

# NO<sub>2</sub>-beregninger for 2010 og 2025 i Oslo og Bærum

Bidrag fra dieserbiler og mulige tiltak

Ingrid Sundvor, Leonor Tarrasón, Sam Erik Walker og Dag  
Tønnesen



Oppdragsrapport



## Forord

Dette er avsluttende rapport for et prosjekt NILU har utført på oppdrag fra Norges Astma og Allergiforbund (NAAF) for å studere bidrag fra dieselmotorer til NO<sub>2</sub> forurensning i Oslo og Bærum. Problemstillingen har skapt diskusjon i media og vi håper at denne rapporten kan bidra til å belyse problemene med lokal luftkvalitet og hvordan bedre kunnskap om teknologiske løsninger kan forene klimapolitikk med beskyttelse av folks helse. Dette prosjektet har vært det første av en rekke andre prosjekter med fokus på å bedre kunnskap om utslipp fra trafikk for norske forhold. På den måten har prosjektet også bidratt vesentlig til et av NILUs kjerneområder med relevans for en større del av samfunnet.

Mange mennesker har bidratt til at prosjektet har kunnet gjennomføres. Først og fremst vil vi takke Geir Endregard og Britt Ann Kåstad Høiskar fra NAAF. De har vært initiativtakere for prosjektet, og har kommet med nyttige tilbakemeldinger og innspill. Vi vil takke Rolf Hagman fra Transportøkonomisk Institutt for hans bidrag til informasjon om utslippsfaktorer.

Flere fra NILU har også bidratt. Karl Idar Gjerstad og Cristina Guerriero har kommet med kommentarer og innspill underveis, både faglig og ved rapportering. Dam Vo Thanh og Bjørn Gloslie har hjulpet med teknisk og faglig hjelp for gjennomføring av beregningene. Til slutt vil vi takke sekretæren vår Bjørg Karlsen som har overblikk på alle rapporter og passer på at våre rutiner for internkontroll blir fulgt opp.



# Innhold

	Side
<b>Forord</b> .....	<b>1</b>
<b>Sammendrag</b> .....	<b>5</b>
<b>1 Introduksjon</b> .....	<b>7</b>
<b>2 Inngangsdata</b> .....	<b>8</b>
2.1 Meteorologi .....	8
2.2 Bakgrunnskonsentrasjoner. ....	8
2.3 Areal utslipp .....	8
2.4 Trafikkutslipp .....	8
2.4.1 Veidata for 2010 .....	9
2.4.2 Veidata for fremskrivning til 2025 .....	9
2.4.3 Kjøretøyfordelingen for lette kjøretøy .....	9
2.4.4 Utslippsfaktorer .....	10
<b>3 Resultater</b> .....	<b>11</b>
3.1 Effekt av reelle utslippsfaktorer .....	11
3.1.1 Timeverdier .....	12
3.1.2 Årsmiddel .....	13
3.2 Tiltaksberegninger: Langtidstiltak .....	15
3.2.1 Beskrivelse av langtidstiltakene .....	15
3.2.2 Resultat av langtidstiltakene.....	18
3.3 Tiltaksberegninger: Strakstiltak .....	23
3.3.1 Beskrivelse av strakstiltakene .....	23
3.3.2 Resultat av strakstiltakene .....	24
3.3.3 Diskusjon av resultatet fra strakstiltak .....	27
<b>4 Evaluering av modellberegningene</b> .....	<b>28</b>
4.1 Usikkerheter knyttet til modellberegningene .....	28
4.1.1 Usikkerheter for arealutslipp .....	28
4.1.2 Usikkerheter knyttet til utslippsestimaterne for veitrafikken .....	28
4.1.3 Usikkerheter i bakgrunnsverdier .....	29
4.1.4 Usikkerheter knyttet til vindfeltmodellen og spredningsmodellen.....	30
4.2 Evaluering av modellen mot måldata .....	30
4.3 Konklusjon av evalueringen av modellberegningene .....	37
<b>5 Oppsummering og konklusjon</b> .....	<b>38</b>
<b>6 Referanser</b> .....	<b>39</b>



## Sammendrag

*Luftkvaliteten i Oslo i 2025 vil bli verre enn tidligere antatt. Hvis dagens bilsalgstrend med høy andel nye dieserbiler fortsetter og man tar hensyn til utslipp fra dieserbiler i reelt kjøremønster, vil NO<sub>2</sub>-bidraget fra personbiler øke i 2025 i forhold til 2010. Våre scenarioberegninger viser at dagens bilsalg vil medføre omfattende overskridelser av luftkvaliteten i lang tid fremover.*

*Diesellandelen av nybilsalget må snarest minimeres for å kunne klare å overholde lovpålagte grenseverdier. Økes andel EL og hybridbiler av nybilsalget til samlet ca 25 %, vil man selv med totalforbud mot salg av nye dieserbiler kunne klare å opprettholde redusert CO<sub>2</sub> utslipp og samtidig redusere NO<sub>2</sub> utslippet dramatisk.*

NILU har på oppdrag fra Norges Astma- og Allergiforbund (NAAF) utført spredningsberegninger for NO<sub>2</sub> i Oslo og Bærum. Beregningene er gjennomført med bruk av modellsystemet AirQUIS og tar utgangspunkt i tidligere utførte scenarioberegninger for Oslo og Bærum i forbindelse med prosjektet "Tiltaksutredning for luftkvalitet i Oslo og Bærum kommune" (Dalen et al., 2010), hvor fremtidig utvikling av trafikkvolum ble laget etter myndighetenes veiledning og antagelser.

I dette prosjektet bruker vi myndighetenes antakelser om trafikkvolum utvikling og fornyelse av bilparken i Oslo og Bærum fra 2010 til 2025. Hovedforskjellen fra tidligere studier er at vi her bruker oppdaterte utslippsfaktorer for lette kjøretøy. Utslippsfaktorene er blitt utarbeidet med en konservativ antagelse for utslippet basert på tilgjengelig ny informasjon og målinger av utslipp i reell kjøresyklus.

Beregninger er gjort for to år: 2010 og en fremskrivning til 2025. Beregningene benytter meteorologiske inngangsdata fra 2009, mens lokale trafikkutslipp er justert i henhold til forskjellig utslippsutvikling. Fokuset har vært på lette kjøretøy, slik at ingen justering er gjort for tunge kjøretøy.

Totalt vises resultater av 9 spredningsberegninger. Først presenteres det resultater fra 4 referanseberegninger som viser økning i NO<sub>2</sub> konsentrasjoner når vi tar hensyn til forskjellen mellom etablerte og oppdaterte utslippsfaktorer som er basert på målinger under reelle kjøremønstre. Med nye utslippsfaktorer viser beregningene en økning i NO<sub>2</sub> konsentrasjoner på rundt 40% i 2025 i forhold til referansesituasjonen.

Rapporten presenterer også resultater fra tre tiltaksberegninger for 2025, med forskjellige insentiver for reduksjon av bruk av dieserbiler, og to ulike strakstiltak for bruk av datokjøring. Innføring av disse tiltakene blir ikke tilstrekkelig for å holde grenseverdiene i Oslo og Bærum i 2025. Selv det strengeste tiltaket tar oss kun tilbake til hva som var forventet i 2025 med de etablerte utslippsfaktorene. Ytterligere tiltak vil være nødvendig for å unngå overskridelser av NO<sub>2</sub> grenseverdiene i 2025.





# NO<sub>2</sub> beregninger for 2010 og 2025 i Oslo og Bærum

## Bidrag fra dieserbiler og mulige tiltak

### 1 Introduksjon

Grenseverdiene som skal være overholdt fra 2010 er for NO<sub>2</sub> satt til ikke mer enn 18 timer over 200 µg/m<sup>3</sup> i løpet av et år og årsgjennomsnittet skal ikke overskride 40 µg/m<sup>3</sup>. Oslo har hatt overskridelser av disse grenseverdiene for NO<sub>2</sub> både for timemiddel og årsgjennomsnitt ved de fleste stasjonene de siste årene. Kommunene er forpliktet til å gjennomføre tiltak når grenseverdiene ikke overholdes. Mens nivåene av PM<sub>10</sub> har gått ned i Oslo de siste årene etter flere tiltak rettet mot svevestøv, viser trenden for NO<sub>2</sub> ingen slik nedgang men snarere et mer stabilt nivå (Oppegaard, 2010).

Bileksos er hovedkilden til NO<sub>2</sub> i de største byene i Norge. Nye bilmodeller innføres med stadig strengere krav til utslipp av NO<sub>x</sub>. For EURO 6 (skal innføres i 2014) blir utslippskravene for NO<sub>x</sub> mye strengere for dieserbiler, og forskjellen i kravene for bensin- og dieserbiler er liten sammenlignet med tidligere. Det har derfor vært hevdet at vi vil se en nedgang i NO<sub>2</sub> nivåene.

Nyere målinger viser at NO<sub>x</sub> utslippet og NO<sub>2</sub> andelen fra personbiler er sterkt avhengig av kjøresyklus (Alvarez et al., 2008, Carslaw et al., 2011). Generelt viser måleresultatene at bensinbiler har mye lavere utslipp av NO<sub>x</sub> og NO<sub>2</sub> enn dieserbiler i samme EURO-klasse. Utslippene fra dieserbilene ligger mye høyere enn kravspesifikasjonen når andre kjøresykluser enn den som brukes i forbindelse med typegodkjenningen blir brukt. Det er også vist at NO<sub>2</sub> andelen for NO<sub>x</sub>-utslippet er høyere og at denne andelen har økt for nye EURO-klasser.

Dagens avgiftsordning gjør at det blir solgt flere nye lette dieserbiler enn nye bensinbiler. Dieselandelen har økt voldsomt de siste årene, og siden 2007 med omlegging av engangsavgiften har mer enn 70 % av de nye solgte bilene vært dieserbiler.

Norges Astma- og Allergiforbund har ønsket å få studert effekten av at dieserbiler utgjør så stor andel av nybilsalget. Hovedfokus for dette prosjektet er å kvantifisere effekten på NO<sub>2</sub> konsentrasjonene når man tar hensyn til publiserte måleresultater for utslipp fra personbiler i reell kjøresyklus.

Spørsmålene man ønsket å få belyst i prosjektet er følgende:

- Hvordan vil reelle utslipp fra personbiler påvirke NO<sub>2</sub>-nivåene også etter innføring av EURO 6?
- Hvilken effekt vil innføring av evt. tiltak som forandrer sammensetningen av lette biler ha på luftkvaliteten i 2025?
- Hvilket strakstiltak vil være mest effektivt; innføring av par og oddetallskjøring eller et kjøreforbud for lette dieserbiler

Denne rapporten er en samling av tidligere publiserte brevrapporter. Alle resultatene og beskrivelse av beregningsgrunnlaget er beskrevet her i mer detalj

enn i brevrapportene. Rapporten viser resultatene i 3 deler i overensstemmelse med brevrapportene:

- Referansesituasjonen og basisberegninger som viser situasjonen i 2010 og 2025, med etablerte og nye utslippsfaktorer.
- Resultat fra tre tiltaksberegninger for 2025
- Resultat av beregninger med to ulike strakstiltak for 2010.

## 2 Inngangsdata

### 2.1 Meteorologi

For alle beregningene er det tatt utgangspunkt i meteorologiske forhold fra 2009. Dette ble gjort for å kunne sammenligne med beregninger som allerede var utført i regi av Oslo og Bærum kommune (Dalen et al., 2010). Det er brukt data fra målestasjonen på Valle Hovin med timeverdier av vindretning og vindstyrke i 25 m, temperaturdifferanse mellom 25 og 8 meter, temperatur, relativ fuktighet og nedbør. Det er så benyttet en diagnostisk vindfeltmodell, *Mathew*, (Sherman, 1978; Foster et al. 1995) for å beregne vindfelt som blir brukt i spredningsmodellen.

Grenseverdiene skal være overholdt uavhengig av meteorologiske forhold. For beregningsperioden 1/1-1/4 var det i 2009 observert færre overskridelser enn i samme periode i 2010. Vi kan derfor anta at de meteorologiske forhold som blir brukt til modellberegningene er bedre for spredningsforholdene enn tilsvarende periode i 2010. Hadde meteorologi for 2010 blitt brukt ville resultatene trolig gitt høyere nivåer av NO<sub>2</sub>.

### 2.2 Bakgrunnskonsentrasjoner.

Det generelle bakgrunnsbidraget, dvs. estimatet av konsentrasjonen i luften som transporteres inn over modellområdets render, er basert på målte timeverdier. For NO<sub>2</sub> er tidsserien satt sammen av minste observerte timeverdi de siste 24 timer fra målestasjonene i Oslo. Timeverdier for ozonbakgrunnen er satt sammen av observert maksimumsverdi fra to bakgrunnstasjoner; Hurdal og Birkenes.

### 2.3 Areal utslipp

Arealutslipp inkluderer andre kilder utenom trafikk, blant annet utslipp fra skip og vedfyring. Utslipp fra skip ved Hjortnes og Vippetangen er levert av Oslo Havn for 2009. Andre utslippstall er basert på forbruksdata og utslippsfaktorer fra SSB. Forbruks og utslippdata i Oslo er gyldige for 1998, unntatt vedfyring som for Oslo er gyldige for 2002. For Bærum er forbruksdata gyldige for 1999 mens utslippsfaktorer er som for Oslo.

### 2.4 Trafikkutslipp

Utslippene fra veitrafikken er i beregningene estimert ut fra informasjon om statiske og dynamiske data for veinettet i tillegg til informasjon om bilparken og utslippsfaktorer. Av statiske og dynamiske data som er gjeldene for veinettet inngår blant annet trafikkmengde (ÅDT), andel tunge og lette kjøretøy, veitype og hastighet på et veilenkesystem.

### 2.4.1 Veidata for 2010

Veilenkesystemet er hentet fra Nasjonal vegdatabank (NVDB) for kommunale veier. Andre veier enn de kommunale er beskrevet med data fra en veimodell, Emma/Fredrik, brukt i Dalen et al., (2010), (Tom N. Hamre, 2010). Lenkesystemet er videre justert manuelt for å inkludere miljøfartsgrense og jetter fra tunneler.

### 2.4.2 Veidata for fremskrivning til 2025

For fremskrivning til 2025 er det også tatt utgangspunkt i veimodelldata, men utgangspunktet er lenkesystemet som er brukt i prosjektet for 2015 (Dalen et al., 2010). Kommunale veier er som for beregningene for 2010, hentet fra NVDB.

ÅDT er fremskrevet med å anta en økning på 1.4 % pr år frem til 2025. For alle kommunale veier er denne økningen i ÅDT vært utført fra 2010, mens det for andre veier er vært gjort fra 2015, da veimodellen allerede skal ha justert ÅDT til 2015-nivå.

### 2.4.3 Kjøretøyfordelingen for lette kjøretøy

#### 2010

Kjøretøyfordelingen som er brukt i 2010 beregningene er som vist i Tabell 1. Det er for 2010 beregningen 18 % dieserbiler og 82 % bensinbiler fordelt på ulike EURO-klasser.

