



# Statlig program for forurensningsovervåking

Rapport nr.: 738/98

---

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn

---

Deltakende institusjon: NILU

---

## Eksponering til luftforurensning i Oslo, Drammen, Bergen og Trondheim

Beregninger av  $\text{NO}_2$ ,  $\text{PM}_{10}$  og  
 $\text{PM}_{2,5}$  for vinteren 1995–1996

TA-1569/1998



---

Norsk institutt for luftforskning



## Statlig program for forurensningsovervåking

Det statlige programmet omfatter overvåking av forurensningsforholdene i

**luft og nedbør**  
**grunnvann**  
**vassdrag og fjorder**  
**havområder**  
**skog**

Overvåkingen består i langsiktige undersøkelser av de fysiske, kjemiske og biologiske forhold.

Hovedmålsettingen med overvåkingsprogrammet er å dekke myndighetenes behov for informasjon om forurensningsforholdene med sikte på best mulig forvaltning av naturressursene.

Hovedmålet spenner over en rekke delmål der overvåkingen bl.a. skal:

**gi informasjon om tilstand og utvikling av forurensningssituasjonen på kort og lang sikt.**

**registrere virkningen av iverksatte tiltak og danne grunnlag for vurdering av nye forurensningsbegrensende tiltak.**

**påvise eventuell uheldig utvikling i resipienten på et tidlig tidspunkt.**

**over tid gi bedre kunnskaper om de enkelte vannforekomsters naturlige forhold.**

Sammen med overvåkingen vil det føres kontroll med forurensende utslipp og andre aktiviteter.

Overvåkingsprogrammet finansieres i hovedsak over statsbudsjettet. Statens forurensningstilsyn er ansvarlig for gjennomføring av programmet.

Resultater fra de enkelte overvåkingsprosjekter publiseres i årlige rapporter.

Henvendelser vedrørende programmet kan i tillegg til de aktuelle institutter rettes til Statens forurensningstilsyn, Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo, tlf. 22 57 34 00.

NILU : OR 38/98  
REFERANSE : O-97093  
DATO : JULI 1998  
ISBN : 82-425-0992-1

**Eksponering til luftforurensning i  
Oslo, Drammen, Bergen og  
Trondheim**  
**Beregninger av NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub> for vinteren  
1995–1996**

**Leif Håvard Slørdal**

**Utført etter oppdrag  
fra Statens forurensningstilsyn**



Norsk institutt for luftforskning  
Postboks 100  
2007 Kjeller

# Innhold

	Side
<b>Sammendrag.....</b>	<b>5</b>
<b>1. Innledning.....</b>	<b>9</b>
<b>2. Metodebeskrivelse.....</b>	<b>10</b>
2.1 Spredningsberegningene .....	10
2.2 Befolkningsdata .....	15
2.3 Eksponeringsberegningene .....	15
<b>3. Diskusjon av beregningsresultatene.....</b>	<b>21</b>
3.1 Resultater for Oslo .....	22
3.2 Resultater for Drammen.....	26
3.3 Resultater for Bergen .....	29
3.4 Resultater for Trondheim.....	32
<b>4. Generell oppsummering av eksponeringsresultatene fra de fire byene.....</b>	<b>34</b>
<b>5. Beskrivelse av resultatene som presenteres for hver by i vedlegg A–D.....</b>	<b>36</b>
<b>6. Referanser.....</b>	<b>38</b>
<b>Vedlegg A Resultater fra beregningene for Oslo .....</b>	<b>41</b>
<b>Vedlegg B Resultater fra beregningene for Drammen.....</b>	<b>85</b>
<b>Vedlegg C Resultater fra beregningene for Bergen.....</b>	<b>101</b>
<b>Vedlegg D Resultater fra beregningene for Trondheim.....</b>	<b>117</b>

## Sammendrag

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Statens forurensningstilsyn (SFT), utført beregninger av personeksponering for NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub> i byene Oslo, Drammen, Bergen og Trondheim. For Oslo, Drammen og Bergen er beregningene gjort for vinteren 1995-1996. For Trondheims vedkommende foreligger ikke de nødvendige meteorologiske inngangsdataene for denne vinteren, og beregningene for Trondheim er derfor gjennomført for vinterhalvåret 1994-1995.

I dette prosjektet er kun forenklete eksponeringsberegninger gjennomført, der beregnede bakkekonsentrasjoner og informasjon om befolkningsfordelingen (bostedsadresse) på km<sup>2</sup>-nivå er koblet sammen. Timevise konsentrasjonsverdier av NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub> i bakkenivå er beregnet for et 1 x 1 km<sup>2</sup> rutenett, der modellområdenes utstrekning er valgt ut i samarbeid med de fire kommunene. Med utgangspunkt i de beregnede timeverdiene, ble det videre beregnet døgnmiddelverdier og halvårsmiddelverdier for hver gitterrute.

Ut fra data om befolkningens bostedsfordeling i km<sup>2</sup>-rutenettet er det beregnet ulike måltall for personeksponering som kombinerer personantallet i hver gitterrute med de beregnede NO<sub>2</sub>-, PM<sub>10</sub>- og PM<sub>2,5</sub>-konsentrasjonene. Eksponeringen er derved beregnet som om alle har befunnet seg utendørs på sin hjemmehadresse i hele beregningsperioden. Dette kan betraktes som "potensiell eksponering". Sentrale begreper i denne sammenheng er *persontimer* og *person dager* som beregnes innenfor ulike konsentrasjonsintervall. Dette er størrelser som angir produktet av antall personer og antall timer/døgn når eksponeringen er innenfor det angitte konsentrasjonsintervallet. Ut fra disse måltallene beregnes videre befolkningens belastning (i.e. *befolkningsbelastningen*) for overskridelser av ulike luftkvalitetskriterier (terskelverdier). Måltallene er presentert i form av tabeller og konturplott.

I tillegg presenteres den verste timen og/eller det verste døgnet med hensyn til eksponeringssituasjon for hver av de fire byene. Med verst menes her den timen og det døgnet i simuleringsperioden hvor det største antall mennesker eksponeres for konsentrasjoner som overstiger SFTs anbefalte terskelverdier for luftkvaliteten. For NO<sub>2</sub> er disse terskelverdiene 100 µg/m<sup>3</sup> for timeverdier og 75 µg/m<sup>3</sup> for døgnverdier. For PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub> foreligger ikke noe kriterium for timeverdier, mens kriteriene for døgnverdier nå er satt til 35 µg/m<sup>3</sup> for PM<sub>10</sub> og 20 µg/m<sup>3</sup> for PM<sub>2,5</sub>. Disse situasjonene er ikke nødvendigvis sammenfallende med de timer og døgn når maksimumskonsentrasjonene beregnes.

Nedenfor er det gitt en generell sammenfatning av resultatene.

### **Eksponeringsberegningene for NO<sub>2</sub>:**

For samtlige byer finner vi at det regionale bakgrunnsnivået er av liten betydning for NO<sub>2</sub> eksponeringen. Videre viser beregningene at luftkvalitetskriteriet for halvårsverdier på 50µg/m<sup>3</sup> ikke overskrides i noen av byene i de betraktede periodene.

Resultatene fra alle byene viser dessuten at det arealfordelte trafikkutslippet har desidert størst betydning for såvel langtidsmiddelverdiene som for de maksimale time- og døgnverdiene. Mest utpreget er dette i Drammen og Trondheim. I Oslo, Drammen og Trondheim oppnås ingen overskridelser av terskelverdiene (hverken for time eller døgn) når trafikkutslippet utelates, og i Bergen reduseres overskridelsene drastisk. De arealfordelte fyringsutslippene som har en langt mindre betydning, er dog mest betydningsfulle i Oslo og Bergen. Nedenfor har vi angitt de maksimale time-, døgn- og halvårsverdiene for beregnet NO<sub>2</sub>-konsentrasjon, samt hvilken by verdiene er beregnet i (NB: Resultatet for Trondheim gjelder for vinteren 94-95):

Maksimal halvårsverdi NO<sub>2</sub> : 48,8 µg/m<sup>3</sup> ; (Oslo).  
 Maksimal døgnverdi NO<sub>2</sub> : 129,8 µg/m<sup>3</sup> ; (Bergen).  
 Maksimal timesverdi NO<sub>2</sub> : 215,6 µg/m<sup>3</sup> ; (Trondheim).

Størst verdi for den totale befolkningsbelastningen for både time- og døgnverdier av NO<sub>2</sub> finner vi i Bergen. Her beregnes en befolkningsbelastning på 6,1·10<sup>4</sup> personer·µg/m<sup>3</sup> for overskridelser av døgn-kriteriet (75 µg/m<sup>3</sup>) og på 6,2·10<sup>4</sup> personer·µg/m<sup>3</sup> for overskridelser av time-kriteriet (100 µg/m<sup>3</sup>).

### **Eksponeringsberegningene for PM<sub>10</sub>:**

Bakgrunnsbidraget er av stor betydning for partikkeleksponeringen. Sterkest effekt av bakgrunnen finner vi i Oslo og Drammen, der dette bidraget alene kan føre til overskridelser av luftkvalitetskriteriet for døgnverdier av PM<sub>10</sub>. Viktigheten av den regionale bakgrunnen avtar noe for Bergen og er av minst betydning i Trondheim.

Av de lokale PM<sub>10</sub>-kildene er det igjen trafikkutslippet som har sterkest innvirkning på både langtidsmiddelverdien og på de maksimale døgnverdiene. Det eneste unntaket er Bergen, der den maksimale døgnkonsentrasjonen for PM<sub>10</sub> er litt mer påvirket av fyringen enn av trafikken.

Nedenfor har vi gitt de maksimale døgn- og halvårsverdiene for beregnet PM<sub>10</sub>-konsentrasjon, samt hvilken by verdiene er beregnet i (NB: Resultatet for Trondheim gjelder for vinteren 94-95):

Maksimal døgnverdi PM<sub>10</sub> : 160,3 µg/m<sup>3</sup> ; (Trondheim).  
 Maksimal halvårverdi PM<sub>10</sub> : 37,2 µg/m<sup>3</sup> ; (Oslo).

Med unntak av Bergen er trafikkutslippet også den viktigste bidragsyteren til den totale befolkningsbelastningen. For Bergens vedkommende bidrar fyringen og trafikken omtrent likt til den beregnede befolkningsbelastningen for PM<sub>10</sub>.

Størst verdi for den totale befolkningsbelastningen for døgnverdier av  $PM_{10}$  finner vi i Oslo, der en verdi på  $5,8 \cdot 10^5$  personer· $\mu\text{g}/\text{m}^3$  beregnes. Selv om vi dividerer med innbyggertallet i byene fremkommer Oslo med den høyeste belastningen. Det bør dessuten legges til at det i samtlige byer beregnes vesentlig høyere befolkningsbelastning for  $PM_{10}$  enn for  $NO_2$ .

### **Eksponeringsberegningene for $PM_{2,5}$ :**

Som nevnt ovenfor er bakgrunnsverdiene av stor betydning for begge partikkelkomponentene. Også for  $PM_{2,5}$  er innflytelsen av bakgrunnen størst for Oslo og Drammen, mens betydningen avtar gradvis for Bergen og Trondheim.

Av de tre komponentene er det  $PM_{2,5}$  som i sterkest grad er influert av det arealfordelte fyringsutslippet. I Oslo og Bergen er dette utslippet av klart størst betydning for såvel de maksimale halvår- og døgnverdiene som for befolkningsbelastningen. I Trondheim og Drammen er imidlertid trafikk- og fyringsutslippet av omtrent lik betydning for  $PM_{2,5}$ -belastningen.

Nedenfor har vi gitt de maksimale døgn- og halvårsverdiene for beregnet  $PM_{2,5}$  konsentrasjon, samt hvilken by verdiene er beregnet i:

Maksimal halvårverdi  $PM_{2,5}$  : 24,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ; (Oslo).

Maksimal døgnverdi  $PM_{2,5}$  : 114,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ; (Bergen).

Størst verdi for den totale befolkningsbelastningen for  $PM_{2,5}$  finner vi i Oslo, der en verdi på  $4,4 \cdot 10^5$  personer· $\mu\text{g}/\text{m}^3$  beregnes. Selv om vi dividerer med innbyggertallet i byene fremkommer Oslo med den høyeste belastningen. For Oslo, Bergen og Drammen er befolkningens belastning overfor  $PM_{2,5}$  (i.e. overskridelser av 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ) omtrent like stor som belastningen for  $PM_{10}$  (i.e. overskridelser av 35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). For Trondheim er imidlertid befolkningsbelastningen for finfraksjonen betydelig lavere, dvs. omtrent på nivå med belastningen for  $NO_2$ .

### **Generell kommentar til beregningene:**

Med de luftkvalitetskriterier som foreligger i dag, og som er benyttet i våre beregninger, tyder resultatene på at partikkel-eksponeringen (både for fin- og grovfraksjonen) representerer et større forurensningsproblem enn eksponeringen for  $NO_2$  i Oslo, Bergen og Drammen. I Trondheim synes  $PM_{10}$ -problemet å være størst.

# Eksponering til luftforurensning i Oslo, Drammen, Bergen og Trondheim

## Beregninger av NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub> for vinteren 1995–1996

### 1. Innledning

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Statens forurensningstilsyn (SFT), utført beregninger av personeksponering for NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub> i byene Oslo, Drammen, Bergen og Trondheim. For Oslo, Drammen og Bergen er beregningene gjort for vinteren 1995-1996. For Trondheims vedkommende foreligger ikke de nødvendige meteorologiske inngangsdataene for denne vinteren, og beregningene for Trondheim er derfor gjennomført for vinterhalvåret 1994-1995.

Eksponeringsberegningene inngår som en del av arbeidet med å utvikle et beregningsbasert overvåkingsprogram av luftkvaliteten i byer og tettsteder. Kjennskap til hvor og i hvilken grad folk eksponeres for høye luftforurensningskonsentrasjoner er viktig med tanke på å iverksette kostnadseffektive tiltak.

I dette prosjektet er kun forenklete eksponeringsberegninger gjennomført, der beregnede bakkekonsentrasjoner og informasjon om befolkningsfordelingen (bostedsadresse) på km<sup>2</sup>-nivå er koblet sammen. Timevise konsentrasjonsverdier av NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub> i bakkenivå er beregnet for et 1 x 1 km<sup>2</sup> rutenett, der modellområdenes utstrekning er valgt ut i samarbeid med de fire kommunene. For alle byene dekker beregningene vinterperioden f.o.m. 1. oktober t.o.m. 31. mars. På grunn av manglende meteorologiske inngangsdata i Trondheim i begynnelsen av oktober startet beregningene først den 6. oktober for denne byen. Med utgangspunkt i de beregnede timeverdiene, ble det videre beregnet døgnmiddelverdier og halvårsmiddelverdier for hver gitterrute.

Ut fra data om befolkningens bostedsfordeling i km<sup>2</sup>-rutenettet er det beregnet ulike måltall for personeksponering som kombinerer personantallet i hver gitterrute med de beregnede NO<sub>2</sub>-, PM<sub>10</sub>- og PM<sub>2,5</sub>-konsentrasjonene. Eksponeringen er derved beregnet som om alle har befunnet seg utendørs på sin hjemmeadresse i hele beregningsperioden. Dette kan betraktes som "potensiell eksponering". Sentrale begreper i denne sammenheng er *persontimer* og *person dager* som beregnes innenfor ulike konsentrasjonsintervall. Dette er størrelser som angir produktet av antall personer og antall timer/døgn når eksponeringen er innenfor det angitte konsentrasjonsintervallet. Utfra disse måltallene beregnes videre befolkningens belastning (i.e. *befolkningsbelastningen*) for overskridelser av ulike luftkvalitetskriterier (terskelverdier). Måltallene er presentert i form av tabeller og konturplott.

I tillegg presenteres den verste timen og/eller det verste døgnet med hensyn til eksponeringssituasjon for hver av de fire byene. Med verst menes her den timen og det døgnet i simuleringsperioden hvor det største antall mennesker eksponeres



for konsentrasjoner som overstiger SFTs anbefalte terskelverdier for luftkvaliteten. For  $\text{NO}_2$  er disse terskelverdiene  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for timeverdier og  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for døgnverdier. For  $\text{PM}_{10}$  og  $\text{PM}_{2,5}$  foreligger ikke noe kriterium for timeverdier, mens kriteriene for døgnverdier nå er satt til  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for  $\text{PM}_{10}$  og  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for  $\text{PM}_{2,5}$ . Disse situasjonene er ikke nødvendigvis sammenfallende med de timer og døgn når maksimumskonsentrasjonene beregnes.

I kapittel 2 gis en beskrivelse av beregningsmetoden og av hvilke beregninger som er gjennomført. Resultatene fra hver by er diskutert i kapittel 3. I kapittel 4 gis en generell oppsummering av eksponeringsresultatene fra de fire byene. En beskrivelse av tabeller og figurer som presenteres i vedleggene A til D er gitt i kapittel 5.

## 2. Metodebeskrivelse

### 2.1 Spredningsberegningene

#### Utslippsdata

Spredningsberegningene tar utgangspunkt i estimerte timevise utslippsdata for hver av komponentene. Utslippene gis i kg. pr. time for hver gitterrute. Grunnlagsdataene for disse utslippene er skaffet til veie av Statistisk Sentralbyrå (SSB) i samarbeid med NILU (Gram, 1997). Det må her understrekes at kvaliteten på sprednings- og eksponeringsberegningene som presenteres i denne rapporten i stor grad er avhengige av at utslippsestimatene er riktige. Alle konklusjoner som trekkes på grunnlag av beregningsmaterialet er derfor gitt under forutsetning av at utslippstallene er korrekte. Selve produksjonen av de endelige utslippstallene er gjort med modellsystemet AirQUIS (Air Quality Information System) versjon 1.0, som er utviklet ved NILU. For bruk i spredningsmodellen deles utslippsdataene inn i følgende tre hovedkategorier:

- 1) Arealfordelte trafikkutslipp; innbefatter alle utslipp fra veitrafikk. Disse utslippene gis for hver time som en romlig middelvei for hver  $\text{km}^2$  rute.
- 2) Arealfordelte fyringsutslipp; innbefatter alle stasjonære utslipp som er for små til å klassifiseres som egne punktkilder, f.eks. generell husoppvarming, mindre fyrkjeler, utslipp fra småindustri, osv. Utslipet av  $\text{NO}_x$  ( $\text{NO}$  og  $\text{NO}_2$ ) fra denne kildekategorien skyldes i første rekke oljeforbrenning, mens partikkelutslippet i stor grad er dominert av vedfyring. Denne kildekategorien gis også i form av en middelvei for hver  $\text{km}^2$ -rute.
- 3) Punktkilder; innbefatter større utslipp fra store bedrifter/prosessanlegg. Sammen med utslippsmengde gis tilleggsinformasjon om nøyaktig posisjon, pipehøyde, utslipphastighet osv.

De arealfordelte fyringsutslippene er basert på forbrukstall for året 1994. Dette er de nyeste forbrukstallene som pr. dags dato foreligger fra SSB. Ut fra disse forbrukstallene er det beregnet en utslippsfordeling i tid og rom. Det presiseres her at fyringsutslippene i våre beregninger er blitt temperaturkorrigeret for den aktuelle temperaturvariasjonen innenfor beregningsperioden, slik at utslippene er størst i

de kalde periodene. Det at utslippsestimatene nødvendigvis må baseres på tidligere års forbrukstall, representerer likevel en ekstra feilkilde i beregningene.

De arealfordelte fyringsutslippene av partikler er fra SSBs side ikke delt inn i størrelsesfraksjoner, ( $PM_{10}$  eller  $PM_{2,5}$ ). Siden denne utslippskategorien for det meste består av forbrenningspartikler, som i det vesentlige er finfraksjonspartikler, er alt regnet som  $PM_{2,5}$ -utslipp i beregningene. Dette betyr at vi opererer med det samme arealfordelte fyringsutslippet i  $PM_{10}$ -beregningene som i beregningene av  $PM_{2,5}$ . Feilen som denne tilnærmelsen introduserer regnes som ubetydelig, sett i forhold til usikkerhetene i anslagene av de totale partikkelutslippene.

Metoden som er benyttet for estimeringen av trafikkutslippene av  $PM_{10}$  og  $PM_{2,5}$ , tar utgangspunkt i trafikkutslippene av  $NO_x$ . For å konvertere dette til partikkelutslipp tas det hensyn til trafikkens kjøretøysammensetning og trafikkhastigheten. Grovfraksjonen i partikkelutslippet, d.v.s. forskjellen mellom utslippet av  $PM_{10}$  og  $PM_{2,5}$ , anslås deretter ut fra om det er piggdekk sesong (og i så fall andelen av piggdekk-brukere), graden av fuktighet på veibanen og resuspenjonsbidraget (Tønnesen, 1997). For å bestemme hvor tørr veibanen er, trenger man kjennskap til nedbør, luftfuktighet og temperatur. Timevise observasjoner av nedbør og relativ fuktighet foreligger foreløpig bare for Bergen. For Oslo, Drammen og Trondheim har vi kun hatt tilgang på Det norske meteorologiske institutts observasjoner av relativ fuktighet og skydekke (6 timers verdier) og nedbør (døgnverdier). Disse observasjonene er gjort sentralt i byområdet i Oslo og Drammen, mens målinger foretatt på Værnes er brukt i Trondheim. 6 timers verdiene av relativ fuktighet og skydekke er blitt interpolert til timeverdier og deretter benyttet for å fordele døgnnedbøren på timebasis.

Beregninger gjennomført for Oslo har vist at punktkildene bare bidrar med omlag 1 % til de beregnede maksimumskonsentrasjonene i bakkenivå. Det er utslippene fra de arealfordelte kildene, d.v.s fra trafikk og fyring, som er bestemmende for maksimalverdiene i bakkekonsentrasjonen. Siden punktkildene gir så beskjedne bidrag, og siden opplysningene om punktkildene i Bergen, Drammen og Trondheim foreløpig er svært mangelfulle, er denne kildekategorien bare inkludert i beregningene for Oslo. Dette representerer en systematisk feilkilde for de øvrige byene, men andre feilkilder, både i selve spredningsberegningene og i utslippsestimatene, ansees som vesentlig større, slik at denne forenklingen kan aksepteres.

### **Bakgrunnsbidrag**

I utslippsestimatene ovenfor er det bare tatt hensyn til kilder innenfor modellområdet. I tillegg til bidraget fra disse lokale kildene, inneholder luften også et regionalt bakgrunnsbidrag som i første rekke skyldes langtransport av forurensninger. Dette bidraget er av større betydning for partiklene enn for  $NO_2$ .

I spredningsberegningene som presenteres i denne rapporten er det regionale bakgrunnsbidraget tatt med ved å benytte målte døgnverdier av  $NO_2$ , sulfat, nitrat og ammonium på de regionale bakgrunnstasjonene i Norge. Dette er målinger som gjøres i områder hvor lokale utslipp er neglisjerbare. Ut fra sulfat, nitrat- og ammoniumskonsentrasjonene er så  $PM_{10}$ - og  $PM_{2,5}$ -konsentrasjonene beregnet ut

fra empiriske relasjoner. Relasjonene som er benyttet er gitt ved (Larssen og Hagen, 1997):

$$[PM_{10}] = ([SO_4] + [NO_3] + [NH_4]) \cdot 2,5,$$

og forholdet mellom  $PM_{10}$  og  $PM_{2,5}$  i bakgrunnen er satt lik

$$[PM_{2,5}] = 0,68 \cdot [PM_{10}].$$

Timeverdier er funnet ved lineær interpolasjon mellom døgnverdiene, og disse timeverdiene er deretter lagt til de beregnede konsentrasjonsverdiene innenfor modellområdet. Tillegget av dette bakgrunnsbidraget er det beste estimatet vi i dag kan gi av den totale tilførselen av  $NO_2$ ,  $PM_{10}$  og  $PM_{2,5}$  fra områder utenfor selve beregningsområdet.

### **Meteorologiske data**

I hver av byene er det bare utført meteorologiske observasjoner på én målestasjon. Stasjonene er derfor forsøkt plassert slik at de gir et mest mulig representativt bilde av de meteorologiske forholdene i de respektive byene. Målingene er utført med kontinuerlig registrerende instrumenter hvor dataene midles til timeverdier. Det bør poengteres at de forskjellige vindmålerne opererer med ulike minimumsgrenser for observerbar vindstyrke. Siden disse målingene benyttes som inngangsdata i den numeriske vindmodellen, har vi valgt å benytte 0.4 m/s som en felles minimumsverdi for vindstyrke. Observerte verdier lavere enn dette settes til denne verdien.

Den atmosfæriske stabiliteten som er av stor betydning i spredningsberegningene er estimert ut fra den observerte vertikale temperaturdifferensen mellom to ulike nivåer i målemasta. Siden vi bare benytter én meteorologisk stasjon, innebærer dette at stabiliteten antas horisontalt homogen i beregningsområdet. For en mer detaljert beskrivelse av de meteorologiske målingene, se Hagen og Johnsrud, 1996.

### **Topografidata**

Informasjon om topografien i modellområdene er fremskaffet av Statens kartverk. Ut fra kartverkets digitale terrengmodell, der topografien gis i et rutenett med en punktavstand på omlag 100 x 100 meter, er det konstruert bakkematriser med punktavstand 500 x 500 meter for bruk i den numeriske vindfeltmodellen.

### **Beskrivelse av vindmodellen (MATHEW)**

Spredningen av de fleste luftforurensninger er i hovedsak styrt av vindforholdene. Man er derfor helt avhengig av en detaljert kjennskap til vindfeltets variasjon, både i rom og tid, for å kunne beskrive spredningen av ulike forurensninger på en tilfredsstillende måte. Tradisjonelt har man vært henvist til å benytte (statistisk) interpolerte vindfelte, beregnet ut fra et begrenset antall vindobservasjoner, som inngangsdata til spredningsmodellene. På grunn av for få målepunkter har disse vindfeltene ofte vist seg lite egnet som inngangsdata til spredningsberegninger. Spesielt gjelder dette i områder med komplisert topografi.

I løpet av de senere år har man sett en utvikling der vindobservasjonene er blitt supplert med numeriske (datamaskinbaserte) vindfeltberegninger. Slike modeller har gitt mulighet for mer fysisk begrunnede antakelser om vindforholdene også i de deler av modellområdet hvor man ikke har observasjoner.

En modell av denne type er blitt brukt for å skaffe til veie timevise vindfelter i dette prosjektet. Modellen som er benyttet er en såkalt diagnostisk modell som på bakgrunn av enkeltstående vindobservasjoner produserer et tredimensjonalt vindfelt i et på forhånd definert gittersystem (Sherman, 1978; Foster et. al., 1995). Beregningene er i vesentlig grad påvirket av vindobservasjonene, men i tillegg tas det hensyn til topografien og de atmosfæriske stabilitetsforholdene. Dessuten sørger modellen for at det beregnede vindfeltet er masse-konsistent, hvilket betyr at vindfeltet er korrigert slik at det til enhver tid frakter like store luftmengder inn og ut av gitterboksene.

Vindfeltene ble beregnet for et regulært gitter med horisontal punktavstand på 0.5 km x 0.5 km, samt med 40 m punktavstand i vertikalen. Antall punkter horisontalt ble valgt slik at vindfeltet dekket de på forhånd bestemte beregningsområdene. Vertikalt ble beregningene utført med 30 gitterpunkter for samtlige områder. Dette ga en total modellhøyde i vindfeltberegningene på 1160 m som var omtrent det dobbelte av den maksimale topografihøyden på 560 m i Drammen og Bergen. Maksimumshøyden på topografien i Oslo og Trondheim var noe lavere. Disse punktverdiene ble deretter interpolert til rutenettet som ble benyttet i spredningsberegningene, dvs. til et 1 km x 1 km-rutenett horisontalt og til tre faste nivåer over bakken.

### **Beskrivelse av spredningsmodellen (EPISODE)**

EPISODE er en kombinert Eulersk/Lagrangsk spredningsmodell for beregning av forurensning fra ulike typer kilder (areal-, linje- og punktkilder). Sentralt i modellen står løsningen av massebevaringsligningen for de forurensende stoffene i et fast tredimensjonalt (Eulersk) rutenett. Denne delen av EPISODE kalles her "rutemodellen".

EPISODE regner spredning av forurensning i rutesystemet som en kombinasjon av forflytning (adveksjon) og turbulent utveksling (diffusjon) av de ulike stoffene. Disse prosessene defineres både horisontalt og vertikalt (dvs. i tre dimensjoner).

Horisontal adveksjon regnes numerisk ved å bruke Botts fjerde ordens positive definitte skjema i kombinasjon med Marchuk timesplitting (Bott, 1989). Bott-skjemaet er kjent for å ha gode numeriske regneegenskaper (lav kunstig numerisk diffusjon). Horisontal diffusjon regnes numerisk ved hjelp av et enkelt todimensjonalt eksplisitt skjema (Smith 1985). Vertikalt regner modellen turbulent utveksling mellom lagene på basis av den vertikale turbulens-intensiteten  $\sigma_w$  (Walker et al., 1992; Grønskei et al., 1993). Adveksjonen vertikalt regnes på grunnlag av den vertikale komponenten av vinden slik at modellen totalt sett blir masse-konsistent (divergensfritt vindfelt).

I tillegg inneholder EPISODE subgridskala Lagrangske modeller for beregninger med bedre oppløsning i enkelte delområder (i nærheten av kildene). Subgridskala

areal- og linjekildemodellene baserer seg på standard integrerte Gaussiske modeller (Grønskei et al., 1996). Punktkildemodellen baserer seg på en segmentert Gaussisk plume-trajektorie-modell (Walker et al. 1992). Denne kan også ta hensyn til topografien i nærheten av punktkildene. Massen fra de individuelle plume-segmentene overføres til rutenettet når plumene blir omtrent av samme størrelse som rutene i rutenettet, og transporteres deretter som en del av rutemodellen.

I modellberegningene som presenteres her, anvendes EPISODE hovedsakelig som rutemodell, bortsett fra for punktkildene der subgridskala plume-modellen anvendes.

Meteorologiske data til EPISODE baserer seg generelt på ferdig preprosesserte timevise data for meteorologi i form av:

- vind (styrke og retning)
- temperatur og termisk stabilitet
- horisontal og vertikal turbulens ( $\sigma_v$  og  $\sigma_w$ )
- blandingshøyde, skydekke og nedbør

For beregningene i de fire byene er horisontal og vertikal turbulens ( $\sigma_v$  og  $\sigma_w$ ) beregnet ved hjelp av NILUs meteorologiske preprossessor MEPDIM (Bøhler og Guerreiro, 1996). Beregningene er basert på vindstyrke, termisk stabilitet og bakkens beskaffenhet (ruhet) i hver km<sup>2</sup> rute. Modellberegningene er utført uten å ta hensyn til eventuell tørr- eller våtavsetning.

Beregningene av NO<sub>2</sub> har tatt utgangspunkt i beregninger av NO<sub>x</sub> og O<sub>x</sub> (NO<sub>2</sub> + O<sub>3</sub>) med EPISODE, samt anvendelse av en betingelse om fotokjemisk likevekt (balanse) mellom NO, NO<sub>2</sub> og O<sub>3</sub> i hver gitterrute på timebasis (Grønskei et al., 1997). Estimer av O<sub>3</sub>-bakgrunnsverdier for hver av byene er basert på målte konsentrasjoner av O<sub>3</sub> på de mest nærliggende bakgrunnsstasjonene for hver by. Betingelsen om fotokjemisk likevekt har i meget høy grad vært oppfylt i tilsvarende tidligere beregninger (Grønskei et al., 1997).

Beregningsresultatene fra EPISODE produseres i form av timevise konsentrasjoner i rutenettet (middelkonsentrasjoner i bakkenivå), samt i et sett med individuelt plasserte reseptorpunkter.

EPISODE har tidligere vært anvendt en rekke steder, bl.a. i Oslo, Grenland i Nedre Telemark og i Teplice i Tsjekkia. Modellen ble også brukt i forbindelse med ENSIS-overvåkingssystemet under OL på Lillehammer. For tiden inngår EPISODE i overvåkingssystemene i Oslo, Drammen (AirQUIS) og Grenland (Grønskei et al., 1992). Modellen har vært evaluert mot målinger i Oslo (Larsen et al., 1994; Grønskei et al., 1997) og i Bergen, Trondheim og Drammen (Slørdal og Walker, 1997). EPISODE er tidligere også blitt benyttet i eksponeringsberegninger i disse byene (Slørdal, 1997).

## Modellområde og beregningsperioder for spredningsberegningene

Posisjonen til modellområdets sørvestre hjørne (origo) og områdets utstrekning østover og nordover, er gitt for hver by i Tabell 1. I tillegg er beregningsperiodens start- og slutt-tidspunkt angitt i tabellen. Posisjonene er angitt i km i kartverkets UTM/WGS84 system. Kart som viser modellområdene er gjengitt i Figur 1 - Figur 4.

Tabell 1: Posisjon (UTM/WGS84 i km.) av modellområdets sørvestre hjørne og områdets østlige og nordlige utstrekning i km., samt start- og slutt-tidspunkt for simuleringen.

