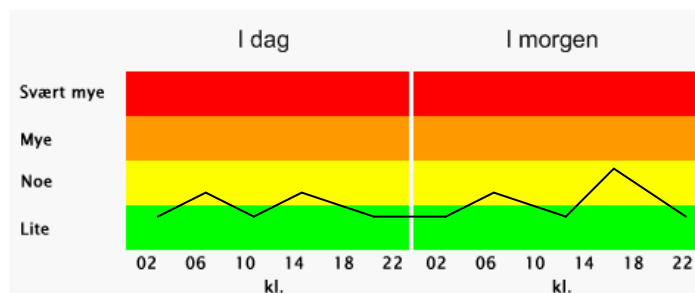
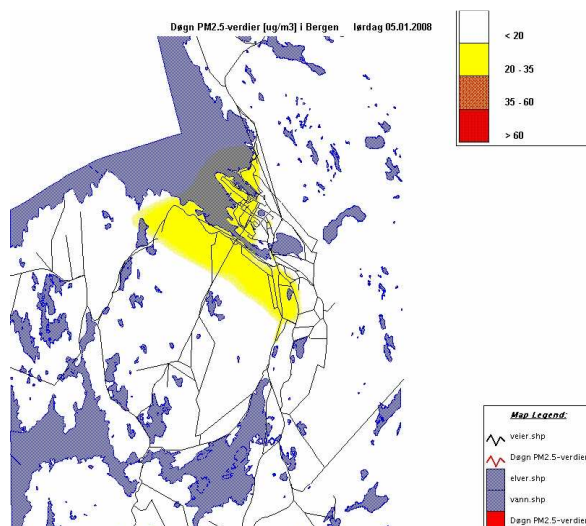
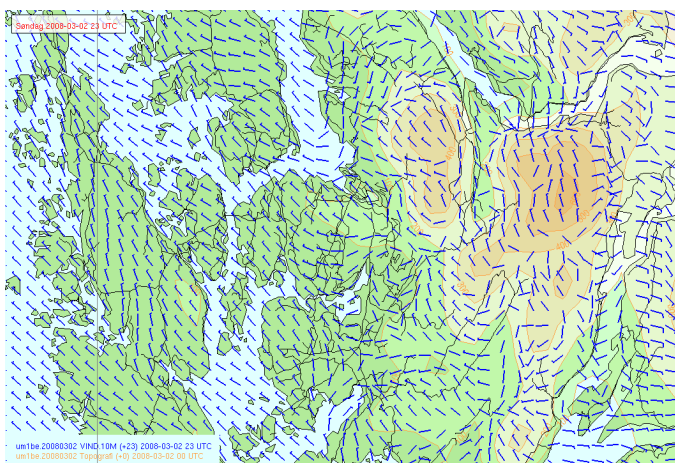




Bedre byluft Prognoser for meteorologi og luftkvalitet i norske byer

Viel Ødegaard ¹⁾, Norvald Bjergene ¹⁾, Karl Idar Gjerstad ²⁾, Leiv Håvard Slørdal ²⁾



Tittel Bedre byluft - prognoser for meteorologi og luftkvalitet i norske byer	Dato 11. juli 2008
Seksjon Seksjon meteorologi	Report no. 15
Forfattere Viel Ødegaard ¹⁾ , Norvald Bjergene ¹⁾ , Karl Idar Gjerstad ²⁾ , Leiv Håvard Slørdal ²⁾ 1) Meteorologisk institutt 2) Norsk institutt for luftforskning	Classification <input checked="" type="checkbox"/> Free <input type="checkbox"/> Restricted
	ISSN 1503-8025 e-ISSN 1503-8025
Oppdragsgiver Statens Vegvesen	
<p>Sammendrag</p> <p>Bedre byluft har som oppgave å levere prognoser for luftkvalitet til publikum i områder der de lovpålagte målingene viser at grenseverdiene for helsemessig forsvarlig luftkvalitet overskrides oftere enn forskriftene tillater. Siste vinter har met.no utarbeidet luftkvalitetsvarsler for Tromsø, Fredrikstad, Lillehammer og Kristiansand på grunnlag meteorologiske prognoser fra UM med 1km oppløsning og observasjoner av forurensningskonsentrasjoner i byene.</p> <p>Grensesnittet mellom UM og AirQUIS har vært gjenstand for kritisk revisjon og foreslås endret fra neste sesong.</p> <p>Beskrivelsen av luftsirkulasjonen i et svært forurenset område i Groruddalen i Oslo er påbegynt ved hjelp av en ny observasjonsstasjon for meteorologi på Alna og en meteorologisk modell med horisontal oppløsning 1/3 km.</p> <p>Nasjonal veidatabank er opprettet og undersøkt med sikte på å bruke data fra denne som inngangsdata til AirQUIS. Dataene anbefales brukt for Oslo, Bergen og Stavanger.</p> <p>Observasjoner fra kommunale meteorologiske stasjoner og met.nos målenettverk er benyttet til evaluering av meteorologiprognosene. Prognosene er litt for kalde, spesielt i Drammen. Prognosene fra AirQUIS har overestimert PM2.5 på grunn av for svake vinder til AirQUIS fra grensesnittet til UM-modellen. Luftkvalitetsvarslene til publikum har varierende kvalitet, men er også vanskelig å evaluere.</p>	
<p>Keywords varsling av lokal luftkvalitet, spredningsmodell for luftkvalitet, numerisk værvarsling, observasjoner, evaluering, grensesnitt mellom modeller</p>	

Disiplinary signature	Responsible signature
_____	_____

Innholdsfortegnelse

	Bidragstere	4
1	Innledning	5
2	Utvivelse av Bedre byluft til fire nye byer	7
2.1	UM 1km for Nord-Norge og Sør-Norge	7
2.2	Varslingen for byområdene	7
3	Beskrivelse av nytt grensesnitt mellom UM og AirQUIS	11
3.1	Redefinisjon av modellgitter	11
3.2	Meteorologiske parametre som overføres fra UM til AirQUIS	12
3.3	Grensesnittets bruk av de importerte meteorologiske parametrene	14
3.4	Beskrivelse av hvordan UMs meteorologiske parametre og grensesnittets skaleringsparametre benyttes i AirQUIS	16
3.5	Sammenlikning av resultater fra den operasjonelle og den nye grensesnittversjonen av UM/AirQUIS systemet	18
3.6	Nytt grensesnitt - konklusjon	20
4	Observasjoner fra Alna i Oslo	21
5	Modellkjøringer med høy oppløsning for Oslo	23
6	Arbeid med forbedring av temperaturprognoser fra UM	25
7	Oppdatering av inngangsdata til AirQUIS fra Nasjonal veidatabank	27
7.1	Trafikkdata fra Nasjonal veidatabank	27
7.2	Utslipp fra arealkilder	29
8	Evaluering av varslingssesongen 2007-2008	31
8.1	Evaluering av de meteorologiske prognosene	31
8.2	Evaluering av prognosene fra AirQUIS	31
8.3	Evaluering av luftkvalitetsvarslene til publikum	31
8.4	Luftkvalitetsvarslingen i Drammen	33
8.5	Luftkvalitetsvarslingen i Oslo	34
9	Oppsummering og videre arbeid	35
	Referanser	37
	Appendix A – statistikk	
	Appendix B – figurer til kapittel 2,3,4,5,6 og 7	
	Appendix C – figurer til kapittel 8	

Bedre byluft – prognoser for meteorologi og luftkvalitet i norske byer

Bidragsytere til rapporten

Kap. 1 Viel Ødegaard ¹⁾

Kap. 2 Viel Ødegaard

Kap. 3 Leiv Håvard Slørdal ²⁾ med bidrag fra Karl Idar Gjerstad ²⁾ og Viel Ødegaard

Kap. 4 Viel Ødegaard

Kap. 5 Viel Ødegaard, tilrettelegging av data fra Statens Kartverk Siri Oestreich Nielsen ¹⁾

Kap. 6 Viel Ødegaard, bygd på arbeid av Jørn Kristiansen ¹⁾ for UM 4km

Kap. 7 Karl Idar Gjerstad

Kap. 8.3 Norvald Bjergene ¹⁾

Kap. 8.4 Tom Hartz Nilsen ³⁾

Kap. 8 resten, Viel Ødegaard

Kap. 9 Viel Ødegaard

1) Meteorologisk institutt 2) Norsk institutt for luftforskning 3) Drammen kommune

1. INNLEDNING

Bedre byluft har som oppgave å levere prognoser for luftkvalitet til publikum i områder der de lovpålagte målingene viser at grenseverdiene for helsemessig forsvarlig luftkvalitet overskrides oftere enn forskriftene tillater. Luftkvalitetsvarslene er alltid tilgjengelig over internett på adressen luftkvalitet.info. Denne tjenesten driftes av Norsk institutt for luftforskning (NILU). I tillegg kan varslene distribueres i aviser, radio, med sms og gjennom andre informasjonskanaler. Det er lokale forskjeller i hvilke informasjonskanaler som benyttes til distribusjon av varslene. Varslene går to døgn fram i tid, og er tilgjengelig for beslutningstakere på kommunalt nivå. Dette skal gi tilstrekkelig tid til å treffe tiltak lokalt som reduserer forurensningen i forhold til varslet nivå.

Grunnlaget for varslingen er modellberegninger og målinger av meteorologi og luftkvalitet. NILU og Meteorologisk institutt (met.no) samarbeider om et modellsystem der en detaljert numerisk værvarslingsmodell (Unified Model) beregner meteorologiske data for en spredningsmodell for luftforurensning (AirQUIS). Modellene kjøres hos Meteorologisk institutt og overvåkes av IT-operatører i døgkontinuerlig tjeneste. Modellkjøringene og generering av produkter fra disse er ferdig ca. kl 7 lokal tid hver morgen i perioden oktober til april.

De automatiske prognosene fra dette systemet, eller fra værvarslingsmodellen alene, tolkes av kvalifisert personell som også utarbeider varslene som distribueres til publikum (heretter publikumsvarsler). Det kvalifiserte personellet benevnes som systemets sluttbrukere. De har daglig tilgang til all oppdatert informasjon fra prognosemodeller via en internetttjeneste (<http://byluft.met.no>) som driftes av Meteorologisk Institutt.

Luftkvalitetsvarsler har blitt utarbeidet for Oslo, Drammen, Grenland, Stavanger, Bergen og Trondheim i flere år. I løpet av siste vinter har Tromsø, Fredrikstad, Lillehammer og Kristiansand også kommet med i Bedre byluft.

I Oslo, Grenland, Stavanger, Bergen og Trondheim bygger publikumsvarslene på prognoser fra værvarslings- og spredningsmodell. I Drammen, Fredrikstad, Lillehammer, Kristiansand og Tromsø bygger publikumsvarslene på prognoser fra værvarslingsmodellen.

I Oslo og Drammen er det henholdsvis Helsevernetaten og Avdeling for miljørettet helsevern i kommunene som står for utarbeiding av publikumsvarslene. For øvrig er det personale fra Meteorologisk institutt som utfører denne oppgaven for kommunene. Beslutninger om tiltak for å redusere forurensningen treffes alltid i kommunene.

En detaljert beskrivelse av modellene i Bedre byluft er gitt i Ødegaard et al. (2007).

For Bedre byluft-sesongen 2007-2008 ble det planlagt nyutvikling på flere områder, i tillegg til videreføring av varsling, evaluering og rapportering slik det har vært gjennomført i tidligere sesonger.

Nytt for sesongen er inkludering av de fire byområdene Tromsø, Lillehammer, Fredrikstad/Sarpsborg og Kristiansand i prosjektet. Kapittel 2 beskriver modellsystemet og varslingsrutinene for de fire byene.

Siden den meteorologiske modellen og spredningsmodellen er to atskilte modeller med forskjellig definisjon av gitteret horisontalt og vertikalt, må data fra meteorologimodellen bearbejdes for å tilpasses spredningsmodellens krav. Utformingen av grensesnittet mellom modellene er et område som har vist seg å være av stor betydning for varslenes kvalitet, og som vies mye oppmerksomhet i europeiske informasjonssystemer for urban luftkvalitet (Finardi, 2005). Ved overgangen fra MM5 til UM har vi sett betydningen av å ta hensyn til

modellenes ulikheter når data skal tilrettelegges for spredningsmodellen. Arbeidet med grensesnittet mellom meteorologi- og spredningsmodell er rapportert i kapittel 3.

Oslo-området har mange overskridelser av grenseverdiene. Spesielt har målestasjonen for luftkvalitet på Alnabru rapportert høye verdier i tidligere sesonger (Lützenkirchen, 2007). Det er en viktig oppgave å finne fram til tiltak som kan gi en bedre luftkvalitet i området. For å bedre forståelsesgrunnlaget for dette, har vi ved hjelp av flere målinger og nye modeller begynt arbeidet med å beskrive luftsirkulasjonen i Groruddalen. En ny meteorologisk målestasjon for vind og temperatur i to nivåer er satt i drift på Alna. Den nye målestasjonen er beskrevet i kapittel 4, der noen data fra stasjonen sammenstilles med meteorologiske data fra Blindern og Valle Hovin.

En meteorologisk modell med oppløsning 333 m og med fysiografiske data fra Statens Kartverk i 250 og 100 m oppløsning er satt opp. Det er gjort eksperimenter med modellen for desember 2007. Modellen og resultater fra testkjøringene er beskrevet i kapittel 5.

Værvarslingsmodellens muligheter for en god beskrivelse av bakkenær temperatur og vind har stor betydning for kvaliteten av luftkvalitetsvarslene fra spredningsmodellen. Enkelte svakheter i værvarslingsmodellens resultater, spesielt mht temperaturen, er identifisert i forbindelse med evalueringen av modellen for perioderapportene i desember og april. Arbeidet som er gjort ved met.no for å løse dette, er rapportert i kapittel 6.

Våren 2007 startet Vegvesenet og NILU et samarbeid for å etablere en rutine som kunne hente data fra Nasjonal veidatabank (NVDB) på et format som er tilpasset AirQUIS. De nye trafikkdataene og tester med disse i AirQUIS er beskrevet i kapittel 7.

Figurer til kapitlene 2,3,4,5,6 og 7 er i Appendix B.

Kapittel 8 gir en gjennomgang av varslingen siste sesong for de byene der modellsystemet bestående av UM og AirQUIS er videreført, og presenterer evalueringresultater for byene der luftkvalitetsprognosene utarbeides på grunnlag av meteorologiprognosene. Til evalueringen har vi fått meteorologiske målinger fra målestasjoner tilhørende Oslo kommune (Valle Hovin), Drammen kommune (Gulskogen og Marienlyst) og Statens Vegvesen Region Midt-Norge (Elgeseter). Drammen, som er en av to kommuner som selv utfører varslingen mot publikum, har også rapportert sine erfaringer fra varslingen siste sesong. De involverte takkes for bidraget. Figurer som presenterer summarisk evaluering av prognosene gjennom hele sesongen er i Appendix C.

Kapittel 9 Her drøftes resultatene fra modellene og forslag til videreutvikling i prosjektet.

2. UTVIDELSE AV BEDRE BYLUFT TIL FIRE NYE BYER

2.1 UM 1km for Nord-Norge og Sør-Norge

For å kunne gi tilstrekkelig detaljerte værprognoser for alle byene, har Meteorologisk institutt satt i drift daglig numerisk værvarsling for to store områder som dekker hele Sør-Norge og store deler av Nord-Norge (figur B1a og b).

UM1 for Nord-Norge (UM1NN) og Sør-Norge (UM1SN) kjører i en eksperimentsuite som går etter de operasjonelle kjøringene. Områdene UM1SN og UM1NN er på henholdsvis 400x656 gitterpunkter og 288x680 gitterpunkter. Begge har 38 lag vertikalt. UM1SN benytter 28 noder á 32 prosessorer og UM1NN benytter 14 noder á 32 prosessorer. For øvrig har modellene for Sør-Norge og Nord-Norge samme oppsett som UM 1km for byene slik den er beskrevet i Ødegaard et al. (2007). Land-havmaske og enkelte fysiografiske parametre i modellen er vist i figur B2.2-B2.5. Tilsvarende figurer for Oslo, Drammen, Grenland, Stavanger, Bergen og Trondheim er vist i Ødegaard et al. (2007).

Målsettingen er å erstatte UM-modellen for hver enkelt av byene med UM1NN og UM1SN. Kvaliteten på varslene fra de små og den store modellen er derfor beregnet. Figur B2.6 – B2.10 gir en grafisk framstilling av feilen i modellene sammenlignet med observasjonene. Statistikken er summert over alle stasjoner som observasjonsstasjoner som er innenfor området til de store 1km-modellene og områdene til de små områdene. Figurene viser feil i temperatur 2m og vind 10m for månedene januar og februar. Figurene B2.6 og B2.7 sammenligner resultatene i den nye 1km-modellen for Nord-Norge med resultater fra UM1 for mindre områder der det ikke utføres luftkvalitetsvarsling, men der modelloppsettet er det samme som for UM1 i Sør-Norge.

Det store modellområdet har mindre feil enn de små områdene i Nord-Norge, både for temperatur og vind. For Sør-Norge har de små områdene mindre feil i temperaturen, mens feilen i vinden er omtrent like stor i de små områdene som i de store. For mange av stasjonene innenfor området er feilen lik i de to modellene, men der den negative biasen er stor i de små områdene er den enda større i det store området (Figur B2.10). Prognosene for Drammen skiller seg ut med spesielt stor negativ bias.

UM har gjennom vinteren vært relativt ustabil, spesielt området for Sør-Norge, der det utviklet seg store hastigheter i den vertikale bevegelsen, noen ganger med det resultatet at modellen feilet. Undersøkelser av mulige årsaker, som tidsskrittets lengde, diffusjon, forskjellige randverdier, glatting av topografien og modellendringer foreslått fra UK Met. Office, resulterte i at modellen fra og med 25. januar ble endret i tråd med et forslag fra UK Met. Office. Dette ga noe mer stabil oppførsel, men problemet er fremdeles til stede av og til. De sterke vertikale vindene som modellen utvikler, forstyrrer også det horisontale vindfeltet, og ødelegger dermed noe av prognosekvaliteten.

2.2 Varslingen for byområdene

Luftkvalitetsvarslingen utføres etter ulike modeller som er kombinasjoner av følgende punkter

- 1) basert på resultater fra AirQUIS og UM
- 2) basert på resultater fra UM alene
- 3) av kommunenes personell
- 4) av met.no personell som er lokalisert i byen varselet gjelder for
- 5) av met.no personell som ikke er lokalisert i byen varselet gjelder for.

Begrensningene knyttet til de ulike punktene er bl.a

- 1) etterslep i oppdatering av utslippsdatabasen i AirQUIS, ulike problemer i spredningsberegningene, ulike problemer med feil i værprognosene og i overføringen av disse til AirQUIS
- 2) manglende informasjon om spredningsforholdene, ulike problemer med å beregne lokale værforhold korrekt
- 3) kreves opplæring av personell i tolkning av data fra spredningsmodell og værvarslingsmodell, kreves etablering av samarbeidsrutiner mellom Vegvesen og kommunene i byer der luftkvalitetsvarsling ikke har vært utført tidligere
- 4) kreves opplæring av personell i tolkning av data fra spredningsmodell, stiller krav til god kommunikasjon mellom Vegvesenet, kommunen og met.no om f.eks planlagt gaterenhold
- 5) kreves opplæring av personell i tolkning av data fra spredningsmodell, stiller krav til god kommunikasjon mellom kommunene og met.no om forhold som påvirker luftkvaliteten. Sannsynligvis en begrensning i hvor mange byer met.no har kapasitet til å følge opp.

På møtene i Tromsø og Fredrikstad kom det fram at målestasjonene for luftkvalitet påvirkes av en rekke forhold som det er viktig å kjenne til for de som skal utarbeide varslene til publikum. Begge byene har problemer med luftkvalitet knyttet til for høye verdier av støv. Støvdemping av veier påvirker målingene spesielt mye, men det ble også vist til byggevirksomhet i nærheten av målestasjonene og transport til og fra byggeplasser forbi målestasjonene. Det er helt nødvendig med gode kommunikasjonsrutiner som kan sikre at de som utarbeider varslene alltid er oppdatert. For evaluering av varslene i ettertid er også rapportering av disse forholdene av betydning fordi varslene påvirker målingene på den måten at et varsel om dårlig luftkvalitet kan utløse et tiltak som f.eks. vasking av veiene.

En vurdering av de ulike varslingsmodellenes begrensninger og muligheter bør gjennomgås med tanke på å finne ut hvilken modell man bør prioritere å bygge opp.

Nedenfor er samlet informasjon om hvilke punkter varslingen skal gjelde for og hvordan varslene skal distribueres, hvilke målestasjoner for luftkvalitet kommunene har, hvor de ligger og hva de måler, hvilke tiltak som planlegges, og informasjonsprosedyrer mellom kommunene og met.no. Informasjonen er delvis kommet fram på møter, og delvis gjennom et spørreskjema som met.no sendte til Lillehammer, Fredrikstad og Kristiansand som oppfølging av et møte. I Drammen har det denne sesongen blitt varslet uten AirQUIS-resultater etter anbefaling om oppdatering av utslippsdatabasen på grunnlag av fjorårets resultater. Varslingen i Drammen utføres av Drammen kommune, og fra kommunen har vi fått en beskrivelse av hvordan varslingen gjennomføres. Evalueringen av varslingen til publikum er presentert i kapittel 8.

Tromsø

Varslingen av luftkvalitet startet opp i Tromsø i november 2007. I begynnelsen av sesongen ble det arrangert et møte på Værvarslinga for Nord-Norge (VNN) mellom Tromsø kommune, Statens Vegvesen og Meteorologisk institutt. Der presenterte met.no varslingssystemet og modellapparatet. Det ble også diskutert distribusjon av varsler til publikum, innsamling av observasjoner, rutiner for kommunikasjon mellom kommunen, Vegvesenet og met.no og rapportering av tiltak som vasking av veier. Ved VNN ble det deretter utviklet retningslinjer for utføring av varslingsoppgavene. Disse omfatter evaluering av gårdsdagens varsler mot observasjoner, en sjekkliste over viktige faktorer som påvirker luftkvaliteten i tillegg til rutiner for lagring av varsel og en kort begrunnelse for varselet. I Tromsø er

forurensningsproblemet et problem med lokalt høy konsentrasjon av støv. Da er det en fordel at de som utarbeider varslene kjenner de lokale forholdene og kan ta hensyn til dem.

Tabell 2.1: Målepunkter for luftkvalitet og meteorologi i Tromsø

Stasjon	bredde	lengde	hoh	parameter
Hansnesjordbukta	69.65	18.967		PM ₁₀ , NO ₂
Tverrforbindelsen	69.683	18.950		PM ₁₀
Langnes	69.683	18.917	10	T2m, FF10m, DD10m, RH2m
Tromsø	69.654	18.928	100	T2m, FF10m, DD10m, RH2m

Fredrikstad

Varslingen av luftkvaliteten i Fredrikstad og Sarpsborg startet opp i mars 2008. Målestasjonen i Sarpsborg er plassert i et industrinært boligområde. Målestasjonen i Fredrikstad er plassert ved en sterkt trafikkert vei i sentrum, ved en rundkjøring. Varslingen for begge byer bør gjelde for målepunktene, men det er antatt at overskridelsene ved SO₂-stasjonen i Sarpsborg ikke kommer fra pipene. Dette spørsmålet skal avklares i dialog mellom SFT, Borregård og Sarpsborg kommune. Begge kommunene har også meteorologiske målestasjoner, men det er ikke rutiner på å overføre data til met.no. I sentrum av Sarpsborg har også met.no en målestasjon som antas å være representativ for store deler av Sarpsborg. Representativiteten av disse målingene i forhold til Fredrikstad er mer usikker.

Varslene planlegges distribuert gjennom lokalavisene. Det planlegges ikke spesielle tiltak som følge av varslingen. Kommunene har rutiner på renhold av veier og kan informere met.no på e-post om tidspunktene for støvdemping.

Tabell 2.2: Målepunkter for luftkvalitet og meteorologi i Fredrikstad

Stasjon	bredde	lengde	hoh	parameter
Sarpsborg	59.278	11.122	49	SO ₂
Fredrikstad	59.209	10.945		PM ₁₀
Sarpsborg	59.283	11.117	57	T2m, FF10m, DD10m, RH2m

I slutten av april arrangerte Fredrikstad kommune et møte, der representanter fra Avdeling for miljørettet helsevern i Sarpsborg og Fredrikstad kommuner, representanter fra Statens Vegvesen og representanter fra met.no deltok. Met.no ga en presentasjon av modellsystemet. Videre ble det diskutert rutiner for publikumsinformasjon, spesielt ved tilfeller der det varsles høyeste varslingsklasse. Tilgang til meteorologiske observasjoner fra Fredrikstad kommunes målestasjoner for met.no, representativitet av luftkvalitetsmålinger og rapportering til Meteorologisk institutts personell om forhold som har betydning for målingene ble også diskutert.

Lillehammer

Varslingen av luftkvalitet for Lillehammer startet opp i mars 2008. I Lillehammer er det to målestasjoner for luftkvalitet, en gatestasjon på Bankplassen og en bybakgrunnsstasjon i Gamlevegen, samt en målestasjon for meteorologi. Varslene skal utarbeides for Bankplassen, og varslene vil bli lagt ut på kommunens hjemmeside. Annen distribusjon av varslene er foreløpig ikke avklart.

Kommunen og Vegvesenet har i samarbeid utarbeidet en tiltaksvurdering for byen og jobber nå systematisk med tiltak ved behov. Det er først og fremst snakk og om støvbinding og økt gaterenhold. Informasjon om tiltak samkjøres fra Vegvesenet. De ønsker også en mulighet for å varsle met.no om tiltak over sms.

Tabell 2.3: Målepunkter for luftkvalitet og meteorologi i Lillehammer

Stasjon	bredde	lengde	hoh	parameter
Bankplassen	61.11	10.46	183	PM _{2.5} , PM ₁₀ , NO ₂ /NO _x , CO
Gamlevegen	61.12	10.47	210	PM _{2.5} , PM ₁₀ , NO ₂ /NO _x
Sæterengen	61.0925	10.4775	242	T2m, FF10m, DD10m, RH2m

Nordavind kan gi økt støv nivå på Bankplassen siden denne stasjonen ligger i sør og fanger opp støv fra sentrum og tunnelen under jernbanestasjonen. Det har også vært noe fokus på mulig sandflukt fra sanduttak nord for byen ved sterk nordavind, men betydningen av dette er mer usikker. Vindstille over lengre tid, spesielt kalde vinterdager med mye vedfyring, er også ugunstig. Sønnvind må stort sett antas å være gunstigste vindretning.

Snø og is som ligger langs fortauskantene (særlig seinvinter/vår) smelter og fukter opp vegbanen når det er mildvær, og dette kan gi en viss støvdempingseffekt utover dagen. Det er for tida ingen spesiell anleggsvirksomhet eller kjente utslippskilder av betydning.

Kristiansand

Tabell 2.4: Målepunkter for luftkvalitet og meteorologi i Kristiansand

Stasjon	bredde	lengde	hoh	parameter
Vestre Strandgate	58.133	7.983	8	PM ₁₀ , NO ₂ , CO
Stener Heyerdahl	58.133	7.983	10	PM ₁₀ , NO ₂
Kjevik	58.200	8.067	12	T2m, FF10m, DD10m, RH2m

Varslingen av luftkvalitet for Kristiansand startet opp i mars 2008. Målepunktene i Kristiansand er Vestre Strandgate, som er en gatestasjon og Stener Heyerdahl som er en bybakgrunnsstasjon. Varslingen skal gjelde for Stener Heyerdahl. De viktigste utslippskildene som kommunen kjenner til, er skipstrafikk (ferger) og Xstrata Nickel. Nord for Stener Heyerdahl er det tunnelmunning for trafikken fra E18 til Kristiansand sentrum.

3. BESKRIVELSE AV NYTT GRENSESNIITT MELLOM UM OG AIRQUIS

3.1 Redefinisjon av modellgitter

Ingen endringer er gjort i posisjoneringen av modellområdet i UM. I AirQUIS derimot er vertikalnivåene i modellen endret slik at disse i størst mulig grad er sammenfallende i de to modellene. Siden modellene benytter ulike typer terrengfølgende koordinatsystemer, er vertikal-nivåene kun identiske over sjøområder, dvs. i modellruter med bakkehøyde 0 m. Økende avvik i lagtykkelsene i de to modellene oppstår imidlertid med økende topografihøyde. I Tabell 3.1 er lagtykkelsene i de to modellene gjengitt for posisjonen der topografien når sin maksimale verdi (412 m.o.h.) innenfor modellområdet. I denne tabellen vises også de benyttede lagtykkelsene over områder med 0 topografihøyde (identiske i begge modeller).

Tabell 3.1: Lagtykkelsene i de to modellene ved høyeste topografi

	Topografihøyde 0 m.o.h. Lagtykkelse UM og AirQUIS (m)	Topografihøyde 412 m.o.h. Lagtykkelse UM (m)	Topografihøyde 412 m.o.h. Lagtykkelse AirQUIS (m)
Lag 1	20	19	16
Lag 2	60	57	48
Lag 3	100	95	79
Lag 4	140	133	111
Lag 5	180	172	143
Lag 6	220	210	175
Lag 7	260	248	206
Lag 8	300	287	238
Lag 9	340	325	270
Lag 10	380	364	301

* Lag 1 er laget nærmest bakken.

Som vist i Tabell 3.1 er forskjellene i lagtykkelse relativt betydelige. Imidlertid er forskjellene langt mindre i det sentrale byområdet der topografien er mer moderat. Et eksempel på dette er vist i Tabell 3.2 der lagtykkelsene i de to modellene er gjengitt for området rundt Valle Hovin som ligger ca. 90 m.o.h.

Tabell 3.2: Lagtykkelsene i de to modellene ved Valle Hovin.

	Topografihøyde 0 m.o.h. Lagtykkelse UM og AirQUIS (m)	Topografihøyde 90 m.o.h. Lagtykkelse UM (m)	Topografihøyde 90 m.o.h. Lagtykkelse AirQUIS (m)
Lag 1	20	20	19
Lag 2	60	59	57
Lag 3	100	99	96
Lag 4	140	139	133
Lag 5	180	178	172
Lag 6	220	218	210
Lag 7	260	257	249
Lag 8	300	298	287
Lag 9	340	337	325
Lag 10	380	377	363

Ved å velge laginndelingen i AirQUIS på denne måten minimaliseres justeringen av vindfeltet når UM vinden interpoleres til modellnivåene i AirQUIS.

3.2 Meteorologiske parametre som overføres fra UM til AirQUIS

De meteorologiske parametrene som overføres fra UM til AirQUIS via det nye grensesnittet er gjengitt nedenfor i tabell 3.3.

Tabell 3.3: Parametrene som overføres fra UM til AirQUIS via nytt grensesnitt

Bakke data uten tidsvariasjon (Todimensjonale felt)	1) Topografi (m) 2) Overflateruhet (m), (antatt som ruhet for temperatur).	h z _{0T}
Bakke data med tidsvariasjon (Timevise todimensjonale felt)	1) Øst/vest -komponent av vertikal momentum fluks (N m ⁻²) 2) Nord/sør-komponent av vertikal momentum fluks (N m ⁻²) 3) Vertikal fluks av følbare varme (W m ⁻²) 4) Vertikal fluks av latent varme (W m ⁻²) 5) Vertikal fluks av vanndamp (kg m ⁻² s ⁻¹) 6) Nedbør (mm h ⁻¹) 7) Skydekke (0 – 1; 0 = skyfritt; 1 = helt skyet) 8) Relativ fuktighet (0 – 1) 9) Bakketemperatur (°C) 10) Duggpunktstemperatur (°C) 11) Høyden av det atmosfæriske grenselaget (m)	τ _{x0} τ _{y0} H ₀ E ₀ λE ₀ Pr CC U T ₀ T _d h _{mix}
Feltdata med tidsvariasjon (Timevise tredimensjonale felt)	1) Øst/vest-komponent av vinden (m s ⁻¹) 2) Nord/sør-komponent av vinden (m s ⁻¹) 3) Temperatur (°C) 4) Trykk (mb) 5) Spesifikk fuktighet (kg vanndamp/kg fuktig luft)	U V T p q
Feltdata uten tidsvariasjon (Tredimensjonalt felt)	1) Høyde over havet for midtpunktet av hver gitterboks i det tredimensjonale modellgitteret (m)	h
Data som benyttes til beregning av utslipp (Timevise verdier fra ett punkt i modell-området)	1) Vindstyrke i nederste modellhøyde (m s ⁻¹) 2) Temperatur i nederste modellhøyde (°C) 3) Vertikal temperaturgradient i lufta nær bakken (K m ⁻¹) 4) Høyden av det atmosfæriske grenselaget (m) 5) Nedbør (mm h ⁻¹) 6) Skydekke (0 – 1; 0 = skyfritt; 1 = helt skyet) 7) Relativ fuktighet (0 – 1) 8) Bakketemperatur (°C) 9) Duggpunktstemperatur (°C)	FF T dT/dz h _{mix} Pr CC U T ₀ T _d

Ut fra det innleste horisontale vindfeltet beregner AirQUIS selv vertikalkomponentene mellom modellagene ut fra kravet om divergensfrihet, dvs.

$$\frac{\partial W}{\partial z} = -\frac{\partial U}{\partial x} - \frac{\partial V}{\partial y} \quad (1)$$

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

3.3 Grensesnittets bruk av de importerte meteorologiske parametrene

Fra feltverdiene av temperatur (T), trykk (p) og spesifikk fuktighet (q) kan vi beregne tettheten for fuktig luft ved hjelp av tilstandslikningen

$$\rho = \frac{p}{R_d(1+0.61q)T} \quad (2)$$

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

$$\rho = \frac{p}{R_d T_v} \quad (3)$$

Videre kan den potensielle temperaturen, θ , uttrykkes ved

$$\theta = T \left(\frac{p}{p_R} \right)^{-R_d/c_p} \quad (4)$$

$c_p = 1006 \text{ J kg}^{-1}\text{K}^{-1}$ er luftens spesifikke varmekapasitet ved konstant trykk. Den virtuelle potensielle temperaturen er definert på tilsvarende måte ved relasjonen

$$\theta_v = T_v \left(\frac{p}{p_R} \right)^{-R_d/c_p} \quad (5)$$

Kombinasjon av uttrykkene for T_v , θ og θ_v gir videre

$$\theta_v = \theta(1 + 0.61q) \quad (6)$$

Bakkefeltene av de følgende meteorologiske parametre hentes fra UM:

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

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

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

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

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

Oppdriftsfluksen (surface buoyancy flux) ved bakken er definert ved

$$H_{v,0} = \rho c_p (\overline{w'\theta_v'})_0 \quad (7)$$

Det kan vises at

$$(\overline{w'\theta_v'})_0 = (\overline{w'\theta'})_0 + 0.61 \bar{\theta} (\overline{w'q'})_0 \quad (8)$$

Fra uttrykkene ovenfor kan vi da definere følgende skaleringsparametre:

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

$$u_{*,0} = \left[(\overline{u'w'})_0^2 + (\overline{v'w'})_0^2 \right]^{1/2} \quad (9)$$

Videre defineres temperatur-, oppdrifts- og fuktighetsskalaer ved følgende uttrykk

$$\theta_{*,0} = -(\overline{w'\theta'})_0 / u_{*,0} \quad (10)$$

$$\theta_{v*,0} = -(\overline{w'\theta_v'})_0 / u_{*,0} \quad (11)$$

$$q_{*,0} = -(\overline{w'q'})_0 / u_{*,0} \quad (12)$$

Monin-Obukhov lengden, L , kan dermed uttrykkes ved

$$L = \frac{u_{*,0}^2 \bar{\theta}_v}{k g \theta_{v*,0}} \quad (13)$$

Høyden av det atmosfæriske grenselaget, h , (m) hentes også fra UM.