I følge statistikken fra Opplysningsrådet for veitrafikken AS (Bil og vei, 2010) er det i Oslo nærmer 30 % dieserbiler. Kjøretøysfordelingen har derfor blitt forandret underveis i prosjektet og ny fordeling har blitt inkludert i utgangspunktet for Tiltak 3 og for strakstiltakene.

#### 2025

Det er brukt en fornying av bilparken med en utskiftningsprosent på 4.5 % pr år. Fordelingen av biltype i denne fornyingen er satt til 75 % diesel og 25 % bensin. Basisfremskrivningen til 2025 gir da en total fordeling på 72 % diesel og 28 % bensin pga. antakelse om at det blir kjøpt flere nye dieserbiler. I 2025 er hovedandelen av bilene EURO 5 og EURO 6 (se Tabell 1).

Tabell 1. Prosentvis fordeling av lette biler i de ulike EURO-klassene.

	2010	2025
<b>Eldre biler B/D</b>	60 %	3.7%
<b>EURO 4 B</b>	16.5 %	1.3 %
<b>EURO 5 B</b>	14.2 %	4 %
<b>EURO 6 B</b>	0	18.9 %
<b>EURO 4 D</b>	5.1 %	2 %
<b>EURO 5 D</b>	4.2 %	13.1 %
<b>EURO 6 D</b>	0	56.6 %

For tiltaksberegningene er denne fornyingen blitt justert slik at sammensetningen er ulik for disse. Se detaljer i beskrivelse av tiltakene på side 15.

#### 2.4.4 Utslippsfaktorer

Under er gitt to tabeller med oversikt over to sett med utslippsfaktorer brukt i beregningene; henholdsvis basis og Scenario 1. Basisfaktorene er utarbeidet over tid basert på faktorer fra modellen COPERT, og utslippsrapport fra Klif (tidligere SFT). Videre har faktorene blitt justert i henhold til utviklingen i kravspesifikasjonene. Det er disse basisfaktorene som tidligere er blitt brukt blant annet i Dalen et al (2010). Scenario 1-utslippsfaktorene er satt utifra en konservativ antagelse både for utslippsfaktorer for NO<sub>x</sub> og NO<sub>2</sub>-andel av utslippet for dieslbiler basert på målinger (Carslaw et al., 2011, Alvarez et al., 2008, Hagman 2011). For EURO 6 som innføres fra og med 2014 finnes det ikke målinger for reell kjøresyklus. Estimater for EURO 6 utslippsfaktoren bygger på trenden i forskjell mellom de formelle utslippskravene som stilles i forbindelse med typegodkjenningen og reelle utslipp fra de øvrige EURO klassene.

Tabell 2: *Kravspesifikasjonene for utslipp av NO<sub>x</sub> fra personbiler (Eurokravene), Enhet i g/km.*

EUROKLASSE	BENSIN	DIESEL
EURO 4 (2005)	0.08	0.25
EURO 5 (2009)	0.06	0.18
EURO 6 (2014)	0.06	0.08

Tabell 3: *Utslippsfaktorer for NO<sub>x</sub> brukt i basisberegningene, fra etablerte utslippsfaktorer. Enhet i g/km.*

EUROKLASSE	BENSIN	% NO <sub>2</sub>	DIESEL	% NO <sub>2</sub>
EURO 4	0.032	10	0.075	30
EURO 5	0.028	10	0.054	30
EURO 6	0.024	10	0.024	30

Tabell 4: *Utslippsfaktorer for NO<sub>x</sub> brukt i scenario 1-beregningene, basert på reell kjøresyklus. Enhet i g/km.*

EUROKLASSE	BENSIN	% NO <sub>2</sub>	DIESEL	% NO <sub>2</sub>
EURO 4	0.032	10	0.65	30
EURO 5	0.028	10	0.60	30
EURO 6	0.024	10	0.60	30

### 3 Resultater

Totalt vises resultat av 9 spredningsberegninger. Først presenteres det resultat fra 4 referanseberegninger som viser økning i NO<sub>2</sub> konsentrasjonene når vi tar hensyn til forskjellen mellom etablerte og reelle utslippsfaktorer. I den andre delen, vises det resultat fra tre tiltaksberegninger for 2025, med forskjellige insentiver for reduksjon av salg av dieslbiler. Den siste delen viser resultat fra to ulike strakstiltak.

Resultat fra de ulike beregningene blir vist som timeverdier og årsmiddelverdier enten på felt (geografisk område) eller i spesifikke beregningspunkt som er plassert der det finnes målestasjoner. For alle beregningene, unntatt strakstiltakene, er beregningsperioden 3 måneder fra 1/1-1/4.

#### Timeverdier

Timeverdier er vist som utdrag fra tidsserier eller statistiske verdier som gjennomsnitt og 19. høyeste time fra stasjonspunkt. Fordi beregningsperioden kun er 3 mnd vil den 19. høyeste timen sannsynligvis ha lavere konsentrasjon enn om man hadde gjort beregninger for hele året da mange høye timemidler blir observert også i okt-des. Man bør derfor ikke vurdere denne 19. høyeste timen direkte mot grenseverdien på 200 µg/m<sup>3</sup>, men bruke tallene til å gjøre en sammenligning av de ulike beregningene.

#### Årsmiddelverdier

Årsmiddelverdier av NO<sub>2</sub> både på felt og i stasjonspunkt er estimert ved å skalere de beregnede periodemiddelverdiene med 0.79. Dette skaleringsstallet er basert på forholdstall: observert årsmiddelverdi / observert periodemiddelverdi for 2009 fra flere målestasjoner i Oslo. Fordi et slikt forholdstall ikke er det samme ved alle stasjoner vil man gjøre en større eller mindre feil fra stasjonspunkt til stasjonspunkt. Hovedformålet med å vise årsmiddelverdiene er først og fremst å kunne sammenligne de ulike beregningene innbyrdes, noe som da vil være uavhengig av skaleringsfaktoren brukt.

#### 3.1 Effekt av reelle utslippsfaktorer

Det er utført beregninger for 2010 og 2025 med 2 ulike sett utslippsfaktorer, se Tabell 3 og Tabell 4 for å se effekten av reelle utslippsfaktorer på konsentrasjonsnivåene. Det ene settet består av etablerte utslippsfaktorer og det andre reelle utslippsfaktorer for urbant kjøremønster, som forklart på side 10. Beregningene er utført time for time for en 3 måneders periode, fra 1/1 –1/4.

Her vises resultatet av fire beregninger:

- **Basis 2010**, 2010 grunnlag. 18 % dieslbiler, med bruk av de etablerte utslippsfaktorene, Tabell 3
- **Scenario1 2010**, 2010 grunnlag. 18 % dieslbiler, med bruk av utslippsfaktorer basert på reell kjøresyklus, Tabell 4
- **Basis 2025**, 2025 grunnlag. 72 % dieslbiler, med bruk av de etablerte utslippsfaktorene, Tabell 3

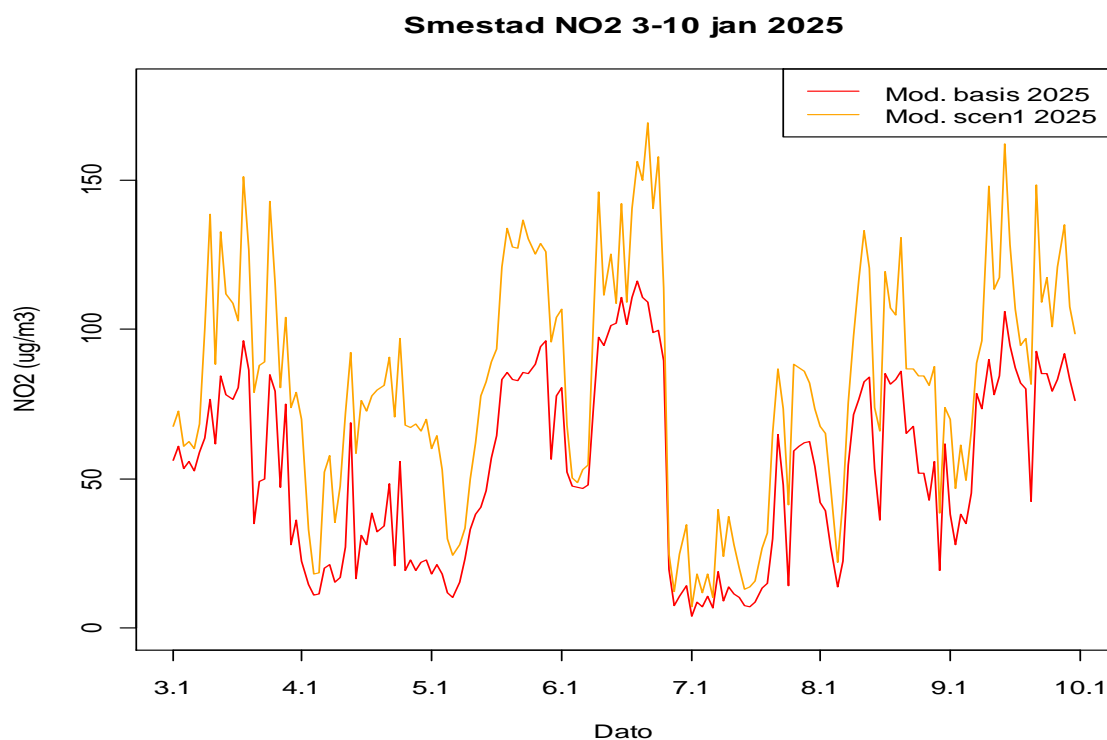
- **Scenario 1 2025**, 2025 grunnlag. 72 % dieslbiler, med bruk av utslippsfaktorer basert på reell kjøresyklus, Tabell 4

### 3.1.1 Timeverdier

For enkelte stasjonspunkt i Oslo er det beregnet 19. høyeste timeverdi for beregningsperioden, se Tabell 5. Scenario 1 2010 gir en svak økning med snitt på 5 % i forhold til Basis 2010, mens Scenario 1 2025 gir en kraftig økning med snitt på 35 % sammenlignet med Basis 2025. Dette skyldes at det i 2025 er markant flere lette dieslbiler på veiene. Et utdrag fra en tidsserie av timeverdier for beregningspunktet Smestad stasjon i 2025 er gitt i Figur 1.

Tabell 5: Den 19. høyeste time for beregningsperioden. Enhet  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

	Basis 2010	Scenario 1 2010	Basis 2025	Scenario 1 2025
<b>Kirkeveien</b>	127	133	112	148
<b>Manglerud</b>	134	142	111	160
<b>Alnabru</b>	195	199	142	160
<b>Smestad</b>	137	146	111	164
<b>RV4 Aker</b>	175	186	125	176



Figur 1: Utdrag av tidsserie av beregnede timeverdier for Smestad for året 2025 for henholdsvis Basis 2025 (rød linje) og Scenario1 2025 (oransje linje)

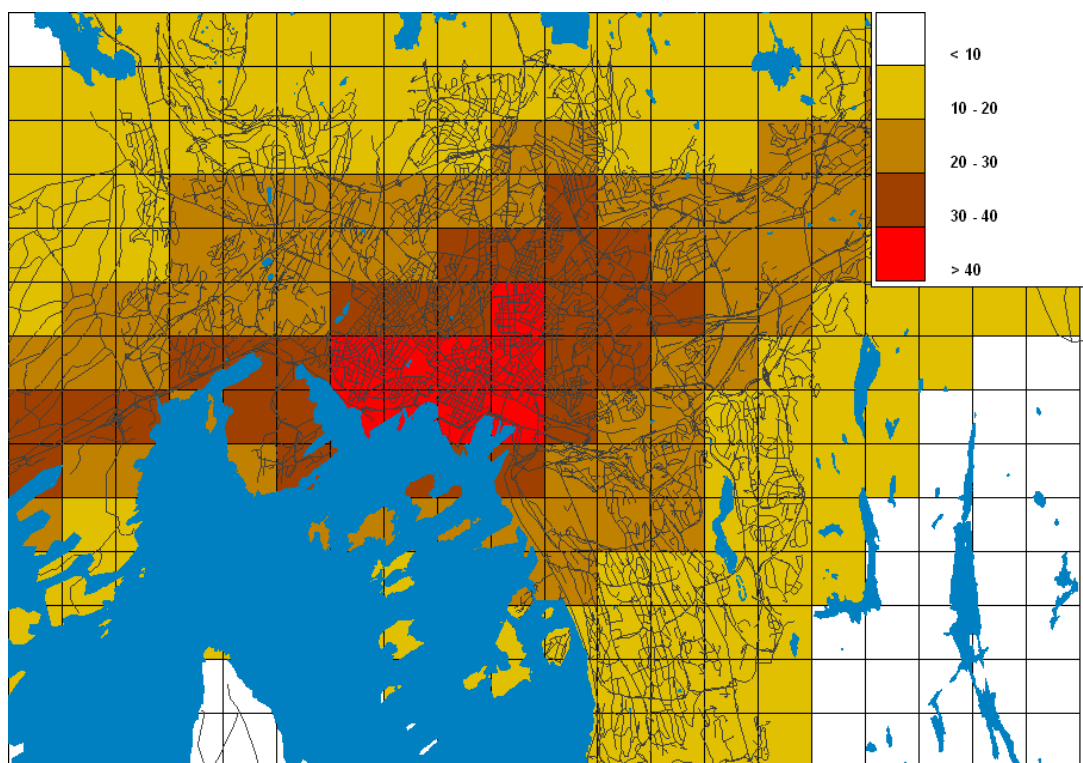
### 3.1.2 Årsmiddel

Resultatene for årsmiddel er gitt for ulike punktberegninger/målestasjoner i Tabell 6. Igjen får vi for Scenario 1 en svak økning i 2010 med snitt på 6 % i forhold til basisberegningen, mens det for 2025 er en stor økning med snitt på 43 %.