	Øst pos. origo (km)	Nord pos. origo (km)	Østvest utstrek. (km)	Nordsør utstrekn. (km)	Start-tidspunkt for beregning	Slutt-tidspunkt for beregning
Oslo	586,919	6 632,793	22	18	1.10.95 kl 19	31.3.96 kl 24
Drammen	555,000	6 617,000	18	10	1.10.95 kl 01	31.3.96 kl 24
Bergen	290,000	6 688,000	11	23	1.10.95 kl 01	31.3.96 kl 24
Trondheim	564,000	7 022,000	14	16	6.10.94 kl 13	31.3.95 kl 24

For Oslo, Drammen og Bergen er beregningene gjort for vinterhalvåret f.o.m. 1. oktober 1995 t.o.m 31. mars 1996. For Trondheims vedkommende foreligger ikke de nødvendige meteorologiske inngangsdataene for denne vinteren, og beregningene for Trondheim er derfor gjennomført for vinterhalvåret 1994-1995. Meteorologiske data manglet også i Trondheim i begynnelsen av oktober 1994, og beregningsperioden startet derfor først den 6. oktober.

Ut fra spredningsberegningene er det produsert konsentrasjonsverdier for NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub> for hver 1 x 1 km<sup>2</sup> rute i modellområdene og for hver time gjennom beregningsperioden. Til bruk i eksponeringsberegningene er det dessuten beregnet døgnmiddel- og halvårsmiddelverdier, basert på timeverdiene.

## 2.2 Befolkningsdata

Statistisk Sentralbyrå har levert data for hver by om befolkningens bostedsfordeling i grunnkretser. Dette er irregulære geografiske områder innenfor hver kommune. Ut fra data om geografiske posisjoner for disse grunnkretsene er det deretter blitt beregnet en befolkningsfordeling i km<sup>2</sup>-rutenettet, som er benyttet i spredningsberegningene. Omregningen fra grunnkretsverdier til ruteverdier er gjort med modellsystemet AirQUIS versjon 1.0.

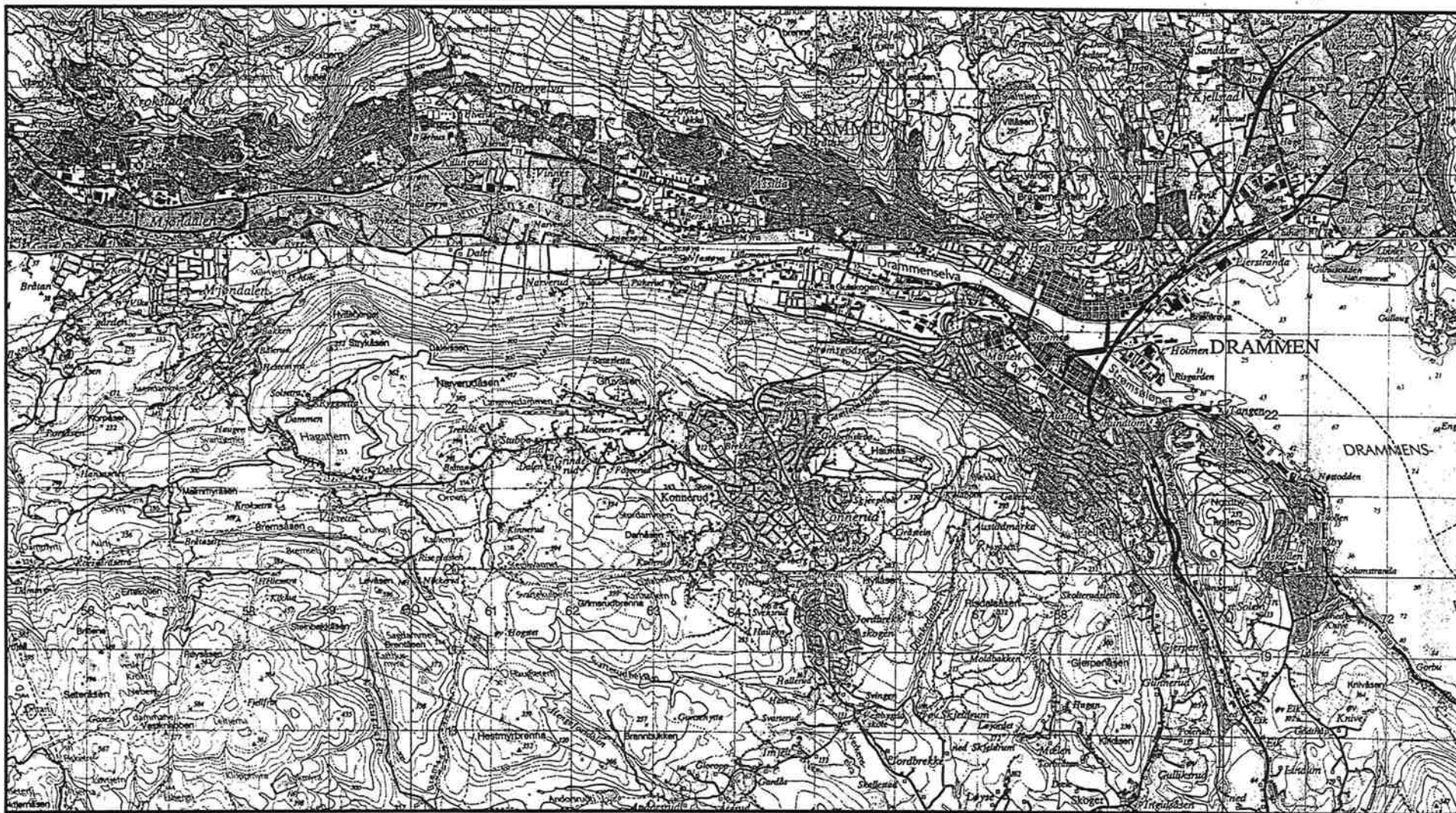
## 2.3 Eksponeringsberegningene

Så vidt vi vet foreligger det i dag ingen allment aksepterte definisjoner av måltall for befolkningens eksponering for luftforurensninger. Av denne grunn har vi derfor i samarbeid med SFT definert følgende måltall til bruk i dette prosjektet: Befolkningsbelastning, persondoser, persontimer og person dager.



Figur 1: Modellområdet for Oslo. Meteorologiske parametere ble målt på Valle Hovin.





Figur 2: Modellområdet for Drammen. Meteorologiske parametere ble målt på Marienlyst.





Figur 3: Modellområdet for Bergen. Meteorologiske parametere ble målt på Florida.



Figur 4: Modellområdet for Trondheim Meteorologiske parametere ble målt ved Erkebispegården.

*Befolkningsbelastningen* for en luftforurensningskomponent er definert som den Akkumulerte eksponeringen Over et Terskelnivå (AOT), der terskelnivået er Folkehelsas og SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium. For  $\text{NO}_2$  er dette kriteriet  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for timeverdier,  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for døgnverdier og  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for halvårsverdier. For  $\text{PM}_{10}$  og  $\text{PM}_{2,5}$  foreligger det foreløpig bare luftkvalitetskriterier for døgnverdier. Disse er i dag satt til  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for  $\text{PM}_{10}$  og  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for  $\text{PM}_{2,5}$ . Det er ventet at Folkehelsa i nærmeste framtid vil foreslå et luftkvalitetskriterium for halvårsverdier også for  $\text{PM}_{10}$  og  $\text{PM}_{2,5}$ .

Belastningen for en gruppe personer som utsettes for den samme eksponeringen (i vårt tilfelle vil dette være personene bosatt innenfor samme gitterrute), kan beregnes på følgende måte: For den betraktete gitterruta identifiseres alle time/døgn-verdiene av  $\text{NO}_2$ ,  $\text{PM}_{10}$  og  $\text{PM}_{2,5}$  som overskrider terskelverdien. Terskelverdien subtraheres fra disse verdiene og de resulterende differensene summeres til en akkumulert eksponeringsdose over terskelverdi pr. person; også kalt *persondose*. For hver enkelt gitterrute har vi således en persondose både for overskridelser av terskelverdien for timeverdiene ( $\text{NO}_2$ ) og for døgnverdiene ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{PM}_{10}$  og  $\text{PM}_{2,5}$ ). For å få fram *befolkningsbelastningen* i hver gitterrute multipliseres rutas persondose-verdi med antallet personer som er bosatt innenfor gitterruta. *Den totale befolkningsbelastningen* innenfor modellområdet får man da fram ved å summere befolkningsbelastningen over alle gitterrutene. Alle disse størrelsene vil avhenge av beregningsperiodens lengde. Siden beregningsperioden ikke er like lang for de fire byene, har vi valgt å dividere den ovenfor definerte befolkningsbelastningen med antall timer/døgn i perioden. Måltallet som derved fremkommer, og som vi har valgt å presentere, angir således den *midlere timevise/daglige* befolkningsbelastning og har benevnelse: personer  $\cdot \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Denne størrelsen vil da kunne benyttes for å sammenlikne eksponeringssituasjonen i de fire bykommunene og til å belyse den relative betydningen av ulike kildekategorier innenfor hver by.

Både befolkningsbelastningen og persondosen beregnes for hver gitterrute. Den midlere timevise/daglige persondosen viser hvilken *overskridelse* av terskelverdien som én person i middel utsettes for dersom vedkommende oppholder seg i denne ruta den aktuelle vinteren. Dersom terskelverdien settes lik  $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  vil den midlere persondosefordelingen være identisk med det midlere konsentrasjonsfeltet i beregningsperioden. Den midlere timevise/daglige befolkningsbelastningen kombinerer informasjonen fra persondosefeltet med befolkningsfordelingen i modellområdet og fremhever områder som både er tett befolket og som har høye persondoseverdier. I ubebodde strøk og/eller områder hvor terskelverdiene aldri overskrides, vil befolkningsbelastningen være lik null.

I dette prosjektet er befolkningsbelastningen også blitt utregnet på en alternativ måte. Dette er blitt gjort for å få fram størrelser som beskriver hvordan eksponeringen fordeles på ulike konsentrasjonsverdier. Sentrale størrelser i denne sammenheng er *persontimer* og *persondager*. Dette er samletall som angir produktet av antall timer/dager og antall personer som eksponeres for konsentrasjoner innenfor ulike konsentrasjonsintervall. Persontimer/dager kan beregnes for hver gitterrute og for hele modellområdet. Den totale befolkningsbelastningen for modellområdet framkommer fra persontimene eller persondagene på følgende

vis: Persontimer/person dager innenfor ulike konsentrasjonsintervall beregnes for alle gitterrutene. Bare de intervallene med middelværdi over terskelverdien betraktes. Terskelverdien trekkes fra intervallenes middelværdi og denne differensen (e.g. overskridelsen) multipliseres deretter med persontimene/person dagene i intervallet. Det resulterende produktet summeres til slutt for alle intervallene. Dersom samme fremgangsmåte benyttes for hver enkelt gitterrute framkommer befolkningsbelastningen for ruta.

De to måtene å beregne befolkningsbelastningen på blir identiske når “bredden” av konsentrasjonsintervallene går mot null.

Ut fra de beregnede time- og døgnverdiene er det også blitt plukket ut en såkalt verste time (for NO<sub>2</sub>) og et verste døgn (for NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub>). Kriteriet for verste time og verste døgn har da vært timen/døgnet i hele beregningsperioden hvor flest personer har vært eksponert for konsentrasjoner over SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier. Vi har valgt å kalle dette for *verste time/døgn med hensyn til eksponering*. I beregningene for de ulike byene vil tidspunktene for disse situasjonene ofte ikke falle sammen med tidspunktene for beregnet maksimumskonsentrasjon. I slike tilfeller, dvs. den timen eller døgnet når den maksimale konsentrasjonen beregnes, vil det kunne være langt færre personer som eksponeres for konsentrasjoner over terskelverdiene. Tidspunktene for beregnet maksimumskonsentrasjon vil i denne rapporten bli betegnet som *verste time/dag med hensyn til konsentrasjon*. Disse definisjonene må ikke forveksles med modellberegninger av maksimalkonsentrasjoner (“worst case”) for utslipp fra enkeltkilder, som anvendes i andre av NILUs spredningsmodeller, f.eks. VLUFT eller CONSX.

### 3. Diskusjon av beregningsresultatene

Ved vurderingen av resultatene er det viktig å huske på at det i eksponeringsberegningene er benyttet en stasjonær befolkningsfordeling som egentlig er en bostedsfordeling. Vi har med andre ord ikke tatt hensyn til at de enkelte personer i stor grad befinner seg utenfor bostedet på dagtid.

P.g.a det enorme datamaterialet har vi i dette kapitlet valgt å presentere et utvalg av resultatene i tabellform. Ytterligere figurer og tabeller er vist for hver by i vedlegg A - D.

De gjennomsnittlige bakgrunnsverdiene for de tre komponentene er vist for alle byene i Tabell 2. Siden det er de samme bakgrunnsverdiene som er benyttet for Oslo og Drammen er tallene like for disse to byene. Som det fremgår av denne tabellen er de midlere bakgrunnsverdiene for NO<sub>2</sub> svært lave. For PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub> er imidlertid den regionale bakgrunnen av større betydning. En ser fra Tabell 2 at bakgrunnsverdiene er størst i Oslo/Drammen, mens de er lavest i Trondheim. Dette kommer av at bakgrunnsbidraget, som i stor grad skyldes langtransport fra Europa, avtar med økende avstand til kontinentet. Det må her legges til at bakgrunnsverdiene varierer i stor grad fra dag til dag. For Oslo og Drammen overskrider f.eks. bakgrunnsverdiene i enkelte døgn de anbefalte luftkvalitetskriteriene for PM<sub>10</sub> (35 µg/m<sup>3</sup>) og PM<sub>2,5</sub> (20 µg/m<sup>3</sup>).

Tabell 2: Midlere bakgrunnsverdier for  $NO_2$ ,  $PM_{10}$  og  $PM_{2,5}$ Merk:  $[PM_{10}] / [PM_{2,5}] = 1,47$ 

	$NO_2$ [ $\mu g/m^3$ ]	$PM_{10}$ [ $\mu g/m^3$ ]	$PM_{2,5}$ [ $\mu g/m^3$ ]
Oslo	0,75	6,83	4,64
Drammen	0,75	6,83	4,64
Bergen	0,64	4,26	2,90
Trondheim	0,25	1,99	1,35

I det følgende presenteres beregningsresultater for hver av de 4 byene. For hver by vises tre tabeller. I samtlige av disse tabellene vises resultater for tre ulike kildesammensetninger. Disse er: a) alle kilder inkludert, b) med utelatelse av arealfordelte trafikkutslipp og c) med utelatelse av arealfordelte fyringsutslipp. Forøvrig inneholder de tre tabellene følgende informasjon:

- 1) Den maksimale beregnede halvårsmiddelkonsentrasjon innenfor modellområdet. Disse verdiene inkluderer bakgrunnsbidraget som er oppgitt i Tabell 2. I parentes angis posisjonen til gitterruta der maksimumsverdien er beregnet.
- 2) Den prosentvise andelen av persontimer/persondøgn i beregningsperioden hvor de anbefalte luftkvalitetskriteriene overskrides, samt den totale befolkningsbelastningen innenfor modellområdet. Resultatene som fremkommer dersom det ikke tas hensyn til bakgrunnsbidraget er angitt i parentes i denne tabellen.
- 3) Verste time/døgn i beregningsperioden. Her angis den prosentvise andelen av befolkningen som ble utsatt for overskridelser av de anbefalte luftkvalitetskriteriene i den verste timen og/eller det verste døgnet, og den maksimale beregnede rutekonsentrasjonen for denne timen eller dette døgnet. Dette angis først for timen/døgnet da flest personer ble utsatt for overskridelser (dvs. verste time m.h.t. eksponering) og deretter for timen/døgnet da den høyeste konsentrasjonsverdien ble beregnet (dvs. verste time/døgn m.h.t. konsentrasjon). Også i denne tabellen angir tallene i parentes hvilke verdier som fremkommer dersom beregningene gjennomføres uten å ta hensyn til bakgrunnsbidraget.

### 3.1 Resultater for Oslo

Fra verdiene i Tabell 3 ser vi at luftkvalitetskriteriet for halvårsmiddelverdier av  $NO_2$  ( $50\mu g/m^3$ ) ikke overskrides vinteren 95-96. Tabellen viser også at utelatelse av fyringsbidraget ikke resulterer i vesentlig nedgang i maksimalverdien for  $NO_2$ , mens en dramatisk nedgang finner sted når trafikkutslippet utelates. For tiden foreligger ikke noe luftkvalitetskriterium for halvårsmiddelverdier for partikler, men det er verdt å merke seg at de maksimale halvårsverdiene for både  $PM_{10}$  og  $PM_{2,5}$  overskrider de nye luftkvalitetskriteriene for *døgnverdier* for disse komponentene. Mens trafikk- og fyringsbidraget er omtrent like betydningsfulle for  $PM_{10}$ -verdiene i Tabell 2, er det fyringsbidraget som er av størst betydning for

den maksimale langtidsverdien av  $PM_{2,5}$ . Maksimumsverdiene i Tabell 3 fremkommer for øvrig i forskjellige gitterruter i modellområdet.

Tabell 3: *Oslo; Maksimumsverdier av halvårsmiddelverdiene for  $NO_2$ ,  $PM_{10}$  og  $PM_{2,5}$ . Parentesverdien angir posisjonen der verdien er beregnet.*

	<b><math>NO_2</math></b> [ $\mu g/m^3$ ]	<b><math>PM_{10}</math></b> [ $\mu g/m^3$ ]	<b><math>PM_{2,5}</math></b> [ $\mu g/m^3$ ]
Alle kilder:	(12;10): 48,8	(12;13): 37,2	(12;13): 24,9
Uten trafikk:	(9;10): 18,4	(12;13): 22,3	(12;13): 19,9
Uten fyring:	(15;11): 46,1	(6;11): 26,9	(12;10): 10,9

Mens tallene i Tabell 3 viser effekten av kildesammensetning på langtidsmiddelverdiene, angir størrelsene i Tabell 4 og Tabell 5 de ulike kildenes betydning for befolkningens eksponering for konsentrasjoner over de anbefalte timevise/døgnlige luftkvalitetskriteriene (terskelverdiene).

For  $NO_2$  viser Tabell 4 og Tabell 5 at bakgrunnsverdiene så å si er uten betydning for eksponeringssituasjonen. Tabell 5 viser at hele 67% av befolkningen i Oslo i den verste timen utsettes for en  $NO_2$ -konsentrasjon over  $100\mu g/m^3$ , og at omlag 25% av befolkningen blir eksponert for overskridelser av  $75\mu g/m^3$  i det verste døgnet. Av Tabell 4 og Tabell 5 fremgår det klart at trafikkslippene utgjør det dominerende bidraget til overskridelsene av terskelverdiene. Ingen overskridelser forekommer når utslippene fra vegtrafikken utelates.

For partikkelberegningene er bakgrunnsbidraget av langt større betydning. Dette vises spesielt i den prosentvise andelen av befolkningen som i det verste døgnet (m.h.t. eksponering) utsettes for  $PM_{10}$ - og  $PM_{2,5}$ -konsentrasjoner over terskelverdiene på hhv.  $35\mu g/m^3$  og  $20\mu g/m^3$ ; se Tabell 5. Selv om de maksimale konsentrasjonene i disse døgnene på ingen måte er ekstremt høye, er bakgrunnsverdiene større enn terskelverdiene, slik at hele befolkningen (100%) blir utsatt for overskridelser. Når vi ikke tar med bakgrunnsbidraget i beregningene, blir den prosentvise andelen av befolkningen som utsettes for overskridelser lavere enn 100%, men samtidig ser vi at den maksimale konsentrasjonsverdien som er beregnet for dette døgnet blir høyere enn tilsvarende maksimumsverdi når bakgrunnen er med. Fra Tabell 4 fremgår det også at både den totale befolkningsbelastningen og den prosentvise andelen av persondager over terskelverdiene, er vesentlig større for  $PM_{10}$  og  $PM_{2,5}$ , enn for  $NO_2$ . På bakgrunn av disse beregningene kan vi dermed trekke den konklusjon at partikkelforurensningen representerer et større problem i Oslo enn  $NO_2$ -forurensningen. Denne konklusjonen forutsetter at de benyttede terskelverdiene er velegnet til å definere "problematiske" forurensningsforhold. Sammenlikning av resultatene fra de fire byene viser at befolkningsbelastningen for både  $PM_{10}$  og  $PM_{2,5}$  er større i Oslo enn i de andre byene. Dette gjelder selv om vi korrigerer for størrelsen av befolkningen. Når det gjelder betydningen av hovedkildene viser Tabell 4 (og tildels Tabell 5) at trafikken er den viktigste kilden til overskridelser av terskelverdien for  $PM_{10}$ , mens fyringsutslippet er av størst betydning for  $PM_{2,5}$ .

Tabell 4: Oslo; Den prosentvise andel av persontimer/person dager i beregningsperioden hvor de anbefalte time- og døgnkriteriene for  $\text{NO}_2$ ,  $\text{PM}_{10}$  og  $\text{PM}_{2,5}$  ble overskredet. Tabellen viser også den totale befolkningsbelastning (angitt i: personer  $\cdot \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) over de fastsatte terskelverdiene. (Parentesverdiene er uten bakgrunnsbidrag.)

<b>NO<sub>2</sub></b> (Time)	<b>Persontimer</b> % over 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	<b>Befolkningsbelastning</b> Over 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [personer $\cdot \mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
Alle kilder:	0,97 (0,94)	$4,4 \cdot 10^4$ ( $4,2 \cdot 10^4$ )
Uten trafikk:	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
Uten fyring:	0,75 (0,72)	$3,0 \cdot 10^4$ ( $2,8 \cdot 10^4$ )

<b>NO<sub>2</sub></b> (Døgn)	<b>Persondager</b> % over 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	<b>Befolkningsbelastning</b> Over 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [personer $\cdot \mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
Alle kilder:	0,63 (0,58)	$1,3 \cdot 10^4$ ( $1,2 \cdot 10^4$ )
Uten trafikk:	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
Uten fyring:	0,19 (0,18)	$3,2 \cdot 10^3$ ( $3,0 \cdot 10^3$ )

<b>PM<sub>10</sub></b> (Døgn)	<b>Persondager</b> % over 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	<b>Befolkningsbelastning</b> Over 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [personer $\cdot \mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
Alle kilder:	12,98 (8,29)	$8,2 \cdot 10^5$ ( $5,8 \cdot 10^5$ )
Uten trafikk:	1,96 (0,79)	$6,8 \cdot 10^4$ ( $2,4 \cdot 10^4$ )
Uten fyring:	4,82 (2,45)	$1,9 \cdot 10^5$ ( $1,0 \cdot 10^5$ )

<b>PM<sub>2,5</sub></b> (Døgn)	<b>Persondager</b> % over 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	<b>Befolkningsbelastning</b> Over 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [personer $\cdot \mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
Alle kilder:	16,73 (9,40)	$6,8 \cdot 10^5$ ( $4,4 \cdot 10^5$ )
Uten trafikk:	9,17 (4,78)	$3,2 \cdot 10^5$ ( $1,8 \cdot 10^5$ )
Uten fyring:	1,06 (0,03)	$3,7 \cdot 10^4$ ( $3,2 \cdot 10^2$ )



Tabell 5: *Oslo; Prosentvis andel av befolkningen som ble utsatt for overskridelser av anbefalte luftkvalitetskriterier i verste time/døgn, og maksimum beregnet konsentrasjon for denne timen/døgnet. Angitt både m.h.t. eksponering, og m.h.t. konsentrasjon. (Parentesverdiene er uten bakgrunnsbidrag.)*

<b>NO<sub>2</sub></b> (Time)	<b>Verste time (m.h.t. eksp.)</b> % av befolkning over 100 µg/m <sup>3</sup>	<b>Verste time (m.h.t. eksp.)</b> Maks. kons. [ µg/m <sup>3</sup> ]	<b>Verste time (m.h.t. kons.)</b> % av befolkning over 100 µg/m <sup>3</sup>	<b>Verste time (m.h.t. kons.)</b> Maks. kons. [ µg/m <sup>3</sup> ]
Alle kilder:	67,0 (67,0)	130,6 (130,1)	48,1 (48,1)	162,9 (162,7)
Uten trafikk:	0,0 (0,0)	88,1 (87,8)	0,0 (0,0)	88,1 (87,8)
Uten fyring:	65,4 (64,6)	126,2 (125,7)	44,8 (44,8)	157,2 (156,9)

<b>NO<sub>2</sub></b> (Døgn)	<b>Verste døgn (m.h.t. eksp.)</b> % av befolkning over 75 µg/m <sup>3</sup>	<b>Verste døgn (m.h.t. eksp.)</b> Maks. kons. [ µg/m <sup>3</sup> ]	<b>Verste døgn (m.h.t. kons.)</b> % av befolkning over 75 µg/m <sup>3</sup>	<b>Verste døgn (m.h.t. kons.)</b> Maks. kons. [ µg/m <sup>3</sup> ]
Alle kilder:	24,7 (24,7)	97,9 (97,6)	24,7 (24,7)	97,9 (97,6)
Uten trafikk:	0,0 (0,0)	54,8 (54,6)	0,0 (0,0)	54,8 (54,6)
Uten fyring:	12,2 (12,2)	92,6 (92,4)	12,2 (12,2)	92,6 (92,4)

<b>PM<sub>10</sub></b> (Døgn)	<b>Verste døgn (m.h.t. eksp.)</b> % av befolkning over 35 µg/m <sup>3</sup>	<b>Verste døgn (m.h.t. eksp.)</b> Maks. kons. [ µg/m <sup>3</sup> ]	<b>Verste døgn (m.h.t. kons.)</b> % av befolkning over 35 µg/m <sup>3</sup>	<b>Verste døgn (m.h.t. kons.)</b> Maks. kons. [ µg/m <sup>3</sup> ]
Alle kilder:	100,0 (78,3)	57,0 (133,6)	78,3 (78,3)	135,1 (133,6)
Uten trafikk:	100,0 (18,6)	51,4 (54,1)	22,7 (16,9)	56,3 (54,8)
Uten fyring:	100,0 (55,5)	49,9 (90,5)	59,7 (55,5)	92,0 (90,5)

<b>PM<sub>2.5</sub></b> (Døgn)	<b>Verste døgn (m.h.t. eksp.)</b> % av befolkning over 20 µg/m <sup>3</sup>	<b>Verste døgn (m.h.t. eksp.)</b> Maks. kons. [ µg/m <sup>3</sup> ]	<b>Verste døgn (m.h.t. kons.)</b> % av befolkning over 20 µg/m <sup>3</sup>	<b>Verste døgn (m.h.t. kons.)</b> Maks. kons. [ µg/m <sup>3</sup> ]
Alle kilder:	100,0 (59,3)	42,0 (69,7)	58,9 (56,9)	72,1 (71,4)
Uten trafikk:	100,0 (42,5)	37,8 (54,8)	43,8 (42,5)	55,8 (54,8)
Uten fyring:	100,0 (5,0)	34,7 (21,7)	100,0 (5,0)	34,7 (21,7)



### 3.2 Resultater for Drammen

De fleste generelle kommentarene som ble gitt om resultatene i Oslo i foregående avsnitt, er også gyldige for resultatene i Drammen. Bl.a. har bakgrunnsverdiene (som er identiske for beregningene i Oslo og Drammen) liten betydning for de beregnede NO<sub>2</sub>-nivåene, mens de er av stor betydning for konsentrasjonsnivåene (og dermed for eksponeringssituasjonen) for PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub>.

De maksimale halvårsmiddelverdiene som er gitt i Tabell 6 viser at langtidsmiddelverdien av NO<sub>2</sub> nesten kommer opp til nivået i Oslo (42,5 µg/m<sup>3</sup> mot 48,8 µg/m<sup>3</sup>; se Tabell 3) mens de tilsvarende partikkelverdiene omtrent ligger på halvparten av verdiene i Oslo. Dette innebærer at halvårsverdiene for både PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub> i Drammen ligger en del under de nye luftkvalitetskriteriene for døgnverdier for disse komponentene. Som for de øvrige byene viser Tabell 6 at det er trafikkutslippet som gir det dominerende bidraget til langtidsmiddelverdien av NO<sub>2</sub>. Tabellen viser dessuten et avvik fra Oslo-resultatet, i og med at det i Drammen er trafikken som gir det største bidraget til PM<sub>10</sub>-verdien, mens fyring og trafikk bidrar omtrent likt til den totale halvårsverdien av PM<sub>2,5</sub>. Igjen bør det presiseres at verdiene som er gjengitt i Tabell 6 fremkommer i forskjellige gitterruter i modellområdet.

Tabell 6: **Drammen**; Maksimumsverdier av halvårsmiddelverdiene for NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub>. Parentesverdien angir posisjonen der verdien er beregnet.

	NO <sub>2</sub> [ µg/m <sup>3</sup> ]	PM <sub>10</sub> [ µg/m <sup>3</sup> ]	PM <sub>2,5</sub> [ µg/m <sup>3</sup> ]
Alle kilder:	(13;7): 42,5	(14;6): 20,8	(11;8): 12,8
Uten trafikk:	(15;6): 7,9	(11;8): 11,6	(11;8): 9,4
Uten fyring:	(13;7): 41,1	(15;7): 17,6	(15;7): 9,3

NO<sub>2</sub>-resultatene presentert i Tabell 7 og Tabell 8 viser at eksponeringssituasjonen for denne komponenten i Drammen er omtrent den samme som i Oslo. Den vesentligste forskjellen er at døgnverdiene er noe lavere i Drammen og at trafikkbidraget er en enda mer dominerende kilde i denne byen. Årsaken til at den totale befolkningsbelastningen (over terskelverdien på 100 µg/m<sup>3</sup>) er så mye lavere i Drammen enn i Oslo skyldes i hovedsak at antall innbyggere er så mye mindre i Drammen.

Tabell 7: **Drammen**; Den prosentvise andel av persontimer/person dager i beregningsperioden hvor de anbefalte time- og døgnkriteriene for  $NO_2$ ,  $PM_{10}$  og  $PM_{2,5}$  ble overskredet. Tabellen viser også den totale befolkningsbelastning (angitt i: personer  $\cdot \mu g/m^3$ ) over de fastsatte terskelverdiene. (Parentesverdiene er uten bakgrunnsbidrag.)

<b>NO<sub>2</sub></b> (Time)	<b>Persontimer</b> % over 100 $\mu g/m^3$	<b>Befolkningsbelastning</b> Over 100 $\mu g/m^3$ [personer $\cdot \mu g/m^3$ ]
Alle kilder:	0,95 (0,92)	$5,7 \cdot 10^3$ ( $5,4 \cdot 10^3$ )
Uten trafikk:	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
Uten fyring:	0,90 (0,88)	$5,3 \cdot 10^3$ ( $5,0 \cdot 10^3$ )

<b>NO<sub>2</sub></b> (Døgn)	<b>Person dager</b> % over 75 $\mu g/m^3$	<b>Befolkningsbelastning</b> Over 75 $\mu g/m^3$ [personer $\cdot \mu g/m^3$ ]
Alle kilder:	0,12 (0,10)	$1,7 \cdot 10^2$ ( $1,4 \cdot 10^2$ )
Uten trafikk:	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
Uten fyring:	0,04 (0,04)	$7,7 \cdot 10^1$ ( $7,7 \cdot 10^1$ )

<b>PM<sub>10</sub></b> (Døgn)	<b>Person dager</b> % over 35 $\mu g/m^3$	<b>Befolkningsbelastning</b> Over 35 $\mu g/m^3$ [personer $\cdot \mu g/m^3$ ]
Alle kilder:	2,64 (0,65)	$1,1 \cdot 10^4$ ( $1,8 \cdot 10^3$ )
Uten trafikk:	0,55 (0,0)	$2,1 \cdot 10^3$ (0,0)
Uten fyring:	1,59 (0,11)	$6,8 \cdot 10^3$ ( $4,0 \cdot 10^2$ )

<b>PM<sub>2.5</sub></b> (Døgn)	<b>Person dager</b> % over 20 $\mu g/m^3$	<b>Befolkningsbelastning</b> Over 20 $\mu g/m^3$ [personer $\cdot \mu g/m^3$ ]
Alle kilder:	4,45 (1,17)	$1,0 \cdot 10^4$ ( $2,2 \cdot 10^3$ )
Uten trafikk:	1,50 (0,15)	$3,4 \cdot 10^3$ ( $1,9 \cdot 10^2$ )
Uten fyring:	1,52 (0,0)	$4,1 \cdot 10^3$ (0,0)

Tabell 8: **Drammen**; Prosentvis andel av befolkningen som ble utsatt for overskridelser av anbefalte luftkvalitetskriterier i verste time/døgn, og maksimum beregnet konsentrasjon for denne timen/døgnet. Angitt både m.h.t. eksponering, og m.h.t. konsentrasjon. (Parentesverdiene er uten bakgrunnsbidrag.)