Under ustabile forhold benyttes en egen hastighetsskala, w_* , definert ved

$$w_* = \left(-\frac{g}{\bar{\theta}_v} u_* \theta_{v*,0} h \right)^{1/3} \quad (14)$$

Nærmere beskrivelser av grenselagsteorien som ligger til grunn for uttrykkene ovenfor er gitt i Garratt (1992). I det tidligere grensesnittet mellom AirQUIS og UM (og mellom AirQUIS og MM5 i tidligere sesonger) ble skaleringsstørrelsene (9) – (14) re-parametrisert ut fra det bakkenære temperaturprofil og vindstyrken i nederste modellag i meteorologimodellen. Det nye grensesnittet benytter derfor mer av informasjonen som er tilgjengelig i meteorologimodellen og overfører dermed et mer konsistent meteorologisk datasett til AirQUIS.

3.4 Beskrivelse av hvordan UMs meteorologiske parametre og grensesnittets skaleringsparametre benyttes i AirQUIS

3.4.1 Turbulent diffusjon i den Eulerske gittermodellen

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

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K^{(H)} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K^{(H)} \frac{\partial \varepsilon}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K^{(Z)} \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} \right) \quad (15)$$

3.4.1.1 Horisontal turbulent diffusjon

Den horisontale diffusjonen antas lik i x - og y -retning, og er i første rekke inkludert for å dempe småskala støy i beregningene. Diffusjonskoeffisienten, $K^{(H)}$, er parametrisert ved

$$K^{(H)}(z) = 0.1 \cdot \min(\Delta x, \Delta y) \cdot \max_{z, \Delta y} \sigma_v(z) \quad (16)$$

der Δx og Δy er modellens horisontale gitteropløsning, og σ_v er et parametrisert uttrykk for standardavviket i det turbulente horisontale vindfeltet, dvs. et estimat for det horisontale turbulensnivået (se eget avsnitt nedenfor). Vi ser av dette uttrykket at diffusjonskoeffisienten kun varierer i vertikalretningen ved at den maksimale verdien av σ_v innenfor hver modellhøyde benyttes. Dessuten reduseres verdien av diffusjonskoeffisienten med avtakende verdier av Δx og Δy .

3.4.1.2 Vertikal turbulent diffusjon

Den vertikale diffusjonskoeffisienten, $K^{(Z)}$, er definert som en sum av to separate bidrag

$$K^{(Z)} = K^* + K_0(u_* \Delta z_1), \quad (17)$$

der K^* er en standard parametrisering basert på stabilitetsforholdene og K_0 er et tilleggsbidrag, avhengig av vertikal gitteropløsning, som representerer en nødvendig minimumsverdi under stabile svakvindsituasjoner. K_0 beregnes ved uttrykkene

$$K_0(u_*, \Delta z_1) = (2 \cdot \Delta z_1)^2 / 3600 \quad \text{for } u_* > 0.2 \text{ m/s} \quad (18)$$

$$K_0(u_*, \Delta z_1) = (\Delta z_1)^2 / 3600 \quad \text{for } u_* < 0.1 \text{ m/s}$$

med en lineær variasjon for verdier av u_* mellom 0.1 m/s og 0.2 m/s. I Oslo-anvendelsen, der $\Delta z_1 = 20$ m, varierer K_0 følgelig mellom 0.11 m²/s og 0.44 m²/s avhengig av verdien på friksjonshastigheten.

Den stabilitetsavhengige turbulente diffusiviteten $K^{(z)}$ er parametrisert på følgende måte (Seinfeld og Pandis, 1998):

Under nøytrale forhold, $|L| > u_* / 4 |f|$, benyttes uttrykket (Shir, 1973)

$$K^* = \kappa u_* z \cdot \exp\left(-\frac{8fz}{u_*}\right) \quad (19)$$

mens den for stabile forhold, $0 < L \leq u_* / 4 |f|$, er gitt ved (Businger and Arya, 1974)

$$K^* = \frac{\kappa u_* z}{0.74 + 4.7(z/L)} \cdot \exp\left(-\frac{8fz}{u_*}\right) \quad (20)$$

$\kappa = 0.4$ er von Karman's konstant og f er Coriolis parameteren. Utrykkene ovenfor bør ikke anvendes på lave breddegrader, dvs. lavere enn 20° .

Under ustabile forhold, $-u_* / 4 |f| < L < 0$, benyttes de empiriske uttrykkene fra Lamb og Duran (1977)

$$\frac{K^*}{w_* h} = \begin{cases} 2.5 \left(\kappa \frac{z}{h}\right)^{4/3} \left(1 - 15 \frac{z}{L}\right)^{1/4} ; & 0 \leq \frac{z}{h} < 0.05 \\ 0.021 + 0.408 \left(\frac{z}{h}\right) + 1.352 \left(\frac{z}{h}\right)^2 - 4.096 \left(\frac{z}{h}\right)^3 + 2.560 \left(\frac{z}{h}\right)^4 ; & 0.05 \leq \frac{z}{h} \leq 0.06 \\ 0.2 \cdot \exp\left[6 - 10 \frac{z}{h}\right] ; & 0.6 < \frac{z}{h} \leq 1.1 \\ 0.0013 ; & 1.1 < \frac{z}{h} \end{cases} \quad (21)$$

der h er høyden av det atmosfæriske grenselaget, og w_* er den konvektive hastighetsskalaen definert ovenfor.

3.4.2 Parametrisering av turbulensintensiteten i horisontal og vertikal retning; σ_v og σ_w

Standardavvikene i horisontal og vertikal retning av det turbulente vindfeltet, benevnt her som henholdsvis σ_v og σ_w , er parametrisert ved hjelp av grensesnittets skaleringsparametre på følgende måte (Fisher et al., 1999):

For *ustabile forhold*, dvs. for $L < 0$:

For $z < h$:

$$\sigma_v(z) = u_* \left[0.35 \cdot \left(-\frac{h}{\kappa L}\right)^{2/3} + \left(2 - \frac{z}{h}\right) \right]^{1/2} \quad (22.a)$$

$$\sigma_w(z) = u_* \left[1.5 \cdot \left(-\frac{z}{\kappa L}\right)^{2/3} \cdot e^{-2z/h} + \left(1.7 - \frac{z}{h}\right) \right]^{1/2} \quad (23.a)$$

and for $z \geq h$:

$$\sigma_v(z) = u_* \left[0.35 \cdot \left(-\frac{h}{\kappa L} \right)^{2/3} + 1 \right]^{1/2} \quad (22.b)$$

$$\sigma_w(z) = u_* \left[1.5 \cdot \left(-\frac{z}{\kappa L} \right)^{2/3} \cdot e^{-2} + 0.7 \right]^{1/2} \quad (23.b)$$

Uttrykkene (22) og (23) er basert på en empirisk modell av Brost et al. (1982). Merk at uttrykkene som gjelder over grenselagshøyden h simpelthen framkommer ved å bytte ut størrelsen z/h i (22.a) og (23.a) med 1.

For nøytrale og stabile forhold, dvs. for $L \geq 0$:

For $z < h$:

$$\sigma_v(z) = u_* \left[2 \cdot \left(1 - \frac{z}{h} \right) \right]^{1/2} \quad (24.a)$$

$$\sigma_w(z) = u_* \left[1.7 \cdot \left(1 - \frac{z}{h} \right)^{3/2} \right]^{1/2} \quad (25.a)$$

and for $z \geq h$:

$$\sigma_v(z) = 0 \quad (24.b)$$

$$\sigma_w(z) = 0 \quad (25.b)$$

Uttrykkene (24) og (25) er basert på et arbeid av Nieuwstadt (1984). Igjen er uttrykkene som gjelder over grenselagshøyden h grenseverdiene som framkommer når $z \rightarrow h$.

Turbulensparameteren σ_v benyttes i uttrykket for den horisontale diffusjonskoeffisienten som vist ovenfor i likning (3). Dessuten inngår både σ_v og σ_w i beskrivelsen av spredningsparametrene som benyttes i de Gaussiske sub-grid modellene i AirQUIS.

3.5 Sammenlikning av resultater fra den operasjonelle og den nye grensesnittversjonen av UM/AirQUIS systemet

Det nye grensesnittet har blitt utviklet i løpet av vintersesongen 2007 og 2008. En endelig versjon av det nye grensesnittet forelå først i midten av mars 2008 og en lengre sammenhengende periode med sammenlikning av gammelt og nytt system har derfor bare blitt gjort for perioden 14. mars – 4. april 2008. Sammenlikninger er også gjort for enkeltdøgn tidligere i sesongen, men resultatene fra disse beregningene er beheftet med usikkerheter knyttet til at noen av skaleringsstørrelsene fortsatt er re-parametrisert i selve grensesnittet. Tester har likevel vist at disse parametriseringene kun har marginal innvirkning på resultatet og derfor ikke påvirker hovedkonklusjonene som kan trekkes fra testmaterialet.

I figur B3.1a og figur B3.1b vises eksempler på sammenlikning av 48 timers prognoser for henholdsvis NO_2 og $\text{PM}_{2.5}$ for gatestasjonen Kirkeveien gjeldende for perioden 7. og 8. januar 2008. Tilsvarende prognoser for RV4 ved Aker sykehus er vist i figur B3.2a og figur B3.2b. Disse figurene er valgt ut fordi de viser trekk som synes å gå igjen for ulike prognoseperioder og for ulike målestasjoner. Disse generelle trekkene kan oppsummeres punktvis på følgende måte:

- Endringen av grensesnittet leder til betydelige endringer i beregningsresultatene. Det synes som endringen i grensesnittet leder til gjennomgående lavere verdier, og at effekten er større for $\text{PM}_{2.5}$ enn for NO_2 .

- Avvikene mellom observasjonene og prognosene er store på timebasis, og prognosene overestimerer systematisk $PM_{2.5}$ -nivåene. Det må imidlertid understrekes at denne overestimeringen er mest utpreget når det gamle (dvs. det operasjonelle) grensesnittet benyttes. Dessuten er overestimeringen av $PM_{2.5}$ mest utpreget i sentrumsområdene der utslippene fra vedfyringen er størst i AirQUIS.

De betydelige forskjellene mellom de to prognoseberegningene tyder på at det gamle grensesnittet overfører gjennomgående svakere vindstyrker til AirQUIS. Effekten av lavere vindstyrke vil merkes best i AirQUIS' bybakgrunnsberegninger, dvs. i gittermodellberegningene, siden denne modellen ikke opererer med noen nedre grense for tillatt vindstyrke. Linjekildemodellen som benyttes for å beregne ekstrabidraget fra nærliggende veier opererer derimot med en nedre grense på 1 m/s, og vil følgelig ikke påvirkes i like stor grad av en økt forekomst av vindstyrker under 1 m/s.

Siden det nye grensesnittet gir betydelig lavere konsentrasjoner av $PM_{2.5}$, er det sannsynlig at overestimeringen i første rekke skyldes vertikalinterpolasjonen i det gamle grensesnittet og ikke i selve UM beregningen. I evalueringsrapporten for våren 2008 (Gjerstad og Ødegaard, 2008) kan man se fra tidsseriene at UM har flere tilfeller med svært lave vindhastigheter. Videre analyse av den bakkenære vindstyrken i UM bør imidlertid gjennomføres for å klargjøre denne modellens varslingskvalitet spesielt i svakvindssituasjoner.

Vedfyringsutslippene gis som arealutslipp og spredningen av dette utslippet beregnes i sin helhet av gittermodellen i AirQUIS og økt forekomst av vindstille-situasjoner vil derfor automatisk gi høyere konsentrasjonsnivåer.

Utslippet av vedfyring er avhengig av tre faktorer: i) årlig utslipp, ii) tidsvariasjon uke-døgn-time (Figur B3.6 nederst) og iii) temperaturkorrigering. De to første er oppdatert i 2003 mens den tredje er utviklet og oppdatert i 2005. Både årlig utslipp, tidsvariasjon og algoritmen som er brukt for temperaturkorrigere vedfyringsutslippet bygger på spørreundersøkelse foretatt av SSB, og er p.t. det beste tilgjengelige datagrunnlaget. I AirQUIS dominerer de to første punktene.

Figur B3.6 viser målt og prognostisert $PM_{2.5}$ konsentrasjon fra Kirkeveien i Oslo fra oktober til april for inneværende sesong (øverste panel) og tidsvariasjon for vedfyring (nederste panel). Denne figuren tyder på at det er utslipp av $PM_{2.5}$ fra vedfyring som er hovedårsaken til at både PM_{10} og $PM_{2.5}$ har vært betydelig overestimert.

Når resultatene med det nye grensesnittet fremdeles viser en overestimering av $PM_{2.5}$, kan det også ha sammenheng med at de estimerte utslippene fra vedfyring ikke er representative for sist vinter, som var betydelig mildere enn en normal vinter. For eksempel lå januartemperaturen 6-8 °C over normalt på Østlandet og Trøndelag. Månedstemperaturen lå 6 °C over normalen for Østlandet i februar

Den endelige versjonen av det nye grensesnittet er blitt testet for perioden 14. mars – 4. april 2008. Som vist i figur B3.6 er denne perioden dessverre helt i slutten på vedfyringssesongen, og de operasjonelle prognosene viser ikke den tydelige overestimeringen av $PM_{2.5}$ i denne perioden. Tidsserier av påfølgende 24 timers prognoser for henholdsvis NO_2 , PM_{10} og $PM_{2.5}$ i denne perioden er vist i figur B3.3a, figur B3.3b og figur B3.3c for gatestasjonen Kirkeveien. Tilsvarende prognoser for RV4 ved Aker sykehus er vist i figur B3.4a, B3.4b og B3.4c. Resultatene fra disse kjøringene viser mange fellestrekk med resultatene vist ovenfor i figurene B3.1 og B3.2, dog med mindre markert forskjell i $PM_{2.5}$ prognosene, pga mindre betydning fra gridmodellens spredning av vedfyringsutslippene. Det bør påpekes at den tydelige underestimeringen av de observerte $PM_{2.5}$ -nivåene mot slutten av beregningsperioden

trolig skyldes et betydelig langtransportbidrag. Siden prognosemodellen bare benytter klimatologiske verdier på de åpne rendene, vil ikke modellen kunne fange opp slike episoder.

3.6 Nytt grensesnitt - konklusjon

Ut fra valideringsarbeidet som er gjennomført til nå, er det ikke umiddelbart klart at det nye grensesnittet innebærer en betydelig forbedring av luftkvalitetsprognosene. Imidlertid er det grunn til å påpeke at det nye grensesnittet baseres på en mer direkte overføring av de meteorologiske spredningsparametrene fra UM. Grensesnittet (og modelloppsettet i AirQUIS) er nå tilpasset UM slik at behovet for interpolering av det overførte vindfeltet er minimalisert. Dessuten er all form for tilleggsparametrisering nå fjernet fra selve grensesnittet. Dette betyr at grensesnittet er ryddigere og dermed lettere kan modifiseres ved senere anledninger. Analysene av modellresultatene tyder også på at det problemet knyttet til overestimeringen av $PM_{2.5}$ reduseres ved bruk av det nye grensesnittet. Imidlertid bør tester gjennomføres for en lengre periode innenfor den sentrale fyringssesongen før endelige konklusjoner kan trekkes.

Det må dessuten understrekes at det fortsatt er behov for ytterligere analyser av de meteorologiske inngangsdataene spesielt under typiske forurensningssituasjoner, dvs. svakvindssituasjoner med utvikling av bakkeinversjoner. Erfaringsmessig er dette forhold som dagens meteorologiske prognosemodeller har problemer med å gjenskape korrekt, og modellmessige forbedringer i dette strømningsregimet kan ha store konsekvenser for kvaliteten på luftkvalitetsprognosene.

Med bakgrunn i konklusjonene ovenfor og med tanke på de store problemer som er avdekket med siste sesongs prognoser (Gjerstad og Ødegaard, 2008) vil vi derfor anbefale at det nye grensesnittet tas i bruk for sesongen 2008-2009. Siden dette grensesnittet ikke er blitt testet for en hel sesong er det imidlertid viktig at prognosene følges tett under sesongens gang, slik at eventuelle uheldige effekter kan korrigeres på et så tidlig stadium som mulig.

4. OBSERVASJONER FRA ALNA I OSLO

I Bedre byluft har det i lang tid vært ønske om flere observasjoner av meteorologiske forhold i Oslo. Byen er stor og har stor variasjon i topografiske og fysiografiske forhold, og i bebyggelse og trafikkbelastning. Observasjonen på Blindern er representativ for et område med relativt åpen bygningsmasse og mye vegetasjon, og observasjonen på Tryvasshøgda er representativ for åsene rundt Oslo og bidrar med verdifull informasjon om vertikal fordeling av luftas egenskaper. Valle Hovin er Oslo kommunes målestasjon. Kommunen selv har tilgang til målingene herfra i sann tid, mens met.no får tilgang til disse dataene på forespørsel, og bruker dem hovedsakelig til evaluering. Valle Hovin representerer også et område med åpen bygningsmasse, men med høy trafikkbelastning.

De høye forurensningsverdiene som for ofte måles ved Alna (Lützenkirchen, 2007) har reist spørsmålet om luftsirkulasjonen i dette området er spesielt ugunstig for luftkvaliteten. Er det f. eks. en blokkering av utstrømmingen i nedre del av Groruddalen (mellom Valle Hovin og Alna) som kan forsterkes ved inversjon? En ny målestasjon som met.no har etablert ved Alna kan bidra til å gi svar på noen spørsmål, samtidig som den fyller ut det meteorologiske bildet av Oslo. Etter en befaring met.no gjorde i mars 2007 kom vi fram til en plassering som vi mente kunne gi representative målinger for Alna-området. Et etablert samarbeid mellom met.no og Jernbaneverket om observasjoner langs jernbanenettet ble utnyttet til en ny befaring på Alna stasjon sammen med Jernbaneverket i september 2007. Stasjonen ble etablert på eiendommen til Jernbaneverket ved Strømsveien (se kart, Figur B4.1), med en vindmåler og en temperatursensor i 10 meters høyde, og en temperatursensor i 2 meters høyde (Figur B4.2). Fra 4. desember 2007 har den rapportert data til met.no, der dataene arkiveres.

Data fra stasjonen benyttes også til evaluering av meteorologiske prognoser fra UM i sesongrapportene. To temperatursensorer i ulik høyde gir mulighet for studier av bakkenær temperaturstruktur. En foreløpig analyse av dataene fra Alna presenteres i denne rapporten.

Figurene B4.3 viser observert vind og temperatur i 2m ved Blindern, Alna, Valle Hovin og Tryvasshøgda. Det går fram at de meteorologiske forholdene i Oslo er varierende. Observasjonene fra Tryvasshøgda avviker naturligvis mest fra de øvrige når det gjelder temperatur, siden den ligger 400 m høyere over havet. Det er likevel store forskjeller mellom Blindern, Alna og Valle Hovin i både vindstyrke og temperatur. Differansene mellom de lavereliggende stasjonene er plottet for å få et tydeligere bilde av den. I desember er forholdene relativt like på Alna og Valle Hovin. Differansen i vind er liten mellom disse stasjonene, men mellom Blindern og de samme stasjonene er det over 4m/s i forskjell på enkelte tidspunkt. Forskjellene temperaturen er oftest små, men 5. og 31. desember var det tydelig kaldere på Alna enn på de to andre stasjonene.

Også i mars (Figur B4.4) er det minst forskjell mellom observasjonene på Alna og Valle Hovin sammenlignet med forskjellen mellom Blindern og de to stasjonene. Imidlertid er det tydelig mindre vind på Alna enn på både Valle Hovin og Blindern. Dette er en viktig forskjell, siden Alna og Valle Hovin ligger så nær hverandre.

Figur B4.5 – B4.6 som sammenligner temperaturendringer med høyden ved flere stasjoner og mellom forskjellige nivåer viser at de største temperaturendringene finner vi nær bakken, mellom 2 og 8/10 m. I desember er den bakkenære inversjonen til stede nesten hele døgnet. Den døgnlige gangen, der lufta nær bakken er kaldest om natta og varmest om dagen, er mer typisk for mars. Da har vi natteinversjon selv om det ikke eksisterer en dypere inversjon som kan observeres ved at temperaturen på Blindern er lavere enn temperaturen på Tryvasshøgda.

Med den nye stasjonen har vi bedre mulighet for å beskrive den lokale sirkulasjonen i Groruddalen. En temperaturmåling høyere opp i dalsiden kunne bidra til bedre å bestemme

høyden av inversjonslaget, og dermed tykkelsen av luftlaget som forurensningen fordeler seg i. Dataene fra Alna og Valle Hovin må bearbeides og analyseres grundigere, f.eks i et samarbeid mellom met.no og Oslo kommune. Dataene fra Alna bør også gjøres tilgjengelig på <http://byluft.met.no> for luftkvalitetsvarsling i tilnærmet sann tid. Hvordan de skal presenteres, bør avtales mellom Oslo kommune og met.no.

5. MODELLKJØRINGER MED HØY OPPLØSNING FOR OSLO

Alle detaljene i luftsirkulasjonen er i praksis umulig å kartlegge med målinger. Modeller kan være et nyttig verktøy for å gi informasjon om sirkulasjonen i områder der målinger mangler. Imidlertid er tilliten til modellresultatene avhengig av at modellen er i stand til å reprodusere observasjoner der slike finnes.

For å få en bedre forståelse av luftsirkulasjonen som gir de høye forurensningsverdiene i Groruddalen har vi satt opp en modell med svært høy oppløsning, 333 m mellom gitterpunktene (heretter Alna-modellen). Vi har liten erfaring med numeriske værvarslingsmodeller med så høy oppløsning, så her må vi regne med å bruke tid på tilpasninger.

I UM1 er data for overflatetyper generert fra et datasett som er levert fra UK Met Office. Disse dataene har som fineste oppløsning 1km. Det innebærer at informasjonen er utilstrekkelig for interpolasjon til et UM-gitter med samme eller finere oppløsning.

Overflatetypene er bare definert over land. Til hver overflate type tilordnes fysiske egenskaper som har betydning for utveksling av varme, fuktighet og bevegelsesenergi mellom atmosfæren og bakken. Overflater med stor ruhet har en mer effektiv utveksling. Overflater med stor vannlagringskapasitet overfører en større del av energien til atmosfæren som latent varme (vanndamp) enn som følbare varme. Albedo (prosentandelen av solstrålingen som reflekteres fra jordas overflate) er gitt for både snødekte og snøfrie tilfeller. Albedo over skog og røye overflater vil være lavere enn albedo over gress, bar jord og glatte overflater når det er snø. Overflatens varmekapasitet regulerer utvekslingen av følbare varme – flater med høy varmekapasitet konsumerer mye varme og avgir den over lang tid og vil typisk bidra til en forsinkelse i et svingningsmønster generert av solstrålingen.

På grunn av at overflatetyper og topografi i den globale UM databasen som bygger på, er i 1km oppløsning, kreves det nye fysiografiske data til modellen. Ideelt skal oppløsningen i databasen være høyere enn den vi har i modellgitteret, slik at vi har tilstrekkelig informasjon når vi interpolerer til modellens gitterpunkter. UM tar hensyn til ni ulike overflatetyper innenfor hver gitterrute, gitt som fraksjoner av hele ruta. Dette er det vanligste måten å ta hensyn til jordoverflatens mange ulike egenskaper i numeriske værvarslingsmodeller.

Fra Statens Kartverk har vi topografidata i et 100 x 100 m UTM-gitter. Overflatetyper er gitt fra vektordata i målestokk 1:250 000. Overflatetypene i kartverkets data korresponderer ikke nøyaktig til det som brukes i UM-modellen. Overflatene fra kartverket er derfor fordelt på UMs overflatetyper slik det vises i tabell 5.1, der kartverkets overflatetyper er gitt i første kolonne mens UMs overflatetyper er gitt i første linje.

Tabell 5.1: Fordelingen av overflatetyper i Statens kartverks data på UMs overflatetyper.

	Løvskog	Barskog	Gress	Busker	By	Vann	Sum
Skog	0.3	0.7					1.
Jordbruk	0.2		0.8				1.
Tettbygd	0.5		0.1		0.4		1.
By	0.2				0.8		1.
Innsjø						1.	1.
Elv/bekk						1.	1.
Myr						1.	1.
Steinbrudd					1.		1.
Industri					1.		1.
Flyplass					1.		1.

Den 11. klassen i kartverkets data er hav. Dette blir brukt til å definere en land-havmaske. Begrunnelsen for fordelingen av kartverkets overflateklasser på UM-modellens overflateklasser kan brukes i Oslo-området, men ikke nødvendigvis over hele Norge.

- Skog på Østlandet er blandingsskog, og antas å fordeles på 30% løvskog og 70% barskog. I fjellet, på Vestlandet og i Nord-Norge utgjør løvskog en mye større del av skogen.
- Jordbruksområdene er sjelden veldig store og sammenhengende jorder. De er ofte atskilt av mindre skogsområder, og antas derfor å ha 20% løvskog.
- Tettbygd er en sammensatt klasse som omfatter både villastrøk med lave hus og relativt mange trær og drabantbyområder med høyere hus og mer gress enn trær i grøntområdet.
- Urbane områder i Oslo er mindre urbane enn i de fleste europeiske byer. Det er færre høye hus og det er mange parker og trær, derfor antas byområde å ha 20% løvskog.
- Industri og flyplasser er klassifisert som urbane fordi overflaten har liten vannlagringskapasitet og liten varmekapasitet. Imidlertid er ruheten på en flyplass mye mindre enn i by. Disse klassene utgjør en svært liten del av arealet. Alternativt kunne vi bruke UM overflateklasse *bar jord*, som her er ubrukt.

Ingen av klassene fra kartverket er oversatt til *innlandsis*, *bar jord* eller *tropisk gress*. I UM-datasettet er tropisk gress en overflatetype som unntaksvis også forekommer i Norge.

Kartverkets data er gitt i UTM-koordinater. Dataene for overflatetype er aggregert fra den opprinnelige oppløsningen til 333m oppløsning. Deretter er de interpolert fra UTM til rotet sfærisk gitter og midlet over de nærmeste 3x3 punktene i UTM-gitteret. Så er datene glattet med et Raymond-filter og $\epsilon=1$. Til slutt sjekker vi at de summeres til 100 % i hvert gridpunkt. Et eksempel er vist i Figur B5.2 for overflatetypen *by*, der vi har fått en klart bedre representasjon med dataene fra Statens kartverk i forhold til UM-datasettet når vi sammenligner med flyfoto (Figur B5.1). Et annet eksempel er *løvskog*, der UM-dataene ser ut til å ha urealistisk lite av denne overflatetypen (Figur B5.3).

Topografidataene er midlet over de 5x5 nærmeste punktene i UTM-gitteret til modellgitteret. Deretter er de glattet med Raymondfilter (Raymond, 1988) og $\epsilon=1$ (Figur B5.4).

Resultatene fra de første testene med Alna-modellen viste seg å være forbausende lik Oslo 1km-modellen (Figur B5.5). Dette skyldes at overflatetypenes egenskaper, spesielt bladarealindexen (Leaf Area Index eller LAI er vegetasjonens totale, ensidige bladareal dividert med arealet av landoverflaten der vegetasjonen vokser) og høyden av "løvtaket" (Canopy Height eller CH), er egenskaper som forhåndsbestemmes ved hjelp av det opprinnelige datasettet, og ble dermed ikke korrigert i forhold til de nye høyoppløselige dataene. Etter at disse størrelsene ble korrigert konsistent med dataene fra Statens kartverk, ble innflytelsen av dataene større (Figur B5.6 og B5.7).

Endringene foreslått av UK Met Office for å forbedre temperaturprognosene (kapittel 6) vurderes innført for Bedre byluft-modellene, og er derfor også testet på Alna-modellen. Temperatur og vind på Alna og Valle Hovin er vist for perioden 10. – 20. desember i Figur B5.6 og B5.7. Både vind og temperatur i modellen avviker relativt mye fra observasjonene, og vi ser tydelig at temperaturen faller jevnt i løpet av de 24 timene hver prognose varer, til neste prognose starter igjen på verdier korrigert av observasjonene. Prognosene beregnet med Met Office sine forbedringer har mindre kald bias i temperaturprognosene og sterkere vind.

Modellen er nå tilrettelagt med de beste fysiografidataene vi har tilgjengelig. Vi har kommet nærmere en forståelse av hvordan dataene virker sammen med modellen og hvordan de påvirker prognosene av spesielt vind og temperatur nær bakken. Imidlertid gjenstår å utnytte dette videre til forbedring av prognosene.

6. ARBEID MED FORBEDRING AV TEMPERATURPROGNOSER FRA UM

Av høstens evalueringsrapport går det fram at UM-modellen varsler for lav temperatur på enkelte steder, f. eks er varselet for Berskog i Drammen og for Geiteryggen i Skien i gjennomsnitt 2-3 grader for kaldt hele vinteren. På met.no har det i løpet av vinteren vært lagt ned et arbeid for å finne årsaken til at modellen varsler for lav temperatur. I samarbeid med UK Met Office har vi undersøkt om feilen kan rettes ved i) å innføre fraksjonelt snødekke i modellen, ii) ved å innføre en mer effektiv blanding av lufta nær bakken med lufta høyere i atmosfæren, iii) ved i større grad å plassere modellens snødekke på bakken i stedet for over tretoppene, der den viktigste energiutvekslingen mellom bakken og atmosfæren foregår og iv) ved å la temperaturen i 2m avhenge mindre av temperaturen på bakken når atmosfæren er svært stabil. Disse endringene har også vært testet i Bedre byluft-modellene for Oslo og Bergen, og dessuten for UM 1km i Finnmark. Testen har vært kjørt parallelt med de operasjonelle modellene for arbeidsdagene fra 26. mars til 30. mai.

Figur B6.1 viser at endringene har bidratt til å redusere feilen for både temperatur i 2m og vind i 10m gjennom testperioden. Dataene vil bli studert i detalj for de enkelte målepunkter og vær-situasjoner. Dersom dette ikke avdekker utilsikta effekter, vil metoden bli innført i Bedre byluft-modellene fra høsten 2008.

7. OPPDATERING AV INNGANGSDATA TIL AIRQUIS FRA NASJONAL VEIDATABANK

I tillegg til meteorologiske inngangsdata er kvaliteten på AirQUIS-beregningene avhengig av inngangsdata for utslipp. I kapittel 7.1.7 – 7.1.11 er det redegjort for hvilke inngangsdata som er benyttet for de ulike byene. For flere byer er inngangsdataene foreldet og dette vil naturligvis svekke kvaliteten på prognosen.

7.1 Trafikkdata fra Nasjonal veidatabank

Vegvesenet har etablert Nasjonal veidatabank (NVDB) som inneholder trafikkdata for europaveier, riksveier og fylkesveier. For noen kommuner er også trafikkdata for kommunaleveier helt eller delvis inkludert i NVDB. Våren 2007 startet Vegvesenet og NILU et samarbeid for å etablere en rutine som kunne hente data fra NVDB på et format som er tilpasset AirQUIS. Hensikten med dette arbeidet er at vi skal kunne oppdatere trafikkdata i AirQUIS regelmessig og til lav kostnad.

For utslipp fra veitrafikk i Oslo var det innledningsvis i sesongen benyttet vei- og trafikkdata for 1992 som er skalert frem til 2000 i hht. *Nasjonal transportplan 2002-2011* (Statens vegvesen, 1998). Fra og med 27. November 2007 ble trafikkdata oppdatert med trafikkdata som ble hentet fra Nasjonal veidatabank (NVDB) i 2007. Dette er data som er levert av Vegvesenet og baserer seg på trafikktellinger og modellberegninger. Dette ble gjort etter sammenligning av etablerte trafikkdata og oppdaterte trafikkdata fra NVDB. En sammenligning er vist i tabell 7.1 og i Figur B7.1. De generelle trekkene ved sammenligningen for Oslo er:

- Det er mer trafikk i de nye dataene
- Det er noe mindre tungtrafikk i de nye dataene
- I de nye dataene fordeles trafikken med mer tyngde øst i byen og langs ring 3

Tabell 7.1: Sammenligning mellom etablerte og oppdaterte veilenker i Oslo og Bærum.

Statistikk	Etablerte trafikk data	Oppdatert fra NVDB
Veilenker i Oslo og Bærum	1873	3344
Gjennomsnittslengde av veilenker	292 m	170 m
Gjennomsnitt ÅDT	5630 ÅDT	6976 ÅDT
Antall lenker • Gj.s. lengde • Gj.s. ÅDT / 10e6	3079 ÅDT m	3 966 ÅDT m
Gjennomsnitt tunge kjøretøy og busser	8,7 %	6,7 %

Beregninger av PM₁₀ konsentrasjoner er kjørt med gamle og nye veilenker. Kjøreperiode er året 2005 med unntak av månedene mai – september. Tabell 7.2 viser gjennomsnitt-, maksimal- og minimalkonsentrasjon for Kirkeveien og RV4 for kjøreperioden. Figur B7.2 og B7.3 viser timeverdier av PM₁₀ modellert ved hhv. Riksvei 4 og Kirkeveien. Tabellen og figurene viser at oppdaterte veidata med mer trafikk gir modellresultater med høyere konsentrasjoner langs de mest trafikkerte veiene. Ut fra analyser av etablerte og oppdaterte trafikkdata og modellberegninger med begge disse, har vi konkludert med at oppdaterte trafikkdata for Oslo er bedre egnet til modellberegninger enn de etablerte.

Tabell 7.2: Sammenligning mellom etablerte og oppdaterte veilenker i Oslo og Bærum. Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per time.

	Gjennomsnitt	Maks	Min
Kirkeveien nytt	27.1	403	0.26
Kirkeveien gammelt	19.3	240	0.27
RV4 Nytt	49.1	774	0.25
RV4 Gammelt	38.3	392	0.24

En sammenligning av etablerte trafikkdata og oppdaterte trafikkdata fra NVDB for Bergen er vist i tabell 7.3 og i figur B7.4. De generelle trekkene ved sammenligningen for Bergen er:

- Det er mer trafikk i de nye dataene
- Det er også noe mer tungtrafikk i de nye dataene
- De nye trafikkdataene er litt parallellforskyvet i forhold til eksisterende shaper

De oppdaterte trafikkdata for Bergen gir mer trafikkarbeid enn de etablerte og vil trolig også gi et mer korrekt utslippsestimat. De oppdaterte dataene dekker veinettet like godt som de etablerte og bør derfor anvendes i operative modellberegninger. Før dette gjøres må det imidlertid sjekkes at trafikkdata og andre geografiske data ligger i samme koordinatsystem.

Tabell 7.3: Sammenligning mellom etablerte og oppdaterte veilenker i Bergen.

Statistikk	Etablerte trafikk data	Oppdatert fra NVDB
Veilenker i Bergen	536	1910
Gjennomsnittslende av veilenker	525 m	236 m
Gjennomsnitts ÅDT	5476 ÅDT	5409 ÅDT
Antall lenker • Gj.s. lengde • Gj.s. ÅDT / 10e6	1541 ÅDT m	2438 ÅDT m
Gjennomsnitts tunge kjøretøy	8,2 %	8,6 %

En sammenligning av etablerte trafikkdata og oppdaterte trafikkdata fra NVDB for Trondheim er vist i figur B7.5. Figuren viser at for Trondheim er ikke NVDB tilstrekkelig oppdatert med kommunale veier. Vi ser derfor at det ikke tilrådelig å bytte ut de etablerte trafikkdata med oppdaterte før NVDB inneholder flere kommunale veier for Trondheim.

