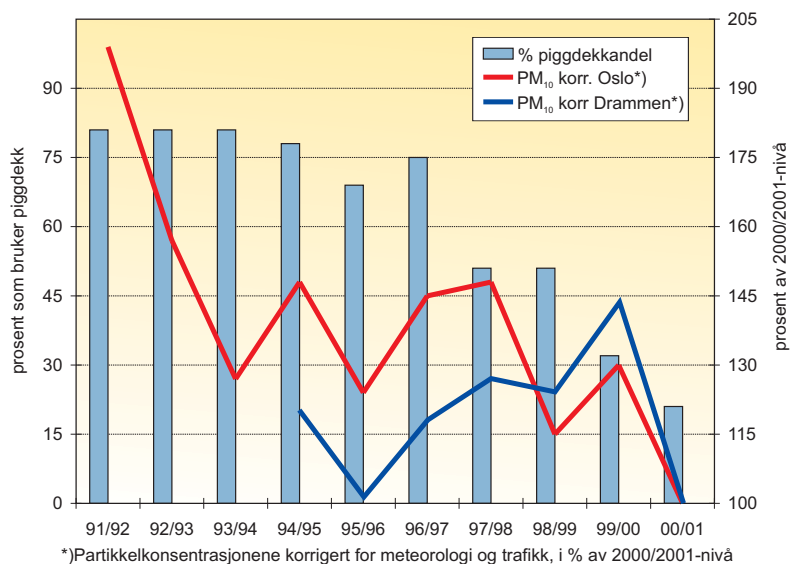


NILU: OR 10/2002  
 REFERANSE: O-101093  
 DATO: MARCH 2002  
 ISBN: 82-425-1341-4

# Utvikling i luftforurensningen 1991 - 2001

## Utslippsreducerende tiltak og PM10 partikkelkonsentrasjoner i Oslo og Drammen

Alena Bartonova, Steinar Larssen og Leif Otto Hagen





## Forord

Denne rapporten er utført på oppdrag fra Statens Vegvesen Vegdirektoratet. Arbeidet er gjort i samarbeidet med Statens Vegvesen Oslo, Oslo Kommune Helsevernetaten og Drammen Kommune.

Oslo Kommune Helsevernetaten, Drammen Kommune, Statens Vegvesen Oslo, Statens Vegvesen Drammen, Bedre Byluft og NILU har bidratt med data for arbeidet. I tillegg er det brukt data fra Statistisk Sentralbyrå og Det Norske Meteorologiske Institutt.

Arbeidsgruppen bestående av Jørn Ingar Arntsen, Wenche Baustad Styrvold, Tom Hedalen, Ola Hunnes, Sondre Meland og Pål Rosland har gjennom sine møter og kommentarer bidratt vesentlig til planlegging og gjennomføring av arbeidet.

En intern arbeidsgruppe på NILU bestod av Leif Otto Hagen, Steinar Larssen, Herdis Laupsa og Dag Tønnesen.



# Innhold

	Side
<b>Forord</b> .....	<b>1</b>
<b>Innhold</b> .....	<b>3</b>
<b>Sammendrag</b> .....	<b>5</b>
<b>1 Innledning</b> .....	<b>7</b>
<b>2 Prosjektets mål og metode</b> .....	<b>8</b>
<b>3 Gjennomføring</b> .....	<b>8</b>
3.1 Database .....	8
3.2 Metode for statistisk analyse .....	10
<b>4 Resultater</b> .....	<b>16</b>
<b>5 Diskusjon</b> .....	<b>25</b>
<b>6 Konklusjoner</b> .....	<b>28</b>
<b>7 Referanser</b> .....	<b>29</b>
<b>Vedlegg A Utvikling i meteorologi og trafikk på nivå-1 tellepunkter i vintersesongene 1991/92 – 2000/2001</b> .....	<b>31</b>
<b>Vedlegg B Oversikt over luftforurensningsdata i piggdekk sesongene 1991-2001</b> .....	<b>37</b>



## Sammendrag

Luftforurensningsdata fra Oslo og Drammen ble analysert statistisk for å undersøke om reduksjonen i piggdekkbruk i Oslo førte til nedgang i konsentrasjonen av partikler (PM<sub>10</sub>). Data for luftforurensning, meteorologi, trafikk og utslipp ble koblet sammen fra flere kilder. Multivariat lineær regresjon ble gjennomført. Analysene ble gjort på hele datamaterialet for å beskrive den gjennomsnittlige tendensen, på utvalgte data som representerte dager med hhv. gode og dårlige spredningsforhold, og på datasett med hhv. høye og lave konsentrasjonene av partikler (svevestøv PM<sub>10</sub>).