<b>NO<sub>2</sub></b> (Time)	<b>Verste time</b> (m.h.t. eksp.) % av befolkning over 100 µg/m <sup>3</sup>	<b>Verste time</b> (m.h.t. eksp.) Maks. kons. [ µg/m <sup>3</sup> ]	<b>Verste time</b> (m.h.t. kons.) % av befolkning over 100 µg/m <sup>3</sup>	<b>Verste time</b> (m.h.t. kons.) Maks. kons. [ µg/m <sup>3</sup> ]
Alle kilder:	63,8 (63,8)	132,2 (131,7)	56,9 (56,9)	162,7 (162,0)
Uten trafikk:	0,0 (0,0)	43,0 (42,7)	0,0 (0,0)	43,0 (42,7)
Uten fyring:	63,8 (63,8)	131,3 (130,9)	56,9 (55,7)	161,5 (160,8)

<b>NO<sub>2</sub></b> (Døgn)	<b>Verste døgn</b> (m.h.t. eksp.) % av befolkning over 75 µg/m <sup>3</sup>	<b>Verste døgn</b> (m.h.t. eksp.) Maks. kons. [ µg/m <sup>3</sup> ]	<b>Verste døgn</b> (m.h.t. kons.) % av befolkning over 75 µg/m <sup>3</sup>	<b>Verste døgn</b> (m.h.t. kons.) Maks. kons. [ µg/m <sup>3</sup> ]
Alle kilder:	9,4 (7,3)	79,4 (83,3)	7,3 (7,3)	83,6 (83,3)
Uten trafikk:	0,0 (0,0)	19,1 (18,8)	0,0 (0,0)	19,1 (18,8)
Uten fyring:	3,7 (3,7)	81,8 (81,6)	3,7 (3,6)	81,8 (81,6)

<b>PM<sub>10</sub></b> (Døgn)	<b>Verste døgn</b> (m.h.t. eksp.) % av befolkning over 35 µg/m <sup>3</sup>	<b>Verste døgn</b> (m.h.t. eksp.) Maks. kons. [ µg/m <sup>3</sup> ]	<b>Verste døgn</b> (m.h.t. kons.) % av befolkning over 35 µg/m <sup>3</sup>	<b>Verste døgn</b> (m.h.t. kons.) Maks. kons. [ µg/m <sup>3</sup> ]
Alle kilder:	100,0 (31,7)	46,2 (54,1)	57,6 (17,5)	79,0 (55,18)
Uten trafikk:	100,0 (0,0)	42,5 (22,8)	100 (0,0)	42,5 (22,8)
Uten fyring:	100,0 (3,9)	46,0 (48,0)	52,0 (3,9)	71,8 (48,0)

<b>PM<sub>2,5</sub></b> (Døgn)	<b>Verste døgn</b> (m.h.t. eksp.) % av befolkning over 20 µg/m <sup>3</sup>	<b>Verste døgn</b> (m.h.t. eksp.) Maks. kons. [ µg/m <sup>3</sup> ]	<b>Verste døgn</b> (m.h.t. kons.) % av befolkning over 20 µg/m <sup>3</sup>	<b>Verste døgn</b> (m.h.t. kons.) Maks. kons. [ µg/m <sup>3</sup> ]
Alle kilder:	100,0 (35,5)	32,1 (30,6)	70,7 (35,5)	33,1 (30,6)
Uten trafikk:	100,0 (19,9)	28,9 (22,8)	100 (19,9)	28,9 (22,8)
Uten fyring:	100,0 (0,0)	31,9 (18,2)	100 (0,0)	31,9 (18,2)

Partikkelresultatene i Tabell 7 og Tabell 8 viser også mye av de samme trekkene som vi så i Oslo. Siden de lokalt genererte partikkelkonsentrasjonene er lavere i Drammen enn i Oslo, er bakgrunnsverdiene av større relativ betydning for eksponeringssituasjonen i Drammen. Dessuten er partikkeleksponeringen i Drammen (på tilsvarende måte som vi skal se i Trondheim) mer påvirket av trafikkutslippene enn tilfellet var i Oslo (og Bergen). I Drammen er f.eks. prosentandelen av persondager over terskelverdiene for PM<sub>2,5</sub> og den totale befolkningsbelastningen for denne komponenten omtrent like mye påvirket av trafikkutslippet som av utslippet fra fyring.

Med de terskelverdier som er benyttet, blir måltallene for befolkningsbelastningen i Drammen bare omtrent dobbelt så store for partikkelkomponentene som for NO<sub>2</sub>. Selv om belastningen for NO<sub>2</sub> er sammenlignbar for Oslo og Drammen, er derfor partikkelbelastningen i Drammen langt lavere enn i Oslo.

### 3.3 Resultater for Bergen

Som vist i Tabell 9 er den maksimale halvårsverdien for NO<sub>2</sub> i Bergen omtrent like stor som i de øvrige byene. Verdien ligger noe under terskelverdien på 50 µg/m<sup>3</sup>. For PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub> er verdiene betydelig lavere enn i Oslo, men omtrent på samme nivå som i Drammen og Trondheim. Vi ser igjen at det er trafikkutslippet som har desidert størst innvirkning på langtidsverdiene av NO<sub>2</sub>. For de maksimale halvårsverdiene for partikler er trafikken av størst betydning for PM<sub>10</sub>, mens fyringen virker sterkest inn på finfraksjonen (PM<sub>2,5</sub>).

Tabell 9: **Bergen; Maksimumsverdier av halvårsmiddelverdiene for NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub>. Parentesverdien angir posisjonen der verdien er beregnet.**

	NO <sub>2</sub> [ µg/m <sup>3</sup> ]	PM <sub>10</sub> [ µg/m <sup>3</sup> ]	PM <sub>2,5</sub> [ µg/m <sup>3</sup> ]
Alle kilder:	(8;13): 46,0	(8;13): 23,5	(8;15): 15,6
Uten trafikk:	(7;15): 26,5	(8;15): 12,6	(8;15): 11,2
Uten fyring:	(8;13): 41,1	(3;10): 16,5	(8;13): 7,9

Når det gjelder befolkningens eksponering for forurensningskonsentrasjoner over de anbefalte timevise/døgnlige luftkvalitetskriteriene for NO<sub>2</sub> viser måltallene i Tabell 10 og Tabell 11 igjen at bakgrunnsverdiene er så å si uten betydning i Bergen og at trafikken er den dominerende kildekategorien. Store deler av befolkningen utsettes tidvis for overskridelser av de foreslåtte terskelverdiene for NO<sub>2</sub>, og en sammenlikning byene imellom viser at det er i Bergen vi beregner den største befolkningsbelastningen for denne komponenten. Selv om vi justerer for antall personer bosatt i byene kommer Bergen ut med den høyeste befolkningsbelastningen (både for time- og døgnkonsentrasjoner av NO<sub>2</sub>). Bergen er også den byen hvor den største døgnverdien av NO<sub>2</sub> beregnes; 124 µg/m<sup>3</sup>.

Selv om beregningene viser at Bergen er byen hvor befolkningen utsettes for den største NO<sub>2</sub> belastningen, er partikkelbelastningen enda større også i denne byen. På tilsvarende vis som i Drammen viser måltallene i Tabell 10 at befolkningsbelastningen og prosentandelen av persondager over terskelverdiene er omtrent dobbelt så stor for PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub> som for NO<sub>2</sub>. Siden bakgrunnsverdiene for PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub> ikke kommer over luftkvalitetskriteriene på h.h.v. 35 µg/m<sup>3</sup> og 20 µg/m<sup>3</sup> i Bergen, blir aldri hele befolkningen utsatt for overskridelser av disse terskelverdiene slik tilfellet var i Oslo og Drammen. F.eks. utsettes maksimalt 66 % av befolkningen for overskridelse av 20 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>2,5</sub> i det verste døgnet i beregningsperioden. Dette er for øvrig det verste døgnet både m.h.t. eksponering og m.h.t. konsentrasjon. Den maksimale PM<sub>2,5</sub>-konsentrasjonen som beregnes dette døgnet (114,1 µg/m<sup>3</sup>) er dessuten større enn i noen av de andre byene.

Tabell 10: **Bergen**; Den prosentvise andel av persontimer/persondager i beregningsperioden hvor de anbefalte time- og døgnkriteriene for  $NO_2$ ,  $PM_{10}$  og  $PM_{2,5}$  ble overskredet. Tabellen viser også den totale befolkningsbelastning (angitt i: personer  $\cdot \mu g/m^3$ ) over de fastsatte terskelverdiene. (Parentesverdiene er uten bakgrunnsbidrag.)

<b>NO<sub>2</sub></b> (Time)	<b>Persontimer</b> % over 100 $\mu g/m^3$	<b>Befolkningsbelastning</b> Over 100 $\mu g/m^3$ [personer $\cdot \mu g/m^3$ ]
Alle kilder:	2,18 (2,11)	$6,2 \cdot 10^4$ ( $6,0 \cdot 10^4$ )
Uten trafikk:	,0004 (,0004)	7,3 (7,3)
Uten fyring:	1,80 (1,74)	$4,7 \cdot 10^4$ ( $4,6 \cdot 10^4$ )

<b>NO<sub>2</sub></b> (Døgn)	<b>Persondager</b> % over 75 $\mu g/m^3$	<b>Befolkningsbelastning</b> Over 75 $\mu g/m^3$ [personer $\cdot \mu g/m^3$ ]
Alle kilder:	2,60 (2,50)	$6,1 \cdot 10^4$ ( $5,8 \cdot 10^4$ )
Uten trafikk:	0,008 (0,006)	$4,2 \cdot 10^1$ ( $3,5 \cdot 10^1$ )
Uten fyring:	1,72 (1,65)	$3,7 \cdot 10^4$ ( $3,5 \cdot 10^4$ )

<b>PM<sub>10</sub></b> (Døgn)	<b>Persondager</b> % over 35 $\mu g/m^3$	<b>Befolkningsbelastning</b> Over 35 $\mu g/m^3$ [personer $\cdot \mu g/m^3$ ]
Alle kilder:	4,16 (3,53)	$1,2 \cdot 10^5$ ( $1,0 \cdot 10^5$ )
Uten trafikk:	0,53 (0,44)	$1,4 \cdot 10^4$ ( $1,2 \cdot 10^4$ )
Uten fyring:	1,26 (0,93)	$1,7 \cdot 10^4$ ( $1,2 \cdot 10^4$ )

<b>PM<sub>2,5</sub></b> (Døgn)	<b>Persondager</b> % over 20 $\mu g/m^3$	<b>Befolkningsbelastning</b> Over 20 $\mu g/m^3$ [personer $\cdot \mu g/m^3$ ]
Alle kilder:	4,89 (4,15)	$1,2 \cdot 10^5$ ( $1,1 \cdot 10^5$ )
Uten trafikk:	2,41 (2,07)	$4,7 \cdot 10^4$ ( $4,3 \cdot 10^4$ )
Uten fyring:	0,48 (0,38)	$4,0 \cdot 10^3$ ( $3,3 \cdot 10^3$ )

*Tabell 11: Bergen; Prosentvis andel av befolkningen som ble utsatt for overskridelser av anbefalte luftkvalitetskriterier i verste time/døgn, og maksimum beregnet konsentrasjon for denne timen/døgnet. Angitt både m.h.t. eksponering, og m.h.t. konsentrasjon. (Parentesverdiene er uten bakgrunnsbidrag.)*

<b>NO<sub>2</sub></b> (Time)	<b>Verste time</b> (m.h.t. eksp.) % av befolkning over 100 µg/m <sup>3</sup>	<b>Verste time</b> (m.h.t. eksp.) Maks. kons. [ µg/m <sup>3</sup> ]	<b>Verste time</b> (m.h.t. kons.) % av befolkning over 100 µg/m <sup>3</sup>	<b>Verste time</b> (m.h.t. kons.) Maks. kons. [ µg/m <sup>3</sup> ]
Alle kilder:	75,1 (72,3)	154,3 (153,7)	63,0 (63,0)	188,3 (188,0)
Uten trafikk:	0,4 (0,4)	111,3 (111,0)	0,1 (0,1)	126,0 (125,7)
Uten fyring:	73,0 (69,2)	147,5 (146,9)	62,5 (62,5)	180,7 (180,4)

<b>NO<sub>2</sub></b> (Døgn)	<b>Verste døgn</b> (m.h.t. eksp.) % av befolkning over 75 µg/m <sup>3</sup>	<b>Verste døgn</b> (m.h.t. eksp.) Maks. kons. [ µg/m <sup>3</sup> ]	<b>Verste døgn</b> (m.h.t. kons.) % av befolkning over 75 µg/m <sup>3</sup>	<b>Verste døgn</b> (m.h.t. kons.) Maks. kons. [ µg/m <sup>3</sup> ]
Alle kilder:	55,9 (54,9)	129,8 (129,5)	55,9 (54,9)	129,8 (129,5)
Uten trafikk:	0,9 (0,6)	77,5 (77,0)	0,4 (0,4)	82,7 (82,4)
Uten fyring:	48,3 (47,5)	117,5 (113,9)	48,3 (46,9)	117,5 (117,2)

<b>PM<sub>10</sub></b> (Døgn)	<b>Verste døgn</b> (m.h.t. eksp.) % av befolkning over 35 µg/m <sup>3</sup>	<b>Verste døgn</b> (m.h.t. eksp.) Maks. kons. [ µg/m <sup>3</sup> ]	<b>Verste døgn</b> (m.h.t. kons.) % av befolkning over 35 µg/m <sup>3</sup>	<b>Verste døgn</b> (m.h.t. kons.) Maks. kons. [ µg/m <sup>3</sup> ]
Alle kilder:	54,1 (51,2)	87,4 (84,4)	44,5 (43,0)	124,3 (122,2)
Uten trafikk:	26,9 (26,6)	84,1 (82,0)	26,9 (26,6)	84,1 (82,0)
Uten fyring:	41,3 (37,7)	71,5 (68,4)	41,3 (37,7)	71,5 (68,4)

<b>PM<sub>2.5</sub></b> (Døgn)	<b>Verste døgn</b> (m.h.t. eksp.) % av befolkning over 20 µg/m <sup>3</sup>	<b>Verste døgn</b> (m.h.t. eksp.) Maks. kons. [ µg/m <sup>3</sup> ]	<b>Verste døgn</b> (m.h.t. kons.) % av befolkning over 20 µg/m <sup>3</sup>	<b>Verste døgn</b> (m.h.t. kons.) Maks. kons. [ µg/m <sup>3</sup> ]
Alle kilder:	66,0 (61,0)	114,1 (112,7)	66,0 (61,0)	114,1 (112,7)
Uten trafikk:	38,0 (34,2)	83,5 (82,0)	38,0 (34,2)	83,5 (82,0)
Uten fyring:	23,8 (23,8)	34,1 (32,6)	23,8 (23,8)	34,1 (32,6)

Når det gjelder bidragene fra de ulike kildekategoriene, utmerker Bergen seg med at trafikk- og fyringsutslippene bidrar omtrent like mye til befolkningens belastning for overskridelser av terskelverdien for PM<sub>10</sub>. For de andre byene er det utslippene fra trafikken som er klart viktigst for eksponeringsnivået for denne partikkelkomponenten. Når det gjelder PM<sub>2,5</sub> finner vi tilsvarende forhold i Bergen som i Oslo, ved at fyringsutslippet gir det største bidraget til befolkningsbelastningen.

### 3.4 Resultater for Trondheim

Før vi kommenterer resultatene fra Trondheim minner vi om at beregningene for denne byen er gjort for vinteren 94-95, mens beregningene for de øvrige byene er gyldige for vinteren 95-96.

Et særtrekk ved resultatene fra Trondheim er at bakgrunnsverdiene har langt mindre betydning her enn i de øvrige byene. Selv for partikkelkomponentene er bakgrunnen av underordnet betydning. Selv for langtidsmiddelverdien av  $PM_{2,5}$ , som er størrelsen som er mest påvirket av den regionale bakgrunnen, utgjør dette bidraget bare i overkant av 12 % av maksimalverdien på  $10,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

De maksimale halvårsmiddelverdiene som er gitt i Tabell 12 viser at den maksimale langtidsmiddelverdien av  $NO_2$  i Trondheim er omtrent som i de andre byene. Den maksimale halvårsverdien for  $PM_{10}$  ligger litt over de tilsvarende verdiene i Drammen og Bergen, mens verdien for  $PM_{2,5}$  ligger noe under. Tabell 12 viser også at det er trafikkutslippet som gir det dominerende bidraget til de maksimale langtidsmiddelverdiene av både  $NO_2$  og  $PM_{10}$ . Til og med for langtidsverdien av  $PM_{2,5}$  bidrar trafikkutslippet mest, noe som er spesielt for Trondheim. Det minnes igjen om at verdiene i Tabell 12 er beregnet i forskjellige gitterruter i modellområdet.

Tabell 12: **Trondheim**; Maksimumsverdier av halvårsmiddelverdiene for  $NO_2$ ,  $PM_{10}$  og  $PM_{2,5}$ . Parentesverdien angir posisjonen der verdien er beregnet.

	$NO_2$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	$PM_{10}$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	$PM_{2,5}$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
Alle kilder:	(6;13): 48,0	(6;9) 25,3	(6;13): 10,6
Uten trafikk:	(13;13): 8,6	(8;14): 6,0	(8;14): 5,4
Uten fyring:	(6;13): 46,5	(6;9): 23,9	(6;13): 7,5

$NO_2$  resultatene presentert i Tabell 13 og Tabell 14 viser at overskridelser av terskelverdiene faktisk forekommer i større grad i Trondheim enn i Drammen og Oslo. Overskridelsene har nesten tilsvarende omfang som i Bergen. På tilsvarende måte som i de øvrige byene er det trafikkutslippet som er den dominerende kilden til overskridelser av luftkvalitetskriteriene for  $NO_2$ .

I Oslo, Drammen og Bergen var befolkningsbelastningen større for de to partikkelkomponentene enn for  $NO_2$ . I Trondheim gjelder ikke dette for  $PM_{2,5}$ . Til gjengjeld viser beregningene for denne byen at det er en betydelig forekomst av overskridelser av luftkvalitetskriteriet for  $PM_{10}$ . Det er bare i Oslo at belastningen for grovfraksjonskomponenten er høyere. Faktisk er det i Trondheim den største døgnverdien av  $PM_{10}$  er beregnet ( $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Siden bakgrunnsverdiene i Trondheim ikke kommer over terskelverdiene for  $PM_{10}$  og  $PM_{2,5}$ , blir aldri hele befolkningen utsatt for overskridelser i det verste døgnet, slik situasjonen var i Oslo og Drammen. I det verste døgnet utsettes 61% for overskridelser av

terskelverdien for  $PM_{10}$ , mens bare 43% kommer over kriteriet på  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for  $PM_{2,5}$ . Trafikkutslippets store betydning (sammen med betydningen av de lave bakgrunnsverdiene) vises tydelig i Tabell 13 og Tabell 14, ved at ingen overskridelser av luftkvalitetskriteriet for  $PM_{10}$  ( $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) forekommer når denne utslippskategorien utelates. På tilsvarende måte som i Drammen, er også befolkningsbelastningen for  $PM_{2,5}$  i Trondheim omtrent like mye påvirket av utslippene fra trafikken som fra fyringen.

*Tabell 13: Trondheim; Den prosentvise andel av persontimer/person dager i beregningsperioden hvor de anbefalte time- og døgnkriteriene for  $NO_2$ ,  $PM_{10}$  og  $PM_{2,5}$  ble overskredet. Tabellen viser også den totale befolkningsbelastning (angitt i: personer  $\cdot \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) over de fastsatte terskelverdiene. (Parentesverdiene er uten bakgrunnsbidrag.)*

<b><math>NO_2</math></b> (Time)	<b>Persontimer</b> % over $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	<b>Befolkningsbelastning</b> Over $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [personer $\cdot \mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
Alle kilder:	2,03 (2,01)	$4,5 \cdot 10^4$ ( $4,4 \cdot 10^4$ )
Uten trafikk:	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
Uten fyring:	1,98 (1,96)	$4,3 \cdot 10^4$ ( $4,3 \cdot 10^4$ )

<b><math>NO_2</math></b> (Døgn)	<b>Persondager</b> % over $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$	<b>Befolkningsbelastning</b> Over $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [personer $\cdot \mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
Alle kilder:	1,53 (1,47)	$2,6 \cdot 10^4$ ( $2,6 \cdot 10^4$ )
Uten trafikk:	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
Uten fyring:	1,42 (1,41)	$2,4 \cdot 10^4$ ( $2,4 \cdot 10^4$ )

<b><math>PM_{10}</math></b> (Døgn)	<b>Persondager</b> % over $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$	<b>Befolkningsbelastning</b> Over $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [personer $\cdot \mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
Alle kilder:	4,85 (4,28)	$1,3 \cdot 10^5$ ( $1,2 \cdot 10^5$ )
Uten trafikk:	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)
Uten fyring:	3,58 (2,99)	$9,4 \cdot 10^4$ ( $8,4 \cdot 10^4$ )

<b><math>PM_{2,5}</math></b> (Døgn)	<b>Persondager</b> % over $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	<b>Befolkningsbelastning</b> Over $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [personer $\cdot \mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
Alle kilder:	2,29 (1,91)	$2,1 \cdot 10^4$ ( $1,7 \cdot 10^4$ )
Uten trafikk:	0,30 (0,26)	$1,9 \cdot 10^3$ ( $1,6 \cdot 10^3$ )
Uten fyring:	0,39 (0,29)	$2,4 \cdot 10^3$ ( $1,7 \cdot 10^3$ )



Tabell 14: **Trondheim**; Prosentvis andel av befolkningen som ble utsatt for overskridelser av anbefalte luftkvalitetskriterier i verste time/døgn, og maksimum beregnet konsentrasjon for denne timen/døgnet. Angitt både m.h.t. eksponering, og m.h.t. konsentrasjon. (Parentesverdiene er uten bakgrunnsbidrag.)

NO <sub>2</sub> (Time)	Verste time (m.h.t. eksp.) % av befolkning over 100 µg/m <sup>3</sup>	Verste time (m.h.t. eksp.) Maks. kons. [ µg/m <sup>3</sup> ]	Verste time (m.h.t. kons.) % av befolkning over 100 µg/m <sup>3</sup>	Verste time (m.h.t. kons.) Maks. kons. [ µg/m <sup>3</sup> ]
Alle kilder:	82,4 (82,2)	208,4 (208,3)	76,8 (76,8)	215,6 (215,5)
Uten trafikk:	0,0 (0,0)	67,7 (67,0)	0,0 (0,0)	67,7 (67,0)
Uten fyring:	82,3 (82,1)	207,4 (207,3)	76,8 (76,4)	215,2 (215,1)

NO <sub>2</sub> (Døgn)	Verste døgn (m.h.t. eksp.) % av befolkning over 75 µg/m <sup>3</sup>	Verste døgn (m.h.t. eksp.) Maks. kons. [ µg/m <sup>3</sup> ]	Verste døgn (m.h.t. kons.) % av befolkning over 75 µg/m <sup>3</sup>	Verste døgn (m.h.t. kons.) Maks. kons. [ µg/m <sup>3</sup> ]
Alle kilder:	46,3 (46,3)	128,8 (128,7)	46,3 (46,3)	128,8 (128,7)
Uten trafikk:	0,0 (0,0)	31,5 (31,4)	0,0 (0,0)	31,5 (31,4)
Uten fyring:	45,5 (45,5)	126,7 (126,6)	45,5 (45,5)	126,7 (126,6)

PM <sub>10</sub> (Døgn)	Verste døgn (m.h.t. eksp.) % av befolkning over 35 µg/m <sup>3</sup>	Verste døgn (m.h.t. eksp.) Maks. kons. [ µg/m <sup>3</sup> ]	Verste døgn (m.h.t. kons.) % av befolkning over 35 µg/m <sup>3</sup>	Verste døgn (m.h.t. kons.) Maks. kons. [ µg/m <sup>3</sup> ]
Alle kilder:	61,1 (60,8)	160,3 (158,5)	61,1 (60,8)	160,3 (158,5)
Uten trafikk:	0,0 (0,0)	34,0 (31,2)	0,0 (0,0)	34,0 (31,2)
Uten fyring:	60,0 (57,8)	158,4 (156,6)	60,0 (57,8)	158,4 (156,6)

PM <sub>2,5</sub> (Døgn)	Verste døgn (m.h.t. eksp.) % av befolkning over 20 µg/m <sup>3</sup>	Verste døgn (m.h.t. eksp.) Maks. kons. [ µg/m <sup>3</sup> ]	Verste døgn (m.h.t. kons.) % av befolkning over 20 µg/m <sup>3</sup>	Verste døgn (m.h.t. kons.) Maks. kons. [ µg/m <sup>3</sup> ]
Alle kilder:	43,0 (37,4)	46,1 (44,2)	43,0 (37,4)	46,1 (44,2)
Uten trafikk:	17,6 (13,2)	33,1 (31,2)	17,6 (13,2)	33,1 (31,2)
Uten fyring:	15,9 (12,1)	32,3 (30,8)	15,9 (9,2)	32,3 (31,1)

#### 4. Generell oppsummering av eksponeringsresultatene fra de fire byene

##### Eksponeringsberegningene for NO<sub>2</sub>:

For samtlige byer finner vi at det regionale bakgrunnsnivået er av liten betydning for NO<sub>2</sub>-eksponeringen. Videre viser beregningene at luftkvalitetskriteriet for halvårsverdier på 50 µg/m<sup>3</sup> ikke overskrides i noen av byene i de betraktede periodene.

Resultatene fra alle byene viser dessuten at det arealfordelte trafikkutslippet har desidert størst betydning for såvel langtidsmiddelverdiene som for de maksimale time- og døgnverdiene. Mest utpreget er dette i Drammen og Trondheim. I Oslo, Drammen og Trondheim oppnås ingen overskridelser av terskelverdiene (hverken for time eller døgn) når trafikkutslippet utelates, og i Bergen reduseres overskridelsene drastisk. De arealfordelte fyringsutslippene som har en langt mindre betydning, er dog mest betydningsfulle i Oslo og Bergen. Nedenfor har vi angitt de maksimale time-, døgn- og halvårsverdiene for beregnet NO<sub>2</sub>-konsentrasjon, samt hvilken by verdiene er beregnet i (NB: Resultatet for Trondheim gjelder for vinteren 94-95):

Maksimal halvårsverdi NO<sub>2</sub>: 48,8 µg/m<sup>3</sup>; (Oslo).  
 Maksimal døgnverdi NO<sub>2</sub>: 129,8 µg/m<sup>3</sup>; (Bergen).  
 Maksimal timesverdi NO<sub>2</sub>: 215,6 µg/m<sup>3</sup>; (Trondheim).

Størst verdi for den totale befolkningsbelastningen for både time- og døgnverdier av NO<sub>2</sub> finner vi i Bergen. Her beregnes en befolkningsbelastning på  $6,1 \cdot 10^4$  personer·µg/m<sup>3</sup> for overskridelser av døgn-kriteriet (75 µg/m<sup>3</sup>) og på  $6,2 \cdot 10^4$  personer·µg/m<sup>3</sup> for overskridelser av time-kriteriet (100 µg/m<sup>3</sup>).

#### **Eksponeringsberegningene for PM<sub>10</sub>:**

Bakgrunnsbidraget er av stor betydning for partikkeleksponeringen. Sterkest effekt av bakgrunnen finner vi i Oslo og Drammen, der dette bidraget alene kan føre til overskridelser av luftkvalitetskriteriet for døgnverdier av PM<sub>10</sub>. Viktigheten av den regionale bakgrunnen avtar noe for Bergen og er av minst betydning i Trondheim.

Av de lokale PM<sub>10</sub>-kildene er det igjen trafikkutslippet som har sterkest innvirkning på både langtidsmiddelverdien og på de maksimale døgnverdiene. Det eneste unntaket er Bergen, der den maksimale døgnkonsentrasjonen for PM<sub>10</sub> er litt mer påvirket av fyringen enn av trafikken.

Nedenfor har vi gitt de maksimale døgn- og halvårsverdiene for beregnet PM<sub>10</sub>-konsentrasjon, samt hvilken by verdiene er beregnet i (NB: Resultatet for Trondheim gjelder for vinteren 94-95):

Maksimal døgnverdi PM<sub>10</sub>: 160,3 µg/m<sup>3</sup>; (Trondheim).  
 Maksimal halvårsverdi PM<sub>10</sub>: 37,2 µg/m<sup>3</sup>; (Oslo).

Med unntak av Bergen er trafikkutslippet også den viktigste bidragsyteren til den totale befolkningsbelastningen. For Bergens vedkommende bidrar fyringen og trafikken omtrent likt til den beregnede befolkningsbelastningen for PM<sub>10</sub>.

Størst verdi for den totale befolkningsbelastningen for døgnverdier av PM<sub>10</sub> finner vi i Oslo, der en verdi på  $5,8 \cdot 10^5$  personer·µg/m<sup>3</sup> beregnes. Selv om vi dividerer med innbyggertallet i byene fremkommer Oslo med den høyeste belastningen. Det bør dessuten legges til at det i samtlige byer beregnes vesentlig høyere befolkningsbelastning for PM<sub>10</sub> enn for NO<sub>2</sub>.

### **Eksponeringsberegningene for PM<sub>2,5</sub>:**

Som nevnt ovenfor er bakgrunnsverdiene av stor betydning for begge partikkelkomponentene. Også for PM<sub>2,5</sub> er innflytelsen av bakgrunnen størst for Oslo og Drammen, mens betydningen avtar gradvis for Bergen og Trondheim.

Av de tre komponentene er det PM<sub>2,5</sub> som i sterkeste grad er influert av det arealfordelte fyringsutslippet. I Oslo og Bergen er dette utslippet av klart størst betydning for såvel de maksimale halvår- og døgnverdiene som for befolkningsbelastningen. I Trondheim og Drammen er imidlertid trafikk- og fyringsutslippet av omtrent lik betydning for PM<sub>2,5</sub>-belastningen.

Nedenfor har vi gitt de maksimale-døgn- og halvårsverdiene for beregnet PM<sub>2,5</sub> konsentrasjon, samt hvilken by verdiene er beregnet i:

Maksimal halvårverdi PM<sub>2,5</sub>: 24,9 µg/m<sup>3</sup> ; (Oslo).

Maksimal døgnverdi PM<sub>2,5</sub>: 114,1 µg/m<sup>3</sup> ; (Bergen).

Størst verdi for den totale befolkningsbelastningen for PM<sub>2,5</sub> finner vi i Oslo, der en verdi på  $4,4 \cdot 10^5$  personer·µg/m<sup>3</sup> beregnes. Selv om vi dividerer med innbyggertallet i byene fremkommer Oslo med den høyeste belastningen. For Oslo, Bergen og Drammen er befolkningens belastning overfor PM<sub>2,5</sub> (i.e. overskridelser av 20 µg/m<sup>3</sup>) omtrent like stor som belastningen for PM<sub>10</sub> (i.e. overskridelser av 35 µg/m<sup>3</sup>.) For Trondheim er imidlertid befolkningsbelastningen for finfraksjonen betydelig lavere, dvs. omtrent på nivå med belastningen for NO<sub>2</sub>.

### **Generell kommentar til beregningene:**

Med de luftkvalitetskriterier som foreligger i dag, og som er benyttet i våre beregninger, tyder resultatene på at partikkel-eksponeringen (både for fin- og grovfraksjonen) representerer et større forurensningsproblem enn eksponeringen for NO<sub>2</sub> i Oslo, Bergen og Drammen. I Trondheim synes PM<sub>10</sub> problemet å være størst.

## **5. Beskrivelse av resultatene som presenteres for hver by i vedlegg A–D**

I vedleggene presenteres et utvalg av resultatene. Dette gjøres i form av tabeller og konturplott. I samtlige konturplott vises modellområdets topografi i form av konturlinjer som viser høyden over havet i meter. Dessuten er hovedveinettet markert med et grått linjenett. Dette er bare ment som en tilleggsinformasjon som skal gjøre orienteringen lettere for leseren. Den viktige informasjonen ligger i fargesjatteringene. I alle figurene angir de ulike fargene faste intervaller som definert i fargeskalaen til høyre for plottet. Det gjøres oppmerksom på at fargeleggingen er gjort på bakgrunn av diskrete tallverdier i et km<sup>2</sup>-rutenett. Småskalafenomener i plottene med utstrekning mindre enn ruteavstanden skyldes glattingsprosedyrer i de grafiske kontureringsrutinene. Slike detaljer kan derfor ikke betraktes som en del av beregningsresultatet. Tallene på aksene i konturplottene markerer gitterpunktene sin posisjon i km<sup>2</sup>-rutenettet.

Resultatene fra hver by er samlet i egne vedlegg. Først presenteres resultatene fra eksponeringsberegningene for NO<sub>2</sub> og deretter resultatene for partikkelberegningene (PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub>) En detaljert beskrivelse av alle tabeller og figurer som vises for hver by, er gitt nedenfor.

#### **Fra eksponeringsberegningen for NO<sub>2</sub> presenteres følgende:**

1. En tabell som viser: det totale antall persontimer fordelt på ulike konsentrasjonsintervall, den kumulative persontimefordelingen og den prosentvise kumulative fordelingen. Intervallbredden er 5 µg/m<sup>3</sup>. I tabelloverskriften angis også den totale timevise befolkningsbelastningen (med benevning: personer · µg/m<sup>3</sup>) når terskelverdien er 100 µg/m<sup>3</sup>.
2. Konturplott av befolkningstettheten. Her er utelukkende befolkningen innenfor hver bykommune tatt med. Det totale antall personer innenfor området er oppgitt i overskriften. Tallene på fargeskalaen angir antall personer pr. km<sup>2</sup>.
3. Konturplott av halvårsmiddelkonsentrasjonen. Tallene på fargeskalaen gir konsentrasjonen i µg/m<sup>3</sup>.
4. Konturplott av den timevise befolkningsbelastningen når terskelverdien er 100 µg/m<sup>3</sup>. Dette konturplottet framkommer ved å multiplisere persondosen i hver gitterrute med antall personer i denne ruta. Benevningen for tallene på fargeskalaen er derfor: personer · µg/m<sup>3</sup>.
5. Konturplott av konsentrasjonsfordelingen for *verste time med hensyn til eksponering*. Tidspunktet og den prosentvise andelen av befolkningen som er eksponert for verdier over luftkvalitetskriteriet på 100 µg/m<sup>3</sup> er oppgitt i overskriften. Tallene på fargeskalaen gir konsentrasjonen i µg/m<sup>3</sup>.