En sammenligning av etablerte trafikkdata og oppdaterte trafikkdata fra NVDB for Stor-Stavanger (Stavanger, Sandnes og Sola) er vist i tabell 7.4 og i figur B7.5. De generelle trekkene ved sammenligningen for Stor-Stavanger er:

- Det er mer trafikk i de nye dataene
- Det er mindre andel tungtrafikk i de nye dataene
- De nye trafikkdataene dekker spesielt bedre i omlandet til de større tettstedene

De oppdaterte trafikkdata for Stor-Stavanger gir mer trafikkarbeid enn de etablerte og vil trolig også gi et mer korrekt utslippsestimat. De oppdaterte dataene dekker veinettet like godt som de etablerte og bør derfor anvendes i operative modellberegninger.

Tabell 7.4: Sammenligning mellom etablerte og oppdaterte veilenker i Stor-Stavanger

Statistikk	Etablerte trafikk data	Oppdatert fra NVDB
Veilenker i Stor-Stavanger	276	1899
Gjennomsnittslende av veilenker	602	195
Gjennomsnitts ÅDT	6250	5367
Antall lenker • Gj.s. lengde • Gj.s. ÅDT / 10e6	1038	1987
Gjennomsnitts tunge kjøretøy	8,9	6,4

En sammenligning av etablerte trafikkdata og oppdaterte trafikkdata fra NVDB for Grenland (Skien, Bamble og Porsgrunn) er vist i tabell 7.5 og i figur B7.6. De generelle trekkene ved sammenligningen for Grenland er:

- Det er mindre trafikk i de nye dataene
- De etablerte veilenkene og andre data for Grenland er gitt i koordinatsystemet WGS84, UTM sone 33, mens de oppdaterte veilenkene er gitt i WGS84, UTM sone 32.

De oppdaterte trafikkdata for Grenland gir mindre trafikkarbeid enn de etablerte. Selv om de etablerte dataene dekker et noe større areal framstår denne forskjellen som unaturlig og de etablerte dataene bør derfor ikke anvendes i operative modellberegninger før dette er studert nærmere. Data for trafikkdata og andre geografiske data må også tilpasses samme koordinatsystem før de kan anvendes.

Tabell 7.5: Sammenligning mellom etablerte og oppdaterte veilenker i Grenland.

Statistikk	Etablerte trafikk data	Oppdatert fra NVDB
Veilenker i Grenland	331	776
Gjennomsnittslende av veilenker	1440	422
Gjennomsnitts ÅDT	6180	3492
Antall lenker • Gj.s. lengde • Gj.s. ÅDT / 10e6	2946	1144
Gjennomsnitts tunge kjøretøy	6,9	6,6

7.2 Utslipp fra arealkilder

Det er behov for å oppdatere eksisterende utslippsdata på arealkilder for alle byer, de data som er tilgjengelige i dag er gamle og utdaterte og representerer en stor usikkerhet i modellberegningene. I denne sammenheng er det også ønskelig å etablere en rutine for regelmessig oppdatering av arealkilder i alle byer. Det vil alltid være endringer i utslippsnivå og utslippsmønster i en by og derfor vil det være behov for å oppdatere slike arealdata jevnlig. For å utføre slik oppdatering er det nødvendig å hente ekspertise fra SSB. SSB startet våren 2008 å oppdatere arealkilder for Trondheim.

8. EVALUERING AV VARSLINGSSESONGEN 2007-08

8.1 Evaluering av de meteorologiske prognosene

Prognosene fra UM 1km er validert mot observasjoner av temperatur i 2m og vind i 10m for alle punkter der observasjoner er tilgjengelig innenfor områdene der luftkvalitetsvarsling utføres. Det er beregnet statistikk fra differansen mellom prognoser og observasjoner etter formlene som er gitt i Appendix A. Bias, også benevnt som gjennomsnittsfeil eller Mean Error (ME) kvantifiserer den systematiske delen av feilen, og forteller dermed om det i meteorologimodellen er systematisk for kaldt eller for varmt, for mye eller for lite vind. Standardavviket av feilen (SDE/STDE) kvantifiserer hvor mye feilen svinger omkring gjennomsnittsverdien. Dette er et mål på prognosenes forutsigbarhet. Statistikken er beregnet for hver time i prognosen, og første tidspunkt er alltid kl 01 UTC.

Prognosene fra UM1 for de nye byene Tromsø, Fredrikstad, Lillehammer og Kristiansand er sammenlignet med prognosene fra UM med 4km oppløsning. Det gjøres ikke spredningsberegninger med AirQUIS for disse byene, men det gjøres en subjektiv varsling på bakgrunn av meteorologiprognoser alene. Den som utfører varslingen hos met.no kan dermed fritt utnytte tilgjengelig informasjon og velge å basere seg på den modellen som gir det beste resultatet. Sammenligningen med UM 4km kan ses som en veiledning for dette valget.

Samtidig har UM1SN vært ustabil, derfor har en modell med grovere oppløsning har vært eneste mulige valg enkelte dager. Evalueringresultatene for enkeltpunkter representert ved målestasjoner gir likevel ikke et fullstendig bilde av informasjonsverdien i modellresultatene. Spesielt vil vindretning vise et mer detaljert mønster i UM 1km som følge av at topografien er representert med flere detaljer. Dette kan gi varsleren informasjon om forurensningen transporters fra kildene mot befolkningstette områder.

Valideringsresultatene kan oppsummeres i punktene under.

- temperaturen er for lav i UM, og at denne feilen øker utover i prognosen samtidig som den varierer over døgnet med maksimal feil på ettermiddagen og kvelden.
- prognosene for vindhastigheten underestimerer vinden i Oslo Blindern og Valle Hovin og i Drammen Berskog og Gulskogen og i Bergen Florida, men ikke på de øvrige målestasjonene.
- UM1 i Nord-Norge har bedre kvalitet sammenlignet med UM4 enn det som er tilfelle for stasjonene i Sør-Norge.

8.2 Evaluering av prognosene fra AirQUIS

Ved utføring av sesongevalueringen for våren 2008, ble det fanget opp at AirQUIS hadde en betydelig overestimering av forurensningskomponenter, spesielt PM2.5. Sammenligningen med AirQUIS-prognoser beregnet med inngangsverdier fra MM5 tydet på at UM leverte lavere vindhastigheter enn MM5, og at dette var den mest sannsynlige årsaken til overestimering av PM2.5. Resultatene fra en videre evaluering av AirQUIS hadde liten interesse før vi sørget for at inngangsverdiene til modellen hadde den nødvendige kvaliteten. En omfattende evaluering av AirQUIS for vinteren 2007-2008 er derfor utelatt.

8.3 Evaluering av luftkvalitetsvarslene til publikum

Målsettingen for varsling av luftkvalitet er å forhåndsmelde om forurensingssituasjoner av potensielt helseskadelig omfang. Nytteverdien av varslingen er dermed av større viktighet enn at de subjektive varslene angir det fullt ut korrekte forurensningsnivået, sett i forhold til en eller flere målestasjoner. Høyeste varslet forurensningsnivå (forurensningsklasse) i døgnet varslet gjelder for evalueres mot høyeste observerte forurensningsnivå (forurensningsklasse) i

samme periode, uavhengig av forurensningskomponent. Evalueringen er gjort (1) vha. spredningsplott for treff av døgnvarsler inndelt i fire forurensningsnivå (forurensnings klasser) – lite noe, mye, svært mye, og (2) med anvendelse av noen statistiske mål.

Begrensningen i evalueringen ligger ellers bl.a. i følgende forhold:

Luftkvalitetsvarslene er formulert til å gjelde for, eller være best mulig representative for større eller mindre deler av et geografisk byområde, som f.eks. Bergen sentrum, og det er oftest begrenset grunnlag for detaljering. Sammenligning av de subjektive varslene direkte med målte verdier (observasjoner) blir av den grunn ofte vanskelig, og i noen tilfeller direkte feil. Målestasjonen(e) det sammenlignes mot er plassert etter beste skjønn for å fange opp det aktuelle luftforurensningsnivået, men vi ser at det kan være store lokale variasjoner, avhengig av topografi, vind- og værforhold, varierende utslipp fra trafikk, industrikilder og fyring. Tiltak for å redusere effekten av forurensing fra biltrafikk, ss vasking av veibanen og salting vil dessuten og noen ganger føre til at varslet forurensningsnivå kan bli for høyt i forhold til målt forurensningsnivå.

Forurensningsnivået har gjerne relasjon til bare en parameter; oftest PM_{10} , noen få ganger NO_2 og mer sjelden $PM_{2.5}$. Høyt nivå på svevestøv trenger for eksempel ikke være sammenfallende med høye NO_2 verdier. Det gjør at sammenligning av det subjektive varslet med de enkelte målte (observerte) parametrene (forurensningskomponentene) kan ha liten eller nokså begrenset verdi som mål på godheten av varslet, uansett hvilke statistiske mål som benyttes. Det ligger også en vesentlig begrensning i selve tallmaterialet, og gruppering i klasser for forurensningsnivå, både for observasjon og for varsel. Dette gjør at noen statistiske mål gir liten eller ingen mening for flere av parametrene, målt enkeltvis. ***Det er derfor også tatt med en evaluering beregnet ut fra en samlet oppstilling av forurensningskomponentene PM_{10} , $PM_{2.5}$ og NO_2 . Det antas at resultatene fra denne oppstillingen (gitt med de forskjellige statistiske mål), er et vesentlig bedre mål på godheten av de subjektive luftkvalitetsvarslene, og dermed også en god indikator på nytteverdien.***

Evalueringen omfatter subjektive luftkvalitetsvarsler utsendt fra Meteorologisk institutt, Værvarslingsavdelingen på Blindern for Grenland, Kristiansand*, Fredrikstad* og Lillehammer* og fra regionavdelingen Værvarslinga på Vestlandet for Stavanger/Sandnes, Bergen og Trondheim og Værvarslinga for Nord-Norge for Tromsø, og luftkvalitetsvarsler utsendt fra Oslo kommune Helsevernetaten for Oslo, og Drammen kommune avdeling for miljøretta helsevern for Drammen.

De statistiske parametrene *Sannsynlighet for oppdagelse (SFO)*, *Falsk alarm rate (FAR)*, *bias*, *Andel riktige varsler (ARV)* og *suksessindeks (SI)* er oppgitt for hver av byene og summert over hele året i tabell 8.1. Beregningsgrunnlaget, hver enkelt episode fordelt i kategoriene varslet lite/målt lite (A), varslet mye/målt lite (B), varslet lite/målt mye (C) og varslet mye/målt mye (D) er også oppgitt. Formelen for beregning av de statistiske parametrene er gitt i Appendix A. Det fulle datamaterialet er gitt i Appendix B. Der er alle tilfeller fordelt på målestasjon, forurensningskomponent og varslingsklasse vist i kontingensdiagrammer.

Byene med flest tilfeller av grenseverdioverskridelser (størst andel tilfeller i kategori C og D), er Fredrikstad, Trondheim, Oslo og Drammen. Datamaterialet for Fredrikstad er svært lite, og derfor sannsynligvis ikke representativt. Av de øvrige har Oslo høyeste SFO og lavest FAR, mens resultatene fra Drammen ligger like oppunder. Overvarslingen (bias) er større for Drammen enn for Oslo og Trondheim.

De fleste byene det varsles for uten støtte i AirQUIS-prognoser har bare hatt varsling i mars og april. Det er derfor vanskelig å trekke konklusjoner om hvor mye varselkvaliteten forringes

på grunn av at prognoser fra AirQUIS ikke er tilgjengelig. Andre faktorer som kan forklare kvaliteten, er om de som utfører varslingen holder til i byen og kjenner de lokale forholdene, og hvor lang erfaring de har med å utføre luftkvalitetsvarling. Resultatene fra Oslo, Bergen og Drammen er sammenlignbare med hensyn på disse faktorene. I Tromsø er det kun opparbeidet varslingserfaring over én vintersesong, og det kan være en grunn til at det er lavere SFO og høyere FAR i Tromsø enn i Drammen.

Værvarslingsmodellenes kvalitet varierer fra by til by, og fra målestasjon til målestasjon. Det er også en forklaring på forskjellen i valideringsresultatene. Drammen er den byen der modellen har størst problemer, med for svake vinder og for lav temperatur i forhold til observert vær.

Tabell 8.1 Statistiske parametre for beskrivelse av feilen i luftkvalitetsvarslingen.

	A	B	C	D	SFO	FAR	BIAS	ARV	SI
Grenland	383	108	7	14	66.7	88.5	5.8	77.5	0.1
Bergen	787	158	75	124	62.3	56.0	1.4	79.6	0.3
Stavanger	672	41	54	24	30.8	63.1	0.8	88.0	0.2
Trondheim	647	531	216	231	51.7	69.7	1.7	54.0	0.2
Tromsø	342	109	31	45	59.2	70.8	2.0	73.4	0.2
Fredrikstad	12	8	6	16	72.7	33.3	1.1	66.7	0.5
Kristiansand	81	67	11	7	38.9	90.5	4.1	53.0	0.1
Lillehammer	131	97	11	15	57.7	86.6	4.3	57.5	0.1
Oslo	1724	786	193	538	73.6	59.4	1.8	69.8	0.4
Drammen	394	263	53	127	70.6	67.4	2.2	62.2	0.3

8.4 Luftkvalitetsvarslingen i Drammen

I Drammen startet luftkvalitetsvarslingen lenge før Bedre byluft-prosjektet og AirQUIS kom på banen. Varslingen den gangen, som siste vinter, baserte seg på værvarsler fra met.no. I starten ble det brukt meteogrammer som ble lastet ned ved hjelp av spesialprogram og passord. Erfaring med vurdering av luftkvalitet i forhold til varslet værforhold er derfor god.

Da AirQUIS ble satt i gang så vi ganske fort at varslene ikke stemte for Drammen. Svevestøv ble feil varslet, men det hendte at NO₂ passet bra med observert konsentrasjon. I Drammen har aldri kun AirQUIS vært brukt for å varsle luftkvaliteten, men også de etter hvert detaljerte meteorologiske varslene. De meteorologiske varslene betyr mer for varslingen i Drammen enn AirQUIS-kjøringene.

Varslingene i Drammen gjennomføres i følgende trinn:

1. Vurdering av konsentrasjonene dagen i går og fram til dagen i dag, og sammen med værforholdene. Veiforhold tas inn i forhold til observasjoner på vei til jobb; vått, tørt, støv, ikke støv osv.
2. Varslene fra DNMI studeres, både de som ligger på byluft.met.no med tekstvarsel og Yr.no. Det foretas en vurdering i forhold til reelt vær lokalt: Nedbør, temperatur og vind. Tekstvarslene som blir gitt har stor nytteverdi, spesielt dersom det foretas en vurdering av luftstabiliteten og fuktigheten.

3. Ut fra erfaringer utarbeides varselet basert på pkt 1 og 2.

Varselet legges ut på luftkvalitet.info og sendes interesserte jf e-postliste (vegkontor, div i kommunen, kolleger i andre kommuner, presse/media m.v) Varselet blir ikke lagt ut på lokal side i Drammen kommune, men en link til nasjonal side i vinterhalvåret.

Det har vært noen spesielle episoder i vinteren 2007-2008. Vegkontoret har hatt tiltak i forhold til svevestøv i hele vinter, når det har vært mulig. Dette har i hovedsak vært renhold, men også noe støvdemping.

Ut fra den nasjonale internettsiden (admin.luftkvalitet) varsles det litt for ofte Noe forurenset luft, og litt for lite Lite forurenset luft. På Mye forurenset luft treffer varslene ganske bra. Svært forurenset luft er ikke varslet eller målt denne sesongen. Sammenligningen er gjort for Bangeløkka(gatestasjon) og PM₁₀. Som en kommentar til evaluering av varslet nivå for Drammen sett i forhold til målt nivå så har finnes det en gatestasjon til (Vårveien) som ikke er inne i luftkvalitet.info Denne stasjonen blir også brukt til å utarbeide varslene. Evalueringen vil således ikke bli helt korrekt, siden data fra Vårveien ikke er med. Det kan se ut for at denne stasjonen viser noe høyere verdier for PM₁₀, men lavere for NO₂ sammenlignet med Bangeløkka som ligger inne med måledata i Luftkvalitet.info

8.5 Luftkvalitetsvarslingen i Oslo

Prosedyrene for luftkvalitetsvarsling i Oslo er beskrevet i Slørdal (2004), en NILU-rapport utarbeidet for EUs forskningsprosjektet FUMAPEX om varsling av urban luftkvalitet i Europa.

9. OPPSUMMERING OG VIDERE ARBEID

I Bedre byluft har i løpet av sesongen 2007-08 gjennomført viktige operasjonelle endringer og utvidelser samt utvikling med mer langsiktig perspektiv. For første gang har vi benyttet UM-modellen gjennom hele sesongen, både for subjektiv varsling og for meteorologiprognoser til AirQUIS. Samtidig har vi for sammenligningens skyld kjørt parallelt med MM5 og AirQUIS for Oslo, Trondheim og Bergen. På Bedre bylufts nettsider (<http://byluft.met.no>) har vi gjort begge prognosene tilgjengelig for sluttbrukerne. Til prognosekartene har UM fått en oppgradert grafikk slik at informasjonen i figurene skal være raskere tilgjengelig i en varslingssituasjon.

Også grensesnittet mellom AirQUIS og meteorologidataene er beregnet med et annet program enn det som ble brukt for MM5-data.

Under arbeidet med evalueringsrapporten for våren ble det avdekket at AirQUIS beregnet altfor høye konsentrasjoner av PM_{2.5} og NO₂ når dataene fra UM ble brukt som inngangsverdier. Selv om UM i gjennomsnitt har bedre prognoser for vind enn MM5, har ikke vinddata inn til AirQUIS hatt en bedre kvalitet. Videre undersøkelser tydet på at interpolasjonen til AirQUIS' vertikale nivåer resulterte i at verdiene ved bakken, der vindhastigheten er 0 m/s, ble tillagt for stor vekt med metoden som ble brukt. AirQUIS er fortsatt satt opp med de samme nivåene som MM5, slik at vertikal interpolasjon (se Ødegaard et. al. 2007) er nødvendig.

Utviklingen av et nytt grensesnitt mellom AirQUIS og UM, der AirQUIS tilpasses UM bedre, både ved inndeling av nivåer og ved å benytte flere av dataene beregnet med UM, har vist seg å gi bedre resultater. Vi har gjennomført en testperiode fra 14.3 til 17. 4. for Oslo-området. Dette er helt i slutten av vedfyringssesongen, men inneholder likevel vinterens kaldeste periode. Etter vår mening innebærer det nye grensesnittet en klar modellmessig forbedring, og planen er å erstatte det nåværende grensesnittet med det nyutviklete før neste varslingssesong. Fortsatt er det nødvendig med en tett oppfølging av prognosene for å avdekke problemer raskt. En analyse av UM-prognosene for vind med fokus på de svakeste vindene er også nødvendig.

Modeller er satt opp og beregninger i 1km for Sør-Norge og Nord-Norge har gått i daglig rutine fra slutten av november 2007. Sammenligning av resultatene med modellberegningene fra modellene som dekker byområdene viser noe dårligere temperaturprognoser fra den store Sør-Norgemodellen. Det er en målsetting å erstatte modeller for alle byområdene i Sør-Norge med modellen som dekker hele Sør-Norge. Årsaken til forskjellene i temperaturprognosene må derfor klarlegges, slik at vi sikrer minst like god kvalitet.

Med en ny målestasjon på Alna i Oslo og en modell med 1/3 km oppløsning som dekker Oslo med Groruddalen, har vi et verktøy som kan benyttes til en beskrivelse av luftsirkulasjonen i Oslos mest forurensningsbelasta områder. Modellverktøyet er satt opp med høyoppløselige fysiografidata fra Statens kartverk. En grundigere undersøkelse av modellens resultater på så høy oppløsning gjenstår.

Metoder for reduksjon av negativ temperaturbias i UM-modellen er testet på UM1 for byområdene Oslo og Bergen, samt et område i Vest-Finnmark, for april og mai 2008. Metoden gir en reduksjon av feilen i gjennomsnitt over alle stasjonene i områdene. Det gjenstår å undersøke hvordan metodene slår ut i detalj for de enkelte målepunktene og i ulike vær-situasjoner.

AirQUIS er oppgradert med nye data fra Nasjonal veidatabank. De oppdaterte trafikkdataene for Oslo er testet og funnet bedre egnet til modellberegninger enn de etablerte. For Bergen og Stor-Stavanger gir dataene i NVDB mer trafikkarbeid enn de etablerte og vil trolig også gi et

mer korrekt utslippsestimat. Dataene dekker veinettet like godt som de etablerte og bør derfor anvendes i operative modellberegninger. Trafikkdata i NVDB for Grenland og Trondheim er ikke tilstrekkelig oppdatert til at det tilrådelig å bytte ut etablerte trafikkdata.

Utvidelsen av Bedre byluft til å lage luftkvalitetsvarsler for flere byer er gjennomført på Værvarslingsavdelingen i Oslo og Værvarslinga for Nord-Norge i løpet av sesongen. Møter med involverte aktører i kommunene (Vegkontorer, Helsemyndigheter) har ledet oppmerksomheten på lokale forhold som har betydning når måleverdiene skal forklares. Luftkvalitetsvarslene er videre evaluert mot observasjoner. Kvaliteten av varslene og betydningen av å overføre informasjon om lokale forhold til de som utfører varslene bør ses i sammenheng og vurderes fortløpende.

På bakgrunn av dette foreslås følgende oppgaver for Bedre byluft i neste sesong:

- innføre nytt grensesnitt mellom UM og AirQUIS, med tett oppfølging av prognosekvalitet
- gjøre nødvendig arbeid for å innføre data fra NVDB i modellberegningene til AirQUIS
- samarbeide med kommunene Kristiansand, Fredrikstad, Lillehammer og Tromsø med sikte på å lage et best mulig system for varsling av lokal luftkvalitet.
- kartlegging av meteorologimodellens vindklima i forhold til observert vind, spesielt med hensyn på svakvindstilfeller
- kartlegging av meteorologimodellens prognoser for bakkenær temperatur, og sammenligning med observasjoner fra met.nos og kommunenes målestasjoner, der temperatur er målt i flere høyder over bakken.
- bruke funnene i punktene over til å gjøre tiltak som øker kvaliteten i UM1 for Sør-Norge slik at den kan erstatte UM1 for Oslo, Grenland, Stavanger, Bergen og Trondheim.
- bruke dette til også å øke kvaliteten i UM for Alna slik at denne modellen kan bli operasjonell i Bedre byluft.

REFERANSER

- Brost, R. A., Wyngaard, J. C. and Lenscow, D. (1982) Marine stratocumulus layers. Part II: Turbulence budgets. *J. Atmos. Sci.*, **39** pp 818-836.
- Businger, J. A., and Arya, S. P. S. (1974) Height of the mixed layer in the stably stratified planetary boundary layer. *Adv. Geophys.*, **18A** pp 73-92.
- Finardi, S. [ed.] (2005) Evaluation of improved interfaces for urban air quality models. FUMAPEX Report for D5.4, Ariamet, Italy, May 2005, 50 p.
- Fisher B. E. A., Erbrink, J. J, Finardi, S., Jeannot, P., Joffre, S., Morselli, M. G., Pechinger, U., Seibert, P. and Thomson, D. J. [ed], (1999) Harmonisation of the Pre-processing of Meteorological Data for Atmospheric Dispersion Models. COST Action 710 – Final Report, EUR 18195.
- Garratt, J.R. (1992) The atmospheric boundary layer. Cambridge University Press.
- Gjerstad, K. I. og V. Ødegaard (2008) Bedre byluft – evalueringsrapport for våren 2008, prosjektrapport for Statens Vegvesen
- Lamb, R. G., and Duran, D. R. (1977) Eddy diffusivities derived from a numerical model of the convective boundary layer. *Nuovo Cimento*, **1C**, 1-17.
- Lützenkirchen, S. (2007) Luftkvaliteten i Oslo – årsrapport 2007
http://www2.nilu.no/LKReports/Årsrapport_2007_endelig.pdf
- Nieuwstadt, F. T. M. (1984) The turbulent structure of the stable nocturnal boundary layer. *J. Atm. Sci.* **41** pp 2202-2216.
- Raymond, W. H. (1988) High-order low-pass implicit tangent filters for use in finite area calculations. *Mon. Weather Rev.*, **116** pp 2132-2141
- Seinfeld, J. H. and Pandis, S. N. (1998) Atmospheric Chemistry and Physics. From Air Pollution to Climate Change. John Wiley & Sons, Inc., New York. pp 1326.
- Shir, C. C. (1973) A preliminary numerical study of atmospheric turbulent flows in the idealized planetary boundary layer. *J. Atmos. Sci.*, **30** pp 1327-1339.
- Slørdal, L. H. [ed.] (2004) FUMAPEX – Guidelines of output from UAQIFSs as specified by end-users. Kjeller (*NILUOR 2/2004* ref. U-102144)
- Statens vegvesen (1998) Nasjonal Transportplan 2002-2011. Trafikkprognoser for bruk i planarbeidet. Oslo, Statens vegvesen, Vegdirektoratet.
- Ødegaard, V., K. I. Gjerstad og N. Bjergene (2007) Bedre byluft - Evaluering av prognosemodell for meteorologi og luftkvalitet vinteren 2006/2007. Meteorologisk institutt *met.no report 8/2007*
http://met.no/Forskning/Publikasjoner/metno_report/2007/report08_2007.pdf

APPENDIX A

Statistiske mål

Definisjon av statistiske mål benyttet i kapittel 2 og i Appendix C og E

Nøkkeltall (a, b, c, d) for kvantifisering av hendelser

	Prognostisert god luftkvalitet	Prognostisert dårlig luftkvalitet
Observert god luftkvalitet	a	b
Observert dårlig luftkvalitet	c	d

Evalueringsparametere og hvordan de beregnes.

Parameter	Forklaring og utregning	Optimal verdi
Andel riktige varsel (ARV)	Prosentvis prognose som er riktig som god eller dårlig luftkvalitet $= (a+d) / (a+b+c+d) \cdot 100$	100
Varslet tendens (VT)	VT < 1, betyr at prognosen underestimerer. VT > 1, betyr at prognosen overestimerer. $= (b+d) / (c+d)$	1
Suksessindeks (SI)	Som for ARV men bare for dårlig luftkvalitet $= d / (b+c+d)$	1
Falsk alarm rate (FAR)	Prosentvis at antall ganger varsel om dårlig luftkvalitet ikke var tilfelle $= b / (b + d) \cdot 100$	0
Sannsynlighet for oppdagelse (SFO)	Prosent av de observerte tilfellene av dårlig luftkvalitet som blir varslet $= d / (c + d) \cdot 100$	100

Definisjonen av statistiske mål benyttet i kapittel 2 og i Appendix B og D.

Differansen mellom prognose og observasjon blir beregnet for hver stasjon og for hvert tidspunkt (E_i).

$$E_i = O_i - P_i$$

Gjennomsnittet (*bias*) og standardavviket (*stde*) av alle E_i for hver enkelt prognoselengde beregnes som

$$bias = 1/n \sum_{i=1}^n E_i \text{ og}$$

$$stde = \sqrt{1/n \sum_{i=1}^n [(P_i - \bar{P}) - (O_i - \bar{O})]^2}$$

der P_i og O_i er hhv. prognoseverdien observasjonsverdien for den enkelte stasjon og det enkelte tidspunkt (i) mens \bar{P} og \bar{O} er gjennomsnittsverdien av hhv. alle prognoseverdiene og observasjonsverdiene for en enkeltstasjon. Det totale antallet par (observasjon og prognose) er n . Den gjennomsnittlige feilen uttrykker prognosens skjevhet eller systematiske feil, standardavviket gir prognosens variasjon omkring gjennomsnittsfeilen og er et mål for den tilfeldige feilen. Den tilfeldige feilen kan også tolkes som prognosens forutsigelsessevne. Kvadreringen medfører at de største enkeltavvikene får størst innflytelse på standardavviket av feilen. Den totale feilen (*rmse*) beregnes fra *stde* og *bias*:

$$rmse = \sqrt{bias^2 + stde^2}$$

Feilen uttrykkes i den enheten som parameteren måles i: m/s for vind, °C for temperatur.

Gjennomsnittlig absolutt feil (*mae*) er et alternativ til *rmse*, der det legges forholdsvis mindre vekt på de store feilene, siden avvikene ikke kvadreres:

$$mae = 1/n \sum_{i=1}^n |P_i - O_i|$$

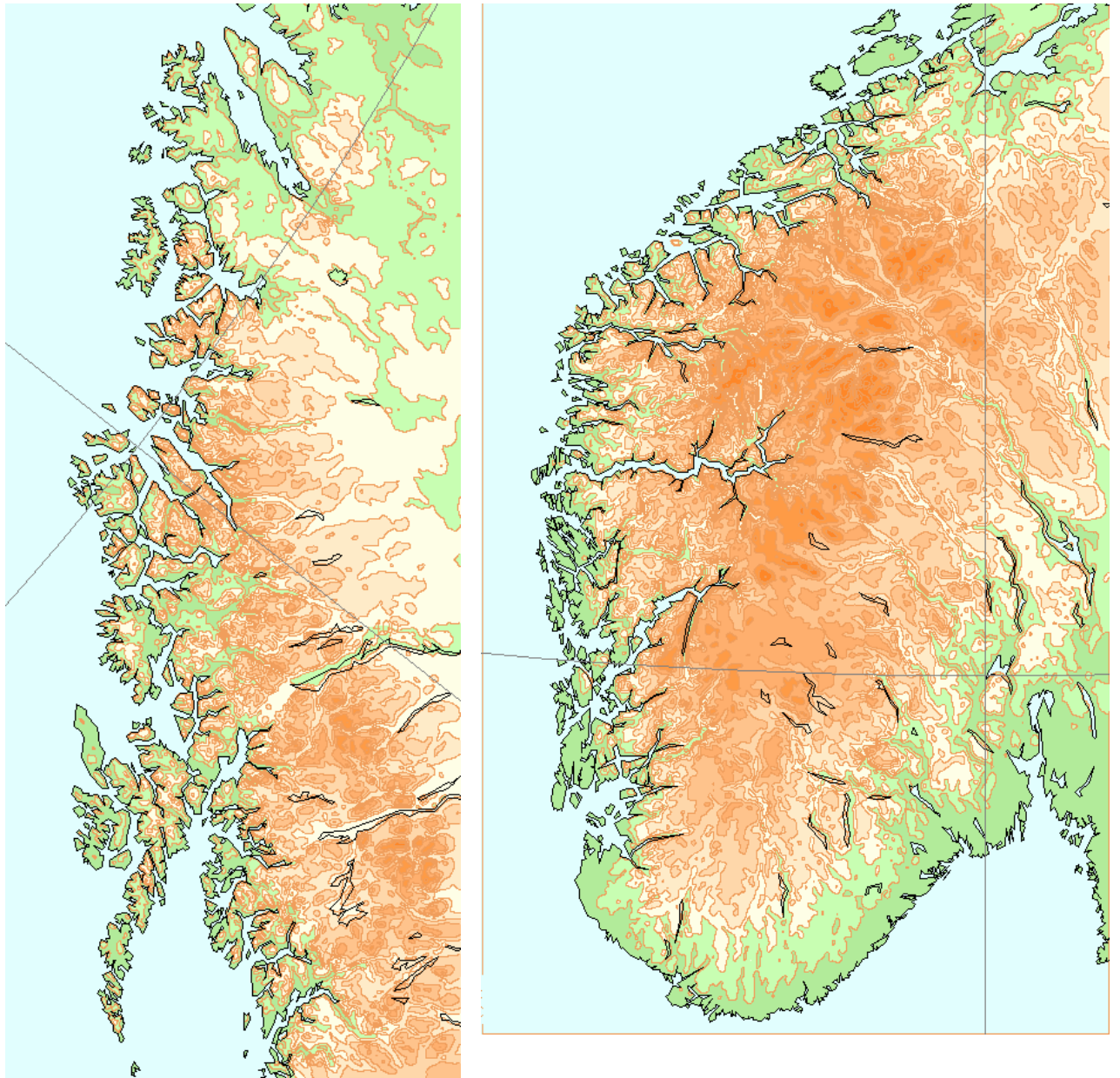
Korrelasjon mellom to serier av data uttrykkes ved korrelasjonskoeffesienten (**r**) og beregnes slik:

$$r = \frac{\sum (O_i - \bar{O})(P_i - \bar{P})}{(n-1)s_x s_y}$$

der O_i og P_i er hver enkelt verdi i serien av observasjoner og prognoser, \bar{O} og \bar{P} er gjennomsnittsverdien for hele serien, n er antallet dataverdier i serien og s_o og s_p er standardavviket (variasjonen omkring gjennomsnittet) til hver av seriene O og P .