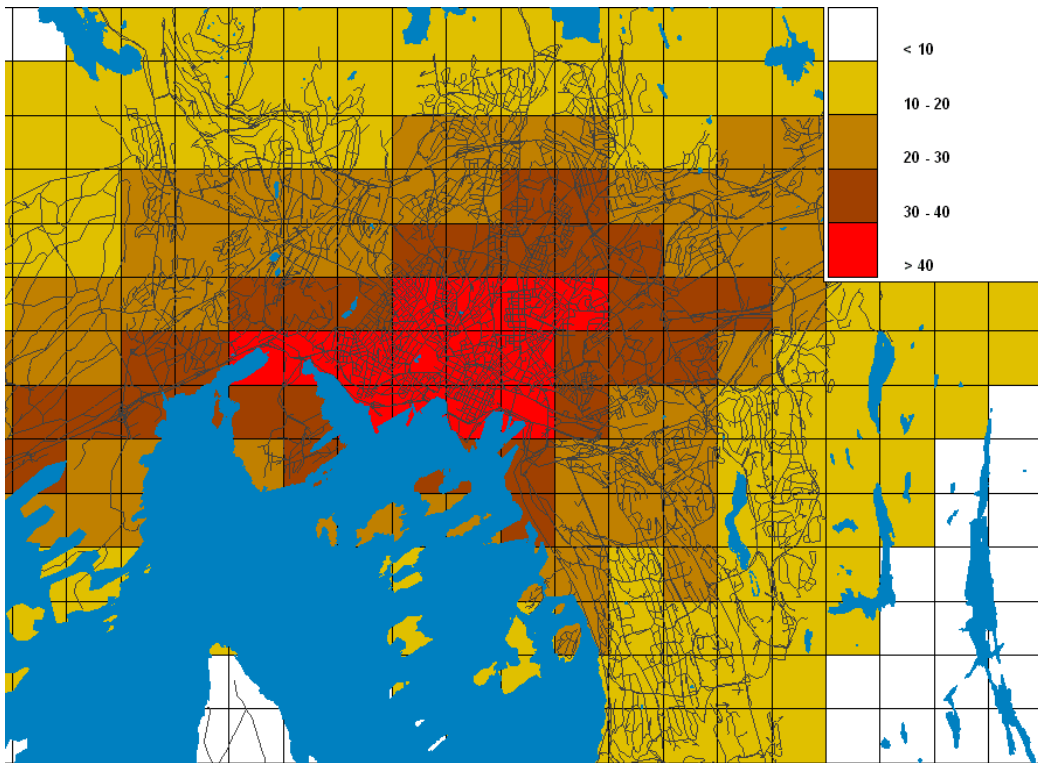
Feltverdier av beregnet årsmiddel er vist i Figur 2 til Figur 5, og viser den samme trenden som ved punktberegningene /stasjonene. For 2010 gir basisberegningen 9 feltruter med verdi over grenseverdien på  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . For Scenario 1 øker antall ruter til 14. For 2025 er det for basisberegningen kun 2 feltverdier over grenseverdien, altså en nedgang fra 2010, mens Scenario 1-beregningen gir hele 22 feltverdier over  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  noe som er en kraftig økning sammenlignet med de andre beregningene.

Tabell 6: Beregnet årsmiddelverdi. Enhet  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

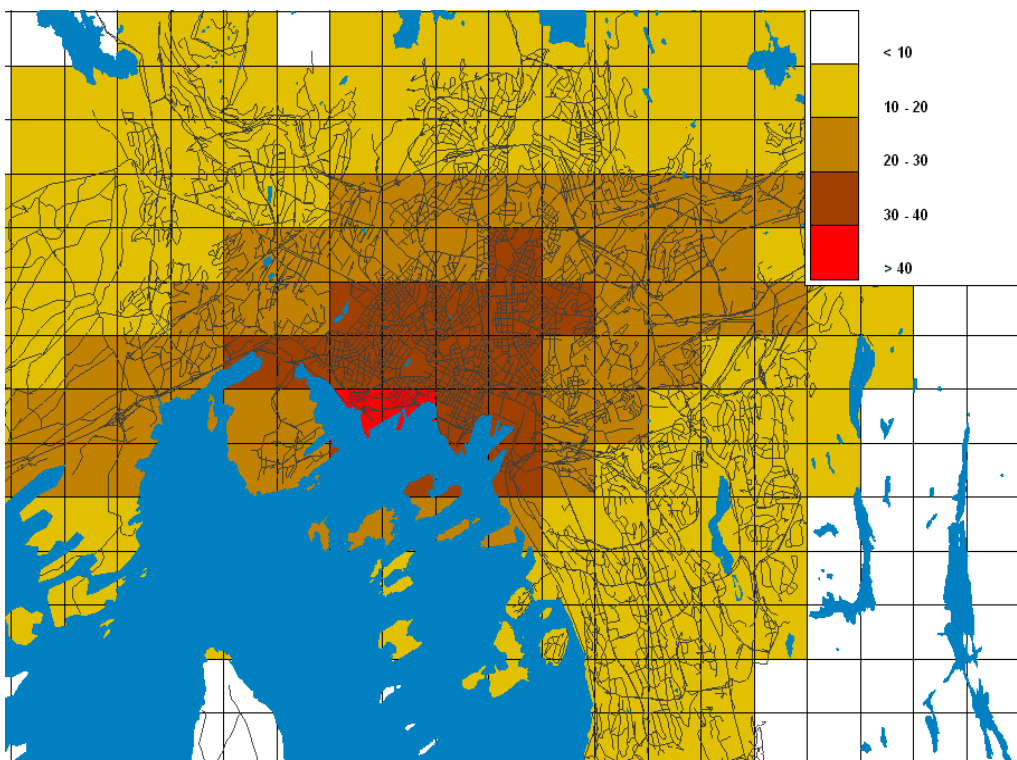
	Basis 2010	Scenario 1 2010	Basis 2025	Scenario 1 2025
<b>Kirkeveien</b>	33	35	28	41
<b>Manglerud</b>	34	36	26	40
<b>Alnabru</b>	56	58	47	54
<b>Smestad</b>	49	53	38	61
<b>RV4 Aker</b>	42	45	30	42



Figur 2: Kartutsnitt av årsmiddelverdier på felt for basisberegningen i 2010. Utslipp er basert på etablerte utslippsfaktorer og dieselandelen av lette kjøretøy er 18 %.

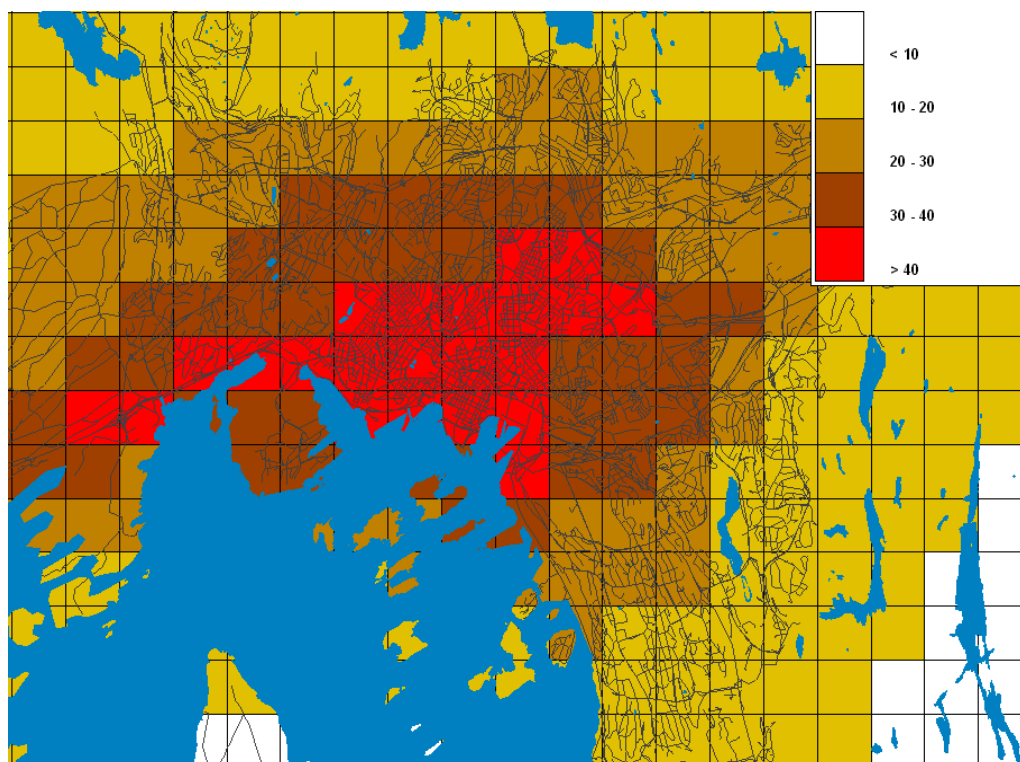


*Figur 3: Kartutsnitt av årsmiddelverdier på felt for Scenario1-beregningen i 2010. Utslippsfaktorer er basert på reell kjøresyklus og dieselandelen av lette kjøretøy er 18 %.*



*Figur 4: Kartutsnitt av årsmiddelverdi på felt for basisberegningen 2025. Utslipp er basert på etablerte utslippsfaktorer og dieselandelen av lette kjøretøy er 72 %.*





Figur 5: Kartutsnitt av årsmiddelverdier på felt for Scenario1 i 2025. Utslippsfaktorer er basert på reell kjøresyklus og dieselandelen av lette kjøretøy er 72 %.

### 3.2 Tiltaksberegninger: Langtidstiltak

Langtidstiltak er tiltak som vil gi utslippsreducerende effekt over tid og/eller det tar lang tid før forandringen vil kunne tre i kraft. Denne type tiltak vil kunne gi effekt både på antall dager med høye timeverdier og på årsgjennomsnitt.

#### 3.2.1 Beskrivelse av langtidstiltakene

Det er utført beregninger for 3 ulike langtidstiltak som retter seg mot sammensetningen av lette biler for fremskrivningen til 2025. Felles for tiltakene er at man antar insentiver for å øke fornyingen og begrense antall dieserbiler. Fornyingen er blitt økt til 10 % pr år og det er antatt et nybilsalg der dieselandelen er blitt forandret i større eller mindre grad. Fordelingene som er brukt i de ulike tiltakene er listet opp og beskrevet under. Som referanse brukes Scenario 1 som beskriver situasjonen i 2025 hvis ingen tiltak blir utført.

#### Tiltak 1: Insentiv for bensinbiler<sup>1</sup>

Tiltaket er et insentiv for økt fornying (10%) og med et skifte til flere bensinbiler. Nybilsalget er satt til 50% bensin og 50% diesel fra 2012. Dette vil gi en fordeling av lette biler i 2025 som vist i Tabell 7. Fordelingen gir en total dieselandel for lette biler i 2025 på 52 %. For øvrig er beregningsgrunnlag og utslippsfaktorer som i referansesituasjonen (Scenario 1).

<sup>1</sup> Tiltak 1 referer til Scenario 3A i følge kontrakt. Tilsvarende er Tiltak 2 og Tiltak 3, Scenario 3B og Scenario 2.

**Tiltak 2: Sterkere insentiv for bensinbiler**

Tiltaket likner Tiltak 1 men har en enda sterkere insentiv for bensinbiler, slik at nybilsalget fra 2012 er satt til 75% bensin og 25 % diesel. Dette gir en fordeling i 2025 som vist i Tabell 7. Fordelingen gir en total dieselandel for lette biler på 30 %. For øvrig er beregningsgrunnlag og utslippsfaktorer som i referansesituasjonen (Scenario 1).

**Tiltak 3: Forbud mot dieslbiler og insentiv for el- og hybridbiler**

Tanken med Tiltak 3 var å se om et forbud mot dieslbiler fra 2015 og ekstra satsing på elektriske og hybridbiler ville kunne være nok for å holde grenseverdiene i 2025. Tiltaket antar at dieslbiler har blitt forbudt solgt, mens elbiler utgjør 10 % og hybridbiler 15 % etter 2015. Et slikt tiltak vil gi en fordeling i 2025 som vist i Tabell 7. Fordelingen gir en total dieselandel for lette biler på 4 %. Dette tiltaket representerer også en situasjon som vil gi like høyt CO<sub>2</sub> utslipp sammenlignet med situasjonen der 75 % av bilene er dieslbiler.

Det bør nevnes at utgangspunktet for denne fordelingen er noe annerledes enn de tidligere fordelingene. Fordelingen har i utgangspunktet (2010) fått noe høyere dieselandel pluss at vi også får noe hybrid og elbiler inn før 2015. Dette ble justert før Tiltak 3 ble utført og det er derfor vi har noe ulik prosent i de eldre bilklassene for Tiltak 3. Utslippsfaktorene som er brukt i denne beregningen er noe justert sammenlignet med referansesituasjonen og de to andre tiltakene, se Tabell 8. Justeringene er gjort fordi det i løpet av arbeidet med prosjektet har kommet frem at det nok er et riktigere sett av faktorer. Som et startpunkt ønsket man å ha en konservativ antagelse for forskjellen på diesel og bensin biler slik at NO<sub>2</sub> andelen ble holdt relativt høy for bensinbiler og relativt lav for dieslbiler. For tiltak 3 er dette altså blitt videre justert til det vi mener er et mer realistisk sett for utslippsfaktorene, se Tabell 8. Det er fortsatt usikkerhetsmomenter rundt tallene og mer studier er iverksatt for å belyse nærmere både det direkte NO<sub>x</sub> -utslippet og NO<sub>2</sub> -andelen. Resultat av dette arbeidet kan gi andre faktorer for fremtidige beregninger som kan slå ut begge veier. Eventuelle justeringer antas allikevel ikke å gi vesentlige endringer i hovedkonklusjonene fra dette prosjektet fordi forskjellen på utslipp fra diesel og bensinbiler er store.

Forandringene som er gjort på fordeling og utslippsfaktorer for Tiltak 3 endrer heller ikke hovedkonklusjonen for tidligere kjøring eller for Tiltak 1 og 2.

Tabell 7: Prosentvis fordeling av de lette bilene for de ulike beregningene.

<b>BILKLASSE</b> B=Bensin D=Diesel	<b>REFERANSE</b> <b>Scenario 1</b> <b>2025</b>	<b>TILTAK1</b>	<b>TILTAK2</b>	<b>TILTAK3</b>
<i>Eldre klasser B/D</i>	3.7%	3.7%	3.7%	0.9 %
<i>EURO 4 B</i>	1.3%	1.3%	1.3%	0.20%
<i>EURO 5 B</i>	4.0%	6.0 %	7.8 %	1.0 %
<i>EURO 6 B</i>	18.9 %	37.8 %	56.6 %	70.4 %
<i>EURO 4 D</i>	2 %	2%	2%	0.30%
<i>EURO 5 D</i>	13.1 %	11.4 %	9.7 %	2.8 %
<i>EURO 6 D</i>	56.6 %	37.8 %	18.9 %	1.2 %
<i>Hybrid</i>	0	0	0	14.2 %
<i>EL</i>	0	0	0	9.5 %
<b>Total dieselandel</b>	<b>72.1 %</b>	<b>51.6 %</b>	<b>30.0 %</b>	<b>4.3 %</b>

Tabell 8: Oversikt over beregningsgrunnlag og utslippsfaktorer brukt.