#### **Fra eksponeringsberegningen for partikler (PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub>) presenteres:**

6. En tabell som viser: det totale antall person dager fordelt på ulike konsentrasjonsintervall, den kumulative persondagfordelingen og den prosentvise kumulative fordelingen. Intervallbredden er 5 µg/m<sup>3</sup>. I tabelloverskriften angis også den totale befolkningsbelastningen (angitt i: personer · µg/m<sup>3</sup>) når terskelverdien er 35 µg/m<sup>3</sup> for PM<sub>10</sub> og 20 µg/m<sup>3</sup> for PM<sub>2,5</sub>.
7. Konturplott av halvårsmiddelkonsentrasjonen. Tallene på fargeskalaen gir konsentrasjonen i µg/m<sup>3</sup>.
8. Konturplott av den daglige befolkningsbelastning, når terskelverdien er 35 µg/m<sup>3</sup> (PM<sub>10</sub>) og 20 µg/m<sup>3</sup> (PM<sub>2,5</sub>). Disse konturplottene framkommer ved å multiplisere den daglige persondosen i ei gitterrute med antall personer i denne ruta. Benevningen for tallene på fargeskalaen er derfor: personer · µg/m<sup>3</sup>.
9. Konturplott av konsentrasjonsfordelingen for *verste dag med hensyn til eksponering*. Dato og prosentvis andel av befolkningen som er eksponert for verdier over luftkvalitetskriteriene på hhv. 35 µg/m<sup>3</sup> (PM<sub>10</sub>) og 20 µg/m<sup>3</sup> (PM<sub>2,5</sub>) er oppgitt i overskriften. Tallene på fargeskalaen gir konsentrasjonen i µg/m<sup>3</sup>.

De ulike kildenes betydning for eksponeringssituasjonen kan undersøkes ved å utføre egne beregninger der de utvalgte kildekategoriene er utelatt. Ved å benytte denne metodikken har vi i dette prosjektet undersøkt betydningen av de arealfordelte trafikktuslippene og de arealfordelte fyringsutslippene. For å begrense omfanget av rapporten er bare konturplott som viser bidragene fra disse to kildekategoriene presentert for Oslo i vedlegg A.

## 6. Referanser

- Bott, A. (1989) A positive definite advection scheme obtained by nonlinear renormalization of the advective fluxes. *Mon. Weather Rev.*, 117, 1006-1015.
- Bøhler, T. and Guerreiro, C. B. (1996) Verification of the meteorological preprocessor MEPDIM. Kjeller (NILU F 10/96).
- Foster, F., Walker, H., Duckworth, G., Taylor, A. and Sugiyama, G. (1995) User's guide to the CG-Mathew/Adpic models, Version 3.0. Lawrence Livermore National Laboratory (Report UCRL-MA-103581 Rev.3).
- Gram, F. (1997) Overvåking av luftkvalitet i byer og tettsteder. Utslippsoversikt for Oslo, Bergen, Drammen og Trondheim 1992 og 1993. Kjeller (NILU OR under arbeid).
- Grønskei, K.E., Bartonova, A., Brechler, J., Walker, S.E., Riise, A. and Larssen, S. (1996) Source oriented model for exposure calculations in Teplice area. Kjeller (NILU OR 30/97).
- Grønskei, K.E., Larssen, S. og Walker, S.E. (1997) Nitrogenoksider og oksidanter i byområder. Spredningsberegninger og NO<sub>2</sub> -modell. Kjeller (NILU OR under arbeid).
- Grønskei, K.E. and Walker, S.E. (1993) Evaluation of a model for hourly spatial concentrations distributions. *Atmos. Environ.*, 27B, 105-120.
- Hagen, L. O. og Johnsrud, M. (1996) Målinger av luftforurensninger i by/tettstedsprogrammet. Oktober 1994-mars 1995. Kjeller (NILU OR 8/96).
- Larssen, S. og Hagen, L. O. (1997) Partikkelforurensning fra piggdekk. Kjeller (NILU OR 16/97).
- Larssen, S., Grønskei, K.E., Gram, F., Hagen, L.O. and Walker, S.E. (1994) Verification of urban scale time dependent dispersion model with subgrid elements in Oslo, Norway. I: *Air Pollution Modelling and Its Application X*. Red.: Gryning, S.-E. and Millan, M.M. New York, Plenum Press, s. 91-99.
- Sherman, C.A. (1978) A mass consistent model for wind fields over complex terrain. *J. Appl. Meteorol.*, 17, 312-319.

- Smith, G.D. (1985) Numerical solution of partial differential equations: finite difference methods. Oxford, Oxford University Press.
- Slørdal, L.H., (1997) Beregning av NO<sub>2</sub>- og PM<sub>10</sub> -eksponering for Oslo, Drammen, Bergen og Trondheim. Vinteren 1994-1995. Kjeller (NILU OR 23/97).
- Slørdal, L.H., og Walker, S.E. (1997) Spredningsberegning av NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub> og PM<sub>10</sub> for Oslo, Drammen, Bergen og Trondheim. Verifikasjon av modell mot målinger. Kjeller (NILU OR 68/97).
- Tønnesen, D. A. (1997) Program for utvikling av modeller for beregning av veistøv i luft. Utvikling av utslippsmodell for PM<sub>10</sub> fra veitrafikk. Kjeller (NILU OR under arbeid).
- Walker, S.E. og Grønskei, K.E. (1992) Spredningsberegninger for on-line overvåking i Grenland. Programbeskrivelse og brukerveiledning. Lillestrøm (NILU OR 55/92).

## **Vedlegg A**

### **Resultater fra beregningene for Oslo**

NO2 EKSPONERING OSLO Okt. 95 - Mars 96

Totalt antall mennesker betraktet: 469703

Totalt antall timer i perioden: 4374

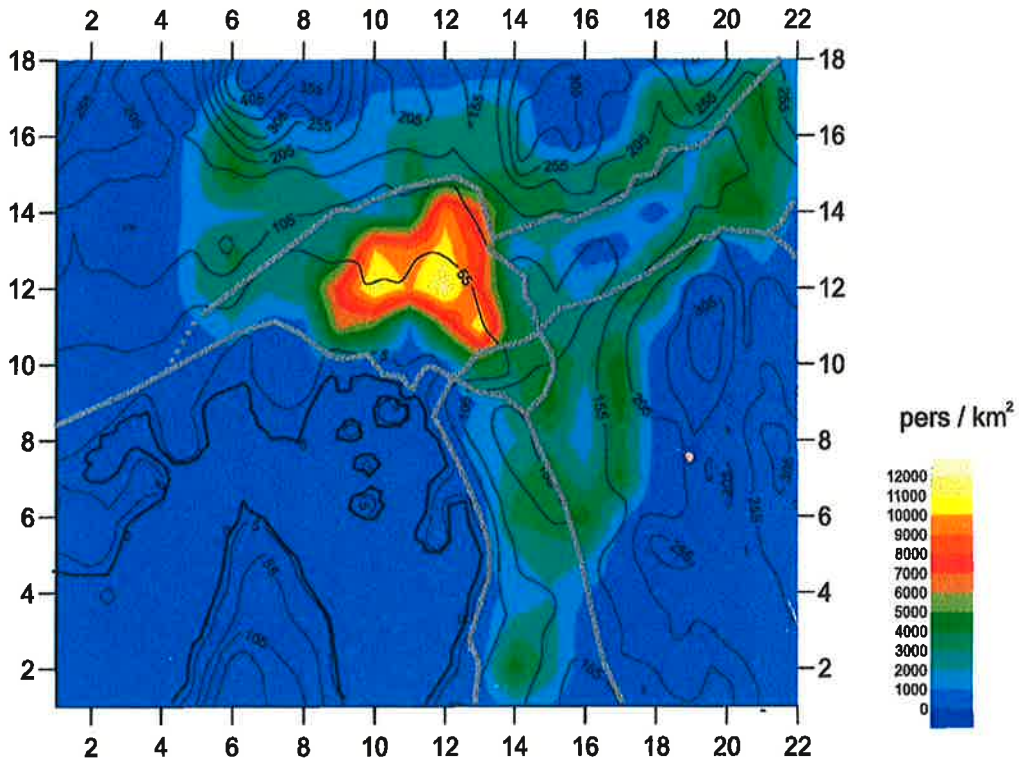
Befolkningsbelastning: 4.38E+04

Kons. intervall	Persontimer	Kumulative persontimer	Kumulativ %
165.0 -	0	0	.00000
160.0 - 165.0	284	284	.00001
155.0 - 160.0	2581	2865	.00014
150.0 - 155.0	8595	11460	.00056
145.0 - 150.0	36195	47655	.00232
140.0 - 145.0	53128	100783	.00491
135.0 - 140.0	197674	298457	.01453
130.0 - 135.0	443332	741789	.03611
125.0 - 130.0	574576	1316365	.06407
120.0 - 125.0	988630	2304995	.11219
115.0 - 120.0	1744954	4049949	.19713
110.0 - 115.0	3020396	7070345	.34414
105.0 - 110.0	5271515	12341860	.60073
100.0 - 105.0	7680664	20022524	.97458
95.0 - 100.0	10423045	30445569	1.48191
90.0 - 95.0	16225173	46670742	2.27166
85.0 - 90.0	19716248	66386990	3.23133
80.0 - 85.0	25587879	91974869	4.47679
75.0 - 80.0	33571043	125545912	6.11083
70.0 - 75.0	39965625	165511537	8.05612
65.0 - 70.0	47551385	213062922	10.37065
60.0 - 65.0	57237518	270300440	13.15663
55.0 - 60.0	68665539	338965979	16.49886
50.0 - 55.0	76645548	415611527	20.22952
45.0 - 50.0	88228633	503840160	24.52396
40.0 - 45.0	100063884	603904044	29.39448
35.0 - 40.0	110840260	714744304	34.78953
30.0 - 35.0	121723254	836467558	40.71430
25.0 - 30.0	131514195	967981753	47.11563
20.0 - 25.0	142956851	1110938604	54.07394
15.0 - 20.0	161032865	1271971469	61.91206
10.0 - 15.0	187209503	1459180972	71.02431
5.0 - 10.0	238260001	1697440973	82.62141
.0 - 5.0	357039949	2054480922	100.00000



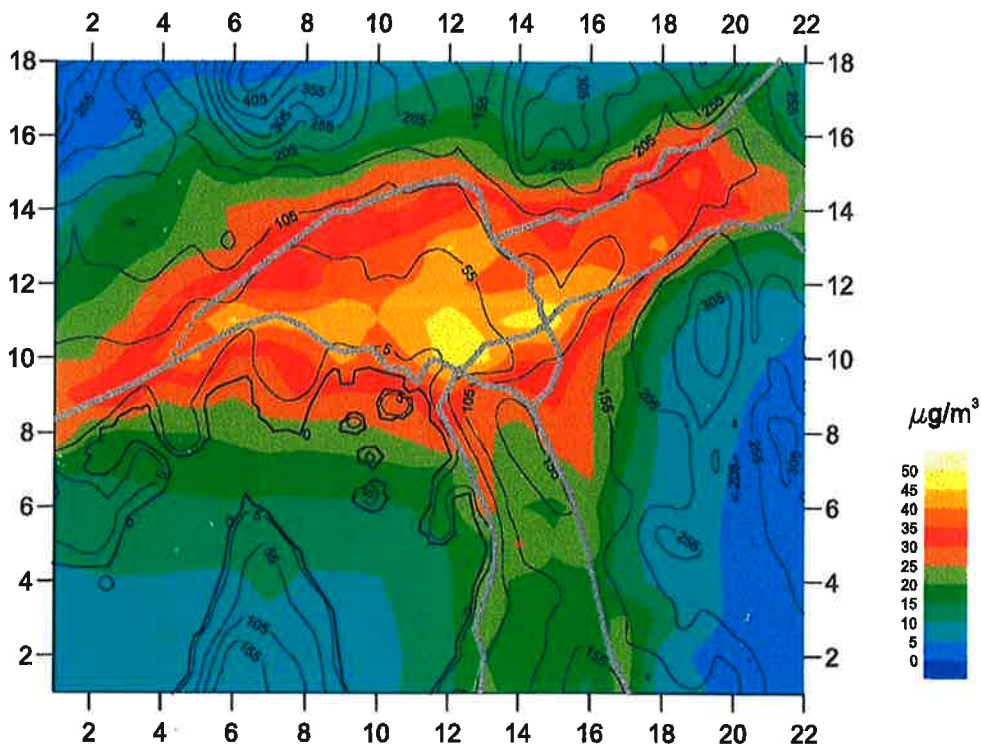
### Folketettheten i Oslo

Antall personer pr. km<sup>2</sup>  
Totalt 469 703 personer



### Midlere NO<sub>2</sub>-verdi, Oslo

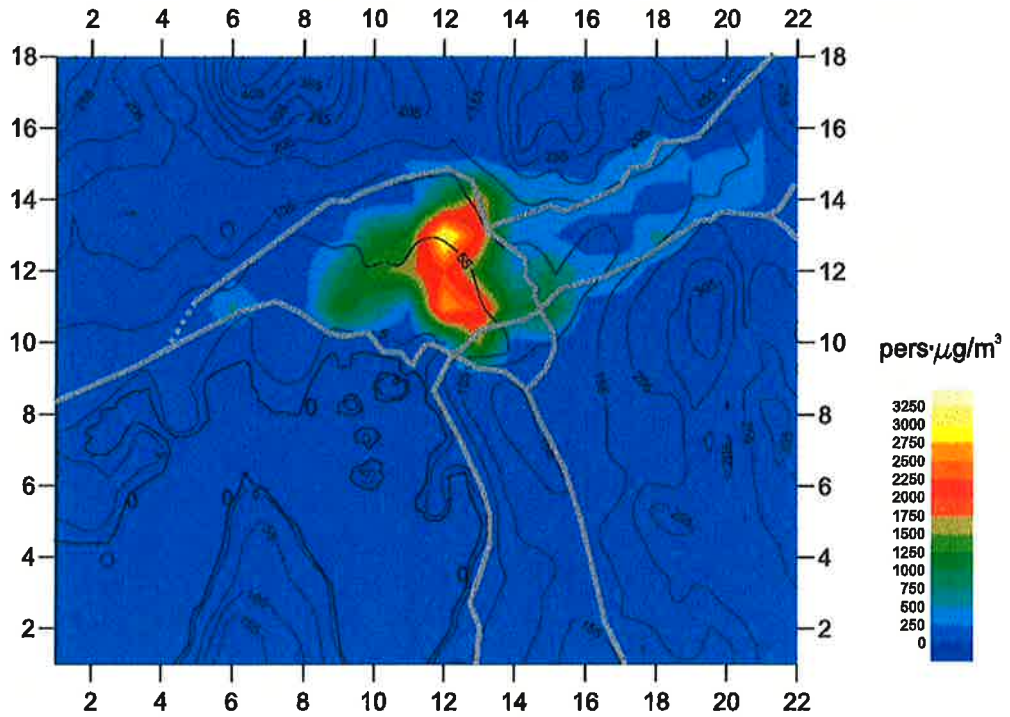
Okt. 95 - Mars 96



### Befolkningsbelastning NO<sub>2</sub> Oslo

Okt. 95 - Mars 96

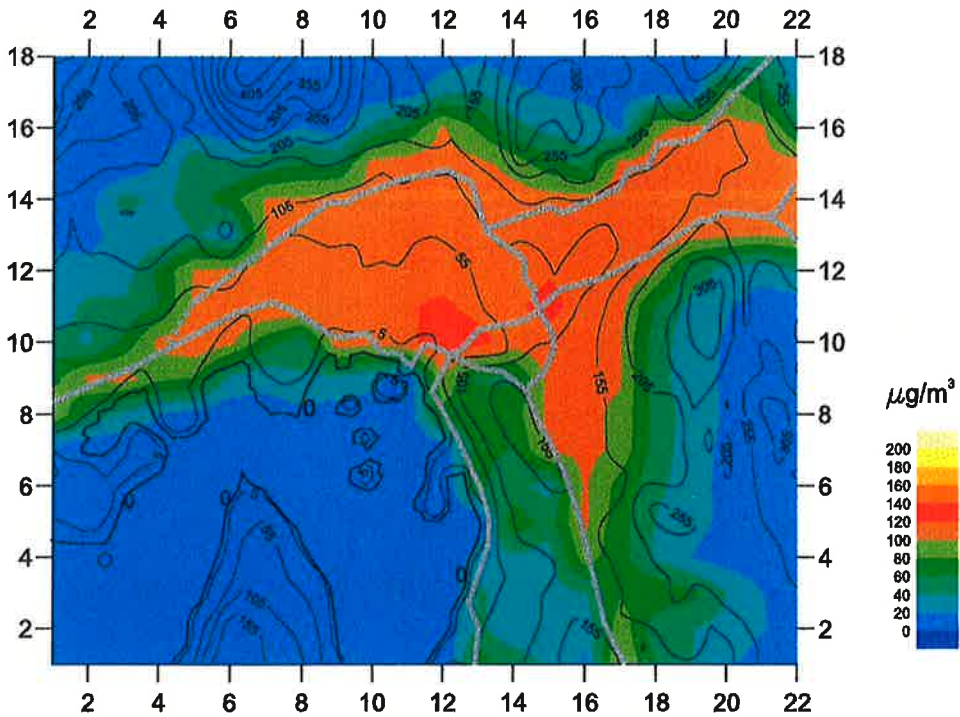
Terskelverdi (time) 100 µg/m<sup>3</sup>



### NO<sub>2</sub> Oslo 21/3 - 96 kl. 21

Timen med flest personer over terskelverdien

67.0 % av befolkningen over 100 µg/m<sup>3</sup>



## NO2 EKSPONERING OSLO Okt. 95 - Mars 96

Uten trafikkutslipp

Totalt antall mennesker betraktet: 469703

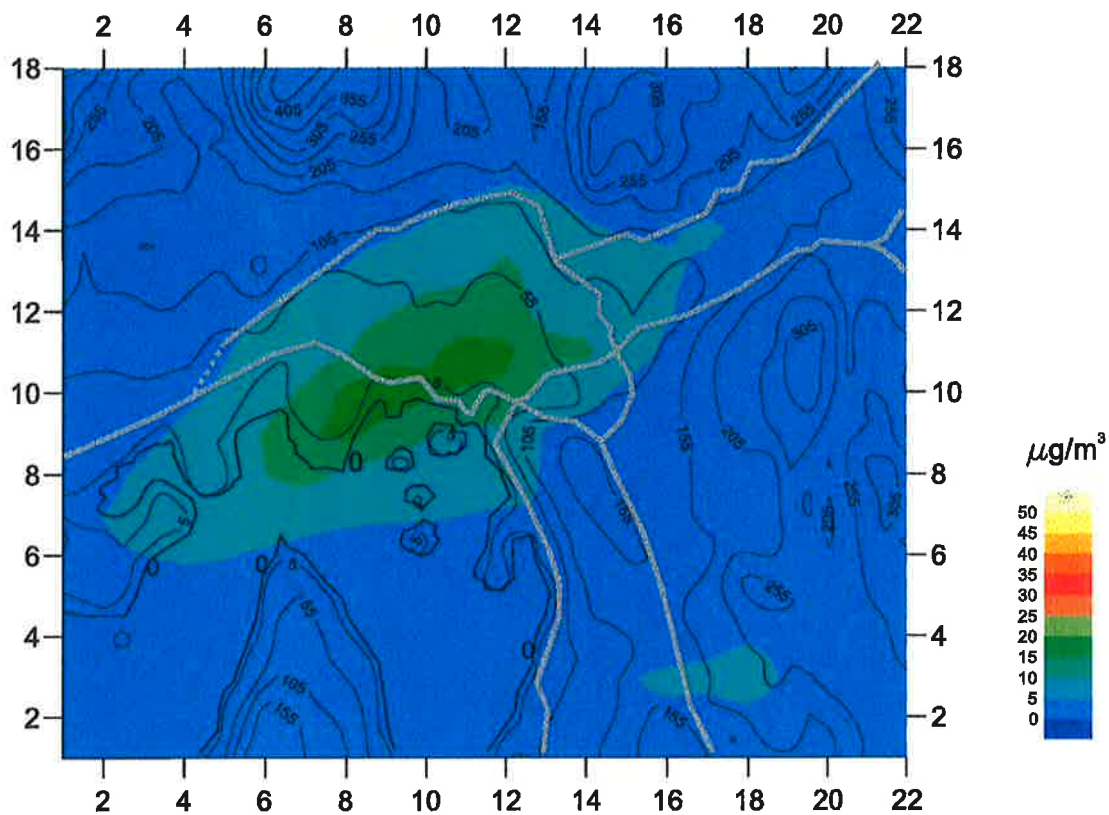
Totalt antall timer i perioden: 4374

Befolkningsbelastning: 0.0

Kons. intervall	Persontimer	Kumulative persontimer	Kumulativ %
90.0 -	0	0	.00000
85.0 - 90.0	80897	80897	.00394
80.0 - 85.0	257105	338002	.01645
75.0 - 80.0	538834	876836	.04268
70.0 - 75.0	606506	1483342	.07220
65.0 - 70.0	1608780	3092122	.15051
60.0 - 65.0	1528690	4620812	.22491
55.0 - 60.0	2994793	7615605	.37068
50.0 - 55.0	4610239	12225844	.59508
45.0 - 50.0	6508578	18734422	.91188
40.0 - 45.0	9921246	28655668	1.39479
35.0 - 40.0	13265589	41921257	2.04048
30.0 - 35.0	18867283	60788540	2.95883
25.0 - 30.0	26047473	86836013	4.22666
20.0 - 25.0	35374673	122210686	5.94849
15.0 - 20.0	60109170	182319856	8.87425
10.0 - 15.0	124080636	306400492	14.91377
5.0 - 10.0	349805780	656206272	31.94025
.0 - 5.0	1398274650	2054480922	100.00000

Midlere NO<sub>2</sub> - verdi, Oslo

Okt. 95 - Mars 96 Uten trafikkutslipp

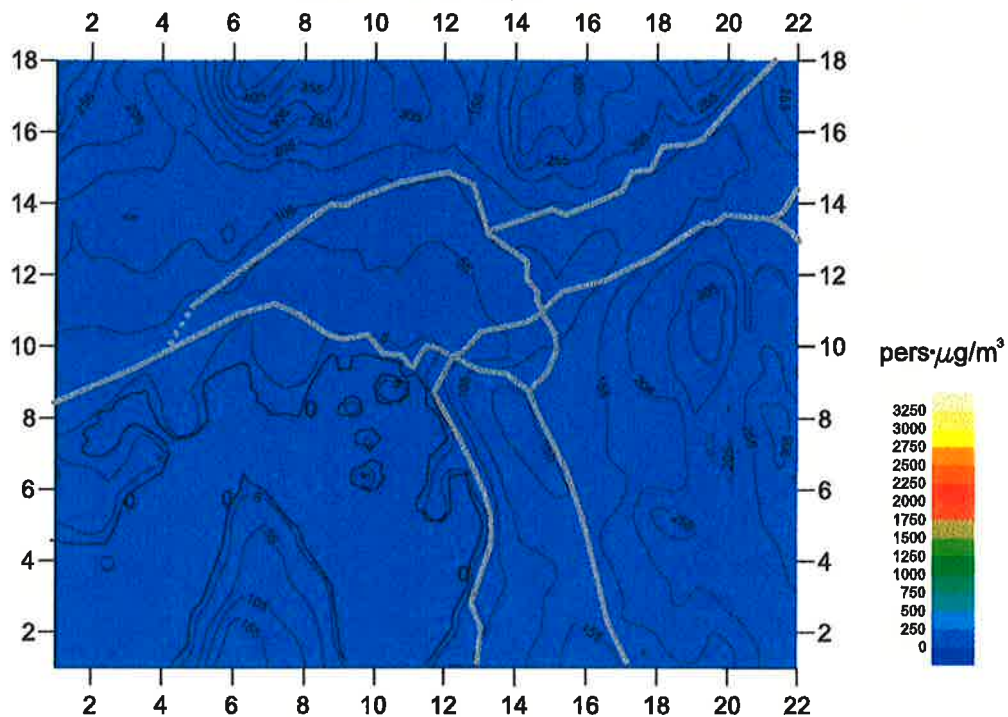




### Befolkningsbelastning NO<sub>2</sub> Oslo

Okt. 95 - Mars 96 Uten trafikkutslipp

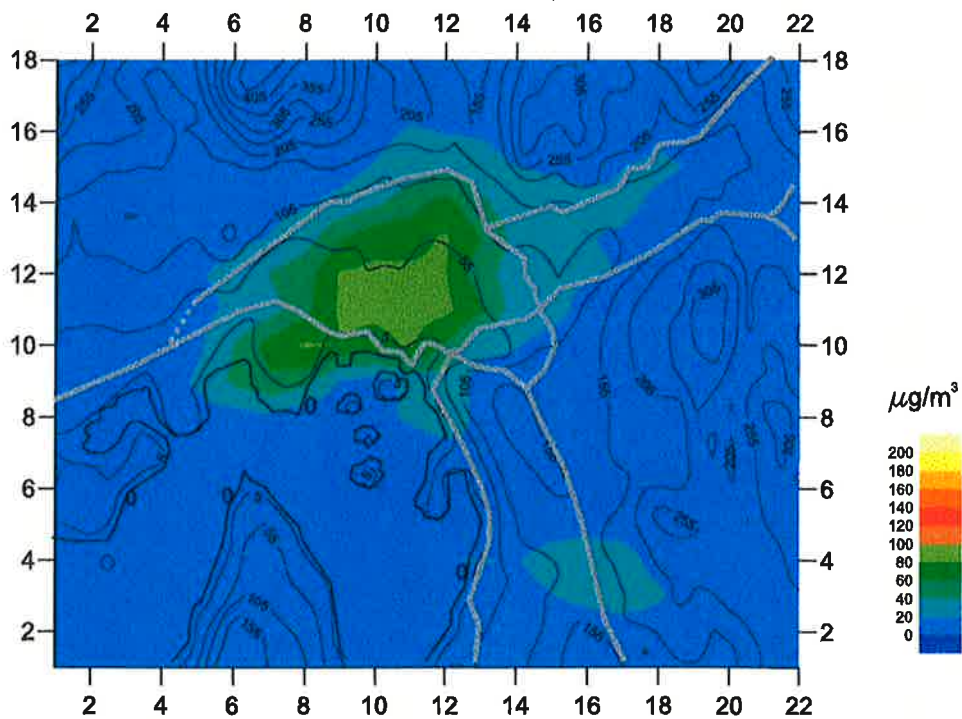
Terskelverdi (time) 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



### NO<sub>2</sub> Oslo 29/12 - 95 kl. 17 Uten trafikkutslipp

Timen med flest personer over terskelverdien

0.0 % av befolkningen over 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



## NO2 EKSPONERING OSLO Okt. 95 - Mars 96

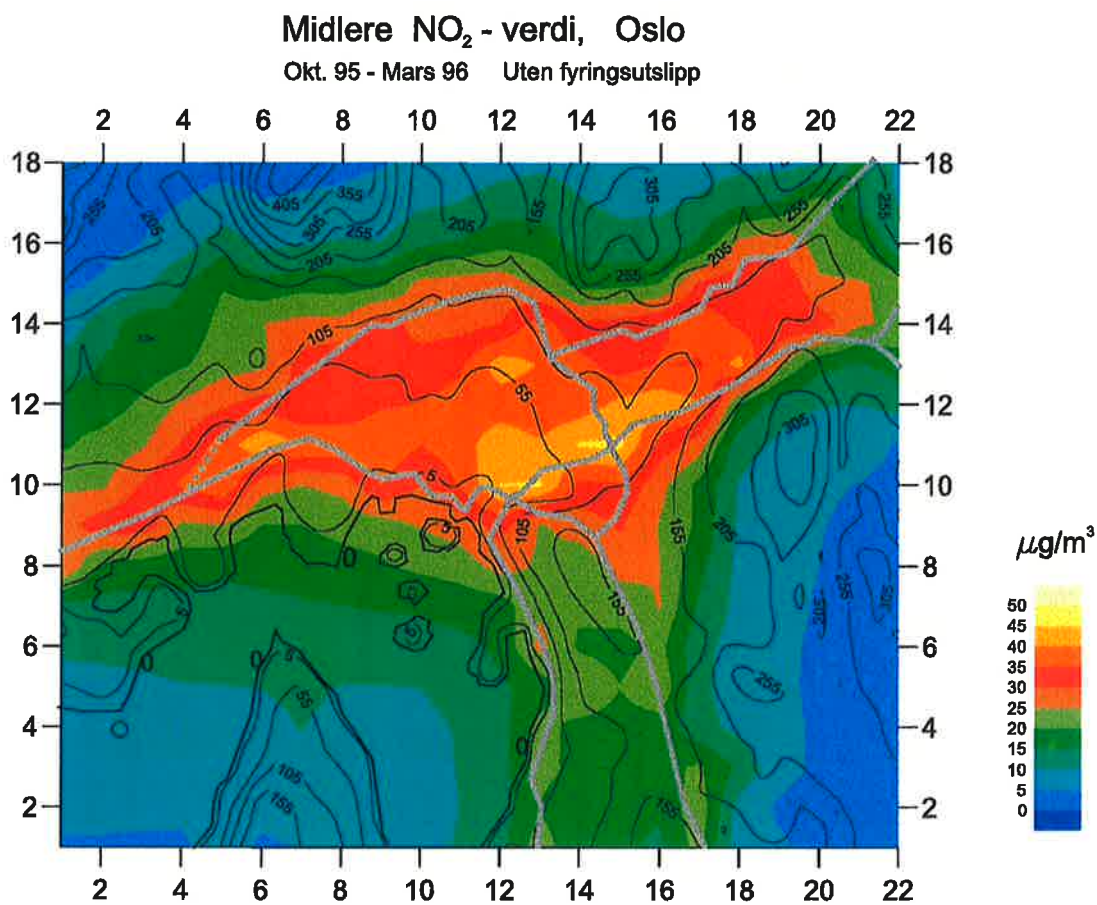
Uten fyringsutslipp

Totalt antall mennesker betraktet: 469703

Totalt antall timer i perioden: 4374

Befolkningsbelastning: 2.95E+04

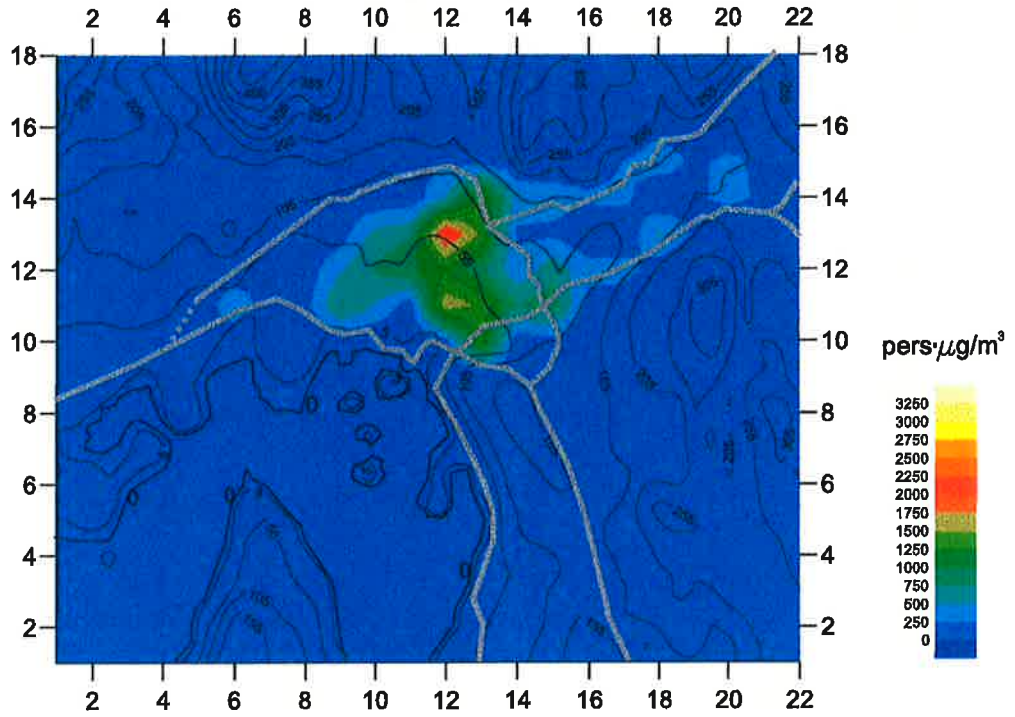
Kons. intervall	Persontimer	Kumulative persontimer	Kumulativ %
160.0 -	0	0	.00000
155.0 - 160.0	284	284	.00001
150.0 - 155.0	0	284	.00001
145.0 - 150.0	5218	5502	.00027
140.0 - 145.0	11454	16956	.00083
135.0 - 140.0	39462	56418	.00275
130.0 - 135.0	146006	202424	.00985
125.0 - 130.0	371858	574282	.02795
120.0 - 125.0	666615	1240897	.06040
115.0 - 120.0	1170612	2411509	.11738
110.0 - 115.0	2258764	4670273	.22732
105.0 - 110.0	4492884	8863157	.43141
100.0 - 105.0	6607083	15470240	.75300
95.0 - 100.0	9363632	24833872	1.20877
90.0 - 95.0	14210373	39044245	1.90044
85.0 - 90.0	18107371	57151616	2.78180
80.0 - 85.0	23106657	80258273	3.90650
75.0 - 80.0	30076628	110334901	5.37045
70.0 - 75.0	36903908	147238809	7.16672
65.0 - 70.0	45125276	192364085	9.36315
60.0 - 65.0	53203240	245567325	11.95277
55.0 - 60.0	62749462	308316787	15.00704
50.0 - 55.0	72460023	380776810	18.53397
45.0 - 50.0	81878283	462655093	22.51932
40.0 - 45.0	95571055	558226148	27.17116
35.0 - 40.0	107770076	665996224	32.41676
30.0 - 35.0	119204711	785200935	38.21895
25.0 - 30.0	129453958	914654893	44.52000
20.0 - 25.0	141239084	1055893977	51.39468
15.0 - 20.0	158392876	1214286853	59.10431
10.0 - 15.0	184267864	1398554717	68.07339
5.0 - 10.0	238634361	1637189078	79.68870
.0 - 5.0	417291844	2054480922	100.00000