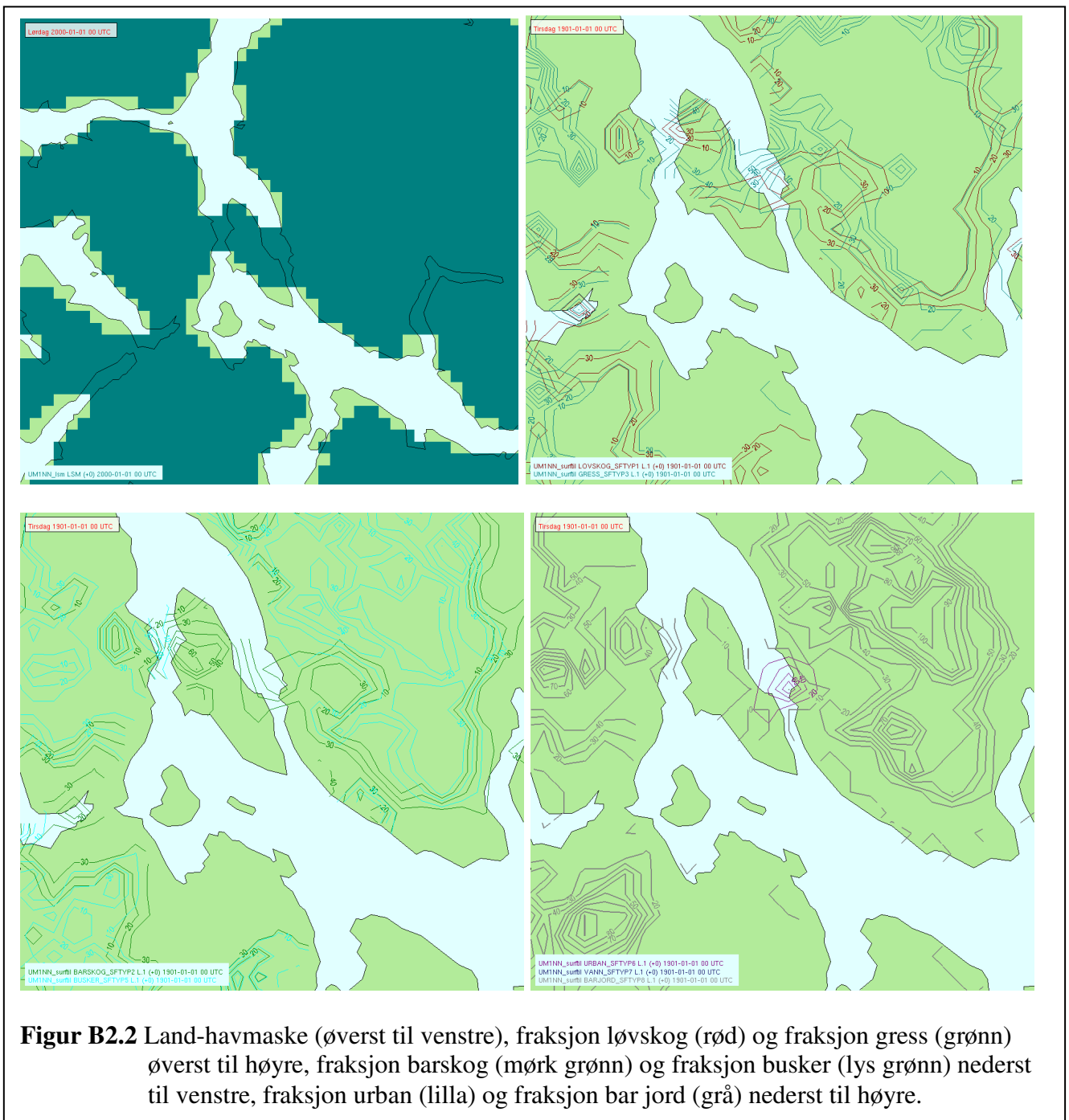
APPENDIX B

FIGURER TIL KAPITTEL 2

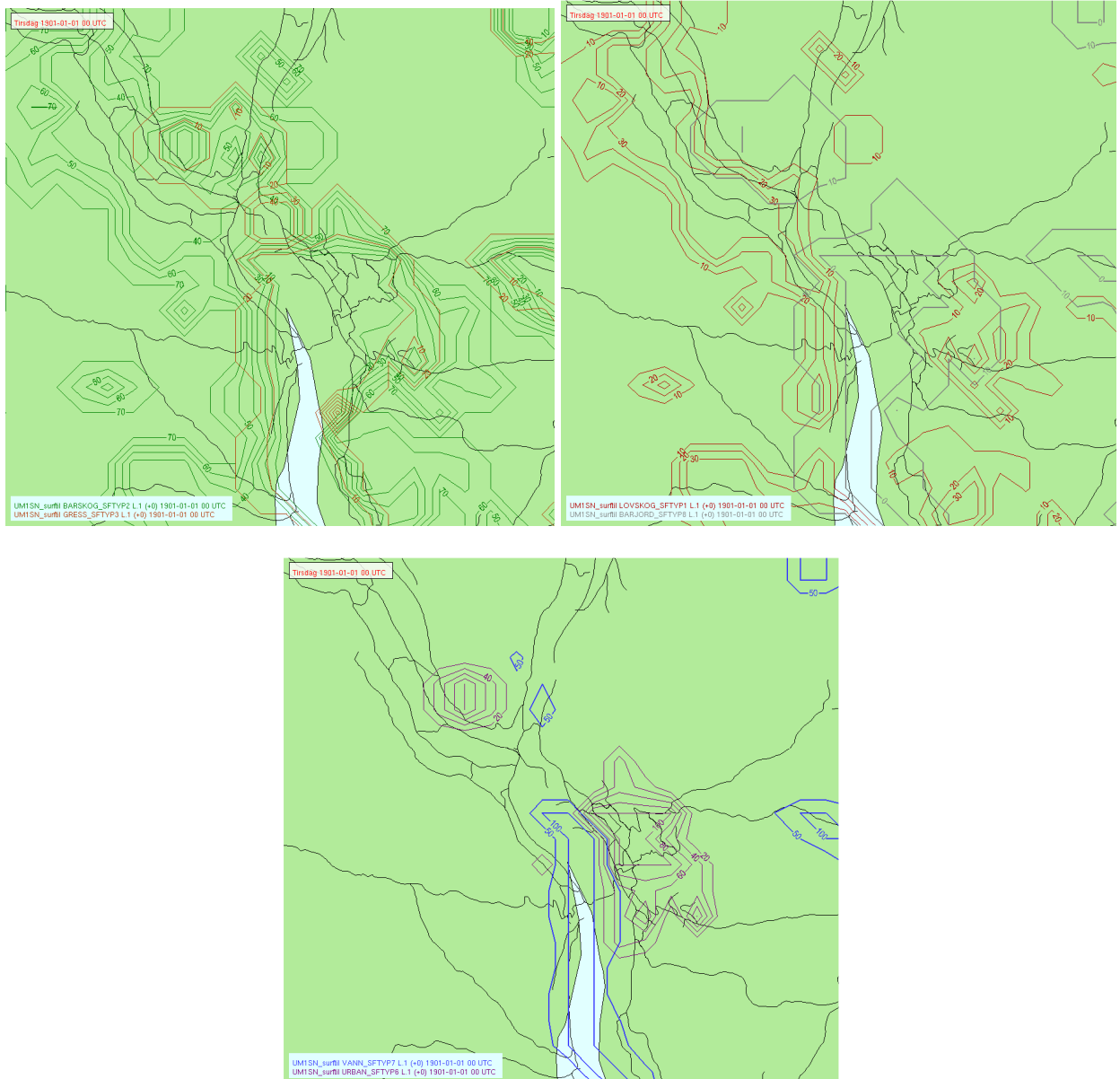


Figur B2.1 Modellområdene UM1NN (venstre) og UM1SN (høyre), topografi med 200m ekvidistanse

Tromsø

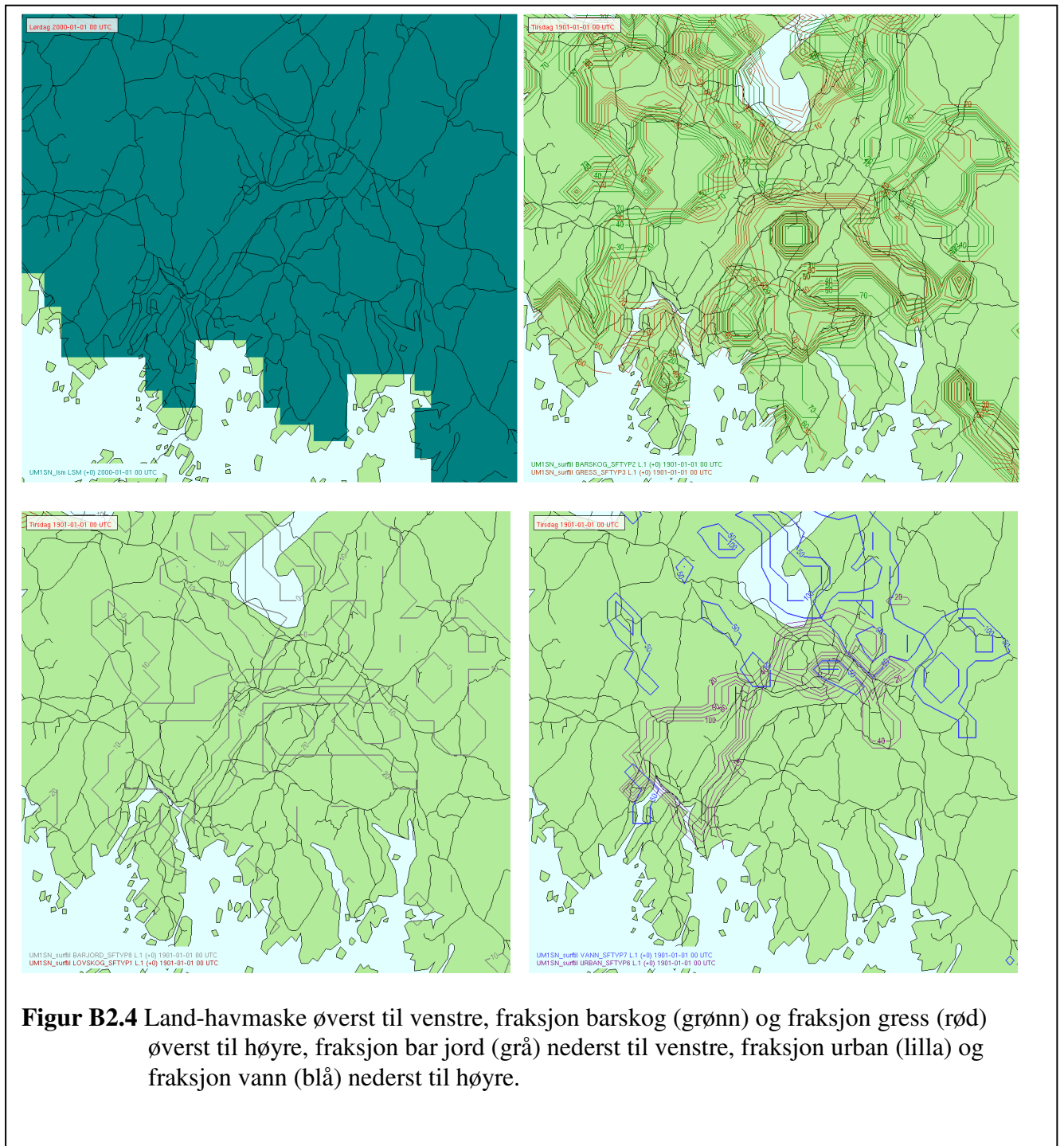


Lillehammer

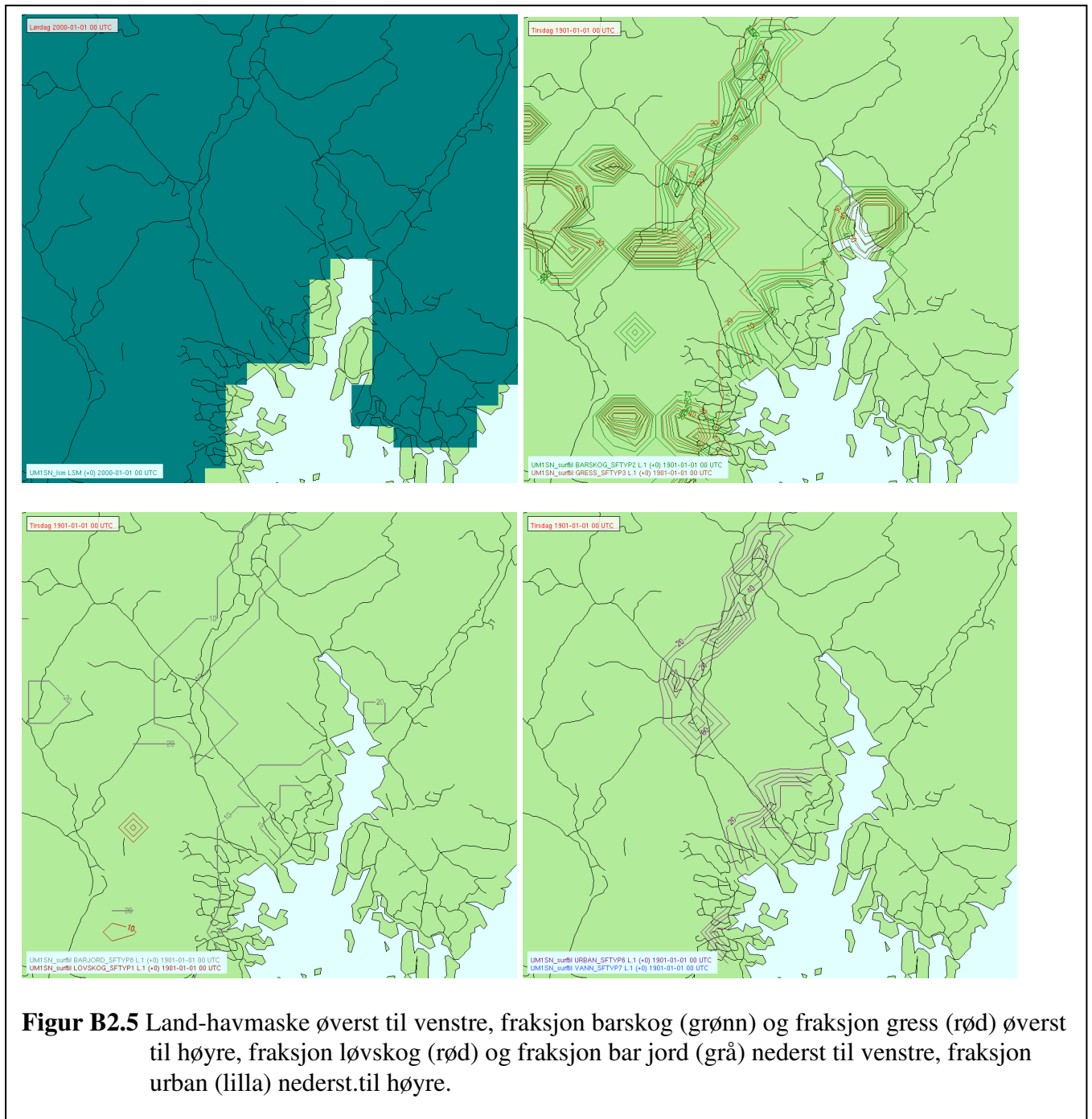


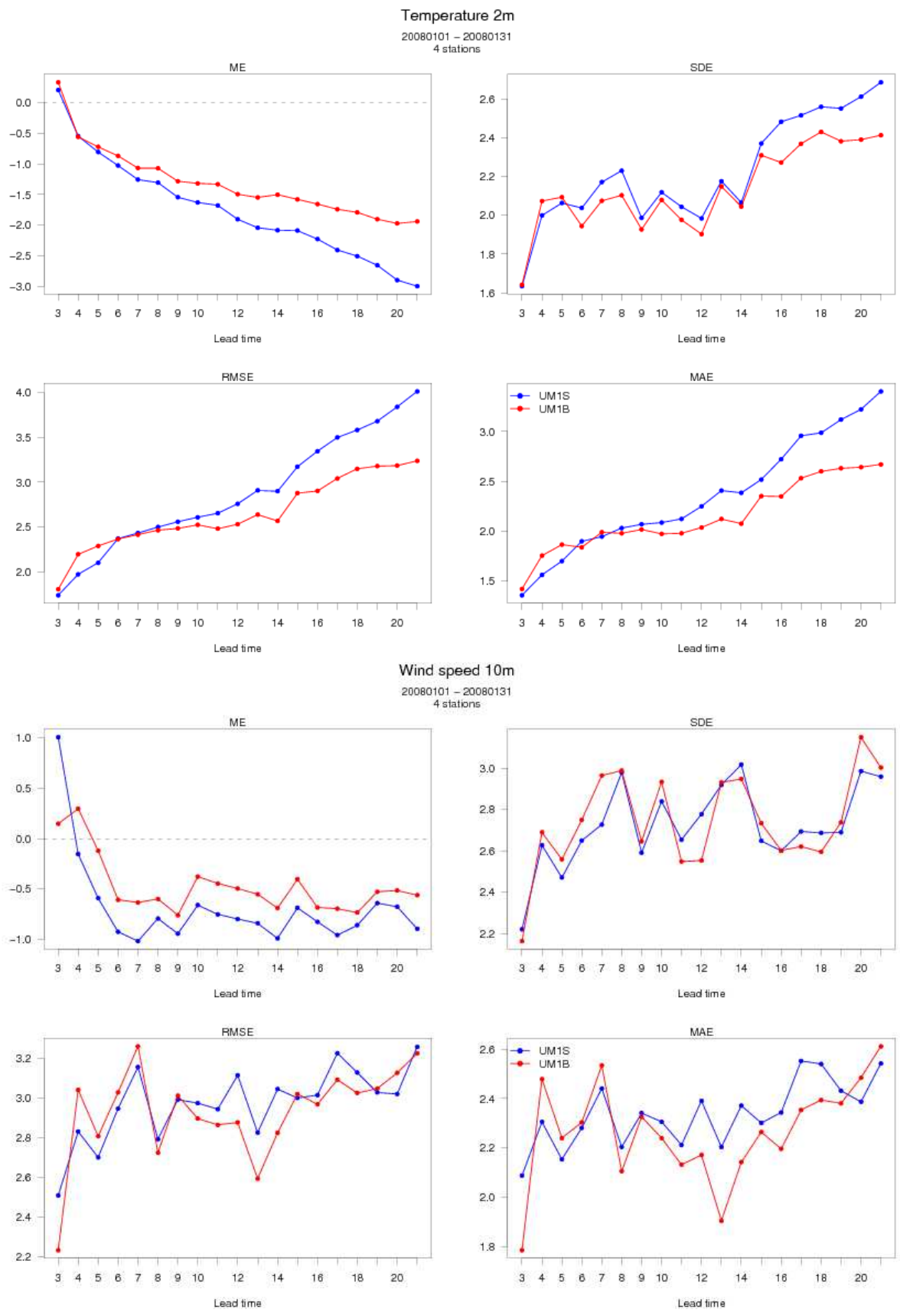
Figur B2.3 Fraksjon barskog (grønn) og fraksjon gress (rød) øverst til venstre, fraksjon løvskog (rød) og fraksjon barjord (grå) øverst til høyre, fraksjon urban (lilla) og fraksjon vann (blå) nederst.

Fredrikstad



Kristiansand

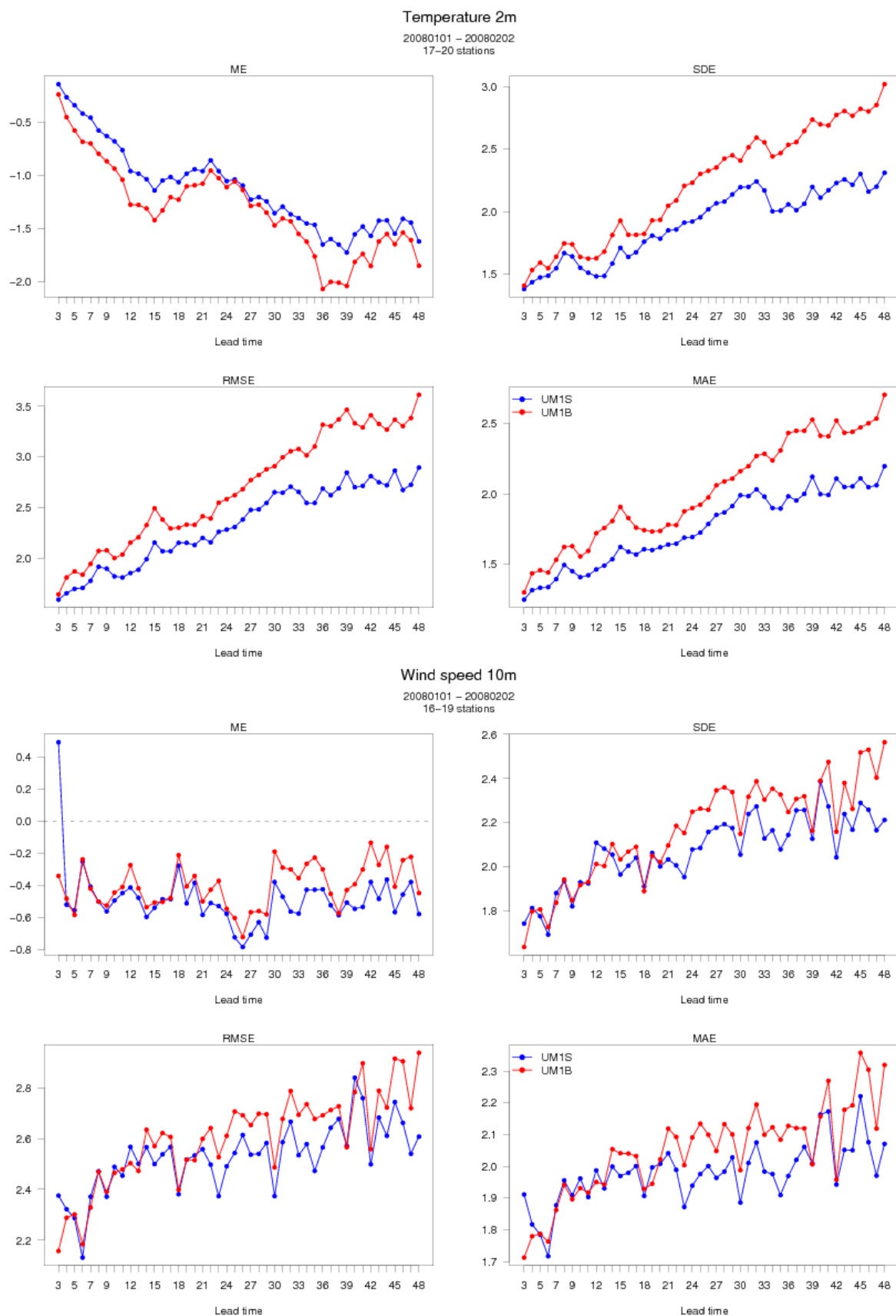




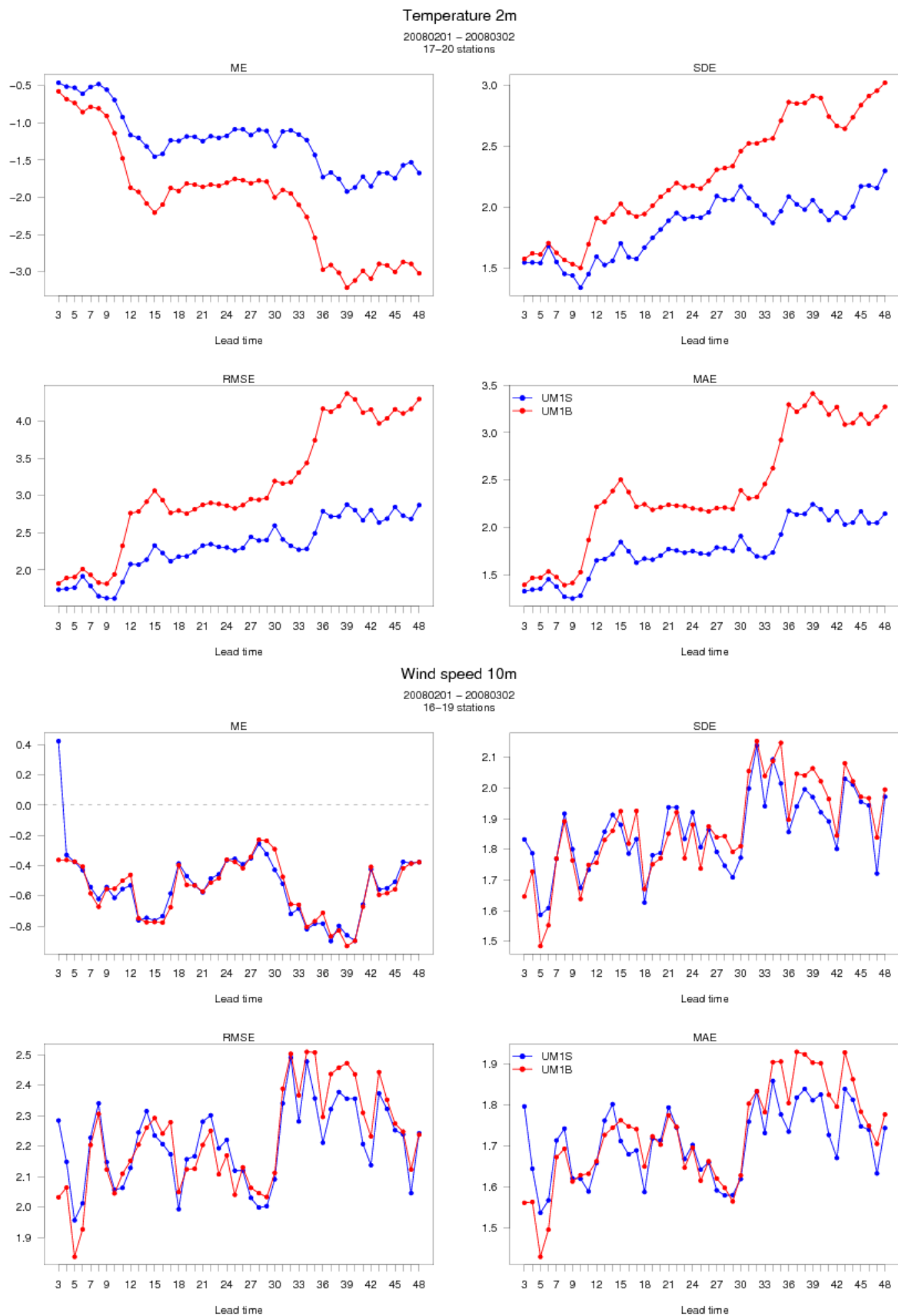
Figur B2.6 Feilstatistikk for T2m (øverst) og FF10m (nederst) og UM1NN og UM1 for Hammerfest/Honningsvåg og Narvik for januar 2008. Øverst til venstre bias, øverst til høyre standardavvik av feilen, nederst til venstre root mean square error og nederst til høyre gjennomsnittlig absolutt feil.



Figur B2.7 Feilstatistikk for T2m (øverst) og FF10m (nederst) og UM1NN og UM1 for Hammerfest/Honningsvåg og Narvik for februar 2008. Øverst til venstre bias, øverst til høyre standardavvik av feilen, nederst til venstre root mean square error og nederst til høyre gjennomsnittlig absolutt feil.

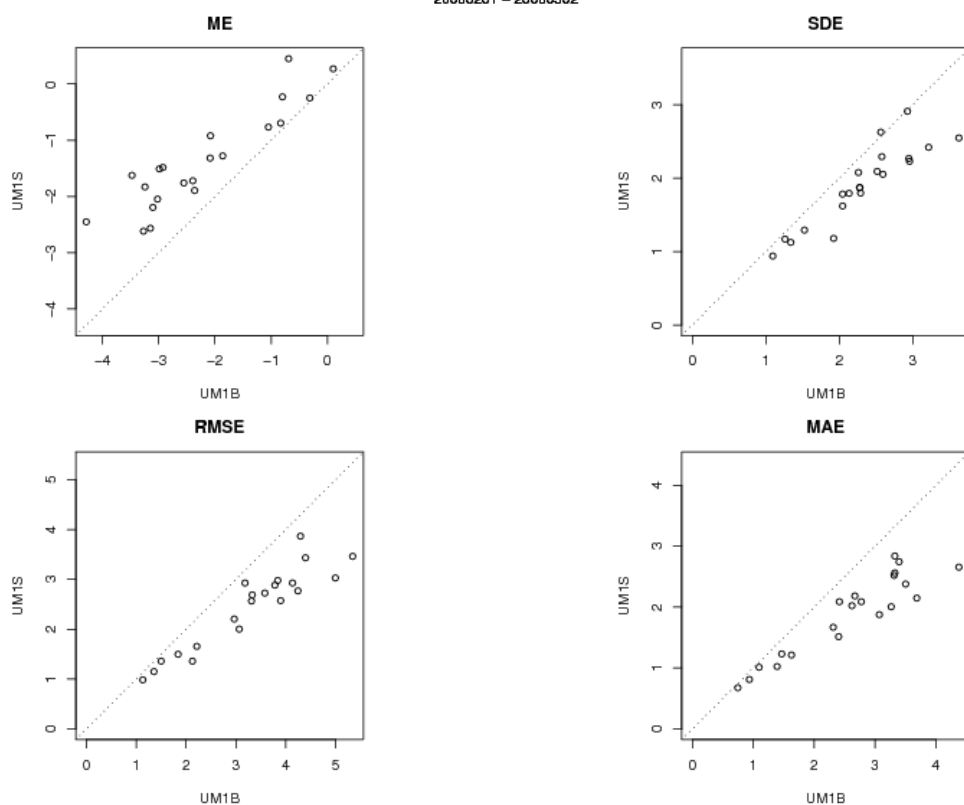


Figur B2.8 Feilstatistikk for T2m (øverst) og FF10m (nederst) og UM1SN og UM1 for alle stasjoner innenfor de seks byområdene for januar 2008. Øverst til venstre bias, øverst til høyre standardavvik av feilen, nederst til venstre root mean square error og nederst til høyre gjennomsnittlig absolutt feil.



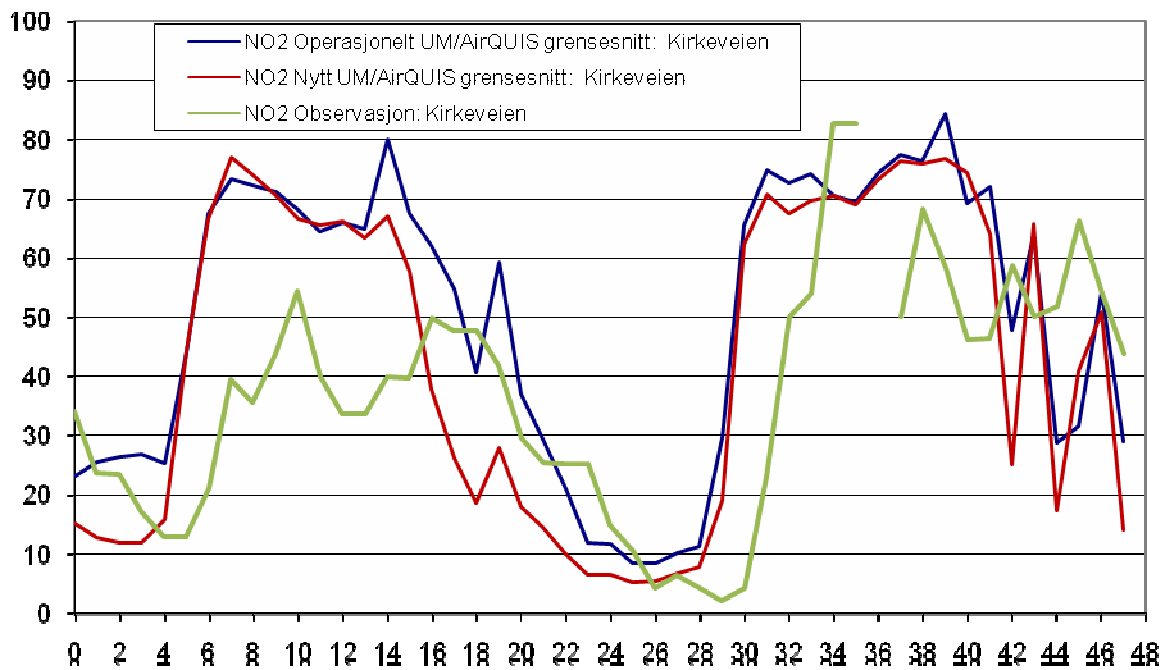
Figur B2.9 Feilstatistikk for T2m (øverst) og FF10m (nederst) og UM1SN og UM1 for alle stasjoner innenfor de seks byområdene for februar 2008. Øverst til venstre bias, øverst til høyre standardavvik av feilen, nederst til venstre root mean square error og nederst til høyre gjennomsnittlig absolutt feil.

Temperature 2m
20080201 – 20080302

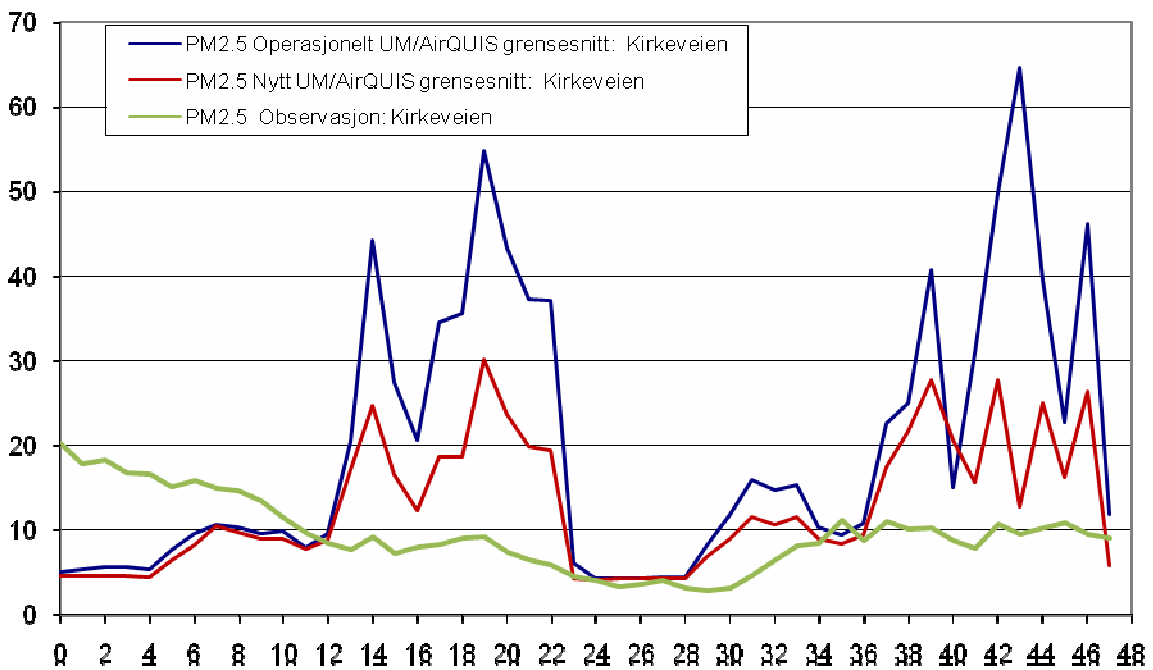


Figur B2.10 Feilstatistikk av T2m for hver stasjon i UM1SN og UM1 innenfor de seks byområdene for januar 2008. Øverst til venstre bias, øverst til høyre standardavvik av feilen, nederst til venstre root mean square error og nederst til høyre gjennomsnittlig absolutt feil.

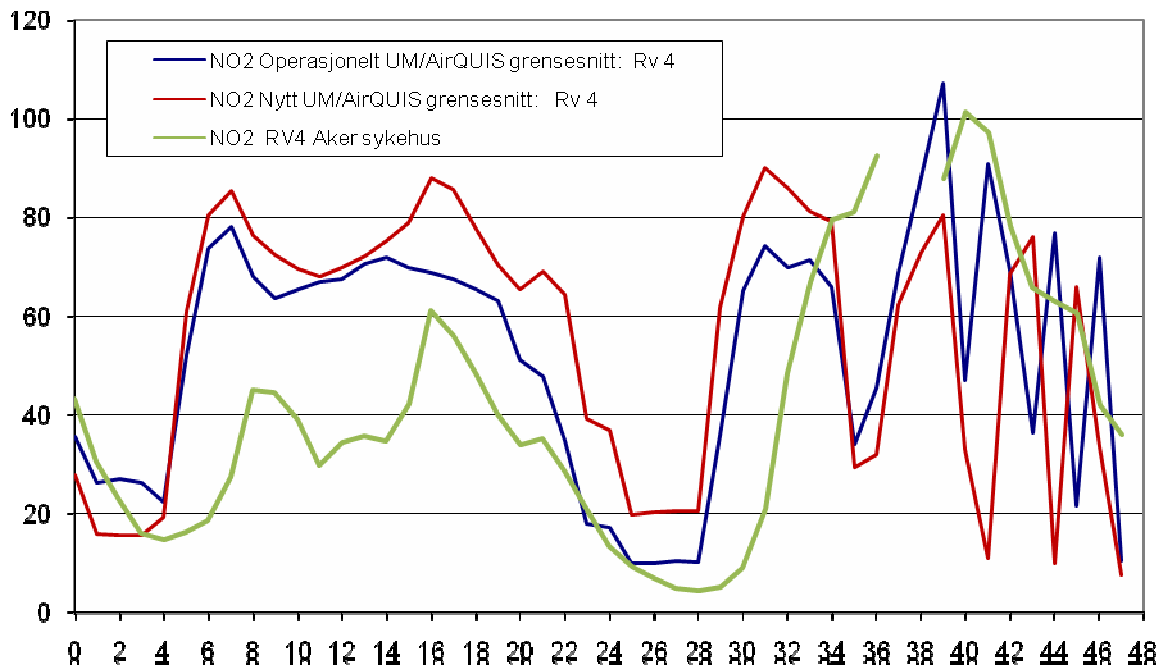
FIGURER TIL KAPITTEL 3



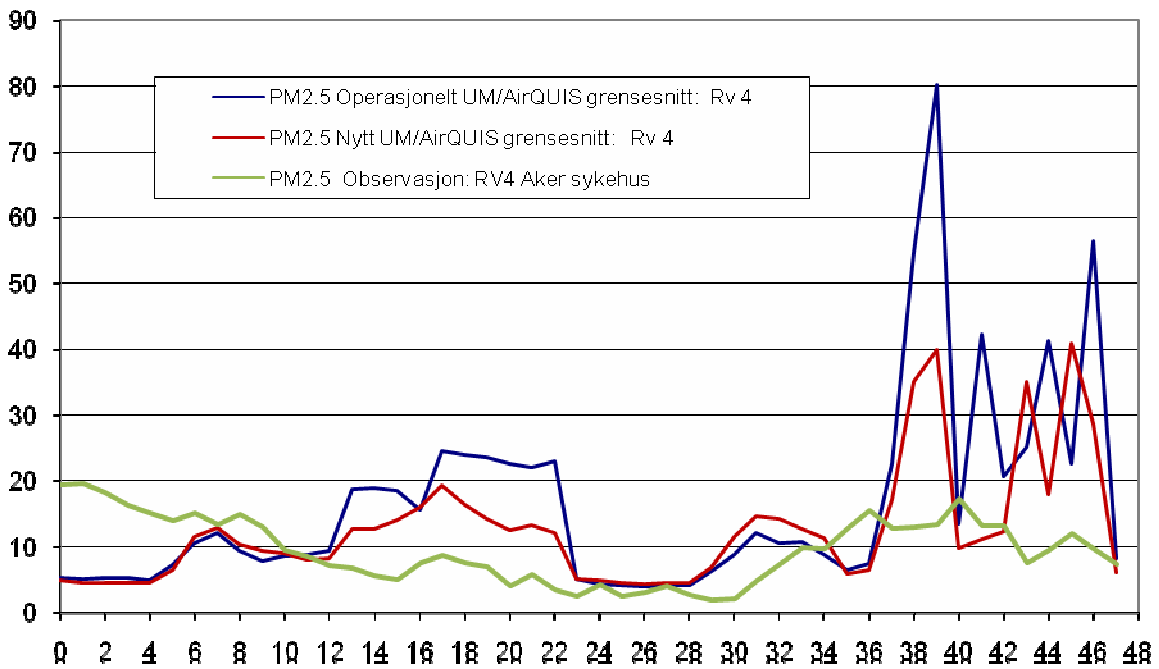
Figur B3.1a Sammenlikning av modellberegninger og observasjoner for en 48 timers NO₂-prognose (7. og 8. januar 2008) for gatestasjonen Kirkeveien.