Utslippsfaktorer	REFERANSE		TILTAK 1		TILTAK 2		TILTAK 3		
	Bensin	Diesel	Bensin	Diesel	Bensin	Diesel	Bensin	Diesel	
NO <sub>x</sub>	0.032	0.65	0.032	0.65	0.032	0.65	0.032	0.65	
Enhet i g/km	0.028	0.6	0.028	0.6	0.028	0.6	0.028	0.6	
Euro 4	0.024	0.6	0.024	0.6	0.024	0.6	0.024	0.5	
Euro 5	10	30	10	30	10	30	5	30	
Euro 6	10	30	10	30	10	30	5	40	
ÅDT økning pr år. Fremskrevet til 2025 fra 2010/2015	1.40 %		1.40 %		1.40 %		1.40 %		
Fornyingsprosent	4.50 %		10 %		10 %		10 %		
Fornyingsfordeling	Bensin 25 %	Diesel 75 %	Bensin 50 %	Diesel 50 %	Bensin 75 %	Diesel 25 %	El 10 %	Hybrid 15 %	Diesel Forbud
<b>Total dieselandel</b>	<b>72 %</b>		<b>52 %</b>		<b>30 %</b>		<b>4 %</b>		

### 3.2.2 Resultat av langtidstiltakene

Resultater av spredningsberegningene er gitt for 19. høyeste time og årsmiddel for enkelte stasjonspunkt og på felt (geografisk område). Her vises resultatet av de fire beregningene:

- **Tiltak 1:** Incentiv for bensinbiler. Total dieselandel på 52%.
- **Tiltak 2:** Sterkere incentiv for bensinbiler. Total dieselandel på 30%.
- **Tiltak 3:** Forbud mot dieslbiler og incentiv for el- og hybridbiler: Total dieselandel på 4 % og totalt 25 % el og hybridbiler.
- **Referanse: Scenario 1 2025:** 72 % dieslbiler.

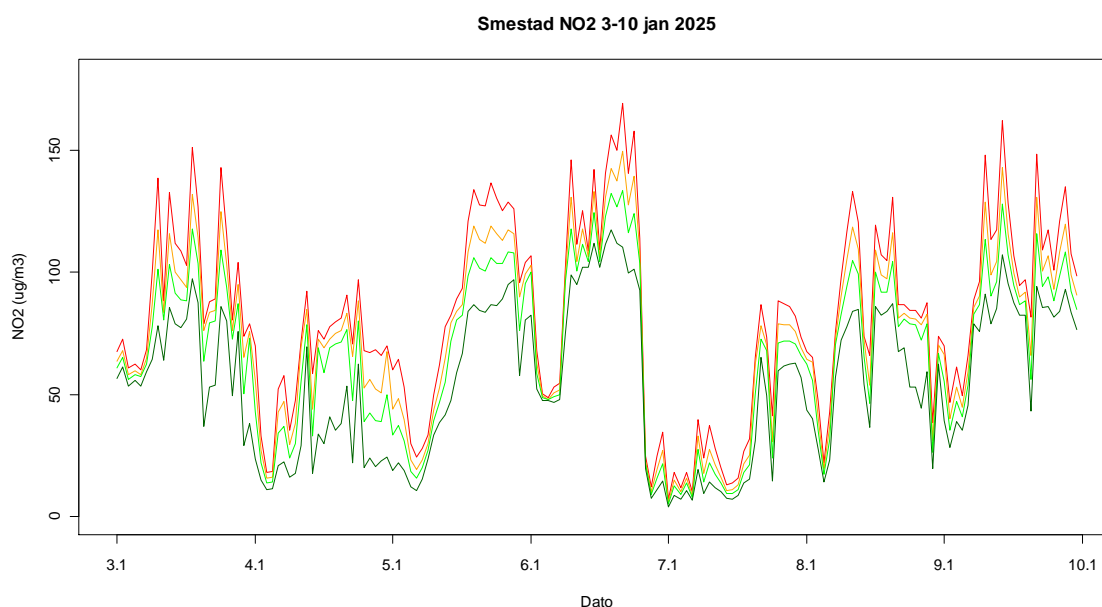
### Timeverdier

Beregnet 19. høyeste time for noen stasjonspunkt er gitt i Tabell 9. Tiltak 1 gir minst reduksjon mens Tiltak 3 gir størst reduksjon. Tiltakene gir for den 19. høyeste timen henholdsvis 9 %, 16 % og 25 % reduksjon i snitt for de 5 stasjonene. Vi ser også at Alnabru er stasjonen der tiltakene har minst effekt. Dette er som forventet og reflekterer at Alnabru i stor grad er påvirket av tungtransport.

Et utdrag fra en tidsserie av timeverdier for beregningspunktet Smestad stasjon i 2025 er gitt i Figur 1.

Tabell 9: Den 19. høyeste time for beregningsperioden. Enhet  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

	<b>Scenario 1 2025</b>	<b>Tiltak 1</b>	<b>Tiltak 2</b>	<b>Tiltak 3</b>
<b>Kirkeveien</b>	148	137	125	113
<b>Manglerud</b>	160	138	126	111
<b>Alnabru</b>	160	154	149	142
<b>Smestad</b>	164	147	131	112
<b>RV4 Aker</b>	176	158	144	126



Figur 6: Tidsserie av beregnede timeverdier for Smestad for de ulike tiltakene. Referansesituasjonen er vist med rødt, Tiltak1 med gult, Tiltak 2 med lysgrønt og Tiltak 3 med mørkgrønt.

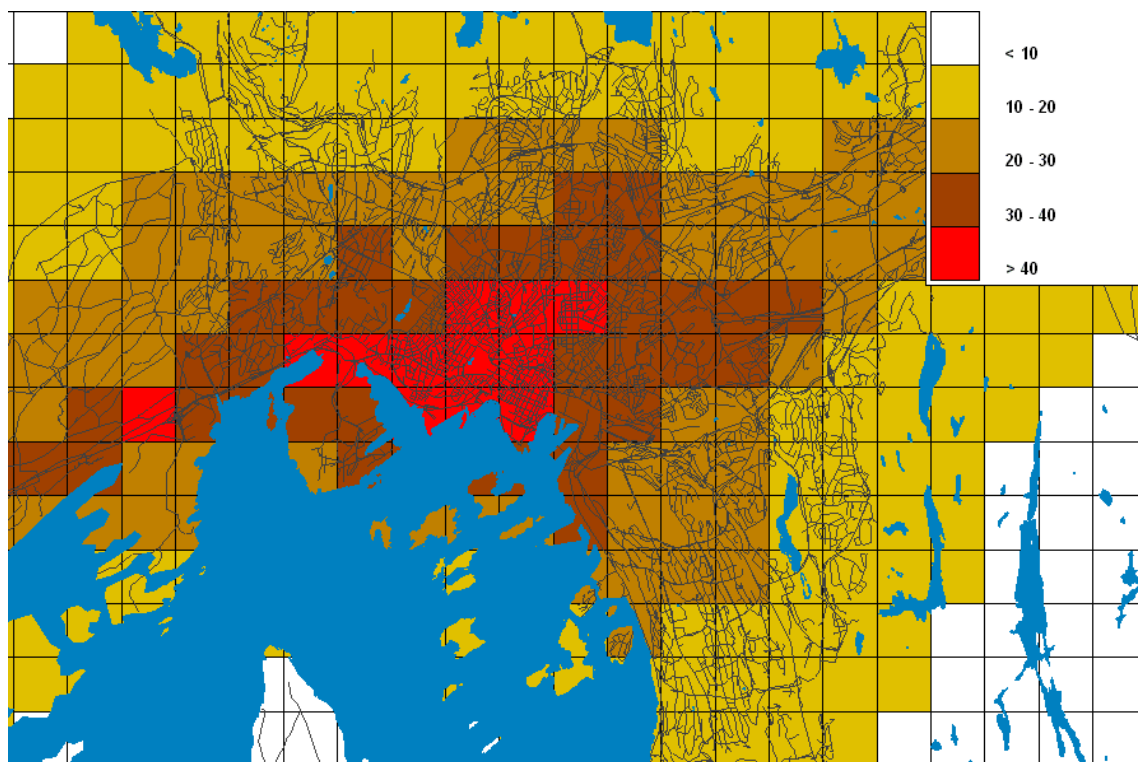
### Årsmiddel

Resultatene for årsmiddel er gitt for ulike punktregninger/målestasjoner i Tabell 10. Tilsvarende som for 19. høyeste time viser det en gjennomsnittlig reduksjon på 8 %, 15 % og 28 % for henholdsvis Tiltak 1, 2 og 3.

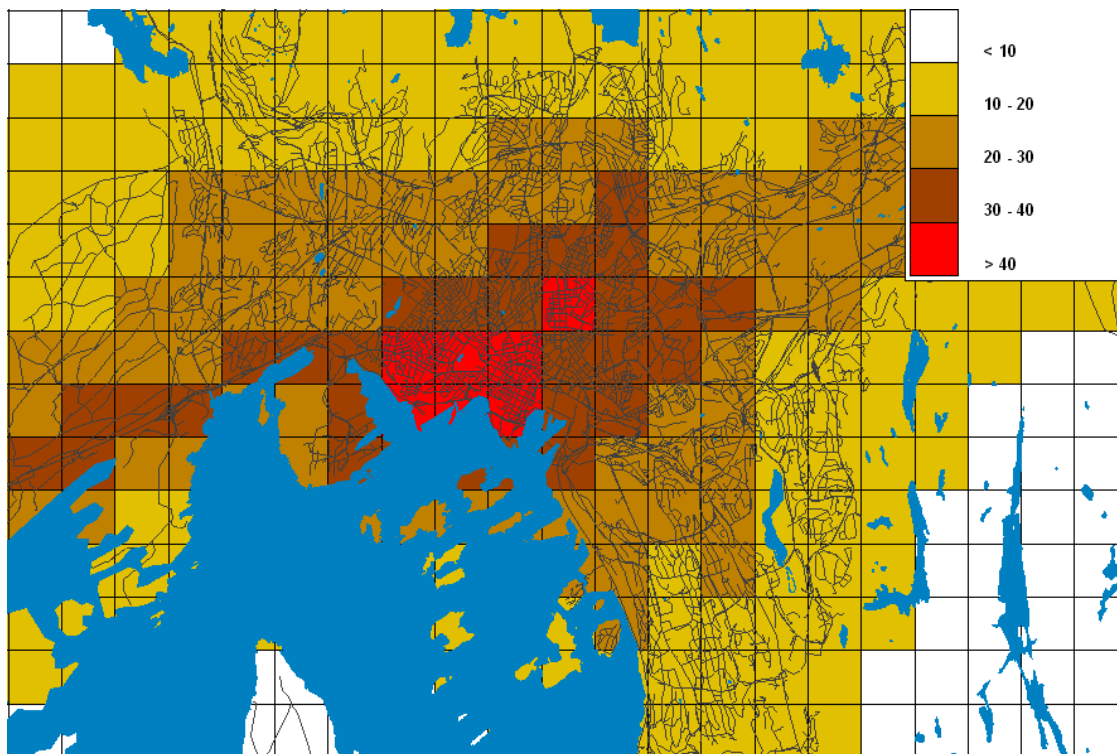
Feltverdier av beregnet årsmiddel er vist i kart Figur 2 til Figur 5, og viser den samme trenden som ved punktregningene. Tiltak 1 gir 12 gridruter med konsentrasjonsverdi på over 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  Tiltak 2 gir 7 ruter, mens Tiltak 3 gir 2 gridruter over grenseverdien.

Tabell 10: Beregnet årsmiddelverdi. Enhet  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

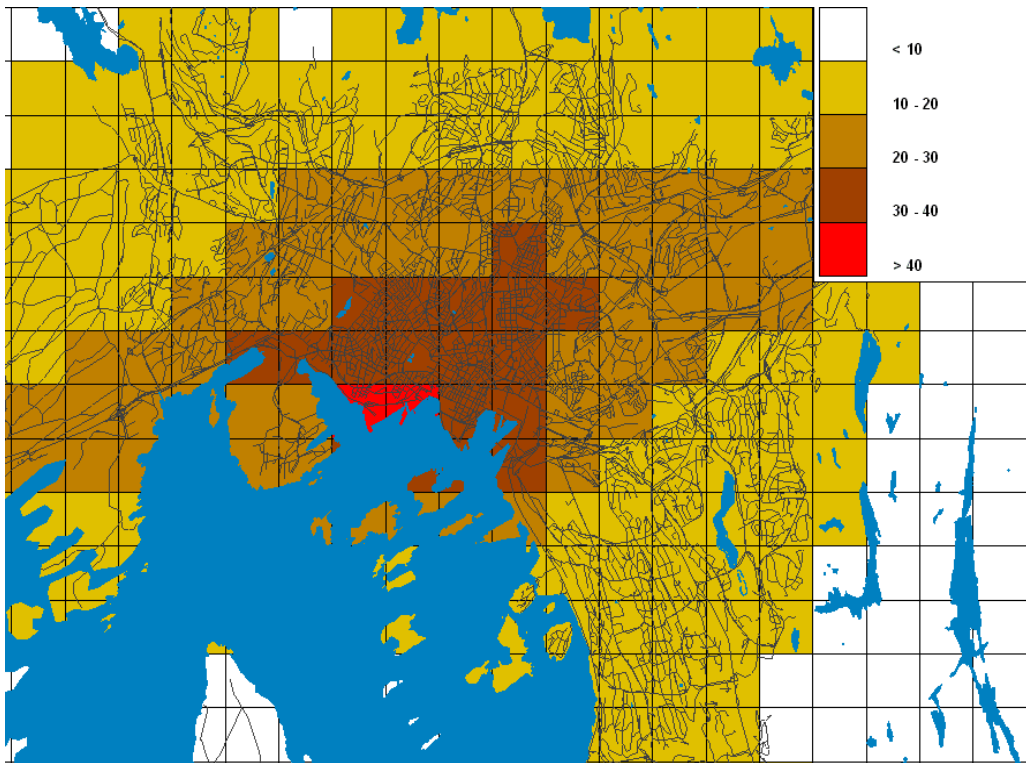
	Scenario 1 2025	Tiltak 1	Tiltak 2	Tiltak3
<b>Kirkeveien</b>	41	37	34	28
<b>Manglerud</b>	40	36	33	27
<b>Alnabru</b>	54	52	50	47
<b>Smestad</b>	61	56	50	39
<b>RV4 Aker</b>	42	39	36	31