### Befolkningsbelastning NO<sub>2</sub> Oslo

Okt. 95 - Mars 96 Uten fyringsutslipp

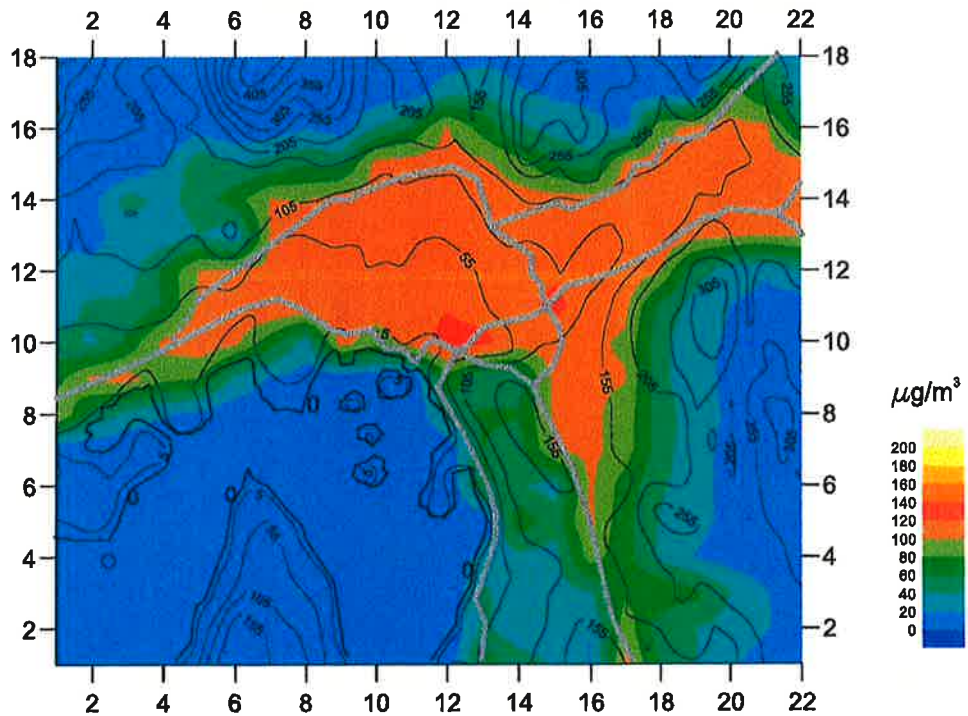
Terskelverdi (time) 100 µg/m<sup>3</sup>



### NO<sub>2</sub> Oslo 21/3 - 96 kl. 21 Uten fyringsutslipp

Timen med flest personer over terskelverdien

65.4 % av befolkningen over 100 µg/m<sup>3</sup>





PM10 EKSPONERING OSLO Okt. 95 - Mars 96

Totalt antall mennesker betraktet: 469703

Totalt antall dager i perioden: 182

Befolkningsbelastning: 8.18E+05

Kons. intervall	Persondager	Kumulative persondager	Kumulativ %
140.0 -	0	0	.00000
135.0 - 140.0	6832	6832	.00799
130.0 - 135.0	0	6832	.00799
125.0 - 130.0	0	6832	.00799
120.0 - 125.0	0	6832	.00799
115.0 - 120.0	0	6832	.00799
110.0 - 115.0	10531	17363	.02031
105.0 - 110.0	32022	49385	.05777
100.0 - 105.0	9387	58772	.06875
95.0 - 100.0	20736	79508	.09301
90.0 - 95.0	49701	129209	.15115
85.0 - 90.0	110645	239854	.28058
80.0 - 85.0	140854	380708	.44535
75.0 - 80.0	138336	519044	.60717
70.0 - 75.0	210981	730025	.85397
65.0 - 70.0	411854	1141879	1.33575
60.0 - 65.0	488280	1630159	1.90693
55.0 - 60.0	664712	2294871	2.68450
50.0 - 55.0	1317931	3612802	4.22619
45.0 - 50.0	1906956	5519758	6.45692
40.0 - 45.0	2276947	7796705	9.12045
35.0 - 40.0	3303178	11099883	12.98446
30.0 - 35.0	5631696	16731579	19.57232
25.0 - 30.0	8669688	25401267	29.71397
20.0 - 25.0	11529373	36930640	43.20083
15.0 - 20.0	15040700	51971340	60.79519
10.0 - 15.0	16246222	68217562	79.79974
5.0 - 10.0	12832087	81049649	94.81050
.0 - 5.0	4436297	85485946	100.00000

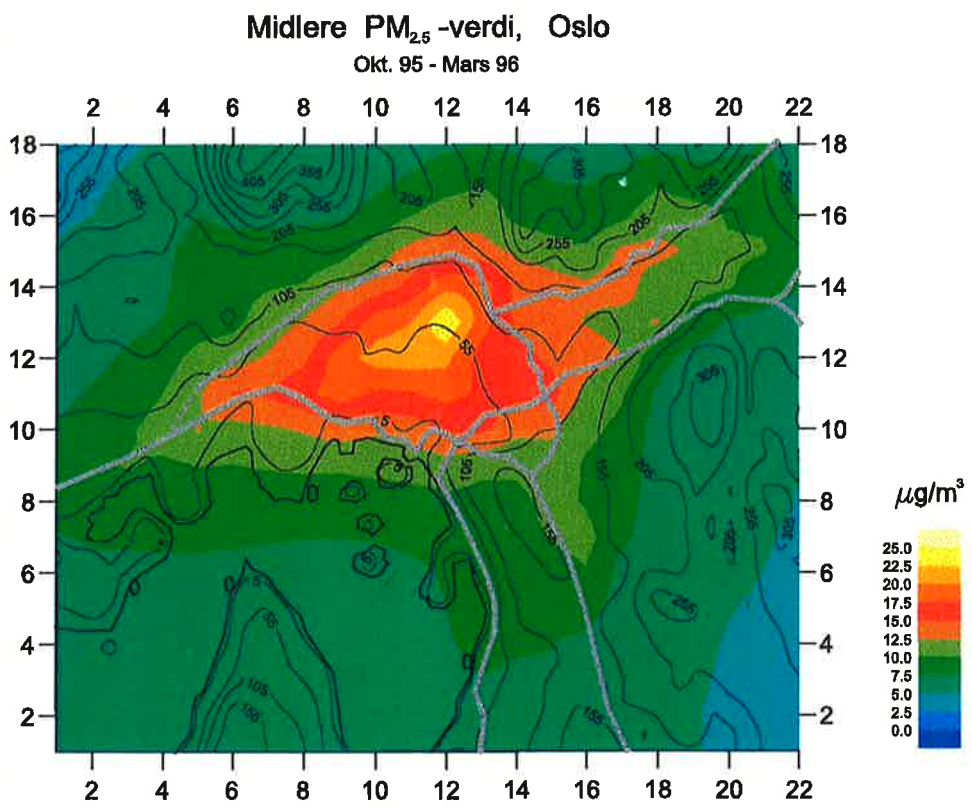
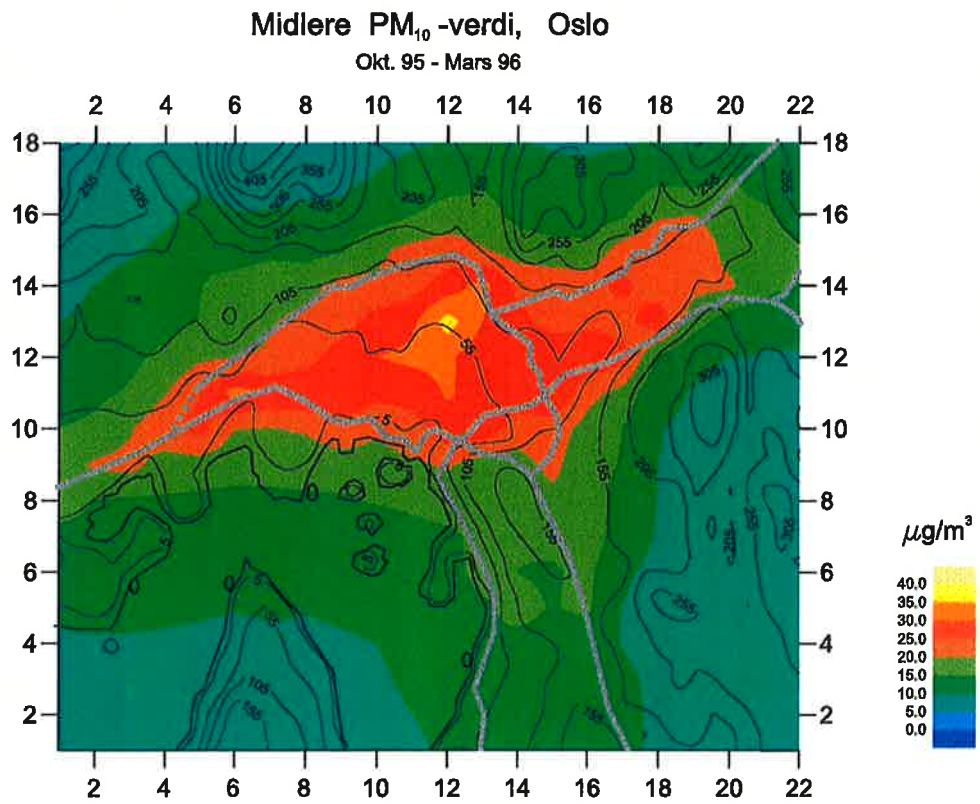
PM2.5 EKSPONERING OSLO Okt. 95 - Mars 96

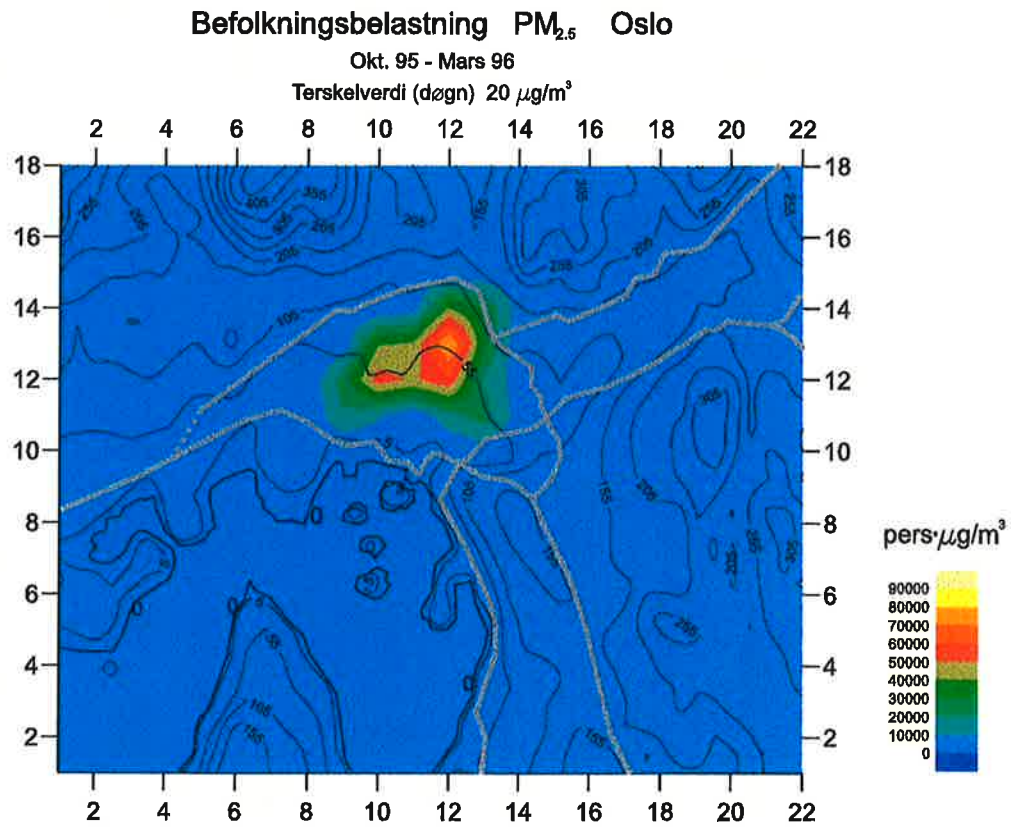
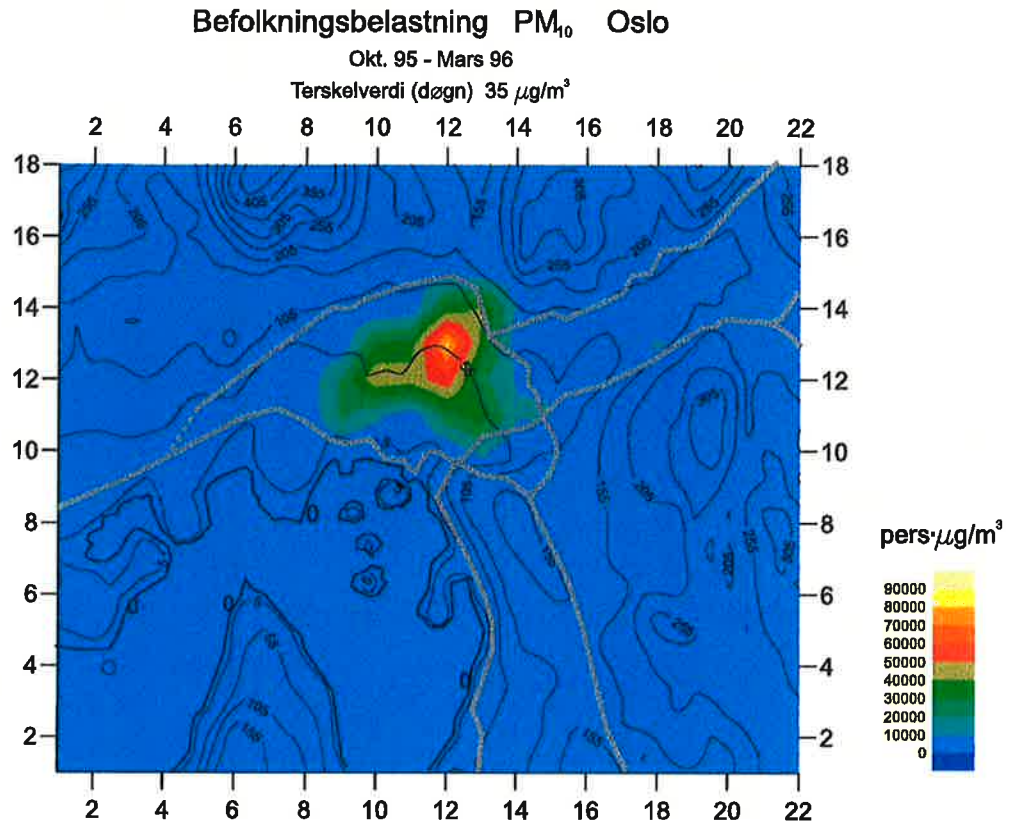
Totalt antall mennesker betraktet: 469703

Totalt antall dager i perioden: 182

Befolkningsbelastning: 6.82E+05

Kons. intervall	Persondager	Kumulative persondager	Kumulativ %
75.0 -	0	0	.00000
70.0 - 75.0	21062	21062	.02464
65.0 - 70.0	20287	41349	.04837
60.0 - 65.0	47258	88607	.10365
55.0 - 60.0	113368	201975	.23627
50.0 - 55.0	218156	420131	.49146
45.0 - 50.0	298030	718161	.84009
40.0 - 45.0	713324	1431485	1.67453
35.0 - 40.0	1132051	2563536	2.99878
30.0 - 35.0	1954361	4517897	5.28496
25.0 - 30.0	3157001	7674898	8.97796
20.0 - 25.0	6631159	14306057	16.73498
15.0 - 20.0	11896039	26202096	30.65076
10.0 - 15.0	20888104	47090200	55.08531
5.0 - 10.0	25220241	72310441	84.58752
.0 - 5.0	13175505	85485946	100.00000

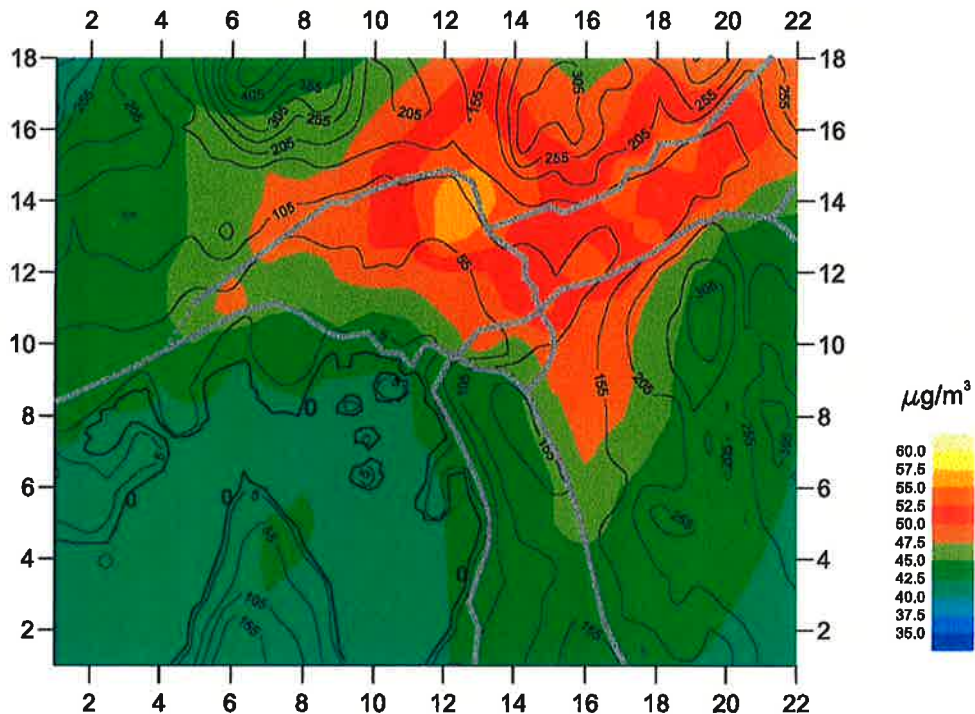






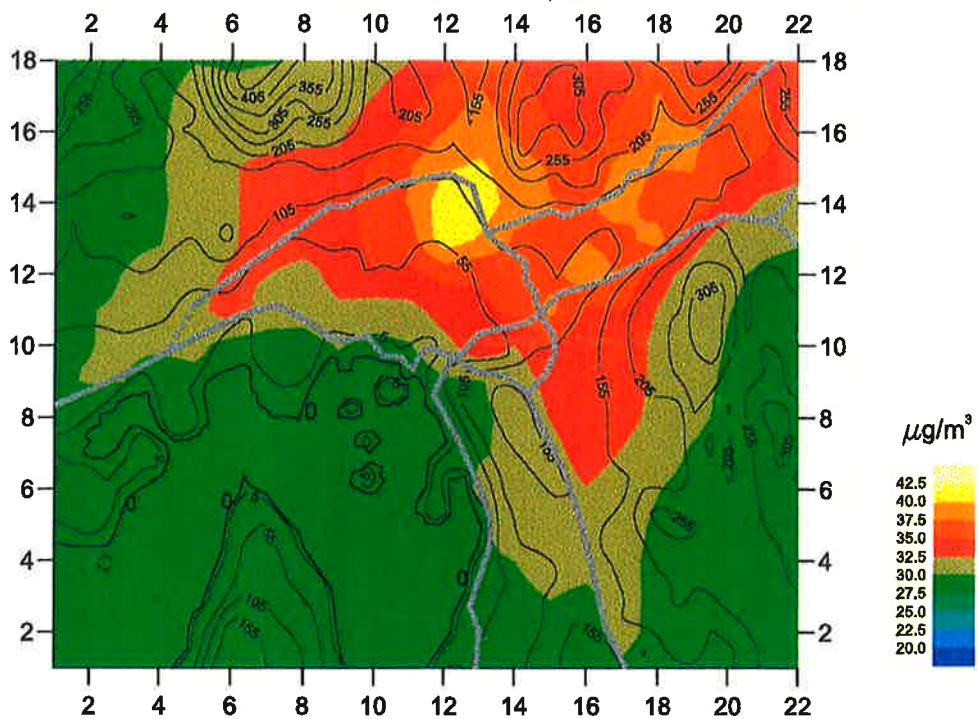
### PM<sub>10</sub> Oslo 24/10 - 95.

Døgnet med flest personer over terskelverdien  
100 % av befolkningen over 35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



### PM<sub>2.5</sub> Oslo 24/10 - 95.

Døgnet med flest personer over terskelverdien  
100 % av befolkningen over 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



## PM10 EKSPONERING OSLO Okt. 95 - Mars 96

Uten trafikkutslipp

Totalt antall mennesker betraktet: 469703

Totalt antall dager i perioden: 182

Befolkningsbelastning: 6.83E+04

Kons. intervall	Persondager	Kumulative persondager	Kumulativ %
60.0 -	0	0	.00000
55.0 - 60.0	9756	9756	.01141
50.0 - 55.0	102974	112730	.13187
45.0 - 50.0	350180	462910	.54150
40.0 - 45.0	598095	1061005	1.24115
35.0 - 40.0	618034	1679039	1.96411
30.0 - 35.0	1651141	3330180	3.89559
25.0 - 30.0	4531422	7861602	9.19637
20.0 - 25.0	6420100	14281702	16.70649
15.0 - 20.0	12712847	26994549	31.57776
10.0 - 15.0	18130211	45124760	52.78618
5.0 - 10.0	25865882	70990642	83.04364
.0 - 5.0	14495304	85485946	100.00000

## PM2.5 EKSPONERING OSLO Okt. 95 - Mars 96

Uten trafikkutslipp

Totalt antall mennesker betraktet: 469703

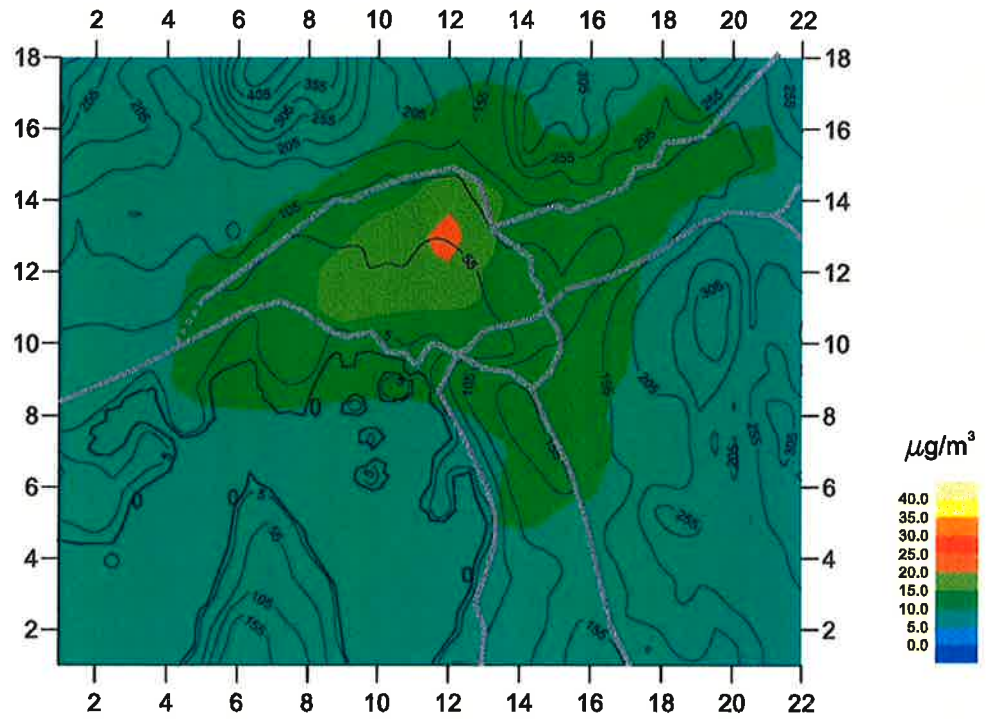
Totalt antall dager i perioden: 182

Befolkningsbelastning: 3.15E+05

Kons. intervall	Persondager	Kumulative persondager	Kumulativ %
60.0 -	0	0	.00000
55.0 - 60.0	9756	9756	.01141
50.0 - 55.0	62350	72106	.08435
45.0 - 50.0	106408	178514	.20882
40.0 - 45.0	240686	419200	.49037
35.0 - 40.0	585508	1004708	1.17529
30.0 - 35.0	1150678	2155386	2.52133
25.0 - 30.0	1565425	3720811	4.35254
20.0 - 25.0	4116275	7837086	9.16769
15.0 - 20.0	9577126	17414212	20.37085
10.0 - 15.0	18401090	35815302	41.89613
5.0 - 10.0	29986013	65801315	76.97326
.0 - 5.0	19684631	85485946	100.00000

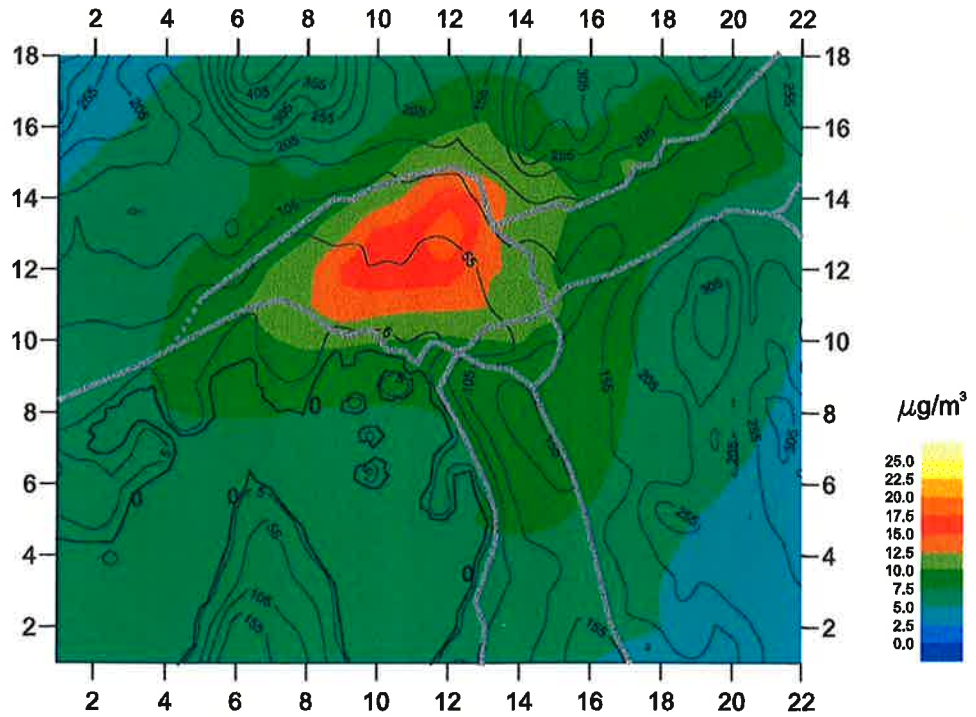
### Midlere PM<sub>10</sub>-verdi, Oslo

Okt. 95 - Mars 96 Uten trafikkutslipp



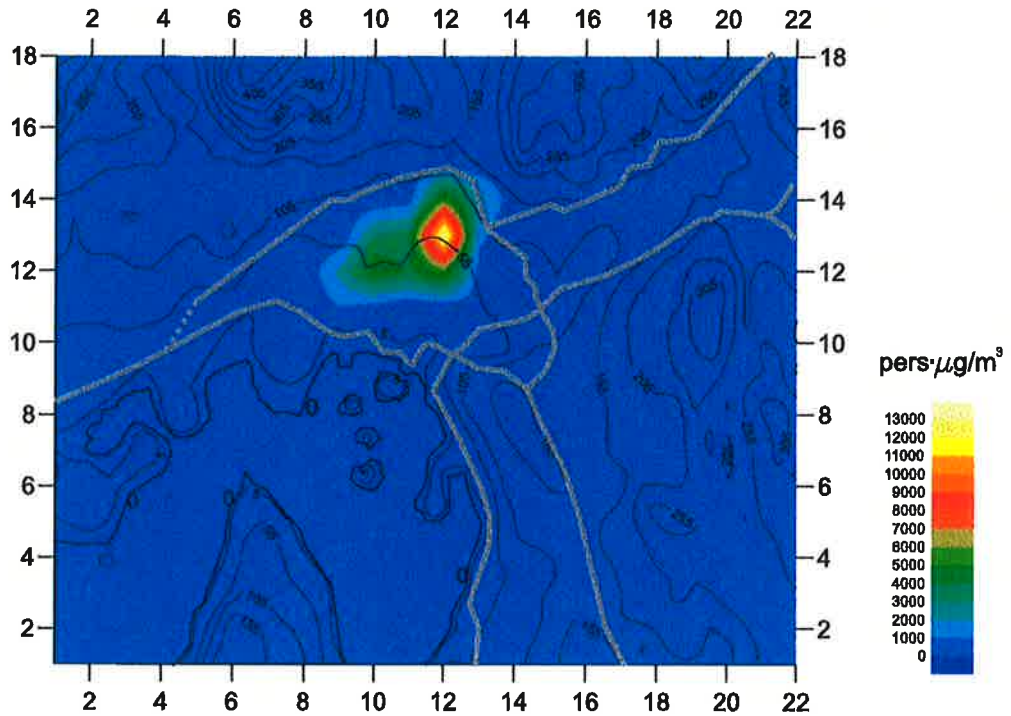
### Midlere PM<sub>2.5</sub>-verdi, Oslo

Okt. 95 - Mars 96 Uten trafikkutslipp



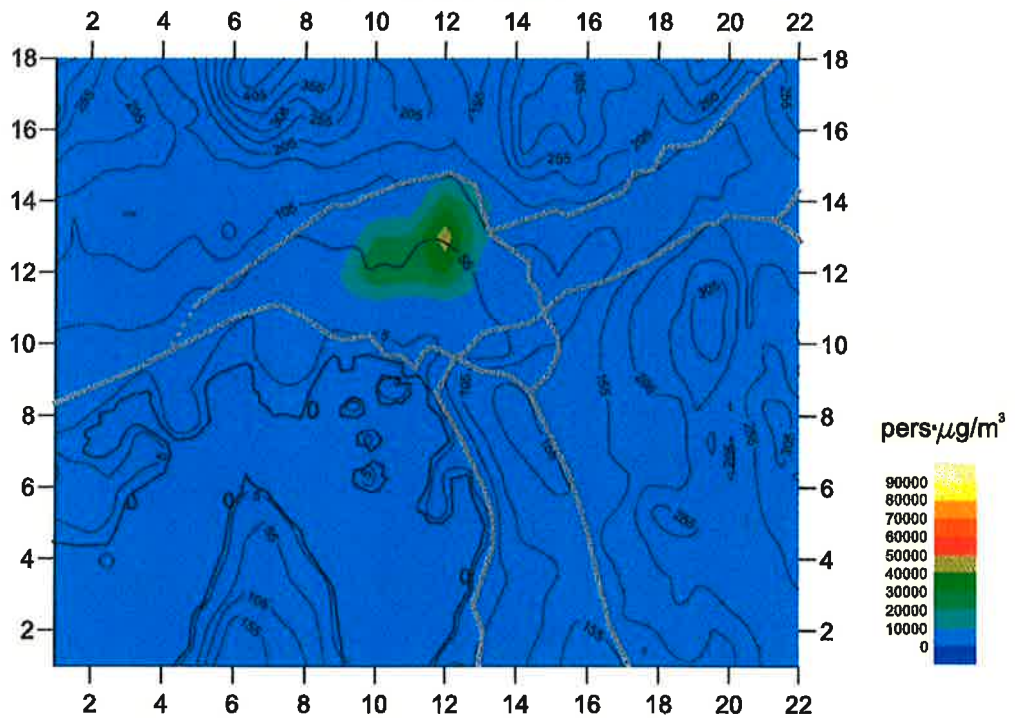
### Befolningsbelastning PM<sub>10</sub> Oslo