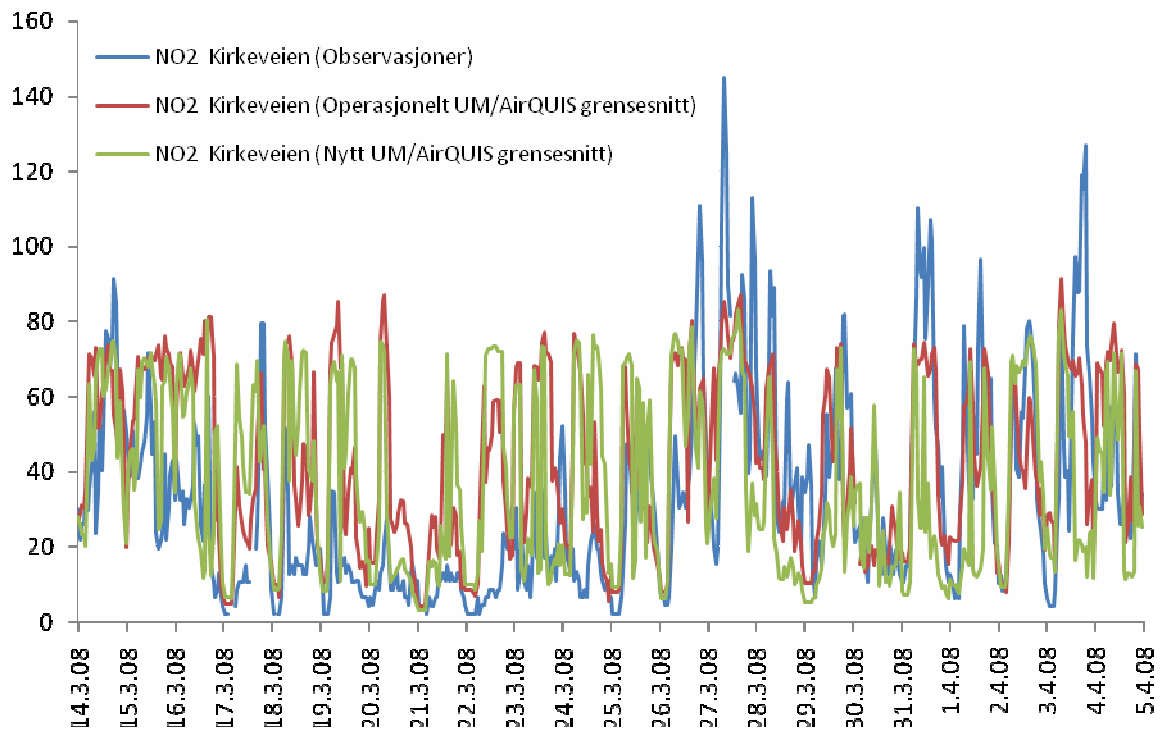
Figur B3.1b Sammenlikning av modellberegninger og observasjoner for en 48 timers PM_{2.5} -prognose (7. og 8. januar 2008) av for gatestasjonen Kirkeveien.



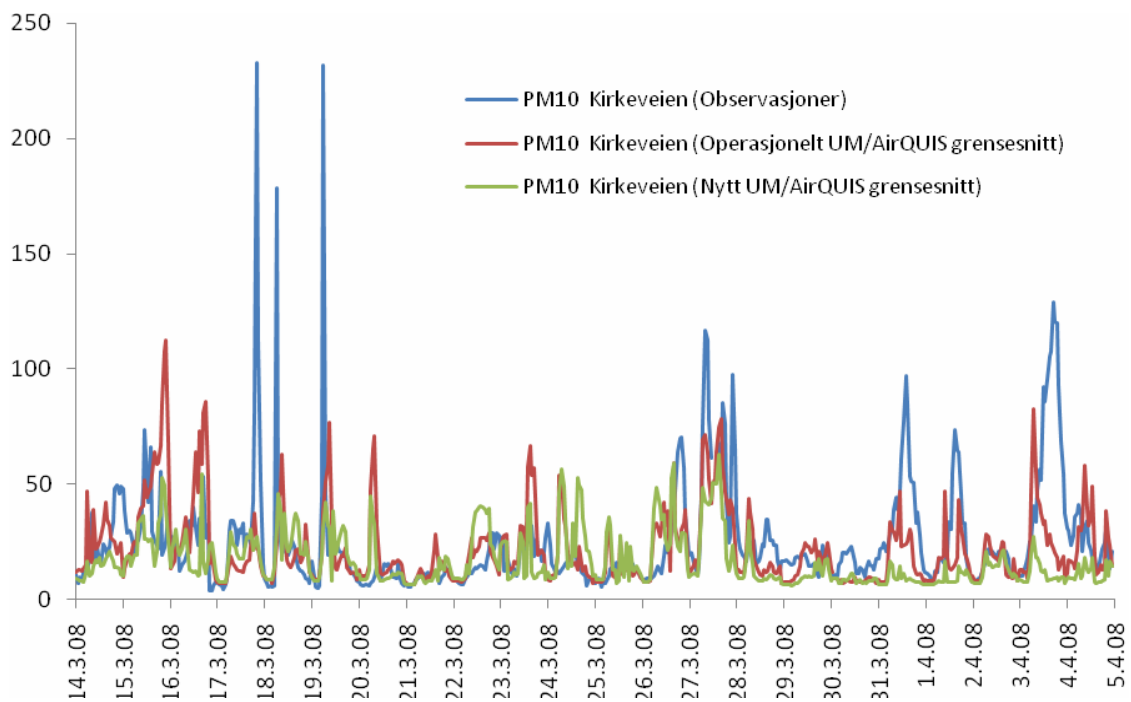
Figur B3.2a Sammenlikning av modellberegninger og observasjoner for en 48 timers NO₂-prognose (7. og 8. januar 2008) for gatestasjonen RV4, Aker sykehus.



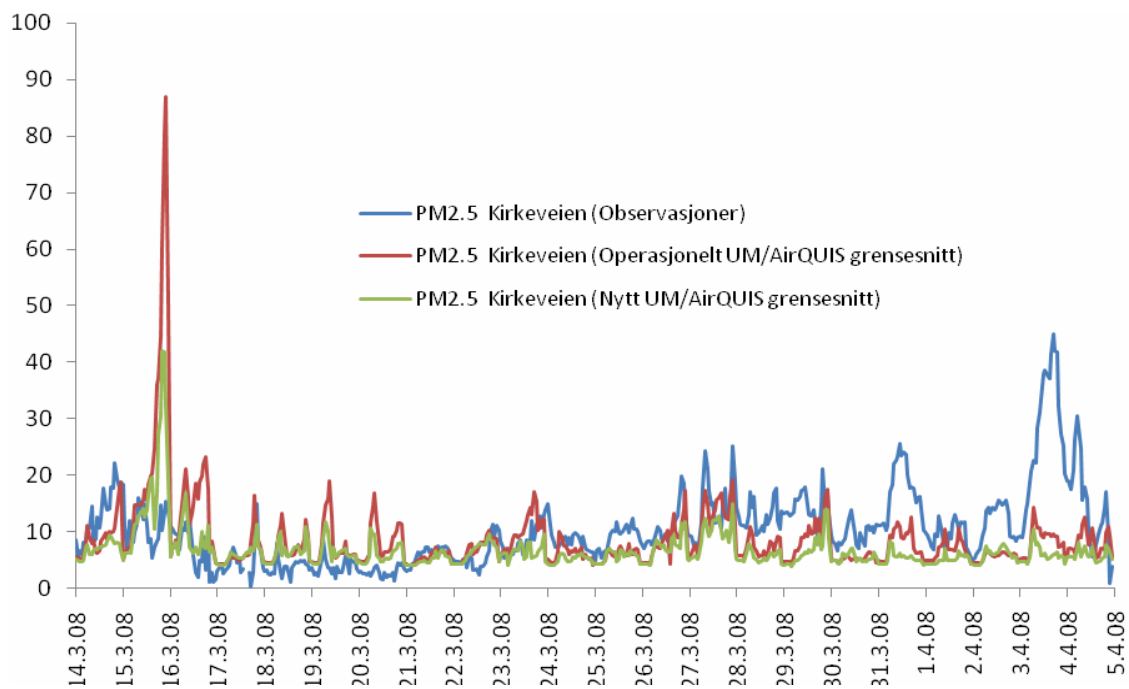
Figur B3.2b Sammenlikning av modellberegninger og observasjoner for en 48 timers PM_{2.5}-prognose (7. og 8. januar 2008) for gatestasjonen RV4, Aker sykehus.



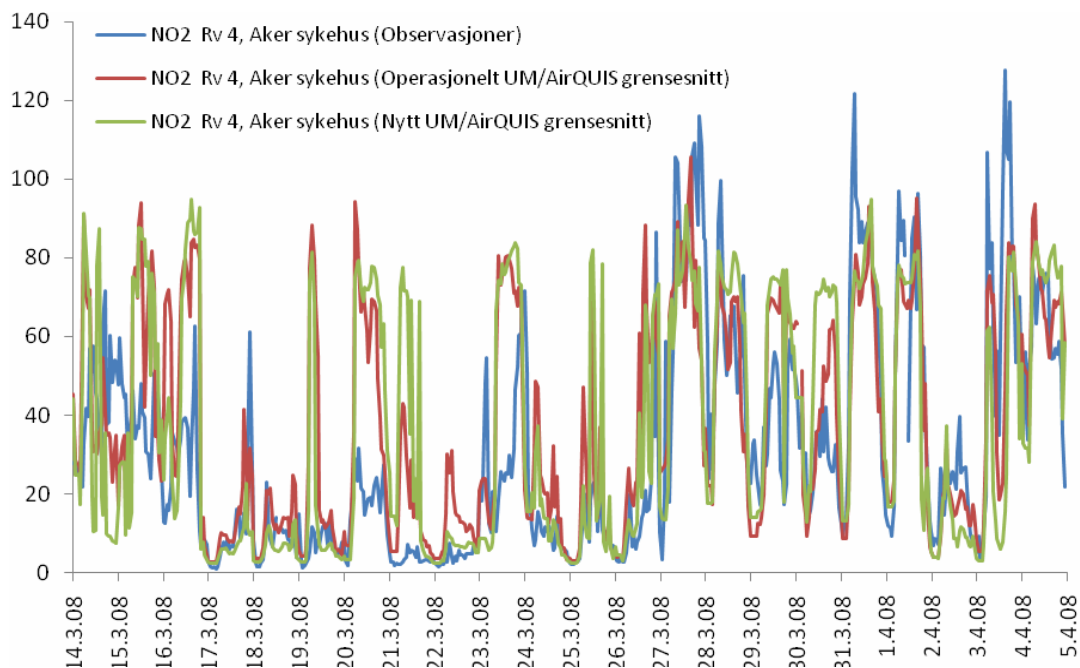
Figur B3.3a Sammenlikning av modellberegninger og observasjoner for påfølgende 24 timers prognoser av NO₂ (14. mars - 5. april 2008) for gatestasjonen Kirkeveien.



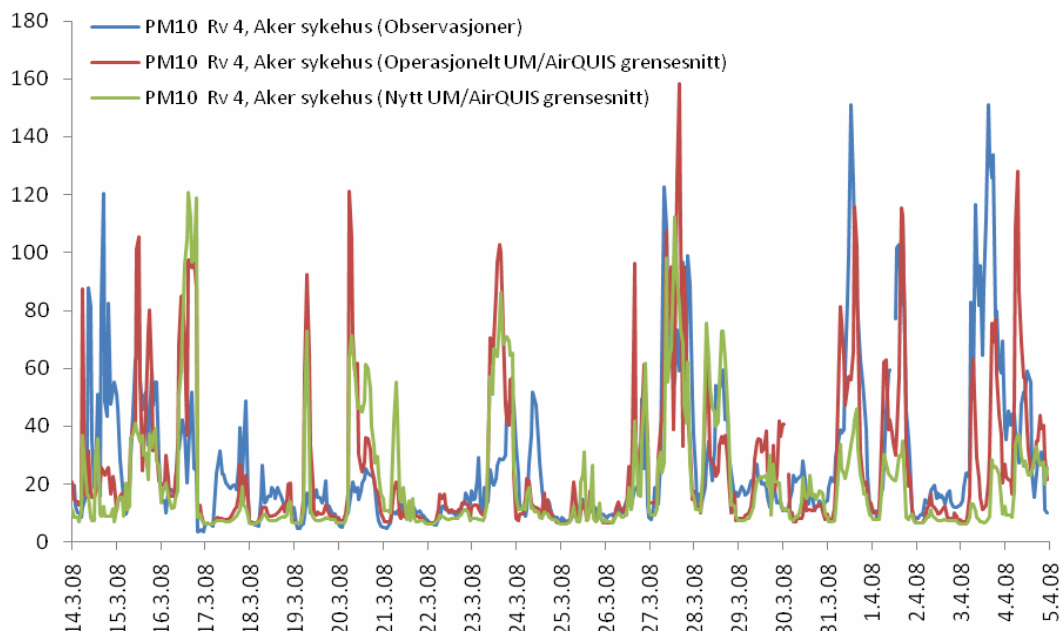
Figur B3.3b Sammenlikning av modellberegninger og observasjoner for påfølgende 24 timers prognoser av PM₁₀ (14. mars - 5. april 2008) for gatestasjonen Kirkeveien.



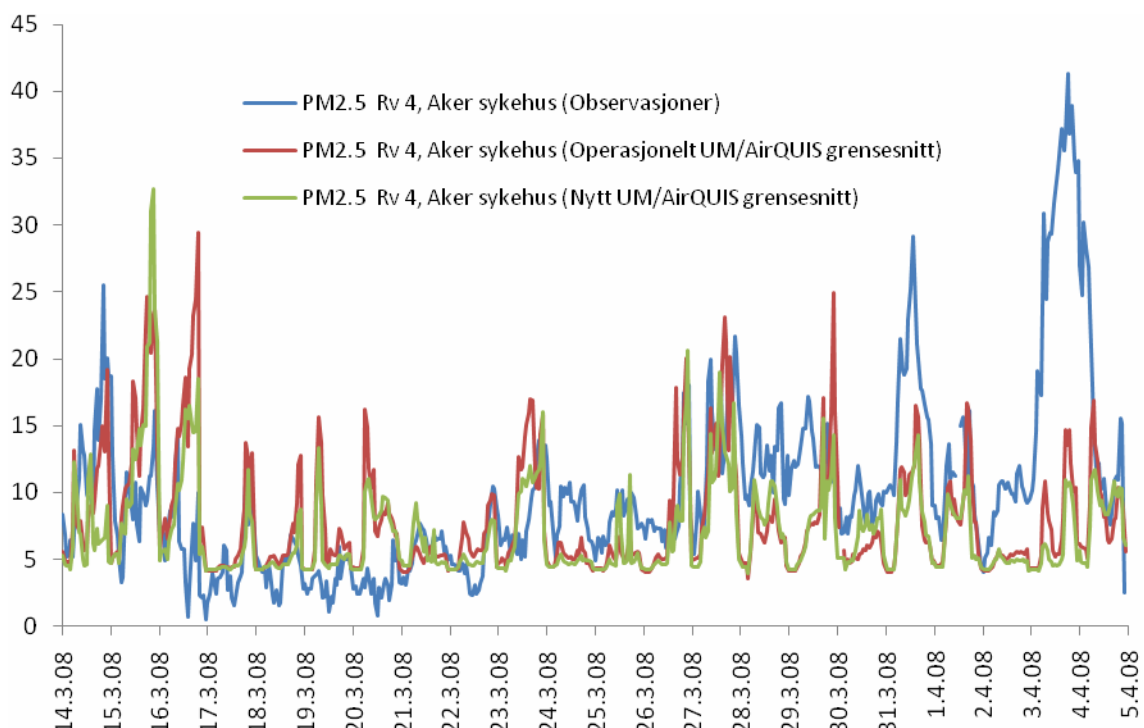
Figur B3.3c Sammenlikning av modellberegninger og observasjoner for påfølgende 24 timers prognoser av PM_{2.5} (14. mars - 5. april 2008) for gatestasjonen Kirkeveien.



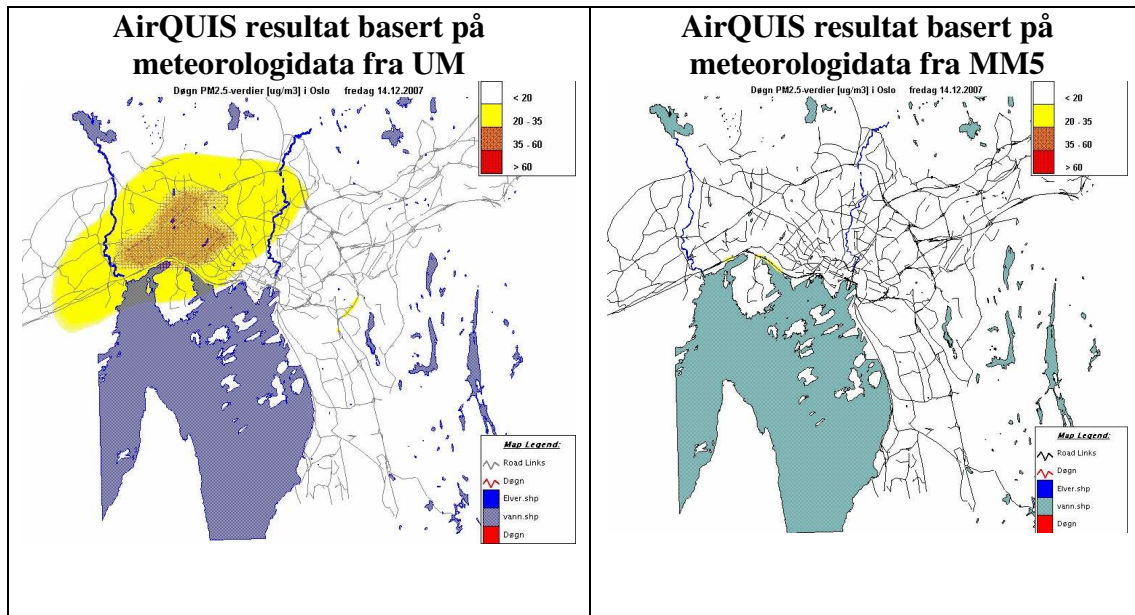
Figur B3.4a Sammenlikning av modellberegninger og observasjoner for påfølgende 24 timers prognoser av NO₂ (14. mars - 5. april 2008) for gatestasjonen RV4, Aker sykehus.



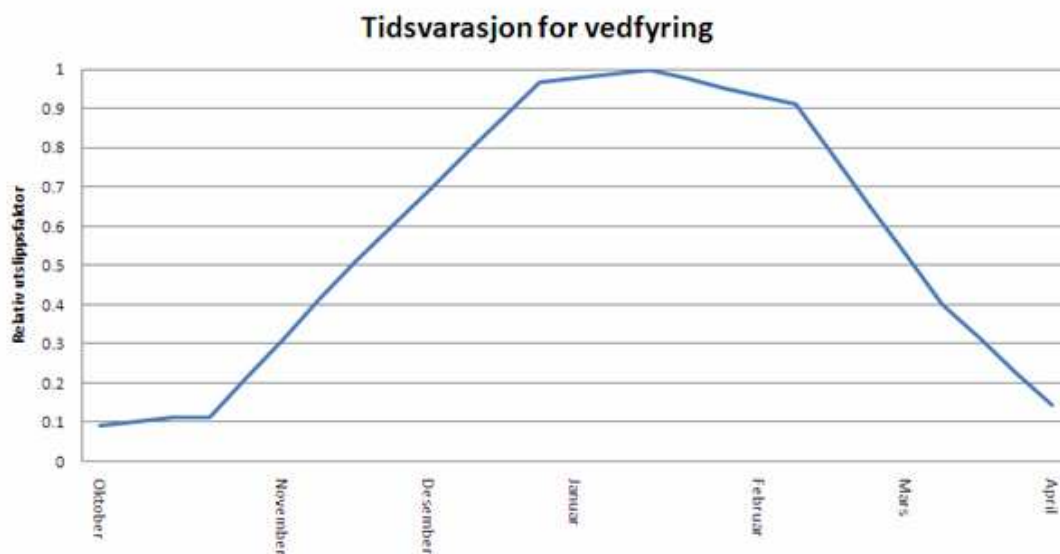
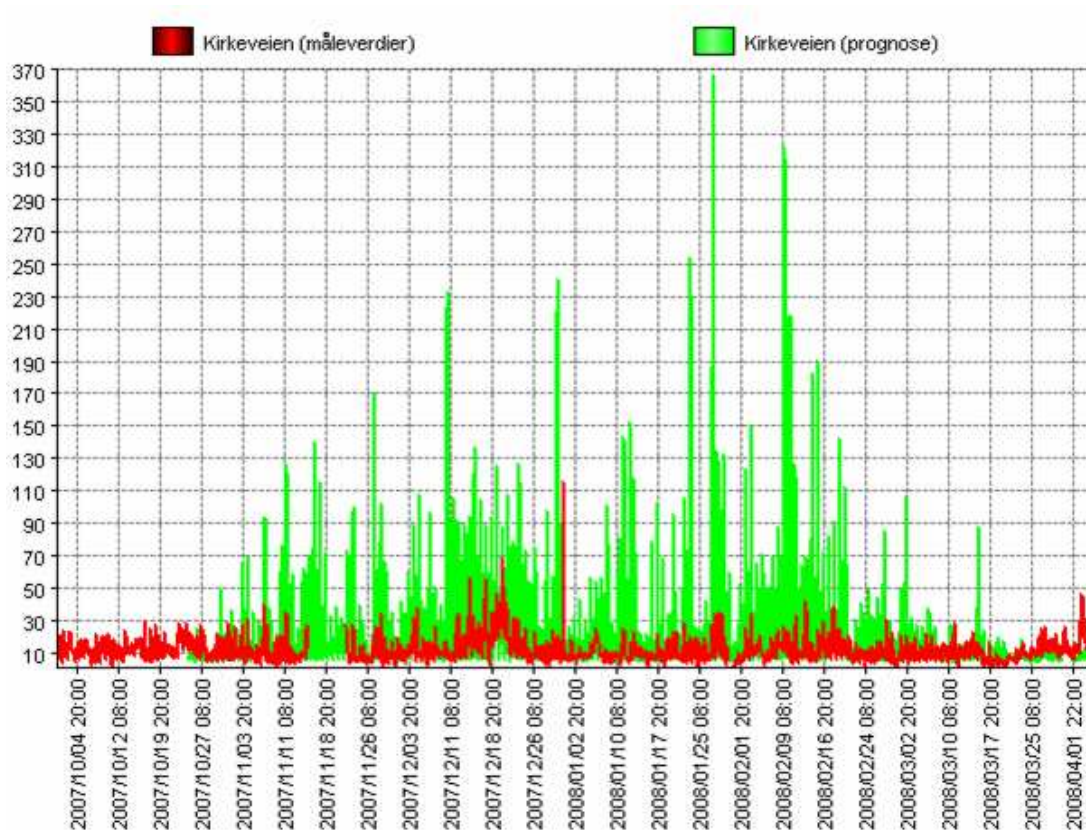
Figur B3.4b Sammenlikning av modellberegninger og observasjoner for påfølgende 24 timers prognoser av NO_2 (14. mars - 5. april 2008) for gatestasjonen RV4, Aker sykehus.



Figur B3.4c Sammenlikning av modellberegninger og observasjoner for påfølgende 24 timers prognoser av NO_2 (14. mars - 5. april 2008) for gatestasjonen RV4, Aker sykehus.

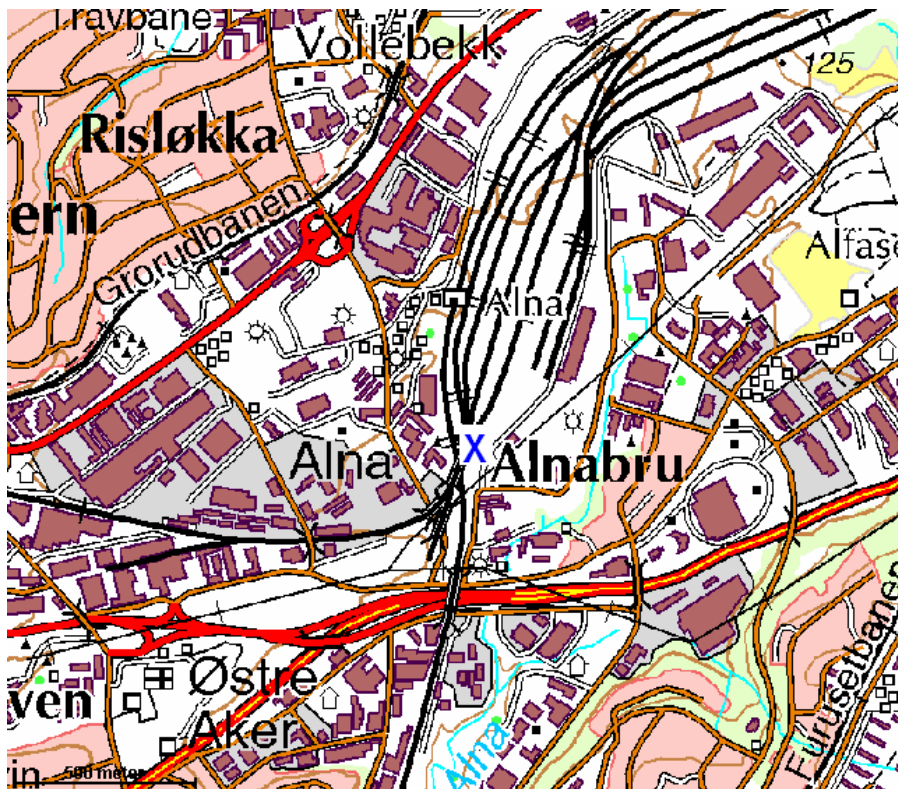


Figur B3.5 AirQUIS beregninger av PM_{2,5} konsentrasjon med hhv. meteorologidata fra UM og MM5; og ellers identiske forutsetninger i begge beregningene. Kartene viser utbredelse av PM_{2,5}-konsentrasjoner 14. Desember.

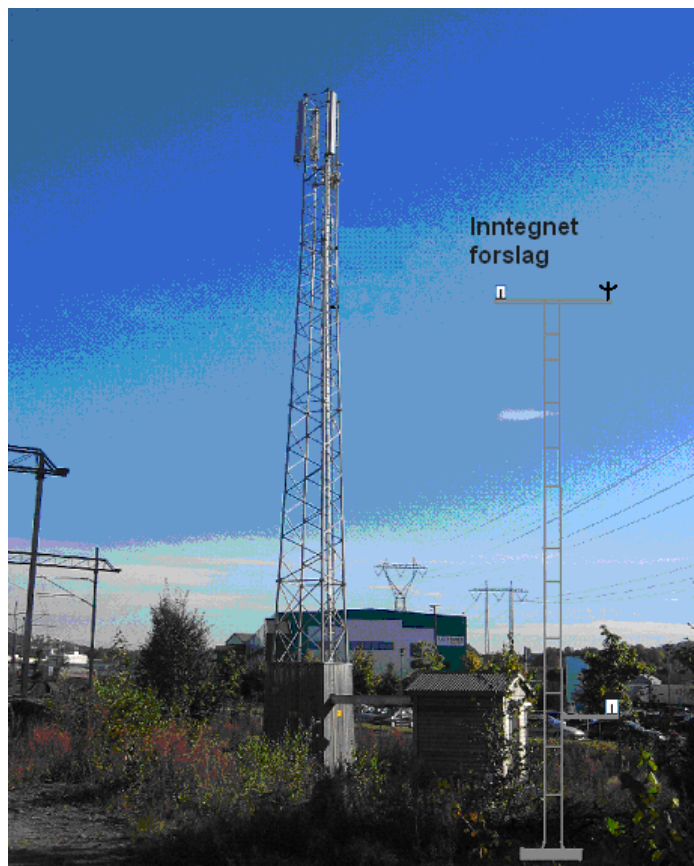


Figur B3.6 Øverste panel viser AirQUIS beregninger av $PM_{2.5}$ konsentrasjon med hhv. meteorologidata fra UM og MM5 (og ellers identiske forutsetninger i begge beregningene) sammen med måledata fra Kirkeveien. Nederste panel viser tidsvarasjon for utslipp fra vedfyring som er viktigste kilde for å beregne $PM_{2.5}$.