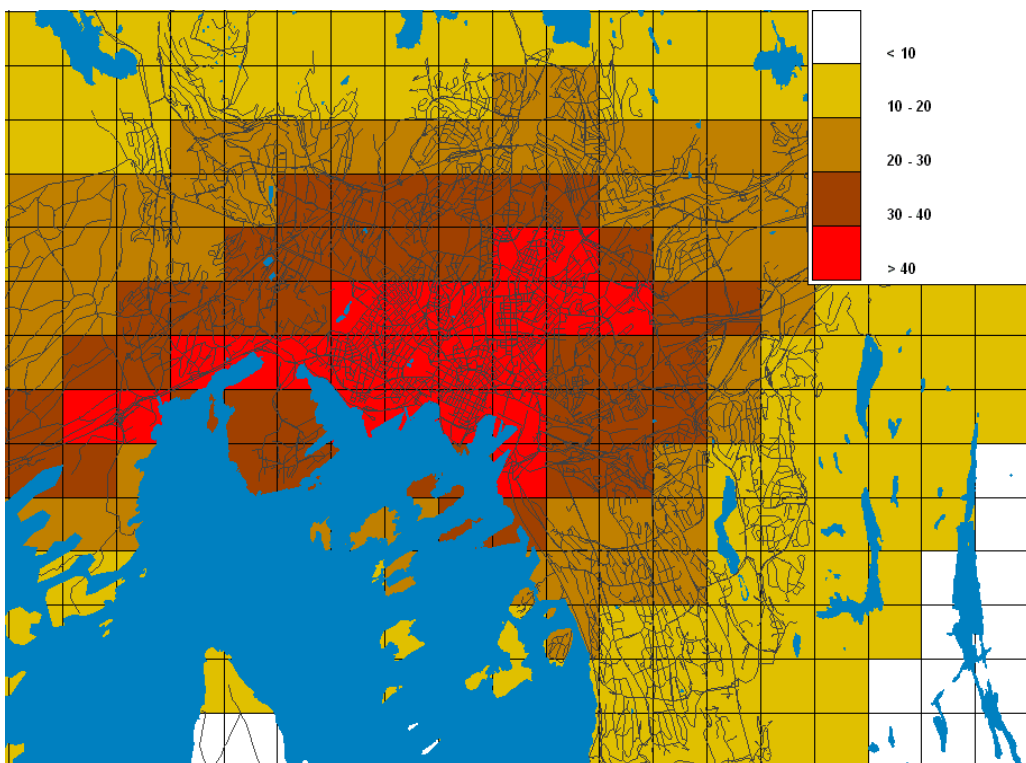
Figur 7: Kartutsnitt av årsmiddelverdier på felt for Tiltak 1 med økt fornying og nybilsalg på 50% diesel 50% bensin. Dieselandelen av lette kjøretøy er 52 %. Enhet:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Figur 8: Kartutsnitt av årsmiddelverdier på felt for Tiltak 2 med økt fornying og nybilsalg på 25 % diesel 75 % bensin. Dieselandelen av lette kjøretøy er 30 %. Enhet:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Figur 9: Kartutsnitt av årsmiddelverdier på felt for Tiltak 3. Dieselandelen av lette kjøretøy er 4 %, med totalt 25 % el- og hybridbiler. Enhet:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Figur 10: Kartutsnitt av årsmiddelverdier på felt for referansesituasjonen (scenario 1) i 2025. Dieselandelen av lette kjøretøy er 72 %. Enhet:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



### 3.3 Tiltaksberegninger: Strakstiltak

Strakstiltak er tiltak som settes inn på kort varsel for å begrense antall timer over grenseverdien på  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i perioder med høye konsentrasjoner av  $\text{NO}_2$ . Slike strakstiltak vil i liten grad påvirke årsmiddelet, men er tenkt å kunne ha god effekt på antall timer med svært høye konsentrasjoner. Når det varsles høye nivåer av  $\text{NO}_2$ , basert på prognoser for luftkvaliteten i byene, er det behov for å sette i gang effektive strakstiltak for å redusere forurensningsnivået.

#### 3.3.1 Beskrivelse av strakstiltakene

Denne studien ser på effekten av å innføre datokjøring i perioder hvor det har blitt varslet høye konsentrasjoner av  $\text{NO}_2$ , dvs. akutte situasjoner. Følgende to typer tiltak er analysert:

1. Par- og oddetallskjøring
2. Forbud mot dieslbiler

#### **Par- og oddetallskjøring**

Dette strakstiltaket innebærer at kun personbiler med registreringsnumre som ender på oddetall (1,3,5 osv.) får lov til å kjøre i byen den ene dagen, mens den andre halvdel av bilparken får mulighet til å kjøre neste dag. Hensikten med par- og oddetallskjøring er å redusere antall lette biler på veiene og dermed redusere trafikkvolumet og utslipp av  $\text{NO}_2$ .

Basert på erfaringer i Bergen, som har benyttet par og oddetallskjøring, antar vi at innføring av par- og oddetallskjøring vil gi en reduksjon på trafikkvolumet (ÅDT, årsdøgntrafikk) med 30 %. Selv om det er 50 % av bilene som ikke skal brukes vil ikke trafikkmengden gå ned med 50 %. Det er mange som har tilgang til flere biler og det er naturlig å tenke seg at man i et slikt tilfelle bruker den bilen med "riktig" nummer på skiltet noe mer enn ellers. I tillegg kommer de som eventuelt bryter forbudet eller som har dispensasjon som drosjebiler eller andre nyttekjøretøy.

#### **Forbud mot dieslbiler**

Det andre tiltaket er et forbud mot bruk av lette dieslbiler i en kortere periode. Også i dette tilfelle vil man oppnå redusert trafikkvolum, men reduksjonen er rettet mot de bilene som forurenser mest.

Tilsvarende par og oddetallskjøring har vi antatt en suksessrate for tiltaket med dieselforbud på 60% (tilsvarende 30/50). Det er estimert at det er rundt 30 % dieslbiler i Oslo per i dag. Med en suksessrate på 60 % vil det gi en reduksjon på 18 % i ÅDT fra de lette bilene.

Av de resterende 40 % dieselbilbrukerne som ikke gir reduksjon i ÅDT har vi antatt at halvparten av disse har tilgang på annen bil mens den andre halvparten bryter forbudet eller har dispensasjon. Det betyr at 6 % av de lette bilene fortsatt

vil være dieserbiler og vi har derfor latt 6 % dieserbiler forbli i modellberegningen, se Tabell 11.

Tabell 11: Prosent for effekt av tiltaket med forbud mot dieserbiler

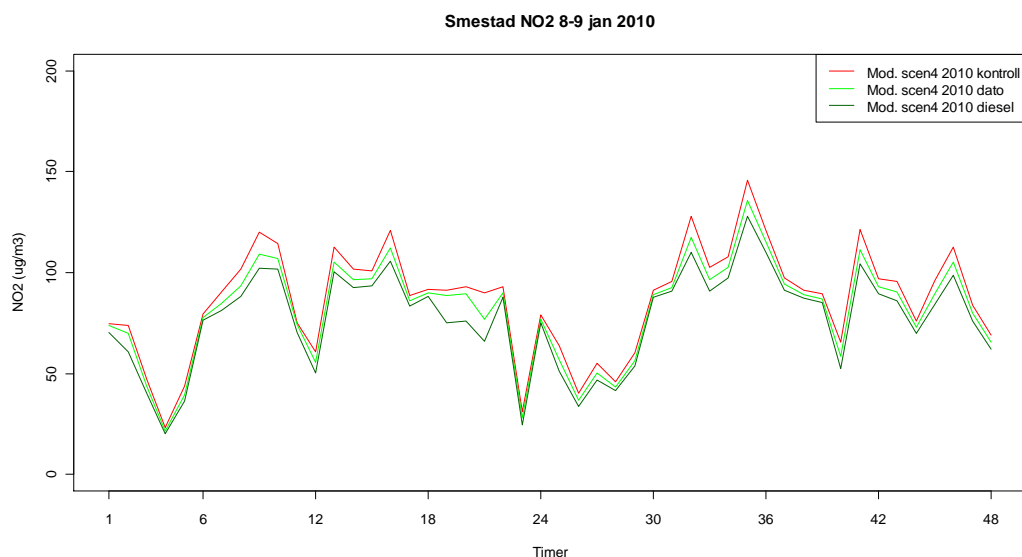
	Prosent av dieserbilene	Prosent av total for lettebiler
<b>Antatt reduksjon i ÅDT</b>	60%	18%
<b>Benytter annen bil</b>	20%	6%
<b>Bryter forbud / Dispensasjon</b>	20%	6%
<b>Sum</b>	100%	30%

### 3.3.2 Resultat av straksiltakene

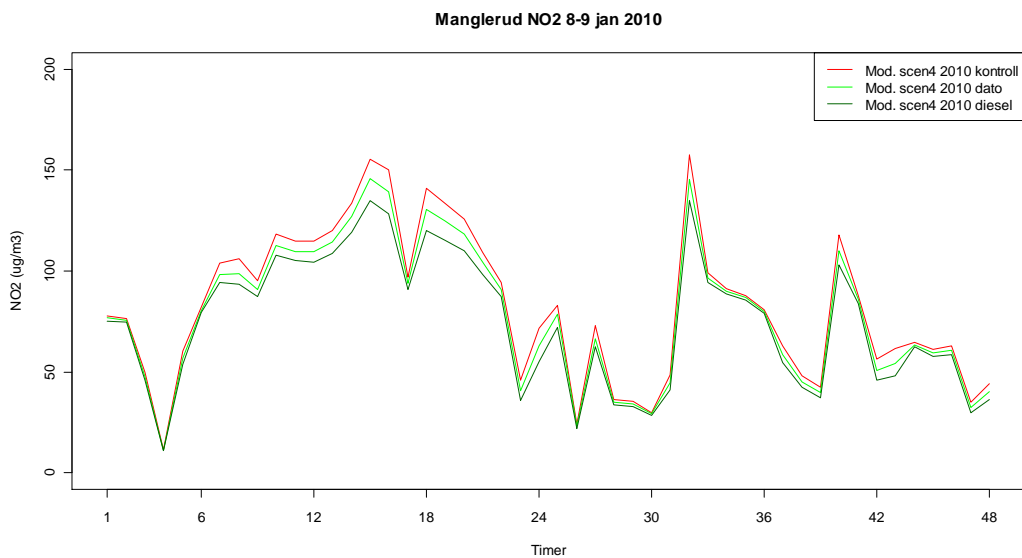
De to ulike tiltakene er modellert for to dager, 8 – 9 januar 2009, som to test dager. For timeverdier ser vi plot av tre tidsserier for tre ulike stasjonspunkt i Figur 11 - Figur 13

Kontrollsituasjonen der ingen tiltak blir utført er vist med rødt, par og oddetallskjøring med lyst grønt mens forbud mot diesel er vist med mørk grønt.

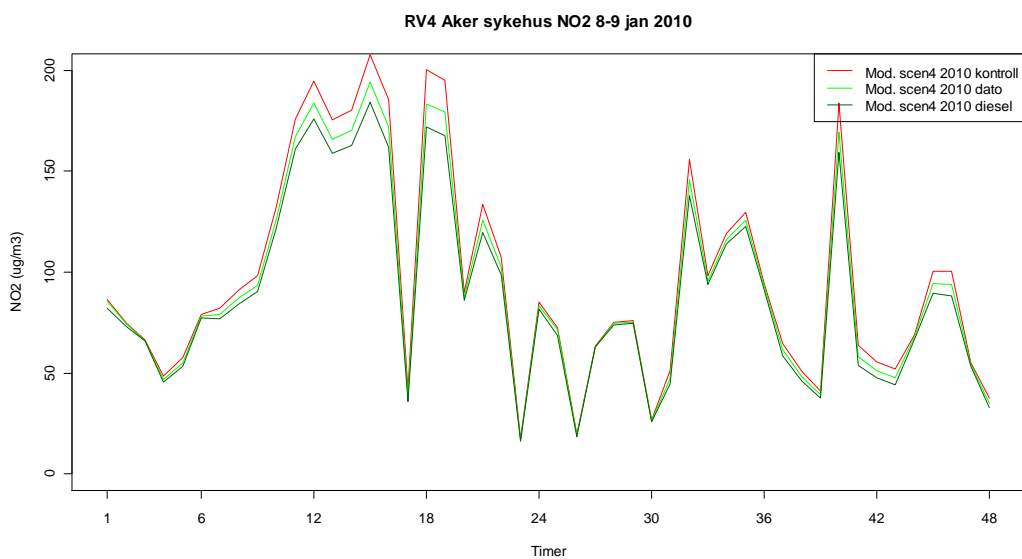
Vi ser at det er tiltaket med forbud mot diesel som gir størst reduksjon av NO<sub>2</sub> nivåene. En tabell over gjennomsnittlig reduksjon for de to døgnene og noe annen statistikk er gitt for 5 stasjonspunkt i Tabell 12-Tabell 16. Begge tiltakene gir reduksjon i antall timer med høy konsentrasjon, men forbud mot diesel gir det beste resultatet.



Figur 11: Tidsserie for Smestad stasjonspunkt. Kontrollsituasjonen uten tiltak er vist med rødt, par- og oddetallskjøring med lystgrønt og forbud mot diesel med mørkegrønt.



*Figur 12: Tidsserie for Manglerud stasjonspunkt. Kontrollsituasjonen uten tiltak er vist med rødt, par- og oddetallskjøring med lystgrønt og forbud mot diesel med mørkegrønt.*



*Figur 13: Tidsserie for RV4 stasjonspunkt. Kontrollsituasjonen uten tiltak er vist med rødt, par- og oddetallskjøring med lystgrønt og forbud mot diesel med mørkegrønt.*

Tabell 12: Resultat for Kirkeveien

<b>Kirkeveien</b>	<b>Kontroll – ingen strakstiltak</b>	<b>Par- og oddetalls kjøring</b>	<b>Forbud mot dieselbiler</b>
<b>Gjennomsnitt</b> (Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	84	80	76
<b>Gjennomsnitt</b> (reduksjon i %)		4%	9%
<b>Maks. time</b> (Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	150	144	139
<b>Maks.time</b> (reduksjon i %)		4%	7%
Prosentil (90%)	121	114	107
Prosentil (80%)	114	109	103
Antall timer over 100	17	16	13

Tabell 13: Resultat for RV4

<b>RV4</b>	<b>Kontroll – ingen strakstiltak</b>	<b>Par- og oddetalls kjøring</b>	<b>Forbud mot dieselbiler</b>
<b>Gjennomsnitt</b> (Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	97	93	89
<b>Gjennomsnitt</b> (reduksjon i %)		5%	9%
<b>Maks. time</b> (Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	208	194	184
<b>Maks.time</b> (reduksjon i %)		6%	11%
Prosentil (90%)	184	171	162
Prosentil (80%)	143	134	129
Antall timer over 100	17	15	14

Tabell 14: Resultat for Smestad

<b>Smestad</b>	<b>Kontroll</b>	<b>Par og odde</b>	<b>Forbud diesel</b>
<b>Gjennomsnitt</b> (Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	86	82	77
<b>Gjennomsnitt</b> (reduksjon i %)		6%	11%
<b>Maks. time</b> (Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	146	136	128
<b>Maks.time</b> (reduksjon i %)		7%	12%
Prosentil (90%)	120	110	103
Prosentil (80%)	105	99	95
Antall timer over 100	14	10	8

Tabell 15: Resultat for Manglerud

<b>Manglerud</b>	<b>Kontroll</b>	<b>Par og odde</b>	<b>Forbud diesel</b>
<b>Gjennomsnitt</b> (Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	83	79	75
<b>Gjennomsnitt</b> (reduksjon i %)		5%	10%
<b>Maks. time</b> (Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	158	146	135
<b>Maks.time</b> (reduksjon i %)		7%	14%
Prosentil (90%)	134	125	116
Prosentil (80%)	116	110	105
Antall timer over 100	15	13	12

Tabell 16: Resultat for Alnabru

<b>Alnabru</b>	<b>Kontroll</b>	<b>Par og odde</b>	<b>Forbud diesel</b>
<b>Gjennomsnitt</b> (Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	88	86	84
<b>Gjennomsnitt</b> (reduksjon i %)		2%	4%
<b>Maks. time</b> (Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	202	199	195
<b>Maks.time</b> (reduksjon i %)		2%	3%
Prosentil (90%)	144	143	141
Prosentil (80%)	113	111	110
Antall timer over 100	17	15	13

### 3.3.3 Diskusjon av resultatet fra strakstiltak

Som nevnt er strakstiltak tenkt som tiltak mot de høyeste timeverdiene. For å kunne vurdere om et strakstiltak vil gi ønsket resultat, er det avgjørende å vite hvilket nivå man vil få uten tiltak.