Okt. 95 - Mars 96 Uten trafikkutslipp  
Terskelverdi (døgn) 35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



### Befolningsbelastning PM<sub>2.5</sub> Oslo

Okt. 95 - Mars 96 Uten trafikkutslipp  
Terskelverdi (døgn) 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

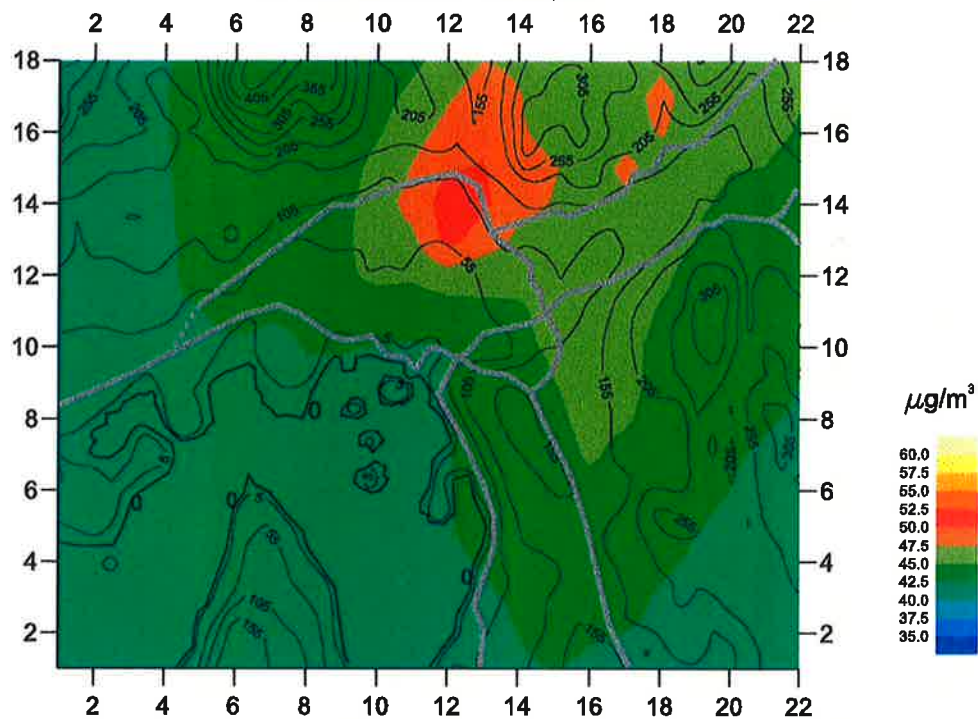




### PM<sub>10</sub> Oslo 24/10 - 95. Uten trafikkutslipp

Døgnet med flest personer over terskelverdien

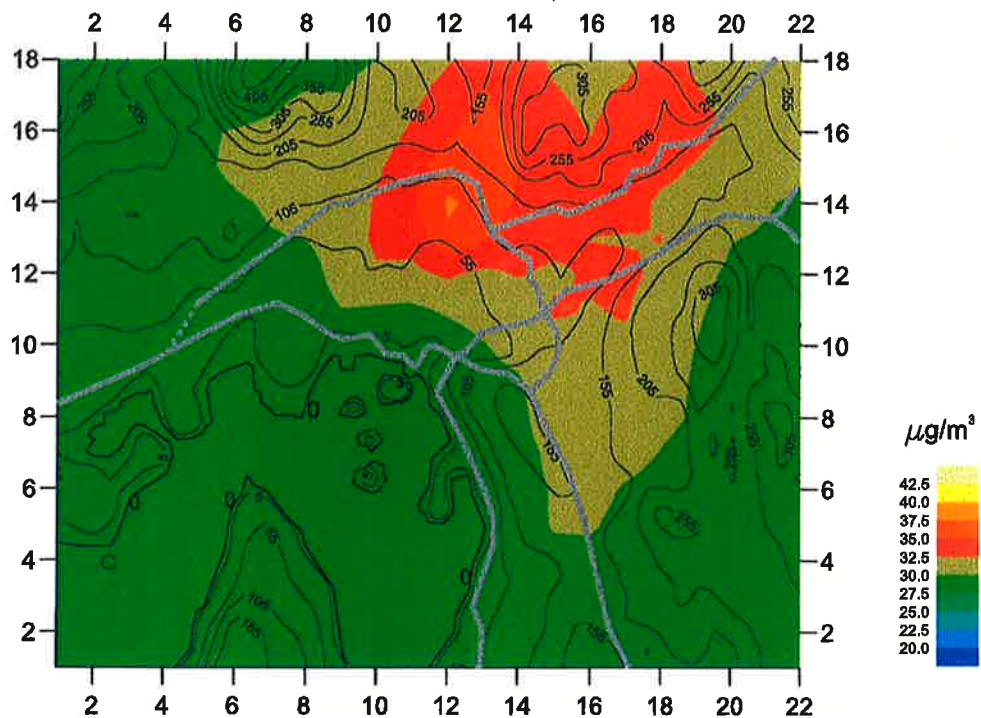
100 % av befolkningen over 35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



### PM<sub>2.5</sub> Oslo 24/10 - 95. Uten trafikkutslipp

Døgnet med flest personer over terskelverdien

100 % av befolkningen over 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$





## PM10 EKSPONERING OSLO Okt. 95 - Mars 96

Uten fyringsutslipp

Totalt antall mennesker betraktet: 469703

Totalt antall dager i perioden: 182

Befolkningsbelastning: 1.90E+05

Kons. intervall	Persondager	Kumulative persondager	Kumulativ %
95.0 -	0	0	.00000
90.0 - 95.0	6832	6832	.00799
85.0 - 90.0	2428	9260	.01083
80.0 - 85.0	0	9260	.01083
75.0 - 80.0	1201	10461	.01224
70.0 - 75.0	19458	29919	.03500
65.0 - 70.0	53211	83130	.09724
60.0 - 65.0	54228	137358	.16068
55.0 - 60.0	172980	310338	.36303
50.0 - 55.0	263647	573985	.67144
45.0 - 50.0	752403	1326388	1.55159
40.0 - 45.0	1036252	2362640	2.76378
35.0 - 40.0	1761557	4124197	4.82442
30.0 - 35.0	2793812	6918009	8.09257
25.0 - 30.0	6374708	13292717	15.54959
20.0 - 25.0	9350777	22643494	26.48797
15.0 - 20.0	14125057	36768551	43.01122
10.0 - 15.0	18828001	55596552	65.03590
5.0 - 10.0	21050929	76647481	89.66091
.0 - 5.0	8838465	85485946	100.00000

## PM2.5 EKSPONERING OSLO Okt. 95 - Mars 96

Uten fyringsutslipp

Totalt antall mennesker betraktet: 469703

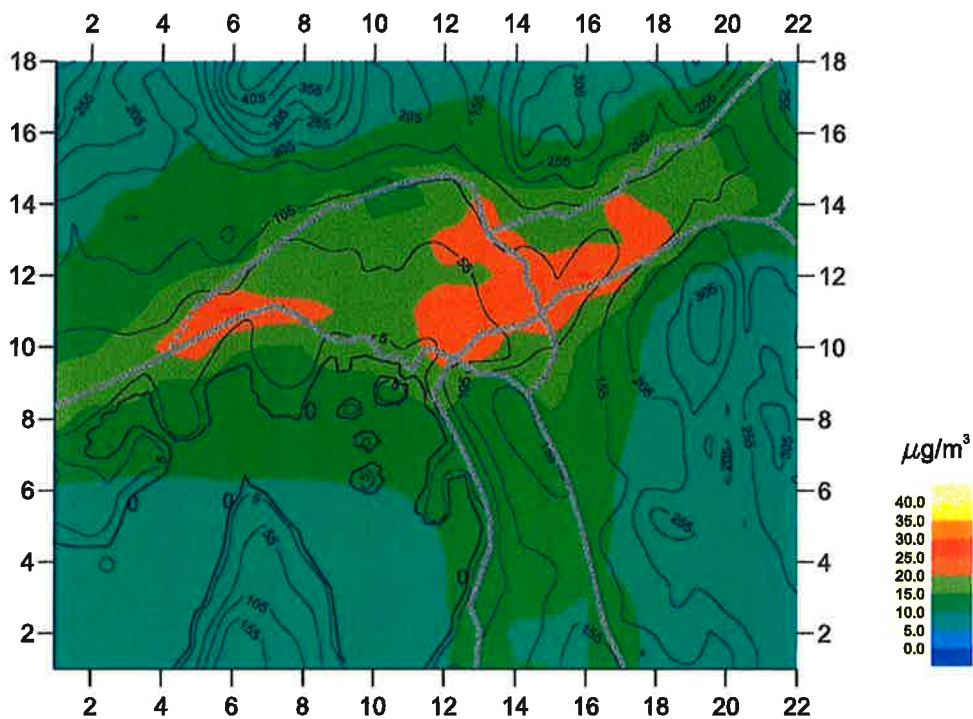
Totalt antall dager i perioden: 182

Befolkningsbelastning: 3.65E+04

Kons. intervall	Persondager	Kumulative persondager	Kumulativ %
35.0 -	0	0	.00000
30.0 - 35.0	404448	404448	.47312
25.0 - 30.0	65255	469703	.54945
20.0 - 25.0	437607	907310	1.06136
15.0 - 20.0	6121617	7028927	8.22232
10.0 - 15.0	14829541	21858468	25.56966
5.0 - 10.0	31143147	53001615	62.00039
.0 - 5.0	32484331	85485946	100.00000

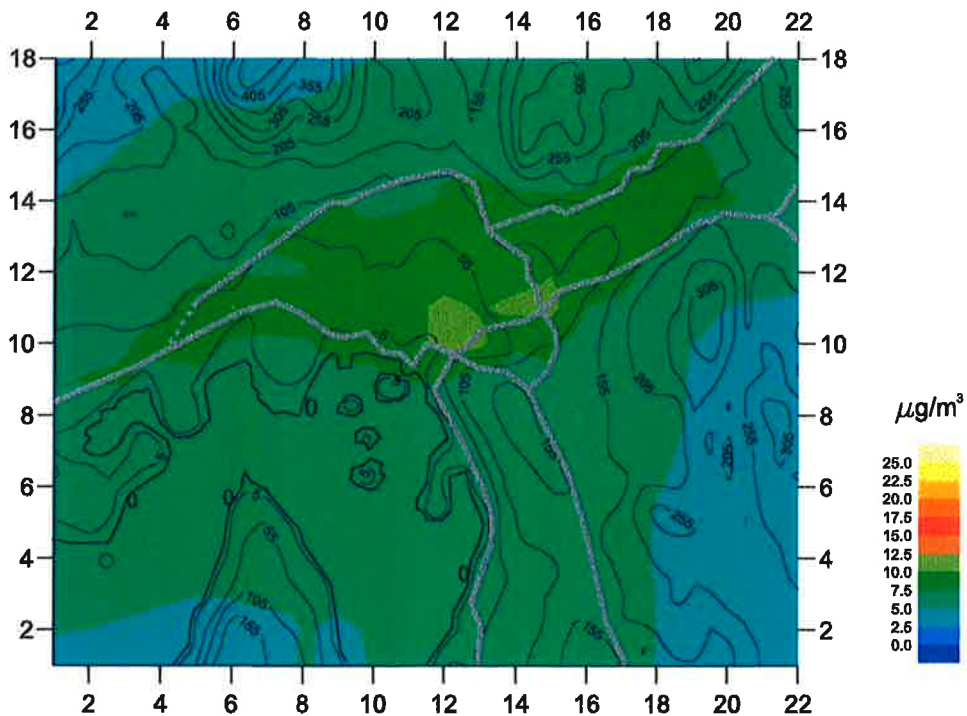
### Midlere PM<sub>10</sub>-verdi, Oslo

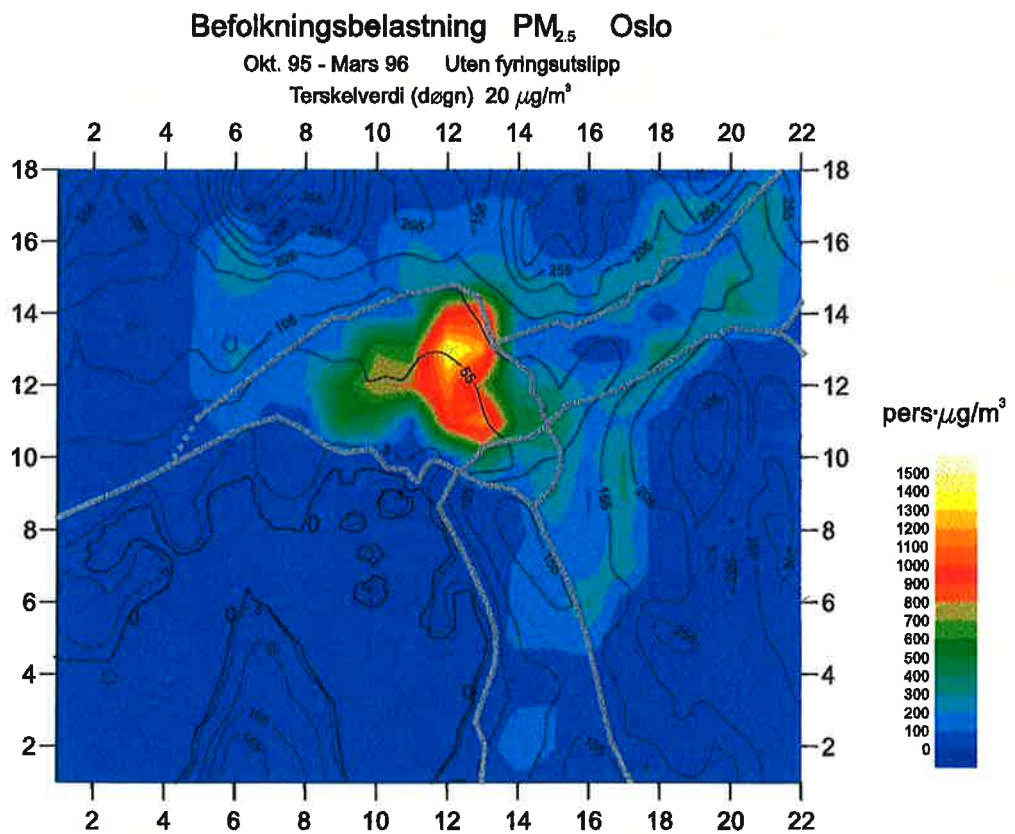
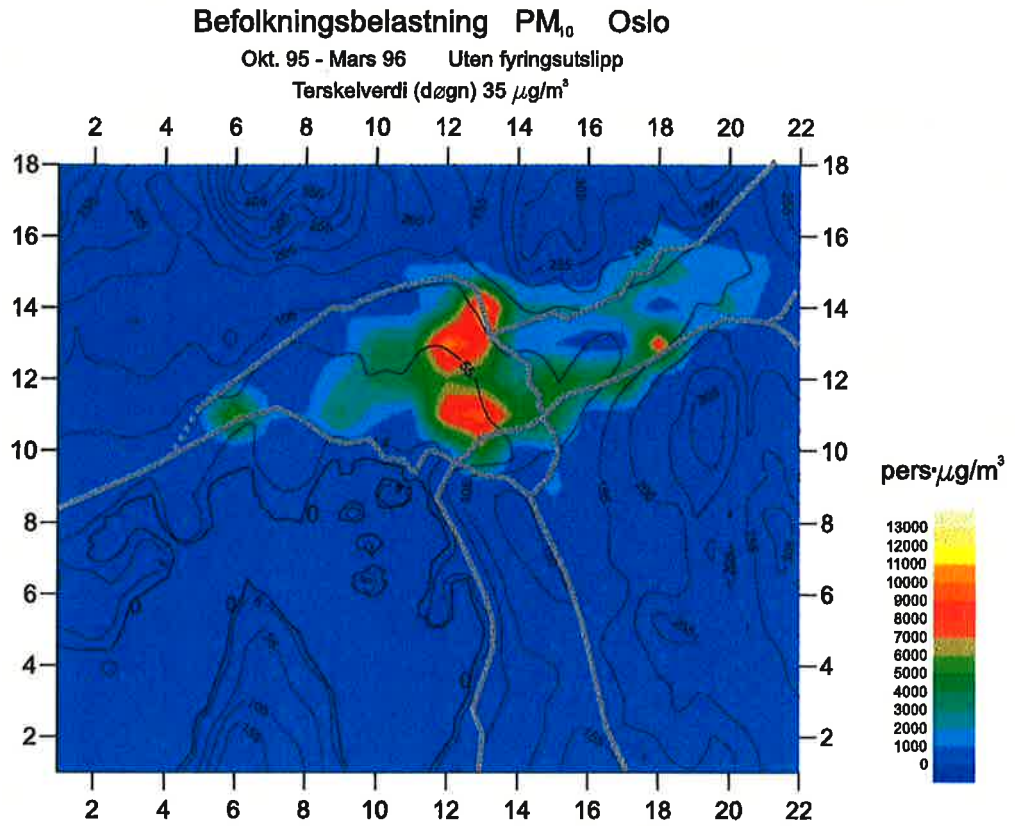
Okt. 95 - Mars 96 Uten fyringsutslipp



### Midlere PM<sub>2.5</sub>-verdi, Oslo

Okt. 95 - Mars 96 Uten fyringsutslipp

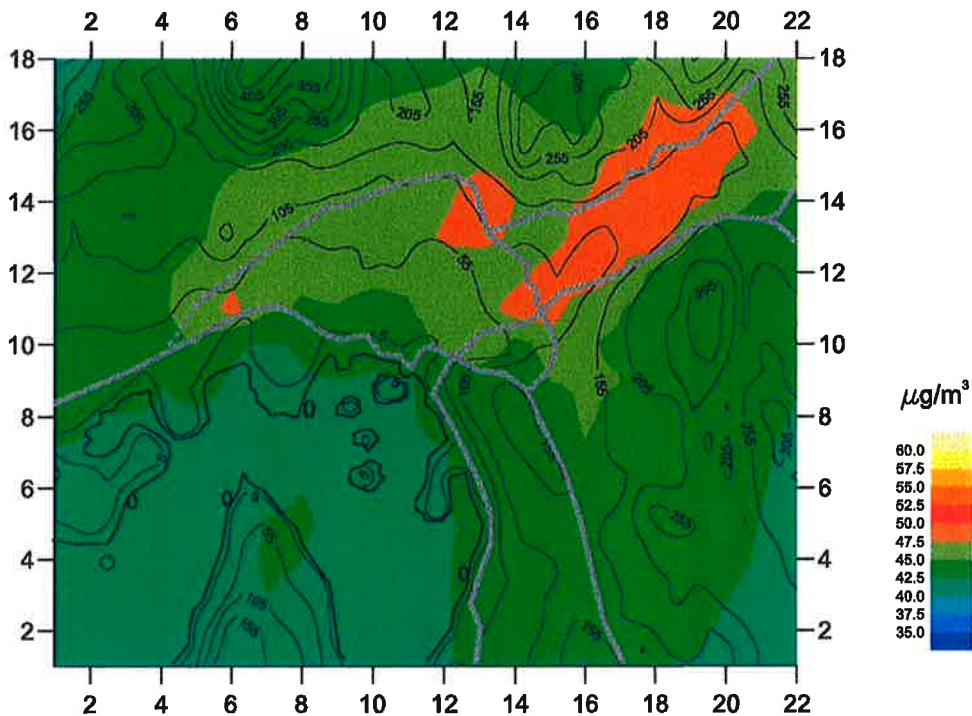




### PM<sub>10</sub> Oslo 24/10 - 95. Uten fyringsutslipp

Døgnet med flest personer over terskelverdien

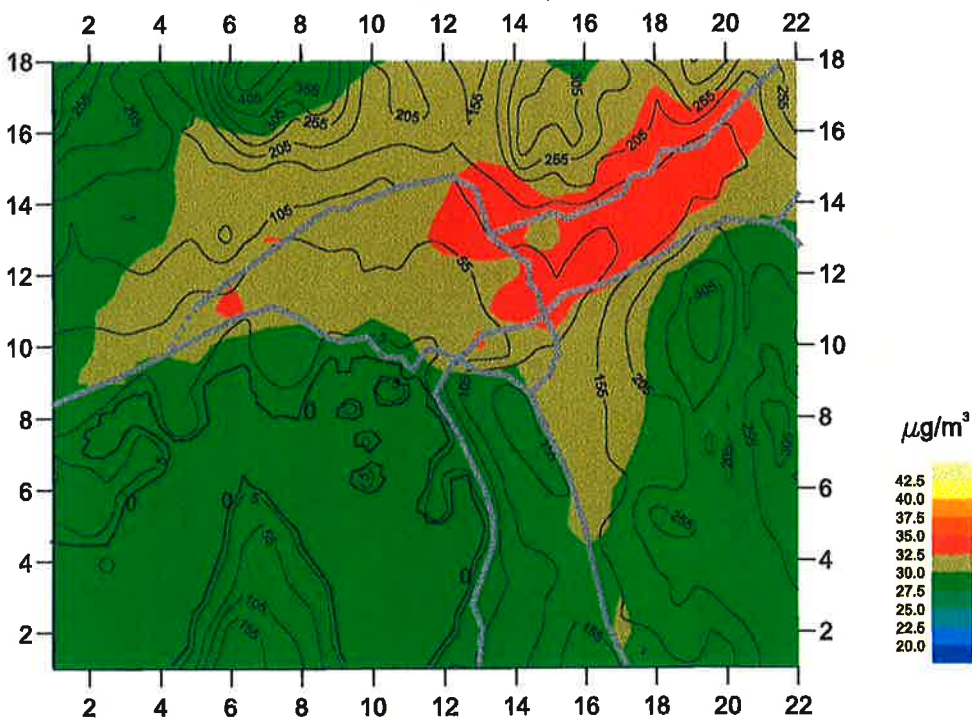
100 % av befolkningen over 35 µg/m<sup>3</sup>



### PM<sub>2.5</sub> Oslo 24/10 - 95. Uten fyringsutslipp

Døgnet med flest personer over terskelverdien

100 % av befolkningen over 20 µg/m<sup>3</sup>



## **Vedlegg B**

### **Resultater fra beregningene for Drammen**

NO2 EKSPONERING DRAMMEN Okt. 95 - Mars 96

Totalt antall mennesker betraktet: 51955

Totalt antall timer i perioden: 4392

Befolkningsbelastning: 5.66E+03

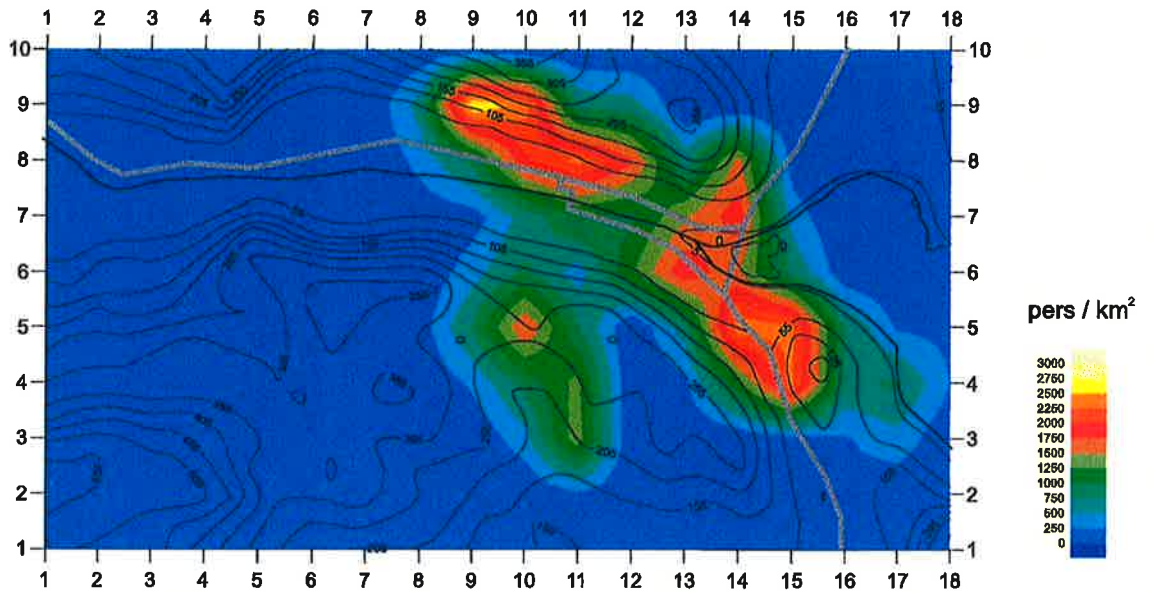
Kons. intervall	Persontimer	Kumulative persontimer	Kumulativ %
165.0 -	0	0	.00000
160.0 - 165.0	1456	1456	.00064
155.0 - 160.0	10143	11599	.00508
150.0 - 155.0	9309	20908	.00916
145.0 - 150.0	8356	29264	.01282
140.0 - 145.0	13470	42734	.01873
135.0 - 140.0	26559	69293	.03037
130.0 - 135.0	61164	130457	.05717
125.0 - 130.0	92896	223353	.09788
120.0 - 125.0	146985	370338	.16230
115.0 - 120.0	238056	608394	.26662
110.0 - 115.0	315102	923496	.40471
105.0 - 110.0	529103	1452599	.63658
100.0 - 105.0	714559	2167158	.94973
95.0 - 100.0	970748	3137906	1.37515
90.0 - 95.0	1223577	4361483	1.91137
85.0 - 90.0	1594743	5956226	2.61025
80.0 - 85.0	1992516	7948742	3.48344
75.0 - 80.0	2676607	10625349	4.65643
70.0 - 75.0	2967130	13592479	5.95674
65.0 - 70.0	3293411	16885890	7.40004
60.0 - 65.0	3989337	20875227	9.14832
55.0 - 60.0	4204393	25079620	10.99085
50.0 - 55.0	5129445	30209065	13.23877
45.0 - 50.0	5914441	36123506	15.83070
40.0 - 45.0	7478358	43601864	19.10801
35.0 - 40.0	8560138	52162002	22.85938
30.0 - 35.0	10087190	62249192	27.27998
25.0 - 30.0	11871962	74121154	32.48273
20.0 - 25.0	13876354	87997508	38.56387
15.0 - 20.0	17196283	105193791	46.09995
10.0 - 15.0	22069232	127263023	55.77153
5.0 - 10.0	33570267	160833290	70.48331
.0 - 5.0	67353070	228186360	100.00000



### Folketettheten i Drammen

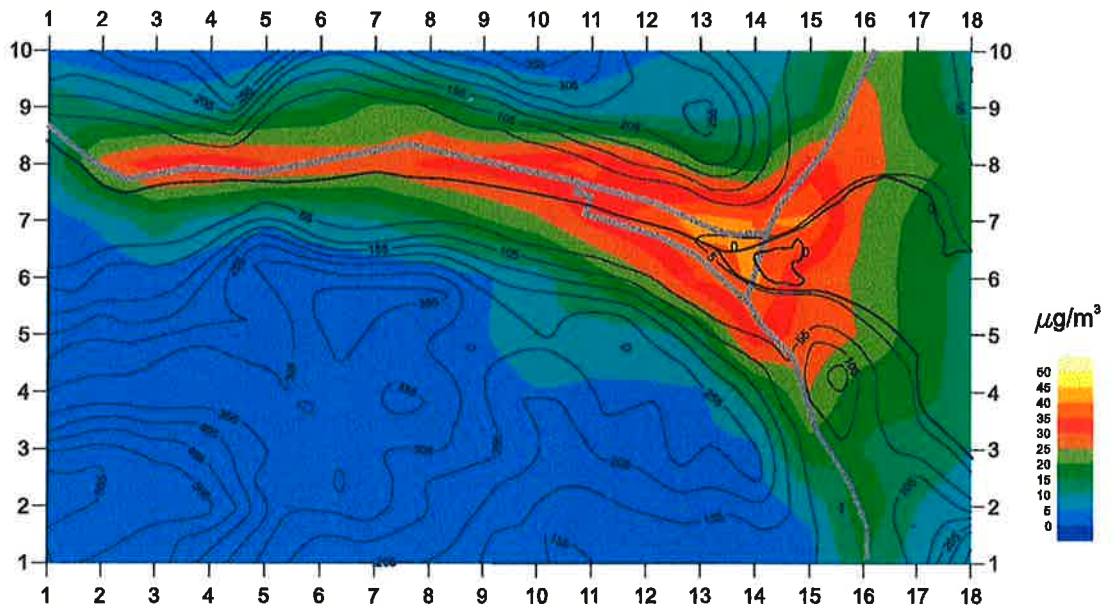
Antall personer pr. km<sup>2</sup>

Totalt 51 950 personer



### Midlere NO<sub>2</sub>-verdi, Drammen

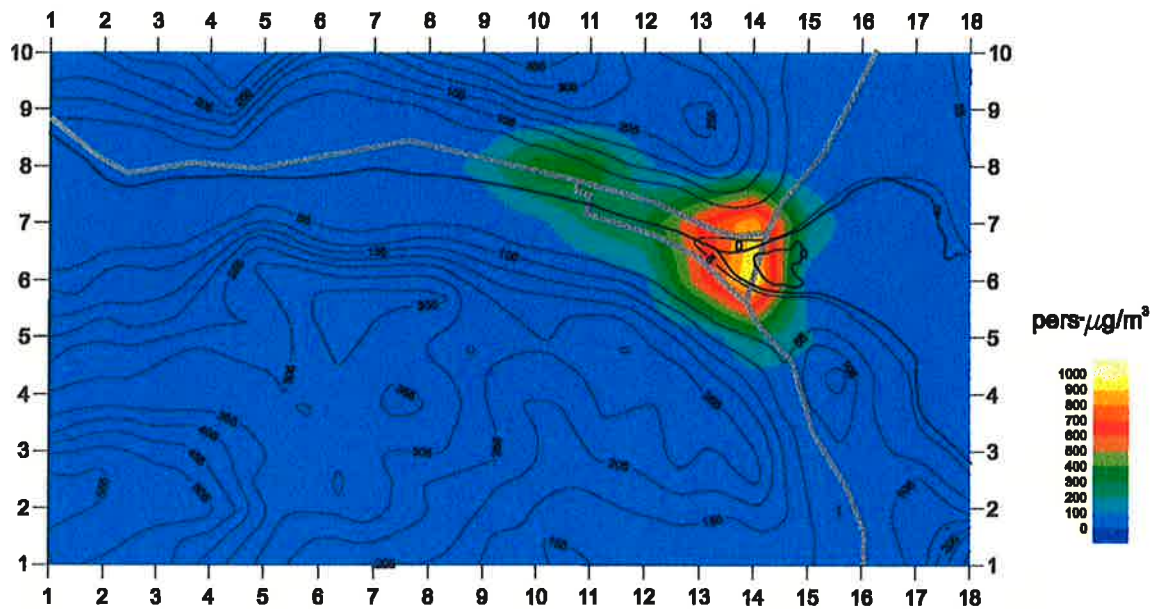
Okt. 95 - Mars 96



## Befolkningsbelastning NO<sub>2</sub> Drammen

Okt. 95 - Mars 96

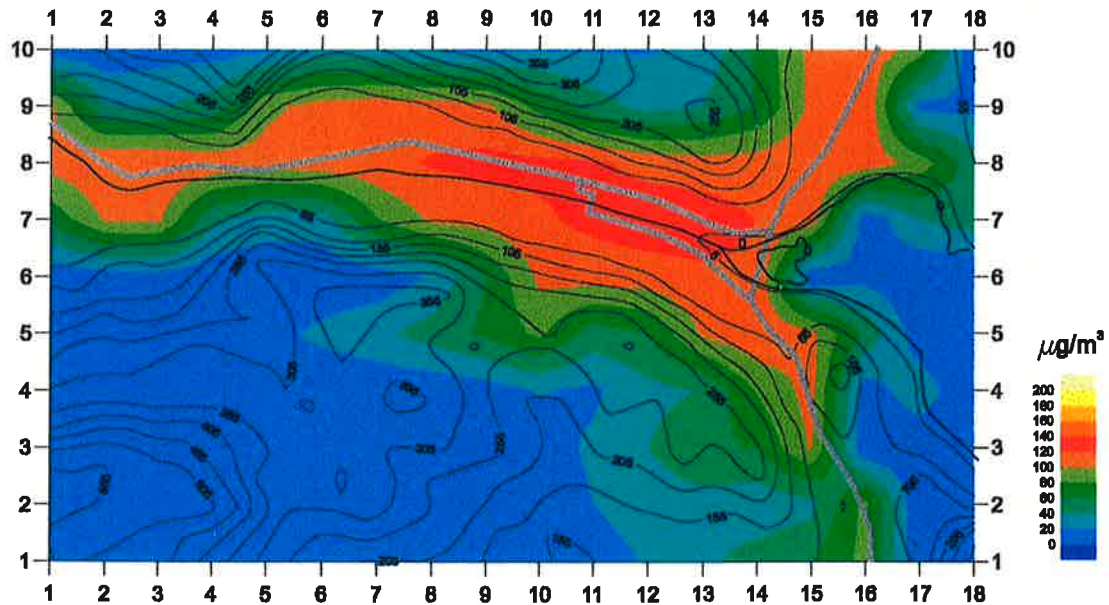
Terskelverdi (time) 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