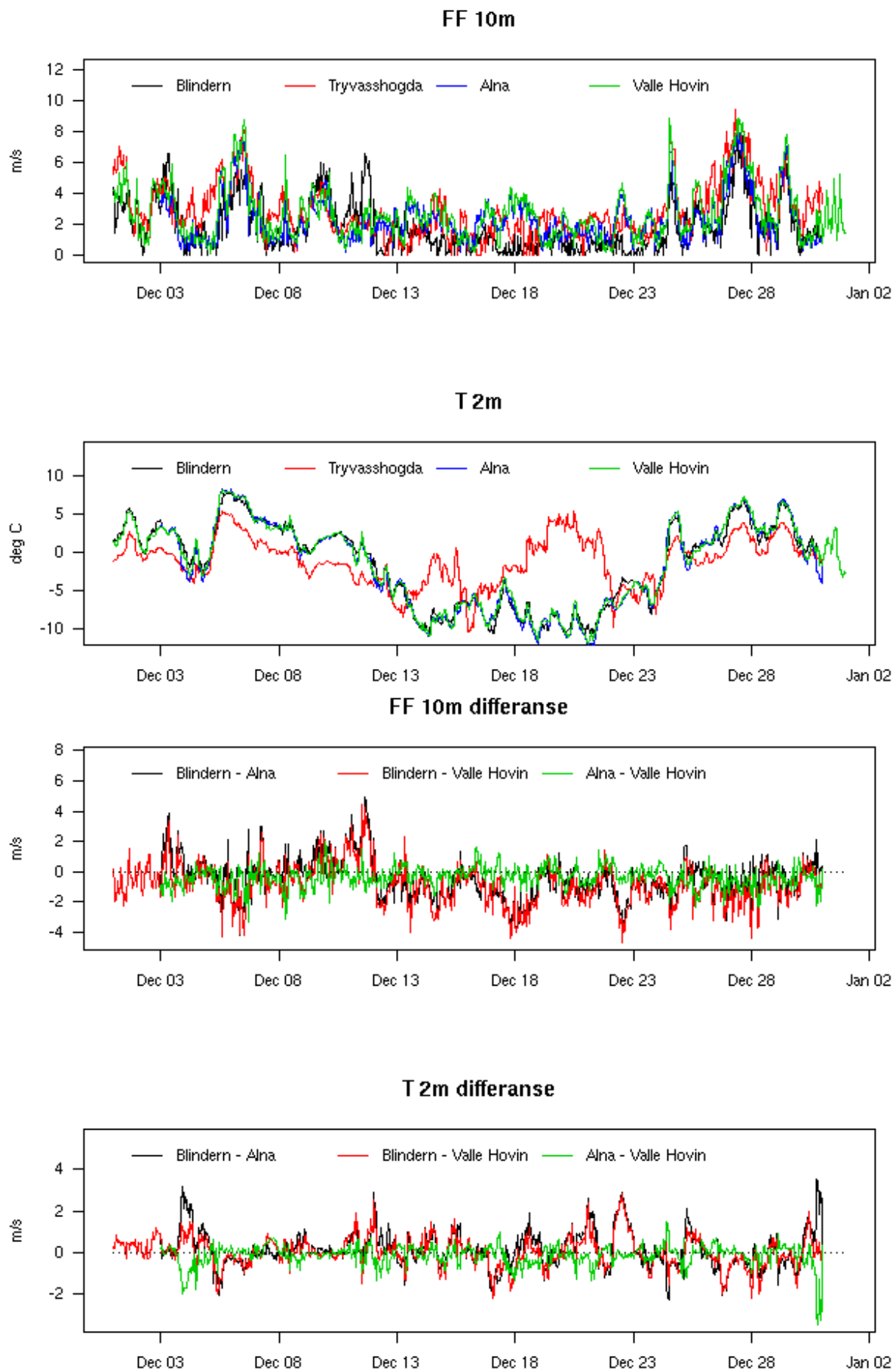
FIGURER TIL KAPITTEL 4



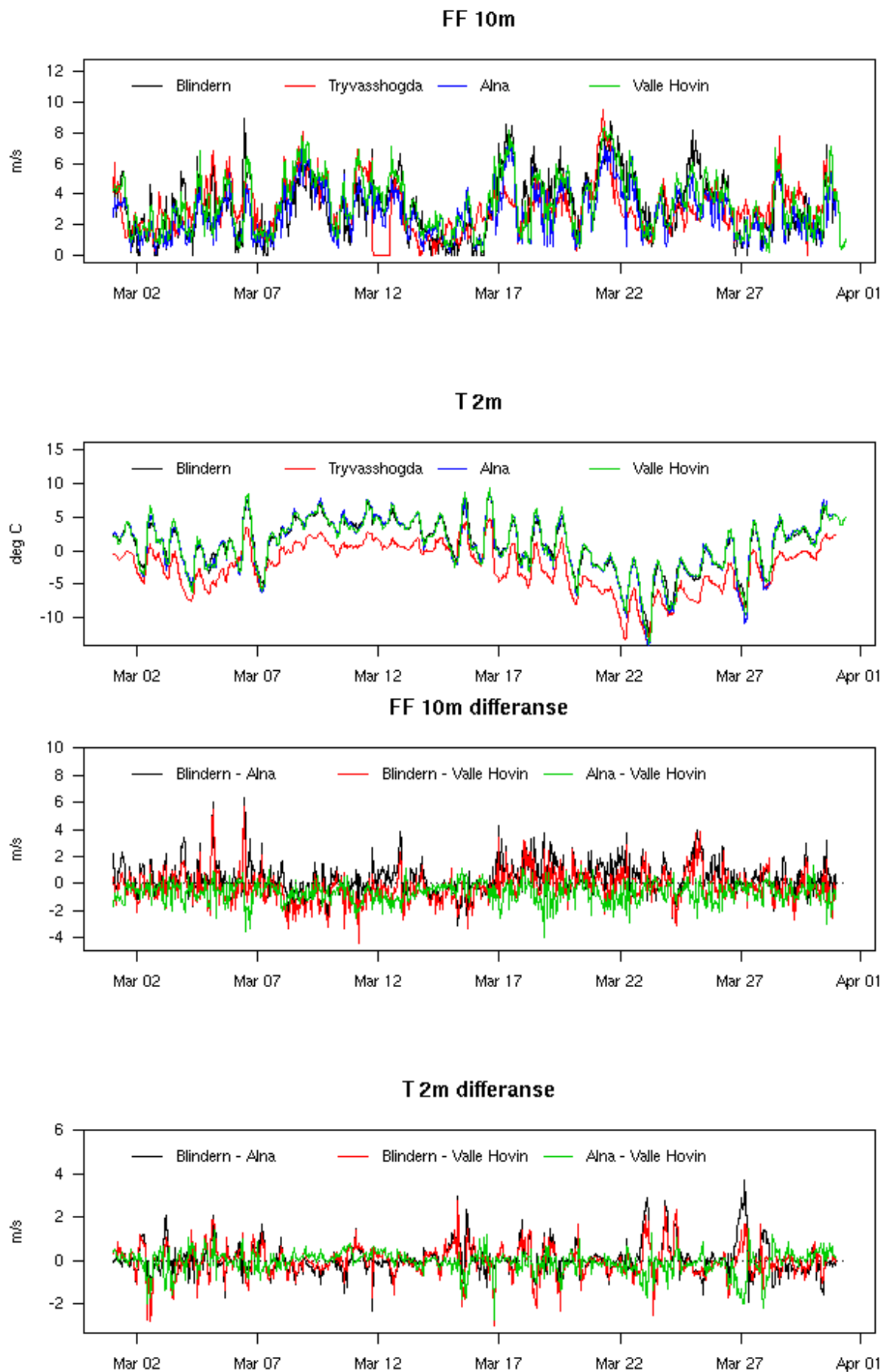
Figur B4.1 Alna-området med lokalisering av observasjonsstasjonen (blått kryss)



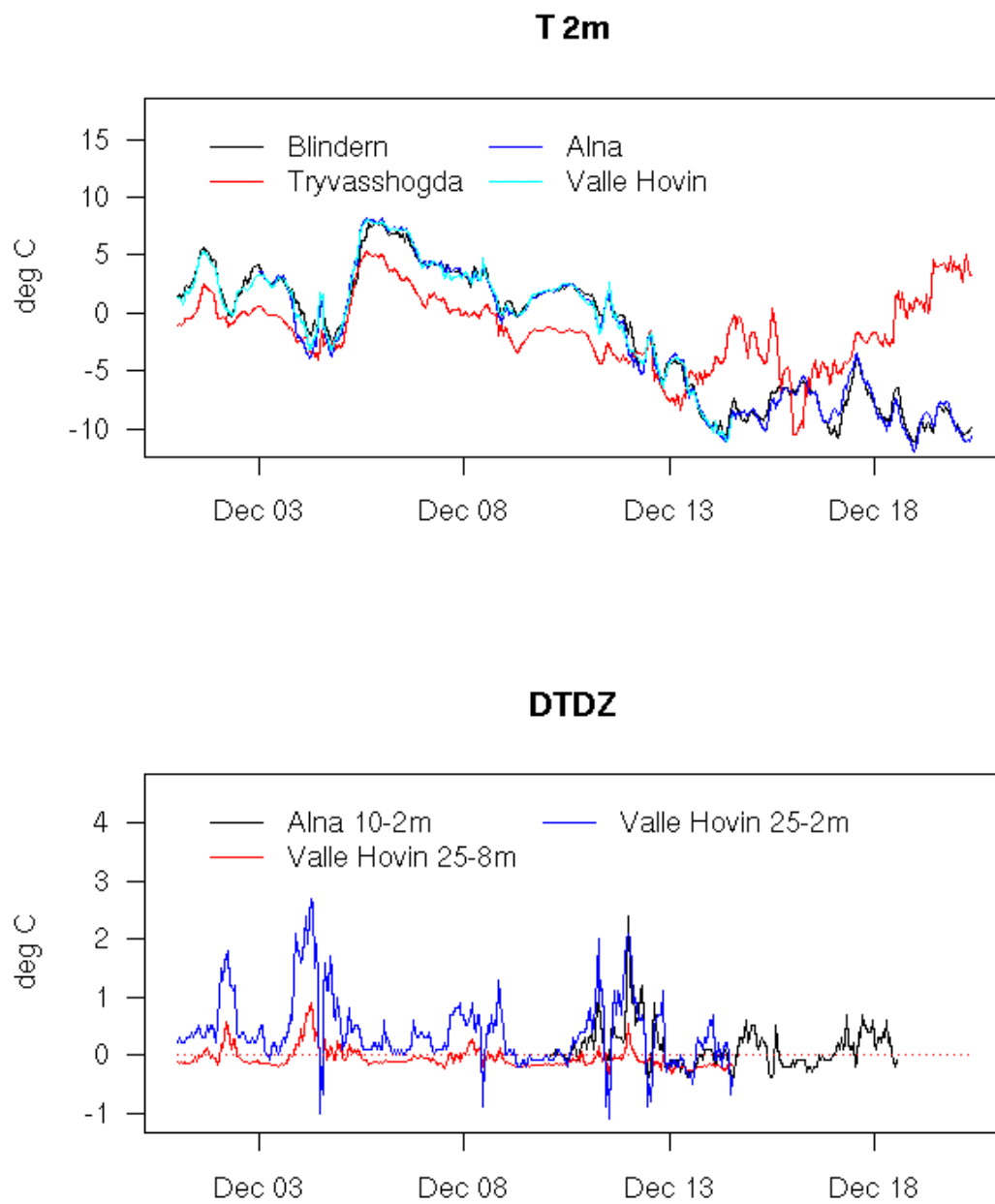
Figur B4.2 Foto fra stasjonslokaliteten på Alna med inntegnet mast for instrumentering.



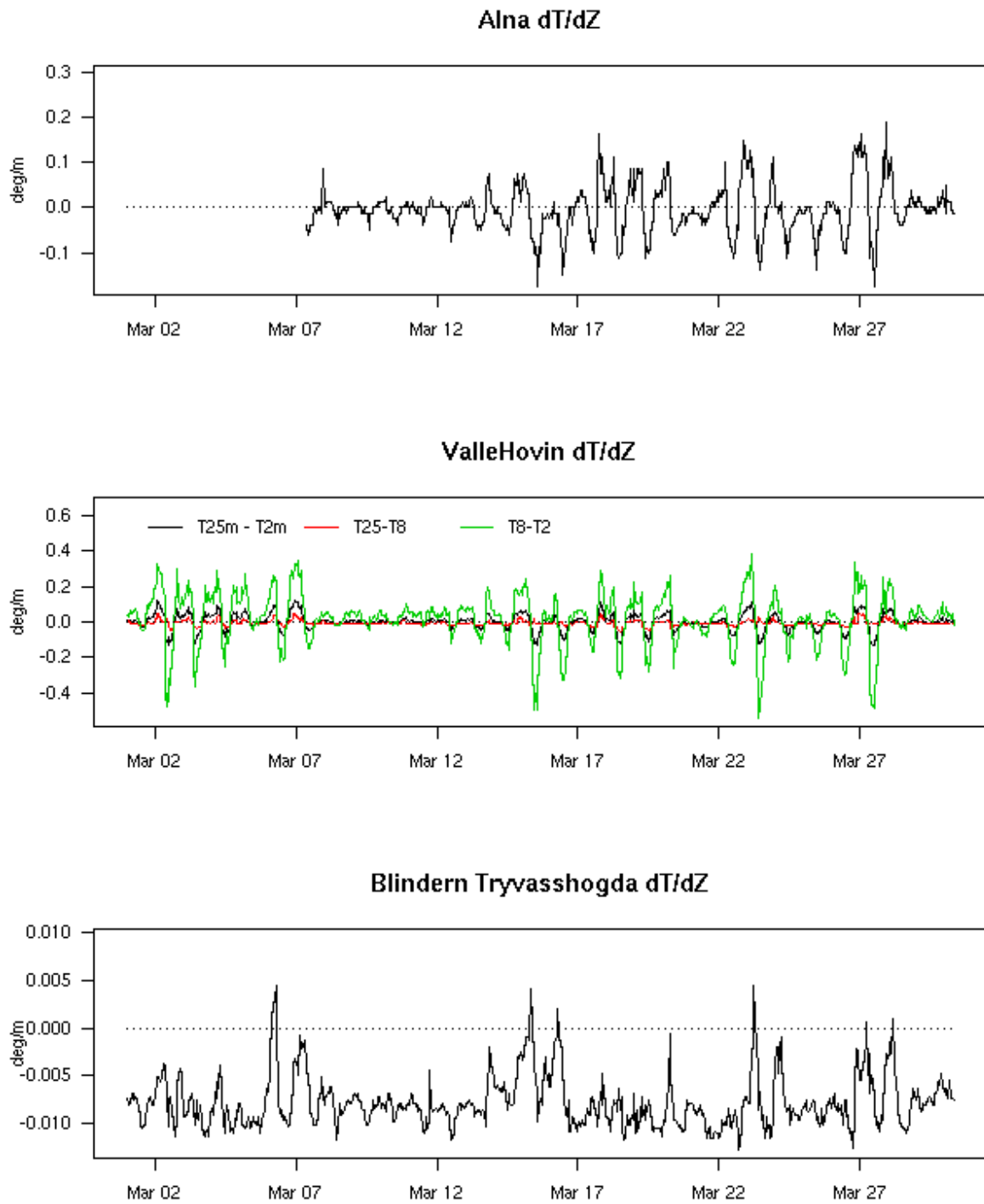
Figur B4.3 Meteorologiske observasjoner fra Oslo desember 2007



Figur B4.4 Meteorologiske observasjoner fra Oslo mars 2008



Figur B4.5 Meteorologiske observasjoner fra Oslo desember 2007

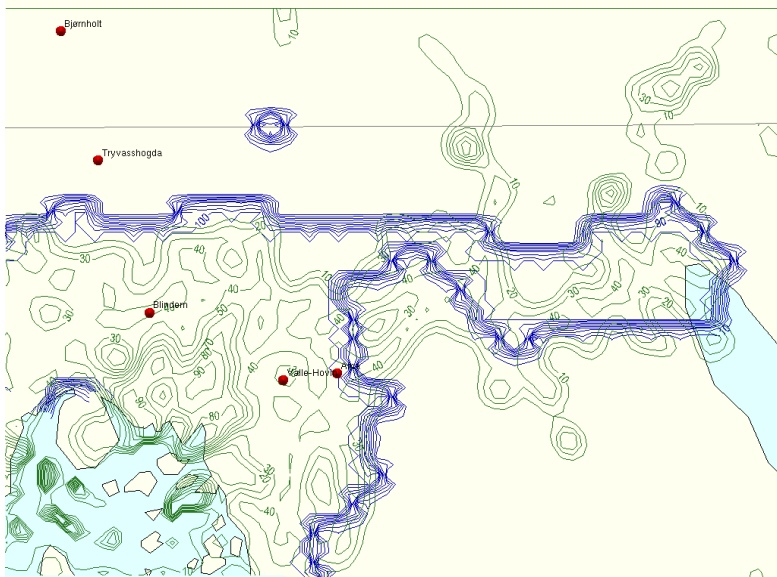


Figur B4.6 Meteorologiske observasjoner fra Oslo mars 2008

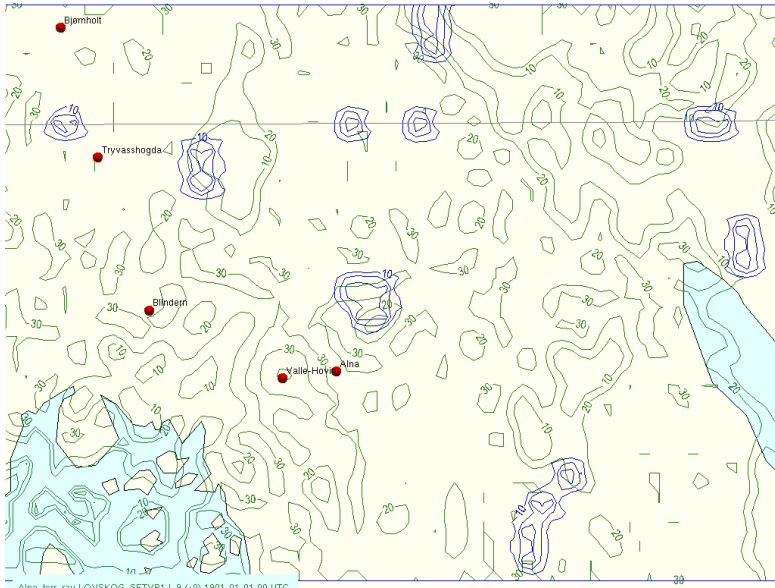
FIGURER TIL KAPITTEL 5



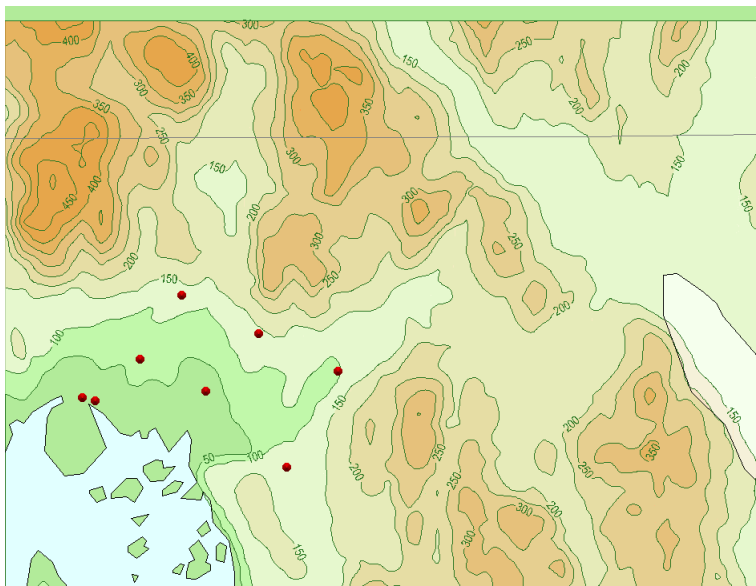
Figur B5.1 Flyfoto av området som dekkes av Alna-modellen (kilde <http://www.norgebilder.no/>).



Figur B5.2 Fraksjon av urban overflate i UM basert på UM database med 1 km oppløsning (blå) og basert på data fra Statens Kartverk (grønn). Meteorologiske observasjonsstasjoner vist med rødt.

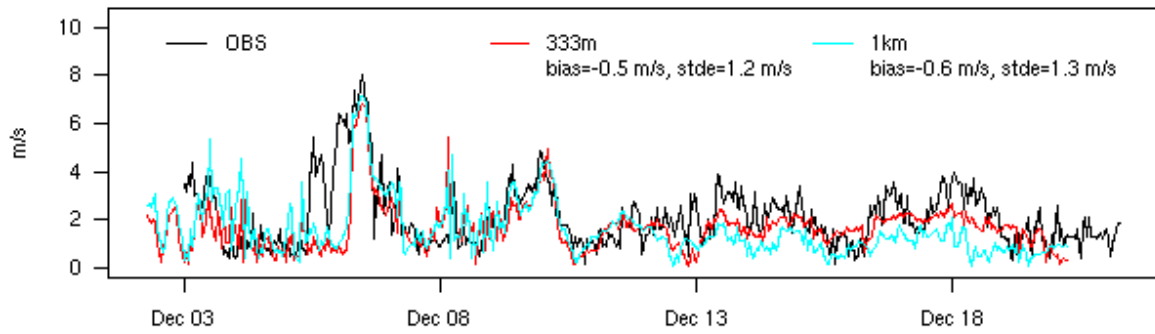


Figur B5.3 Fraksjon løvskog i UM basert på UM database med 1 km oppløsning (blå) og basert på data fra Statens Kartverk (grønn). Meteorologiske observasjonsstasjoner vist med rødt.

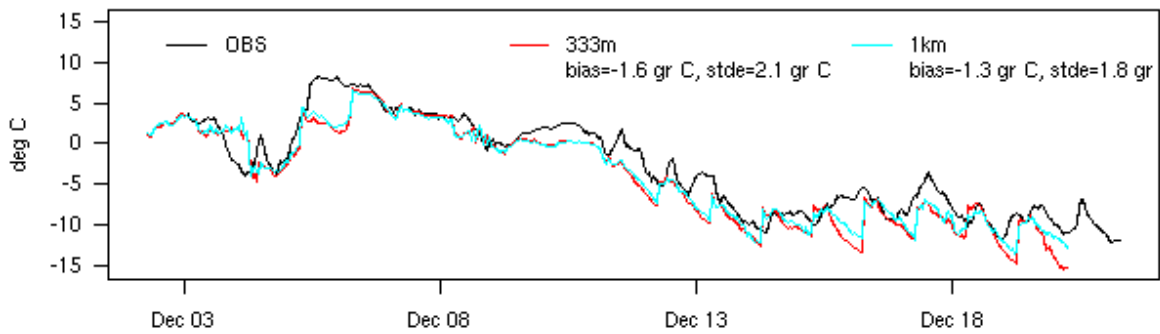


Figur B5.4 Topografi for Alna-området basert på 100m data fra Statens Kartverk. Målestasjoner for luftforurensning vist med rødt.

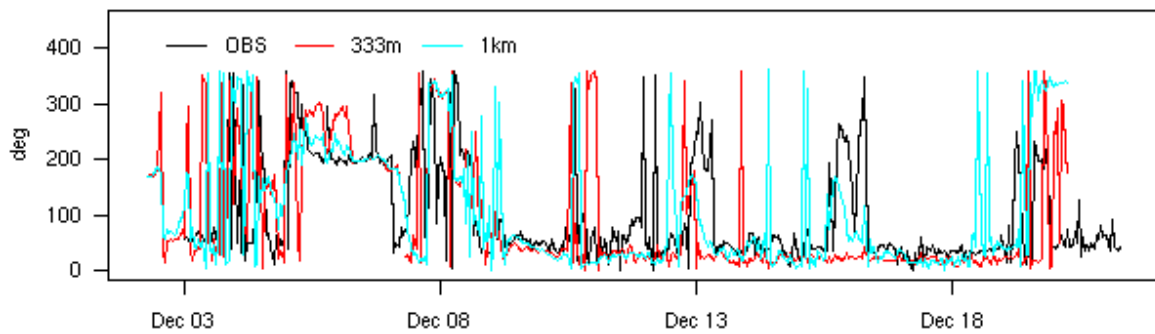
FF 10m Alna



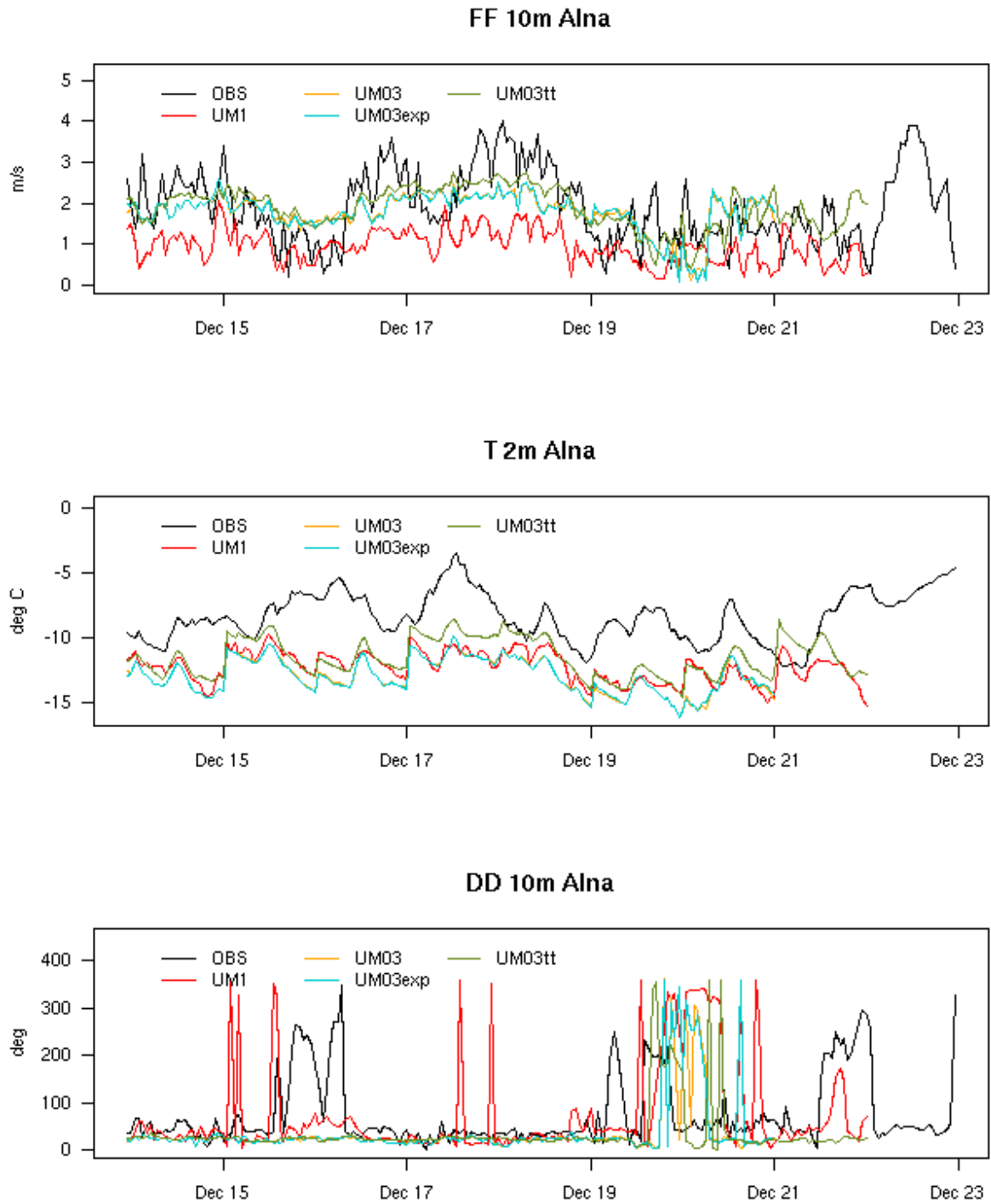
T 2m Alna



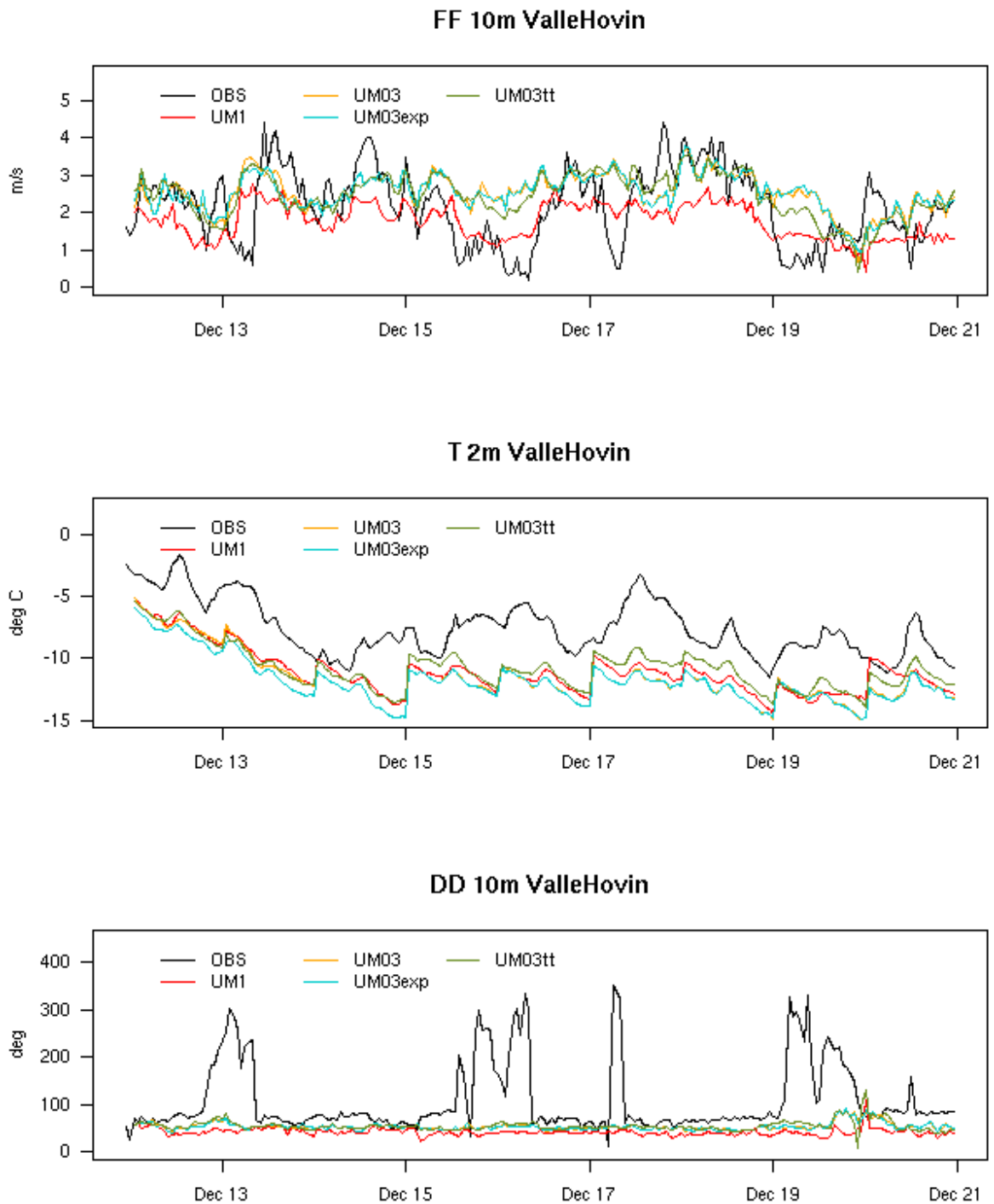
DD 10m Alna



Figur B5.5 Observasjoner (svart) og prognoser for 10m vindhastighet (øverst), 2m temperatur (midten) og 10m vindretning (nederst) på Alna med UM 333m (rød) og UM 1km (lysblå) for 1. – 19. desember 2007.

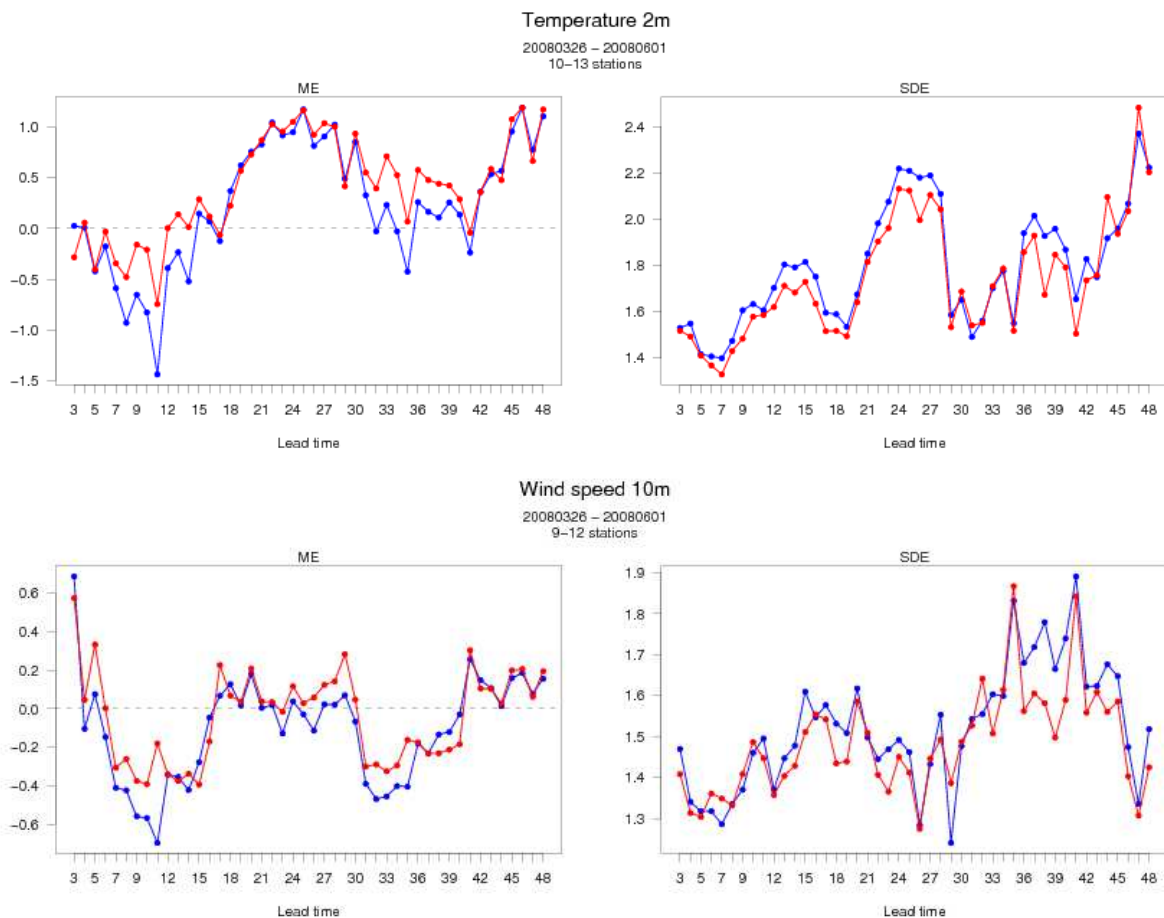


Figur B5.6 Observasjoner (svart) og prognoser for 2m temperatur (øverst), 10m vindhastighet (midten) og 10m vindretning (nederst) på Alna med UM 1km (rød), UM 333m (lysbrun), UM 333m med justerte verdier for LAI og CH (lysblå) og UM 333m med endringer beskrevet i kap 6 (grønn) 13. – 19. desember 2007.

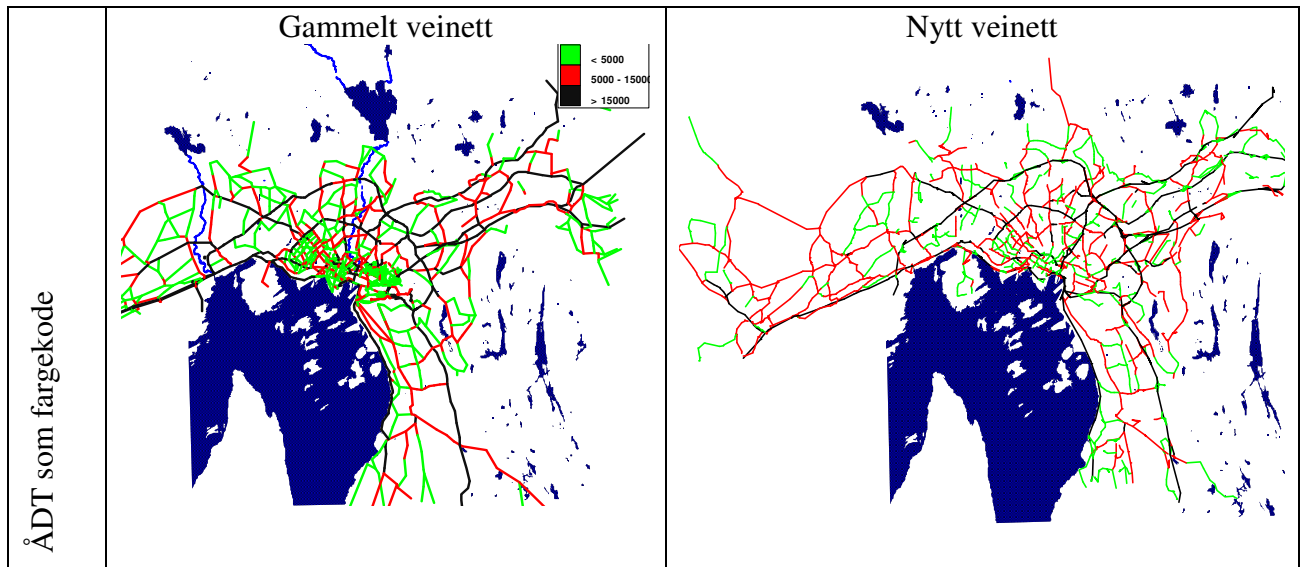


Figur B5.7 Observasjoner (svart) og prognoser for 2m temperatur (øverst), 10m vindhastighet (midten) og 10m vindretning (nederst) på Valle Hovin med UM 1km (rød), UM 333m (lysbrun), UM 333m med justerte verdier for LAI og CH (lysblå) og UM 333m med endringer beskrevet i kap 6 (grønn) 13. – 19. desember 2007.

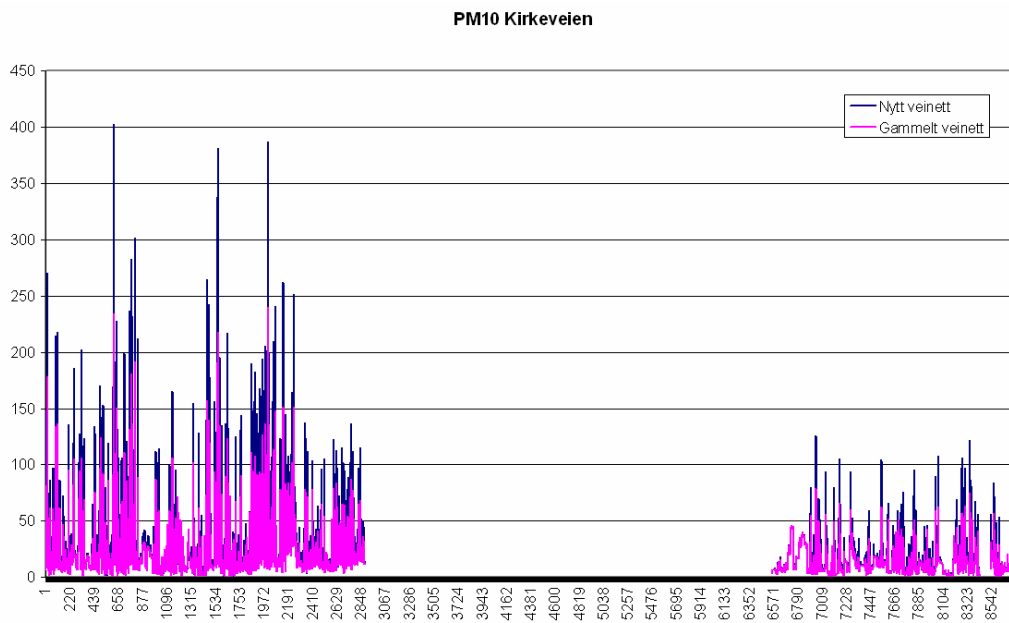
FIGURER TIL KAPITTEL 6



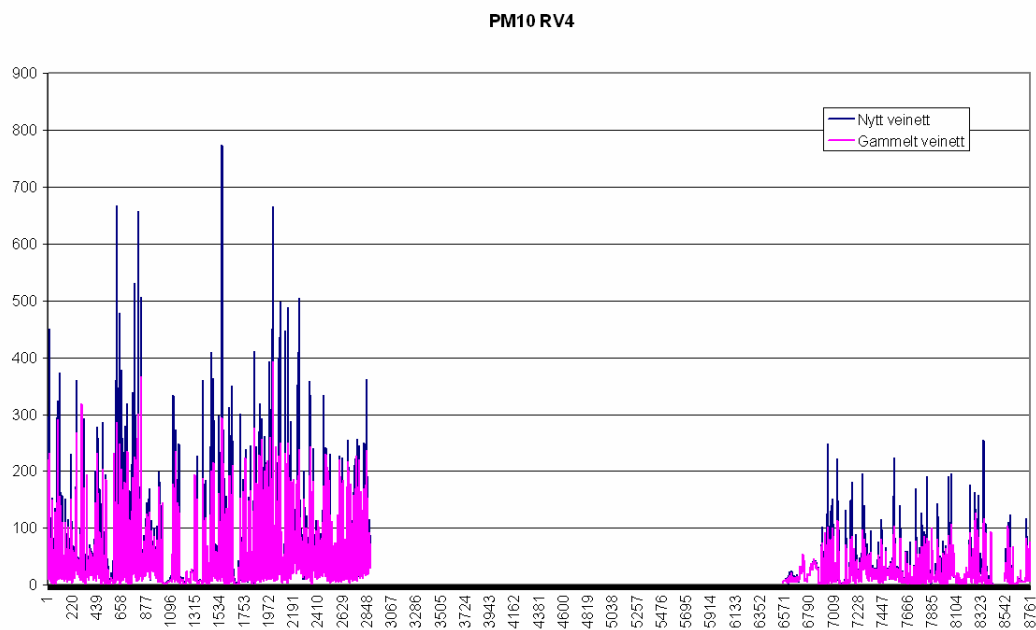
Figur B6.1 Feilstatistikk for T2m (øverst) og FF10m (nederst) og UM1 (blå) og UM1 med endringer beskrevet i kap 6 (rød) for byområdene perioden 26. mars til 31. mai 2008, til venstre bias, til høyre standardavvik av feilen.