Ligger man akkurat over grenseverdien vil selv små reduksjoner av konsentrasjonen gi stor uttelling for reduksjon i antall timer over grenseverdien. Ligger man langt over grenseverdien vil selv relativt store reduksjoner ikke nødvendigvis gi reduksjon i antall timer over grenseverdien. Hvorvidt strakstiltaket vil bidra til overholdelse av grenseverdikravet gitt i forskriften vil derfor avhenge av meteorologiske forhold og geografisk område.

Men det er viktig å understreke at enhver reduksjon av  $\text{NO}_2$ -utslippet vil gi reduksjon i konsentrasjonsnivået. Selv om et utslippsreducerende tiltak ikke gir tilstrekkelig reduksjon i  $\text{NO}_2$ -nivået til at grenseverdiene blir overholdt alle steder i en by kan man anta at effekten for folks eksponering og helse allikevel vil være positiv.

Den relative effekten av strakstiltakene som er rettet mot de lette bilene er i stor grad bestemt av det totale utslippet som også inkluderer tungtransport og andre kilder. Større strukturelle endringer og langsiktige tiltak som for eksempel forandring i andel lette dieserbiler vil selvfølgelig også kunne påvirke effekten av strakstiltakene.

Vi har modellert for to dager i januar 2009 som en testsituasjon. Vi har hatt fokus på å sammenligne de to ulike tiltakene for å se hvilket av tiltakene som vil gi best resultat. Vi kan konkludere at et tiltak som gir betydelig reduksjon i det direkte NO<sub>2</sub> -utslippet vil gi best effekt. Det er mest å hente på det direkte utslippet fordi mengden NO<sub>2</sub> som kommer fra kjemisk reaksjon av NO vil være begrenset av mengden ozon i luften og derfor mindre påvirket av forandringer i det totale NO<sub>x</sub> utslippet. NO<sub>2</sub> -andelen av NO<sub>x</sub> -utslippet er høy for dieserbiler og har vist seg å øke i nyere bilmodeller. Det er derfor sannsynlig at tiltak rettet mot dieserbiler gir større effekt, slik også beregningene viser.

Det er noen effekter som modellen ikke klarer å fange opp, blant annet at reduksjon i ÅDT vil gi bedre flyt i trafikken noe som vil gi ytterligere reduksjon i utslippene. Lavere konsentrasjoner vil også gi noe lavere bakgrunnsnivåer fra en dag til annen, noe som det ikke er justert for i denne sammenligningen. Dette endrer allikevel ikke hovedkonklusjonen fra beregningene.

## **4 Evaluering av modellberegningene**

### **4.1 Usikkerheter knyttet til modellberegningene**

#### **4.1.1 Usikkerheter for arealutslipp**

Usikkerheten i inngangsdata for arealkilder (alle andre kilder enn trafikk) ligger både i de totale utslippsnivåene, geografisk fordeling innen byen/modellområdet, fordelingen på timer i beregningsperioden, hvordan utslippene varierer med meteorologiske forhold og høyde på utslippene. Av arealutslipp inngår blant annet utslipp fra havnen med skipsanløp som bidrar til NO<sub>2</sub> -konsentrasjonene. Den viktigste kilden er allikevel veitrafikk slik at eventuelle feil i utslippet fra andre kilder er antatt å være av mindre betydning.

#### **4.1.2 Usikkerheter knyttet til utslippsestimatene for veitrafikken**

Utslippene fra veitrafikken er i beregningene estimert ut fra informasjon om statiske og dynamiske data for veinettet i tillegg til informasjon om bilparken og utslippsfaktorer. Av statiske og dynamiske data som er gjeldene for veinettet inngår blant annet trafikkmengde(ÅDT), andel tunge og lette kjøretøy, veitype og hastighet på et veilenkesystem som er hentet enten fra Nasjonal vegdatabank (NVDB) eller veimodellen Emma/Fredrik (Tom N. Hamre, 2010). Informasjonen hentet fra NVDB vil innebære generelle usikkerheter knyttet til tallene i databasen. Data fra veimodellen Emma/Fredrik innebærer også egne modellusikkerheter. Det er også for trafikktutslippene usikkerheter knyttet til variasjonen for utslippet time for time og modellen fanger ikke opp variasjon i kjørehastighet over døgnet som for eksempel ved køkjøring.

En avgjørende del for beregningene er utslippsfaktorene brukt for de ulike bilklassene. Utslippsfaktorer er gitt ulikt for bensin, diesel, tunge og lette kjøretøy, men skiller ikke på utslippsforskjeller innad i EURO-klassene. Faktoren brukt for en EURO klasse er antatt å være representativ for gjennomsnittet av fordelingen av biler innad i klassen.

Når man utfører tiltaksberegninger er det viktig at alle kilder bidrar til konsentrasjonene med en andel lik det man mener er virkeligheten, slik at en justering /reduksjon i utslippet i modellen også vil representerer en reell andel til det totale utslippet. For å vurdere effekten av en reduksjon i trafikkmengde fra lette biler blir det da for eksempel viktig at utslippet fra disse er på riktig nivå sammenlignet med utslippet fra de tunge kjøretøyene og andre kilder.

Utslippsfaktorene som er brukt i dette prosjektet er justert for høyere utslipp fra diesebilene, men muligens er fortsatt utslippene lave sammenlignet med totalutslippet som kommer fra tunge kjøretøy. Det er spesielt knyttet usikkerheter til EURO 6 i og med at det ikke er gjort målinger av utslipp på denne bilklassen.

#### **4.1.3 Usikkerheter i bakgrunnsverdier**

Bakgrunnskonsentrasjonen av ozon er en inngangsparameter i modellen og er avgjørende i beregningen av hvor mye av NO utslippet som oksideres til NO<sub>2</sub>. Høyere bakgrunnskonsentrasjon av ozon betyr høyere NO<sub>2</sub> konsentrasjon beregnet av modellen. Det regionale bakgrunnsbidraget for ozon som transporteres inn over modellområdet, er basert på målte timeverdier fra 2 regionale bakgrunnsstasjoner, Hurdal og Birkenes. Det er laget en tidsserie av maksimumsverdien fra disse to stasjonene som brukes som inngangsdata for bakgrunn av ozon. Bruken av data fra bakgrunnsstasjoner som ligger så langt fra modellområdet forutsetter egentlig at bakgrunnsnivåene varierer i liten grad både i rom og tid. Ozon er en reaktiv gass hvor forandringer i konsentrasjonen kan oppstå raskt. Det er derfor grunn til å anta at luften som transporteres inn over Oslo inneholder andre mengder ozon enn det som måles på bakgrunnsstasjonene og som benyttes av modellen. Spesielt pga den raske reaksjonstiden er det derfor vanskelig å finne nøyaktige bakgrunnsverdier fra time til time. Derimot er den gjennomsnittelige bakgrunnsverdien for vintermiddel trolig mindre usikker.

Usikkerheter knyttet til andelen av NO<sub>2</sub> konsentrasjonen som kommer fra direkteutslippene og andelen fra kjemisk reaksjon med NO og ozon vil også kunne gi feil sensitivitet til utslippsendringer. I situasjoner med sterk inversjon vil NO<sub>2</sub> som kommer fra reaksjon mellom NO og ozon mest sannsynlig være begrenset av tilgjengelig ozon. Ozonbakgrunnen som blir brukt i beregningene er derfor veldig avgjørende for hvor stort bidrag til NO<sub>2</sub> -konsentrasjonen som kommer fra reaksjon med NO og ozon. Et større antall målinger av ozon i bynære miljø vil kunne gi bedre innsikt i denne prosessen og gi mindre usikkerhet i bakgrunnskonsentrasjonene for ozon.

Bakgrunnsverdiene for NO<sub>2</sub> er basert på målte verdier fra målestasjoner i Oslo. Det er brukt minste verdi de siste 24 timer som bakgrunn. Dette er antatt å være et bra estimat for natteverdiene men er muligens noe underestimert generelt på dagtid, spesielt i de situasjonene da luft transporteres inn fra områder med trafikk.

Bruk av målte verdier fra Oslo vil kunne reprodusere, til en viss grad, situasjoner med resirkulering av luftmasser, noe som modellen ikke klarer å fange opp.

#### **4.1.4 Usikkerheter knyttet til vindfeltmodellen og spredningsmodellen**

Mathew er en modell som blir brukt til å beregne vindfelt som brukes videre i spredningsberegningene. Det er usikkerheter knyttet til både den modellerte vindstyrken og vindretningen. Dette får betydning for de veinære beregningene. For eksempel vil en liten feil i beregnet vindretning føre til at feil side av veien får belastningen. Rent metodemessig er spredningsberegningene vinterstid mest følsomme, og dermed mest usikre, i situasjoner med utvikling av stabile bakkenære temperatur-inversjoner og med svake vindstyrker. Under slike forhold vil små endringer i vindstyrke og temperaturfordeling kunne lede til kraftige endringer i de beregnede konsentrasjonene. I sterkvindsituasjoner med nøytrale eller ved ustabile spredningsforhold er spredningsberegningene langt mer robuste for endringer i de meteorologiske spredningsparametrene.

For å vurdere effekten av et tiltak er det også viktig at konsentrasjonen som er blitt beregnet er en effekt av riktige spredningsforhold og som nevnt er det usikkerheter knyttet til blant annet vindfeltet. Spesielt gjelder dette typiske situasjoner der et strakstiltak vil bli testet fordi det er under slike forhold modellen har størst usikkerhet. Beregning av strakstiltak gir et relativt lite statistisk grunnlag med få timeverdier å vurdere og blir dermed noe mer utsatt for tilfeldigheter sammenlignet med beregninger som utføres for en lengre periode. Generelt er det anbefalt å utføre beregninger for flere år, typisk 3-5 år for å fange opp ulike meteorologiske forhold.

## **4.2 Evaluering av modellen mot måledata**

For å vurdere hvordan modellen gjenspeiler de faktiske forholdene er det vanlig å sammenligne modellresultat med måledata for beregningsperioden. Det er gjort en sammenligning med måledata for både resultat av beregninger for 2010 med etablerte utslippsfaktorer, Basis2010, og reviderte reelle utslippsfaktorer, Scenario1 2010.

For 5 stasjoner er det gjort en statistisk sammenligning av ulike parametere for Basis 2010, Tabell 17, og for Scenario 1 2010 i Tabell 18. Generelt gir modellen godt treff for middelverdiene med noe overestimering for Alnabru og RV4 og noe underestimering for Kirkeveien, Manglerud og Smestad. Om modellen generelt underestimerer eller overestimerer for stasjonspunktene sees godt når man ser på ordnete timeverdier som vist i Figur 14-Figur 18. For 19. høyeste og maksimum timeverdier er det større avvik mellom observerte og modellerte verdier og det er kun for RV4 at vi overestimerer verdiene.



Tabell 17: Statistisk sammenligning mellom modellerte og observerte verdier for Basis 2010

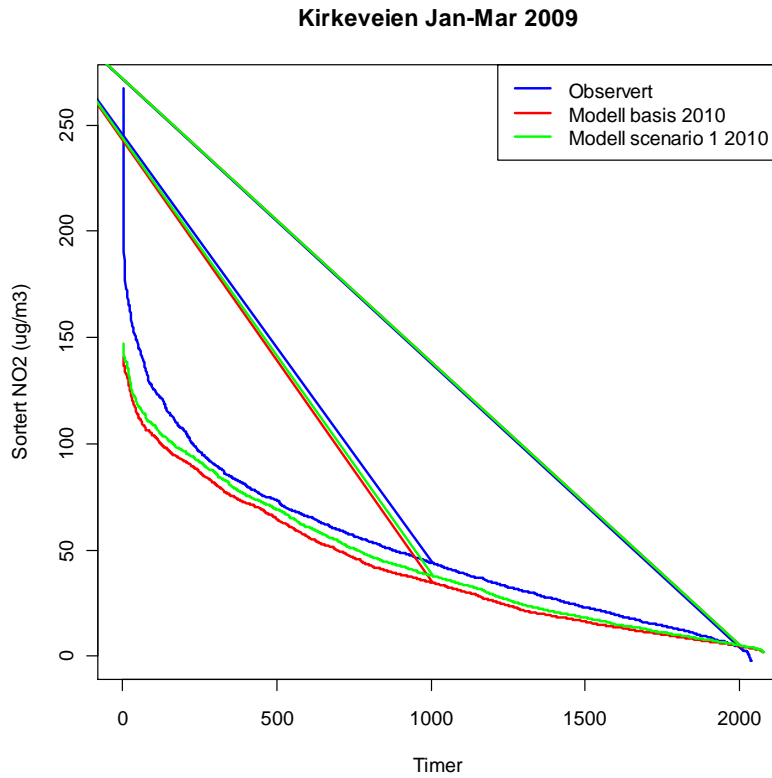
	Periodemiddelverdi		Standardavvik		19.høyeste/max	
	Observert	Modellert	Observert	Modellert	Observert	Modellert
<b>Kirkeveien</b>	51	41	37	32	165/267	127/140
<b>Manglerud</b>	59	42	40	37	175/228	134/178
<b>Alnabru</b>	61	71	43	41	223/384	195/328
<b>Smestad</b>	68	61	34	33	156/195	137/165
<b>RV4</b>	48	53	31	42	137/202	175/206
	Korrelasjon		Regresjon Stigning		Skjæringspunkt	
<b>Kirkeveien</b>	0.65		0.55		13	
<b>Manglerud</b>	0.41		0.38		21	
<b>Alnabru</b>	0.61		0.57		37	
<b>Smestad</b>	0.70		0.66		16	
<b>RV4</b>	0.60		0.80		16	

Tabell 18: Statistisk sammenligning mellom modellerte og observerte verdier for Scenario 1 2010

