<b>9</b>	<b>Varsler for Sarpsborg og Fredrikstad</b>	<b>88</b>
9.1	Varsling for sesongen 2014/15	88
9.2	Meteorologiske prognoser for sesongen 2014/15	90
9.2.1	Tidsserier	90
<b>10</b>	<b>Varsler for Kristiansand</b>	<b>91</b>
10.1	Varsling for sesongen 2014/15	91
<b>11</b>	<b>Varsler for Lillehammer</b>	<b>94</b>
11.1	Varsling for sesongen 2014/15	94
	<b>Appendix</b>	<b>98</b>
	Månedstatistikk for område øst	98
	Månedstatistikk for område vest	100
	Månedstatistikk for område Trondheim	102

# 1 Innledning

*Denne rapporten inneholder en oversikt over varsling av luftkvalitet fra Meteorologisk institutt (MET) og Norsk institutt for luftforskning (NILU) for vintersesongen 2014/15. Det gis en summarisk verifikasjon av den meteorologiske modellen Harmonie med 1 km oppløsning samt av prognosene for luftkvalitet fra AirQis-modellen basert på input fra Harmonie 1km. I tillegg kommenteres den manuelle varslingen foretatt ved Vervarslinga på Vestlandet og Vervarslinga for Nord-Norge for samme sesong.*

## 1.1 Generelt om sesongen 2014/15

I prosjektet Bedre byluft lages det daglige varsler for luftkvaliteten i 10 norske byer. Varslene distribueres til publikum gjennom lokale aviser og radiosendinger, internett, epost og tekstmeldinger. Varslene er utarbeidet subjektivt, men 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. 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. Vintersesongen 2014-2015 ble den meteorologiske modellen Harmonie med 1 km oppløsning benyttet til beregning av værprognoser, og systemet AirQUIS til beregning av luftkvalitet. Varslene til publikum lages av Meteorologisk institutt (Værvarslingsavdelingen i Oslo utarbeider varslene for Sarpsborg/Fredrikstad, Grenland, Kristiansand og Lillehammer; Vervarslinga på Vestlandet for Trondheim, Bergen og Stavanger/Sandnes; Værvarslinga for Nord-Norge for Tromsø), avdeling for miljørettet helsevern i Drammen kommune og av By- og miljøetaten i Oslo kommune.

Generell oppsummering av denne sesongens meteorologiske prognoser

- Den positive bias for vind i forrige sesongs prognoser har blitt betraktelig redusert i den nye modellversjonen i årets prognoser.
- Bias og statistikk for temperatur er på samme nivå som de siste foregående år. Modellen har fremdeles en kald bias som fører til avkjøling i løpet av prognoseperioden.

- 2,5 og 1 km beregningene gir generelt veldig like resultater. Forskjeller opptrer kun hvor den lokale topografien ikke er oppløst av 2,5 km-griddet, som f.eks. i Bergen. For noen av byene i prosjektet er det kanskje ikke behov for 1 km oppløsning, som f.eks. i Stavanger.
- Nedbør er generelt bedre for beregningene på 2,5 km. Det bør vurderes å bruke 2,5 km (muligens post-prosessert) nedbør til videre beregninger som involverer NORTRIP.
- Generelt synes prognosene å være av veldig god kvalitet.

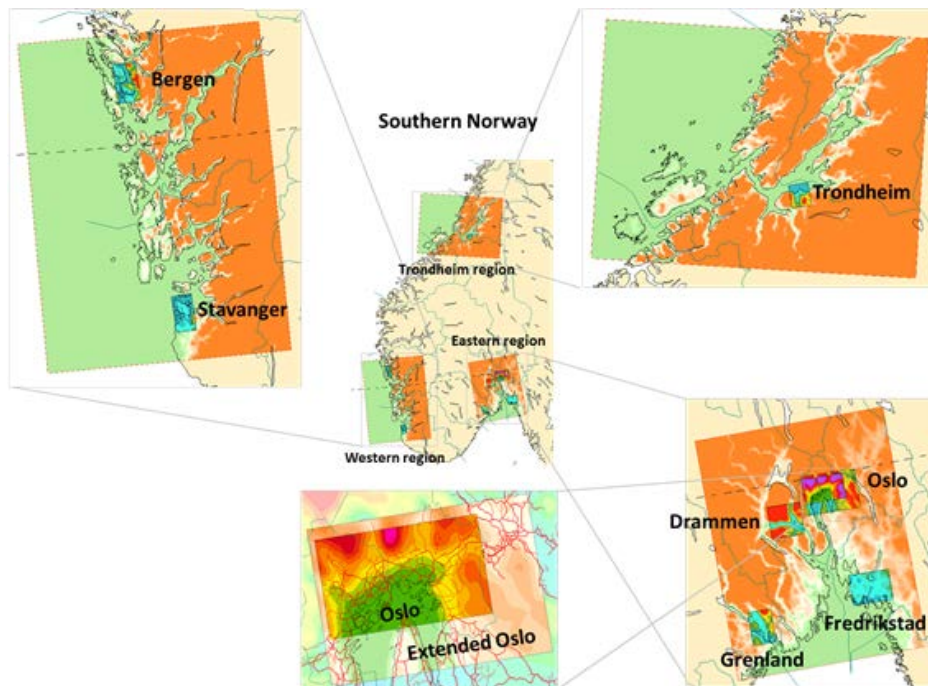
## 1.2 Generelt om varsling og prognoser

Værvarslingsmodellen Arome 2,5 km dekker hele Norge, mens Arome 1 km dekker mindre geografiske områder med tanke på de byer hvor systemet AirQUIS er tilrettelagt for beregning av luftkvalitet. Disse mindre områdene kalles «frimerkeområder». Arome 1km kjøres i dag for 3 frimerkeområder: Øst, vest og Trondheim. Tabell 1 viser hvilke modeller som er tilgjengelig og hvem som utsteder varsler luftkvalitet for de enkelte byer.

Tabell 1. Oversikt over hvilke modeller som er tilgjengelig for de enkelte byer og hvem som utsteder varslene om luftkvalitet.

By	Dekket av AROME-byluft 1km	Dekket av AROME- MetCoop 2.5km	Luftkvalitets beregning	Varslet av
Oslo	Område øst	X	X	Oslo kommune
Bærum	Område øst	X	X	MET-Oslo
Drammen	Område øst	X	X	Drammen kommune
Grenland	Område øst	X	X	MET-Oslo
Stavanger	Område vest	X	X	MET-Bergen
Bergen	Område vest	X	X	MET-Bergen
Trondheim	Område Trondheim	X	X	MET-Bergen
Tromsø		X		MET-Tromsø
Sarpsborg og Fredrikstad	Område øst	X		MET-Oslo
Kristiansand		X		MET-Oslo
Lillehammer		X		MET-Oslo





Figur 1: "Frimerkeområdene" hvor Arome 1km er tilgjengelig.

Når varslene utarbeides lages det en varslingskurve for hver av komponentene PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> og NO<sub>2</sub>. Varslene legges ut på <http://luftkvalitet.info> og er en samlekurve som består av de tre komponentene, der høyeste forurensningsverdi vises.

I tillegg legges det ut en varslingsstekst som beskriver forventet forurensningsnivå i form av *lite*, *noe*, *mye* eller *svært mye* luftforurensning for referansestasjonene. Det varsles timesverdier, og forurensningsnivåene styres etter kriteriene for disse, se tabell 2.

Tabell 2. Kriterier for timesverdier inndelt i forurensningsklassene «lite», «noe», «mye» og «svært mye» luftforurensning (<http://luftkvalitet.info>).

Luftkvalitets-indikator	Helsevirkninger knyttet til luftforurensning	PM10	PM2.5	NO2
				ug/m3
Svært mye	Svært stor helseisiko	>200	>100	>200
Mye	Helseisiko forekommer i visse områder.	100-200	50-100	150-200
Noe	Moderat helseisiko	50-100	25-50	100-150
Lite	Liten helseisiko	<50	<25	<100

### 1.3 Generelt om meteorologisk verifikasjon

De modellerte meteorologiske parameterne 10 m vindhastighet, 2 m temperatur og døgnetbør blir verifisert mot målinger. Modellberegningene fra AROME-MetCoop 2.5 km og AROME-byluft 1 km blir for hvert av frimerkeområdene (øst, vest og Trondheim) sammenlignet med tilgjengelige måledata i perioden fra nov 2014 til april 2015.

Følgende verifikasjon blir utført:

1. Oppsummerende statistikk som dekker hele perioden og alle prognoselengder (*bias, stde, rmse, mae*)
2. Statistisk analyse av prognosefeil avhengig av prognoselengde (*bias, stde, rmse, mae*)
3. Statistisk analyse av prognosefeil avhengig av måned (*bias, stde*)
4. Frekvensfordeling (tetthetsfunksjon) for hele perioden
5. Tidsserier av døgnmiddel (første prognosedag) for utvalgte stasjoner

Følgende verifikasjonsparametere blir benyttet:

- ME (*bias/middelfeil*), et uttrykk for den systematiske feilen, som er gjennomsnittet av differansen mellom prognoser og observasjoner.
- SDE (*stde./standardavvik av feilen*), uttrykker de usystematiske (tilfeldige) feilene, som er differansens variasjon omkring gjennomsnittsverdiene fra observasjonstidspunkt til observasjonstidspunkt.
- RMSE (*rmse*), et mål på den totale feilen (inkluderer både systematisk og tilfeldig feil), som er gjennomsnittlig størrelse av differansen mellom prognose og observasjon.
- MAE (*mae*), summerer den totale feilen, men til forskjell fra RMSE blir ikke feilen kvadrert, og er dermed mindre følsom for de store feilene.

Tabell 3. Definisjon av statistiske parametre

Statistic	Acronym	Formula	Range	Optimal score
Mean Error	ME	$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (f_i - o_i)$	$-\infty$ to $\infty$	0
Mean Absolute Error	MAE	$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n  f_i - o_i $	0 to $\infty$	0
Standard Deviation of Error	SDE	$\left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (f_i - o_i - ME)^2 \right)^{1/2}$	0 to $\infty$	0
Root Mean Square Error	RMSE	$\left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (f_i - o_i)^2 \right)^{1/2}$	0 to $\infty$	0

## 1.4 Generelt om luftkvalitetsverifikasjon

På tilsvarende måte som fjorårets evalueringsrapport (Denby et al, 2014) dokumenteres prognosekvaliteten for vintersesongen 2014-2015 gjennom overordnede statistiske måltall for samvariasjonen mellom luftkvalitetsprognosene og de tilgjengelige observasjonsdataene i de ulike byene. Det er gitt en dekningsprosent for hver stasjon og komponent som viser hvor stor andel av de totalt 5088 timene fra 1. oktober til 30. april som har par av sammenlignbare data (modell - målt) som er brukt for evalueringen. Manglende data skyldes enten manglende observasjoner eller manglende prognose. I tillegg er noen timer på nyttårsaften fjernet i evalueringen. Det er tidligere år vist at det er liten forskjell på prognosekvalitet for dag 1 og dag 2 av prognosen. Her vises derfor kun evalueringsresultater for dag 2.

I tillegg til dekningsgrad er det gitt gjennomsnitt av observerte verdier og prognose, gjennomsnittlige absolutte feil (MAE, Mean absolute error) og det kvadratiske avviket med Root mean square error (RMSE), som gir større vekt til de store prognosefeilene. Videre er korrelasjonskoeffisienten,  $R$ , beregnet, samt 99-prosentilen av observerte og modellerte timesverdier. I tillegg presenteres figurer av gjennomsnittlige døgnprofiler som viser hvordan prognosen gjennomsnittlig treffer for ulike timer på døgnet. For enkelte byer/stasjoner er også tidsserien av døgnverdier presentert for en eller flere av komponentene.

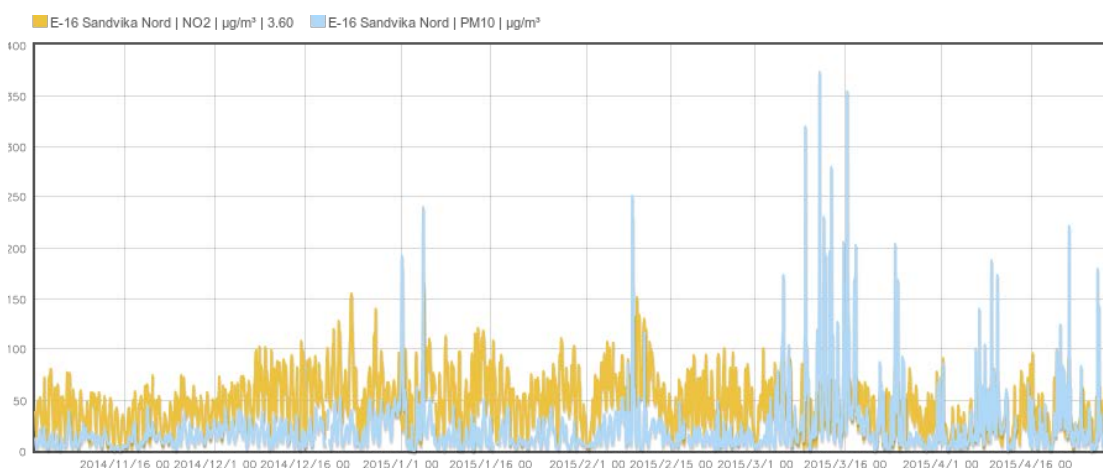
## 2 Varsler for Oslo og Bærum

**Oslo kommune v /Bymiljøetaten har ansvaret for å varsle luftkvaliteten i Oslo. Varslene for Bærum utarbeides av Meteorologisk institutt i Oslo (VA). Til utarbeidelse av varslene benyttes observasjoner, meteorologiske modeller, den aktuelle vær-situasjonen og dagens værvarsel.**

### 2.1 Varsling for sesongen 2014/15

Varsling av luftkvaliteten i Oslo utføres av Bymiljøetaten i Oslo kommune etter evt. rådføring med meteorologene ved Værslingsavdelingen på MET i Oslo. MET varsler for Bærum.

På [www.luftkvalitet.info/rapporter](http://www.luftkvalitet.info/rapporter) ligger årsrapport for 2014 og månedsrapporter for Oslo utarbeidet av Oslo kommune.



Figur 2. Observasjoner fra E16 Sandvika Nord, Bærum

Målestedet Sandvika nord målte ved to tilfeller for NO<sub>2</sub> svært forurenset luft. I det ene tilfellet ble det varslet Noe forurenset luft, i det andre tilfellet ble det varslet mye forurenset luft. I 11 tilfeller ble det varslet noe forurenset luft mens det ble observert Mye forurenset luft. I tre tilfeller ble det observert Mye forurenset luft mens det ble varslet Svært forurenset luft. I 11 tilfeller ble det observert lite forurenset luft mens det var varslet Noe forurenset luft.

Det store flertall av varsler er i overensstemmelse med observert nivå. Likevel er det 14 tilfeller med undervarsling, dvs. målingene viser høyere konsentrasjon enn varslet. I de fleste av disse tilfellene er det kun en klasse undervarsling. Tendensen er likevel for Sandvika nord at det for NO<sub>2</sub> er en overvarsling av redusert luftkvalitet. Spesielt mange varsler for Mye forurenset luft, mens målingene viser Noe forurenset luft.

Tabell 4. NO<sub>2</sub>-varsling/treff - E16 Sandvika Nord

		← Det er målt høyere nivå enn varslet.			
<b>Målt nivå</b>	Svært forurenset	0	1	1	0
	Mye forurenset	0	11	10	3
	Noe forurenset	1	81	42	3
	Lite forurenset	0	11	2	0
		Lite forurenset	Noe forurenset	Mye forurenset	Svært forurenset
		<b>Varslet nivå</b>			
		↓ Det er målt lavere nivå enn varslet.			

For PM<sub>10</sub> ser vi igjen den samme trenden en viss overvarsling av tilfeller av dårligere luftkvalitet. Også for denne komponenten er det stort sett kun en klasse. I 23 tilfeller ble det varslet noe forurenset luft, mens målingene viste Lite forurenset luft.

Tabell 5. PM<sub>10</sub>-varsling/treff - E16 Sandvika Nord

Målt nivå	Svært forurenset	0	0	0	0
	Mye forurenset	0	0	0	0
	Noe forurenset	8	4	1	0
	Lite forurenset	118	23	6	0
		Lite forurenset	Noe forurenset	Mye forurenset	Svært forurenset
		Varslet nivå			

## 2.2 Meteorologiske prognoser for sesongen 2014/15

### 2.2.1 Oppsummerende statistikk

I Tabell 6 vises total statistikk av modellberegninger fra AROME i område øst. Mellom 20 og 28 synoptiske stasjoner er tilgjengelig for verifikasjon. Statistikken er basert på alle 54 timers prognoser. Noen hovedpoeng:

- Resultatene fra 2.5 km og 1 km er nesten like bortsett fra døgnedbør. 2.5 km modellberegning for nedbør er stort sett bedre enn 1 km. Dette er i tråd med vanlige meteorologiske varslinger hvor glatting av nedbørfelter gir bedre resultater.
- Begge modellene har noe positiv bias for vindhastighet (~ 0.5 m/s). I sesongen 2013/2014 var dette dårligere, ~1 m/s.
- Gjennomsnittlig standardavvik av feilen for vindhastighet er 1.5 m/s for både 2.5 og 1 km kjøringene. Dette er omtrent det samme som ble oppnådd i sesongen 2013/2014.
- Begge modellene har noe negativ bias for temperatur (~ -0.7 C), noe som er tilsvarende sesongen 2013/2014.

Tabell 6. Statistisk analyse av AROME-beregninger for område øst. Middelerdien av observasjonene og antall stasjoner brukt i analysen er også angitt.

AROME-byluft 1km	ME	MAE	RMSE	SDE	Middelverdi	Stasjoner
10 m vindhastighet (m/s)	0.496	1.35	1.74	1.56	3.45	22

2 m temperatur (°C)	-0.66	1.496	1.90	1.65	1.95	28
24h nedbør (mm.24hr)	-0.27	1.40	3.25	3.22	2.18	20
<b>AROME-MetCoop 2.5km</b>	<b>ME</b>	<b>MAE</b>	<b>RMSE</b>	<b>SDE</b>	<b>Middel- verdi</b>	<b>Stasjoner</b>
10 m vindhastighet (m/s)	0.42	1.33	1.71	1.53	3.45	22
2 m temperatur (°C)	-0.71	1.52	1.94	1.64	1.95	28
24h nedbør (mm.24hr)	0.49	1.28	2.60	2.55	2.18	20

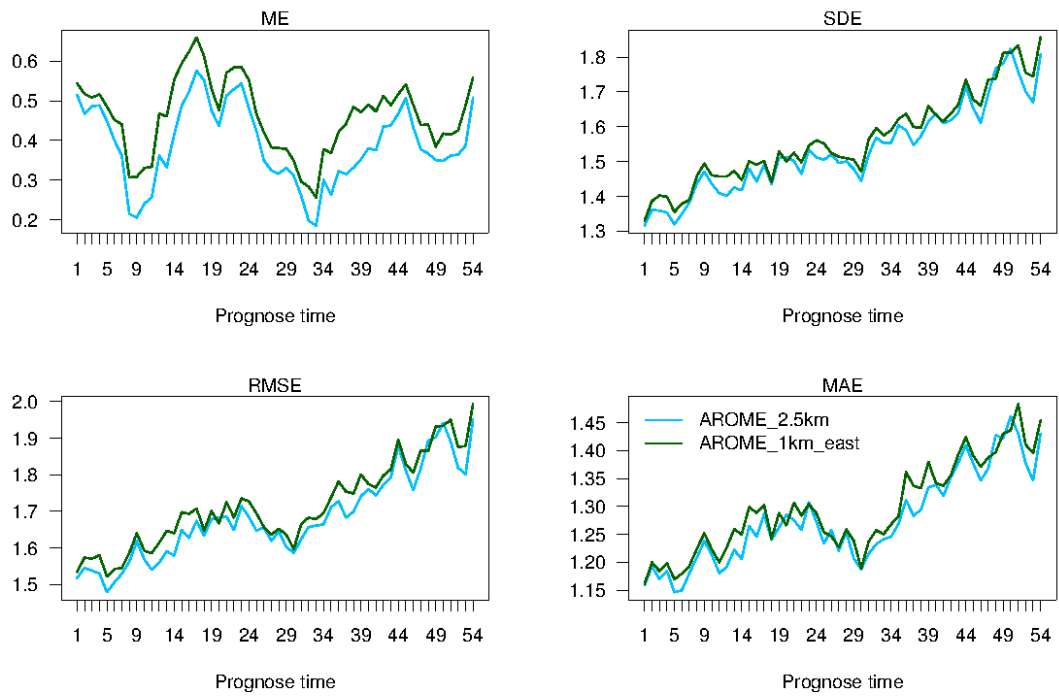
## 2.2.2 Statistikk for prognoselengde

I figurene 3 og 4 vises middelfeil og standardavvik av feilen for vindhastighet og temperatur, med bruk av alle stasjoner innenfor område øst, som funksjon av prognosetime. Noen hovedpoeng:

- Standardavviket av feilen øker med prognoselengden for alle parametere mens middelfeilen er mer avhengig av tid på dagen enn prognoselengde. Middelfeilen av både vindhastighet og temperatur er mindre midt på dagen. Dette skyldes at modellbeskrivelsen av stabile grenselag (om natten) er mer usikker enn for ustabile grenselag (om dagen).
- Det er ikke stor forskjell mellom 2.5 km og 1 km kjøringene. Statistikken for vindhastigheten i 1 km er litt dårligere enn for 2.5 km. Statistikken for temperaturen i 1 km er litt bedre enn for 2.5 km.

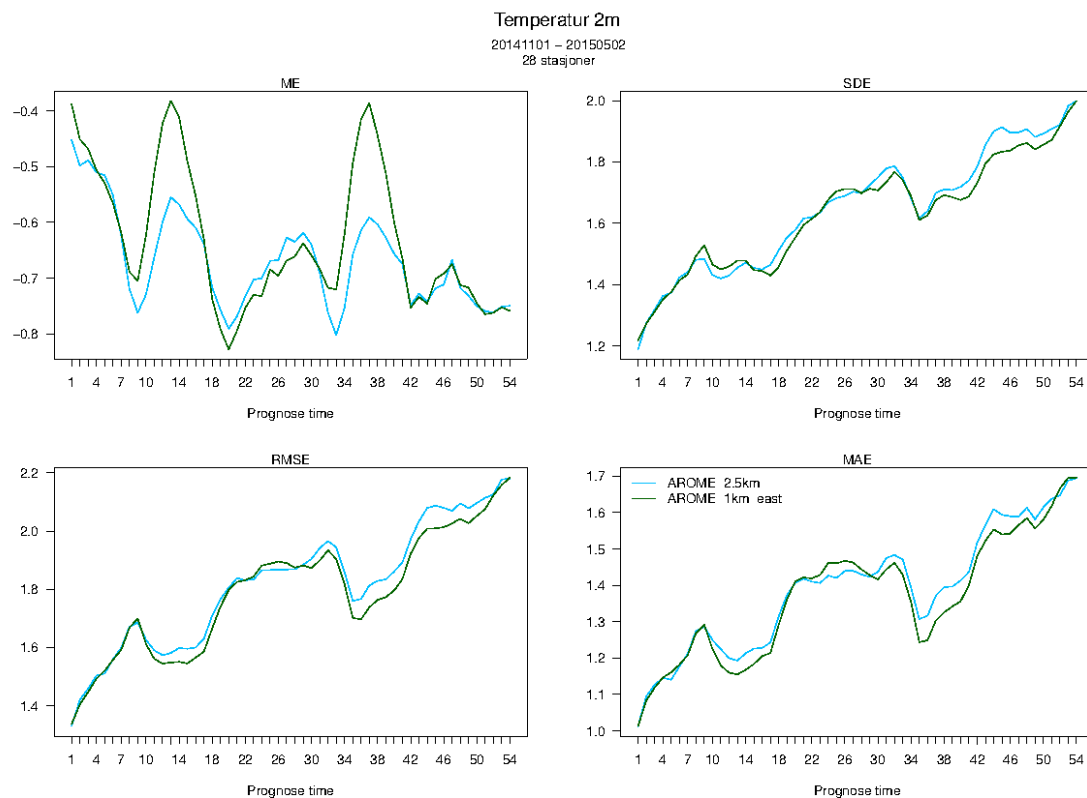
## Vindhastighet 10m

20141101 – 20150502  
22 stasjoner



Figur 3. Statistikk for 10 m vindhastighet avhengig av prognoselengde for område øst



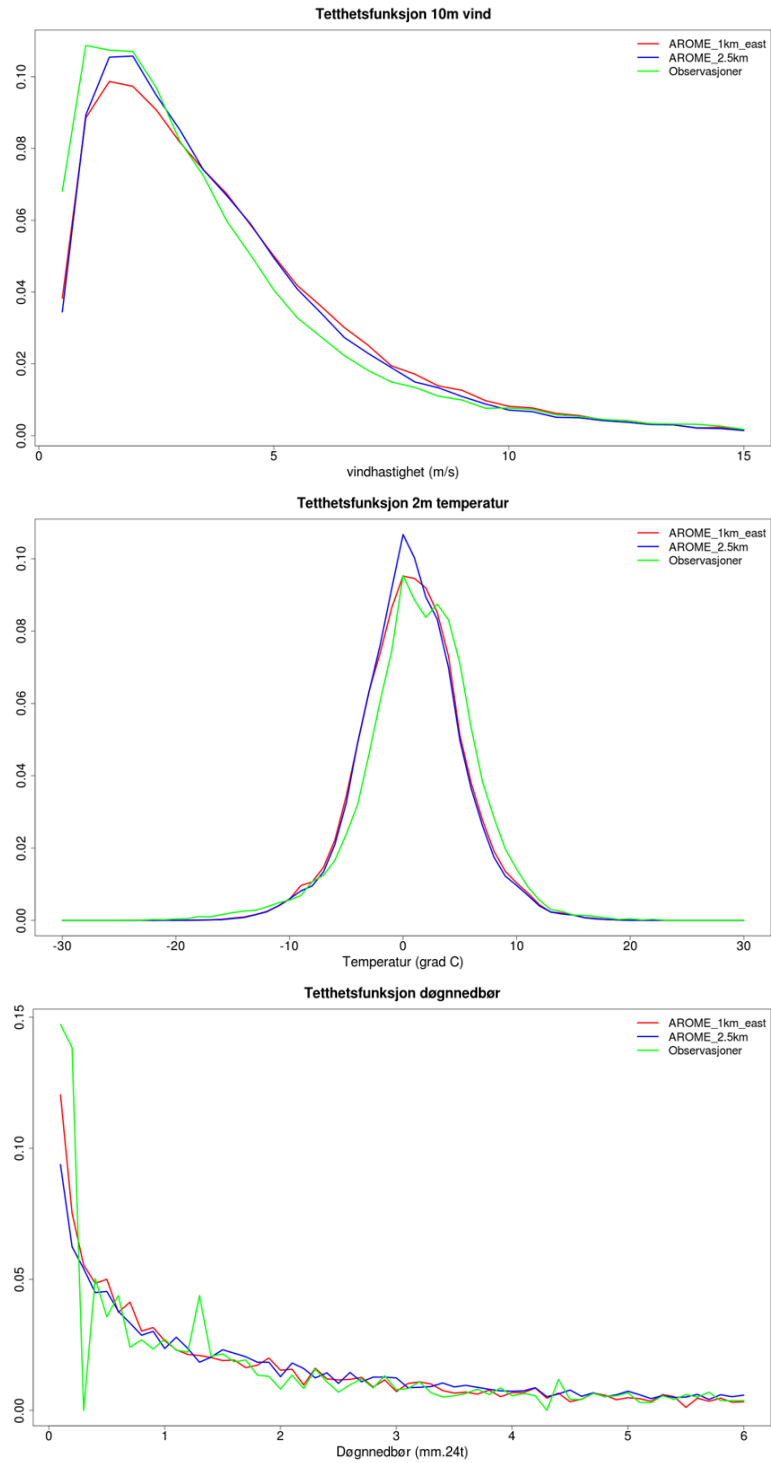


Figur 4. Statistikk for 2m temperatur avhengig av prognoselengde for område øst

### 2.2.3 Frekvensfordeling

I figur 5 vises frekvensfordeling (tetthetsfunksjon) for 10 m vindhastighet, 2 m temperatur og døgnnedbør. Frekvensfordeling gir informasjon om modellens kapasitet til å gjenskape den riktige fordelingen av de meteorologiske parameterne. Vi ser at:

- Modellene (2.5 og 1 km) gir lave vindhastigheter med mindre frekvens enn det som er målt. 2.5 km gir en litt bedre fordeling.
- Temperaturfordelingen er godt modellert med litt negativ bias.
- Nedbørfordelingen er godt modellert med noe underestimering for små nedbørmengder.

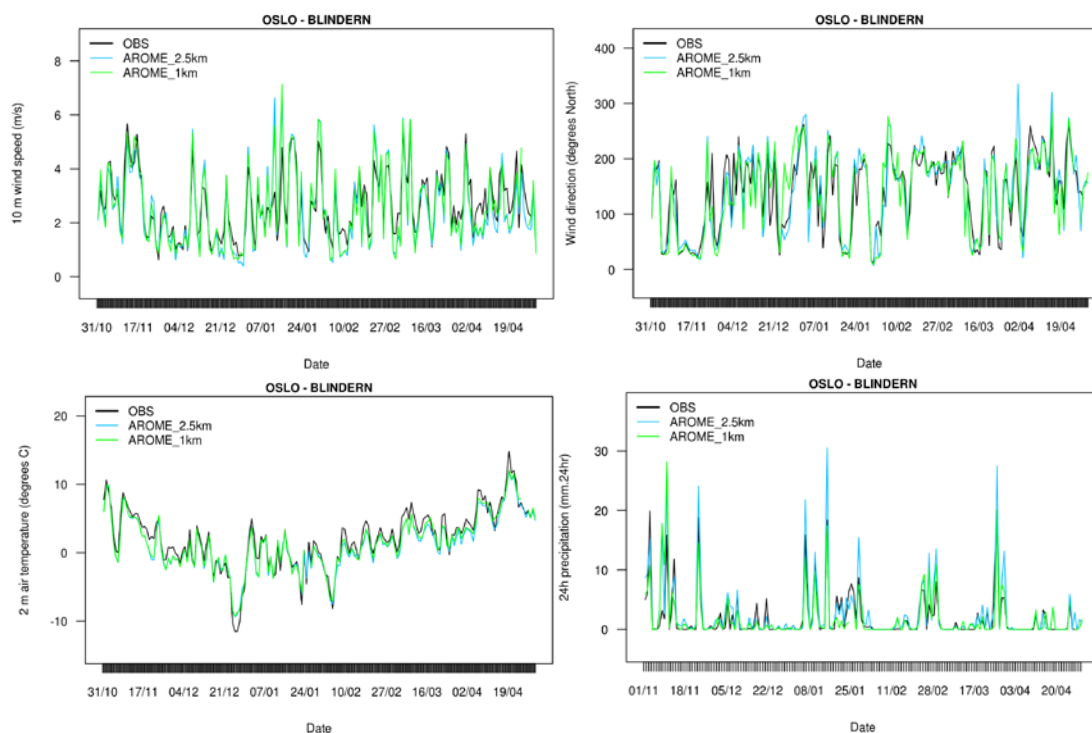


Figur 5. Frekvensfordeling (tetthetsfunksjon) for 10 m vindhastighet, 2 m temperatur og døgnedbør for område øst

## 2.2.4 Tidsserier

Døgnmiddelverdier for 10 m vindhastighet, 10 m vindretning, 2 m temperatur og døgngnedbør for stasjonen Oslo-Blindern er gitt i figur 6. Noen hovedpoeng:

- Tidsseriene fra 2.5 km og 1 km er veldig like.
- Alle parametere er godt representert av modellene.



Figur 6. Døgnmiddel tidsserier for 10 m vindhastighet, 10 m vindretning, 2 m temperatur og døgngnedbør, stasjon Oslo-Blindern.

## 2.3 Luftkvalitetsprognoser for sesongen 2014/15

Prognosene for luftkvalitet i Oslo har for denne sesongen vært best for  $\text{NO}_2$ , men gjennomsnittlig overestimeres  $\text{NO}_2$  noe.  $\text{PM}_{2.5}$  prognosene har også vært generelt noe overestimerte, men ved de fleste stasjonspunkt underestimeres de høyeste timesverdiene. For  $\text{PM}_{10}$  underestimerer prognosen noen av de høyeste døgnene på våren. Det er kjent fra tidligere at prognosen har problemer med å fange opp konsentrasjonen som skyldes store utslipp av veistøv og arbeid er i gang med å få implementert ny veistøv modell, NORTRIP, for å forbedre dette.

Evalueringen av luftkvalitetsprognosen er gjort ved å sammenligne prognosen mot målte verdier og er gitt pr. stasjonspunkt for Kirkeveien, Grønland, Smestad, Skøyen Sofienbergparken og RV4. Det er gitt en dekningsprosent for hver stasjon og komponent som viser hvor stor andel av de totalt 5088 timene fra 1. oktober til 30. april som har par av sammenlignbare data (modell-målt) som er brukt for evalueringen. Manglende data skyldes enten manglende observasjoner eller manglende prognose. I tillegg er noen timer på nyttårsaften fjernet i evalueringen. Det er tidligere år vist at det er liten forskjell på prognosekvalitet for dag 1 og dag 2 av prognosen. Her vises derfor kun evalueringresultater for dag 2.

I tillegg til dekningsgrad er det gitt gjennomsnitt av observerte verdier og prognose, gjennomsnittlige absolutte feil (MAE, Mean absolute error) og det kvadratiske avviket med Root mean square error (RMSE), som gir større vekt til de store prognosefeilene. Videre er korrelasjonskoeffisienten, R, beregnet, samt 99 prosentilen av observerte og modellerte timesverdier. Figurer av gjennomsnittlige døgnprofiler viser hvordan prognosen gjennomsnittlig treffer for ulike timer på døgnet. For enkelte stasjoner er også tidsserien av døgnverdier presentert for en eller flere av komponentene.