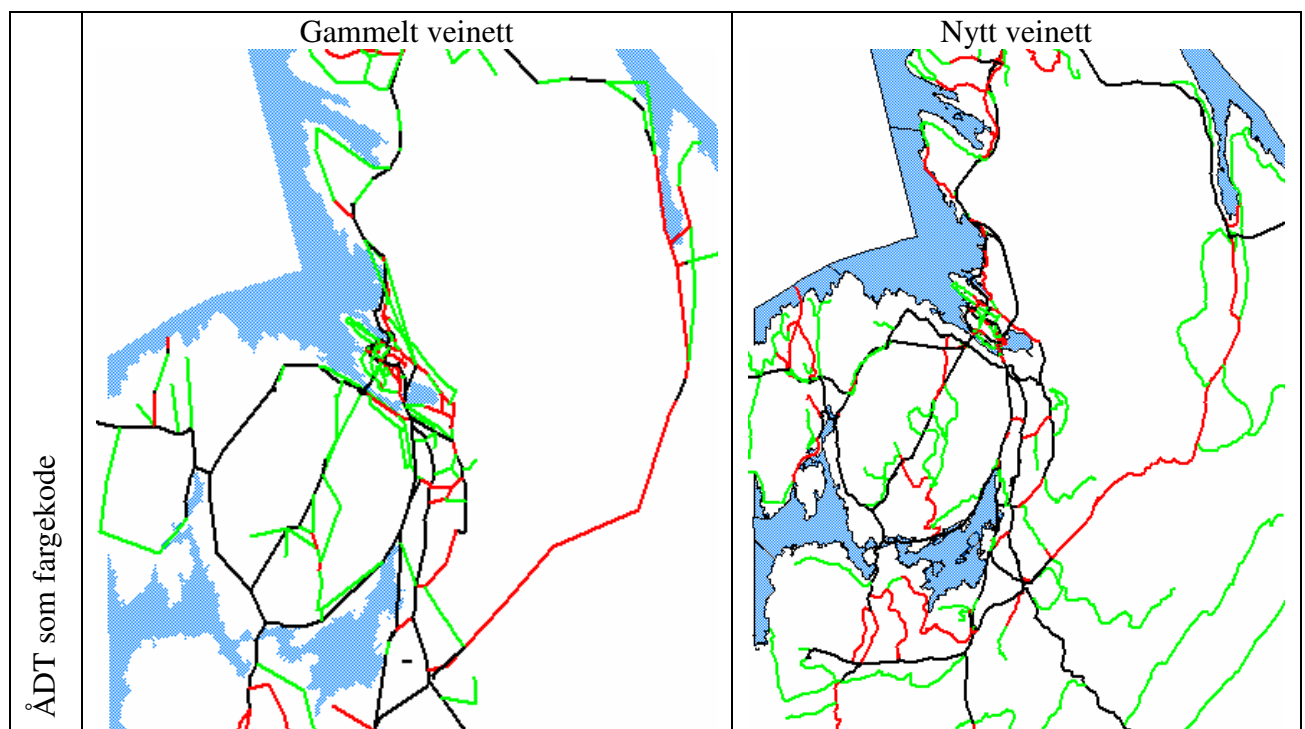
Figur B7.1 Oslo, veilenker er farget etter ÅDT-tall for etablerte og oppdaterte trafikkdata.
 Grønne lenker: < 5000ÅDT; Røde lenker: 5000-15000ÅDT;
 Sorte lenker: > 15000 ÅDT.



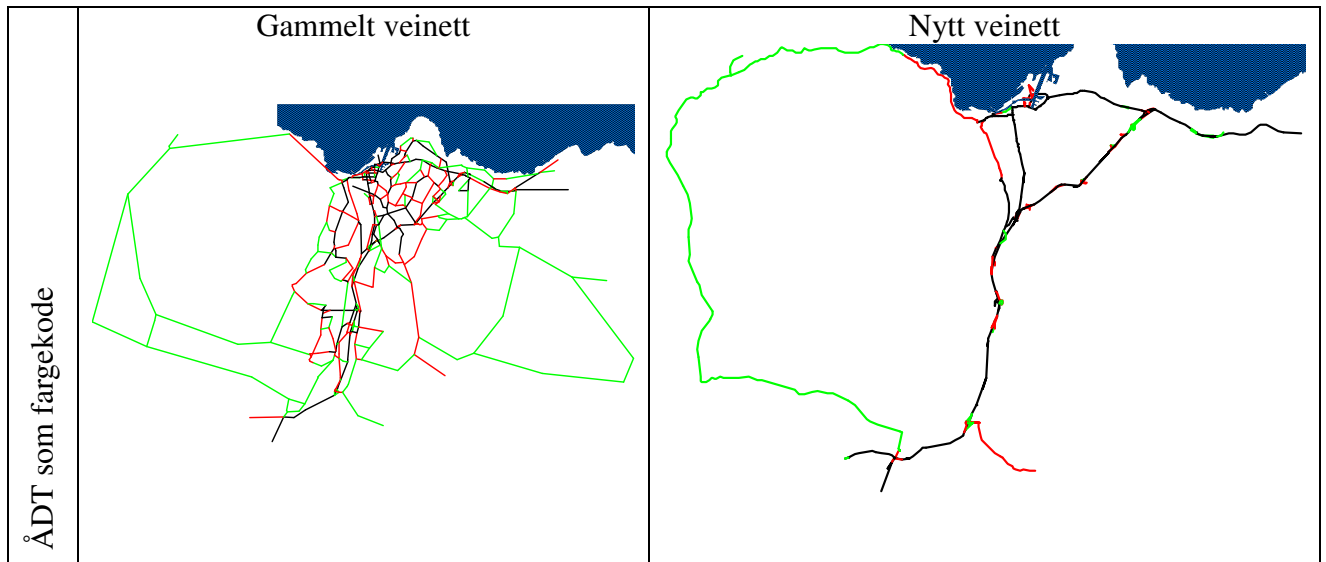
Figur B7.2 Modellerte timeverdier av PM₁₀ ved Kirkeveien med både etablerte og oppdaterte trafikkdata.



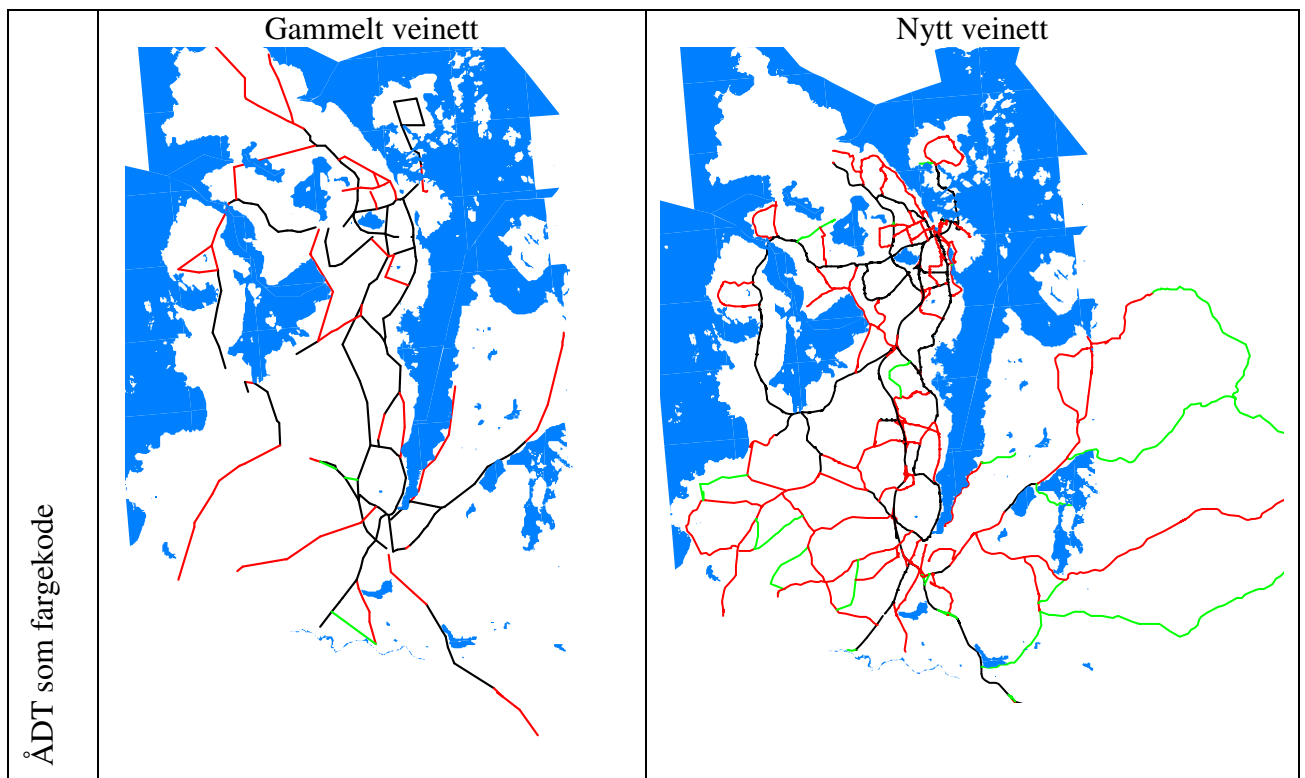
Figur B7.3 Modellerte timeverdier av PM_{10} ved riksvei 4 med både etablerte og oppdaterte trafikkdata.



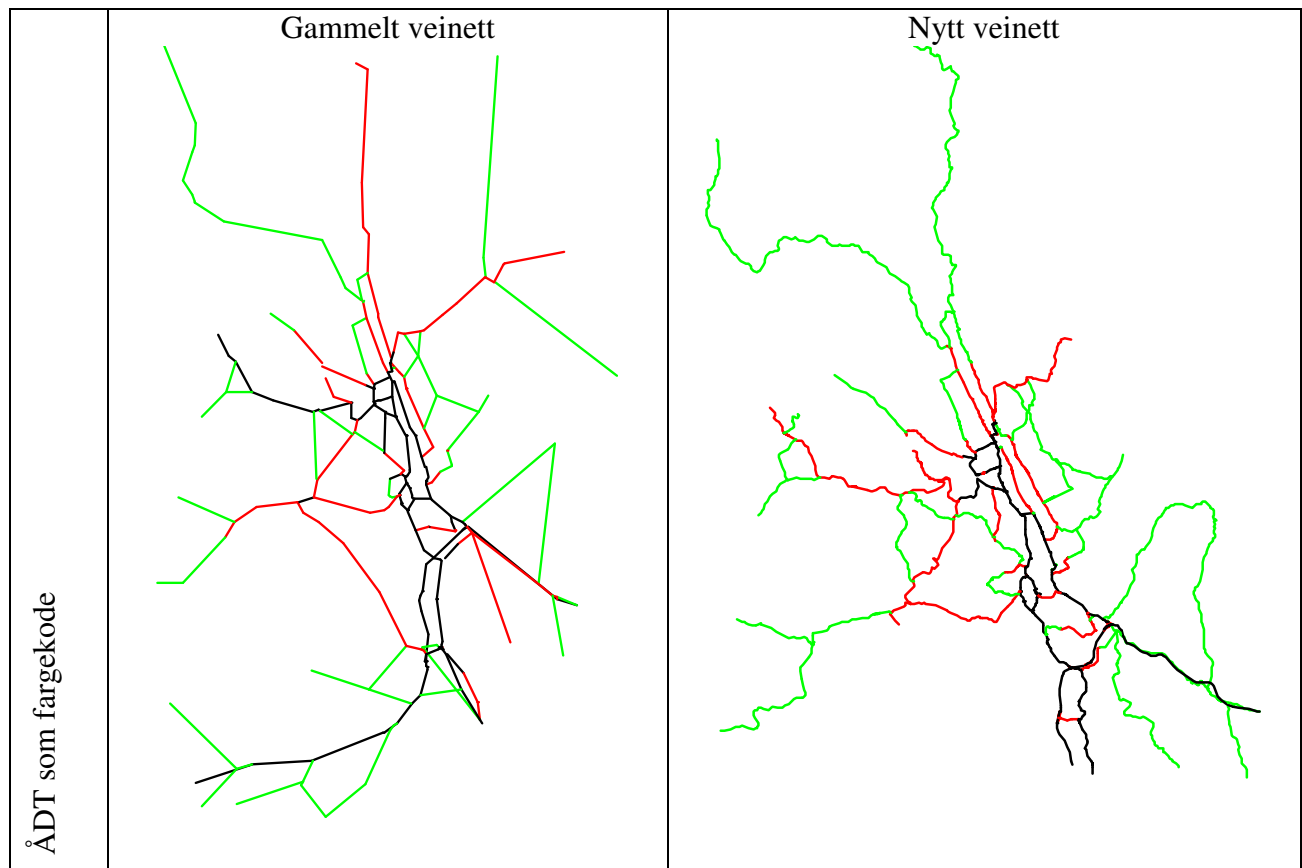
Figur B7.4 Bergen, veilenker er farget etter ÅDT-tall for etablerte og oppdaterte trafikkdata.
 Grønne lenker: < 5000 ÅDT; Røde lenker: 5000-15000 ÅDT;
 Sorte lenker: > 15000 ÅDT.



Figur B7.5 Trondheim, veilenker er farget etter ÅDT-tall for etablerte og oppdaterte trafikk tall. Grønne lenker: < 5000ÅDT; Røde lenker: 5000-15000ÅDT; Sorte lenker: > 15000 ÅDT.

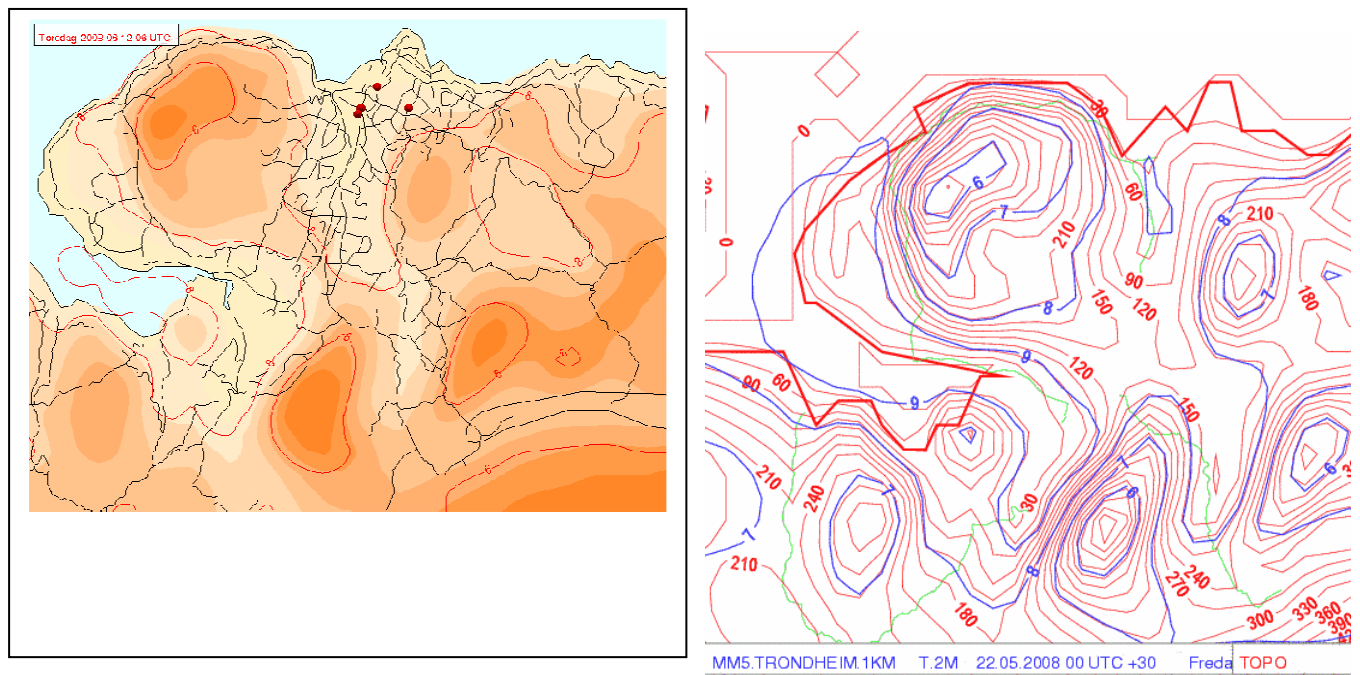


Figur B7.5 Stavanger, veilenker er farget etter ÅDT-tall for etablerte og oppdaterte trafikk tall. Grønne lenker: < 5000ÅDT; Røde lenker: 5000-15000ÅDT; Sorte lenker: > 15000 ÅDT.



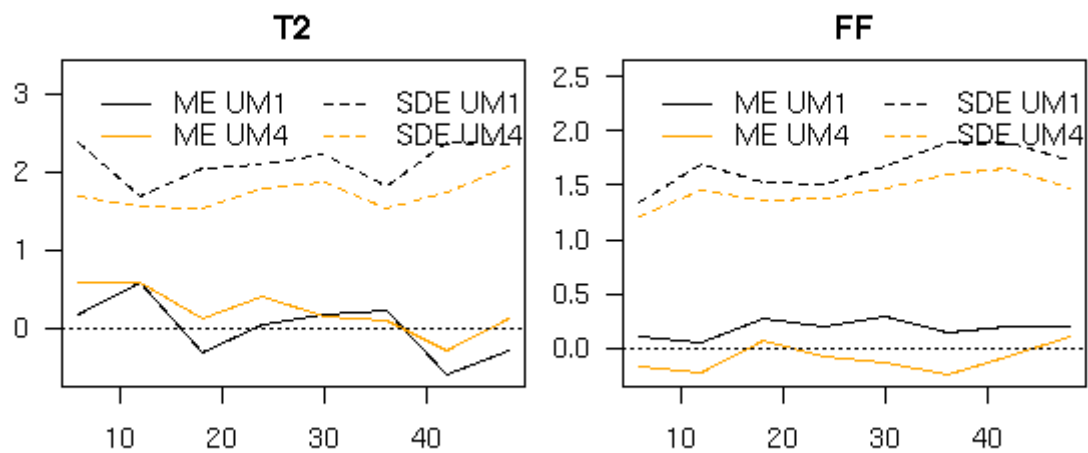
Figur B7.6 Grenland, veilenker er farget etter ÅDT-tall for etablerte og oppdaterte trafikk tall.
 Grønne lenker: < 500ÅDT; Røde lenker: 500-5000ÅDT;
 Sorte lenker: > 5000 ÅDT.

FIGURER TIL KAPITTEL 8

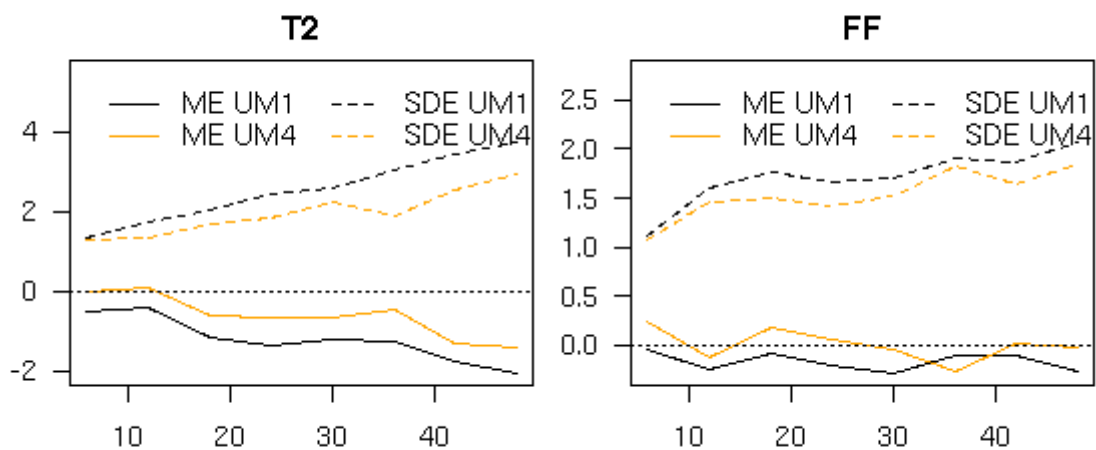


Figur B8.1 Ny (venstre) og gammel grafikk – 2m temperatur, prognosekart for Trondheim.

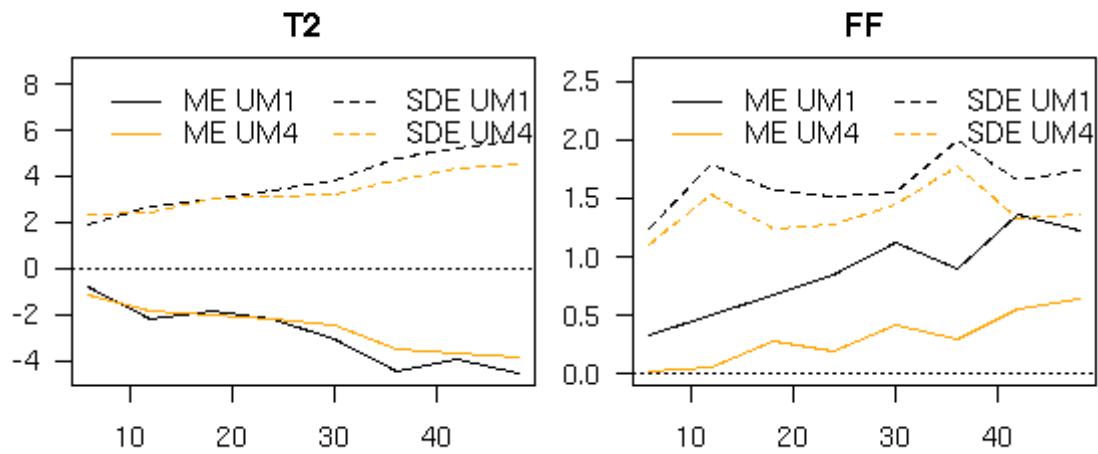
APPENDIX C



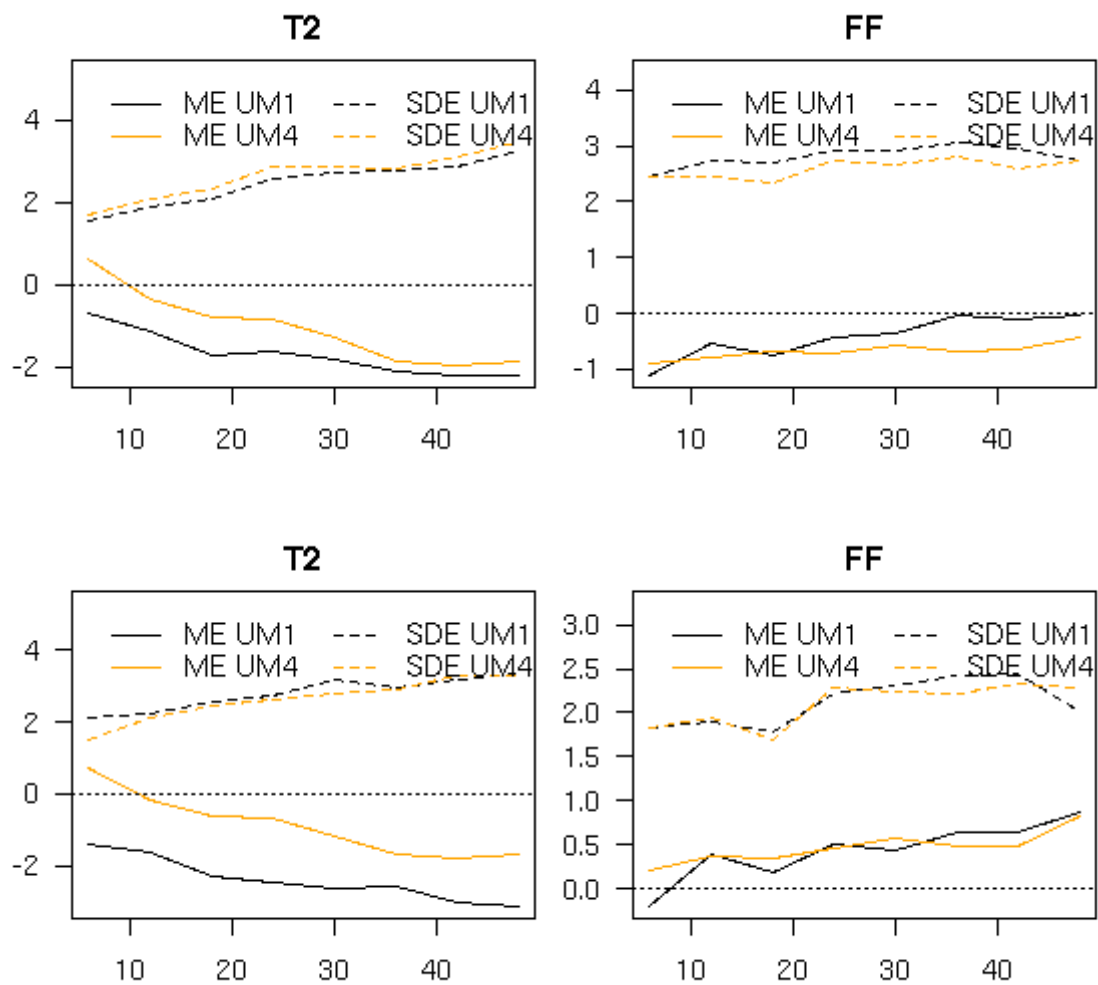
Figur C1. Bias (Mean Error) og Standardavvik av feilen i 2m temperatur og 10m vindhastighet fra UM1 (svart) og UM4 (brun) på Kjevik i Kristiansand for hver time i prognosen i gjennomsnitt for vintersesongen 1. november 2007 til 30. april 2008.



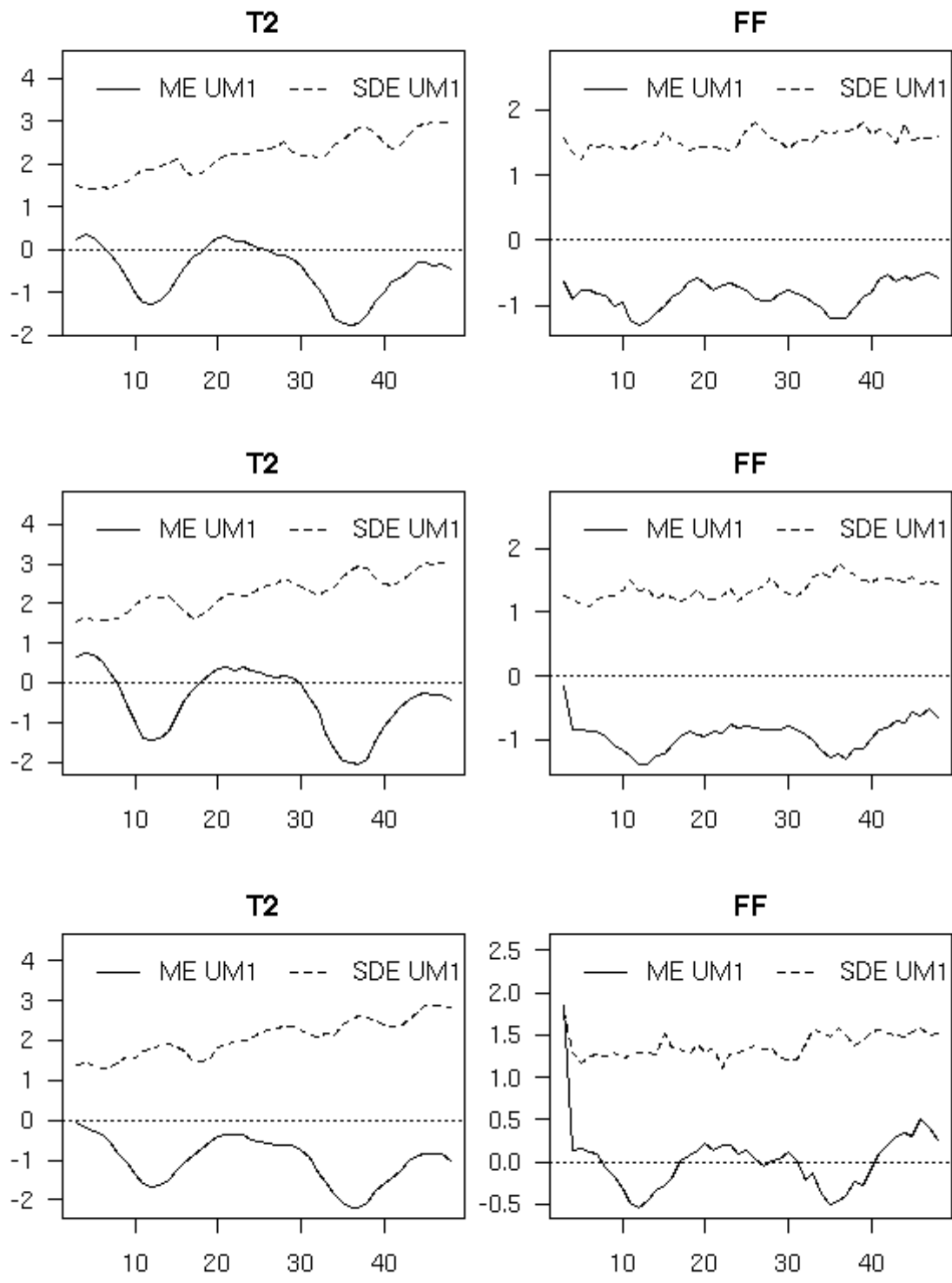
Figur C2. Bias (Mean Error) og Standardavvik av feilen i 2m temperatur og 10m vindhastighet fra UM1 (svart) og UM4 (brun) på Rygge for hver time i prognosen i gjennomsnitt for vintersesongen 1. november 2007 til 30. april 2008.



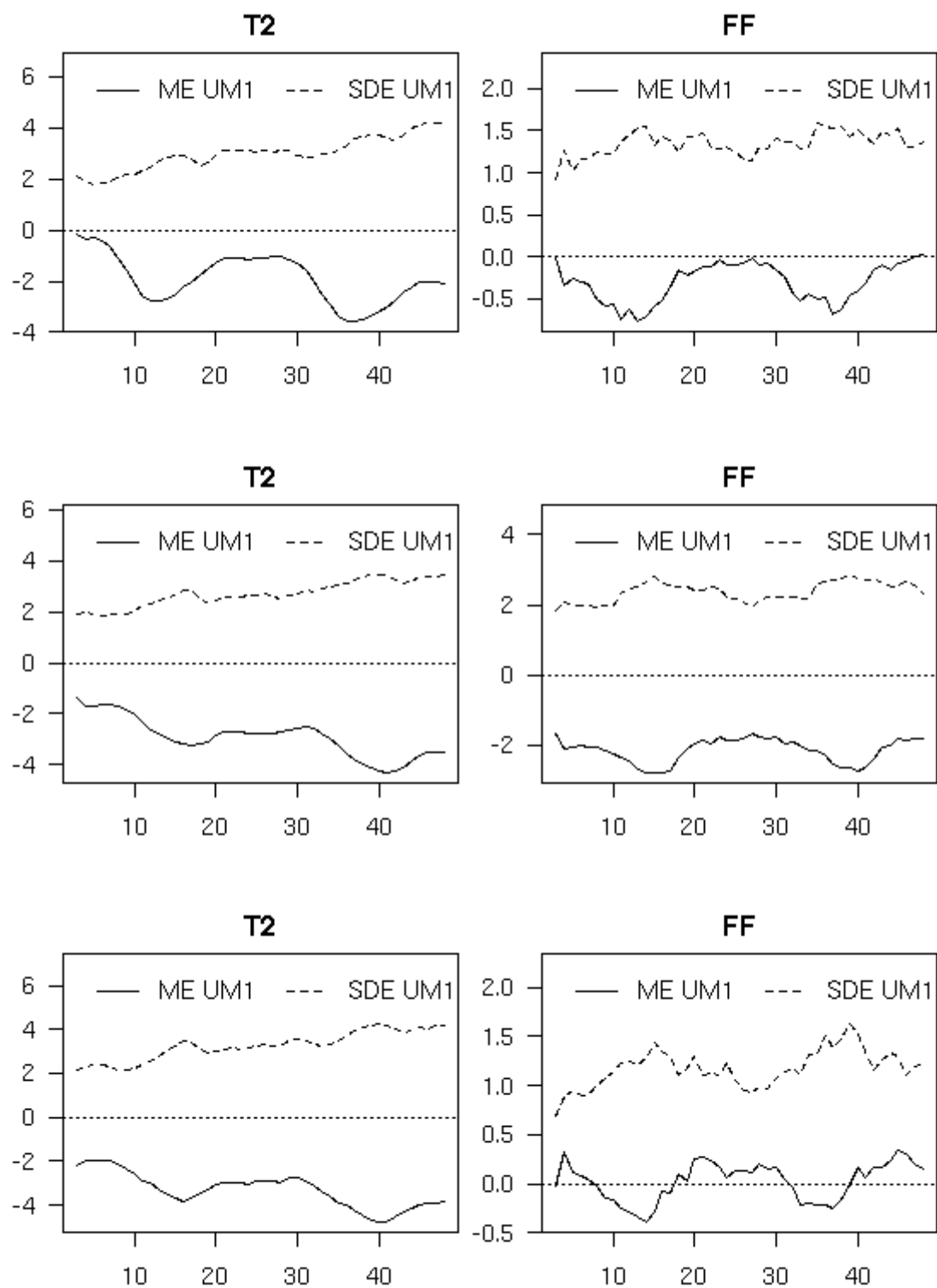
Figur C3. Bias (Mean Error) og Standardavvik av feilen i 2m temperatur og 10m vindhastighet fra UM1 (svart) og UM4 (brun) på Lillehammer for hver time i prognosen i gjennomsnitt for vinterseasonen 1. november 2007 til 30. april 2008.