## NO<sub>2</sub> Drammen 24/3 - 96 kl. 19

Timen med flest personer over terskelverdien

63.8 % av befolkningen over 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$





## PM10 EKSPONERING DRAMMEN Okt. 95 - Mars 96

Totalt antall mennesker betraktet: 51955

Totalt antall dager i perioden: 183

Befolkningsbelastning: 1.12E+04

Kons. intervall	Persondager	Kumulative persondager	Kumulativ %
80.0 -	0	0	.00000
75.0 - 80.0	1524	1524	.01603
70.0 - 75.0	374	1898	.01996
65.0 - 70.0	3421	5319	.05594
60.0 - 65.0	5045	10364	.10901
55.0 - 60.0	11579	21943	.23079
50.0 - 55.0	5199	27142	.28547
45.0 - 50.0	33860	61002	.64160
40.0 - 45.0	92423	153425	1.61368
35.0 - 40.0	98050	251475	2.64494
30.0 - 35.0	222612	474087	4.98631
25.0 - 30.0	560174	1034261	10.87807
20.0 - 25.0	858899	1893160	19.91172
15.0 - 20.0	1320500	3213660	33.80037
10.0 - 15.0	1963694	5177354	54.45396
5.0 - 10.0	2693166	7870520	82.77992
.0 - 5.0	1637245	9507765	100.00000

## PM2.5 EKSPONERING DRAMMEN Okt. 95 - Mars 96

Totalt antall mennesker betraktet: 51955

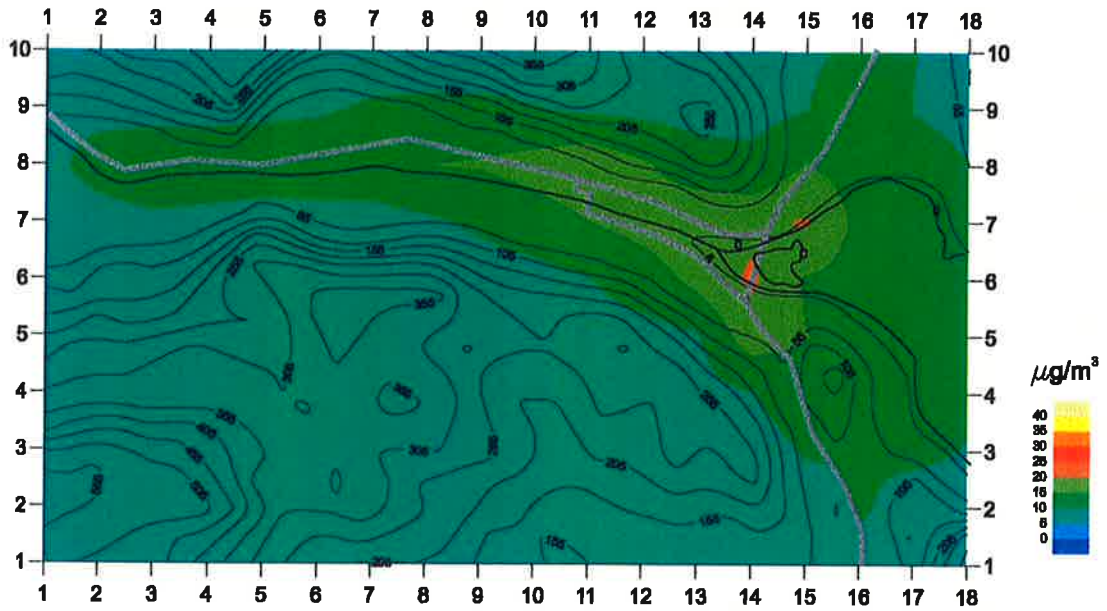
Totalt antall dager i perioden: 183

Befolkningsbelastning: 1.04E+04

Kons. intervall	Persondager	Kumulative persondager	Kumulativ %
35.0 -	0	0	.00000
30.0 - 35.0	28830	28830	.30323
25.0 - 30.0	112570	141400	1.48721
20.0 - 25.0	281995	423395	4.45315
15.0 - 20.0	929663	1353058	14.23108
10.0 - 15.0	1922231	3275289	34.44857
5.0 - 10.0	3360373	6635662	69.79202
.0 - 5.0	2872103	9507765	100.00000

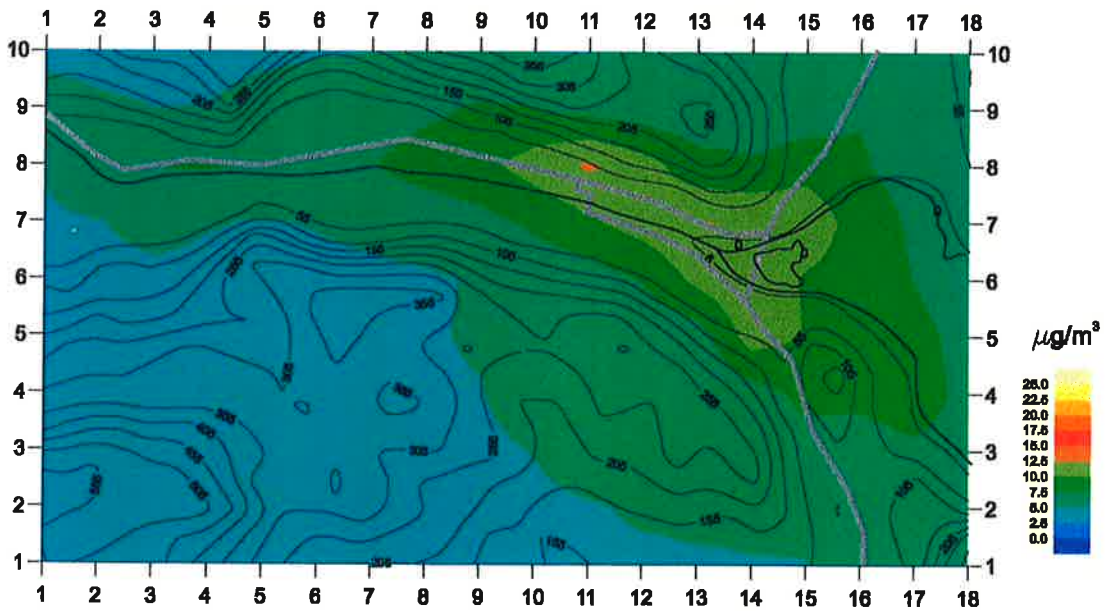
### Midlere PM<sub>10</sub> -verdi, Drammen

Okt. 95 - Mars 96



### Midlere PM<sub>2.5</sub> -verdi, Drammen

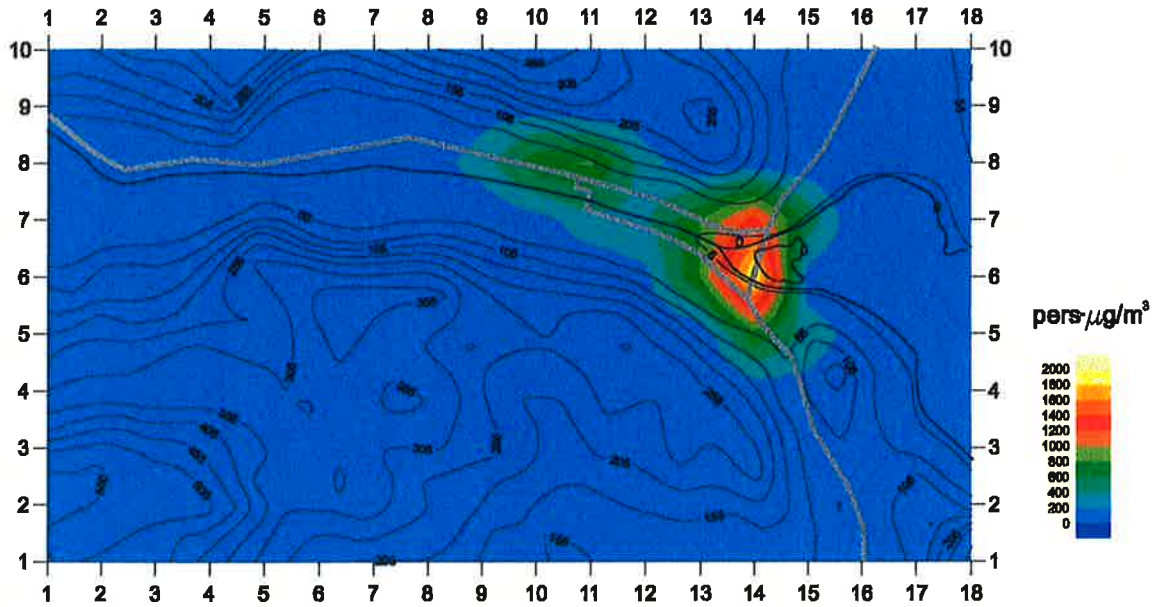
Okt. 95 - Mars 96



## Befolkningsbelastning PM<sub>10</sub> Drammen

Okt. 95 - Mars 96

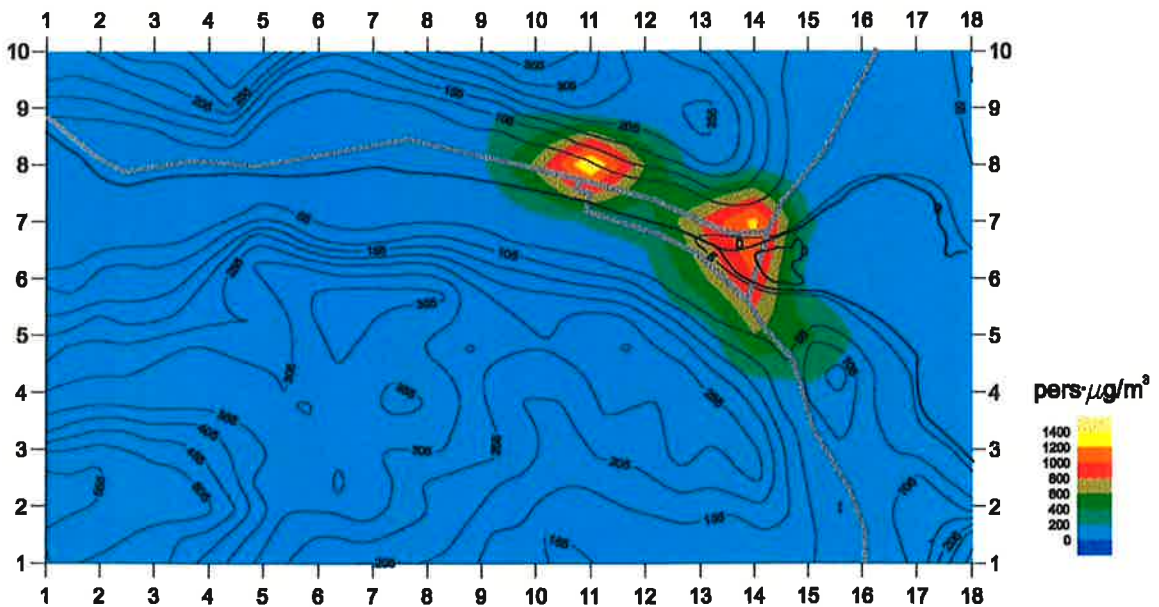
Terskelverdi (døgn) 35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



## Befolkningsbelastning PM<sub>2.5</sub> Drammen

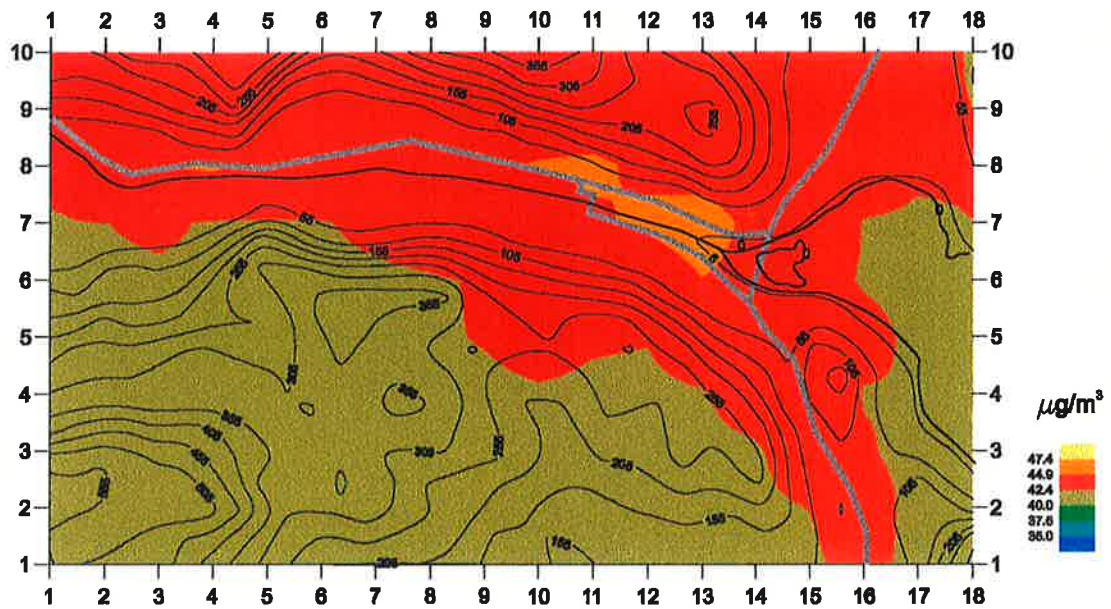
Okt. 95 - Mars 96

Terskelverdi (døgn) 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

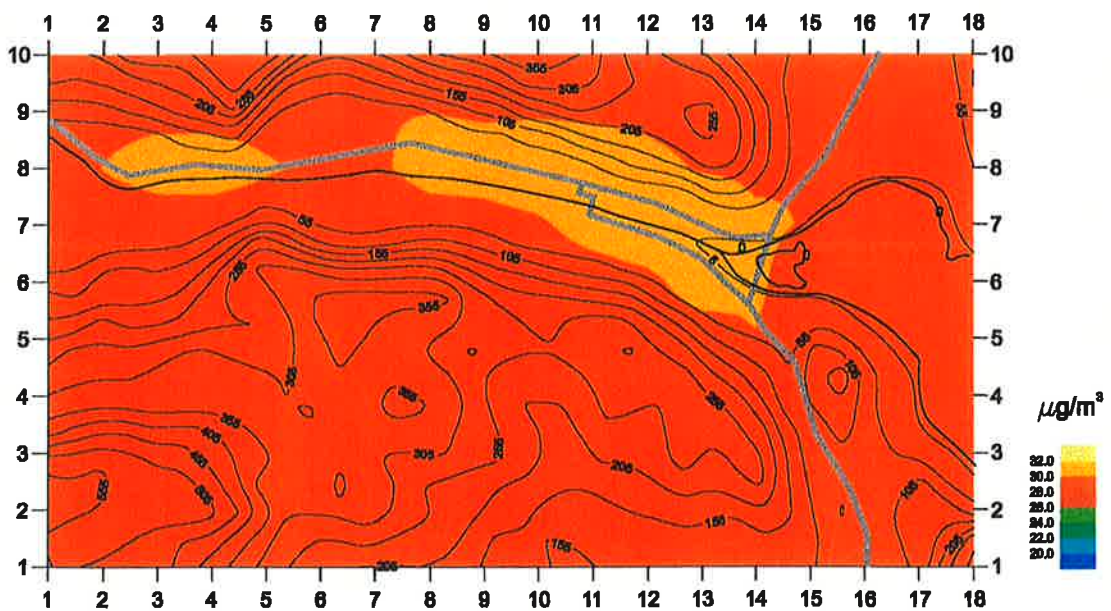




**PM<sub>10</sub> Drammen 24/10 - 95**  
 Døgnet med flest personer over terskelverdien  
 100 % av befolkningen over 35 µg/m<sup>3</sup>



**PM<sub>2.5</sub> Drammen 24/10 - 95**  
 Døgnet med flest personer over terskelverdien  
 100 % av befolkningen over 20 µg/m<sup>3</sup>



## **Vedlegg C**

### **Resultater fra beregningene for Bergen**

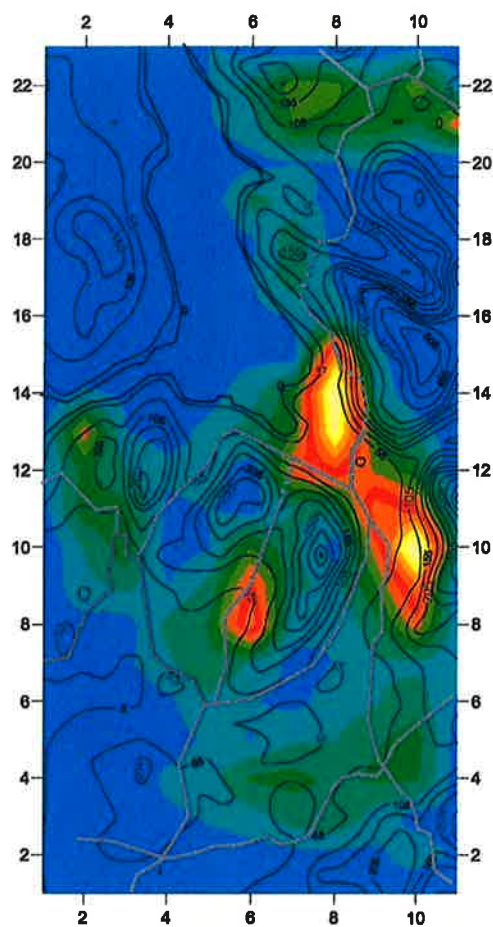
NO2 EKSPONERING BERGEN Okt. 95 - Mars 96

Totalt antall mennesker betraktet: 184664

Totalt antall timer i perioden: 4392

Befolkningsbelastning: 6.20E+04

Kons. intervall	Persontimer	Kumulative persontimer	Kumulativ %
190.0 -	0	0	.00000
185.0 - 190.0	21980	21980	.00271
180.0 - 185.0	21980	43960	.00542
175.0 - 180.0	20465	64425	.00794
170.0 - 175.0	40711	105136	.01296
165.0 - 170.0	58162	163298	.02013
160.0 - 165.0	109394	272692	.03362
155.0 - 160.0	75178	347870	.04289
150.0 - 155.0	235255	583125	.07190
145.0 - 150.0	262252	845377	.10423
140.0 - 145.0	264688	1110065	.13687
135.0 - 140.0	617942	1728007	.21306
130.0 - 135.0	788842	2516849	.31032
125.0 - 130.0	1088432	3605281	.44452
120.0 - 125.0	1424010	5029291	.62010
115.0 - 120.0	1777770	6807061	.83930
110.0 - 115.0	2595556	9402617	1.15932
105.0 - 110.0	3553602	12956219	1.59747
100.0 - 105.0	4698006	17654225	2.17673
95.0 - 100.0	5826818	23481043	2.89516
90.0 - 95.0	7184144	30665187	3.78095
85.0 - 90.0	9305437	39970624	4.92829
80.0 - 85.0	13119798	53090422	6.54593
75.0 - 80.0	15317899	68408321	8.43460
70.0 - 75.0	15911823	84320144	10.39649
65.0 - 70.0	16024835	100344979	12.37232
60.0 - 65.0	15737919	116082898	14.31277
55.0 - 60.0	16206465	132289363	16.31099
50.0 - 55.0	17244364	149533727	18.43719
45.0 - 50.0	16991168	166524895	20.53216
40.0 - 45.0	19201946	185726841	22.89972
35.0 - 40.0	22178333	207905174	25.63426
30.0 - 35.0	26359214	234264388	28.88429
25.0 - 30.0	32328402	266592790	32.87031
20.0 - 25.0	40195018	306787808	37.82627
15.0 - 20.0	54371407	361159215	44.53014
10.0 - 15.0	76001129	437160344	53.90092
5.0 - 10.0	120400713	557561057	68.74607
.0 - 5.0	253483231	811044288	100.00000

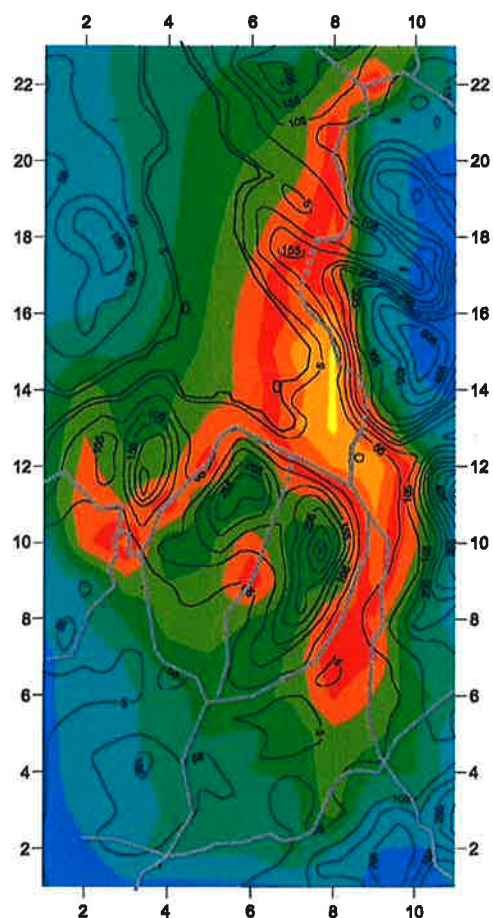


## Folketettheten i Bergen

Antall personer pr. km<sup>2</sup>

Totalt 184 664 personer

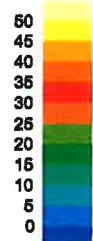
pers / km<sup>2</sup>



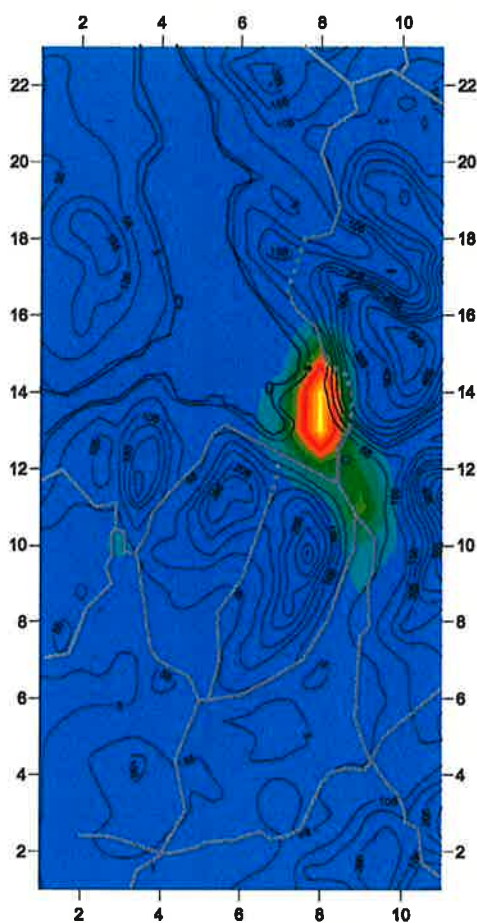
## Midlere NO<sub>2</sub> -verdi, Bergen

Okt. 95 - Mars 96

µg/m<sup>3</sup>





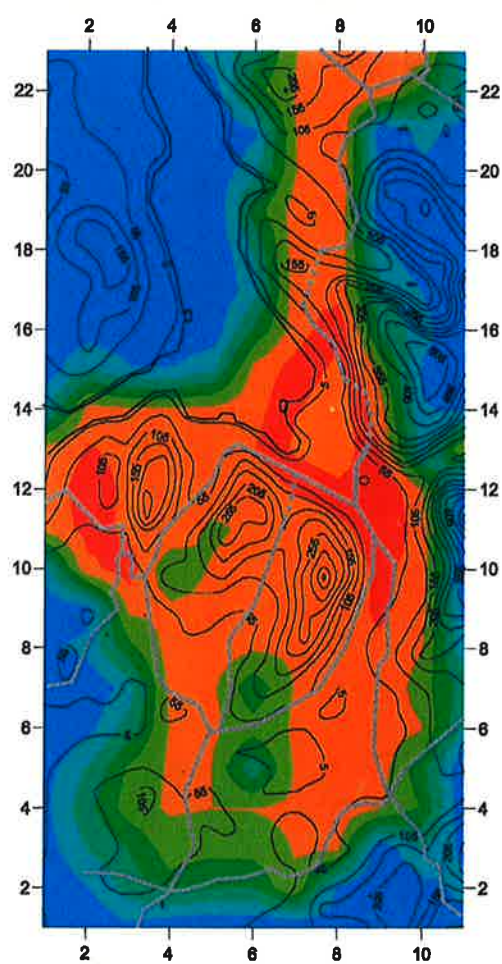
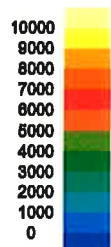


## Befolkningsbelastning $\text{NO}_2$ Bergen

Okt. 95 - Mars 96

Terskelverdi (time)  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$

pers  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

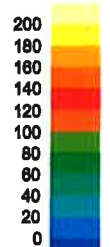


## $\text{NO}_2$ Bergen 8/3 - 96 kl. 20

Timen med flest personer over terskelverdien

75.0 % av befolkningen over  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$

$\mu\text{g}/\text{m}^3$





## PM10 EKSPONERING BERGEN Okt. 95 - Mars 96

Totalt antall mennesker betraktet: 184664

Totalt antall dager i perioden: 183

Befolkningsbelastning: 1.19E+05

Kons. intervall	Persondager	Kumulative persondager	Kumulativ %
125.0 -	0	0	.00000
120.0 - 125.0	5756	5756	.01703
115.0 - 120.0	9267	15023	.04446
110.0 - 115.0	3347	18370	.05436
105.0 - 110.0	3861	22231	.06578
100.0 - 105.0	3785	26016	.07699
95.0 - 100.0	6594	32610	.09650
90.0 - 95.0	338	32948	.09750
85.0 - 90.0	20250	53198	.15742
80.0 - 85.0	29184	82382	.24378
75.0 - 80.0	24626	107008	.31665
70.0 - 75.0	21495	128503	.38026
65.0 - 70.0	28262	156765	.46389
60.0 - 65.0	72988	229753	.67987
55.0 - 60.0	127510	357263	1.05719
50.0 - 55.0	196423	553686	1.63844
45.0 - 50.0	229055	782741	2.31625
40.0 - 45.0	257447	1040188	3.07807
35.0 - 40.0	364986	1405174	4.15812
30.0 - 35.0	757339	2162513	6.39920
25.0 - 30.0	1104989	3267502	9.66902
20.0 - 25.0	2044206	5311708	15.71813
15.0 - 20.0	4378022	9689730	28.67335
10.0 - 15.0	6384086	16073816	47.56480
5.0 - 10.0	9063568	25137384	74.38524
.0 - 5.0	8656128	33793512	100.00000

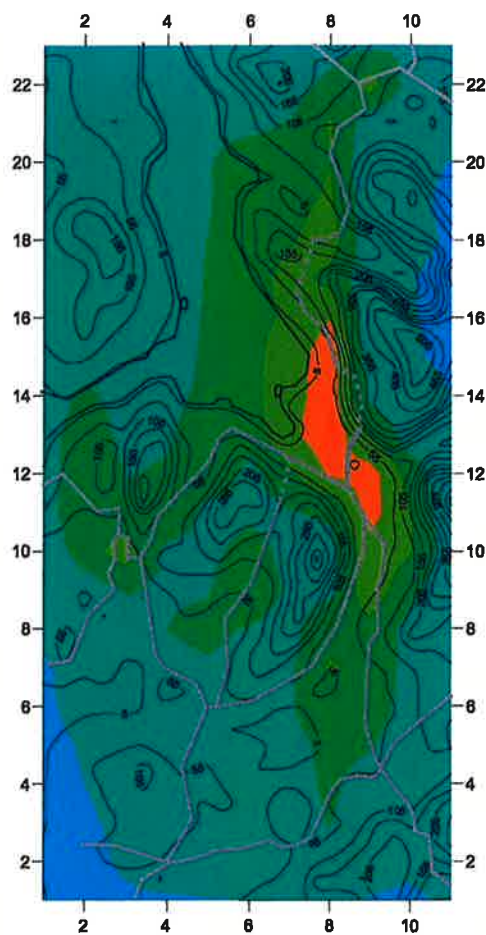
## PM2.5 EKSPONERING BERGEN Okt. 95 - Mars 96

Totalt antall mennesker betraktet: 184664

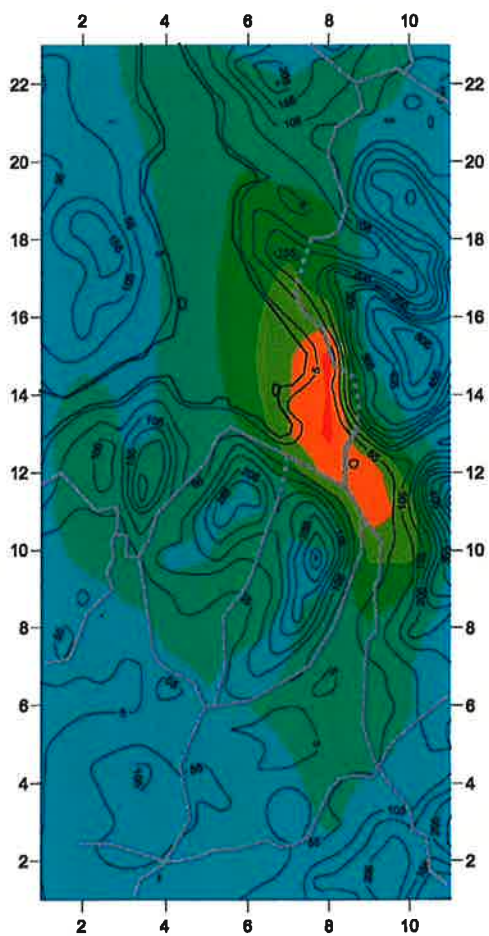
Totalt antall dager i perioden: 183

Befolkningsbelastning: 1.22E+05

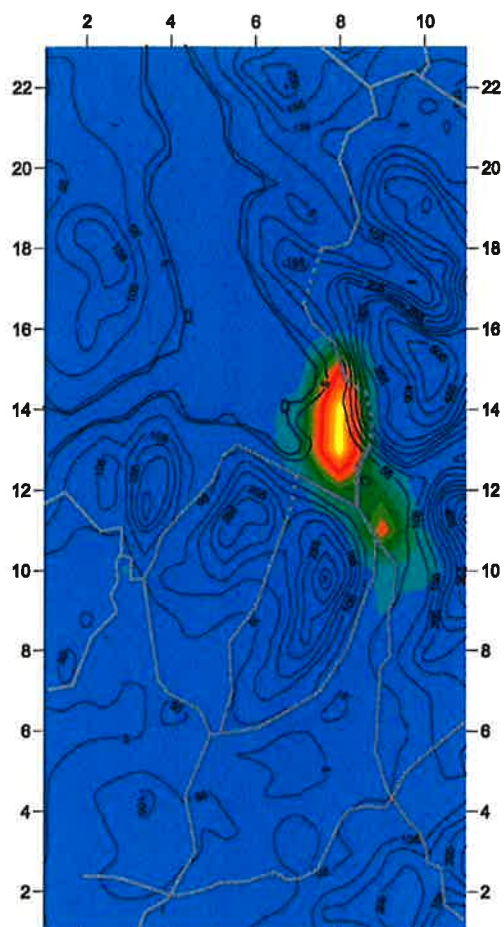
Kons. intervall	Persondager	Kumulative persondager	Kumulativ %
115.0 -	0	0	.00000
110.0 - 115.0	5756	5756	.01703
105.0 - 110.0	11071	16827	.04979
100.0 - 105.0	1543	18370	.05436
95.0 - 100.0	4408	22778	.06740
90.0 - 95.0	6651	29429	.08708
85.0 - 90.0	3519	32948	.09750
80.0 - 85.0	6644	39592	.11716
75.0 - 80.0	17378	56970	.16858
70.0 - 75.0	4372	61342	.18152
65.0 - 70.0	14143	75485	.22337
60.0 - 65.0	27218	102703	.30391
55.0 - 60.0	20697	123400	.36516
50.0 - 55.0	62733	186133	.55080
45.0 - 50.0	85516	271649	.80385
40.0 - 45.0	70728	342377	1.01314
35.0 - 40.0	145493	487870	1.44368
30.0 - 35.0	230782	718652	2.12660
25.0 - 30.0	335806	1054458	3.12030
20.0 - 25.0	597938	1652396	4.88968
15.0 - 20.0	1274708	2927104	8.66173
10.0 - 15.0	4713087	7640191	22.60845
5.0 - 10.0	10782063	18422254	54.51418
.0 - 5.0	15371258	33793512	100.00000