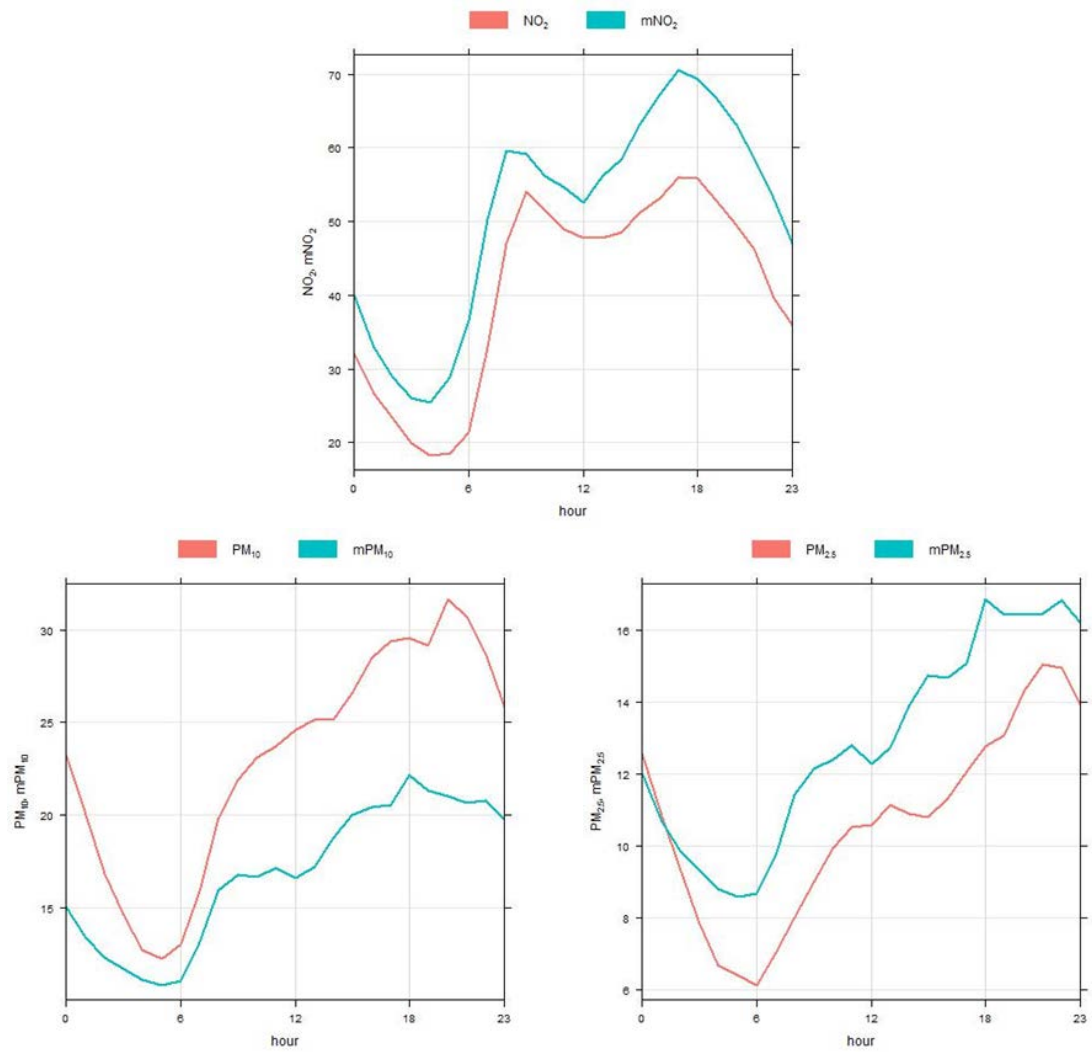
### 2.3.1 Kirkeveien

For Kirkeveien er prognosen for NO<sub>2</sub> den beste i forhold til korrelasjonskoeffisient, R, men gjennomsnittsverdien overestimeres. Fra døgnprofilen ser vi at det gjennomsnittlig overestimeres noe over hele døgnet. Den modellerte 99. prosentilen er derimot lavere enn den observerte og prognosen underestimerer de høyeste timesverdiene. Gjennomsnittsverdien for PM<sub>10</sub> prognosen underestimerer observasjonene og korrelasjonen er lav. Døgnprofilen for PM<sub>10</sub> viser at prognosen gjennomsnittlig underestimerer gjennom hele døgnet, se Figur 7.

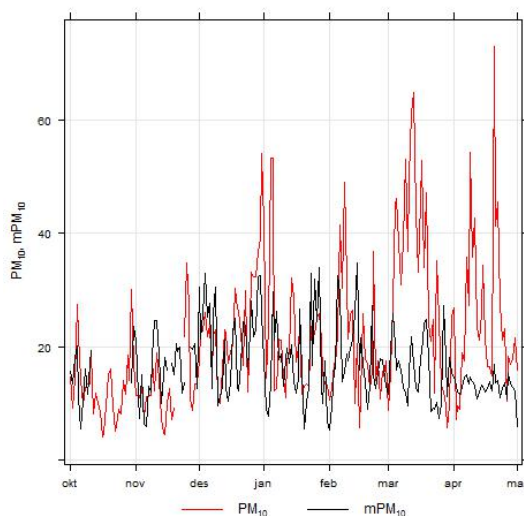
For PM<sub>2.5</sub> er det i gjennomsnitt noe overestimering. For PM<sub>2.5</sub> viser 99 prosentilen derimot litt underestimering, mens den er svært underestimert for PM<sub>10</sub>. Ved å se på tidsserien av døgnmidlene for PM<sub>10</sub>, Figur 8, ser vi at underestimeringen er klart dominert av døgn med høye verdier på våren som ikke fanges opp av prognosen.

Tabell 7. Oversikt over de statistiske parameterne for Kirkeveien.

	Snitt Obs (µg/m <sup>3</sup> )	Snitt Mod (µg/m <sup>3</sup> )	MAE	RMSE	R	Obs. 90 prosentil	Mod. 90 prosentil	Dekning %
NO <sub>2</sub>	40.8	51.1	20.1	25.5	0.64	132.2	112.9	83
PM <sub>10</sub>	23	16.9	12.3	20.8	0.29	102.5	50.6	82
PM <sub>2.5</sub>	10.6	12.9	6.4	9	0.5	44.8	39.8	82



Figur 7 Døgnprofiler for Kirkeveien, rød linje er observasjoner mens blå linje er prognosen for  $\text{NO}_2$  (øverst),  $\text{PM}_{10}$  (nederst til venstre) og  $\text{PM}_{2.5}$  (nederst til høyre).



Figur 8 Døgnverdier for PM<sub>10</sub> ved Kirkeveien fra 1. oktober 2014 til 30. april 2015. Rød linje er observasjoner mens svart linje er prognosen.

### 2.3.2 Grønland

Grønland har kun observasjoner av NO<sub>2</sub>. Prognosen for Grønland er mye overestimert for gjennomsnittsverdien. I motsetning til Kirkeveien gjelder overestimeringen også for de høyeste timesverdiene gitt av 99 prosentilen.

Tabell 8. Oversikt over de statistiske parameterne for Grønland

	Snitt Obs (µg/m <sup>3</sup> )	Snitt Mod (µg/m <sup>3</sup> )	MAE	RMSE	R	Obs. 99 prosentil	Mod. 99 prosentil	Dekning %
NO <sub>2</sub>	32.8	50.9	25.6	32.9	0.51	112.3	136.4	83

### 2.3.3 Smestad

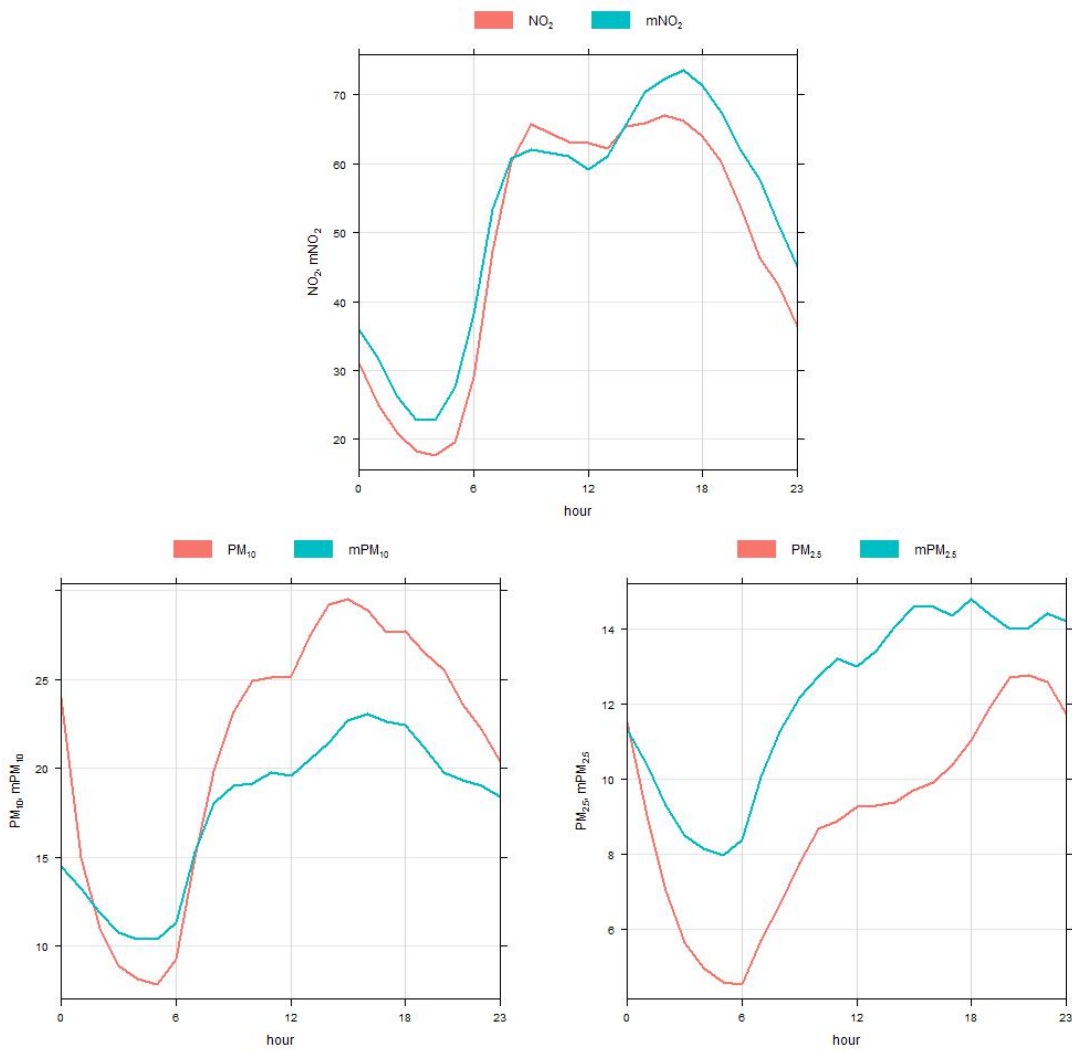
For Smestad er NO<sub>2</sub> også noe overestimert for gjennomsnittet, men mindre enn ved Kirkeveien og Grønland og fra døgnprofilen, Figur 8, ser vi at det er godt samsvar. Den modellerte 99 prosentilen er også noe overestimert.

For PM<sub>10</sub> er gjennomsnittet noe underestimert og som for de andre stasjonene skyldes dette en underestimert på våren av de høyeste verdiene, som reflekteres i kraftig underestimert av 99-prosentilen, og korrelasjonskoeffisienten er veldig lav.

For PM<sub>2.5</sub> er det en gjennomsnittlig overestimert som vi ser igjen i døgnprofilen, Figur 8. Den modellerte 99-prosentilen har ganske bra samsvar, men ligger litt under den observerte.

Tabell 9. Oversikt over de statistiske parameterne for Smestad

	Snitt Obs ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Snitt Mod ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	MAE	RMSE	R	Obs. 99 prosentil	Mod. 99 prosentil	Dekning %
$\text{NO}_2$	48.1	52.6	19.5	25.7	0.64	116.9	128.5	82
$\text{PM}_{10}$	21.1	17.7	13	28.3	0.2	103.8	48	81
$\text{PM}_{2.5}$	9	12.2	6.3	8.7	0.47	37.6	34.4	81



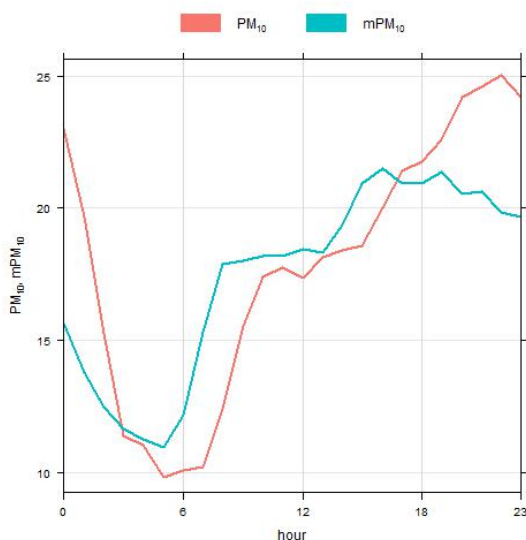
Figur 9 Døgnprofiler for Smestad for  $\text{NO}_2$  (øverst) og  $\text{PM}_{10}$  (nederst til venstre) og  $\text{PM}_{2.5}$  (nederst til høyre). Rød linje er observasjoner mens blå linje er prognose.

### 2.3.4 Skøyen

For Skøyen er det kun observasjoner av PM<sub>10</sub> og nivået er lavere enn ved Kirkeveien og Smestad. Prognosen underestimerer også her de høye konsentrasjonene, men dette kompenseres ved overestimering i andre perioder slik at det er godt samsvar for gjennomsnittet. Fra døgnprofilen ser vi videre at det generelt er en underestimering på kvelden og natten.

Tabell 10. Oversikt over de statistiske parameterne for Skøyen

	Snitt Obs ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Snitt Mod ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	MAE	RMSE	R	Obs. 99 prosentil	Mod. 99 prosentil	Dekning %
PM <sub>10</sub>	17.9	17.4	11.2	15.9	0.33	77	53.2	85



Figur 10 Døgnprofil for PM<sub>10</sub> for Skøyen. Blå linje er prognosen og rød linje er observasjonene.

### 2.3.5 Sofienbergparken

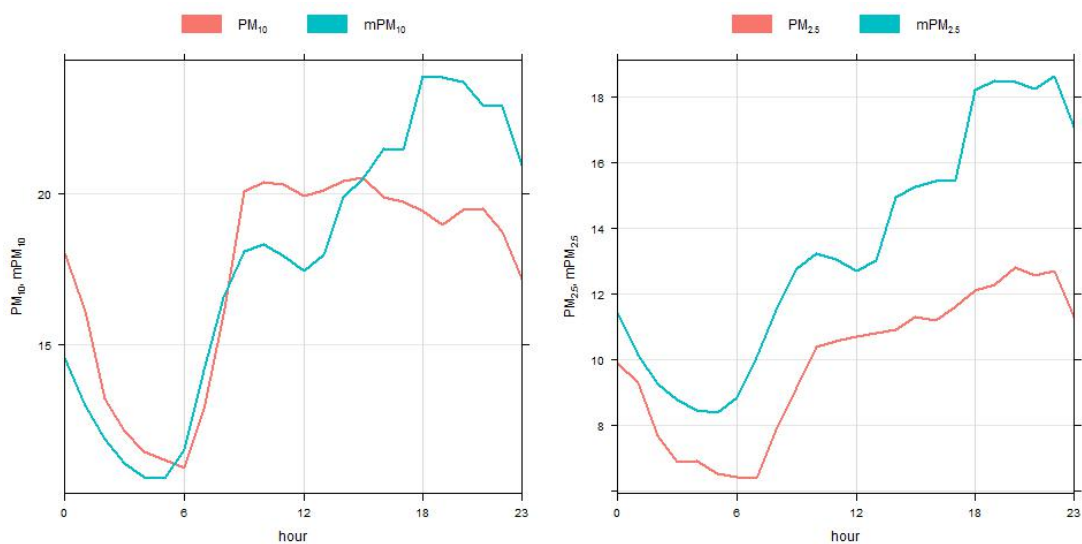
Det er kun observasjoner for PM ved Sofienbergparken. Prognosen for Sofienberg er ganske lik for PM<sub>10</sub> som ved Skøyen og de andre stasjonene med ganske bra samsvar for gjennomsnittsverdien, men med en underestimering av de høyeste verdiene på våren grunnet høye utslipp av veistøv. Fra døgnprofilen ser vi derimot at det generelt er en overestimering på kvelden.



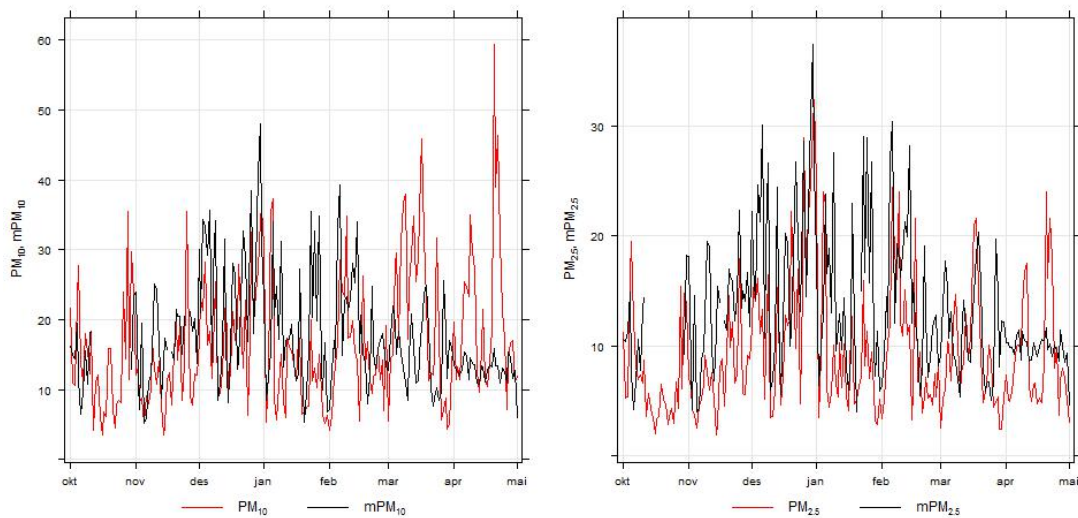
PM<sub>2.5</sub> prognosen er bedre i forhold til korrelasjonskoeffisienten men overestimerer noe både i gjennomsnitt og for 99 prosentilen.

Tabell 11. Statistiske parametere for Sofienbergparken.

	Snitt Obs ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Snitt Mod ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	MAE	RMSE	R	Obs. 99 prosentil	Mod. 99 prosentil	Dekning %
NO <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-
PM <sub>10</sub>	17.4	17.7	11.3	16.6	0.26	71	60.4	85
PM <sub>2.5</sub>	9.9	13.4	7.4	10.2	0.45	42	46.7	85



Figur 11. Døgnprofiler for Sofienbergparken for henholdsvis PM<sub>10</sub> (venstre) og PM<sub>2.5</sub> (høyre). Rød linje er observasjoner mens blå linje er prognosen.



Figur 12. Døgnverdiene for  $\text{NO}_2$  ved Sofienbergparken for perioden 1. oktober 2014 til 30. april 2015 for henholdsvis  $\text{PM}_{10}$  (venstre) og  $\text{PM}_{2.5}$  (høyre). Rød linje er observasjoner mens svart linje er prognosen.

### 2.3.6 RV4

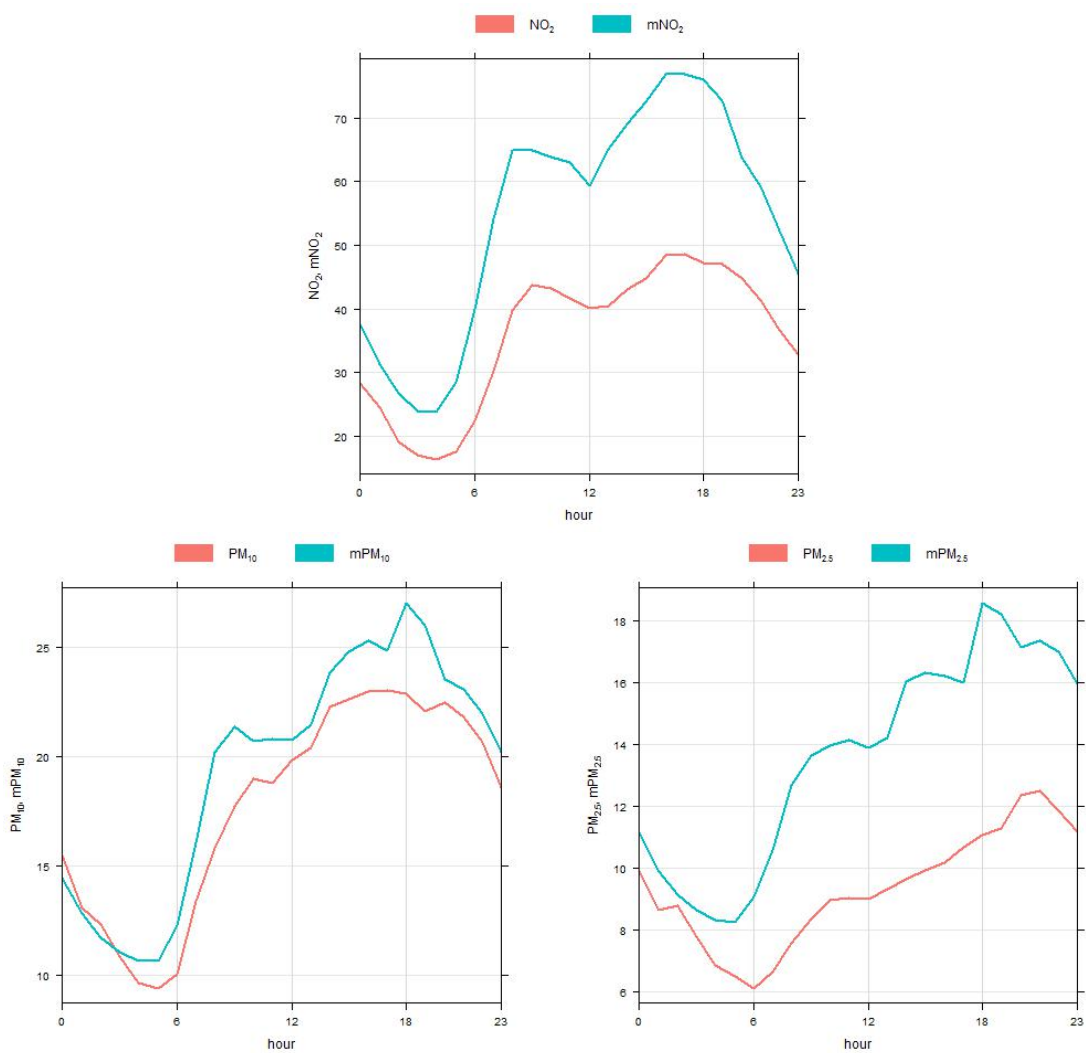
For RV4 overestimeres  $\text{NO}_2$  nivåene av prognosen, men korrelasjonskoeffisienten er høy for denne komponenten.

For  $\text{PM}_{10}$  er gjennomsnittet noe overestimert, mens prognosen underestimerer de høyeste verdiene som inntreffer på våren og i løpet av noen døgn i slutten av desember, noe som vises igjen i underestimering av 99-prosentilen.

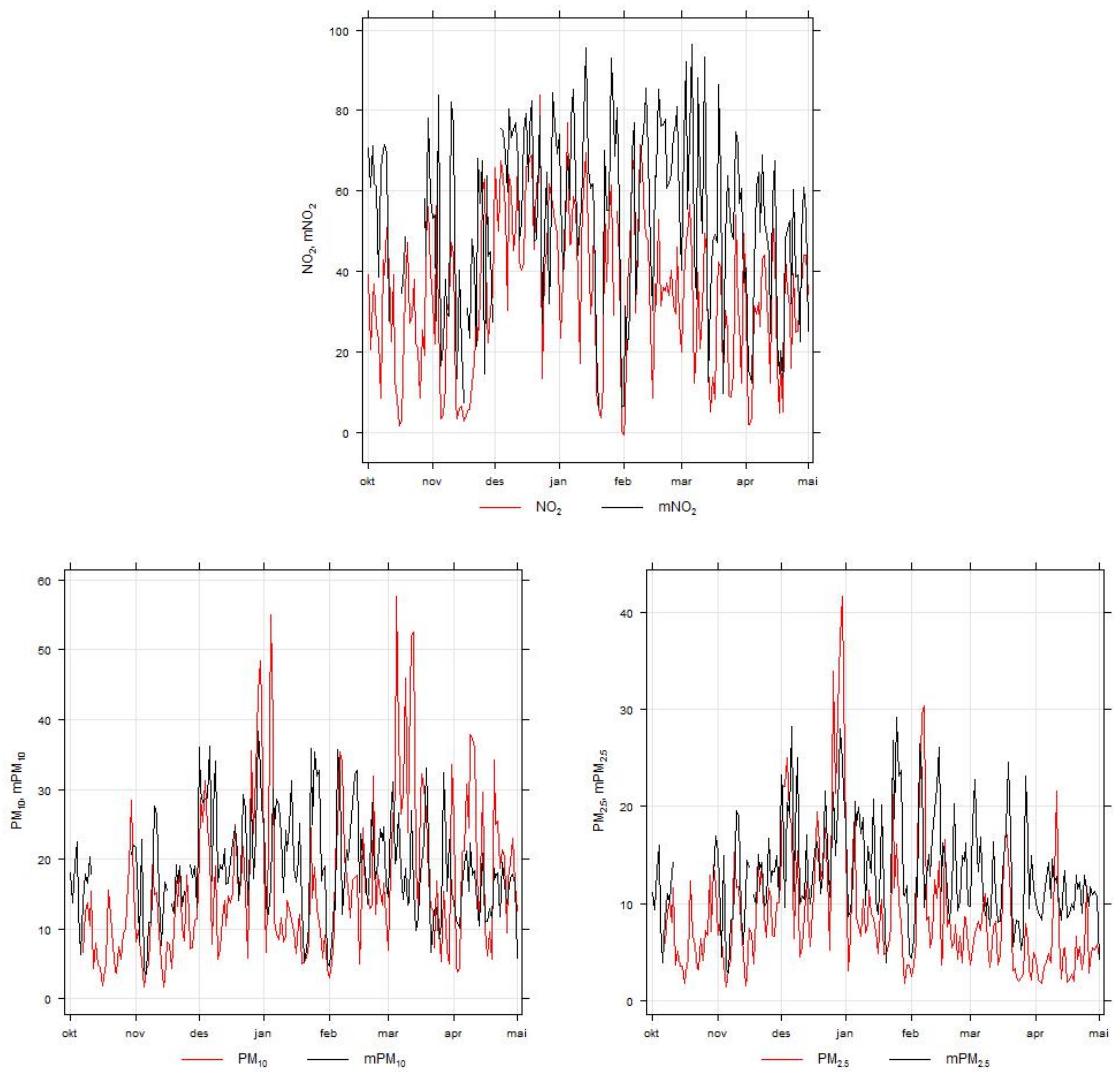
For  $\text{PM}_{2.5}$  er det en gjennomsnittlig overestimering men også for denne komponenten underestimeres de høyeste timene.

Tabell 12. Statistiske parameter for RV4

	Snitt Obs ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Snitt Mod ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	MAE	RMSE	R	Obs. 99 prosentil	Mod. 99 prosentil	Dekning %
$\text{NO}_2$	35.8	54.7	25.7	32.7	0.63	108.7	134.4	82
$\text{PM}_{10}$	17.7	19.4	11.3	17.5	0.37	86.1	55.8	82
$\text{PM}_{2.5}$	9.4	13.6	7.1	10.5	0.46	44.2	40.4	82



Figur 13 Døgnprofiler for RV4 for  $\text{NO}_2$  (øverst til venstre) og  $\text{PM}_{10}$  (øverst til høyre) og  $\text{PM}_{2.5}$  nederst til venstre. Rød linje er observasjoner mens blå linje er prognose.



Figur 14 Tidsserier av døgnverdier for RV4 for perioden 1. oktober 2014 til 30. april 2015. Rød linje er observasjonene og svart linje er prognosen for henholdsvis  $\text{NO}_2$  (øverst),  $\text{PM}_{10}$  (nederst til venstre) og  $\text{PM}_{2.5}$  (nederst til høyre).

## 3 Varsler for Drammen

***Drammen kommune har ansvaret for å varsle luftkvaliteten i Drammen. Til utarbeidelse av varslene benyttes observasjonene på [luftkvalitet.info](http://luftkvalitet.info), de tilgjengelige meteorologiske modellene, informasjon fra meteorologene på Meteorologisk institutt i Oslo (VA) samt den aktuelle vær-situasjonen og dagens værvarsel.***

### 3.1 Varsling for sesongen 2014/15

På [www.luftkvalitet.info/rapporter](http://www.luftkvalitet.info/rapporter) ligger månedsrapporter for Drammen utarbeidet av Drammen kommune.

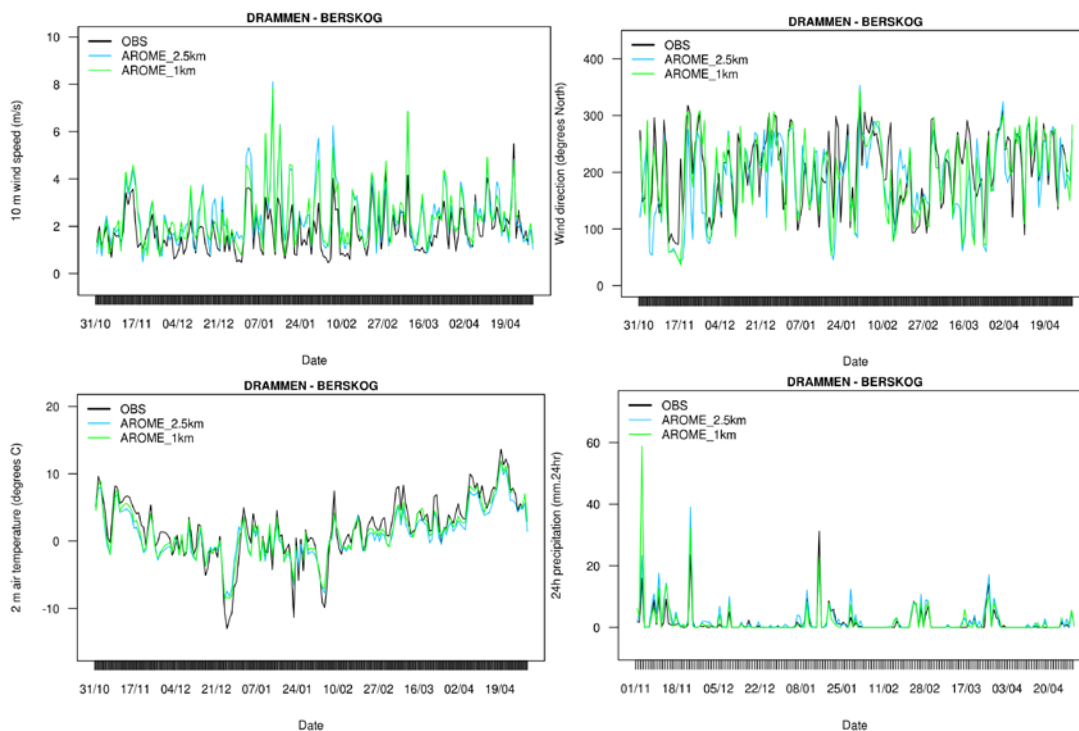
### 3.2 Meteorologiske prognoser for sesongen 2014/15

Statistikk av prognoselengde, månedsstatistikk og frekvensfordeling for frimerkeområde «øst», som også dekker Drammen, er gitt i kapittel 2.2 under «Varsler for Oslo og Bærum».

#### 3.2.1 Tidsserier

Døgnmiddelverdier for 10 m vindhastighet, 10 m vindretning, 2 m temperatur og døgngnedbør for stasjonen Drammen-Berskog er gitt i figur 15. Noen hovedpoeng:

- Tidsseriene fra 2.5 km og 1 km er veldig like.
- Modellert vindhastighet i januar er synlig høyere enn målinger (se Appendix, Månedsstatistikk for område øst)
- Temperatur er overestimert i kald perioder men underestimert ellers.



Figur 15. Døgnmiddel tidsserier for 10 m vindhastighet, 10 m vindretning, 2 m temperatur og døgnedbør, stasjon Drammen-Berskog.

### 3.3 Luftkvalitetsprognoser for sesongen 2014/15

Evalueringen viser at det har vært høye PM<sub>10</sub>-konsentrasjoner på våren denne sesongen på grunn av veistøv. Prognosen klarer ikke å fange opp slike episoder. Dette vil forhåpentligvis kunne forbedres når veistøvmodellen NORTRIP blir implementert. For NO<sub>2</sub> er prognosen mye bedre.

Evalueringen av luftkvalitetsprognosen er gjort ved å sammenligne prognosen mot målte verdier og er gitt for Bangeløkka. De andre stasjonene i Drammen hadde ikke nok gyldige data til å kunne brukes til evaluering. Det er gitt en dekningsprosent som viser hvor stor andel av de totalt 5088 timene fra 1. oktober til 30. april som har par av sammenlignbare data (modell-målt) som er brukt for evalueringen. Manglende data er pga. enten manglende observasjoner eller manglende prognose. I tillegg er noen timer på nyttårsaften fjernet. Det er tidligere år vist at det er liten forskjell på prognosekvalitet for dag 1 og dag 2 av prognosen. Her vises derfor kun evalueringsresultater for dag 2. I tillegg til dekningsgrad er det gitt gjennomsnitt av observerte verdier og prognose, gjennomsnittlige absolutte feil (MAE, Mean absolute error) og det kvadratiske avviket med Root mean square error (RMSE), som gir større vekt til de store prognosefeilene. Videre er korrelasjonskoeffisienten, R, beregnet, samt 99 prosentilen av observerte og

modellerte timesverdier. Figurer av gjennomsnittlige døgnprofiler viser hvordan prognosen gjennomsnittlig treffer for ulike timer på døgnet. For PM<sub>10</sub> er også tidsserien av døgnverdier er presentert.

### 3.3.1 Bangeløkka

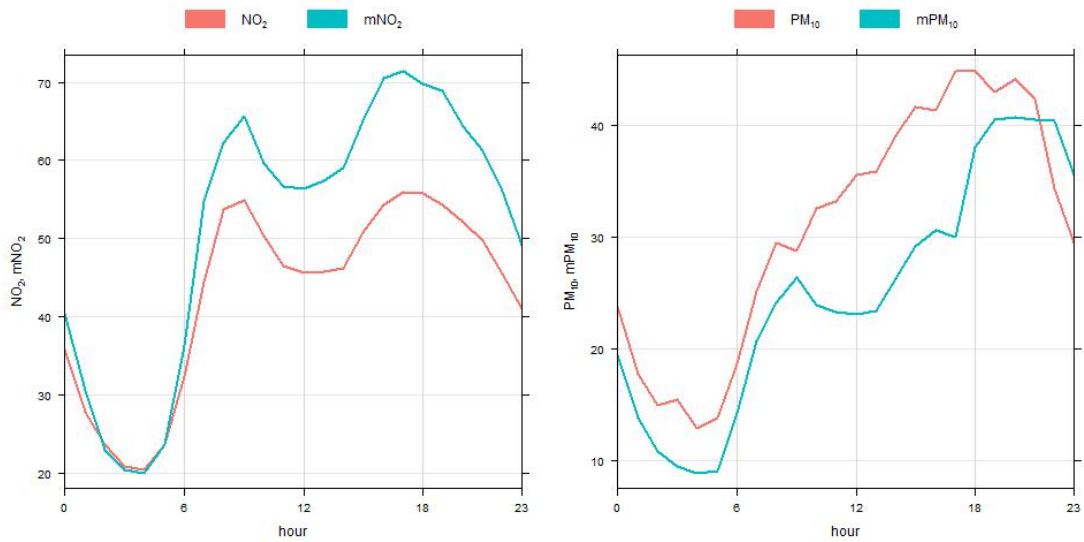
For Bangeløkka er prognosen for NO<sub>2</sub> den beste i forhold til korrelasjonskoeffisient, R=0.57, men gjennomsnittsverdien overestimeres noe. Den modellerte 99-prosentilen er også noe høyere enn den observerte.