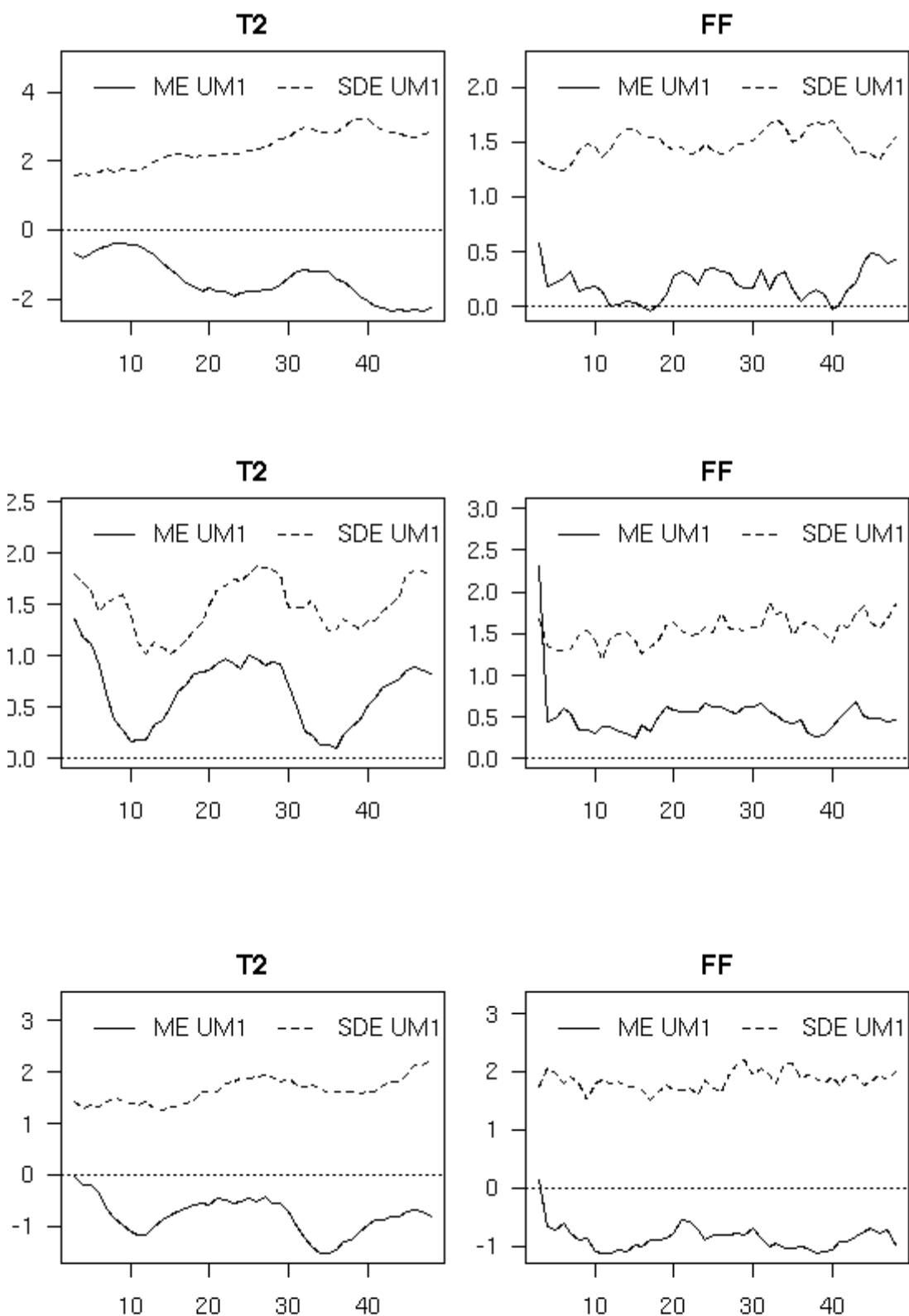
Figur C4. Bias (Mean Error) og Standardavvik av feilen i 2m temperatur og 10m vindhastighet fra UM1 (svart) og UM4 (brun) på Langnes (øverst) og i Tromsø (nederst) for hver time i prognosen i gjennomsnitt for vintersesongen 1. november 2007 til 30. april 2008.



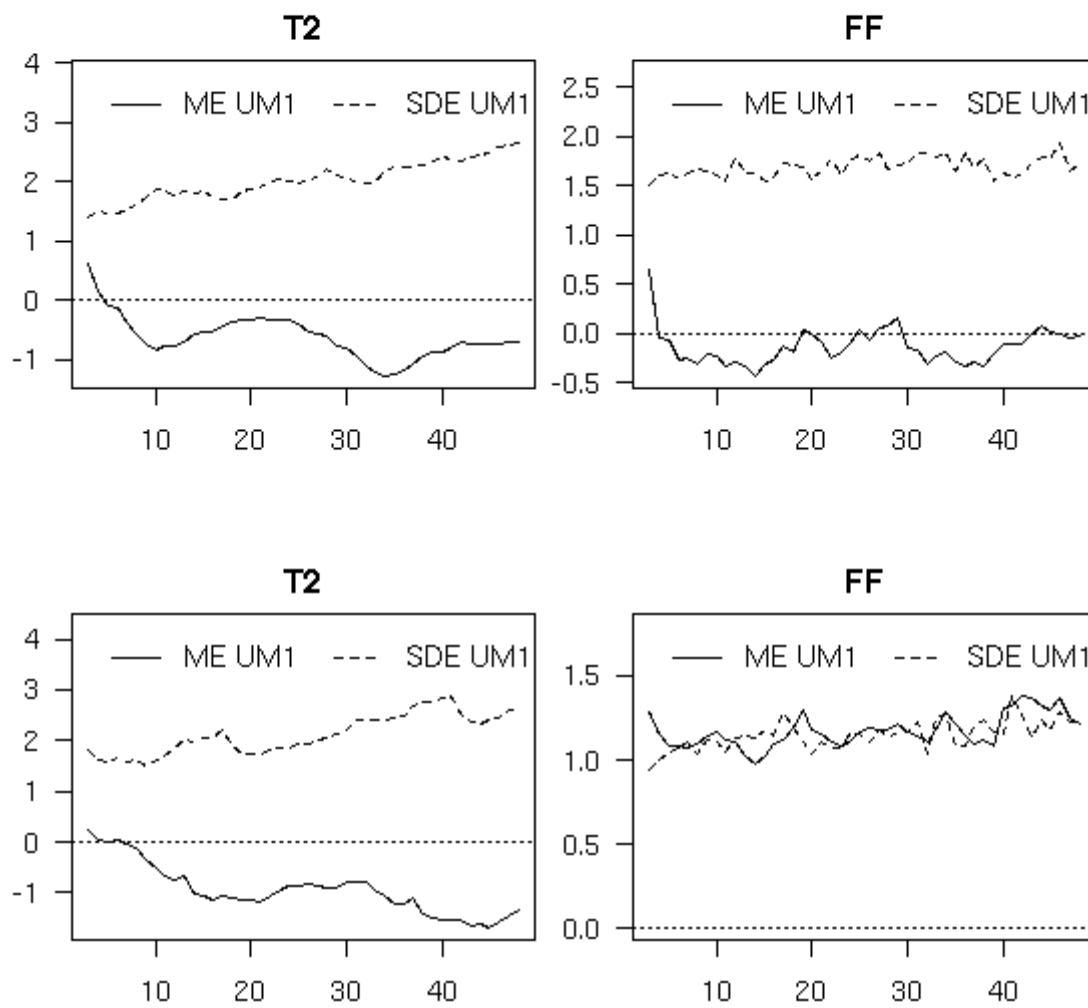
Figur C5. Bias (Mean Error) og Standardavvik av feilen i 2m temperatur og 10m vindhastighet på Blindern (øverst), Valle Hovin (midten) og Alna (nederst) i Oslo for hver time i prognosen i gjennomsnitt for vintersesongen 1. november 2007 til 30. april 2008.



Figur C6. Bias (Mean Error) og Standardavvik av feilen i 2m temperatur og 10m vindhastighet på Berskog (øverst), Gulskogen (midten) og Marienlyst (nederst) i Drammen for hver time i prognosen i gjennomsnitt for vintersesongen 1. november 2007 til 30. april 2008.



Figur C7. Bias (Mean Error) og Standardavvik av feilen i 2m temperatur og 10m vindhastighet på Geiteryggen i Skien (øverst), Kiellandsmyra i Stavanger (midten) og Florida i Bergen (nederst) for hver time i prognosen i gjennomsnitt for vintersesongen 1. november 2007 til 30. april 2008.



Figur C8. Bias (Mean Error) og Standardavvik av feilen i 2m temperatur og 10m vindhastighet på Voll (øverst) og Elgeseter (nederst) i Trondheim for hver time i prognosen i gjennomsnitt for vintersesongen 1. november 2007 til 30. april 2008.

Treff for døgnvarsler – Oslo

Målestasjon: Sofienbergparken

Tidsperiode: 01.11.07 - 30.04.08

Komponent: PM10

<----- Det er målt høyere nivå enn varslet

Målt nivå	Svært mye	0	0	0	0	Det er målt lavere nivå enn varslet
	Mye	0	0	0	0	
	Noe	0	1	0	0	
	Lite	89	78	10	0	
		Lite	Noe	Mye	Svært mye	V

Varslet nivå

Målestasjon: Smestad

Tidsperiode: 01.11.07 - 30.04.08

Komponent: PM10

<----- Det er målt høyere nivå enn varslet

Målt nivå	Svært mye	0	0	0	0	Det er målt lavere nivå enn varslet
	Mye	1	14	4	0	
	Noe	3	17	4	0	
	Lite	85	48	2	0	
		Lite	Noe	Mye	Svært mye	V

Varslet nivå

Målestasjon: Skøyen
Tidsperiode: 01.11.07 - 30.04.08
Komponent: PM10

<----- Det er målt høyere nivå enn varslet

Målt nivå	Svært mye	0	0	0	0	Det er målt lavere nivå enn varslet V
	Mye	2	8	2	0	
	Noe	3	9	1	0	
	Lite	84	58	7	0	
		Lite	Noe	Mye	Svært mye	

Varslet nivå

Målestasjon: Rv 4, Aker sykehus
Tidsperiode: 01.11.07 - 30.04.08
Komponent: PM10

<----- Det er målt høyere nivå enn varslet

Målt nivå	Svært mye	0	0	0	0	Det er målt lavere nivå enn varslet V
	Mye	1	7	2	0	
	Noe	2	16	4	0	
	Lite	86	54	4	0	
		Lite	Noe	Mye	Svært mye	

Varslet nivå

Målestasjon: Rv 4, Aker sykehus
Tidsperiode: 01.11.07 - 30.04.08
Komponent: PM2.5

<----- Det er målt høyere nivå enn varslet

Målt nivå	Svært mye	0	0	0	0	Det er målt lavere nivå enn varslet
	Mye	0	1	0	0	
	Noe	1	5	0	0	
	Lite	125	42	1	0	
		Lite	Noe	Mye	Svært mye	V

Varslet nivå

Målestasjon: Rv 4, Aker sykehus
Tidsperiode: 01.11.07 - 30.04.08
Komponent: NO2

<----- Det er målt høyere nivå enn varslet

Målt nivå	Svært mye	0	0	0	0	Det er målt lavere nivå enn varslet
	Mye	0	0	1	0	
	Noe	15	25	5	0	
	Lite	90	41	1	0	
		Lite	Noe	Mye	Svært mye	V

Varslet nivå

Målestasjon: Bygdøy Alle
Tidsperiode: 01.11.07 - 30.04.08
Komponent: PM2.5

<----- Det er målt høyere nivå enn varslet

Målt nivå	Svært mye	0	0	0	0	Det er målt lavere nivå enn varslet
	Mye	0	4	0	0	
	Noe	2	9	0	0	
	Lite	123	35	1	0	
		Lite	Noe	Mye	Svært mye	V

Varslet nivå

Målestasjon: Alnabru
Tidsperiode: 01.11.07 - 30.04.08
Komponent: PM10

<----- Det er målt høyere nivå enn varslet

Målt nivå	Svært mye	0	0	0	0	Det er målt lavere nivå enn varslet
	Mye	0	6	3	0	
	Noe	1	4	0	0	
	Lite	17	19	0	0	
		Lite	Noe	Mye	Svært mye	V

Varslet nivå

Målestasjon: Alnabru
Tidsperiode: 01.11.07 - 30.04.08
Komponent: PM2.5

<----- Det er målt høyere nivå enn varslet

Målt nivå	Svært mye	0	1	0	0	Det er målt lavere nivå enn varslet
	Mye	0	3	0	0	
	Noe	2	8	0	0	
	Lite	23	14	0	0	
		Lite	Noe	Mye	Svært mye	V

Varslet nivå

Målestasjon: Alnabru
Tidsperiode: 01.11.07 - 30.04.08
Komponent: NO2

<----- Det er målt høyere nivå enn varslet

Målt nivå	Svært mye	0	3	0	0	Det er målt lavere nivå enn varslet
	Mye	3	3	1	0	
	Noe	4	7	2	0	
	Lite	23	14	1	0	
		Lite	Noe	Mye	Svært mye	V

Varslet nivå

Målestasjon: Kirkeveien
Tidsperiode: 01.11.07 - 30.04.08
Komponent: PM10

<----- Det er målt høyere nivå enn varslet

Målt nivå	Svært mye	0	0	0	0	Det er målt lavere nivå enn varslet
	Mye	0	4	2	0	
	Noe	4	20	4	0	
	Lite	74	48	4	0	
		Lite	Noe	Mye	Svært mye	V

Varslet nivå

Målestasjon: Kirkeveien
Tidsperiode: 01.11.07 - 30.04.08
Komponent: PM2.5

<----- Det er målt høyere nivå enn varslet

Målt nivå	Svært mye	0	0	0	0	Det er målt lavere nivå enn varslet
	Mye	0	1	0	0	
	Noe	1	6	0	0	
	Lite	122	37	1	0	
		Lite	Noe	Mye	Svært mye	V

Varslet nivå

Målestasjon: Kirkeveien
Tidsperiode: 01.11.07 - 30.04.08
Komponent: NO2

		<----- Det er målt høyere nivå enn varslet				
Målt nivå	Svært mye	0	1	0	0	Det er målt lavere nivå enn varslet V
	Mye	1	4	2	0	
	Noe	20	33	5	0	
	Lite	84	28	0	0	
		Lite	Noe	Mye	Svært mye	
Varslet nivå						

Treff for døgnvarsler - Drammen

Målestasjon: Bangeløkka

Tidsperiode: 01.11.07 - 30.04.08

Komponent: PM10

<----- Det er målt høyere nivå enn varslet

Målt nivå	Svært mye	0	0	0	0	Det er målt lavere nivå enn varslet
	Mye	0	12	4	0	
	Noe	7	11	3	0	
	Lite	79	38	4	0	
		Lite	Noe	Mye	Svært mye	V

Varslet nivå

Målestasjon: Bangeløkka

Tidsperiode: 01.11.07 - 30.04.08

Komponent: NO2

<----- Det er målt høyere nivå enn varslet

Målt nivå	Svært mye	0	0	0	0	Det er målt lavere nivå enn varslet
	Mye	0	4	0	0	
	Noe	27	29	3	0	
	Lite	63	42	2	0	
		Lite	Noe	Mye	Svært mye	V

Varslet nivå

Målestasjon: Grev Wedelsplass
Tidsperiode: 01.11.07 - 30.04.08
Komponent: NO2

<----- Det er målt høyere nivå enn varslet

Målt nivå	Svært mye	0	0	0	0	Det er målt lavere nivå enn varslet V
	Mye	0	2	0	0	
	Noe	11	23	3	0	
	Lite	79	50	2	0	
		Lite	Noe	Mye	Svært mye	

Varslet nivå

Målestasjon: Drammenselva
Tidsperiode: 01.11.07 - 30.04.08
Komponent: NO2

<----- Det er målt høyere nivå enn varslet

Målt nivå	Svært mye	0	0	0	0	Det er målt lavere nivå enn varslet V
	Mye	0	2	0	0	
	Noe	8	23	3	0	
	Lite	82	50	2	0	
		Lite	Noe	Mye	Svært mye	

Varslet nivå

Målestasjon: Nedre Storgate
Tidsperiode: 01.11.07 - 30.04.08
Komponent: PM10

		<----- Det er målt høyere nivå enn varslet				
Målt nivå	Svært mye	0	0	0	0	
	Mye	0	0	1	0	
	Noe	0	3	2	0	
	Lite	91	65	8	0	
		Lite	Noe	Mye	Svært mye	V
		Varslet nivå				

|
 |
 |
 | Det er målt lavere nivå enn varslet
 |
 |
 |
 |

Treff for døgnvarsler – Grenland

Målestasjon: Øyekast

Tidsperiode: 01.11.07 - 30.04.08

Komponent: PM10

<----- Det er målt høyere nivå enn varslet

	Svært mye	0	0	0	0	Det er målt lavere nivå enn varslet
	Mye	0	0	0	0	
Målt nivå	Noe	2	4	1	0	
	Lite	73	65	13	0	
		Lite	Noe	Mye	Svært mye	V

Varslet nivå

Målestasjon: Øyekast

Tidsperiode: 01.11.07 - 30.04.08

Komponent: NO2

<----- Det er målt høyere nivå enn varslet

	Svært mye	0	0	0	0	Det er målt lavere nivå enn varslet
	Mye	0	0	0	0	
Målt nivå	Noe	0	0	0	0	
	Lite	79	63	16	0	
		Lite	Noe	Mye	Svært mye	V

Varslet nivå

Målestasjon: Haukenes
Tidsperiode: 01.11.07 - 30.04.08
Komponent: NO2

		←----- Det er målt høyere nivå enn varslet					
Målt nivå	Svært mye	0	0	0	0	 V	
	Mye	0	0	0	0		
	Noe	0	0	0	0		Det er målt lavere nivå enn varslet
	Lite	79	63	16	0		
		Lite	Noe	Mye	Svært mye		
		Varslet nivå					

Målestasjon: Lensmannsdalen
Tidsperiode: 01.11.07 - 30.04.08
Komponent: PM2.5

		←----- Det er målt høyere nivå enn varslet					
Målt nivå	Svært mye	0	0	0	0	 V	
	Mye	1	0	1	0		
	Noe	4	6	3	2		Det er målt lavere nivå enn varslet
	Lite	81	58	11	0		
		Lite	Noe	Mye	Svært mye		
		Varslet nivå					

Målestasjon: Våland
Tidsperiode: 01.10.07 - 30.04.08
Komponent: PM2.5

		<----- Det er målt høyere nivå enn varslet				
Målt nivå	Svært mye	2	0	0	0	
	Mye	0	0	0	0	
	Noe	2	2	0	0	
	Lite	178	25	0	0	
		Lite	Noe	Mye	Svært mye	V

| Det er målt lavere nivå enn varslet

Målestasjon: Våland
Tidsperiode: 01.09.07 - 30.04.08
Komponent: NO2

		<----- Det er målt høyere nivå enn varslet				
Målt nivå	Svært mye	1	0	0	0	
	Mye	2	1	0	0	
	Noe	6	5	1	0	
	Lite	185	11	1	0	
		Lite	Noe	Mye	Svært mye	V

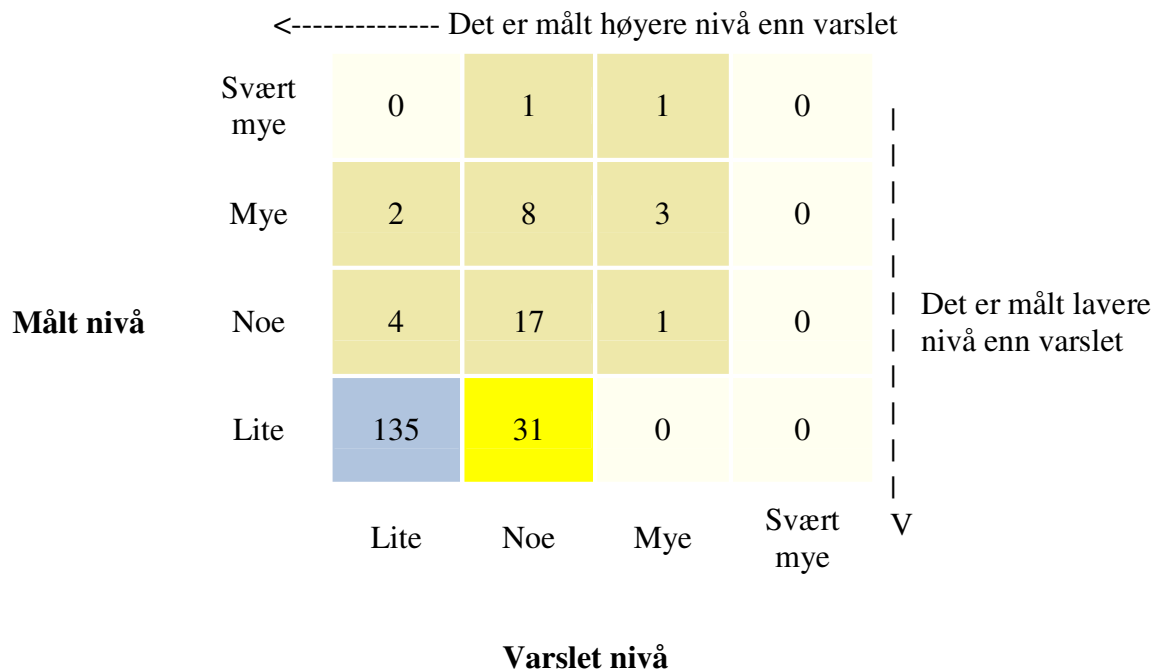
| Det er målt lavere nivå enn varslet

Treff for døgnvarsler – Bergen

Målestasjon: Danmarks plass

Tidsperiode: 01.10.07 - 30.04.08

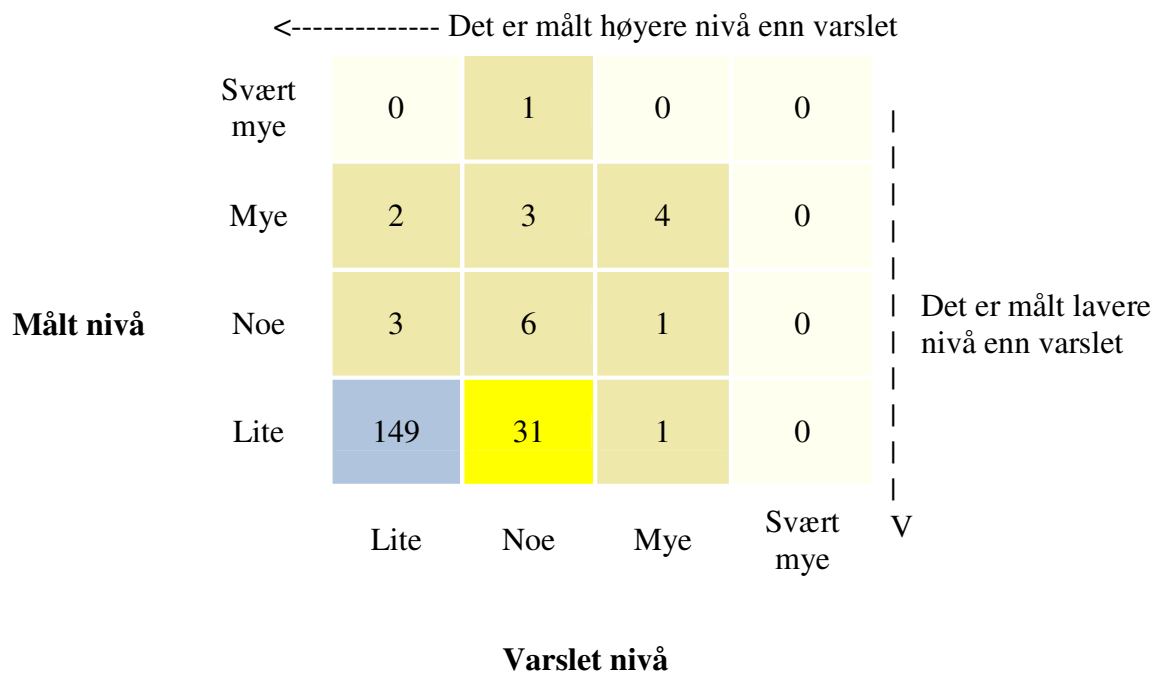
Komponent: PM10



Målestasjon: Danmarks plass

Tidsperiode: 01.10.07 - 30.04.08

Komponent: PM2.5



Målestasjon: Rådhuset

Tidsperiode: 01.10.07 - 30.04.08

Komponent: PM2.5

<----- Det er målt høyere nivå enn varslet

Målt nivå	Svært mye	0	1	0	0	 V	
	Mye	0	1	0	0		
	Noe	2	5	4	0		Det er målt lavere nivå enn varslet
	Lite	155	34	1	0		
		Lite	Noe	Mye	Svært mye		

Varslet nivå

Målestasjon: Rådhuset

Tidsperiode: 01.10.07 - 30.04.08

Komponent: NO2

<----- Det er målt høyere nivå enn varslet

Målt nivå	Svært mye	2	1	0	0	 V	
	Mye	0	2	0	0		
	Noe	8	12	1	0		Det er målt lavere nivå enn varslet
	Lite	139	45	0	0		
		Lite	Noe	Mye	Svært mye		

Varslet nivå

Treff for døgnvarsler – Trondheim

Målestasjon: Heimdalsmyra

Tidsperiode: 01.11.06 - 30.04.08

Komponent: PM10

<----- Det er målt høyere nivå enn varslet

Målt nivå	Svært mye	0	0	0	0	Det er målt lavere nivå enn varslet
	Mye	1	16	5	1	
	Noe	4	5	2	0	
	Lite	48	83	12	0	
		Lite	Noe	Mye	Svært mye	V

Varslet nivå

Målestasjon: Heimdalsmyra

Tidsperiode: 01.11.07 - 30.04.08

Komponent: PM2.5

<----- Det er målt høyere nivå enn varslet

Målt nivå	Svært mye	0	0	0	0	Det er målt lavere nivå enn varslet
	Mye	0	0	0	0	
	Noe	2	5	1	0	
	Lite	94	67	8	0	
		Lite	Noe	Mye	Svært mye	V

Varslet nivå

Målestasjon: Heimdalsmyra
Tidsperiode: 01.10.07 - 30.04.08
Komponent: NO2

<----- Det er målt høyere nivå enn varslet

Målt nivå	Svært mye	0	0	0	0	 V V Det er målt lavere nivå enn varslet
	Mye	7	7	1	0	
	Noe	70	28	1	0	
	Lite	53	10	0	0	
		Lite	Noe	Mye	Svært mye	
Varslet nivå						

Målestasjon: Elgeseter
Tidsperiode: 01.11.07 - 30.04.08
Komponent: PM10

<----- Det er målt høyere nivå enn varslet

Målt nivå	Svært mye	0	0	0	0	 V V Det er målt lavere nivå enn varslet
	Mye	2	11	6	1	
	Noe	3	16	4	0	
	Lite	50	73	8	0	
		Lite	Noe	Mye	Svært mye	
Varslet nivå						

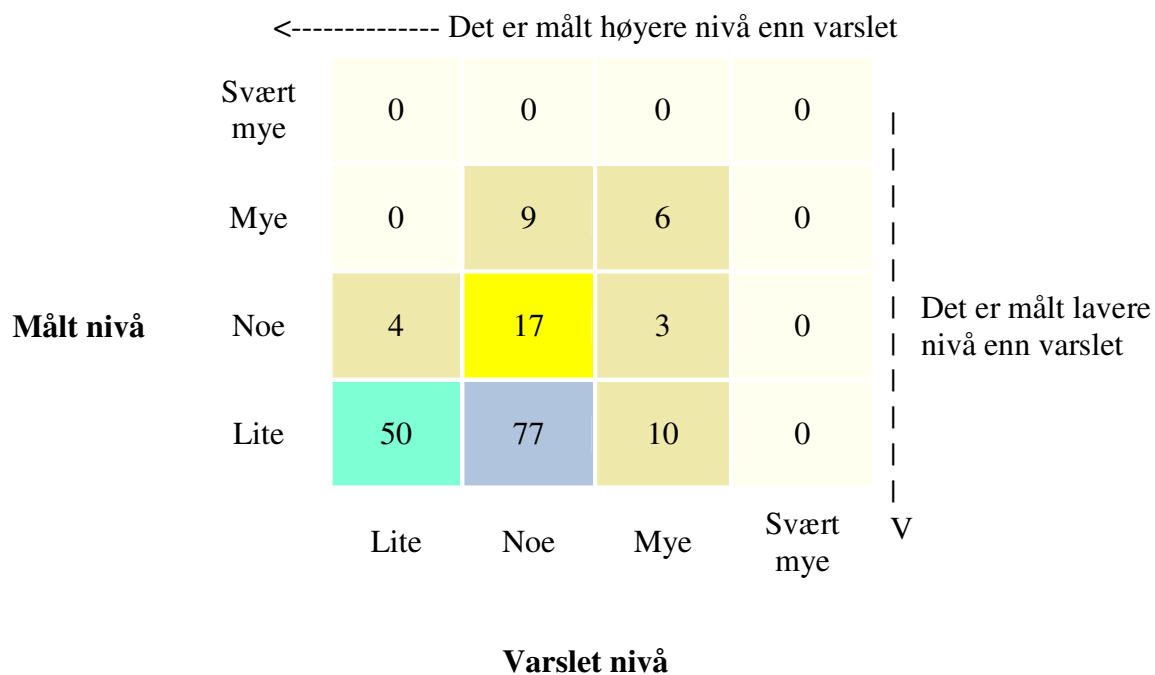
Målestasjon: Elgeseter
Tidsperiode: 01.11.07 - 30.04.08
Komponent: PM2.5

Målt nivå		<----- Det er målt høyere nivå enn varslet				V
		Lite	Noe	Mye	Svært mye	
Målt nivå	Svært mye	0	1	0	0	Det er målt lavere nivå enn varslet
	Mye	0	0	1	0	
	Noe	5	9	2	0	
	Lite	93	63	6	0	
		Lite	Noe	Mye	Svært mye	
		Varslet nivå				

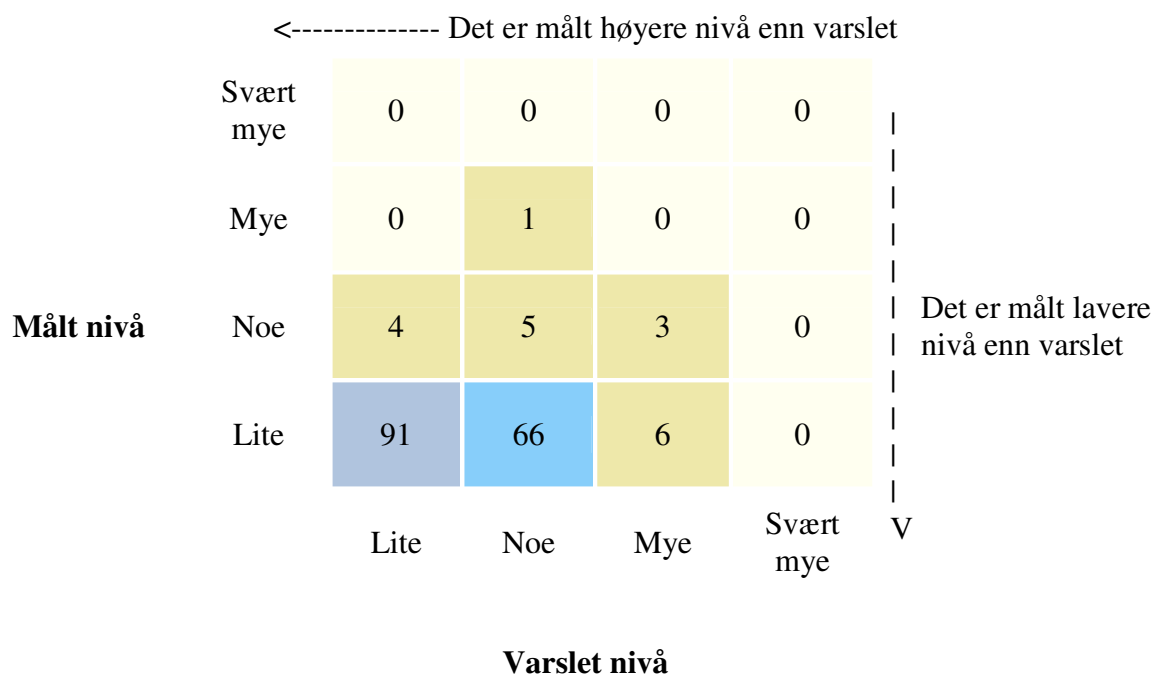
Målestasjon: Elgeseter
Tidsperiode: 01.11.07 - 30.04.08
Komponent: NO2

Målt nivå		<----- Det er målt høyere nivå enn varslet				V
		Lite	Noe	Mye	Svært mye	
Målt nivå	Svært mye	1	1	0	0	Det er målt lavere nivå enn varslet
	Mye	14	8	1	0	
	Noe	60	29	1	0	
	Lite	57	8	0	0	
		Lite	Noe	Mye	Svært mye	
		Varslet nivå				

Målestasjon: Bakke kirke
Tidsperiode: 01.11.07 - 30.04.08
Komponent: PM10



Målestasjon: Bakke kirke
Tidsperiode: 01.11.07 - 30.04.08
Komponent: PM2.5



Målestasjon: Bakke kirke

Tidsperiode: 01.11.06 - 30.04.08

Komponent: NO2

<----- Det er målt høyere nivå enn varslet

	Svært mye	0	0	0	0	
	Mye	2	0	0	0	
Målt nivå	Noe	21	16	2	0	Det er målt lavere nivå enn varslet
	Lite	117	34	1	0	
		Lite	Noe	Mye	Svært mye	V

Varslet nivå

Treff for døgnvarsler – Tromsø

Målestasjon: Hansnesjordbukta

Tidsperiode: 01.11.07 - 30.04.08

Komponent: PM10

<----- Det er målt høyere nivå enn varslet

Målt nivå	Svært mye	0	0	0	1	Det er målt lavere nivå enn varslet
	Mye	4	8	3	0	
	Noe	6	1	3	0	
	Lite	108	23	9	1	
		Lite	Noe	Mye	Svært mye	V

Varslet nivå

Målestasjon: Hansnesjordbukta

Tidsperiode: 01.11.07 - 30.04.08

Komponent: PM2.5

<----- Det er målt høyere nivå enn varslet

Målt nivå	Svært mye	0	0	0	0	Det er målt lavere nivå enn varslet
	Mye	0	0	0	0	
	Noe	1	1	0	0	
	Lite	96	19	0	0	
		Lite	Noe	Mye	Svært mye	V

Varslet nivå

Målestasjon: Hansnesjordbukta
Tidsperiode: 01.11.07 - 30.04.08
Komponent: NO2

<----- Det er målt høyere nivå enn varslet

Målt nivå	Svært mye	0	0	0	0	Det er målt lavere nivå enn varslet
	Mye	0	1	0	0	
	Noe	21	12	1	0	
	Lite	93	38	0	1	
		Lite	Noe	Mye	Svært mye	V

Varslet nivå

Målestasjon: Tverrforbindelsen
Tidsperiode: 01.11.07 - 30.04.08
Komponent: PM10

<----- Det er målt høyere nivå enn varslet

Målt nivå	Svært mye	0	2	3	1	Det er målt lavere nivå enn varslet
	Mye	0	2	2	0	
	Noe	2	2	3	0	
	Lite	115	26	7	1	
		Lite	Noe	Mye	Svært mye	V

Varslet nivå