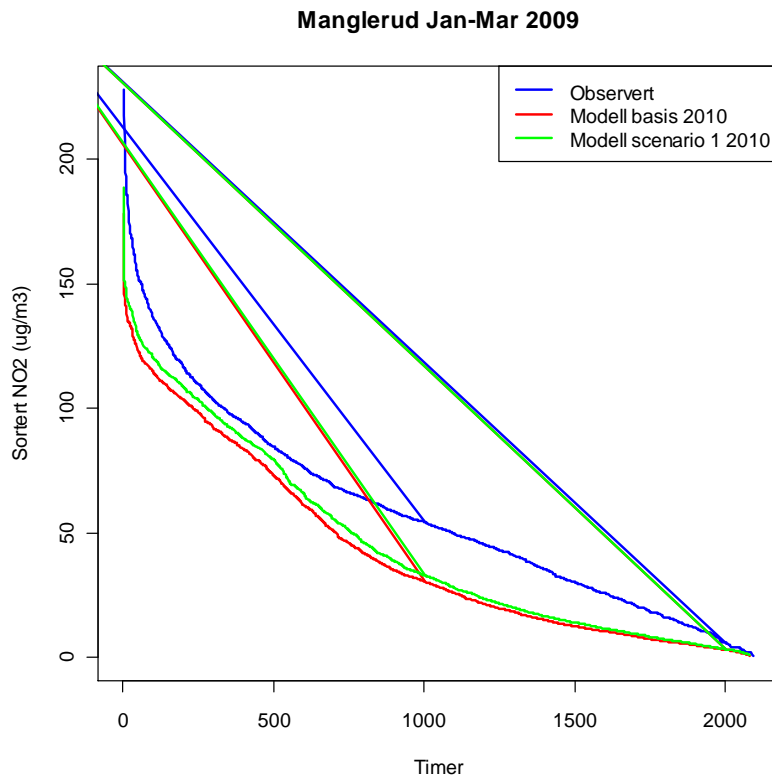
	Periodemiddelverdi		Standardavvik		19.høyeste/max	
	Observert	Modellert	Observert	Modellert	Observert	Modellert
<b>Kirkeveien</b>	51	44	37	33	165/267	133/147
<b>Manglerud</b>	59	45	40	39	175/228	142/189
<b>Alnabru</b>	61	73	43	41	223/384	199/338
<b>Smestad</b>	68	67	34	34	156/195	146/175
<b>RV4</b>	48	56	31	45	137/202	186/219
	Korrelasjon		Stigning		Skjæringspunkt	
<b>Kirkeveien</b>	0.65		0.57		15	
<b>Manglerud</b>	0.41		0.40		23	
<b>Alnabru</b>	0.61		0.57		38	
<b>Smestad</b>	0.70		0.68		20	
<b>RV4</b>	0.60		0.83		17	

Smestad er den stasjonen som gir best sammentreff, spesielt for scenario1 2010 beregningen. Sammenlignet med basis 2010 gir scenario 1 2010 en økning av både middelverdi, 19.høyeste og maksimale timeverdier for alle stasjonene. Dette er som forventet.

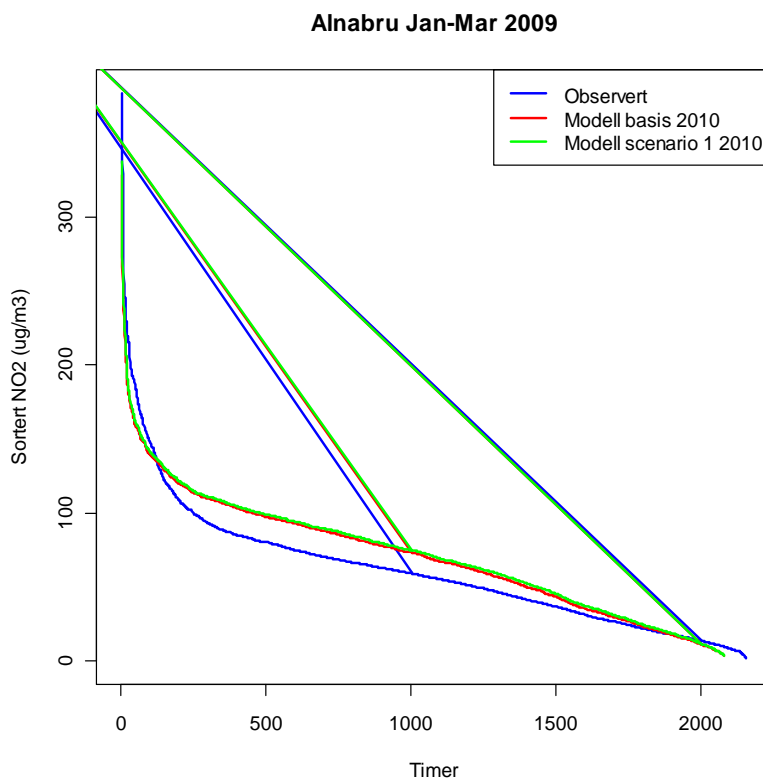
For å se hvor godt man treffer time for time kan en korrelasjonskoeffisient gi en pekepinn for samvariasjonen. Smestad kommer igjen godt ut med korrelasjon på 0.7. Scatterplot av modellerte verdier mot observerte verdier er gitt i Figur 19- Figur 23 og figurene viser også regresjonslinjen for stigningen og skjæringspunktet som er oppgitt i tabellene.



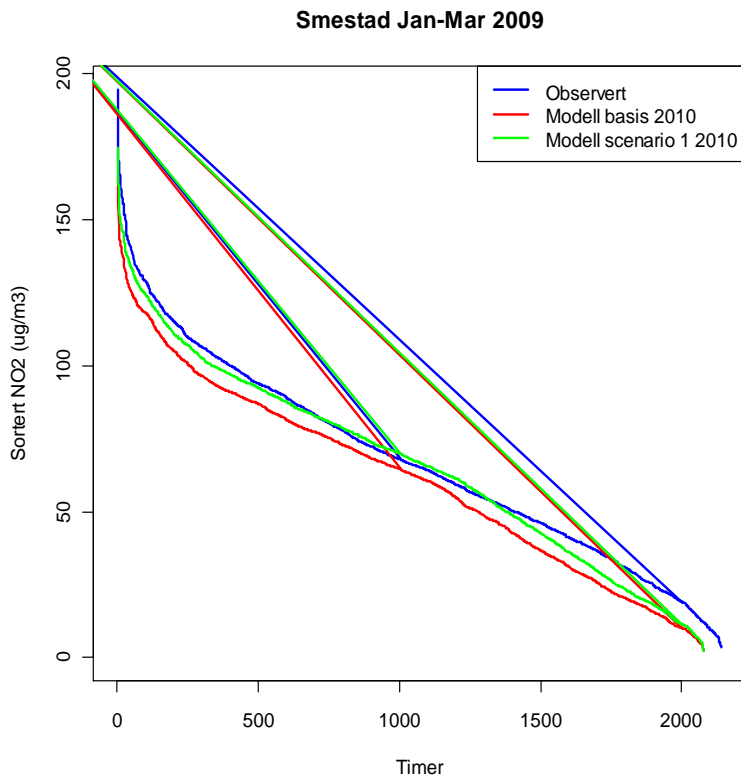
Figur 14: Sorterte synkende timeverdier for Kirkeveien.



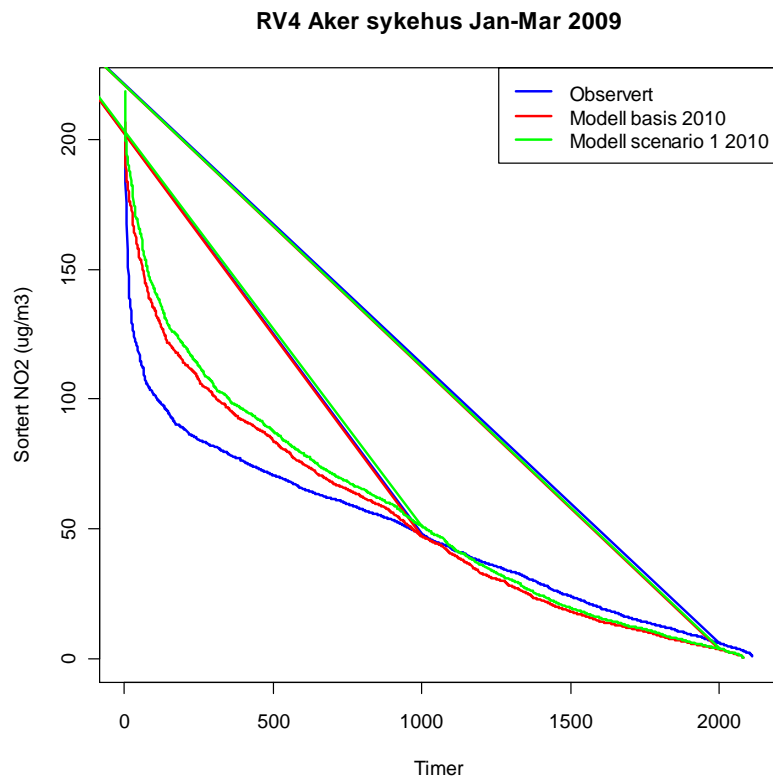
Figur 15: Sorterte synkende timeverdier for Manglerud.



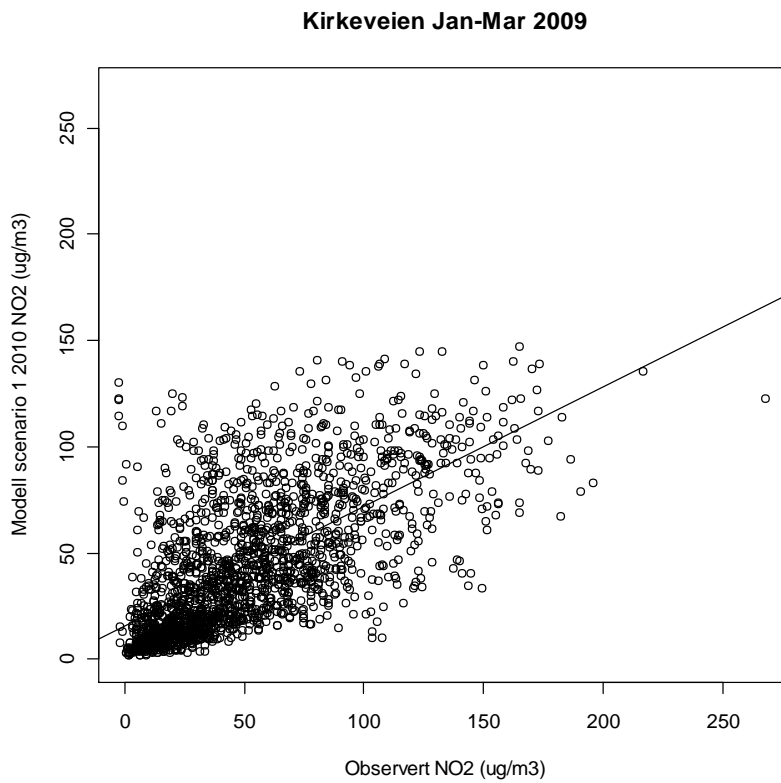
Figur 16: Sorterte synkende timeverdier for Alnabru.



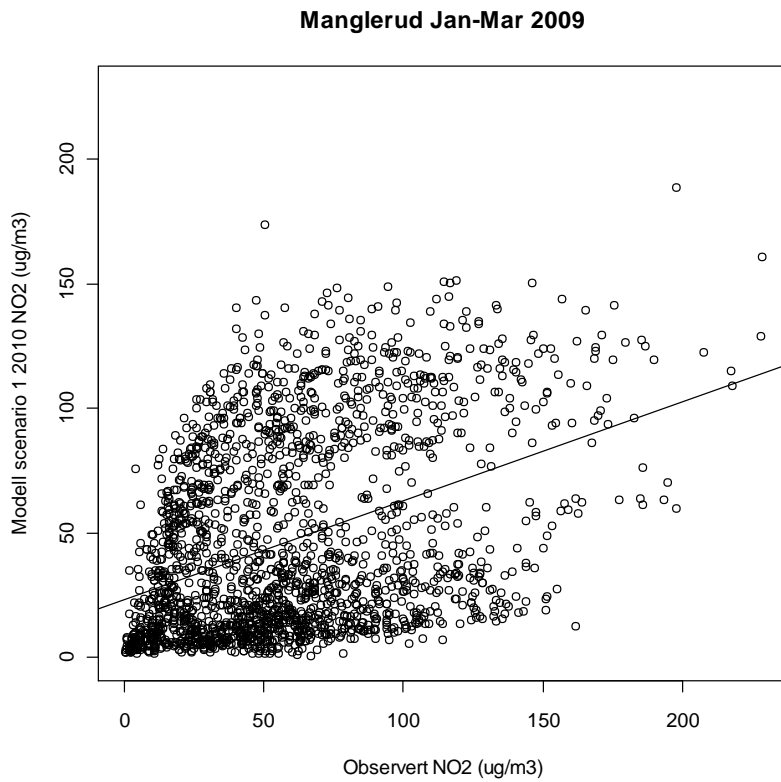
Figur 17: Sorterte synkende timeverdier for Smestad.



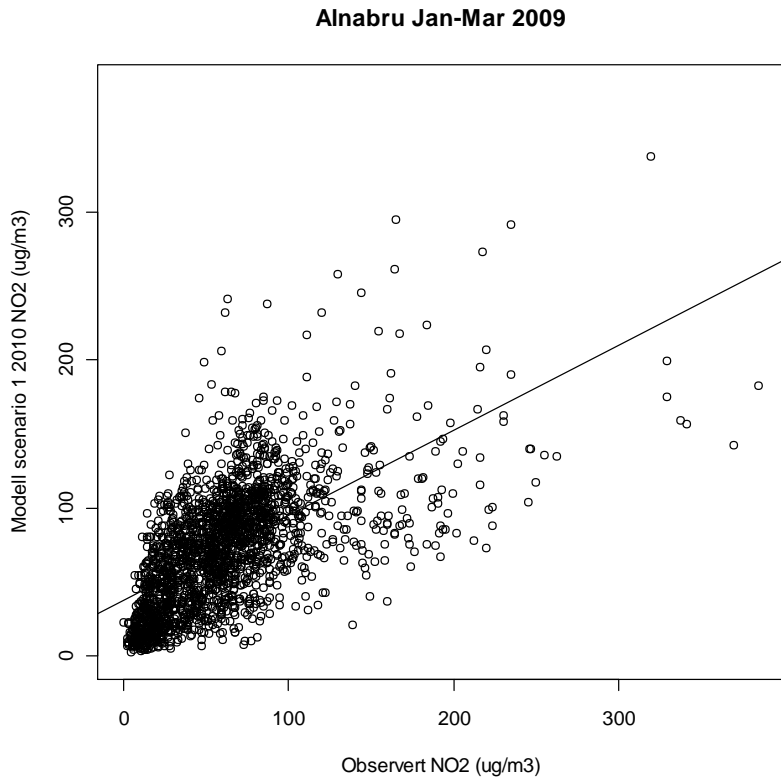
Figur 18: Sorterte synkende timeverdier for RV4 Aker sykehus.