For PM<sub>10</sub> gjør prognosen det særdeles dårlig. Man ser fra tidsserien av døgnmidlene (Figur 16) at det er en overestimering i løpet av vinteren og en kraftig underestimering på våren. Disse to forholdene kompenserer hverandre slik at gjennomsnittsverdien kun er noe underestimert. De høye observerte konsentrasjonsverdiene av PM<sub>10</sub> på våren er forårsaket av høye utslipp av veistøv.

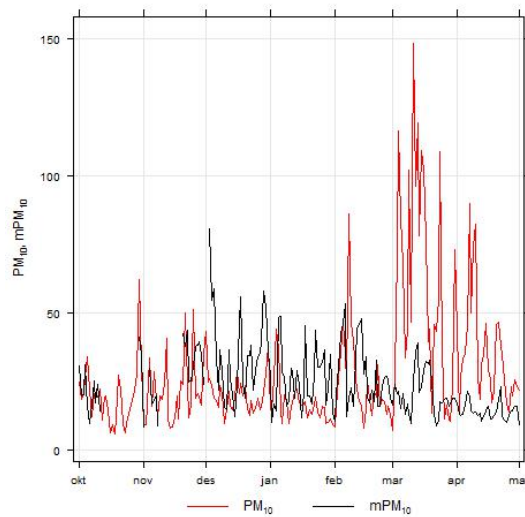
Det er ikke målinger av PM<sub>2.5</sub> på Bangeløkka.

Tabell 13. Statistiske parameterne for Bangeløkka.

	Snitt Obs (µg/m <sup>3</sup> )	Snitt Mod (µg/m <sup>3</sup> )	MAE	RMSE	R	Obs. 99 prosentil	Mod. 99 prosentil	Dekning %
NO <sub>2</sub>	42.9	51.7	20.8	27.2	0.57	117.9	123.9	81
PM <sub>10</sub>	31	25.1	23.5	42.6	0.12	205.7	99.4	81
PM <sub>2.5</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-



Figur 16 Døgnprofiler for  $\text{NO}_2$  (venstre) og  $\text{PM}_{10}$  (høyre) ved Bangeløkka. Blå linjer er prognosen og røde linjer er observasjonene.



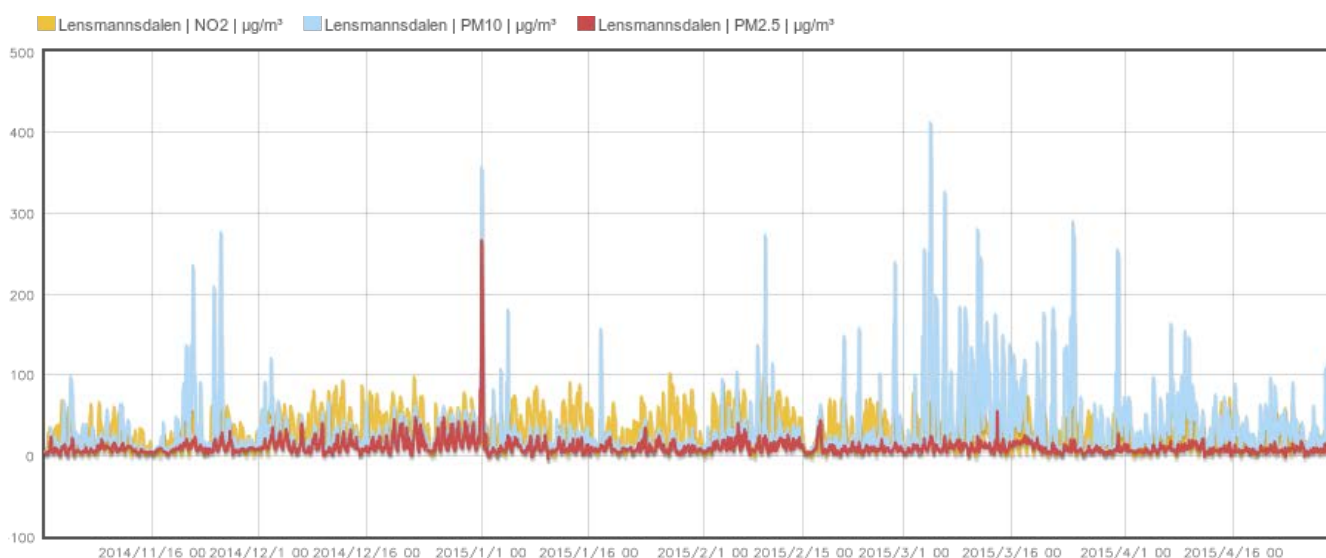
Figur 17 Døgnmiddelverdier for  $\text{PM}_{10}$  ved Bangeløkka for perioden 1. oktober 2014 til 30. april 2015. Rød linje er observasjoner mens svart linje er prognosen.



## 4 Varsler for Grenland

**Meteorologisk institutt i Oslo (VA) har ansvaret for å varsle luftkvaliteten i Grenland. Til utarbeidelse av varslene benyttes observasjonene på [luftkvalitet.info](http://luftkvalitet.info), de tilgjengelige meteorologiske modellene, resultatene fra AirQUIS-modellen samt den aktuelle vær-situasjonen og dagens værvarsel.**

### 4.1 Varsling for sesongen 2014/15



Figur 18. Målinger fra Lensmannsdalen, Grenland

Valgt varslingspunkt for Grenland er Lensmannsdalen. For NO<sub>2</sub> viser oversikten at det ikke var undervarsler. Derimot var det et større antall tilfeller med overvarsling i 71 tilfeller. I 56 tilfeller var overvarslingen en klasse fordelt på 47 tilfeller med noe forurenset luft mens observasjonen lød på lite forurenset luft. I 28 tilfeller ble det varslet mye forurenset luft, mens observasjonene viste noe forurenset luft. De resterende tilfellene var 2 klassers avvik. Det var ingen tilfeller av svært forurenset luft. PM<sub>10</sub>

komponenten ble undervarslet i 16 tilfeller hvorav ett av tilfellene med 2 varslingsklasser. PM<sub>10</sub> ble overvarslet i 20 tilfeller, og alle med kun en varslingsklasse. PM<sub>2,5</sub> for Lensmannsdalen ble overvarslet for 4 tilfeller mens undervarslingen ble begrenset til ett tilfelle.

Tabell 14. NO<sub>2</sub>-varsling/treff - Grenland, Lensmannsdalen

		← Det er målt høyere nivå enn varslet.			
Målt nivå	Svært forurenset	0	0	0	0
	Mye forurenset	0	0	1	0
	Noe forurenset	0	72	28	5
	Lite forurenset	1	47	10	1
		Lite forurenset	Noe forurenset	Mye forurenset	Svært forurenset
		Varslet nivå			
		↓ Det er målt lavere nivå enn varslet.			

Tabell 15. PM<sub>10</sub>-varsling/treff - Grenland, Lensmannsdalen

		← Det er målt høyere nivå enn varslet.			
Målt nivå	Svært forurenset	0	0	0	0
	Mye forurenset	2	0	0	0
	Noe forurenset	14	10	1	0
	Lite forurenset	117	15	4	0
		Lite forurenset	Noe forurenset	Mye forurenset	Svært forurenset
		Varslet nivå			
		↓ Det er målt lavere nivå enn varslet.			

Tabell 16. PM<sub>2.5</sub>-varsling/treff - Grenland, Lensmannsdalen

		← Det er målt høyere nivå enn varslet.			
Målt nivå	Svært forurenset	0	0	0	0
	Mye forurenset	0	0	0	0
	Noe forurenset	1	0	0	0
	Lite forurenset	160	4	0	0
		←	↓		
		Det er målt lavere nivå enn varslet.			
		Varslet nivå			
		Lite forurenset	Noe forurenset	Mye forurenset	Svært forurenset

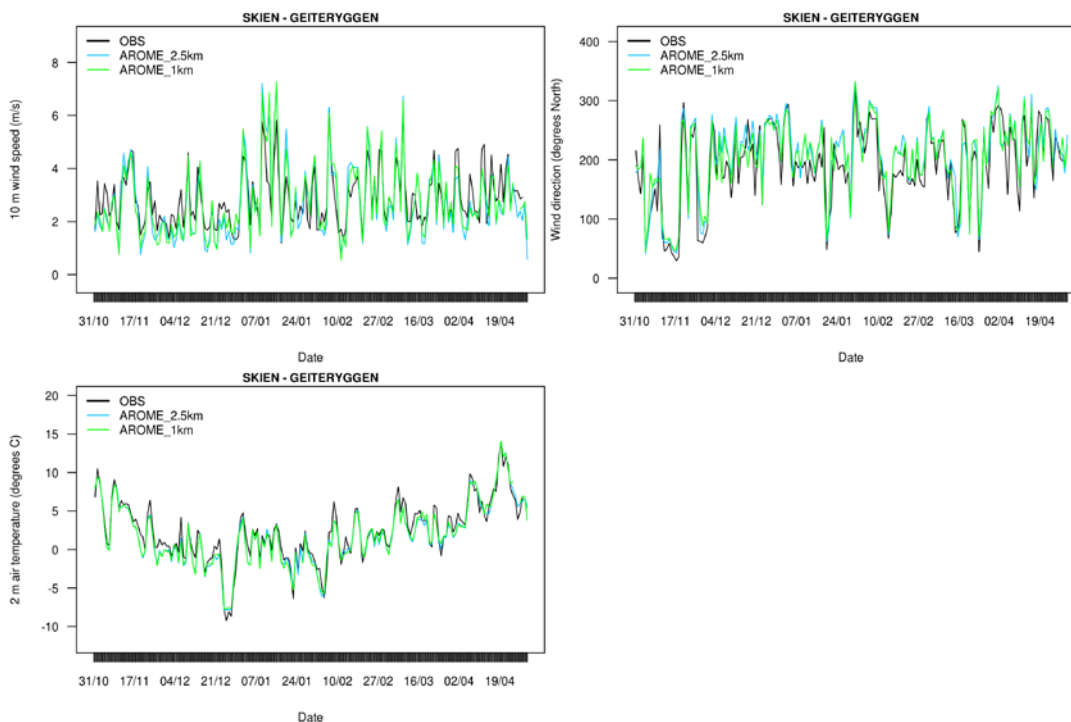
## 4.2 Meteorologiske prognoser for sesongen 2014/15

Statistikk for prognoselengde, månedsstatistikk og frekvensfordeling for frimerkeområde «øst», som også dekker Grenland, er gitt i kapittel 2.2 under «Varsler for Oslo og Bærum».

### 4.2.1 Tidsserier

Døgnmiddelverdier for 10 m vindhastighet, 10 m vindretning, 2 m temperatur og døgnedbør for stasjonen Skien-Geiteryggen er gitt i figur 19. Noen hovedpoeng:

- Tidsseriene fra 2.5 km og 1 km er veldig like.
- Alle parametere er godt representert av modellene.
- Nedbør målinger er ikke tilgjengelig for denne stasjonen.



Figur 19. Døgnmiddel tidsserier for 10 m vindhastighet, 10 m vindretning og 2 m temperatur, stasjon Skien-Geiteryggen.

### 4.3 Luftkvalitetsprognoser for sesongen 2014/15

Evalueringen for Grenland viser at NO<sub>2</sub>-prognosen er best. PM<sub>10</sub>-prognosen underestimerer ganske kraftig de høyeste konsentrasjonsverdiene som er forårsaket av mye veistøv. Det er PM<sub>10</sub> som har vært komponenten med relativt sett det høyeste nivået denne sesongen. Prognosen for PM<sub>2,5</sub> er også god for stasjonspunktet Lensmansdalen, men har noe lavere korrelasjonskoeffisient sammenlignet med NO<sub>2</sub>.

Evalueringen av luftkvalitetsprognosen er gjort ved å sammenligne prognosen mot målte verdier og er gitt pr. stasjonspunkt for Lensmannsdalen og Øyekast. Det er gitt en dekningsprosent som viser hvor stor andel av de totalt 5088 timene fra 1. oktober til 30. april som har par av sammenlignbare data (modell-målt) som er brukt for evalueringen. Manglende data skyldes enten manglende observasjoner eller manglende prognose. I tillegg er noen timer på nyttårsaften fjernet. Det er tidligere år vist at det er liten forskjell på prognosekvalitet for dag 1 og dag 2 av prognosen, Her vises derfor kun evalueringresultater for dag 2.

I evalueringen vises i tillegg til dekningsgrad, gjennomsnitt av observerte verdier og prognose, gjennomsnittlige absolutte feil (MAE, Mean absolute error) og det kvadratiske avviket med Root mean square error (RMSE), som gir større vekt til de store prognosefeilene. Videre er korrelasjonskoeffisienten, R, beregnet, samt 99

prosentilen av observerte og modellerte timesverdier. Figurer av gjennomsnittlige døgnprofiler viser hvordan prognosen gjennomsnittlig treffer for ulike timer på døgnet.

#### 4.3.1 Lensmannsdalen

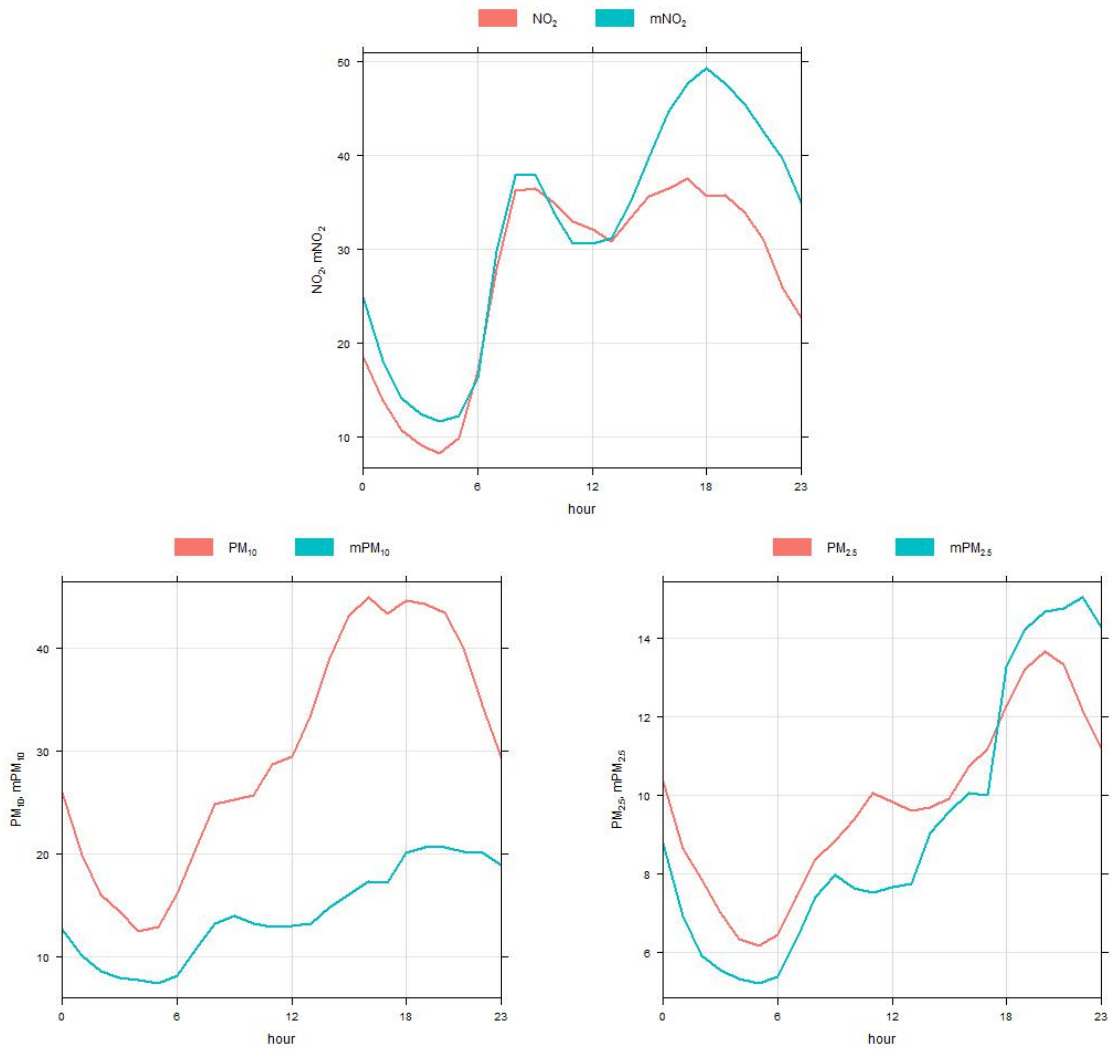
For Lensmannsdalen er prognosen for NO<sub>2</sub> den beste i forhold til korrelasjonskoeffisient, R=0.68. Gjennomsnittsverdien er i relativt bra samsvar med observasjonene, men prognosen overestimerer noe. Fra døgnprofilen ser vi at det gjennomsnittlig først og fremst overestimeres på ettermiddag og kveld. Den modellerte 99 prosentilen er også i relativt bra samsvar med den observerte (se Tabell 17).

Prognosen underestimerte kraftig gjennomsnittsverdiene for PM<sub>10</sub>. Som for mange av de andre byene denne sesongen skyldes dette veistøv som prognosen ikke klarer å fange opp. For Lensmannsdalen er PM<sub>10</sub> verdiene høyere enn for NO<sub>2</sub> og vi ser fra Figur 21, at det også var døgn med høye konsentrasjoner av PM<sub>10</sub> i november.

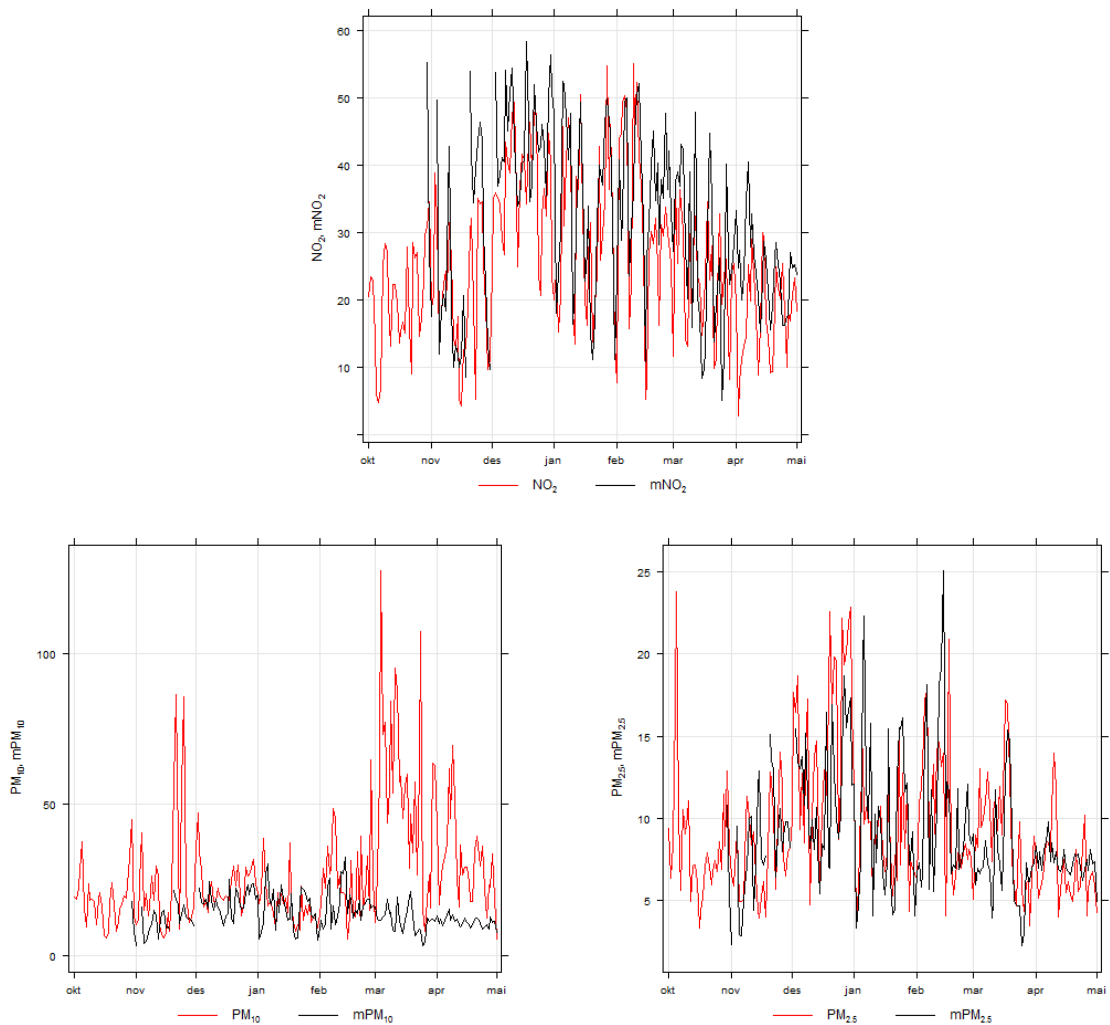
For PM<sub>2.5</sub> er det godt samsvar både for gjennomsnittsverdien og 99 prosentilen, men korrelasjonskoeffisienten er likevel lavere enn for NO<sub>2</sub>.

Tabell 17. De statistiske parameterne for Lensmannsdalen

	Snitt Obs (µg/m <sup>3</sup> )	Snitt Mod (µg/m <sup>3</sup> )	MAE	RMSE	R	Obs. 99 prosentil	Mod. 99 prosentil	Dekning %
NO <sub>2</sub>	27	32	13.1	17.4	0.68	78.9	83.6	80
PM <sub>10</sub>	29.8	14.1	19.9	38.1	0.15	170.1	48.4	79
PM <sub>2.5</sub>	9.8	9.2	4.8	7.1	0.49	35.4	38.9	80



Figur 20 Døgnprofiler for Lensmannsdalen. Rød linje er observasjonene og blå linje er prognosen



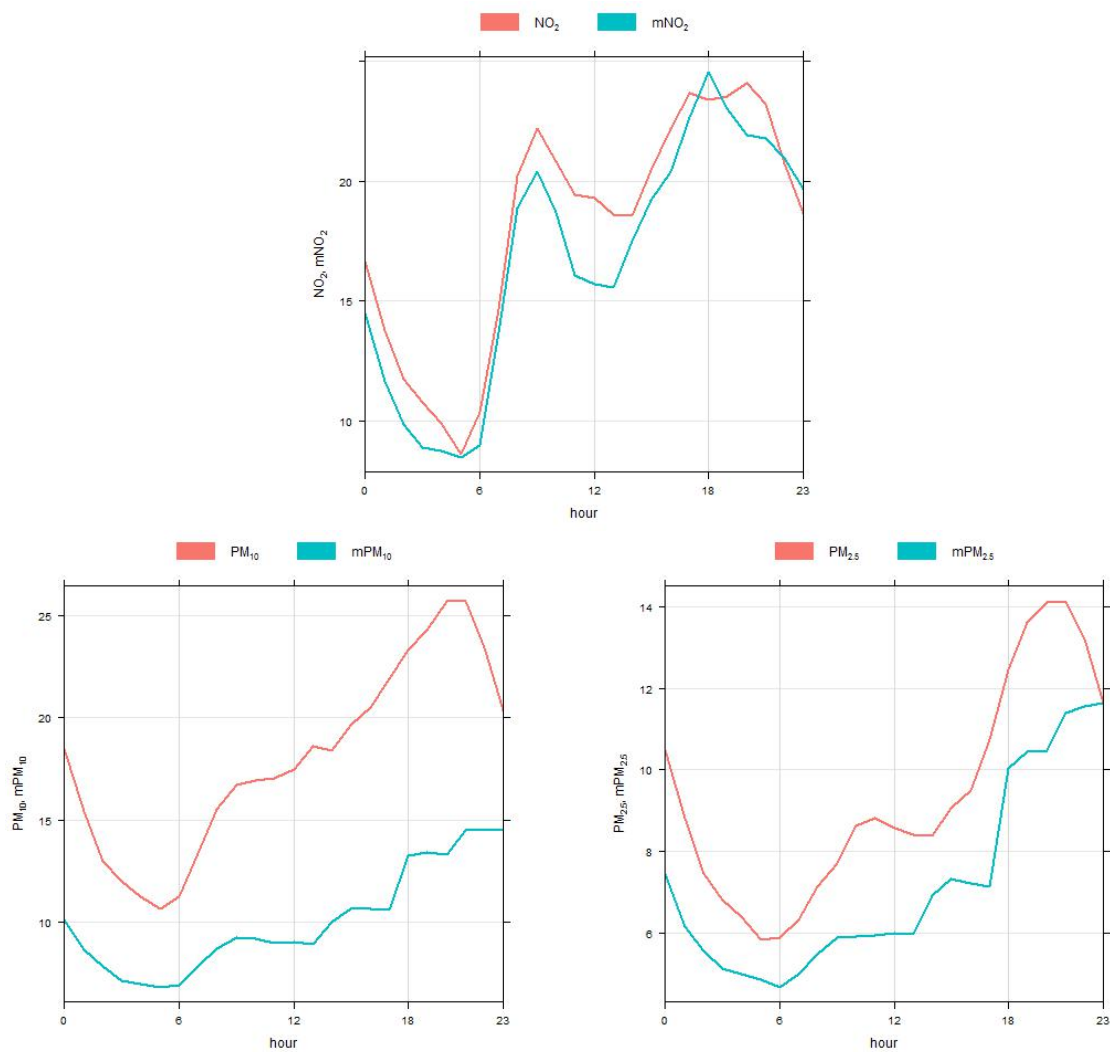
Figur 21 Tidsserier av døgnverdier for Lensmannsdalen for perioden 1.oktober 2014 til 30.april 2015. Rød linje er observasjonene og svart linje er prognosen for henholdsvis  $NO_2$  (øverst),  $PM_{10}$  (nederst til venstre) og  $PM_{2.5}$  (nederst til høyre).

#### 4.3.2 Øyekast

Med unntak av  $PM_{2.5}$  er de observerte verdiene generelt lavere ved Øyekast sammenlignet med Lensmannsdalen. For Øyekast har prognosene også best korrelasjon for  $NO_2$ , men underestimerer noe nivået. Prognosen underestimerer både  $PM_{10}$  og  $PM_{2.5}$ .

Tabell 18. De statistiske parameterne for Øyekast.

	Snitt Obs ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Snitt Mod ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	MAE	RMSE	R	Obs. 99 prosentil	Mod. 99 prosentil	Dekning %
NO <sub>2</sub>	18.1	16.7	10.6	15	0.51	64.3	60.7	80
PM <sub>10</sub>	18	10.1	10.6	15.4	0.29	64.2	38.5	79
PM <sub>2.5</sub>	9.3	7.2	5.1	8	0.45	42.5	33.9	80



Figur 22 Døgnprofiler for Øyekast. Rød linje er observasjonene og blå linje er prognosen.



## 5 Varsler for Stavanger

***Meteorologisk institutt i Bergen (VV) har ansvaret for å varsle luftkvaliteten i Stavanger. For Stavanger/Sandnes har denne sesongen den trafikknære stasjonen Kannik blitt brukt som referanse. Tidligere sesonger har stasjonen Våland blitt brukt som referanse.***

***Til utarbeidelse av varslene vektlegges hovedsakelig resultatene fra AirQUIS-modellen, i tillegg til observasjonene tilgjengelig på <http://luftkvalitet.info>. De ulike meteorologiske modellene, samt den aktuelle vær-situasjonen og dagens værvarsel tas også med i vurderingen.***

### 5.1 Varsling for sesongen 2014/15

Luftkvalitetsvarslingen denne sesongen ble gjort fra 3. november 2014 til og med 30. april 2015.

På grunn av oppgraderinger av systemet har det manglet prognosedata mange ganger denne sesongen, særlig i starten. Til tider har det også manglet observasjoner, gjerne samtidig som det har manglet prognosedata. VV har stort sett varslet luftkvalitet likevel, basert på lokalkunnskap i kombinasjon med tilgjengelig værvarsel. Noen ganger var det likevel ikke mulig å sende ut luftkvalitetsvarsel på grunn av en potensielt «farlig» vær-situasjon. Typisk her kan være en høytrykksituasjon som kan gi høy luftforurensning. Det har imidlertid ikke blitt loggført hvilke dager det er blitt varslet uten prognoser eller observasjoner.

På grunn av oppgraderinger hos NILU, har det vært noe nedetid på sidene, noe som har gjort at det ikke alltid har vært fysisk mulig å varsle luftkvalitet. Dette var særlig i begynnelsen av sesongen.

#### 5.1.1 Varsling av luftkvalitet og grenseverdier

I tillegg til generell samlekurve og varslingstekst via <http://luftkvalitet.info>, sender Vervarslinga på Vestlandet ut en tekst til kommuner, aviser, NRK og NILU. I teksten rapporteres det om gårsdagens observerte luftkvalitet, og forventet forurensningsnivå for dagen i dag og morgendagen. Luftkvaliteten gjelder for referansestasjonen i byen,

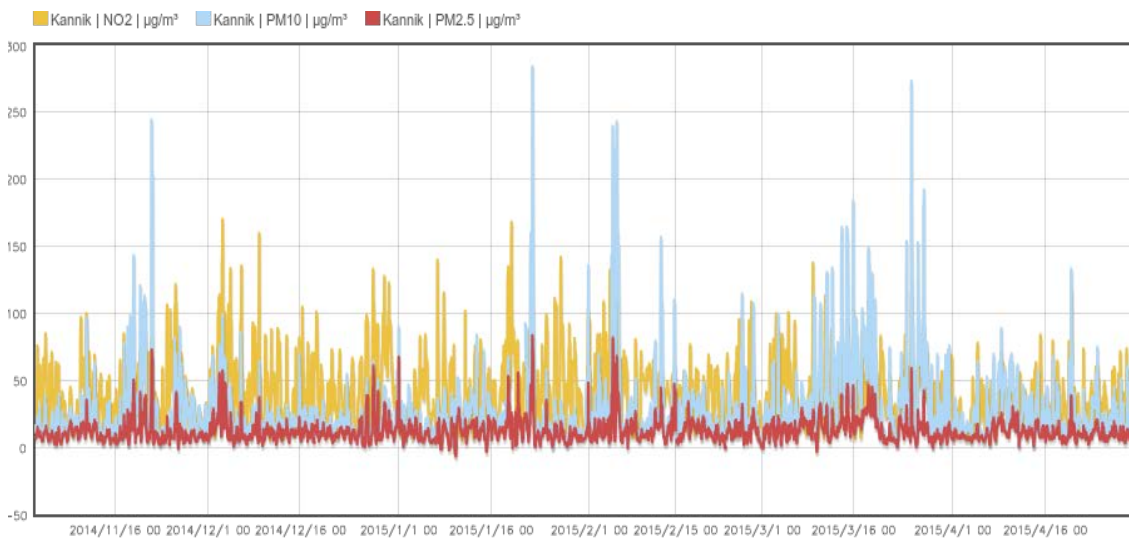
men det kan i tillegg kommenteres forurensning i andre områder.

Luftkvalitetssesongen fra november 2014 til april 2015 har vært preget av få langvarige høytrykksituasjoner, som er typisk for dannelse og utvikling av perioder med høy luftforurensning. Det har snarere vært en sesong preget av lavtrykksaktivitet, med mye sørvestlig vind og nedbør. For Vestlandet sin del har det omtrent kommet dobbelt så mye nedbør denne vintersesongen som normalt. Ekstremværene «Nina» og «Ole» gjorde seg også gjeldende i januar.

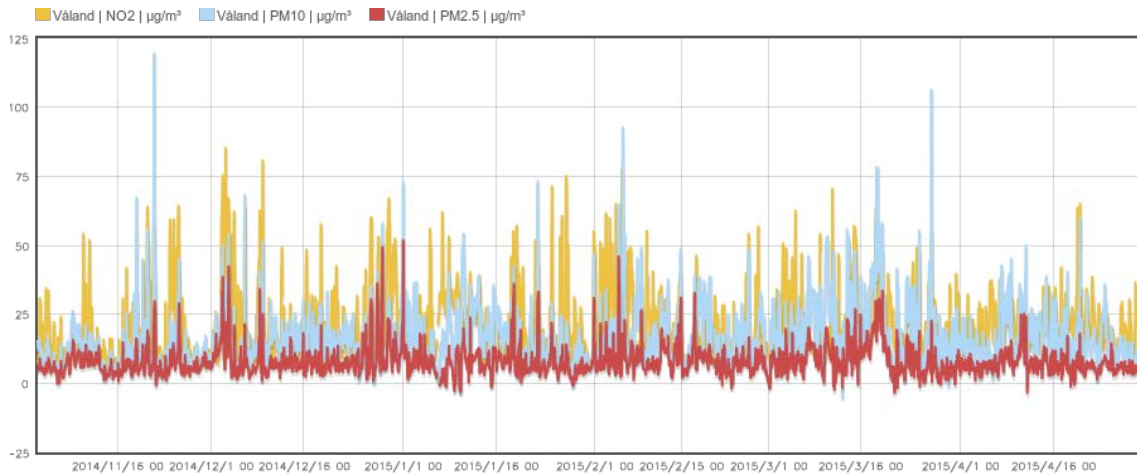
### 5.1.2 Vurdering av resultater

Stavanger kommune byttet etter eget ønske varslingspunkt denne sesongen fra Våland, som ligger i bybakgrunnen, til Kannik som er en trafikknær stasjon. Dette har til tider ført til mer upresise varsler, også på grunn av hendelser i trafikkbildet som prognosene ikke kunne forutse. Stavanger kommune ble informert om at dette kunne bli en konsekvens av endringen.

Figurene 23 og 24 viser observasjoner for  $PM_{2,5}$  i rødt,  $PM_{10}$  i blått og  $NO_2$  i gult for henholdsvis Kannik og Våland i perioden november 2014 til og med april 2015.