Midlere  $PM_{10}$  -verdi, Bergen  
Okt. 95 - Mars 96



Midlere  $PM_{2.5}$  -verdi, Bergen  
Okt. 95 - Mars 96

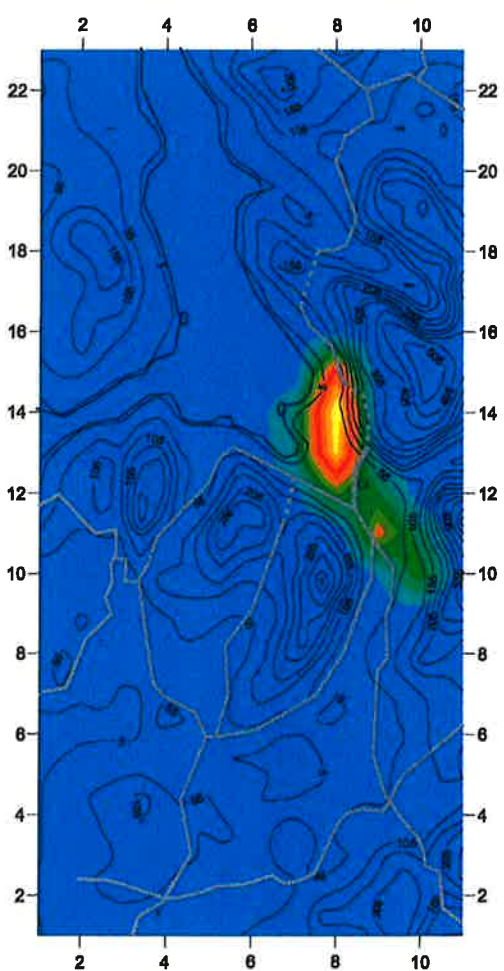
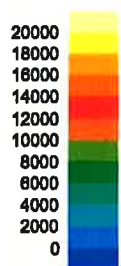


## Befolkningsbelastning PM<sub>10</sub> Bergen

Okt. 95 - Mars 96

Terskelverdi (døgn) 35 µg/m<sup>3</sup>

pers µg/m<sup>3</sup>

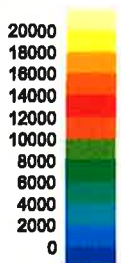


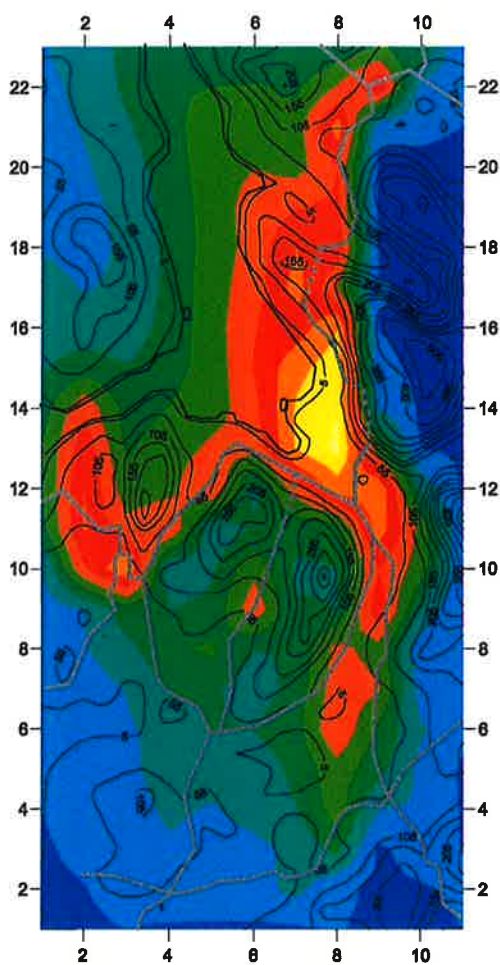
## Befolkningsbelastning PM<sub>2.5</sub> Bergen

Okt. 95 - Mars 96

Terskelverdi (døgn) 20 µg/m<sup>3</sup>

pers µg/m<sup>3</sup>

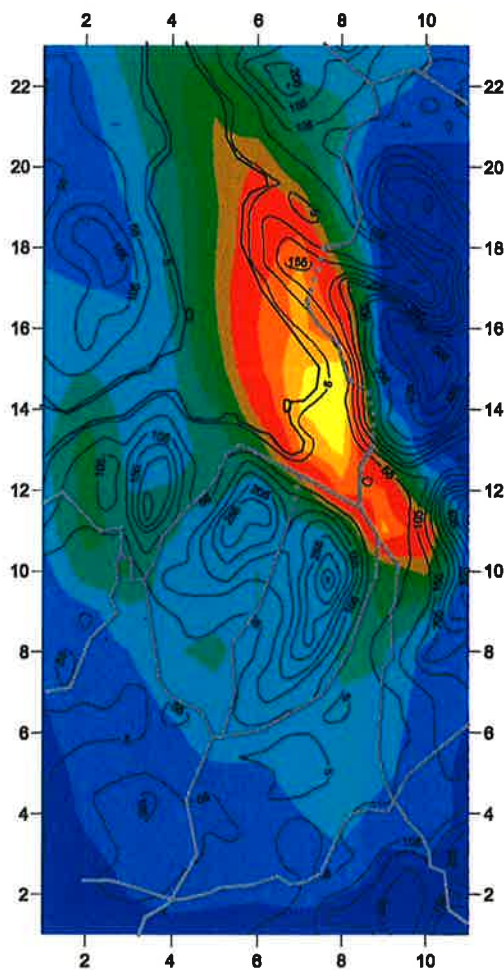
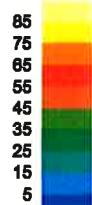




### PM<sub>10</sub> Bergen 26/1 - 96

Døgnet med flest personer over terskelverdien  
54.1 % av befolkningen over 35 µg/m<sup>3</sup>

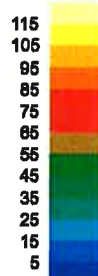
µg/m<sup>3</sup>



### PM<sub>2.5</sub> Bergen 1/1 - 96

Døgnet med flest personer over terskelverdien  
66.0 % av befolkningen over 20 µg/m<sup>3</sup>

µg/m<sup>3</sup>



## **Vedlegg D**

### **Resultater fra beregningene for Trondheim**

NO2 EKSPONERING TRONDHEIM Okt. 94 - Mars 95

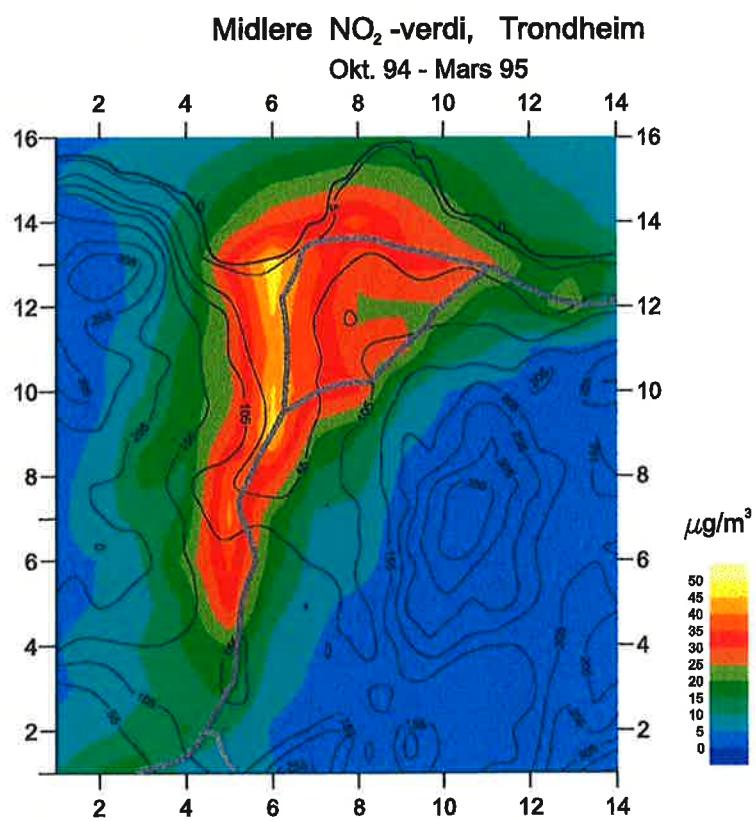
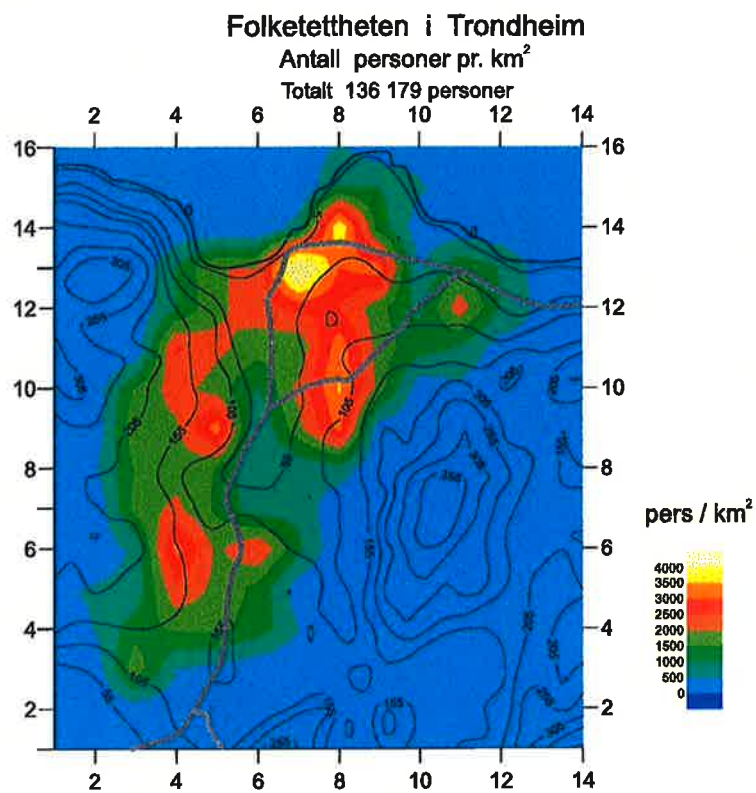
Totalt antall mennesker betraktet: 136179

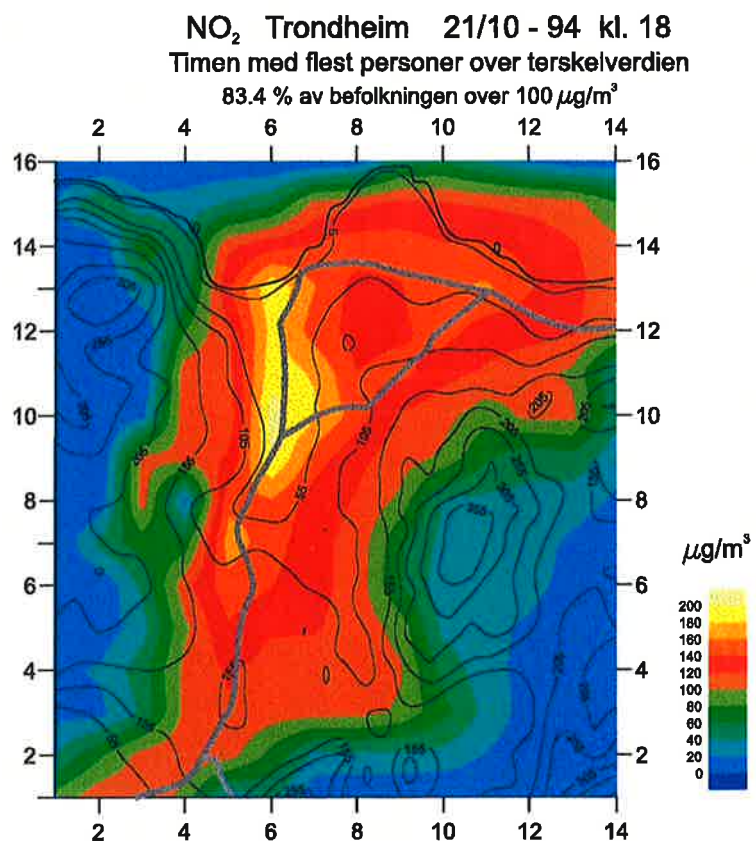
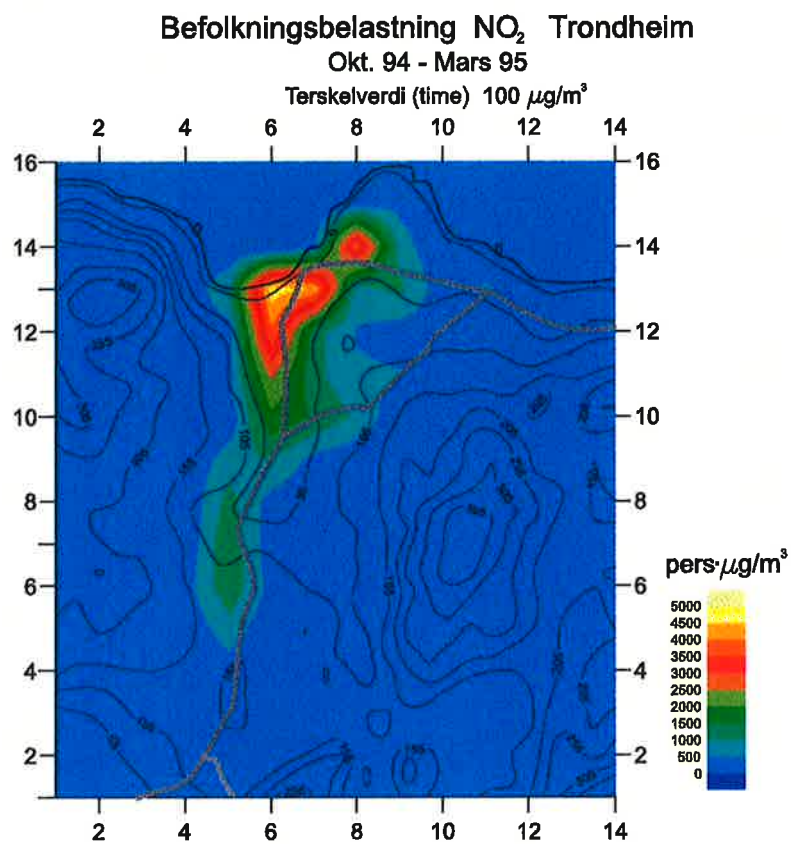
Totalt antall timer i perioden: 4236

Befolkningsbelastning: 4.49E+04

Kons. intervall	Persontimer	Kumulative persontimer	Kumulativ %
220.0 -	0	0	.00000
215.0 - 220.0	492	492	.00009
210.0 - 215.0	0	492	.00009
205.0 - 210.0	982	1474	.00026
200.0 - 205.0	4488	5962	.00103
195.0 - 200.0	4488	10450	.00181
190.0 - 195.0	15713	26163	.00454
185.0 - 190.0	8701	34864	.00604
180.0 - 185.0	24766	59630	.01034
175.0 - 180.0	21818	81448	.01412
170.0 - 175.0	48959	130407	.02261
165.0 - 170.0	39678	170085	.02948
160.0 - 165.0	70877	240962	.04177
155.0 - 160.0	101717	342679	.05940
150.0 - 155.0	160739	503418	.08727
145.0 - 150.0	213678	717096	.12431
140.0 - 145.0	289319	1006415	.17447
135.0 - 140.0	403707	1410122	.24445
130.0 - 135.0	466919	1877041	.32539
125.0 - 130.0	626936	2503977	.43407
120.0 - 125.0	867267	3371244	.58442
115.0 - 120.0	1266715	4637959	.80401
110.0 - 115.0	1746936	6384895	1.10685
105.0 - 110.0	2310860	8695755	1.50744
100.0 - 105.0	3037227	11732982	2.03396
95.0 - 100.0	3936832	15669814	2.71642
90.0 - 95.0	5250902	20920716	3.62669
85.0 - 90.0	6016639	26937355	4.66970
80.0 - 85.0	6927710	33865065	5.87064
75.0 - 80.0	7375120	41240185	7.14915
70.0 - 75.0	7779623	49019808	8.49778
65.0 - 70.0	8251484	57271292	9.92821
60.0 - 65.0	8572181	65843473	11.41423
55.0 - 60.0	9599696	75443169	13.07837
50.0 - 55.0	10635271	86078440	14.92204
45.0 - 50.0	11465488	97543928	16.90963
40.0 - 45.0	13784705	111328633	19.29926
35.0 - 40.0	16515831	127844464	22.16235
30.0 - 35.0	22395564	150240028	26.04471
25.0 - 30.0	27901026	178141054	30.88147
20.0 - 25.0	35378453	213519507	37.01446
15.0 - 20.0	45617982	259137489	44.92252
10.0 - 15.0	56799061	315936550	54.76887
5.0 - 10.0	79689925	395626475	68.58344
.0 - 5.0	181227769	576854244	100.00000







## PM10 EKSPONERING TRONDHEIM Okt. 94 - Mars 95

Totalt antall mennesker betraktet: 136179

Totalt antall dager i perioden: 176

Befolkningsbelastning: 1.34E+05

Kons. intervall	Persondager	Kumulative persondager	Kumulativ %
165.0 -	0	0	.00000
160.0 - 165.0	492	492	.00205
155.0 - 160.0	0	492	.00205
150.0 - 155.0	982	1474	.00615
145.0 - 150.0	0	1474	.00615
140.0 - 145.0	1474	2948	.01230
135.0 - 140.0	1474	4422	.01845
130.0 - 135.0	1474	5896	.02460
125.0 - 130.0	0	5896	.02460
120.0 - 125.0	492	6388	.02665
115.0 - 120.0	9995	16383	.06836
110.0 - 115.0	0	16383	.06836
105.0 - 110.0	15864	32247	.13454
100.0 - 105.0	12535	44782	.18684
95.0 - 100.0	10606	55388	.23110
90.0 - 95.0	23445	78833	.32892
85.0 - 90.0	38030	116863	.48759
80.0 - 85.0	34144	151007	.63005
75.0 - 80.0	34398	185405	.77357
70.0 - 75.0	51755	237160	.98951
65.0 - 70.0	39518	276678	1.15439
60.0 - 65.0	70055	346733	1.44668
55.0 - 60.0	68703	415436	1.73333
50.0 - 55.0	118636	534072	2.22832
45.0 - 50.0	156619	690691	2.88178
40.0 - 45.0	227939	918630	3.83281
35.0 - 40.0	244219	1162849	4.85177
30.0 - 35.0	347283	1510132	6.30075
25.0 - 30.0	654937	2165069	9.03335
20.0 - 25.0	918052	3083121	12.86376
15.0 - 20.0	1506843	4589964	19.15078
10.0 - 15.0	2729968	7319932	30.54107
5.0 - 10.0	6107110	13427042	56.02186
.0 - 5.0	10540462	23967504	100.00000

## PM2.5 EKSPONERING TRONDHEIM Okt. 94 - Mars 95

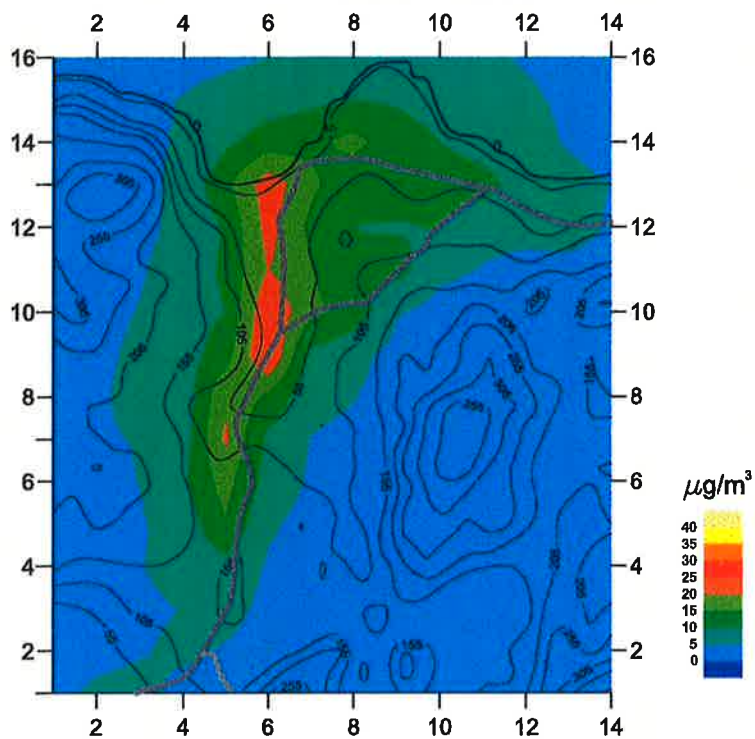
Totalt antall mennesker betraktet: 136179

Totalt antall dager i perioden: 176

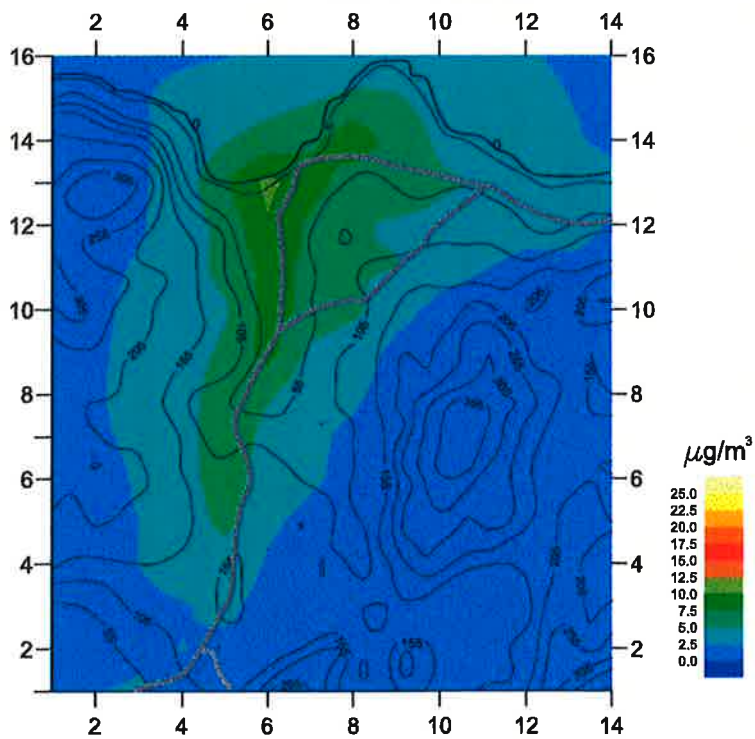
Befolkningsbelastning: 2.14E+04

Kons. intervall	Persondager	Kumulative persondager	Kumulativ %
50.0 -	0	0	.00000
45.0 - 50.0	1998	1998	.00834
40.0 - 45.0	19072	21070	.08791
35.0 - 40.0	36842	57912	.24163
30.0 - 35.0	61678	119590	.49897
25.0 - 30.0	156985	276575	1.15396
20.0 - 25.0	273101	549676	2.29342
15.0 - 20.0	654612	1204288	5.02467
10.0 - 15.0	1537239	2741527	11.43852
5.0 - 10.0	4859022	7600549	31.71189
.0 - 5.0	16366955	23967504	100.00000

Midlere PM<sub>10</sub>-verdi, Trondheim  
Okt. 94 - Mars 95



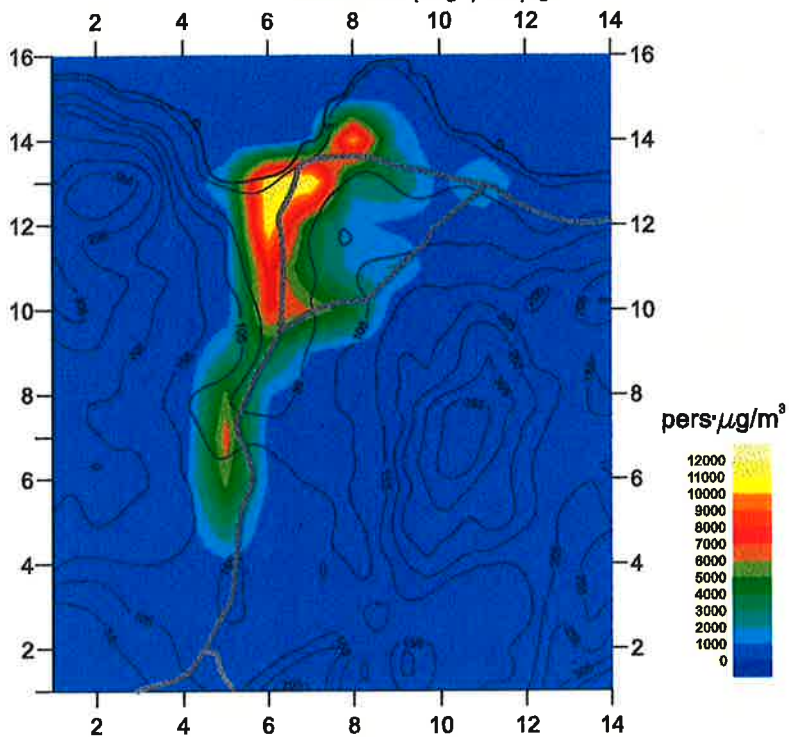
Midlere PM<sub>2.5</sub>-verdi, Trondheim  
Okt. 94 - Mars 95





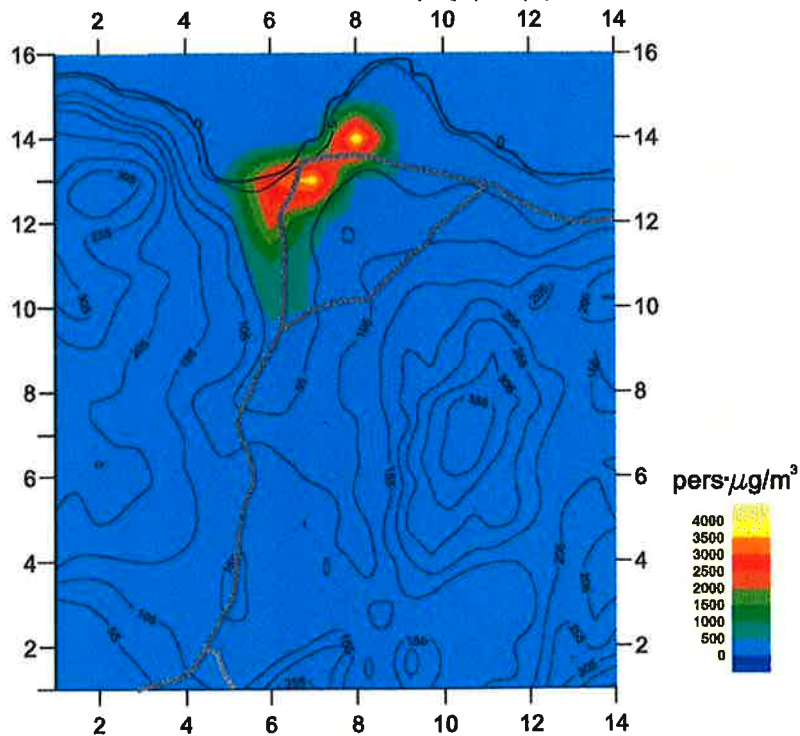
**Befolkningsbelastning PM<sub>10</sub> Trondheim**  
 Okt. 94 - Mars 95

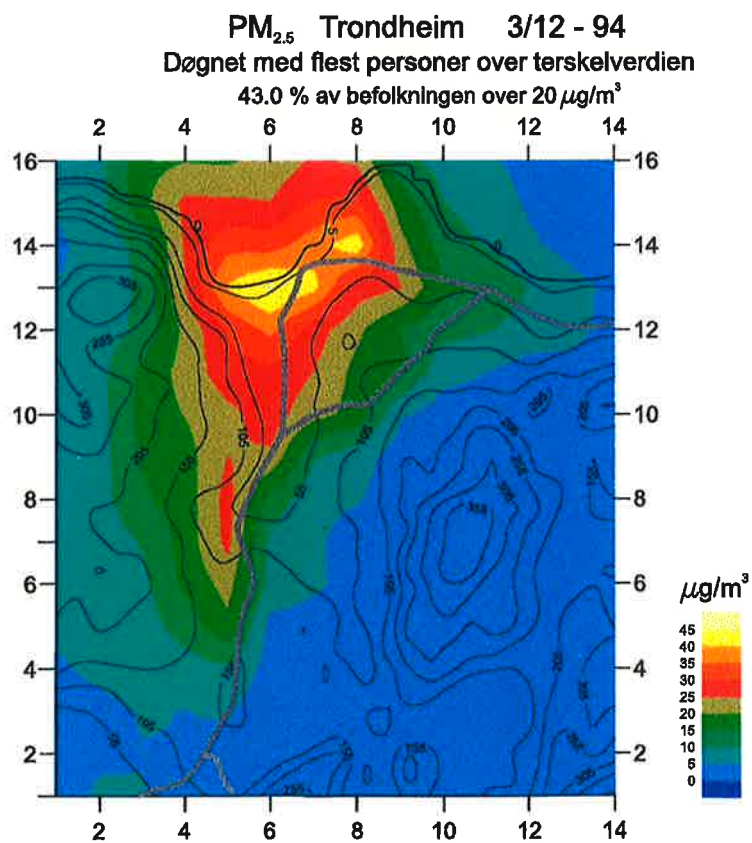
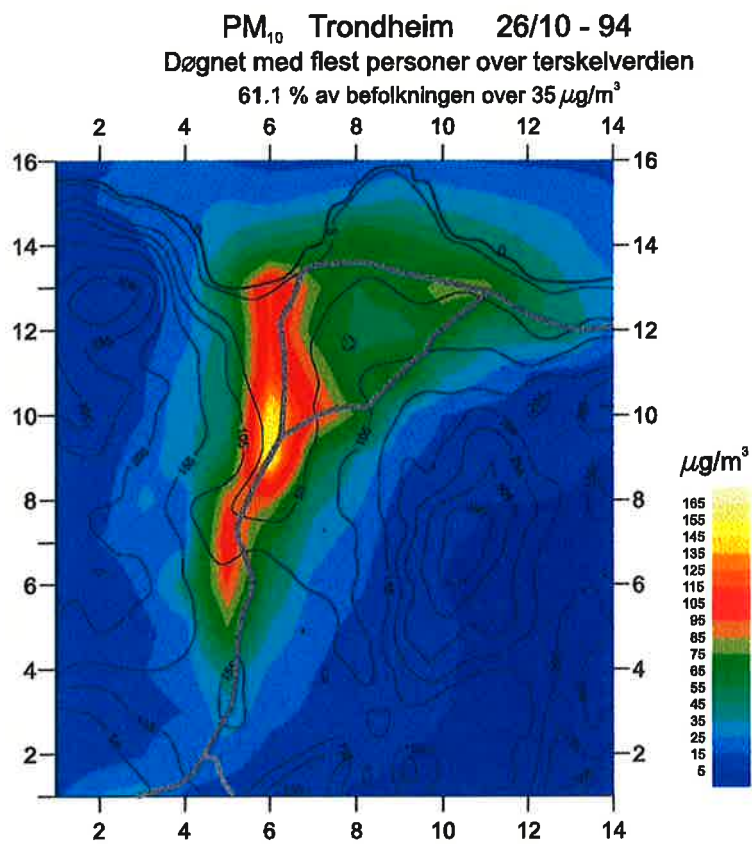
Terskelverdi (døgn) 35 µg/m<sup>3</sup>



**Befolkningsbelastning PM<sub>2.5</sub> Trondheim**  
 Okt. 94 - Mars 95

Terskelverdi (døgn) 20 µg/m<sup>3</sup>









# Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2007 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAGRAPPORT	RAPPORT NR. OR 38/98	ISBN 82-425-0992-1 ISSN 0807-7207	
DATO 3.7.98	ANSV. SIGN. <i>Byrstein Hov</i>	ANT. SIDER 131	PRIS NOK 330,-
TITTEL Eksponering til luftforurensning i Oslo, Drammen, Bergen og Trondheim Beregninger av NO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> og PM <sub>2,5</sub> for vinteren 1995–1996		PROSJEKTLEDER Leif Håvard Slørdal	
		NILU PROSJEKT NR. O-97093	
FORFATTER(E) Leif Håvard Slørdal		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAKSGIVERS REF.	
OPPDRAKSGIVER Statens forurensningstilsyn Postboks 8100 Dep 0032 OSLO			
STIKKORD Eksponeringsberegninger, NO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> og PM <sub>2,5</sub>	Oslo, Drammen, Bergen, Trondheim	Beregninger for vinterhalvåret	
REFERAT Det er gjennomført beregninger av personeksponering for luftforurensningskomponentene NO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> og PM <sub>2,5</sub> i byene Oslo, Drammen, Bergen og Trondheim. Beregningene er gjort for vinteren 1995/1996, med unntak for Trondheim der beregningene er utført for vinteren 1994/1995. Ut fra data om befolkningens bostedsfordeling i et km <sup>2</sup> -modellrutenett er det beregnet ulike måltall for personeksponering som kombinerer personantallet i hver gitterrute med beregnede rutekonsentrasjoner. Disse måltallene er presentert i rapporten i form av tabeller og konturplott. Beregningsresultatene viser at store deler av befolkningene tidvis utsettes for overskridelser av SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier for time og døgnverdier. Dette gjelder spesielt for PM <sub>10</sub> og PM <sub>2,5</sub> , og i noe mindre grad for NO <sub>2</sub> . Bidraget fra den regionale bakgrunnen er relativt ubetydelig for NO <sub>2</sub> , men svært viktig for partikkel-eksponeringen. Utslippet fra trafikk er den klart viktigste kilden for overskridelser av luftkvalitetskriteriene for NO <sub>2</sub> og (dog i noe mindre grad) for PM <sub>10</sub> . Utslippet fra fyring er mest dominerende for eksponeringen for PM <sub>2,5</sub> .			
TITLE Calculation of exposure to NO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> and PM <sub>2,5</sub> for Oslo, Drammen, Bergen and Trondheim			
ABSTRACT			

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