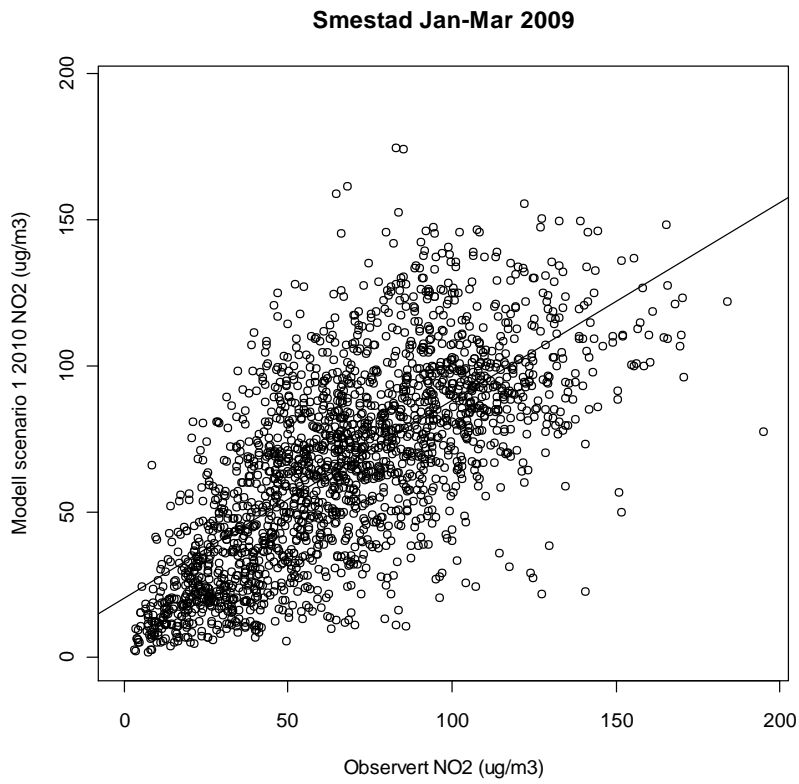
*Figur 19: Scatterplot for Kirkeveien.*



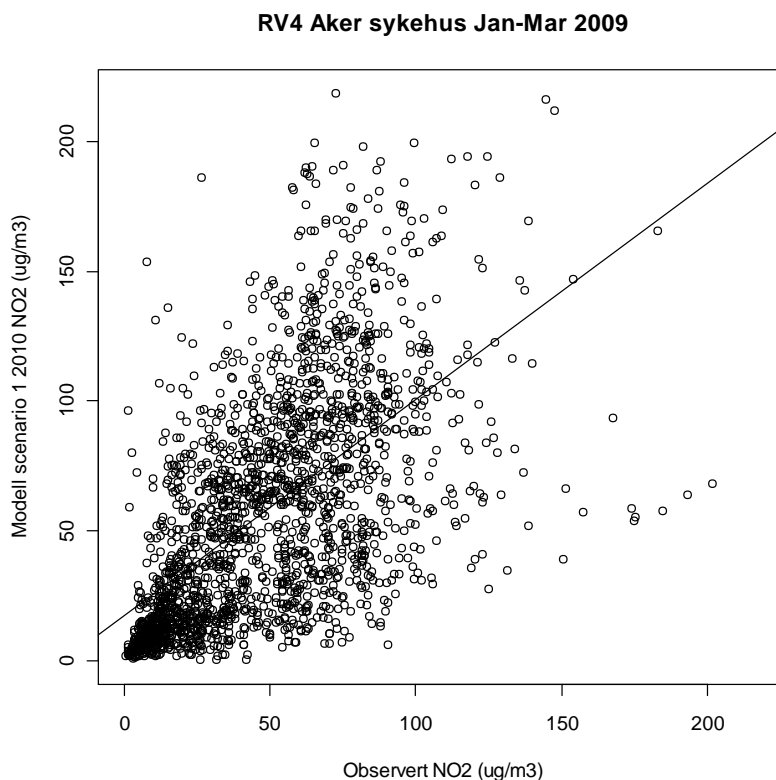
*Figur 20: Scatterplot for Manglerud.*



*Figur 21: Scatterplot for Alnabru.*



*Figur 22: Scatterplot for Smestad.*



Figur 23: Scatterplot for RV4 Aker sykehus.

### 4.3 Konklusjon av evalueringen av modellberegningene

Generelt gir modellen godt samsvar med måledata. Vi ser derimot ikke stor forskjell mellom de to scenarioene på parametere som korrelasjon, og det gir generelt ikke mye bedre samsvar med måledata for Scenario 1 sammenlignet med de etablerte utslippsfaktorene brukt i Basis 2010. Andel av dieslbiler er relativ beskjeden og utgjør 18 % i 2010 beregningene slik at forskjellene i utslippsfaktorene ikke betyr så mye for totalutslippet.

De viktigste usikkerhetene, nevnt i dette kapitlet, som er antatt å kunne ha størst utslag for resultatene, vil være forholdet mellom utslipp fra tunge vs. lette kjøretøy og konsentrasjonen av ozon som er brukt som bakgrunn.  $\text{NO}_2$  som kommer fra reaksjon mellom  $\text{NO}$  og ozon vil dempe signalet som kommer fra det direkte  $\text{NO}_2$  utslippet. At det er ulikt fra målestasjon til målestasjon vil være mest knyttet til de grunnleggende data fra lenkesystemet og hvor godt den meteorologiske modellen og spredningsmodellen gjenskaper de lokale forholdene.

## 5 Oppsummering og konklusjon

Denne rapporten viser resultater for NO<sub>2</sub>-beregninger for 2010 og 2025. Det er vist resultat fra 9 beregninger fordelt på tre ulike tema:

- 1) Effekt av reelle utslippsfaktorer i 2010 og 2025 (4 beregninger)
- 2) Langtidstiltak( 3 beregninger)
- 3) Strakstiltak(2 beregninger)

Utslippsfaktorer for lette dieserbiler er justert med basis i publiserte måledata av utslipp i reell kjøresyklus. Justering av utslippsfaktorene gir en beskjeden økning i NO<sub>2</sub>-konsentrasjoner for 2010, mens man ser en kraftig økning for 2025. Beregningene viser at hvis trenden med høy andel nye dieserbiler fortsetter vil andel dieserbiler i 2025 være så høy som 72 % og NO<sub>2</sub> -bidraget fra personbiler vil øke betraktelig. Beregningene viser at store deler av Oslo sentrum vil ha årsgjennomsnitt over grenseverdien i 2025 hvis trenden med høy dieserbilandel i nybilsalget fortsetter som i dag. Så selv om størsteparten av bilene i 2025 vil være EURO 5 og EURO 6 vil ikke det løse NO<sub>2</sub> problemet.

Det er utført beregninger for å se på effekten av tre ulike langtidstiltak. Tiltakene består i å endre sammensetningen av lette biler i bilparken gjennom bruk av negative insentiver mot dieserbiler og positive insentiver for andre biltyper som hybrid- og elbiler. Alle tiltakene gir reduserte verdier for konsentrasjonene både på felt og veinært i stasjonspunkt. Tiltak 3, som antar et dieselforbud fra 2015 og en kraftig satsning på el og hybridbiler, gir klart best resultat og viser at et kraftig kutt i de lette dieserbilene vil kunne begrense betraktelig den lokale luftforurensningen. Men selv med et forbud mot salg av nye dieserbiler fra 2015 og økt andel el- og hybridbiler viser beregningene at Oslo vil kunne få overskridelser av årsmiddelverdier i sentrale byområder.

To ulike strakstiltak er blitt testet. Strakstiltak vil kunne gi reduksjon av de høyeste timeverdiene for NO<sub>2</sub> men om reduksjonen vil være nok til å redusere antall timer over grenseverdien vil avhenge av det generelle konsentrasjonsnivået i de dagene tiltaket gjelder. Varslingen av lokal luftkvalitet i byene må brukes aktivt for å vurdere om og når det er aktuelt å innføre strakstiltak. Tiltak mot dieserbiler har bedre effekt enn ren odde- og partallskjøring. Selv om man har en mindre reduksjon i ÅDT for et tiltak mot dieserbiler har man allikevel større effekt fordi dieserbilene forurensmer mer enn bensinbilene.


Resultatene viser at dieserbilene bidrar mer enn tidligere antatt til dårlig luftkvalitet og at tiltak mot lette dieserbiler kan bedre den forventede luftkvaliteten i 2025. I tillegg viser beregningene at et strakstiltak rettet mot dieserbiler har bedre effekt enn ren odde- og partallskjøring.

Man bør også legge merke til at det ble for alle beregninger, uavhengig av beregningsår, tiltak og utslippsfaktorer brukt, funnet overskridelser av grenseverdiene. Det er derfor ikke sannsynlig at grenseverdiene vil bli overholdt i fremtiden, hvis ikke flere kraftige tiltak for å begrense utslipp av NO<sub>2</sub> blir iverksatt.



## 6 Referanser

- Alvarez, R., Weilenmann, M., Favez, J.Y. (2008) Evidence of increased mass fraction of NO<sub>2</sub> within real-world NO<sub>x</sub> emissions of modern light vehicles – derived from a reliable online measuring method. *Atmos. Environ.*, 42, 4699-4707.
- Carslaw, D., Beevers, S., Westmoreland, E., Williams, M., Tate, J., Murrells, T., Stedman, J., Li, Y., Grice, S., Kent, A., Tsagatakis, I. (2011). Trends in NO<sub>x</sub> and NO<sub>2</sub> emissions and ambient measurements in the UK [Report]. Version: 3rd March 2011. Draft for comment. Prepared for Defra. United Kingdom. URL: [http://uk-air.defra.gov.uk/reports/cat05/1103041401\\_110303\\_Draft\\_NOx\\_NO2\\_trends\\_report.pdf](http://uk-air.defra.gov.uk/reports/cat05/1103041401_110303_Draft_NOx_NO2_trends_report.pdf)
- Dalen, Ø., Amundsen, K.S. (2010) Tiltaksutredning for bedre luftkvalitet i Oslo og Bærum. Sandvika, Asplan Viak.
- Foster, F., Walker, H., Duckworth, G., Taylor, A., Sugiyama, G. (1995) User's guide to the CG-MATHEW/Adpic models, Version 3.0. Livermore, CA., Lawrence Livermore National Laboratory (Report UCRL-MA-103581 Rev. 3).
- Hagman, R. (2011) Vanskelig kamp mot dårlig byluft. *Samferdsel*, 50 (2), 14.
- Hamre, T.N. (2009) Verifisering av RTM23: sammenligning av modellresultater fra Emma/Fredrik og RTM23+ i konkrete utredningscase. Oslo, Ruter (PROSAM rapport nr 177).
- Oppegaard, C. (2010) Luftkvaliteten i Oslo: Årsrapport 2009. Oslo kommune (Rapport nr. 201001178-1).
- Opplysningsrådet for veitrafikken (2010) Bil og vei: Statistikk 2010. Oslo, Opplysningsrådet.
- Sherman, C. A. (1978) A mass consistent model for wind field over complex terrain. *J. Appl. Meteorol.*, 17, 312-319.

RAPPORTTYPE OPPDRAGRAPPORT	RAPPORT NR. OR 62/2011	ISBN: 978-82-425-2448-5 (trykt) 978-82-425-2449-2 (elektronisk)	
		ISSN: 0807-7207	
DATO 16.11.2011	ANSV. SIGN. 	ANT. SIDER 39	PRIS NOK 150,-
TITTEL NO <sub>2</sub> -beregninger for 2010 og 2025 i Oslo og Bærum Bidrag fra diesebiler og mulige tiltak		PROSJEKTLEDER Ingrid Sundvor	NILU PROSJEKT NR. O-111036
FORFATTER(E) Ingrid Sundvor, Leonor Tarrasón, Sam Erik Walker og Dag Tønnesen		TILGJENGELIGHET * A	OPPDRAAGSGIVERS REF. Geir Endregard
OPPDRAAGSGIVER Norges Astma- og allergiforbund PB 2603 St. Hanshaugen, 0131 Oslo			
STIKKORD Luftkvalitet	By- og trafikkforurensning	Modellering	
REFERAT Luftkvaliteten i Oslo i 2025 vil bli verre enn tidligere antatt. Hvis dagens bilsalgstrend med høy andel nye diesebiler fortsetter og man tar hensyn til utslipp fra diesebiler i reelt kjøremønster, vil NO <sub>2</sub> -bidraget fra personbiler øke i 2025 i forhold til 2010. Våre scenarioberegninger viser at dagens bilsalg vil medføre omfattende overskridelser av luftkvaliteten i lang tid fremover. Beregninger er gjort for to år: 2010 og en fremskrivning til 2025. Totalt vises resultat av 9 spredningsberegninger. Først presenteres det resultat fra 4 referanseberegninger som viser økning i NO <sub>2</sub> konsentrasjoner når vi tar hensyn til forskjellen mellom etablerte og oppdaterte utslippsfaktorer som er basert på målinger under reelle kjøremønstre. Rapporten presenterer også resultat fra tre tiltaksberegninger for 2025, med forskjellige insentiver for reduksjon av bruk av diesebiler, og to ulike straktiltak for bruk av datokjøring. Innføring av disse forskjellige tiltakene blir ikke tilstrekkelig for å holde grenseverdiene i Oslo og Bærum i 2025.			
TITLE NO <sub>2</sub> calculations for 2010 and 2025 in Oslo and Bærum. Contribution from diesel cars and possible precautions.			
ABSTRACT The Air Quality in Oslo in 2025 will be worse than previously expected. If the present trend of a high percentage of sold diesel passenger cars will continue it will make the NO <sub>2</sub> levels from light vehicles higher in 2025 compared with 2010. This is due to higher emissions of diesel cars in real driving cycles compared to the emissions standards. The calculation of NO <sub>2</sub> concentrations in 2025 shows levels that will violate the directives' limit values in a large area of Oslo. Calculations are done for 2010 and 2025 and results from totally 9 dispersion calculations are shown. Firstly 4 reference calculations are considered looking at the effect of the difference of real emissions factors taken from measurement under typically urban driving-cycle compared with the emission standards. There have also been done 3 mitigation calculations with incentives for lower diesel cars sales numbers and two short-time measures limiting the use of cars. None of these measures are sufficient for keeping the limit values in Oslo and Bærum in 2025 and hence more measures are needed.			

\* Kategorier      A      Åpen – kan bestilles fra NILU  
                              B      Begrenset distribusjon  
                              C      Kan ikke utleveres

REFERANSE: O-111036  
DATO: NOVEMBER 2011  
ISBN: 978-82-425-2448-5 (trykt)  
978-82-425-2449-2 (elektronisk)

NILU er en uavhengig stiftelse etablert i 1969. NILUs forskning har som formål å øke forståelsen for prosesser og effekter knyttet til klimaendringer, atmosfærens sammensetning, luftkvalitet og miljøgifter. På bakgrunn av forskningen leverer NILU integrerte tjenester og produkter innenfor analyse, overvåkning og rådgivning. NILU er opptatt av å opplyse og gi råd til samfunnet om klimaendringer og forurensning og konsekvensene av dette.