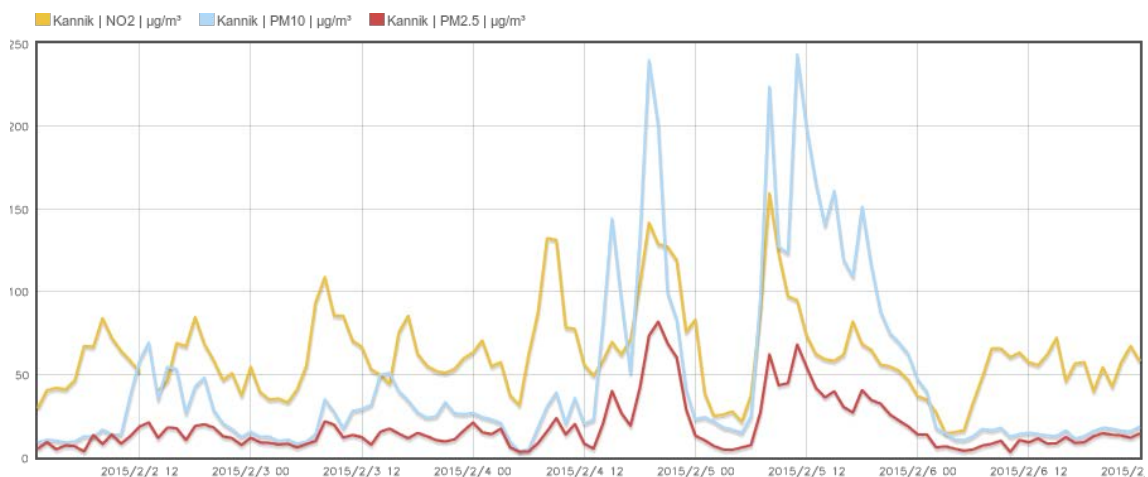


Figur 23. På Kannik ble det for  $PM_{10}$  målt svært mye forurensning 5 dager denne sesongen, mens for  $PM_{2,5}$  og  $NO_2$  var det ingen tilfeller med svært mye. Både  $NO_2$ ,  $PM_{10}$  og  $PM_{2,5}$  nådde opp i nivå mye flere dager, med flest tilfeller av  $PM_{10}$ .



Figur 24. På Våland ble det målt langt mindre forurensning.  $PM_{10}$  kommer opp i nivå mye forurensning en enkelt dag i mars. Ved årsskiftet (Nyttårsaftnen) blir det også målt «mye»  $PM_{2.5}$ . Ellers viser målingene verdier i kategori «noe» eller «lite».

Det ble sendt inn en klage på luftkvalitetsvarslingen i Stavanger for dagene 4. og 5. februar, da det var høytrykksoppbygning på Vestlandet. Klagen gikk ut på at det var mye høyere luftforurensning i virkeligheten enn det som var varslet. En sjekk i varslene som ble sendt ut, viser at det ble sendt ut (og registrert) «noe forurenset» luft disse dagene, mens det i virkeligheten var svært mye forurensning, forårsaket av svevestøv, se figur 25.



Figur 25. Kurvene viser høye verdier av  $PM_{10}$  og  $PM_{2.5}$  på Kannik. Det er tre tilfeller i kategorien «svært mye» forurensning i denne perioden på grunn av svevestøv.  $NO_2$  bidrar i samme periode kun «noe» til forurensningen.

For Stavanger/Kannik vet vi at det er PM<sub>10</sub> som skaper mest problemer. Tabell 19 viser treff for døgnvarsler i denne perioden.

Tabell 19. PM<sub>10</sub>-varsling/treff - Kannik

		← Det er målt høyere nivå enn varslet.			
Målt nivå	Svært forurenset	0	0	0	0
	Mye forurenset	1	0	0	0
	Noe forurenset	12	5	0	0
	Lite forurenset	156	3	0	0
		Lite forurenset	Noe forurenset	Mye forurenset	Svært forurenset
		Varslet nivå			
		↓ Det er målt lavere nivå enn varslet.			

Tabell 19 tyder på en viss underversling for Kannik sin del; vi ser at i 12 tilfeller ble det målt «noe», men varslet «lite» forurensning. Men det kan også se ut som selve tabellen er misvisende, siden det ikke framkommer noen tilfeller med «svært mye» forurensning, og vi allerede vet fra grafene at det har vært 5 målinger på dette.

Tabell 20. NO<sub>2</sub>-varsling/treff - Kannik

		← Det er målt høyere nivå enn varslet.			
Målt nivå	Svært forurenset	0	0	3	1
	Mye forurenset	2	10	18	1
	Noe forurenset	3	67	39	1
	Lite forurenset	1	26	5	0
		Lite forurenset	Noe forurenset	Mye forurenset	Svært forurenset
		Varslet nivå			
		↓ Det er målt lavere nivå enn varslet.			

Tallene for NO<sub>2</sub>-varsling ser ut til å gi et noe riktigere bilde av virkeligheten, selv om de tre tilfellene med nivå «svært mye», ikke gjenfinnes i grafene. Ut fra tabellen kan det se ut som det er vanskelig å varsle riktig for Kannik; det skjer både en underversling og overvarsling av NO<sub>2</sub>.

### 5.1.3 Oppsummering av resultater:

Tabell 21 viser hvor mange tilfeller det har blitt målt **svært mye luftforurensning** for PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> og NO<sub>2</sub> i Stavanger/Sandnes denne sesongen.

Tabell 21. Antall målinger av svært mye luftforurensning for PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> og NO<sub>2</sub> i Stavanger/Sandnes i 2014/2015.

Sted	NO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>
Stavanger - Våland	0	0	0
Stavanger - Kannik	0	5	0

Tabell 22 viser oppsummeringen av tilfellene det har vært målt **mye luftforurensning** for PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> og NO<sub>2</sub> i Stavanger/Sandnes denne sesongen.

Tabell 22. Antall målinger av mye luftforurensning for PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> og NO<sub>2</sub> i Stavanger/Sandnes i 2014/2015.

Sted	NO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>
Stavanger - Våland	0	1	1
Stavanger - Kannik	Noen ganger	Flere ganger	Flere ganger

#### 5.1.4 Konklusjon

Sesongen november 2014 til april 2015 har vist seg å være en sesong med forholdsvis få tilfeller av svært mye luftforurensning, og hovedgrunnen er nok værforholdene som var preget av lavtrykksaktivitet og mangel på lange høytrykksituasjoner.

##### NO<sub>2</sub>

Kun i noen tilfeller har det vært målt høye konsentrasjoner av NO<sub>2</sub>, og da kun ved de trafikknære stasjonene, noe som ikke er helt uventet. Det er nærliggende å anta at værforholdene denne sesongen har hindret oppbyggingen av høye NO<sub>2</sub>-konsentrasjoner.

##### PM<sub>2,5</sub>

Svevestøv akkumuleres i luften når det er lite nedbør, og aller mest i tørre perioder.

##### PM<sub>10</sub>

Det er PM<sub>10</sub> som i flest tilfeller har gitt opphav til mye luftforurensing denne sesongen.

## 5.2 Meteorologiske prognoser for sesongen 2014/15

### 5.2.1 Oppsummerende statistikk

I Tabell 23 vises total statistikk av modellberegninger fra AROME i område vest. Mellom 18 og 27 synoptiske stasjoner er tilgjengelig for verifikasjon. Statistikken er basert på alle 54 timers prognoser. Noen hovedpoeng:

- Begge modellene har litt positiv bias for vindhastighet ( $\sim +0.2$  m/s) men bias er litt mindre for 1 km kjøringen. Dette er en stor forbedring i forhold til sesongen 2013/2014 hvor bias for vindhastighet var  $\sim +1.5$  m/s.
- Gjennomsnittlig standardavvik av feilen for vindhastighet er 2.0 m/s for både 2.5 og 1 km kjøringene. Dette er omtrent det samme som ble oppnådd i sesongen 2013/2014.
- Resultatene fra 2.5 km og 1 km er nesten likt for 2 m temperatur hvor begge modellene har noe negativ bias for temperatur ( $\sim -0.9$  C). Bias i sesongen 2013/2014 var noe mindre ( $\sim -0.4$  C).
- 2.5 km modellberegning for nedbør er stort sett bedre enn 1 km. Dette er i tråd med vanlige meteorologiske varslinger hvor glatting av nedbørfelter gir bedre resultater.

Tabell 23. Statistisk analyse av AROME-beregninger for område vest. Middelerdien av observasjonene og antall stasjoner brukt i analysen er også angitt.

<b>AROME-byluft 1km</b>	<b>ME</b>	<b>MAE</b>	<b>RMSE</b>	<b>SDE</b>	<b>Middelverdi</b>	<b>Stasjoner</b>
10 m vindhastighet (m/s)	0.129	1.828	2.398	2.13	5.05	20
2 m temperatur (°C)	-0.91	1.54	1.90	1.47	3.45	27
24h nedbør (mm.24hr)	-3.06	4.50	7.87	7.23	7.81	18
<b>AROME-MetCoop 2.5km</b>	<b>ME</b>	<b>MAE</b>	<b>RMSE</b>	<b>SDE</b>	<b>Middelverdi</b>	<b>Stasjoner</b>
10 m vindhastighet (m/s)	0.275	1.826	2.41	2.16	5.05	20
2 m temperatur (°C)	-0.96	1.50	1.85	1.43	3.45	27
24h nedbør (mm.24hr)	-0.95	3.541	6.29	6.19	7.81	18

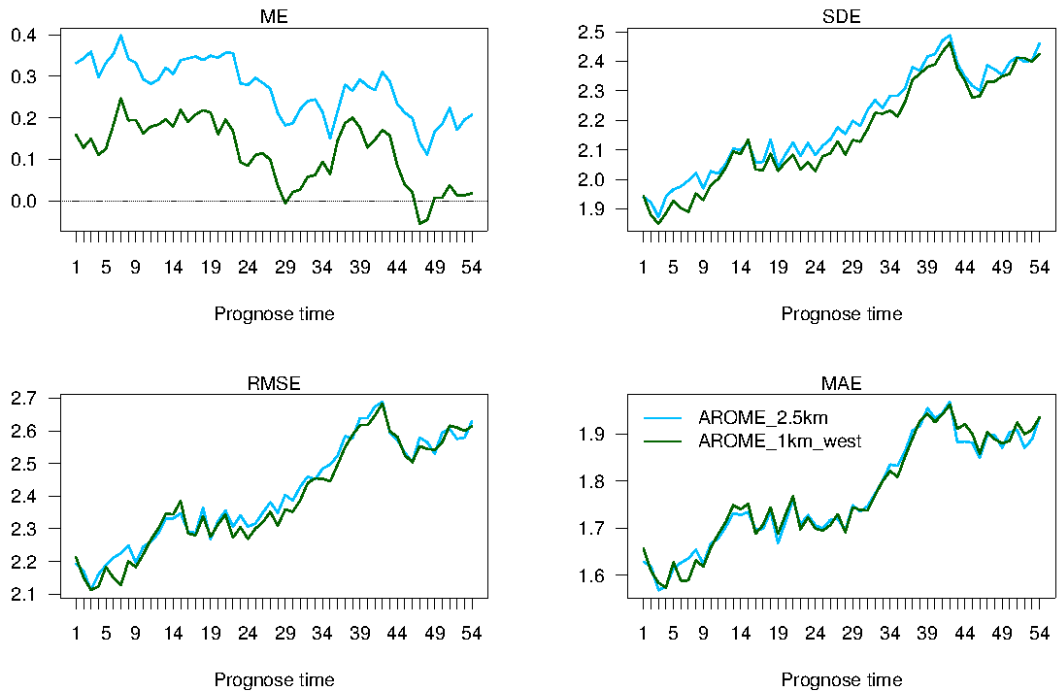
### 5.2.2 Statistikk for prognoselengde

I figurene 26 og 27 vises middelfeil og standardavvik av feilen for vindhastighet og temperatur, med bruk av alle stasjoner innenfor område vest, som funksjon av prognosetime. Noen hovedpoeng:

- Standardavviket av feilen øker med prognoselengden for både vind og temperatur. Middelfeilen for vind er mer avhengig av tid på dagen enn prognoselengde mens temperatur avvik blir store i løp av prognose perioden (kald bias).
- Det er ikke stor forskjell mellom 2.5 km og 1 km kjøringene. Statistikken for vindhastigheten i 1 km er litt bedre enn for 2.5 km. Statistikken for temperaturen i 1 km er litt dårlige enn for 2.5 km.

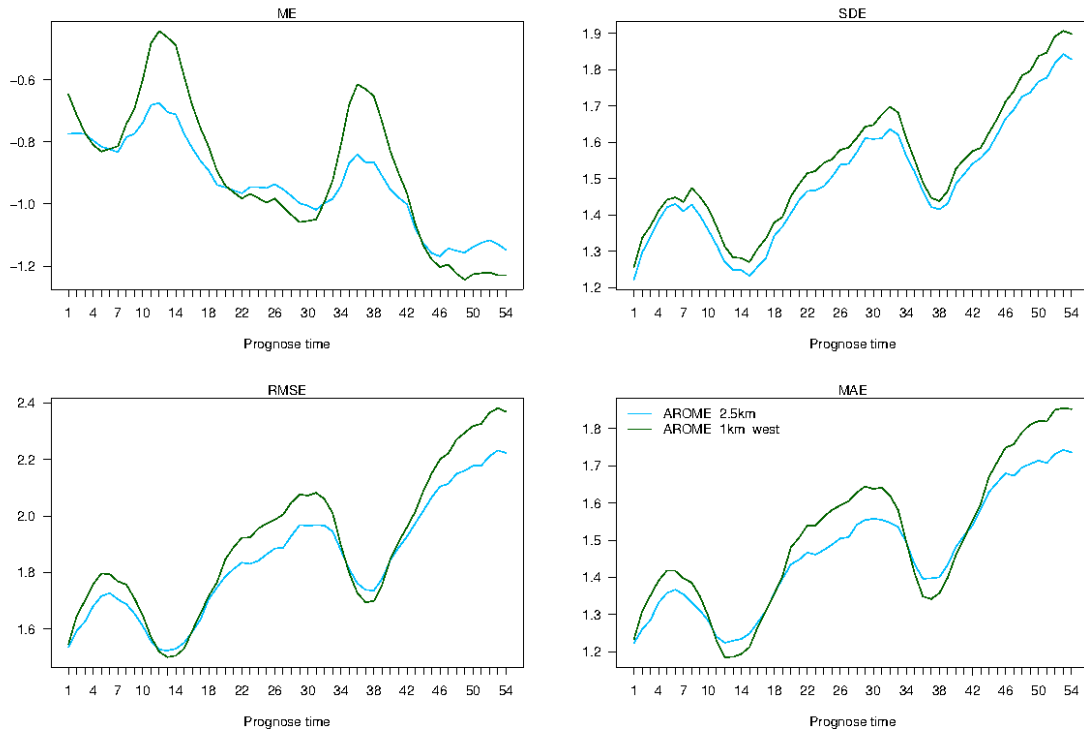
## Vindhastighet 10m

20141101 – 20150502  
20 stasjoner



Figur 26. Statistikk for 10 m vindhastighet avhengig av prognoselengde for område vest

Temperatur 2m  
20141101 – 20150502  
27 stasjoner



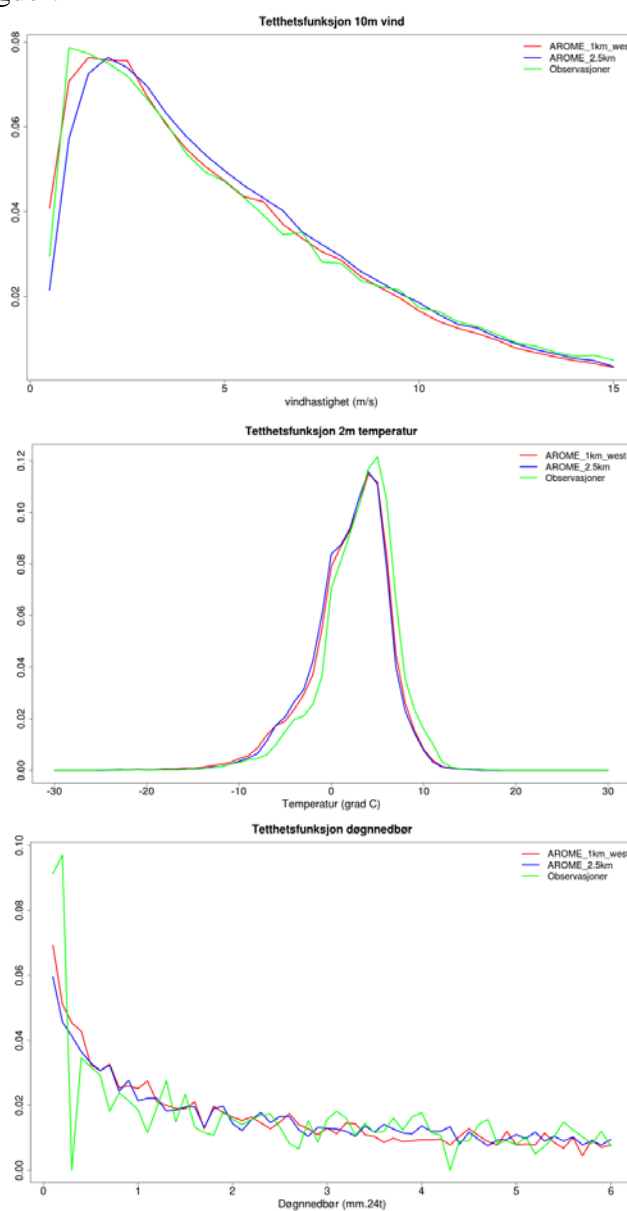
Figur 27. Statistikk for 2m temperatur avhengig av prognoselengde område vest.



### 5.2.3 Frekvensfordeling

I figur 28 vises frekvensfordeling (tetthetsfunksjon) for 10 m vindhastighet, 2 m temperatur og døgntnedbør. Frekvensfordeling gir informasjon om modellens kapasitet til å gjenskape den riktige fordelingen av de meteorologiske parameterne. Vi ser at:

- Modellene (2.5 og 1 km) gir nesten likt frekvensfordeling enn det som er målt. 1 km gir en litt bedre fordeling.
- Temperaturfordelingen er godt modellert med litt negativ bias.
- Nedbørfordelingen er godt modellert med noe underestimering for små nedbørmengder.

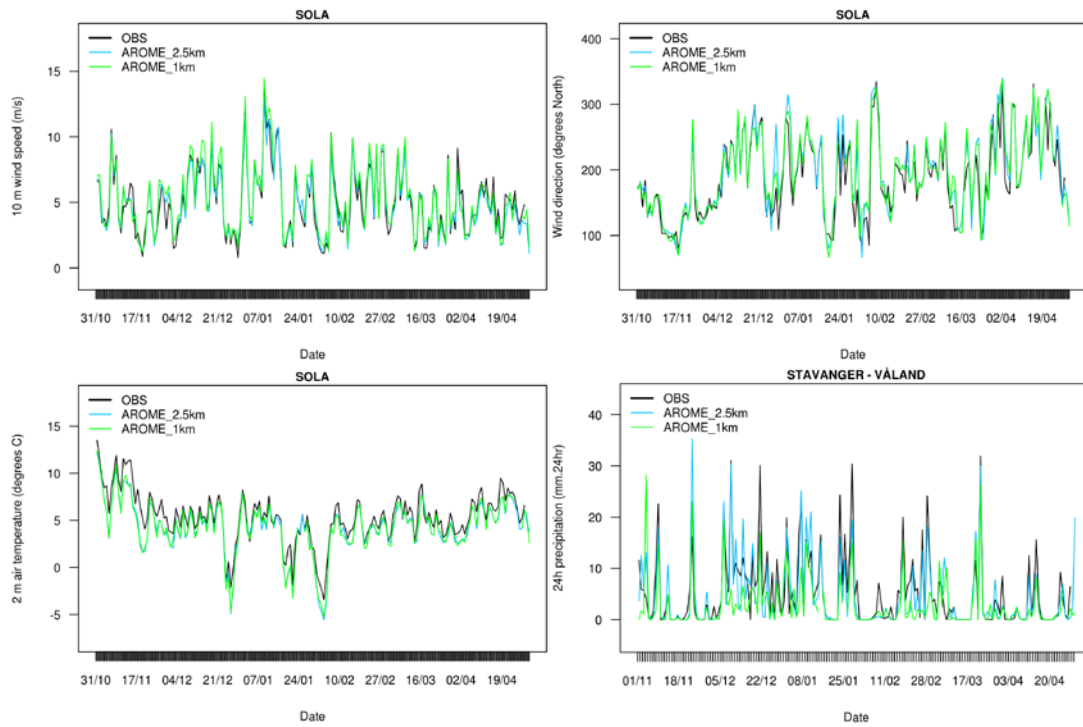


Figur 28. Frekvensfordeling (tetthetsfunksjon) for 10 m vindhastighet, 2 m temperatur og døgntnedbør for område vest

## 5.2.4 Tidsserier

Døgnmiddelverdier for 10 m vindhastighet, 10 m vindretning, 2 m temperatur og døgngnedbør for stasjonene Sola og Vålånd er gitt i figur 29. Noen hovedpoeng:

- Tidsseriene fra 2.5 km og 1 km er veldig like.
- Alle parametere er godt representert av modellene.



Figur 29. Døgnmiddel tidsserier for 10 m vindhastighet, 10 m vindretning, 2 m temperatur og døgngnedbør, stasjon Stavanger-Sola og Vålånd.

### 5.3 Luftkvalitetsprognoser for sesongen 2014/15

Evalueringen av luftkvalitetsprognosen er gjort ved å sammenligne prognosen mot målte verdier og er gitt pr. stasjonspunkt for Kannik og Våland. Prognosen for Stavanger viser at NO<sub>2</sub> prognosen er best med tanke på korrelasjon, men overestimerer nivåene, spesielt på Våland. PM<sub>10</sub> prognosen klarer ikke å fange opp episoder med mye veistøv, noe som gjør at spesielt ved Kannik underestimeres de høyeste konsentrasjonene. Dette er en kjent utfordring og arbeid med implementering av veistøvmodellen NORTRIP er i gang.

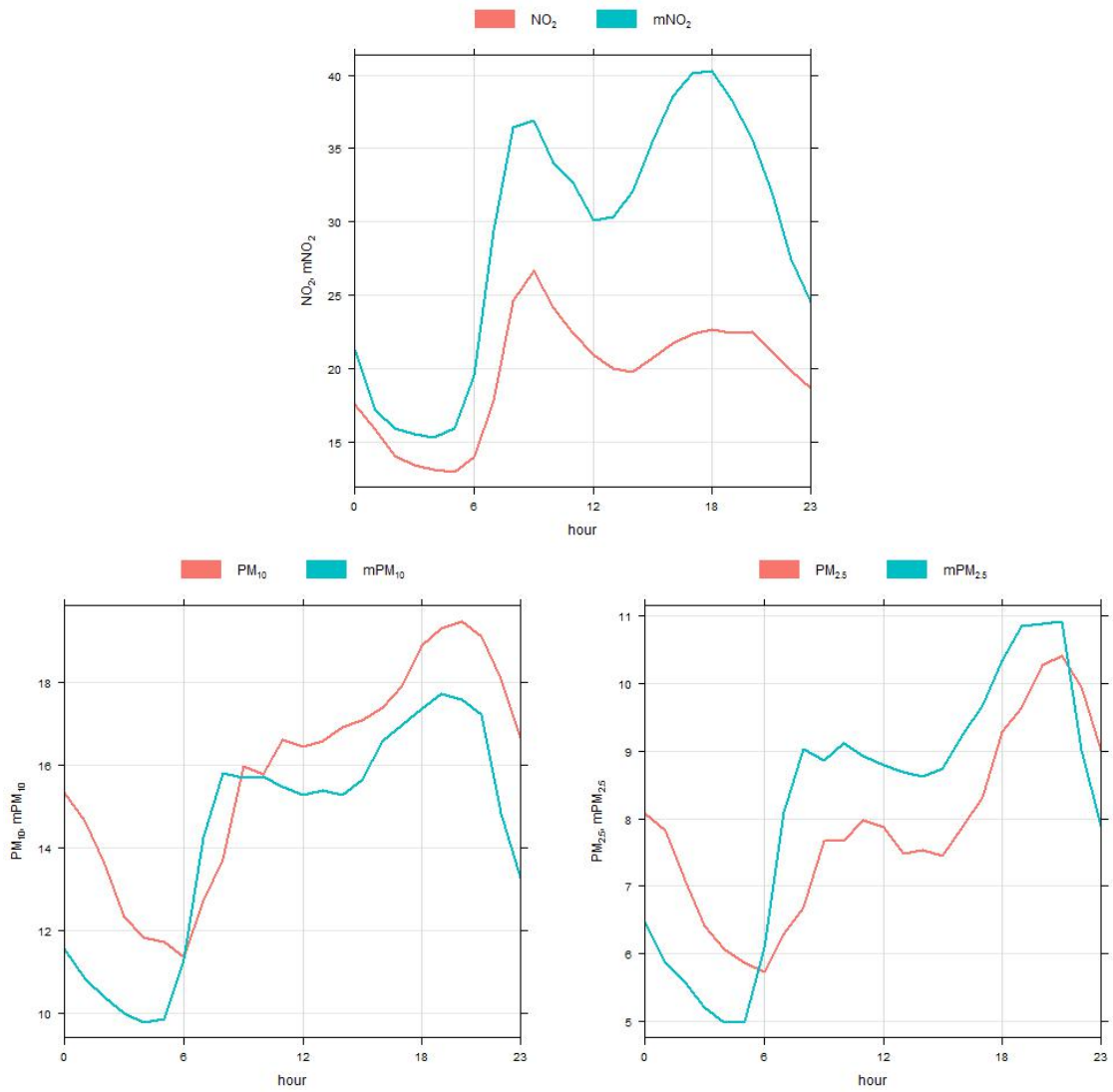
#### 5.3.1 Våland

For Våland er prognosen for NO<sub>2</sub> den beste i forhold til korrelasjonskoeffisient, R, men gjennomsnittsverdien overestimeres en god del. Fra døgnprofilen ser vi at det gjennomsnittlig overestimeres over hele døgnet. Den modellerte 99 prosentilen er også en god del høyere enn den observerte.

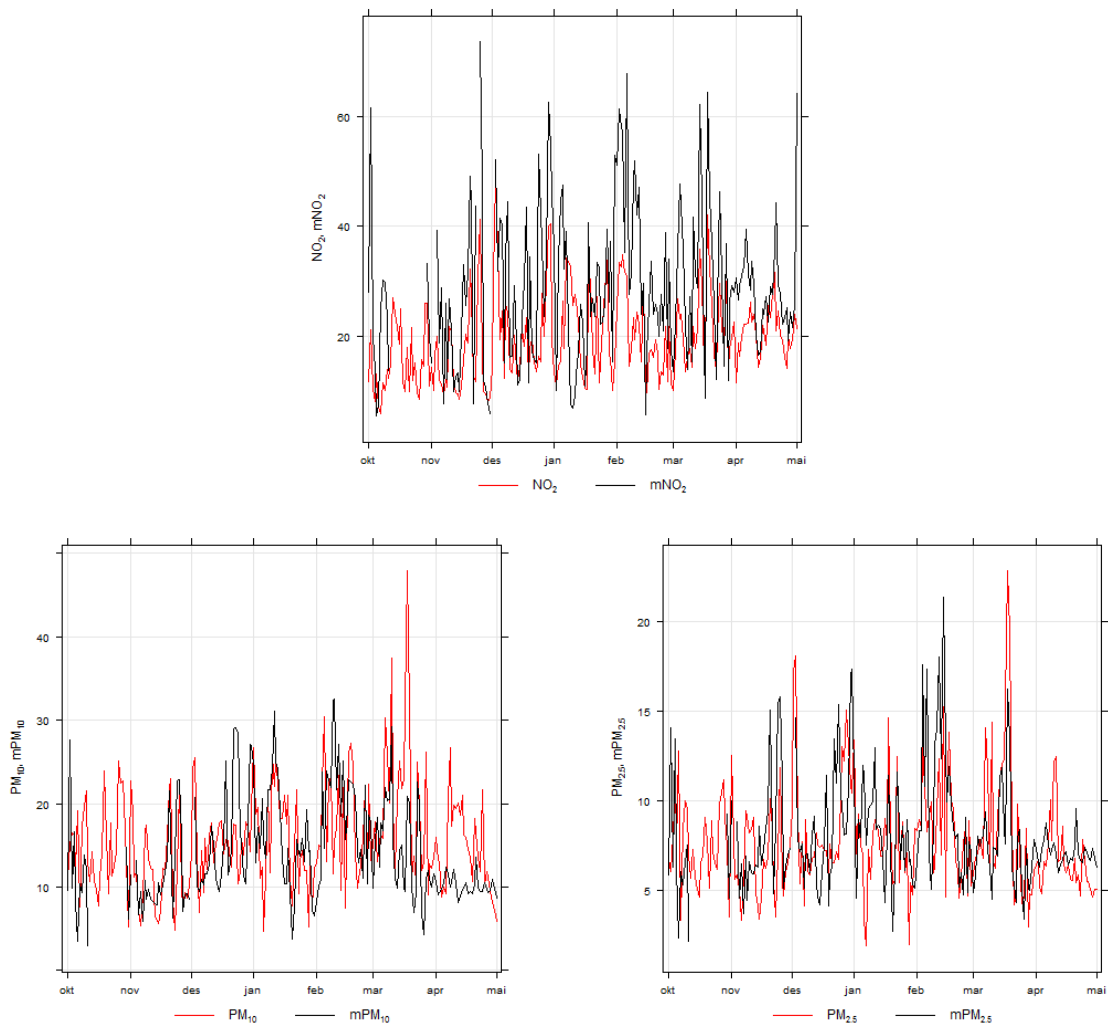
Gjennomsnittsverdiene for PM prognosen er i bedre samsvar med observasjonene, men korrelasjonskoeffisienten er likevel noe lavere enn for NO<sub>2</sub>. Døgnprofilen for PM viser relativ lik form for prognose og modell, men med underestimering på natten. For PM<sub>10</sub> er det også litt underestimering på dagtid, mens det for PM<sub>2.5</sub> er noe overestimering. For PM viser 99 prosentilen godt samsvar for PM<sub>2.5</sub>, mens den er noe underestimert for PM<sub>10</sub>. Fra tidsserien av døgnverdiene for PM<sub>10</sub> ser vi at det er flere etterfølgende døgn på våren der prognosen underestimerer mye. Dette er typisk dager med mer veistøv utslipp som modellen pr. i dag ikke klarer å fange opp. Arbeid med implementering av veistøvmodellen NORTRIP er i gang og som forhåpentligvis vil forbedre dette.

Tabell 24. Statistiske parametre ved Våland.

	Snitt Obs (µg/m <sup>3</sup> )	Snitt Mod (µg/m <sup>3</sup> )	MAE	RMSE	R	Obs. 99 prosentil	Mod. 99 prosentil	Dekning %
NO <sub>2</sub>	19.5	29	14.3	20.4	0.54	59.1	87.9	85
PM <sub>10</sub>	15.8	14.4	7.7	10.9	0.36	51.3	40.8	85
PM <sub>2.5</sub>	7.9	8.2	3.9	5.5	0.38	27.4	25.3	86



Figur 30 Døgnprofiler for Våland. Rød linje er observasjonene og blå linje er prognosen.



Figur 31 Døgnverdier for Våland for perioden 1. oktober 2014 til 30. april 2015. Rød linje er observasjonene og svart linje er prognosen for henholdsvis  $\text{NO}_2$  (øverst),  $\text{PM}_{10}$  (nederst til venstre) og  $\text{PM}_{2.5}$  (nederst til høyre).

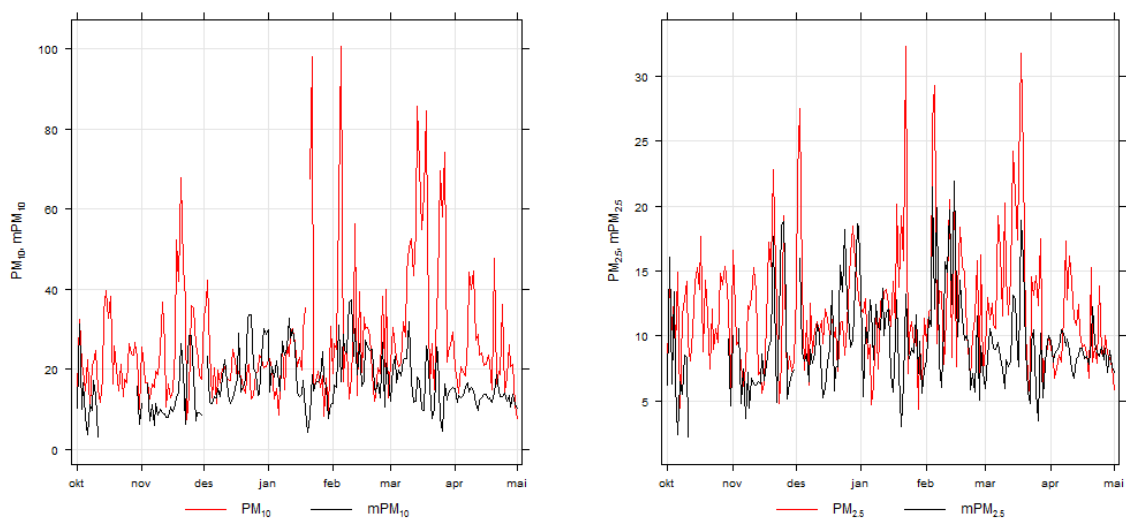
### 5.3.2 Kannik

For Kannik er prognosen for  $\text{NO}_2$  den beste i forhold til korrelasjonskoeffisient,  $R$ , men det er en svak overestimering for gjennomsnittsverdien. Fra døgnprofilen, Figur 33, ser vi at overestimeringen skjer først og fremst på ettermiddagen. Den modellerte 99 prosentilen er derimot tilnærmet lik den observerte. Gjennomsnittsverdiene for PM prognosen er underestimert sammenlignet med observasjonene. Korrelasjonskoeffisienten er også lavere enn for  $\text{NO}_2$ , og for  $\text{PM}_{10}$  betydeligere lavere enn ved Våland. Døgnprofilen for PM viser derimot ganske lik form for prognose og modell, men med klar underestimering spesielt for  $\text{PM}_{10}$ , se Figur 33.

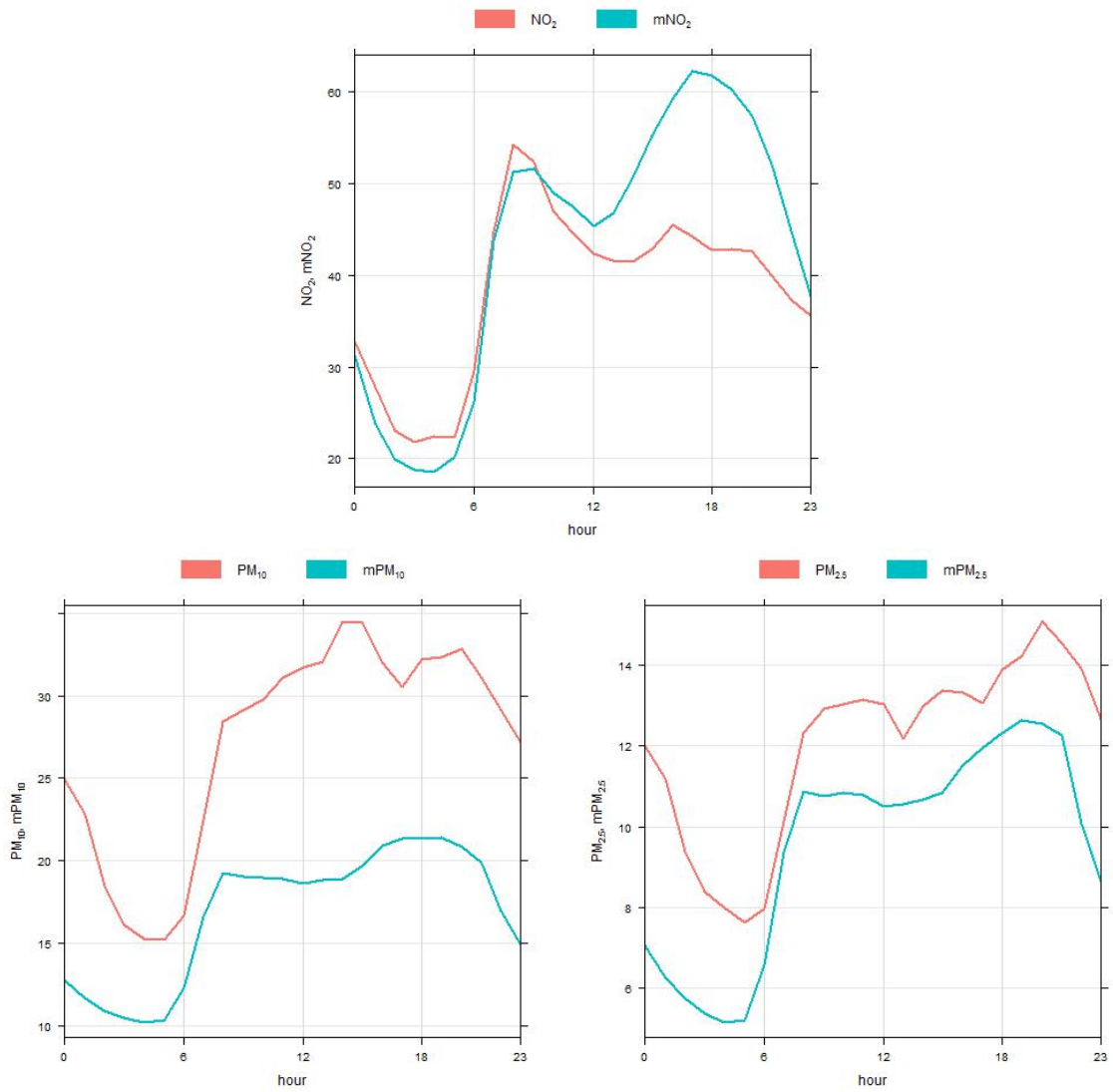
For PM viser 99 prosentilen også en klar underestimering av de høyeste verdiene. Som nevnt er dette, spesielt for  $PM_{10}$ , på grunn av veistøvbidrag som ikke fanges opp av modellen og som bidrar betraktelig mer ved veistasjonen Kannik enn ved bybakgrunnsstasjonen Våland. Dette ses spesielt godt i tidsseriene for døgnverdiene, Figur 32.

Tabell 25. Statistiske parametere ved Kannik

	Snitt Obs ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Snitt Mod ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	MAE	RMSE	R	Obs. 99 prosentil	Mod. 99 prosentil	Dekning %
$\text{NO}_2$	38.4	43.2	20.5	26.9	0.51	109.9	107.6	85
$PM_{10}$	27.1	16.9	15.6	27.4	0.22	139.4	46.4	85
$PM_{2.5}$	12	9.5	5.5	8.3	0.39	43.3	28.8	85



Figur 32 Døgnverdier for Kannik. Rødt linje er observasjonene og svart linje er prognosen for henholdsvis  $PM_{10}$  til venstre og  $PM_{2.5}$  til høyre.



Figur 33 Døgnprofiler for Kannik. Rød linje er observasjonene og blå linje er prognosen.

## 6 Varsler for Bergen

***Meteorologisk institutt i Bergen (VV) har ansvaret for å varsle luftkvaliteten i Bergen. I Bergen brukes Rådhuset som referansestasjon, men også målinger fra den trafikknære stasjonen Danmarks plass tas med i vurderingen.***

***Til utarbeidelse av varslene vektlegges hovedsakelig resultatene fra AirQUIS-modellen, i tillegg til observasjonene tilgjengelig på <http://luftkvalitet.info>, de ulike meteorologiske modellene, samt den aktuelle vær-situasjonen og dagens værvarsel tas også med i vurderingen.***

### 6.1 Varsling for sesongen 2014/15

Luftkvalitetsvarslingen denne sesongen ble gjort fra 3. november 2014 til og med 30. april 2015. På grunn av oppgraderinger av systemet, kom varslingen en måned for seint i gang i Bergen, som skulle ha startet varsling 1. oktober.

På grunn av nevnte oppgraderinger har det manglet prognosedata mange ganger denne sesongen, særlig i starten. Til tider har det også manglet observasjoner, gjerne samtidig som det har manglet prognosedata. VV har stort sett varslet luftkvalitet likevel, basert på lokalkunnskap i kombinasjon med tilgjengelig værvarsel. Noen ganger var det likevel ikke mulig å sende ut luftkvalitetsvarsel på grunn av en potensielt «farlig» vær-situasjon. Typisk her kan være en høytrykks-situasjon som kan gi høy luftforurensning. Det har imidlertid ikke blitt loggført ved værvarslinga på Vestlandet hvilke dager det er blitt varslet uten prognoser eller observasjoner.

På grunn av oppgraderinger hos NILU, har det vært noe nedetid på sidene, noe som har gjort at det ikke alltid har vært fysisk mulig å varsle luftkvalitet. Dette var særlig i begynnelsen av sesongen.



### 6.1.1 Varsling av luftkvalitet og grenseverdier

I tillegg til generell samlekurve og varslingsstekst via <http://luftkvalitet.info>, sender Vervarslinga på Vestlandet ut en tekst til kommuner, aviser, NRK og NILU. I teksten rapporteres det om gårsdagens observerte luftkvalitet, og forventet forurensningsnivå for dagen i dag og morgendagen. Luftkvaliteten gjelder for referansestasjonen i byen, men det kan i tillegg kommenteres forurensning i andre områder.

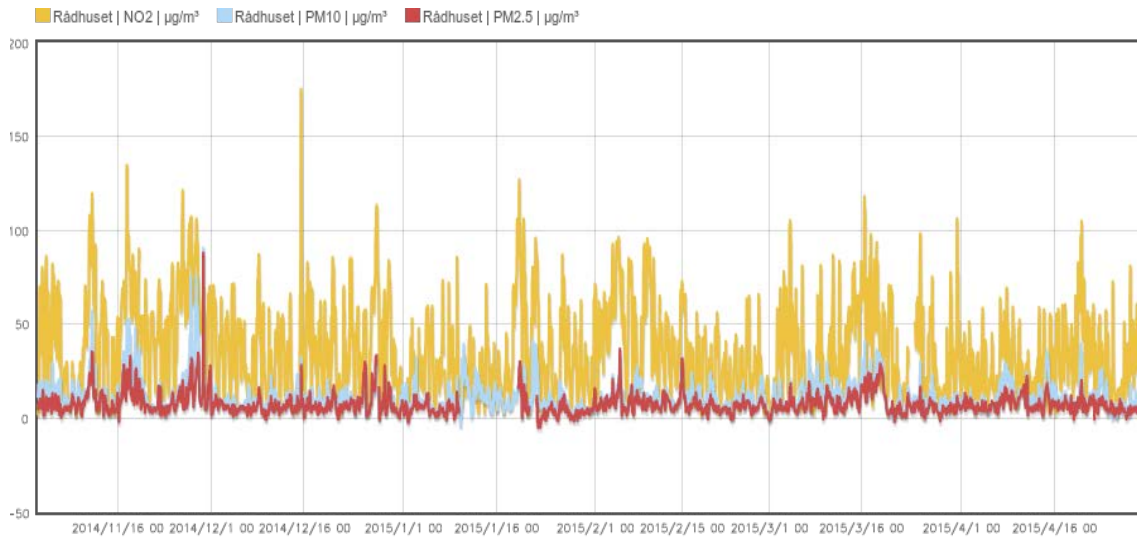
Det sendes også ut et langtidsvarsel til Bergen kommune, der det kommenteres om det er ventet *mye* eller *svært mye* luftforurensning de neste 4-5 dagene, basert på vær-situasjonen og langtidsprognosene i værmodellene. Dette er noe Bergen kommune har ønsket etter vinteren 2010, da det var en lang periode med høy luftforurensning i Bergen. Ved å motta en et slikt varsel kan kommunen være mer forberedt dersom en lignende situasjon skulle oppstå igjen.

Luftkvalitetssesongen fra november 2014 til april 2015 har vært preget av få langvarige høytrykksituasjoner, som er typisk for dannelse og utvikling av perioder med høy luftforurensning. Det har snarere vært en sesong preget av lavtrykksaktivitet, med mye sørvestlig vind og nedbør. For Vestlandet sin del har det omtrent kommet dobbelt så mye nedbør denne vintersesongen som normalt. Ekstremværene «Nina» og «Ole» gjorde seg også gjeldende i januar.

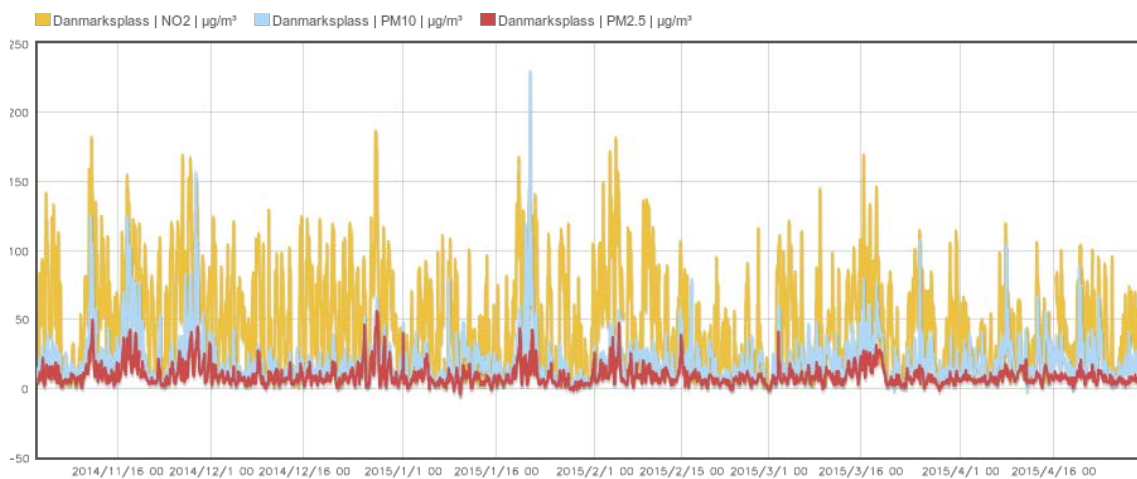
### 6.1.2 Vurdering av resultater

I Bergen brukes Rådhuset som referansestasjon i den daglige varslingen av luftkvalitet. Rådhuset er en bybakgrunnstasjon, og representerer dermed forurensningen i det generelle bybildet. Avhengig av situasjonen, kommenteres forventet luftkvalitet ved Danmarks plass som er en trafikknær stasjon.

Figurene 34 og 35 viser observasjoner for  $PM_{2.5}$  i rødt,  $PM_{10}$  i blått og  $NO_2$  i gult for hhv. Rådhuset og Danmarks plass i perioden november 2014 til og med april 2015.



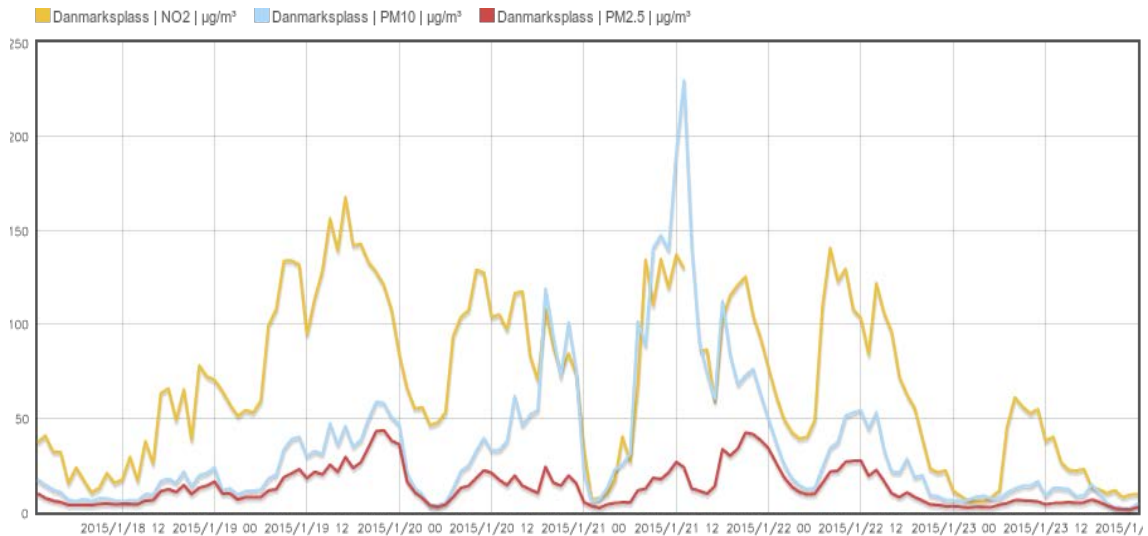
Figur 34. For Rådhuset ble det ikke observert noen tilfeller med svært mye forurensning i denne perioden, men det ble målt mye  $NO_2$  en dag i desember, og et par dager med mye  $PM_{2.5}$  i november.



Figur 35. På Danmarks plass ble det for  $PM_{10}$  målt svært mye forurensning en dag i januar, mens for  $PM_{2.5}$  og  $NO_2$  var det ingen tilfeller med svært mye hele perioden. Både  $NO_2$ ,  $PM_{10}$  og  $PM_{2.5}$  nådde opp i nivå mye flere dager, med flest tilfeller av  $NO_2$  (13 tilfeller)

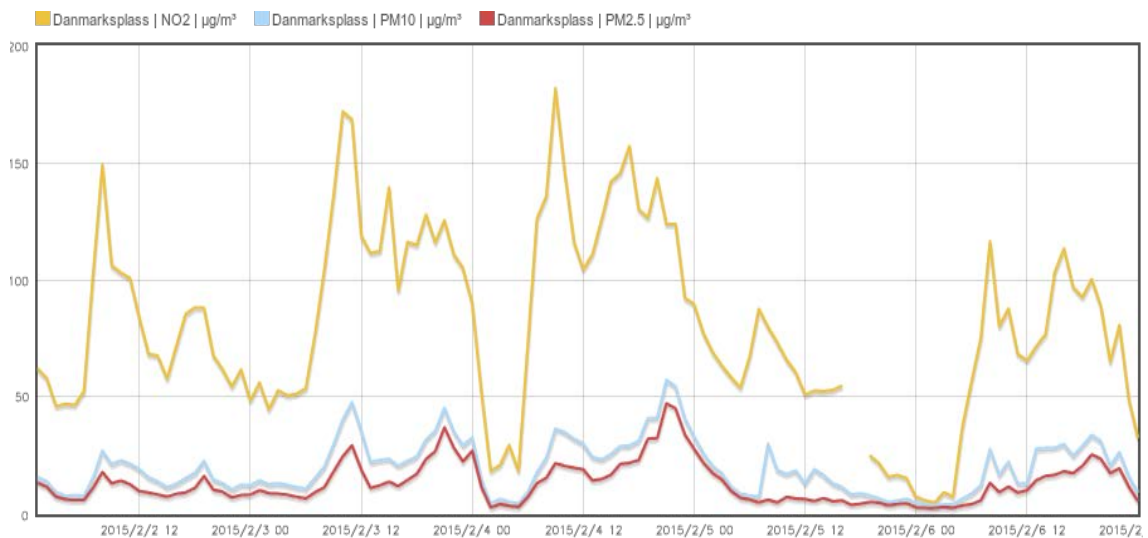
### 6.1.3 Perioder med potensiell fare for forurensning i Bergen:

I uke 4 (18.-23. januar) var det fint vær i Bergen, med østlig bris, klarvær og inversjon. Da ble det målt høye verdier av luftforurensning, særlig på Danmarks plass (figur 36). Denne uken fikk dårlig luftkvalitet en del omtale i lokalavisene, og datokjøring ble vurdert, men ikke innført.



Figur 36. Forurensningsnivået målt på Danmarks plass i perioden 18.-23. januar 2015. Forurensningen når en topp den 21/1, og det er særlig PM<sub>10</sub>-nivået som er høyt.

I uke 6 (2. til 6. februar) var det igjen en høytrykksituasjon på Vestlandet. Nok en gang ble datokjøring diskutert i media og i kommunen, men heller ikke denne gang ble det innført. Se figur 37.



Figur 37. Figuren viser forurensningsnivået målt på Danmarks plass i perioden 2.-6. februar 2015. Til tross for høytrykk over flere døgn blir det ikke målt så høye verdier av luftforurensning. Kun NO<sub>2</sub> er i kategori «mye» 4 av dagene, ellers ligger nivået under.

For Bergen er det også vurdert hvor godt vi treffer i varslene våre. Tabell 26 gir et bilde på treff for NO<sub>2</sub>-varsling i forhold til referansestasjon Rådhuset. Tabellen viser at vi overvarsler noe for Rådhuset sin del. I 41 tilfeller er det målt «lite forurenset» luft, mens det er varslet «noe forurenset». Tilsvarende er det 21 tilfeller av målinger på «noe forurenset», mens det ble varslet «mye».

Tabell 26. NO<sub>2</sub>-varsling/treff - Rådhuset

		← Det er målt høyere nivå enn varslet.			
Målt nivå	Svært forurenset	0	1	0	0
	Mye forurenset	0	7	5	0
	Noe forurenset	6	91	21	0
	Lite forurenset	3	41	2	0
		Lite forurenset	Noe forurenset	Mye forurenset	Svært forurenset
		Varslet nivå			
		↓ Det er målt lavere nivå enn varslet.			

## Oppsummering av resultater:

Tabell 27 viser hvor mange tilfeller det har blitt målt «svært mye luftforurensning» for PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> og NO<sub>2</sub> i Bergen denne sesongen.

Tabell 27. Antall målinger av svært mye luftforurensning for PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> og NO<sub>2</sub> i Bergen i 2014/2015.

Sted	NO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>
Bergen – Rådhuset	0	0	0
Bergen - Danmarks plass	0	1	0

Tabell 28 viser oppsummeringen av tilfellene det har vært målt «mye luftforurensning» for PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> og NO<sub>2</sub> i Bergen denne sesongen.

Tabell 28. Antall målinger av mye luftforurensning for PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> og NO<sub>2</sub> i Bergen i 2014/2015.

Sted	NO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>
Bergen - Rådhuset	1	0	2-3
Bergen - Danmarks plass	Flere ganger	Noen ganger	Noen ganger

### 6.1.4 Konklusjon

Sesongen november 2014 til april 2015 har vist seg å være en sesong med forholdsvis få

tilfeller av svært mye luftforurensning, og hovedgrunnen er nok værforholdene som var preget av lavtrykksaktivitet og mangel på lange høytrykksituasjoner.

NO<sub>2</sub>

Kun i noen tilfeller har det vært målt høye konsentrasjoner av NO<sub>2</sub>, og da kun ved de trafikknære stasjonene, noe som ikke er helt uventet. Det er nærliggende å anta at værforholdene denne sesongen har hindret oppbyggingen av høye NO<sub>2</sub>-konsentrasjoner.

PM<sub>2,5</sub>

Svevestøv akkumuleres i luften når det er lite nedbør, og aller mest i tørre perioder.

PM<sub>10</sub>

Det er PM<sub>10</sub> som i flest tilfeller har gitt opphav til mye luftforurensing denne sesongen.

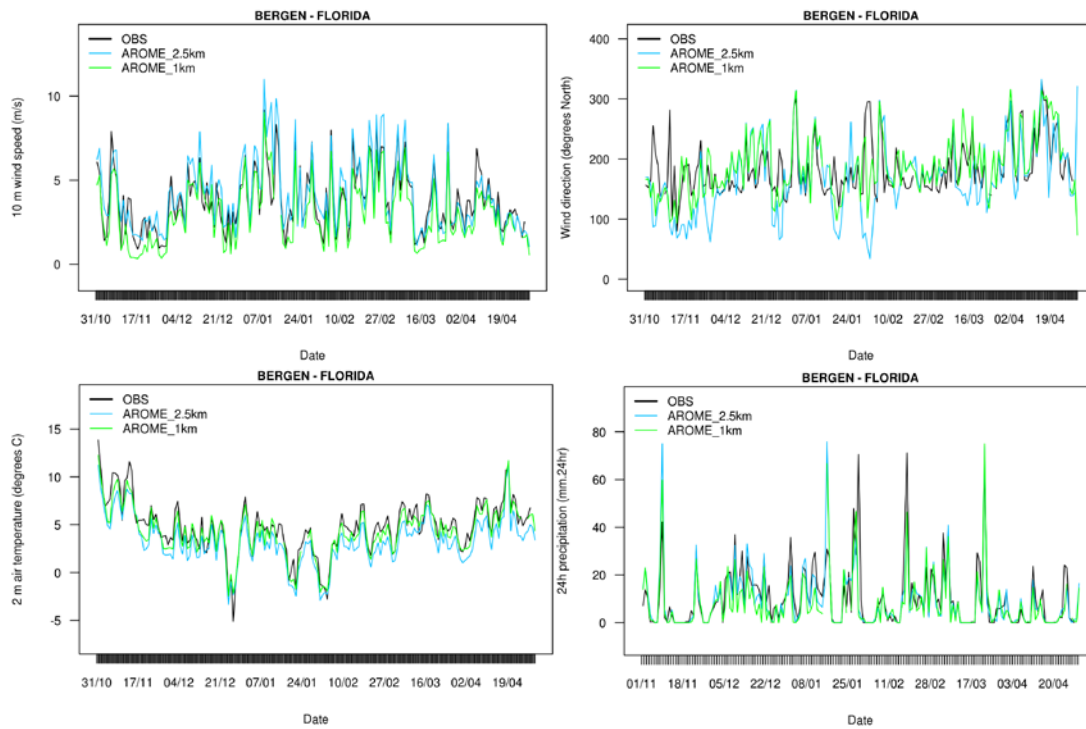
## 6.2 Meteorologiske prognoser for sesongen 2014/15

Statistikk for prognoselengde, månedsstatistikk og frekvensfordeling for frimerkeområde «vest», som også dekker Bergen, er gitt i kapittel 5.2 under «Varsler for Stavanger».

### 6.2.1 Tidsserier

Døgnmiddelverdier for 10 m vindhastighet, 10 m vindretning, 2 m temperatur og døgnedbør for stasjonen Florida er gitt i figur 38. Noen hovedpoeng:

- 1 km tidsseriene for vindhastighet og vindretning er generelt bedre enn for 2.5 km kjøringen for denne stasjon. Florida er i nærheten av Bergen sentrum og er sterk påvirket av fjellet i nær område. Vind er bedre representert med en modell gitter av 1 km.
- Temperatur tidsserien for 1 km har litt mindre negativ bias enn 2.5 km, som kan gjelle bedre representasjon av topografi i 1 km modellen.
- Nedbør er litt bedre for 2.5 km.
- Alle parametere er godt representert av modellene.



Figur 38. Døgnmiddel tidsserier for 10 m vindhastighet, 10 m vindretning, 2 m temperatur og døgngnedbør, stasjon Bergen-Florida.

### 6.3 Luftkvalitetsprognoser for sesongen 2014/15

Evalueringen av luftkvalitetsprognosen er gjort ved å sammenligne prognosen mot målte verdier og er gitt pr. stasjonspunkt for Rådhuset og Danmarks plass. For Bergen er prognosen for NO<sub>2</sub> den beste i forhold til korrelasjon, og konsentrasjonsnivåene ved Rådhuset viser bra samsvar. For PM<sub>10</sub> har døgnene med høyeste konsentrasjoner inntruffet på høsten og som prognosen ikke klarte å fange opp. Prognosen underestimerer typisk konsentrasjoner som har stort bidrag fra veistøv, som også sees klart i vårsesongen, mens modellen ellers ser ut til å overestimere konsentrasjonene av PM<sub>10</sub>.

#### 6.3.1 Rådhuset

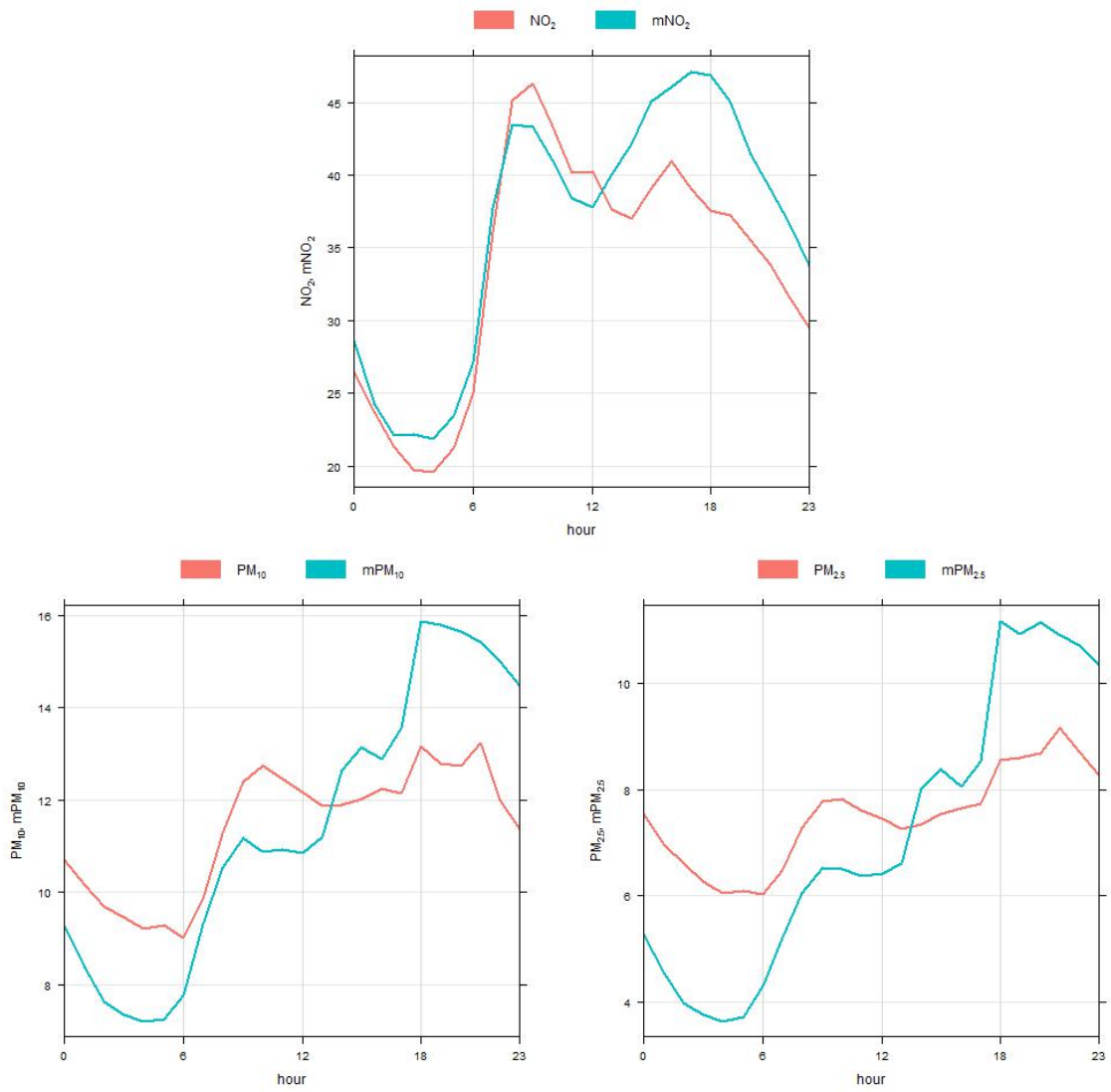
For Rådhuset gir prognosen for alle komponentene bra samsvar for gjennomsnittsverdiene og 99 prosentilen, spesielt for PM.

NO<sub>2</sub>-prognosen gir den beste korrelasjonskoeffisient,  $R = 0.42$ , men denne er lavere enn for andre byer hvor korrelasjonskoeffisienten vanligvis er større enn 0.5. Døgnprofilen for NO<sub>2</sub>, se Figur 39, viser at det generelt er noe overestimering på ettermiddagen, mens det er bedre samsvar resten av døgnet.

Selv om gjennomsnittsverdiene for PM er så å si identiske utjevnes underestimering i enkelte perioder av overestimering i andre perioder (se tidsserieplott Figur 40). Vi ser videre av døgnprofilen at vi for PM generelt overestimerer på ettermiddag og kveld, men underestimerer for nattetimene og morgenen. Døgnprofilene av observasjonene viser også svært lik form for både PM<sub>10</sub> og PM<sub>2.5</sub>. De høyeste observerte verdiene for PM<sub>10</sub> i Bergen, med unntak av nyttårsaften, forekommer på høsten denne sesongen og ikke på våren som for de fleste stasjonspunkt i de andre byene.

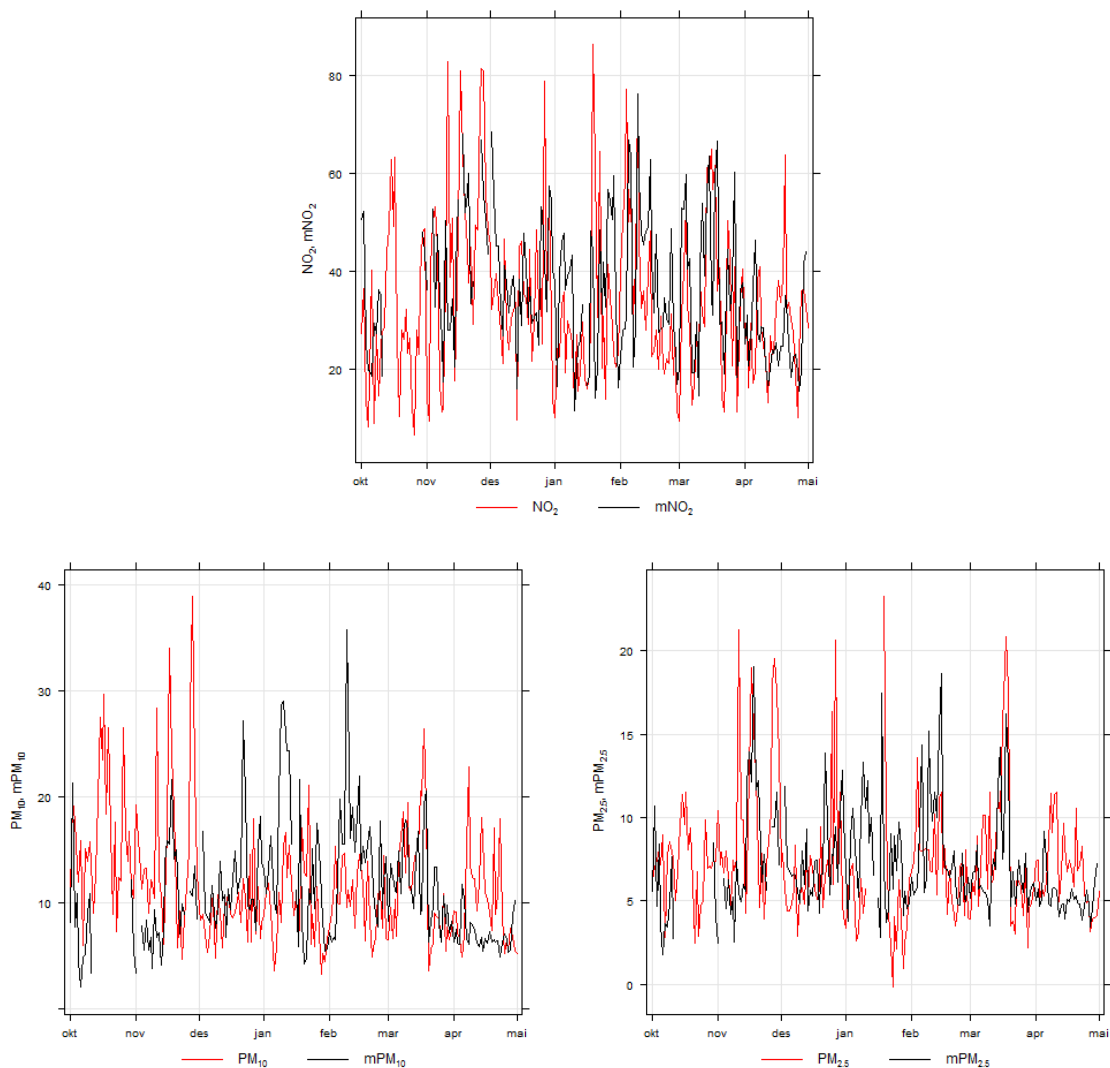
Tabell 29. Statistiske parameter for Rådhuset

	Snitt Obs (µg/m <sup>3</sup> )	Snitt Mod (µg/m <sup>3</sup> )	MAE	RMSE	R	Obs. 99 prosentil	Mod. 99 prosentil	Dekning %
NO <sub>2</sub>	33.7	36.5	18.8	24.9	0.42	97.9	92.4	81
PM <sub>10</sub>	11.4	11.4	6.8	9.8	0.21	39.5	38.3	81
PM <sub>2.5</sub>	7.5	7.1	4.4	6.3	0.28	27.9	26.9	78



Figur 39 Døgnprofiler for Rådhuset. Rød linje er observasjonene og blå linje er prognosen.





Figur 40 Tidsserier av døgnverdier for Rådhuset. Rød linje er observasjonene og svart linje er prognosen for henholdsvis  $\text{NO}_2$  (øverst),  $\text{PM}_{10}$  (nederst til venstre) og  $\text{PM}_{2.5}$  (nederst til høyre).

### 6.3.2 Danmarks plass

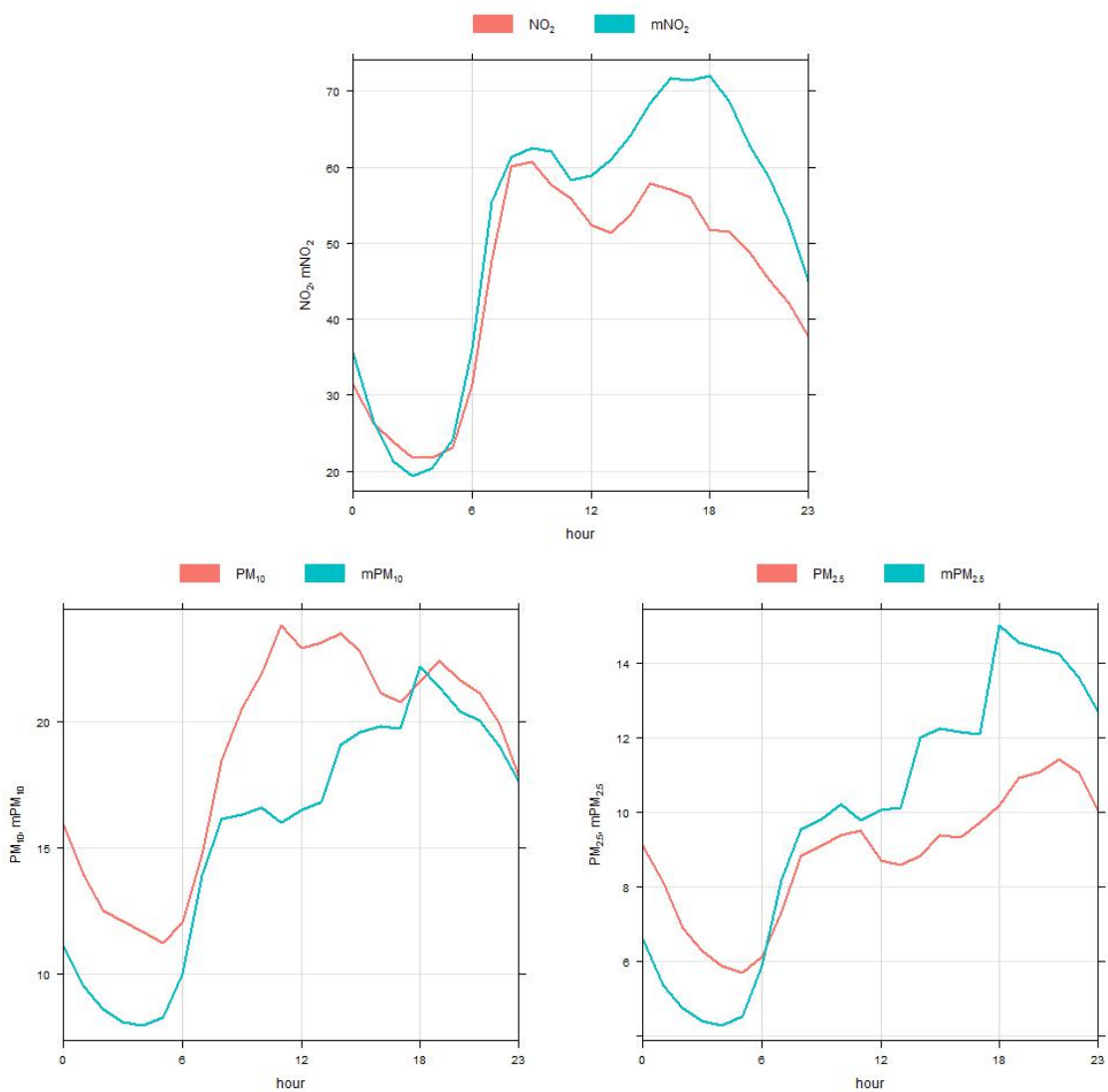
For Danmarks plass er det også prognosen for  $\text{NO}_2$  som er den beste i forhold til korrelasjonskoeffisient,  $R$ , men gjennomsnittsverdien overestimeres noe. Fra døgnprofilen ser vi at det typisk er overestimering av ettermiddagsverdiene ved Danmarks plass slik det også var for Rådhuset. De høyeste verdiene derimot, gitt ved 99 prosentilen, underestimeres.

For PM er korrelasjonen ved Danmarks plass bedre enn ved Rådhuset, men  $\text{PM}_{10}$  underestimeres mens  $\text{PM}_{2.5}$  overestimeres noe. Døgnprofilene viser at  $\text{PM}_{10}$

underestimeres stort sett gjennom hele døgnet. For  $PM_{2.5}$  er det noe underestimering nattetid, mens det generelt overestimeres resten av døgnet, spesielt på kvelden. Døgnprofilen av observasjonene viser, i motsetning til ved Rådhuset, ganske ulik form. For alle komponentene viser 99 prosentilen dårligere samsvar enn for Rådhuset. Spesielt  $PM_{10}$  som har en markant lavere verdi for prognosen enn det som er observert, en årsak til dette er mest sannsynlig manglene bidrag fra veistøvutslipp.

Tabell 30. Statistiske parametere for Danmarks plass

	Snitt Obs ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Snitt Mod ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	MAE	RMSE	R	Obs 99 prosentil	Mod. 99 prosentil	Dekning %
$\text{NO}_2$	44.5	51.6	24.8	32.6	0.53	140.7	121.9	81
$PM_{10}$	18.6	15.6	10.1	16.6	0.32	87.4	44.9	81
$PM_{2.5}$	8.8	9.9	5.1	7.4	0.43	36.6	34.7	82



Figur 41 Døgnprofiler for Danmarks plass. Rød linje er observasjonene og blå linje er prognosen.

## 7 Varsler for Trondheim

***Meteorologisk institutt i Bergen (VV) har ansvaret for å varsle luftkvaliteten i Trondheim. I Trondheim er det to referansestasjoner, nemlig Torvet og Bakke kirke. Begge stasjonene ligger nær trafikk, men er likevel med etter ønske fra Trondheim kommune.***

***Til utarbeidelse av varslene vektlegges hovedsakelig resultatene fra AirQUIS-modellen, i tillegg til observasjonene tilgjengelig på <http://luftkvalitet.info>. De ulike meteorologiske modellene, samt den aktuelle vær-situasjonen og dagens værvarsel tas også med i vurderingen.***

### 7.1 Varsling for sesongen 2014/15

Luftkvalitetsvarslingen denne sesongen ble gjort fra 3. november 2014 til og med 30. april 2015.

På grunn av oppgraderinger av systemet har det manglet prognosedata mange ganger denne sesongen, særlig i starten. Til tider har det også manglet observasjoner, gjerne samtidig som det har manglet prognosedata. VV har stort sett varslet luftkvalitet likevel, basert på lokalkunnskap i kombinasjon med tilgjengelig værvarsel. Noen ganger var det likevel ikke mulig å sende ut luftkvalitetsvarsel på grunn av en potensielt «farlig» vær-situasjon. Typisk her kan være en høytrykks-situasjon som kan gi høy luftforurensning. Det har imidlertid ikke blitt loggført hvilke dager det er blitt varslet uten prognoser eller observasjoner.

På grunn av oppgraderinger hos NILU, har det vært noe nedetid på sidene, noe som har gjort at det ikke alltid har vært fysisk mulig å varsle luftkvalitet. Dette var særlig i begynnelsen av sesongen.

### 7.1.1 Varsling av luftkvalitet og grenseverdier

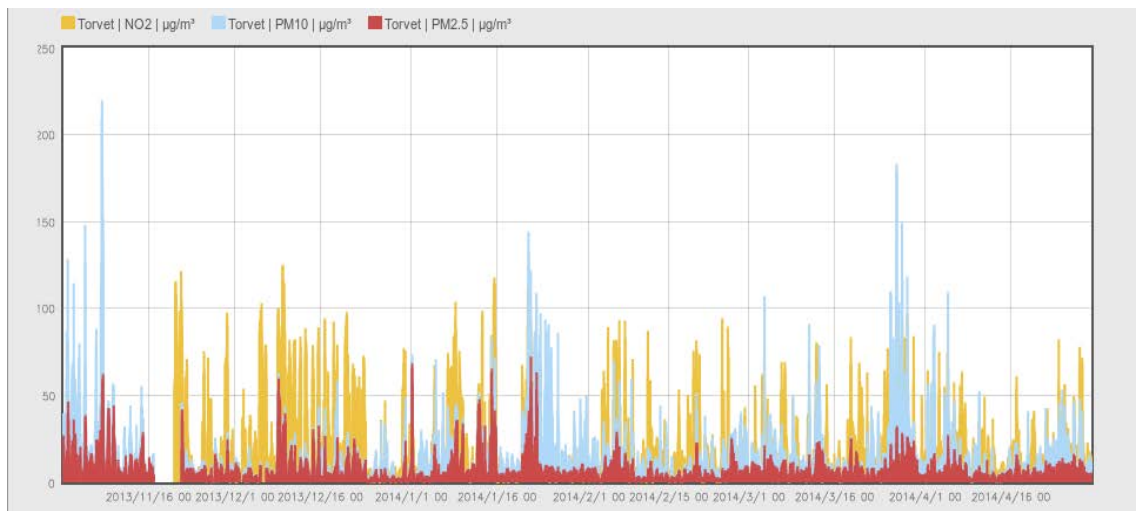
I tillegg til generell samlekurve og varslingstekst via <http://luftkvalitet.info>, sender Vervarlinga på Vestlandet ut en tekst til kommuner, aviser, NRK og NILU. I teksten rapporteres det om gårsdagens observerte luftkvalitet, og forventet forurensningsnivå for dagen i dag og morgendagen. Luftkvaliteten gjelder for referansestasjonen i byen, men det kan i tillegg kommenteres forurensning i andre områder.

Luftkvalitetssesongen fra november 2014 til april 2015 har vært preget av få langvarige høytrykksituasjoner, som er typisk for dannelse og utvikling av perioder med høy luftforurensning. Det har snarere vært en sesong preget av lavtrykksaktivitet, med mye sørvestlig vind og nedbør. Ekstremværene «Nina» og «Ole» gjorde seg også gjeldende i januar.

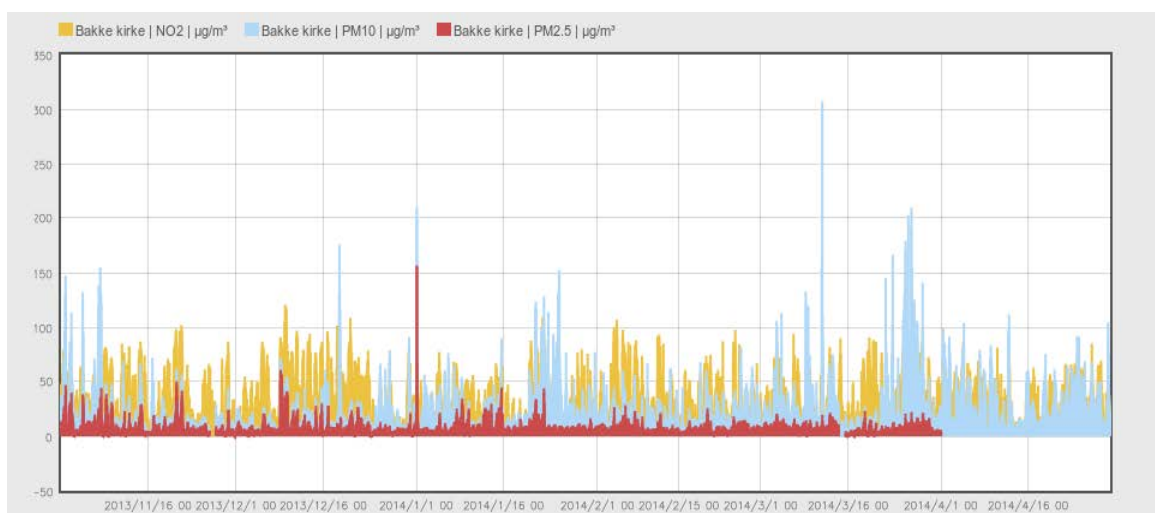
### 7.1.2 Vurdering av resultater

I Trondheim brukes stasjonene ved Torvet og ved Bakke kirke som referansestasjoner. Ved Torvet ble det ikke målt noen tilfeller der  $PM_{2.5}$  og  $NO_2$ -konsentrasjonene viser «svært mye». For  $PM_{10}$  ble det målt «svært mye» en gang (i november). Målingene for  $PM_{2.5}$  viste mye noen ganger, og en del flere ganger for  $PM_{10}$ . Det ble ikke målt «mye»  $NO_2$  i noen tilfeller ved Torvet.

Ved Bakke kirke ble det målt «svært mye»  $PM_{2.5}$  en gang, og det var på nyttårsaften. For  $PM_{10}$  ble det målt «svært mye» 4 ganger, der den ene gangen var på nyttårsaften, og de tre andre var i mars. I tillegg ble det for  $PM_{2.5}$  målt «mye» ved et par tilfeller, mens det for  $PM_{10}$  ble målt «mye» flere ganger. For  $NO_2$  ble det kun målt under dette nivået ved Bakke kirke.



Figur 42. Observasjoner for  $PM_{2.5}$  i rødt,  $PM_{10}$  i blått og  $NO_2$  i gult for Torvet fra og med november 2014 til og med april 2015.



Figur 43. Observasjoner for  $PM_{2.5}$  i rødt,  $PM_{10}$  i blått og  $NO_2$  i gult for Bakke kirke fra og med november 2014 til og med april 2015.

### 7.1.3 Oppsummering av resultater:

Tabell 31 viser hvor mange tilfeller det har blitt målt «svært mye luftforurensning» for  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$  og  $NO_2$  i Trondheim denne sesongen.

Tabell 31. Antall målinger av svært mye luftforurensning for PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> og NO<sub>2</sub> i Trondheim i 2014/2015.

Sted	NO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>
Trondheim – Torvet	0	1	0
Trondheim - Bakke kirke	0	4	1 (nyttårsaftnen)

Tabell 32 viser oppsummeringen av tilfellene det har vært målt **mye luftforurensning** for PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> og NO<sub>2</sub> i Trondheim denne sesongen.

Tabell 32. Antall målinger av mye luftforurensning for PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> og NO<sub>2</sub> i Trondheim i 2014/2015.

Sted	NO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>
Trondheim – Torvet	0	Flere ganger	Noen ganger
Trondheim - Bakke kirke	0	Flere ganger	2-3

#### 7.1.4 Konklusjon

Sesongen november 2014 til april 2015 har vist seg å være en sesong med forholdsvis få tilfeller av svært mye luftforurensning, og hovedgrunnen er nok værforholdene som var preget av lavtrykksaktivitet og mangel på lange høytrykksituasjoner.

##### NO<sub>2</sub>

Kun i noen tilfeller har det vært målt høye konsentrasjoner av NO<sub>2</sub>, og da kun ved de trafikknære stasjonene, noe som ikke er helt uventet. Det er nærliggende å anta at værforholdene denne sesongen har hindret oppbyggingen av høye NO<sub>2</sub>-konsentrasjoner.

##### PM<sub>2.5</sub>

Svevestøv akkumuleres i luften når det er lite nedbør, og aller mest i tørre perioder.

##### PM<sub>10</sub>

Det er PM<sub>10</sub> som i flest tilfeller har gitt opphav til mye luftforurensning denne sesongen.

## 7.2 Meteorologiske prognoser for sesongen 2014/15

I Tabell 33 vises total statistikk av modellberegninger fra AROME i område Trondheim. Mellom 20 og 28 synoptiske stasjoner er tilgjengelig for verifikasjon. Statistikken er basert på alle 54 timers prognoser. Noen hovedpoeng:

- Begge modellene har litt positiv bias for vindhastighet (~ +0.4 m/s). Dette er en stor forbedring i forhold til sesongen 2013/2014 hvor bias for vindhastighet var > 2 m/s.

- Gjennomsnittlig standardavvik av feilen for vindhastighet er 2.0 m/s for både 2.5 og 1 km kjøringene. Dette er mindre enn ble oppnådd i sesongen 2013/2014.
- Resultatene fra 2.5 km og 1 km er nesten likt for 2 m temperatur hvor begge modellene har noe negativ bias for temperatur (~ -0.7 C). Bias i sesongen 2013/2014 var litt mer (~ -0.9 C).
- 2.5 km modellberegning for nedbør er stort sett bedre enn 1 km. Dette er i tråd med vanlige meteorologiske varslinger hvor glatting av nedbørfelter gir bedre resultater.

Tabell 33. Statistisk analyse av AROME-beregninger for område Trondheim. Middelveien av observasjonene og antall stasjoner brukt i analysen er også angitt.

<b>AROME-byluft 1km</b>	<b>ME</b>	<b>MAE</b>	<b>RMSE</b>	<b>SDE</b>	<b>Middel-verdi</b>	<b>Stasjoner</b>
10 m vindhastighet (m/s)	0.42	1.89	2.42	2.14	5.09	14
2 m temperatur (°C)	-0.65	1.50	1.88	1.67	2.33	18
24h nedbør (mm.24hr)	-0.56	1.76	3.50	3.45	2.60	12
<b>AROME-MetCoop 2.5km</b>	<b>ME</b>	<b>MAE</b>	<b>RMSE</b>	<b>SDE</b>	<b>Middel-verdi</b>	<b>Stasjoner</b>
10 m vindhastighet (m/s)	0.39	1.86	2.39	2.08	5.09	14
2 m temperatur (°C)	-0.88	1.61	1.99	1.69	2.33	18
24h nedbør (mm.24hr)	0.33	1.70	3.19	3.16	2.60	12

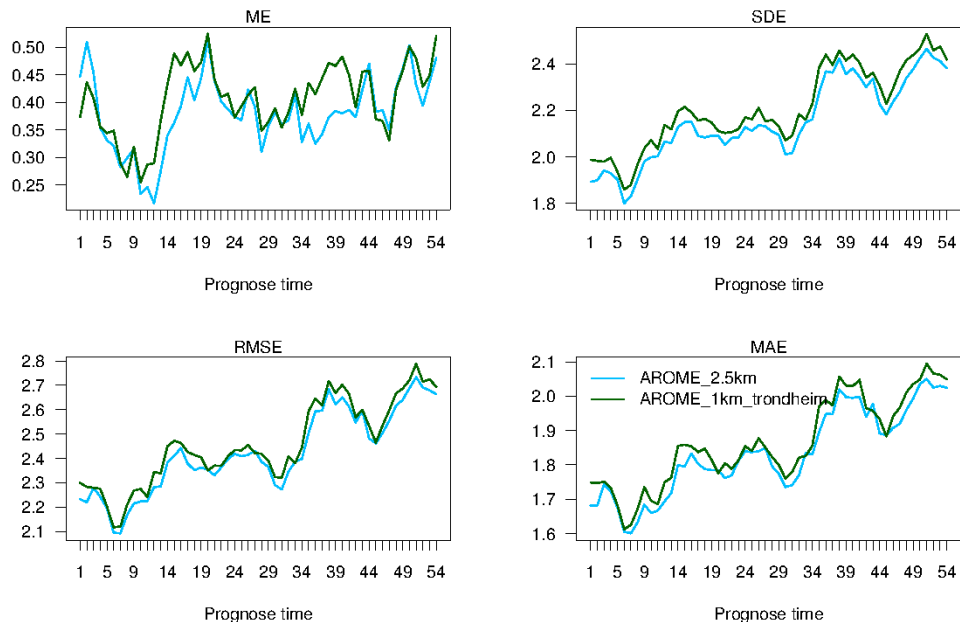
### 7.2.1 Statistikk for prognoselengde

I figurene 44 - 45 vises middelfeil og standardavvik av feilen for vindhastighet og temperatur, med bruk av alle stasjoner innenfor område Trondheim, som funksjon av prognosetime. Noen hovedpoeng:

- Standardavviket av feilen øker med prognoselengden for både vind og temperatur. Middelfeilen for vind er mer avhengig av tid på dagen enn prognoselengde mens temperatur avvik blir store i løp av prognose perioden (kald bias).
- Det er ikke stor forskjell mellom 2.5 km og 1 km kjøringene. Statistikken for vindhastigheten i 2.5 km er litt bedre enn for 1 km. Statistikken for temperaturen i 2.5 km er litt dårlige enn for 1 km.

### Vindhastighet 10m

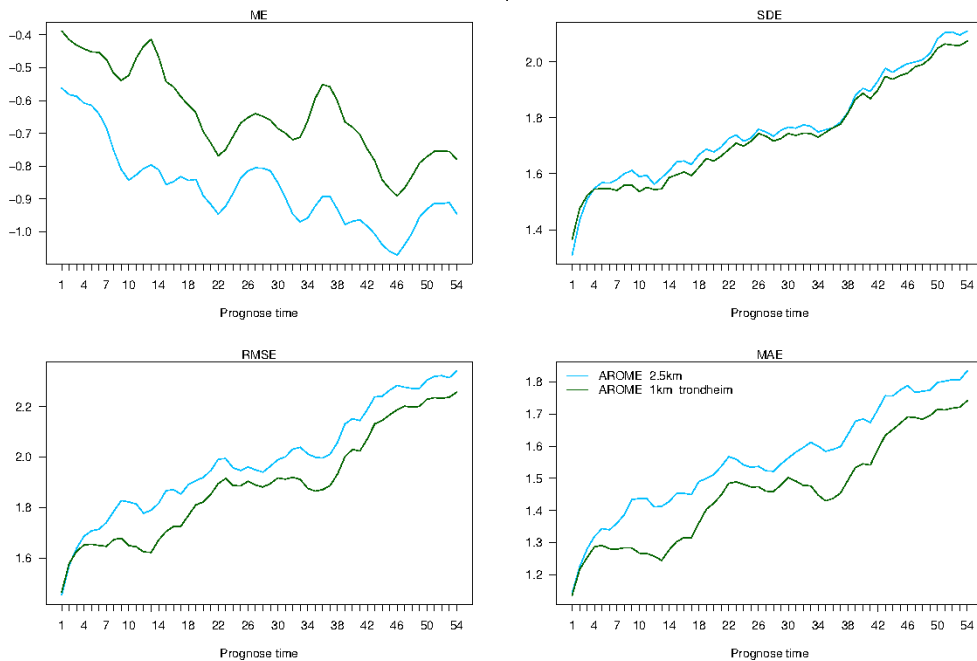
20141101 – 20150502  
14 stasjoner



Figur 44. Statistikk for 10 m vindhastighet avhengig av prognoselengde for område Trondheim

### Temperatur 2m

20141101 – 20150502  
18 stasjoner



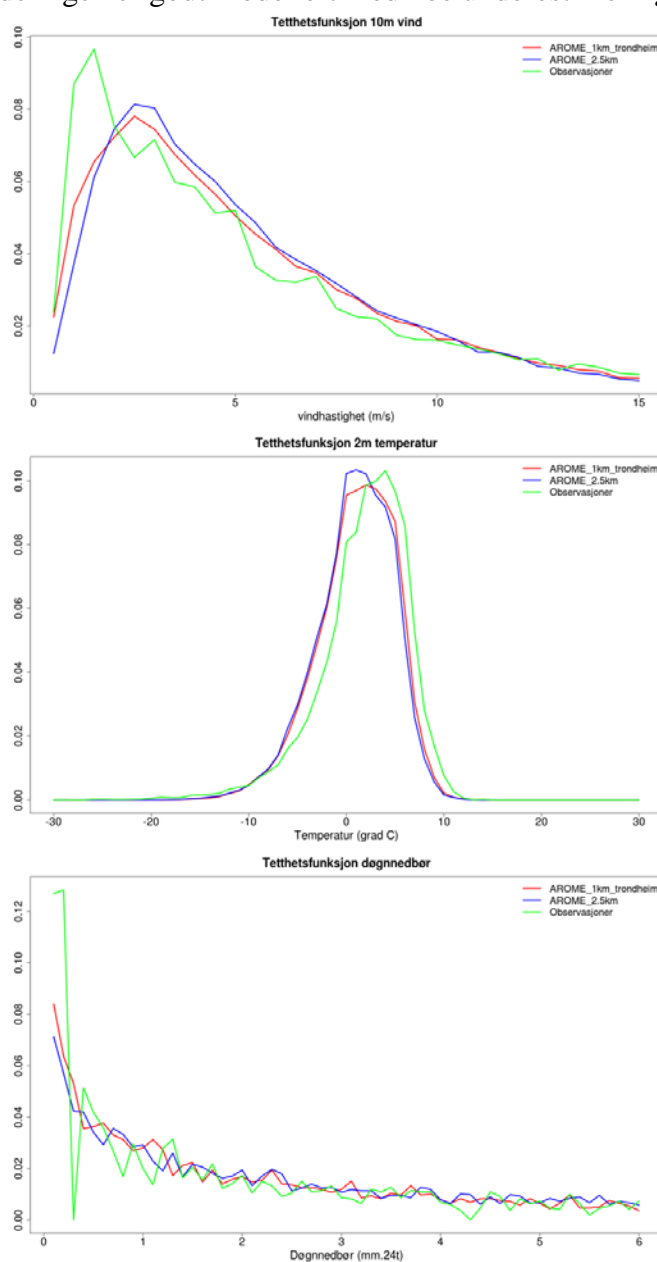
Figur 45 Statistikk for 2m temperatur avhengig av prognoselengde område Trondheim.



## 7.2.2 Frekvensfordeling

I figur 46 vises frekvensfordeling (tetthetsfunksjon) for 10 m vindhastighet, 2 m temperatur og døggnedbør. Frekvensfordeling gir informasjon om modellens kapasitet til å gjenskape den riktige fordelingen av de meteorologiske parameterne. Vi ser at:

- Modellene (2.5 og 1 km) gir lave vindhastigheter med mindre frekvens enn det som er målt.
- Temperaturfordelingen er godt modellert med litt negativ bias.
- Nedbørfordelingen er godt modellert med noe underestimering for små mengder

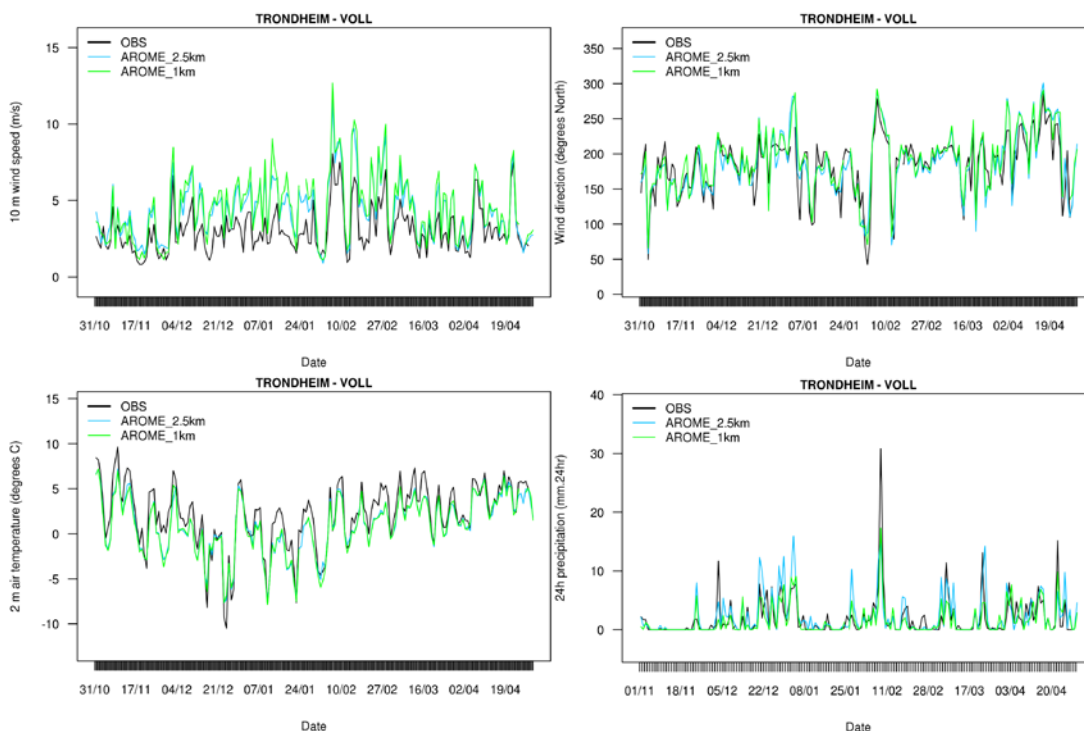


Figur 46. Frekvensfordeling (tetthetsfunksjon) for 10 m vindhastighet, 2 m temperatur og døggnedbør for område Trondheim.

### 7.2.3 Tidsserier

Døgnmiddelverdier for 10 m vindhastighet, 10 m vindretning, 2 m temperatur og døgnedbør for stasjonen Trondheim-Voll er gitt i figur 47. Noen hovedpoeng:

- Tidsseriene fra 2.5 km og 1 km er veldig like.
- Vindhastighet er overestimert av begge modeller
- Generelt er alle parametere godt representert av modellene.



Figur 47. Døgnmiddel tidsserier for 10 m vindhastighet, 10 m vindretning, 2 m temperatur og døgnedbør, stasjon Trondheim-Voll.

### 7.3 Luftkvalitetsprognoser for sesongen 2014/15

Evalueringen av luftkvalitetsprognosen er gjort ved å sammenligne prognosen mot målte verdier og er gitt pr. stasjonspunkt for Bakke kirke, Torvet og Elgesetergate. Prognosen for NO<sub>2</sub> er den beste, men den overestimerer noe de observerte verdiene. Denne sesongen har det derimot vært PM<sub>10</sub> som har vært årsak til mye eller svært mye forurenset luft i Trondheim. Dette skyldes blant annet veistøvutslipp som prognosen ikke klarer å fange opp og dermed underestimeres spesielt PM<sub>10</sub>, men det jobbes nå med ny veistøvmodell, NORTRIP.

#### 7.3.1 Bakke kirke

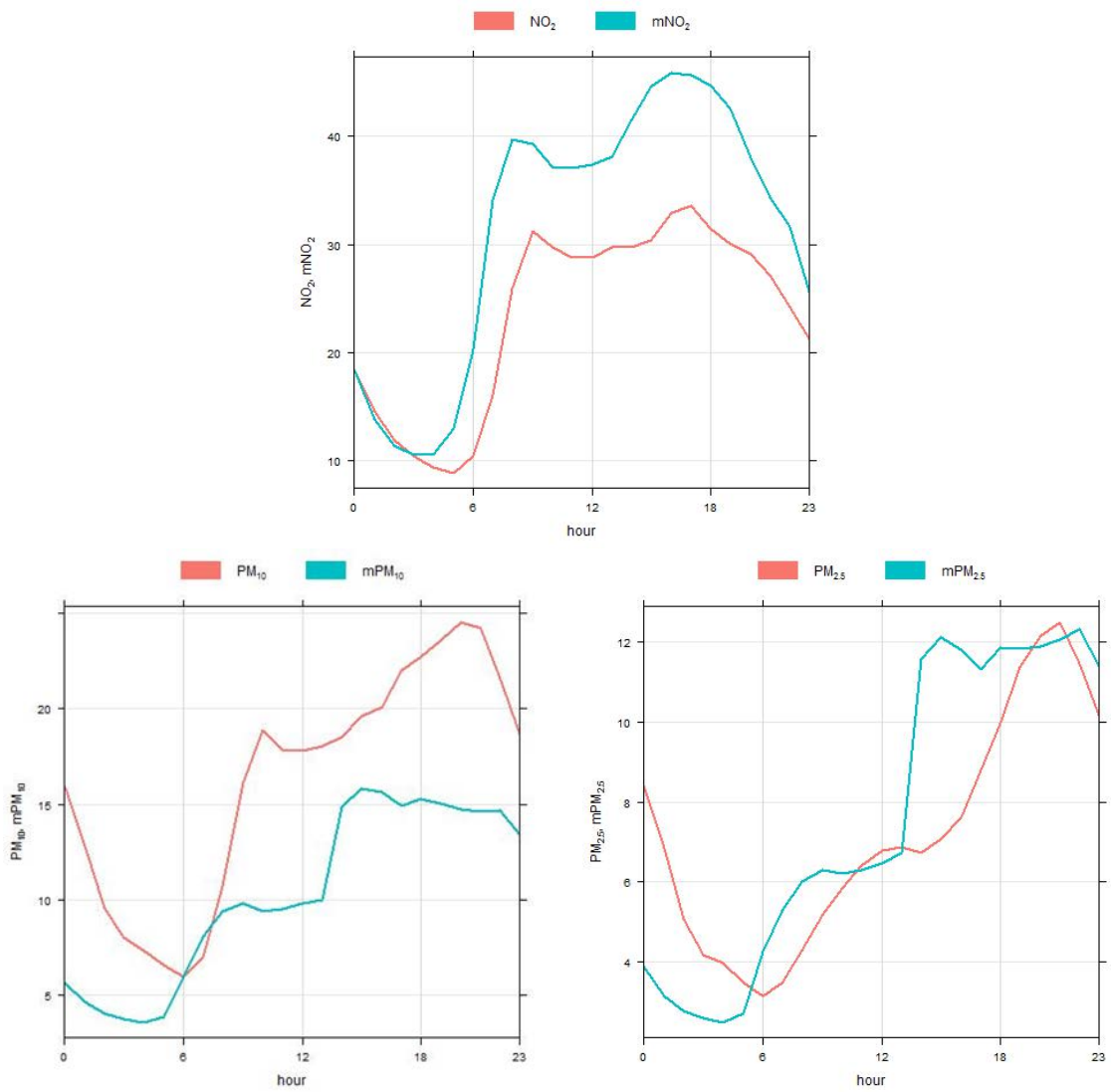
For Bakke kirke er prognosen for NO<sub>2</sub> den beste i forhold til korrelasjonskoeffisient, R, men gjennomsnittsverdien overestimeres ganske mye. Fra døgnprofilen, se Figur 48, ser vi at det typisk er overestimering gjennom nesten hele døgnet, med unntak av nattetimene. For 99 prosentilen er det ganske godt samsvar for NO<sub>2</sub>.

PM<sub>10</sub> underestimeres og spesielt 99 prosentilen, vi ser fra tidsseriene, Figur 49, at PM<sub>10</sub> har mange døgn med verdier som prognosen ikke fanger opp. Dette er i stor grad knyttet til veistøvutslipp og arbeid er i gang med å få inn ny veistøvmodell.

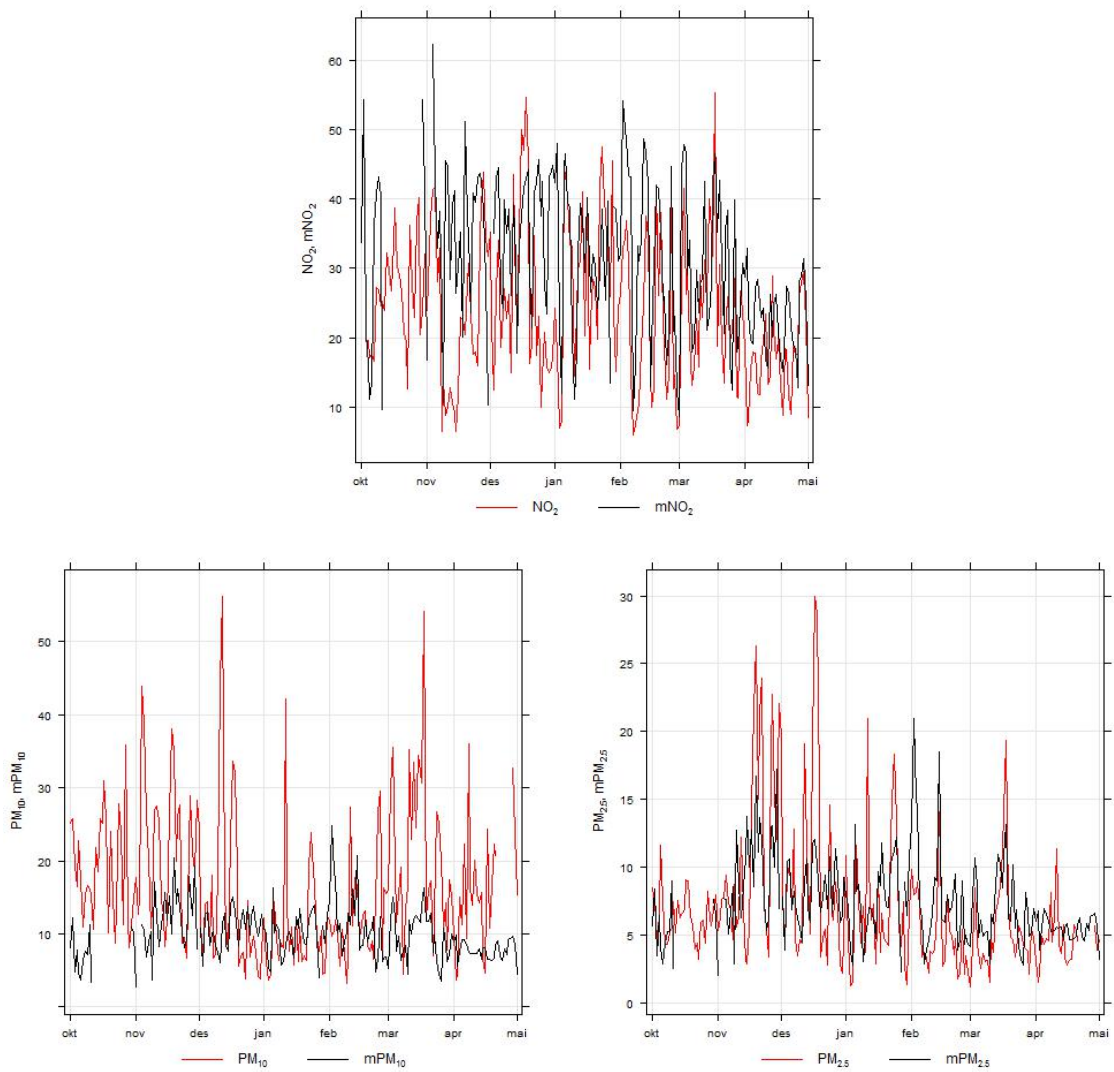
Gjennomsnittsverdiene for PM<sub>2.5</sub> er ganske like og korrelasjonskoeffisienten for PM<sub>2.5</sub> er høyere enn for PM<sub>10</sub>, men 99 prosentilen for PM<sub>2.5</sub> er også en god del under den observerte verdien.

Tabell 34. Statistiske parametere for Bakke Kirke.

	Snitt Obs (µg/m <sup>3</sup> )	Snitt Mod (µg/m <sup>3</sup> )	MAE	RMSE	R	Obs. 99 prosentil	Mod. 99 prosentil	Dekning %
NO <sub>2</sub>	23.5	31.4	14.9	19.6	0.56	75.2	76.8	84
PM <sub>10</sub>	16.2	10.3	10.6	17.8	0.29	91	35.8	82
PM <sub>2.5</sub>	7.2	7.7	5	8	0.46	46.8	31	81



Figur 48 Døgnprofiler for Bakke Kirke. Rød linje er observasjonene og blå linje er prognosen.



Figur 49 Tidsserier av døgnverdier for Bakke Kirke for perioden 1. oktober 2014 til 30.april 2015. Rød linje er observasjonene og svart linje er prognosen for henholdsvis  $\text{NO}_2$  (øverst),  $\text{PM}_{10}$  (nederst til venstre) og  $\text{PM}_{2.5}$  (nederst til høyre).

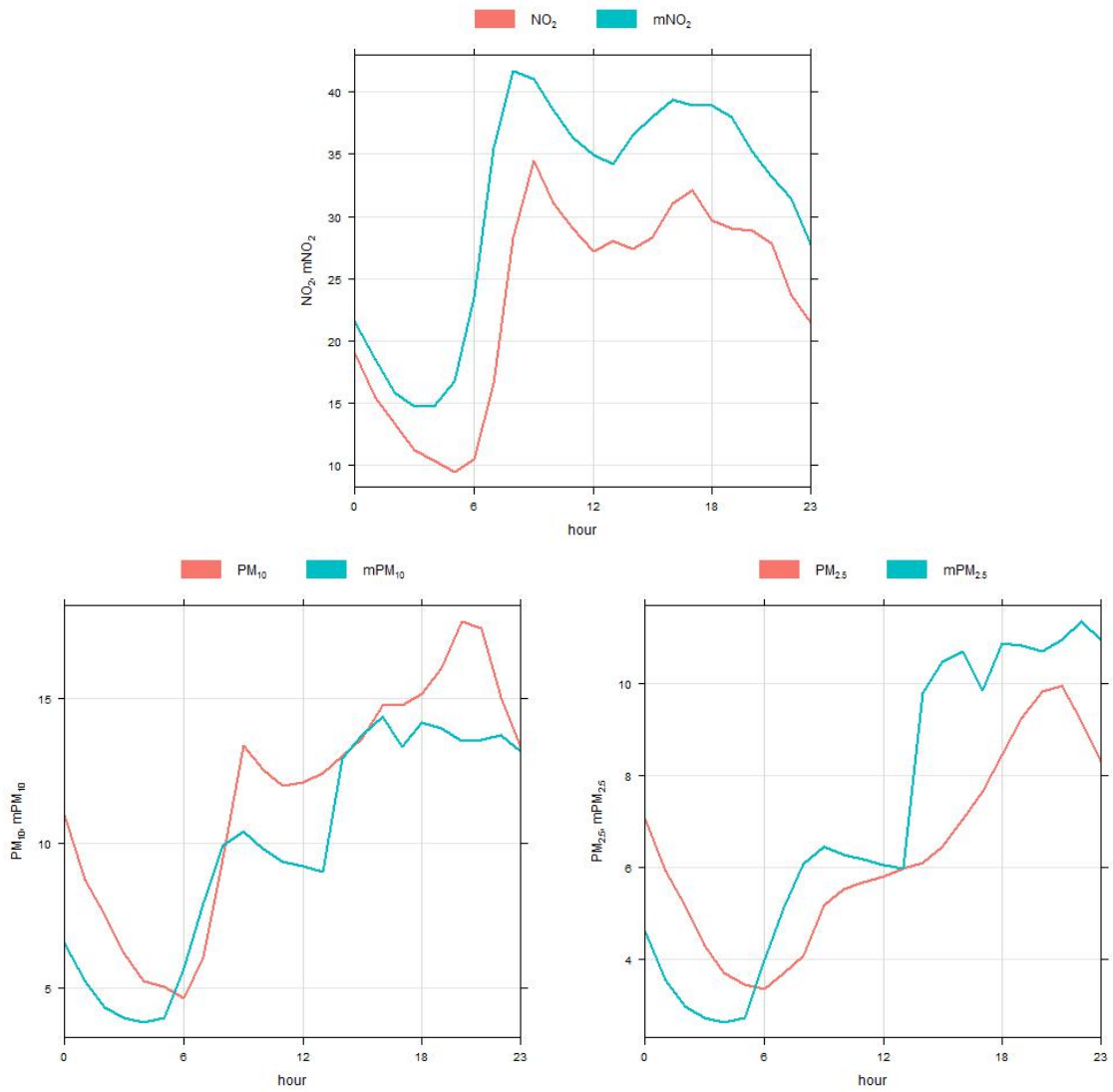
### 7.3.2 Torvet

For Torvet er det også prognosen for NO<sub>2</sub> som er den beste i forhold til korrelasjonskoeffisienten, R, som ligger høyere enn for Bakke kirke, men gjennomsnittsverdien overestimeres også her. Verdiene for de statistiske parameterne for NO<sub>2</sub> er veldig like de som er observert og beregnet for Bakke Kirke i gjennomsnitt, men 99 prosentilen ligger en god del høyere.

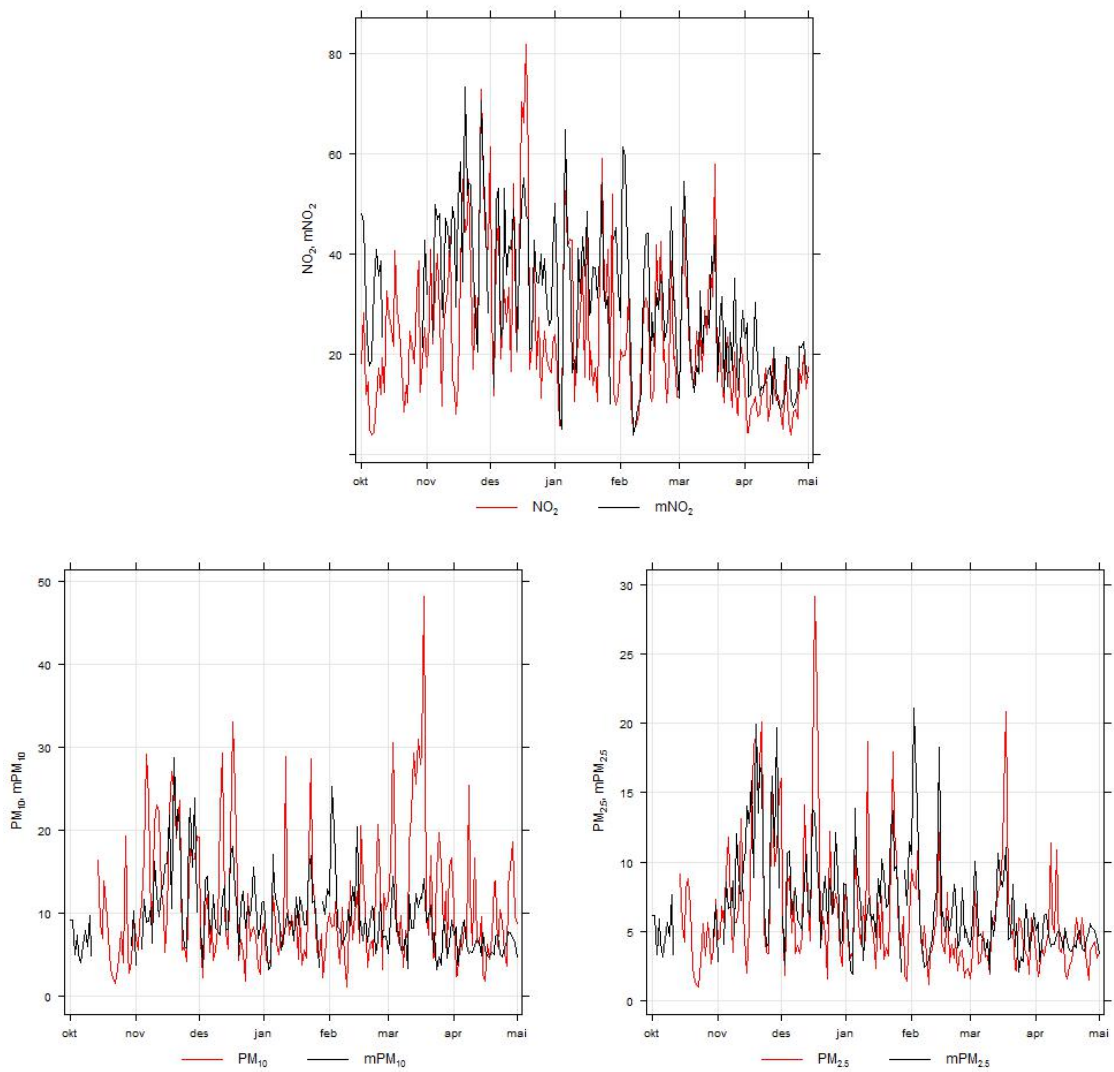
For PM er korrelasjonen ved Torvet bedre enn ved Bakke Kirke, men PM<sub>10</sub> underestimeres. Som ved de fleste stasjoner i varslingsbyene er det størst avvik av 99 prosentilen for PM<sub>10</sub> som er spesielt påvirket av veistøvutslipp. Døgnprofilene viser at for PM<sub>10</sub> underestimeres stort sett gjennom hele døgnet. For PM<sub>2.5</sub> er det noe underestimering nattetid, mens det generelt overestimeres resten av døgnet. En ting å legge merke til er at 99 prosentilen for NO<sub>2</sub> ligger høyere ved Torvet enn ved Bakke kirke mens det er motsatt for PM<sub>10</sub> der det er Bakke kirke som har den høyeste verdien.

Tabell 35. Statistiske parameter for Torvet

	Snitt Obs (µg/m <sup>3</sup> )	Snitt Mod (µg/m <sup>3</sup> )	MAE	RMSE	R	Obs 99 prosentil	Mod. 99 prosentil	Dekning %
NO <sub>2</sub>	23.6	31.2	14.9	20.4	0.63	98.4	85	84
PM <sub>10</sub>	11.6	9.8	7.7	12.7	0.36	64.3	39.5	81
PM <sub>2.5</sub>	6.3	7.2	4.1	6.5	0.52	33.7	31.8	81



Figur 50 Døgnprofiler for Torvet. Rød linje er observasjonene og blå linje er prognosen.



Figur 51 Tidsserier av døgnverdier for Torvet for perioden 1. oktober 2014 til 30.april 2015. Rød linje er observasjonene og svart linje er prognosen for henholdsvis  $\text{NO}_2$  (øverst),  $\text{PM}_{10}$  (nederst til venstre) og  $\text{PM}_{2.5}$  (nederst til høyre).



### 7.3.3 Elgesetergate

Elgesetergate er ikke brukt som referansestasjon av varslerne og dekningsgraden er svært lav pga. manglende observasjoner. Derfor gjøres det ikke annen evaluering for denne stasjonen enn at tabellen over de statistiske parameterne er vist under.

Tabell 36. Statistiske parametere for Elgeseter gate

	Snitt Obs ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Snitt Mod ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	MAE	RMSE	R	Obs 99 prosentil	Mod. 99 prosentil	Dekning %
NO <sub>2</sub>	38.7	50.1	20.7	26.3	0.59	102.4	106.9	45
PM <sub>10</sub>	17.6	13.8	9.6	18.6	0.37	92	48.6	50
PM <sub>2,5</sub>	8.9	9.3	4.9	7.1	0.52	35	34.9	50

## 8 Varsler for Tromsø

***Meteorologisk institutt i Tromsø (VNN) har ansvaret for å varsle luftkvaliteten i Tromsø. I Tromsø er det to målestasjoner: Hansjordnesbukta og Tverrforbindelsen.***

### 8.1 Varsling for sesongen 2014/15

Sesongens første varsel ble utstedt for 01.11.14, mens sesongen ble avsluttet med et varsel for 17.05.15. Avslutning ble satt av historiske årsaker, frem til 17. mai er det tidligere observert høye verdier, aldri etter denne datoen. Årsaken til dette kan ligge i den grundige opprydningsprosessen i gatene før 17. mai-feiringen.

Varslet er, som de siste sesongene, utarbeidet om ettermiddagen. Vi har da laget varsel for to dager senere, samt oppdatert varselet for morgendagen.

Tromsø dekkes ikke av noen modell som beregner luftforurensningsnivået for de kommende døgn. Vi må derfor gjøre en subjektiv vurdering av hvilke luftkvalitetsnivåer vi vil få i dagene som kommer. Varselet baseres på værvarselet generelt, samt at vi må bruke tilgjengelige værmodeller for å se på Tromsø spesielt. Dette medfører en litt mer omfattende varslingsprosess enn for steder hvor man kan støtte seg til modellberegninger. På grunn av dette registrerte vi de to første sesongene vi varslet, en del parametere som vi har brukt for å beregne luftkvaliteten. Tilsvarende registrerte vi de samme parametrene i etterkant, slik at vi kunne evaluere varslene. Dette gjelder meteorologiske parametere, som temperatur, fuktighet, vind og nedbør, så vel som ikke-meteorologiske parametere som om det er utstrakt bruk av piggdekk og om det er mye trafikk i tidsrommet. På bakgrunn av disse dataene har vi bygd opp en erfarings-database, som vi før sesongen 2010-2011 systematiserte. Denne gir oss en mulighet til å vurdere hvilke forurensningsnivåer vi kan forvente de påfølgende dagene, ved å kun basere oss på de faktorer som virkelig har betydning for luftkvalitetsnivået.

Verifiseringsdataene i denne rapporten er basert på times- og døgnverdier på [luftkvalitet.info](http://luftkvalitet.info).

## 8.2 Målestasjoner

I Tromsø er det to målestasjoner, Hansjordnesbukta (figur 52) måler  $\text{NO}_2$ ,  $\text{PM}_{10}$  og  $\text{PM}_{2.5}$ , mens Tverrforbindelsen (figur 53) kun måler  $\text{PM}_{10}$ .  $\text{NO}_2$  har i perioder vært ute av drift også denne vinteren (figur 54), særlig mot slutten av sesongen. I tillegg har data i perioder vært forsinket tilgjengelig i databasen, samt at databasen i perioder har vært nede. Dette medfører begrensede evalueringsmuligheter. Spesielt savnes muligheten til å bruke dagens observasjoner som et hjelpemiddel for å varsle morgendagens nivåer. Det var denne sesongen, som de foregående, få høye verdier av  $\text{NO}_2$  (figur 54) og  $\text{PM}_{2.5}$  (figur 55).  $\text{PM}_{10}$  har vært, og fremdeles er, det største samfunnsproblemet i Tromsø.



Figur 52. Målestasjonen i Hansjordnesbukta, er lokalisert i et svært trafikkert område sentralt i Tromsø. Verdiene fra denne stasjonen er antatt å representere maksimalverdier for Tromsø.

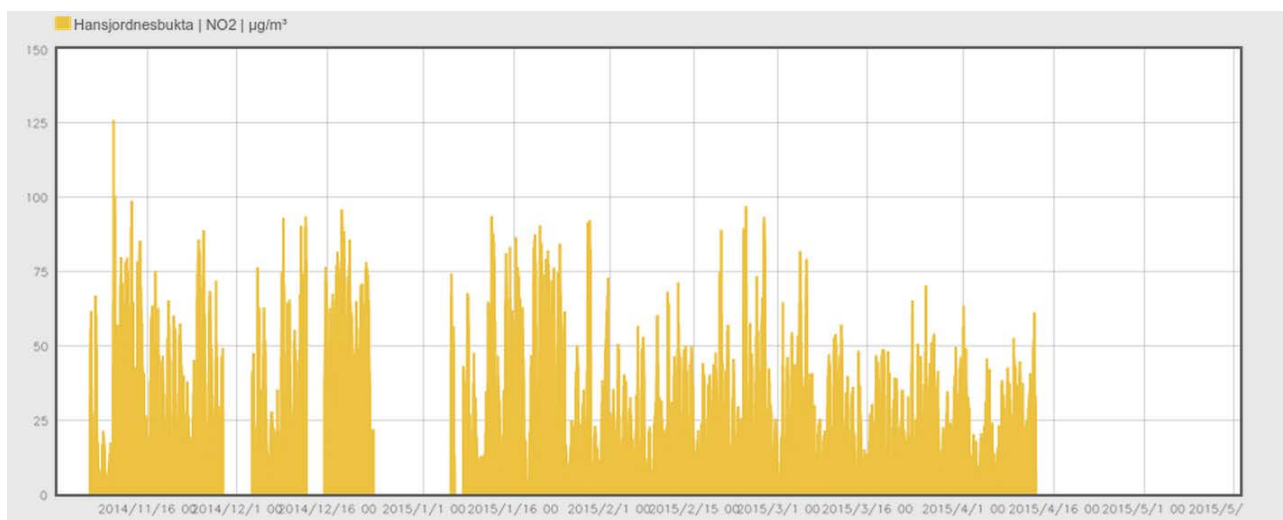


Figur 53. Målestasjonen ved Tverrforbindelsen er plassert mellom en trafikkert vei og et boligområde.

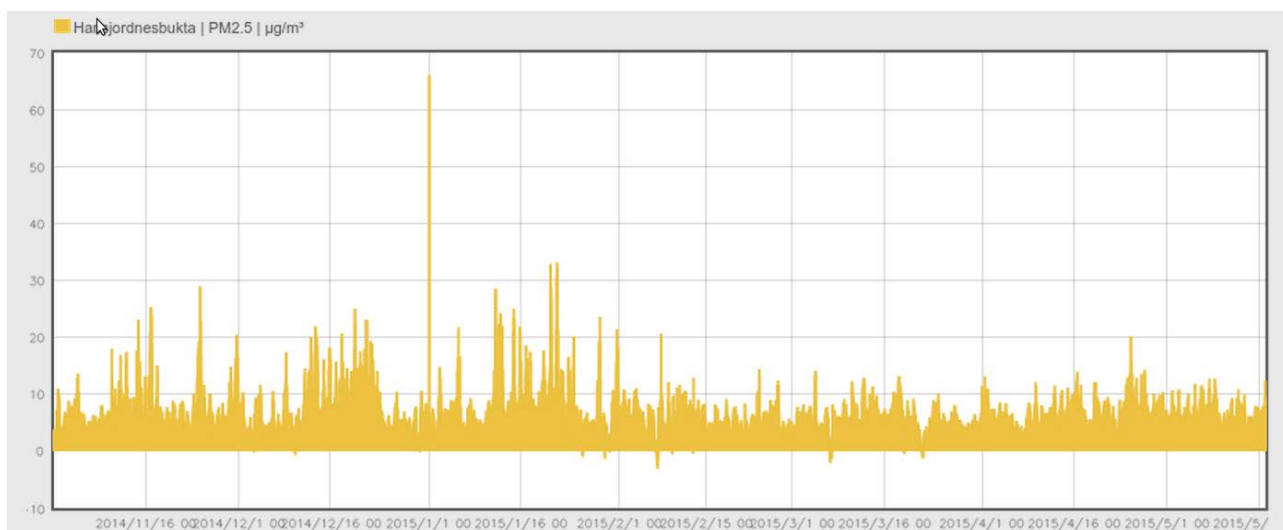
Denne rapporten presenterer derfor bare dataene for  $\text{NO}_2$  og  $\text{PM}_{2.5}$ , mens  $\text{PM}_{10}$ -nivået utdypes noe mer. Stasjonen i Hansjordnesbukta (figur 56) er den som historisk har de fleste høye målinger av  $\text{PM}_{10}$ -nivå. I tilfeller hvor målinger fra stasjonen på Tverrforbindelsen (figur 57) har høyere verdier enn tilsvarende for Hansjordnesbukta (figur 56), er disse brukt i evalueringen.

### 8.3 Vurdering av resultater

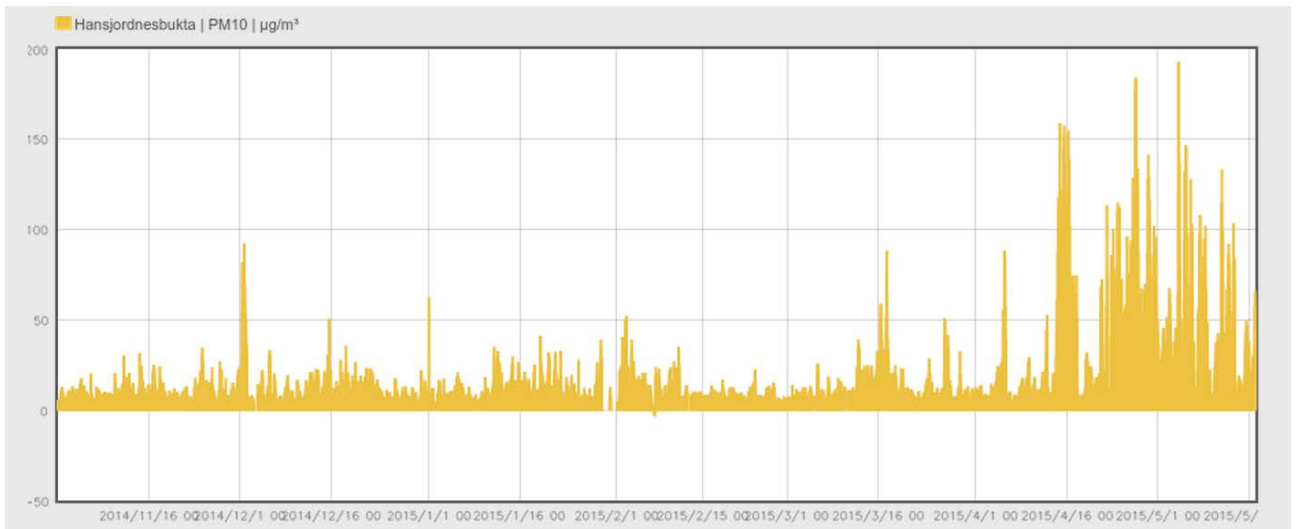
Varslingsperioden besto av i alt 198 dager, hver dag med 6 varslingstidspunkt. Totalt for sesongen er det da varslet 1188 nivåer for hver av de tre parametrene, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> og NO<sub>2</sub>.



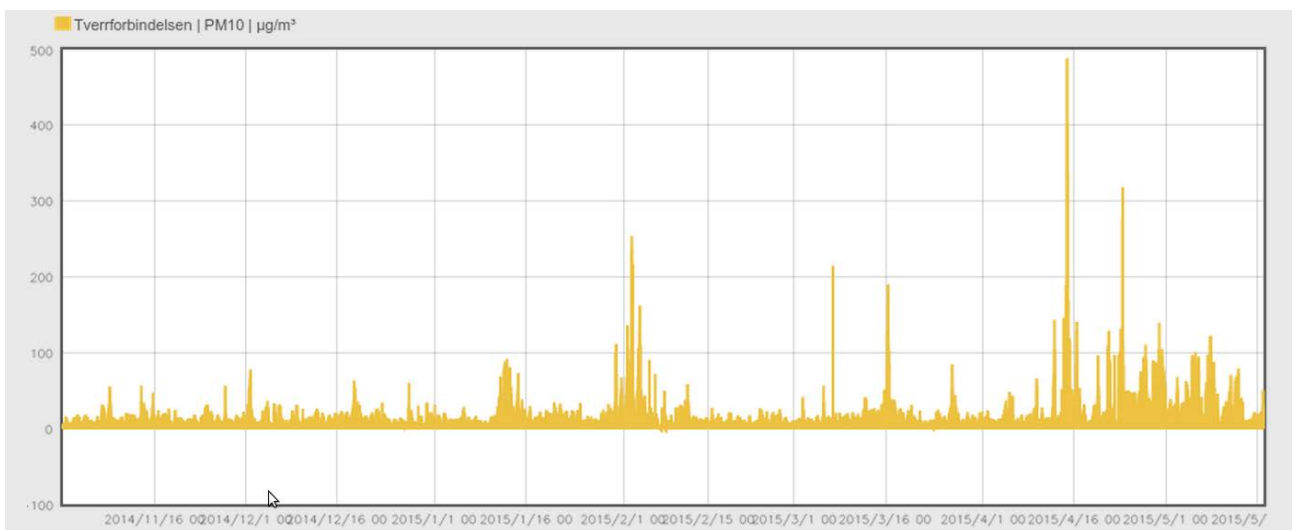
Figur 54. Godkjente NO<sub>2</sub>-målinger (timesverdier) i Hansjordnesbukta sesongen 2014-2015.



Figur 55. Godkjente PM<sub>2.5</sub>-målinger (timesverdier) i Hansjordnesbukta sesongen 2014-2015.



Figur 56. Godkjente  $PM_{10}$ -målinger (timesverdier) i Hansjordnesbukta sesongen 2014-2015.



Figur 57. Godkjente  $PM_{10}$ -målinger (timesverdier) på Tverrforbindelsen sesongen 2014-2015

Heller ikke denne sesongen var det noen  $NO_2$ -måling som var høyere enn «noe» (mer enn  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (figur 54). For  $PM_{2.5}$  var det en timesverdi høyere enn «noe» (mer enn  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (figur 55). Som tidligere år var dette nyttårsaften. For  $NO_2$  var det også denne sesongen perioder hvor det ikke var målinger av denne parameteren, eller at målingene ble underkjent, mens stabiliteten på  $PM_{2.5}$ -målingene denne sesongen har vært god. For  $PM_{10}$  er det flere timesmålinger høyere enn «noe» (mer enn  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), både i Hansjordnesbukta (figur 56) og på Tverrforbindelsen (figur 57), særlig mot slutten av

sesongen.

Ingen målinger av verken NO<sub>2</sub> eller PM<sub>2.5</sub> var høye. Vår erfaring tilsier at disse svært sjelden er høye, slik at varslene i all hovedsak sier «Lite forurensing». Vi vil derfor ikke gå ytterligere inn på disse parametrene i denne rapporten.

Tabell 37. Varslet PM<sub>10</sub>-nivå (døgnverdi) målt mot PM<sub>10</sub>-nivå observert i Hansjordnesbukta (n=178).

Målt nivå	Svært forurenset	0	0	0	0
	Mye forurenset	0	0	0	0
	Noe forurenset	2	10	1	0
	Lite forurenset	154	11	0	0
		Lite forurenset	Noe forurenset	Mye forurenset	Svært forurenset
Varslet nivå					

Tabell 38. Varslet PM<sub>10</sub>-nivå (døgnverdi) målt mot PM<sub>10</sub>-nivå observert på Tverrforbindelsen (n=195).

Målt nivå	Svært forurenset	0	0	0	0
	Mye forurenset	0	1	0	0
	Noe forurenset	2	6	1	0
	Lite forurenset	170	15	0	0
		Lite forurenset	Noe forurenset	Mye forurenset	Svært forurenset
Varslet nivå					

I løpet av sesongen 2014-2015 ble det, verken i Hansjordnesbukta eller på Tverrforbindelsen, registrert noen døgn med PM<sub>10</sub>-døgnverdi på «svært mye». «Svært mye» ble heller ikke varslet for døgn denne sesongen. I Hansjordnesbukta ble det heller ikke registrert noen døgn med PM<sub>10</sub>-nivå «mye», mens det på Tverrforbindelsen ble registrert ett døgn med PM<sub>10</sub>-døgnverdi på «mye». Dette døgnet ble det varslet «noe».

I Hansjordnesbukta ble det 92.1 % av dagene varslet helt korrekt, mens 100 % var varslet innenfor ett nivå (tabell 37). På Tverrforbindelsen ble det varslet helt korrekt 90.3 % av dagene, 100 % innenfor ett nivå.

Tverrforbindelsen hadde denne sesongen en oppetid på 98,5 %, mot bare 69,2 % forrige sesong. Tilsvarende for Hansjordnesbukta er 89,9 % mot 97,5 % forrige sesong. Det er bra samsvar mellom når det er høye målinger på de ulike stasjonene, men toppene er lagt høyere på Tverrforbindelsen enn i Hansjordnesbukta (figur 56 og 57).

## 8.4 Konklusjon

Denne sesongen var det enda færre høye målinger enn tidligere sesonger. Tabell 37 og 38 viser at varslene i stor grad har vært riktige i forhold til observerte verdier. Tidligere år har målingene fra Hansjordnesbukta vært representert med flere høye målinger. Det har tidligere vist seg at det er enklere å varsle jo lavere verdier som måles, og at dette spiller inn på treffprosenten.

Årsaken til at det er færre høye målinger i Hansjordnesbukta enn tidligere år er trolig at trafikken denne sesongen har vært lagt om rundt målestasjonen, på grunn av vedlikeholdsarbeid. Dette har ført til langt mindre trafikk akkurat forbi stasjonen.

Det er fremdeles ikke modellberegninger av luftkvalitet i Tromsø. Vi har heller ikke værobservasjoner eller utsyn til de mest utsatte stedene, hvilket gjør det vanskelig å vite hvordan forholdene er, og vil bli, på disse stedene. Kvaliteten på varslene har frem til denne sesongen økt fra år til år, med en liten nedgang i fjor. Trolig har minkende trafikk rundt målestasjonen ført til lavere verdier, og derfor trolig en noe kunstig høy treffprosent. Det er grunn til å anta at verdiene fra Hansjordnesbukta denne sesongen ikke har representert maksverdiene for Tromsø, slik den ofte gjør med normal trafikkavvikling.

Resultatene for NO<sub>2</sub> og PM<sub>2.5</sub> (figur 54 og 55) viser at oppetiden for instrumentene har vært bra sammenlignet med tidligere år, særlig for PM<sub>2.5</sub>. Imidlertid er det få høye verdier for disse parametrene, hvilket gjør de relativt enkle å varsle.

Et viktig hjelpemiddel er at vi har tilgang til målinger i så nær sanntid som mulig. Denne sesongen har vært preget av at systemet i perioder har vært nede, slik at vi ikke har hatt tilgang til målinger i nær sanntid. Disse målingene er, i en stabil vær-situasjon, den beste indikasjonen på hvilke nivåer vi kan vente oss de neste dagene. Skal vi kunne levere gode varsler må oppetiden til målestasjonene og [admin.luftkvalitet.info](http://admin.luftkvalitet.info) økes.

## 9 Varsler for Sarpsborg og Fredrikstad

***Meteorologisk institutt i Oslo (VA) har ansvaret for å varsle luftkvaliteten i Sarpsborg og Fredrikstad. Til utarbeidelse av varslene benyttes observasjonene på luftkvalitet.info, de tilgjengelige meteorologiske modellene (i hovedsak Arome 2,5 km), samt den aktuelle vær-situasjonen og dagens værvarsel.***

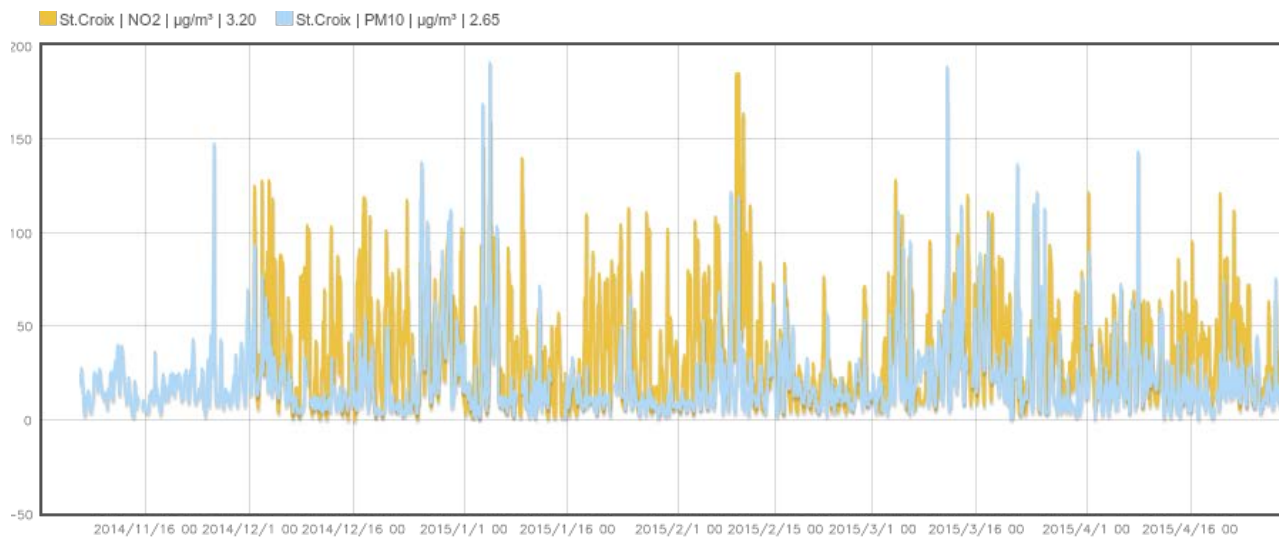
### 9.1 Varsling for sesongen 2014/15

Luftkvalitetsvarslingen denne sesongen ble gjort fra 3. november 2014 til og med 30. april 2015.

Når varslene utarbeides lages det en varslingskurve for hver av komponentene PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> og NO<sub>2</sub>. Varslene legges ut på <http://luftkvalitet.info> og er en samlekurve som består av de tre komponentene, der høyeste forurensningsverdi vises.

I tillegg legges det ut en varslingsstekst som beskriver forventet forurensningsnivå i form av *lite*, *noe*, *mye* eller *svært mye* luftforurensning for referansestasjonene. Det varsles timesverdier, og forurensningsnivåene styres etter kriteriene for disse, se tabell 2.





Figur 58. Observasjoner fra Fredrikstad

Tabell 39. Treff for døgnvarsler Fredrikstad. PM<sub>10</sub>

Målt nivå		Varslet nivå			
		Lite forurenset	Noe forurenset	Mye forurenset	Svært forurenset
Svært forurenset		0	0	0	0
Mye forurenset		0	0	0	0
Noe forurenset		4	1	0	0
Lite forurenset		122	23	2	0

← Det er målt høyere nivå enn varslet.

↓ Det er målt lavere nivå enn varslet.

For Fredrikstad ser vi igjen noe av den samme trenden som for varsling for Bærum. Det er en viss overvarsling med 23 tilfeller der varselet gav «Noe forurenset luft», mens observerte verdier viser «Lite forurenset luft». To tilfeller gav et avvik på to klasser. Underverslingen var for PM<sub>10</sub> i Fredrikstad kun 5 tilfeller. Noe av grunnen til overvarslingen kan skyldes at det er gjort tiltak som varseren ikke er kjent med. For Fredrikstad er det ikke tilgjengelig oversikt over varslingen av NO<sub>2</sub> i forhold til observerte verdier.

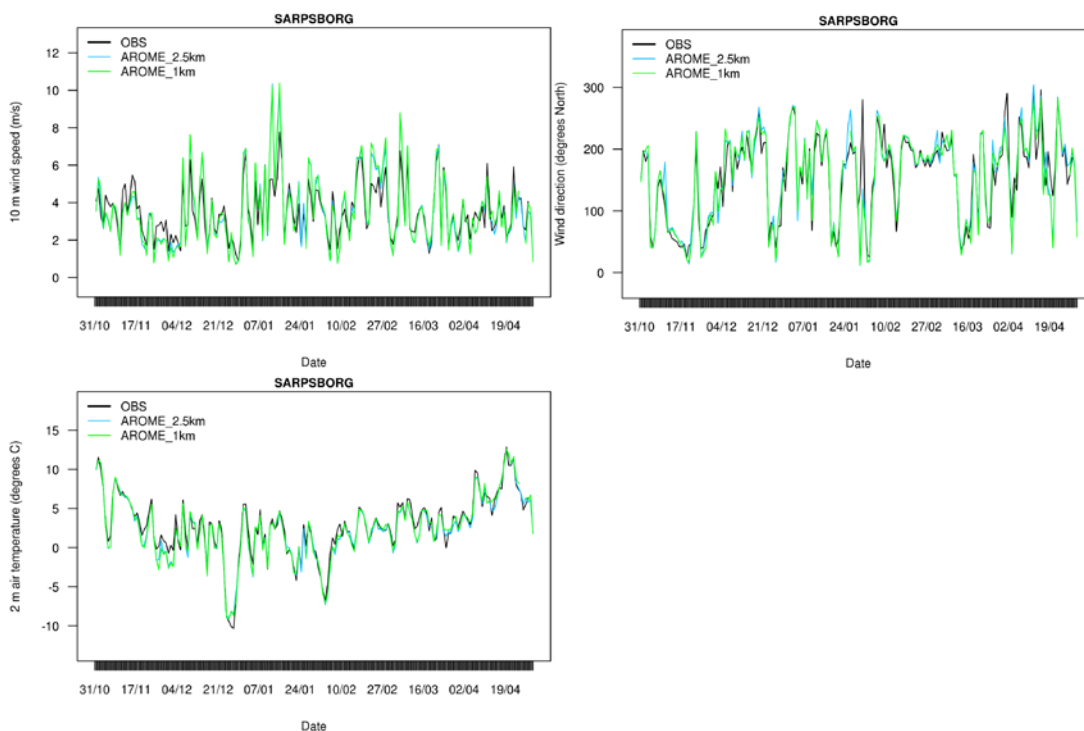
## 9.2 Meteorologiske prognoser for sesongen 2014/15

Pr. i dag blir det ikke kjørt luftkvalitetsmodell for Sarpsborg og Fredrikstad, men det meteorologiske frimerkeområde «øst» dekker byene. Tidsserier for lokale meteorologiske målestasjoner er inkludert her.

### 9.2.1 Tidsserier

Døgnmiddelverdier for 10 m vindhastighet, 10 m vindretning, 2 m temperatur og døgnedbør for stasjonen Sarpsborg er gitt i figur 59. Noen hovedpoeng:

- Tidsseriene fra 2.5 km og 1 km er veldig like.
- Alle parametere er godt representert av modellene.



Figur 59. Døgnmiddel tidsserier for 10 m vindhastighet, 10 m vindretning og 2 m temperatur, stasjon Sarpsborg.

## 10 Varsler for Kristiansand

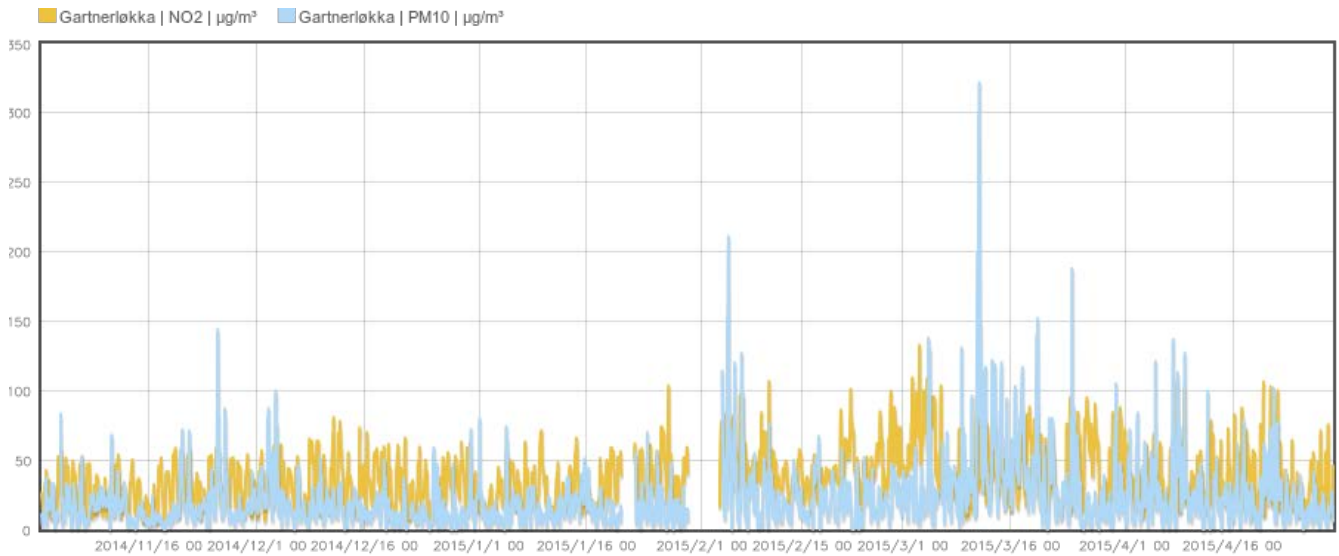
***Meteorologisk institutt i Oslo (VA) har ansvaret for å varsle luftkvaliteten i Kristiansand. Til utarbeidelse av varslene benyttes observasjonene på [luftkvalitet.info](http://luftkvalitet.info), de tilgjengelige meteorologiske modellene (i hovedsak Arome 2,5 km), samt den aktuelle vær-situasjonen og dagens værvarsel.***

### 10.1 Varsling for sesongen 2014/15

Luftkvalitetsvarslingen denne sesongen ble gjort fra 3. november 2014 til og med 30. april 2015.

Når varslene utarbeides lages det en varslingskurve for hver av komponentene PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> og NO<sub>2</sub>. Varslene legges ut på <http://luftkvalitet.info> og er en samlekurve som består av de tre komponentene, der høyeste forurensningsverdi vises.

I tillegg legges det ut en varslingsstekst som beskriver forventet forurensningsnivå i form av *lite*, *noe*, *mye* eller *svært mye* luftforurensning for referansestasjonene. Det varsles timesverdier, og forurensningsnivåene styres etter kriteriene for disse, se tabell 2.



Figur 60. Målinger fra Gartnerløkka Kristiansand

NO<sub>2</sub> på Gartnerløkka, Kristiansand ble undervarslet i 7 tilfeller. I alle disse tilfellene ble det varslet noe forurenset luft, mens observasjonen viste mye forurenset luft. Det var 62 tilfeller med overvarsling hvor 57 av tilfellene var en varslingsklasse. PM<sub>10</sub> ble undervarslet i 6 tilfeller. I ett av tilfellene ble det varslet lite forurenset luft, mens observasjonen var mye forurenset luft. I 24 tilfeller ble det overvarslet, i to av disse ble det varslet mye forurenset luft, mens observasjonen viste lite forurenset luft.

Tabell 40. Treff for Døgnvarsler- Kristiansand, Gartnerløkka, NO<sub>2</sub>

		← Det er målt høyere nivå enn varslet.			
Målt nivå	Svært forurenset	0	0	0	0
	Mye forurenset	0	7	6	0
	Noe forurenset	0	84	19	3
	Lite forurenset	2	38	2	0
		Lite forurenset	Noe forurenset	Mye forurenset	Svært forurenset
		Varslet nivå			

↓ Det er målt lavere nivå enn varslet.

Tabell 41. Treff for døgnvarsler Kristiansand, Gartnerløkka, PM<sub>10</sub>

		← Det er målt høyere nivå enn varslet.			
Målt nivå	Svært forurenset	0	0	0	0
	Mye forurenset	1	0	0	0
	Noe forurenset	5	2	0	0
	Lite forurenset	124	22	2	0
		Lite forurenset	Noe forurenset	Mye forurenset	Svært forurenset
		Varslet nivå			
		↓ Det er målt lavere nivå enn varslet.			

## 11 Varsler for Lillehammer

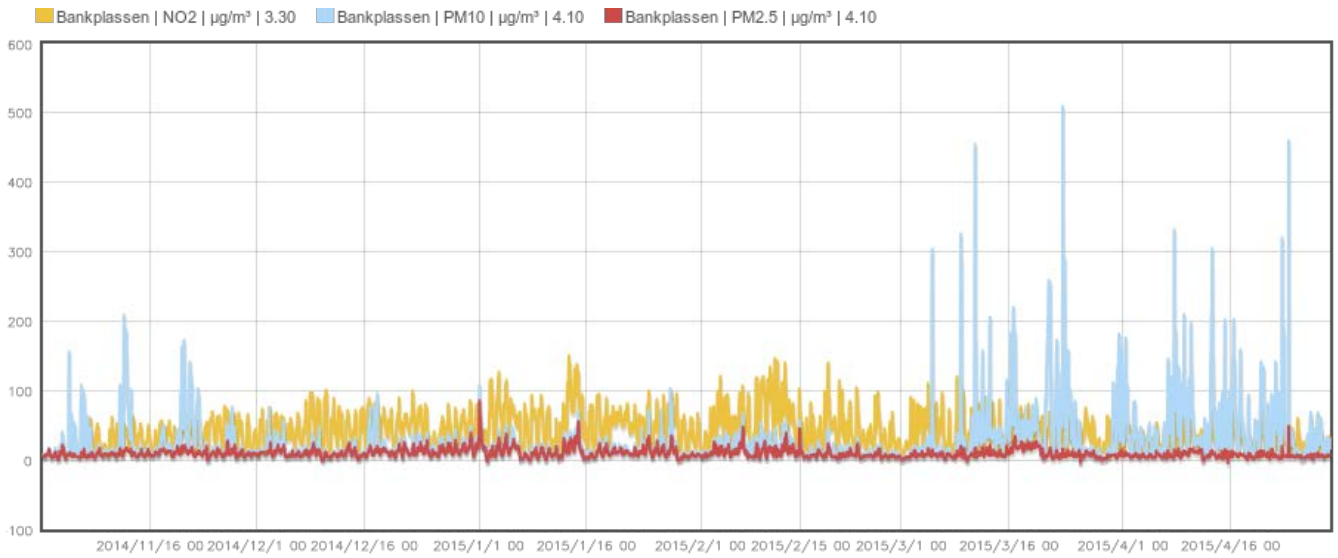
***Meteorologisk institutt i Oslo (VA) har ansvaret for å varsle luftkvaliteten i Lillehammer. Til utarbeidelse av varslene benyttes observasjonene på luftkvalitet.info, de tilgjengelige meteorologiske modellene (i hovedsak Arome 2,5 km), samt den aktuelle vær-situasjonen og dagens værvarsel.***

### 11.1 Varsling for sesongen 2014/15

Luftkvalitetsvarslingen denne sesongen ble gjort fra 3. november 2014 til og med 30. april 2015.

Når varslene utarbeides lages det en varslingskurve for hver av komponentene PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> og NO<sub>2</sub>. Varslene legges ut på <http://luftkvalitet.info> og er en samlekurve som består av de tre komponentene, der høyeste forurensningsverdi vises.

I tillegg legges det ut en varslingstekst som beskriver forventet forurensningsnivå i form av *lite*, *noe*, *mye* eller *svært mye* luftforurensning for referansestasjonene. Det varsles timesverdier, og forurensningsnivåene styres etter kriteriene for disse, se tabell 2.



Figur 61. Observasjoner fra Bankplassen, Lillehammer

Tabell 42. Treff for døgnvarsler Bankplassen, Lillehammer.  $NO_2$

		← Det er målt høyere nivå enn varslet.			
Målt nivå	Svært forurenset	0	1	0	0
	Mye forurenset	0	11	7	3
	Noe forurenset	2	86	33	4
	Lite forurenset	0	13	6	0
		Lite forurenset	Noe forurenset	Mye forurenset	Svært forurenset
		Varslet nivå			

↓ Det er målt lavere nivå enn varslet.

Tabell 43. Treff for døgnvarsler Bankplassen, Lillehammer.  $PM_{10}$

← Det er målt høyere nivå enn varslet.

Målt nivå	Svært forurenset	0	1	0	0
	Mye forurenset	0	11	7	3
	Noe forurenset	2	86	33	4
	Lite forurenset	0	13	6	0
		Lite forurenset	Noe forurenset	Mye forurenset	Svært forurenset
		Varslet nivå			

↓ Det er målt lavere nivå enn varslet.

Tabell 44. Treff for døgnvarsler Bankplassen, Lillehammer.  $PM_{2,5}$

← Det er målt høyere nivå enn varslet.

Målt nivå	Svært forurenset	0	0	0	0
	Mye forurenset	0	0	0	0
	Noe forurenset	0	0	0	0
	Lite forurenset	164	2	0	0
		Lite forurenset	Noe forurenset	Mye forurenset	Svært forurenset
		Varslet nivå			

↓ Det er målt lavere nivå enn varslet.

Varslene for Bankplassen, Lillehammer viser at det for komponenten  $NO_2$  er en undervarsling på 13 tilfeller. Ett av disse gav et varsel på «noe forurenset luft», mens målingene viser «svært forurenset luft». Utover dette er avviket en varslingsklasse. For  $NO_2$ , Bankplassen, Lillehammer er det en mer markert overvarsling i 59 tilfeller. De aller fleste tilfellene er en overvarsling på en klasse. F.eks. i 33 tilfeller ble det varslet «mye forurenset luft», mens observasjonene viste «noe forurenset luft». I 13 tilfeller ble det varslet «noe forurenset luft» mens målingene viste «lite forurenset luft». Igjen kan overvarslingen skyldes at kommunen har gjort tiltak uten at varsleren er kjent med slike. Angående  $PM_{10}$  så er det mer likelig fordelt mellom undervarsling og overvarsling. 17 tilfeller med undervarsling, mens det var 25 tilfeller med overvarsling.  $PM_{2,5}$  for



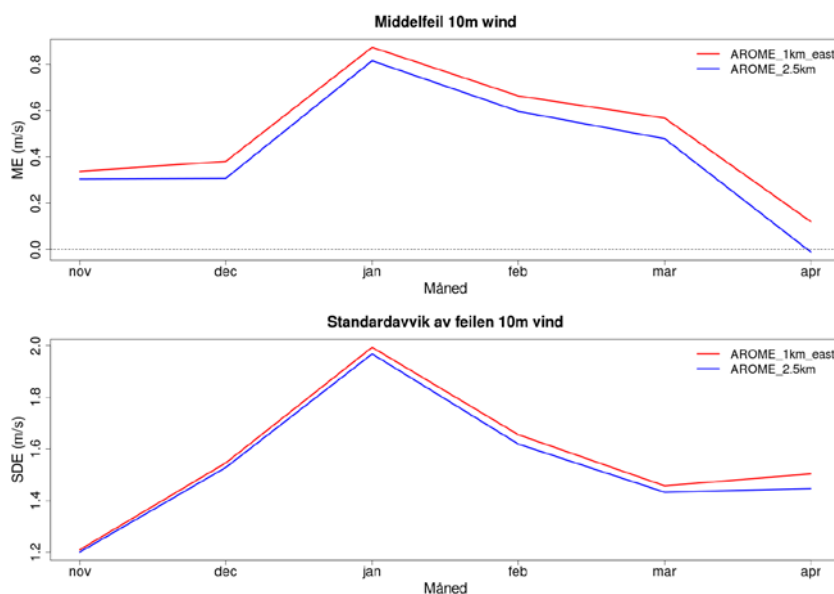
Bankplassen Lillehammer ble i to tilfeller overvarslet. I disse tilfellene ble det målt «lite forurenset luft», mens varselet gikk på «noe forurenset luft». Øvrige varsler var korrekte.

## Appendix

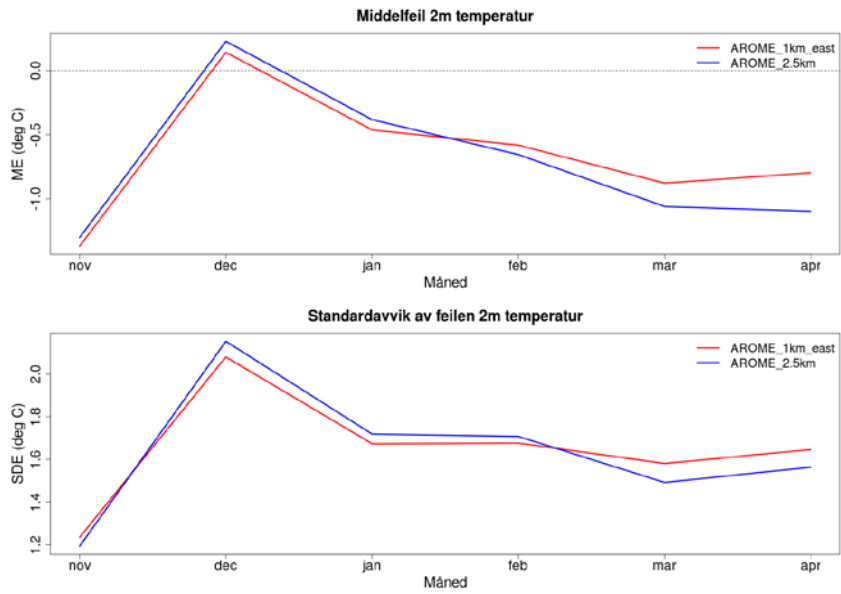
### Månedstatistikk for område øst

I figurene 62-64 vises middelfeil og standardavvik av feilen for vindhastighet, temperatur og døgngnedbør for alle stasjoner i område øst. Begge dager fra prognosene blir brukt i statistikken. Noen hovedpoeng:

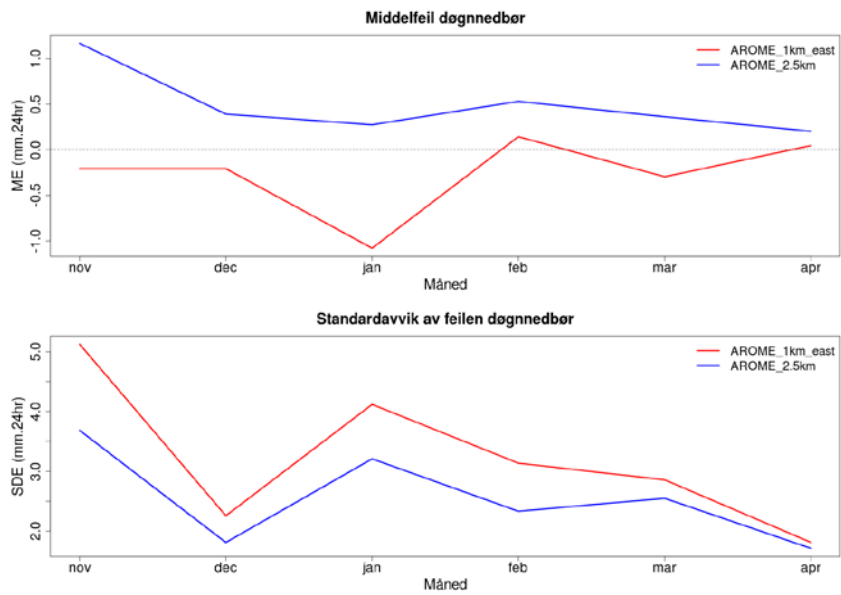
- Feilen i vindhastighet er størst i januar. Vindhastighet er også høyest i denne perioden.
- Temperatur bias er minst i desember mens standardavvik av feilen er høyst. Temperatur er lavest i denne perioden.
- Det er noe forskjell mellom 2.5 og 1 km kjøringene for nedbør. Generelt gir 2.5 km modellen et mindre usystematisk avvik (*stde*).



Figur 62. Middelfeil og standardavvik av feilen for 10 m vindhastighet i område øst.



Figur 63. Middelfeil og standardavvik av feilen for 2 m temperatur i område øst.

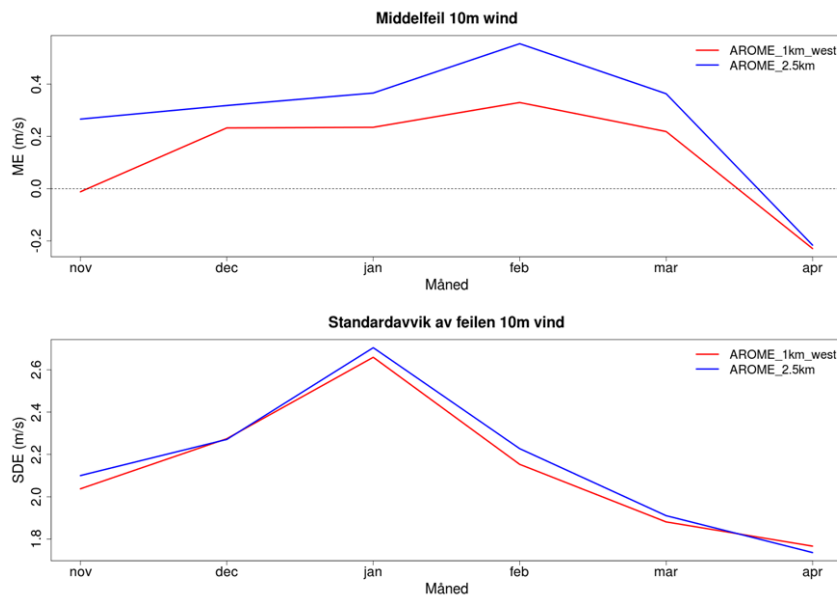


Figur 64. Middelfeil og standardavvik av feilen for døgnedbør i område øst.

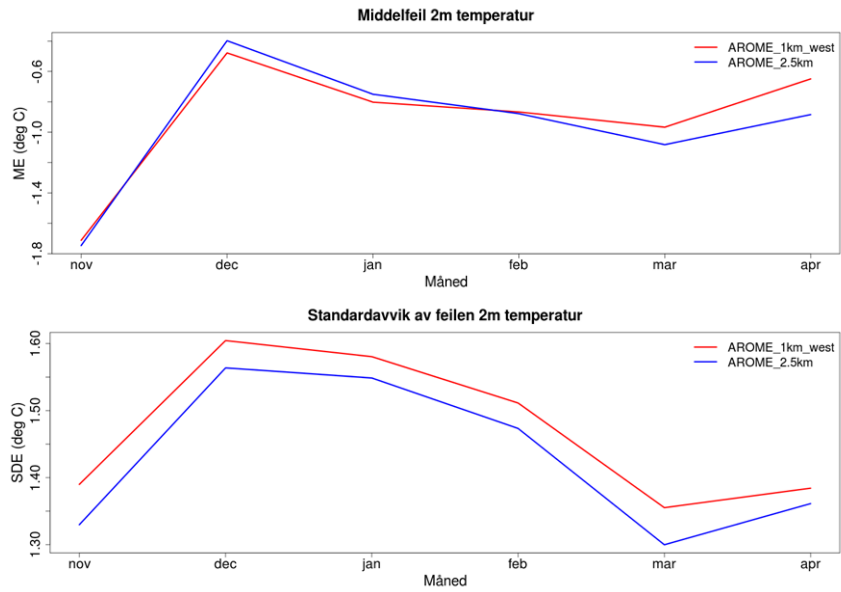
## Månedstatistikk for område vest

I figurene 65-67 vises middelfeil og standardavvik av feilen for vindhastighet, temperatur og døgnnedbør for alle stasjoner i område vest. Begge dager fra prognosene blir brukt i statistikken. Noen hovedpoeng:

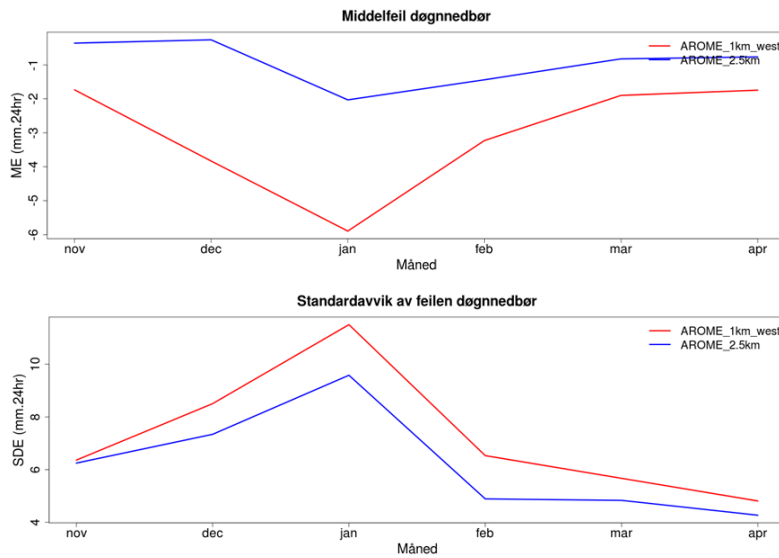
- Feilen i vindhastighet er størst i januar-februar. Vindhastighet er også høyest i denne perioden.
- Temperatur bias er minst i desember mens standardavvik av feilen er høyest. Temperatur er lavest i denne perioden.
- Det er noe forskjell mellom 2.5 og 1 km kjøringene for nedbør. 2.5 km modellen gir mindre middelfeil (*bias*) og gir mindre usystematisk avvik (*stde*).



Figur 65. Middelfeil og standardavvik av feilen for 10 m vindhastighet i område vest.



Figur 66. Middelfeil og standardavvik av feilen for 2 m temperatur i område vest.

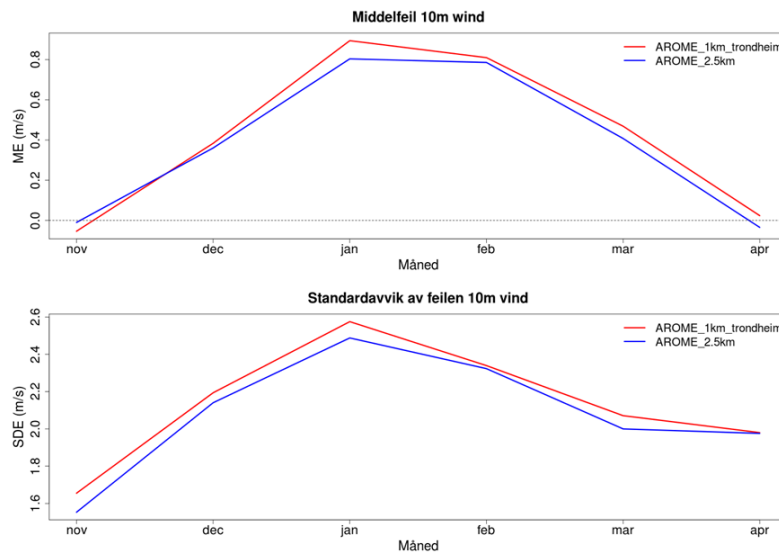


Figur 67. Middelfeil og standardavvik av feilen for døggnedbør i område vest.

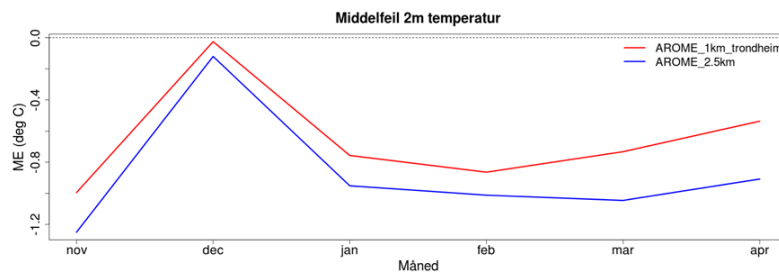
## Månedstatistikk for område Trondheim

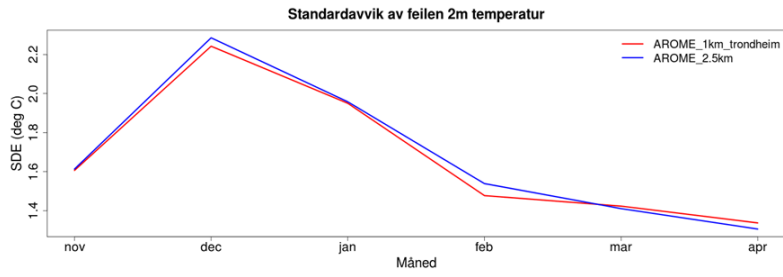
I figurene 68-70 vises middelfeil og standardavvik av feilen for vindhastighet, temperatur og døggnedbør for alle stasjoner i område Trondheim. Begge dager fra prognosene blir brukt i statistikken. Noen hovedpoeng:

- Feilen i vindhastighet er størst i januar-februar. Vindhastighet er også høyest i denne perioden. Det er liten forskjell mellom 1 km og 2.5 km kjøringene.
- Temperatur bias er minst i desember mens standardavvik av feilen er høyst. Temperatur er lavest i denne perioden.
- Det er noe forskjell mellom 2.5 og 1 km kjøringene for nedbør. 2.5 km modellen gir mindre middelfeil (*bias*) og gir mindre usystematisk avvik (*stde*).

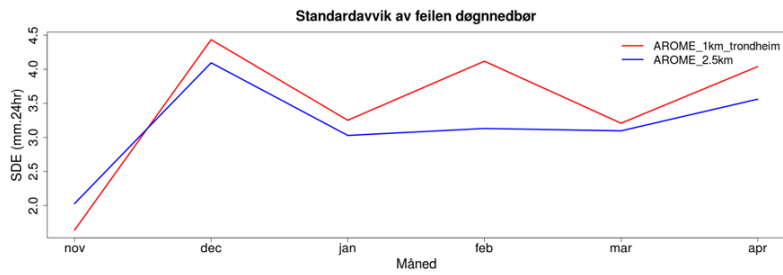
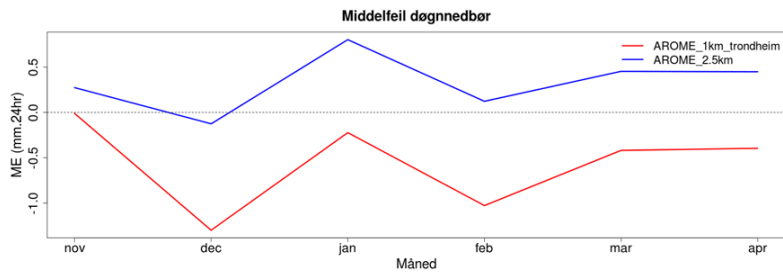


Figur 68. Middelfeil og standardavvik av feilen for 10 m vindhastighet i område Trondheim.





Figur 69. Middelfeil og standardavvik av feilen for 2 m temperatur i område Trondheim.



Figur 70. Middelfeil og standardavvik av feilen for døggnedbør i område Trondheim.