Korrelasjonen mellom PM<sub>10</sub> og nitrogenoksider på døgnbasis ligger rundt 0.5 både i hele datamaterialet og i utvalgene. Den relativt sett lave korrelasjonen skyldes at kildesammensetningen for disse forurensninger er nokså ulik og spredningen påvirkes noe ulikt ved forskjellige værforhold. Meteorologiske variable alene (vindhastighet, nedbør, temperatur, relativ fuktighet og stabilitet) forklarer en betydelig del av variabiliteten i forurensningskonsentrasjonene. Dette er i samsvar med erfaringen som sier at det er værforholdene som i størst grad bestemmer konsentrasjonene fra dag til dag.

Forurensningene viser også god samvariasjon med antallet lette kjøretøy i nærheten av målestedene. Samvariasjonen med andel tungtrafikk vises godt for nitrogenoksider, mens for partikler som har mer sammensatte kilder og er i betydelig grad påvirket av fuktighet på og ved veibanen kommer ikke den antatte samvariasjonen med tungtrafikken fram i analysen. Andre utslippsdata i Oslo (utslipp av partikler og nitrogenoksider totalt og fra mobile kilder samt utslipp av partikler fra veistøv) er godt korrelert med hverandre og deres bidrag lar seg ikke kvantifisere hver for seg.

I Oslo ble andel piggdekk redusert fra 81 til 21% i perioden 1992-2001. I Drammen var piggdekkandelen i perioden 1995-2001 stabil på rundt 52%. Partikkelkonsentrasjonene i Oslo viste en reduksjon mellom 1992 og 2001 som samvarierte med reduksjonen i piggdekkandelen. I Drammen ble det ikke funnet noen tidsutvikling i partikkelkonsentrasjonene, men der er det heller ingen nedgang i piggdekkandel.

Samvariasjonen mellom PM<sub>10</sub> og piggdekkandel i Oslo var påviselig i hele datamaterialet, for utvalgte perioder (episoder) med relativt sett dårlig spredning, og for dager med konsentrasjoner under 50 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>10</sub>.

For de målestedene som er analysert har den statistiske analysen gitt at gjennomsnittsverdien av PM<sub>10</sub> (vintermiddelverdi) reduseres ca. 1 µg/m<sup>3</sup> ved en reduksjon i piggdekkandel på 10% (absolutt). Dette er i samsvar med tidligere estimater med en annen analyse-metodikk.

Måledata fra målestedene viser at vintermiddelverdien av PM<sub>10</sub> har blitt redusert fra knapt 40 µg/m<sup>3</sup> i 1992/93, med ca. 80% piggdekkandel, til ca. 30 µg/m<sup>3</sup> i 1998/99, med ca. 20% piggdekkandel. Resultatene fra den statistiske analysen i

denne rapporten er konsistente med at det meste av denne reduksjonen i målt  $PM_{10}$  skyldes reduksjonen i piggdekkandel.

For datasettet som omfatter dager med høy  $PM_{10}$  (over  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) fant man ikke en sammenheng med piggdekkandel. Mange av dagene med høy  $PM_{10}$  skyldes oppvirvling av veistøv som tørker opp etter en fuktig periode. Denne sammenhengen er komplisert, og dynamikken med våte til tørre veiforhold kan føre til høye  $PM_{10}$  konsentrasjoner selv om piggdekkandelen er lav. Etter lange fuktige perioder kan veistøvdepotet som er tilgjengelig for oppvirvling bli stort selv ved lav piggdekkandel.

Selv om den statistiske analysen ikke tok for seg de maksimale konsentrasjonene og ikke har gitt signifikant sammenheng mellom høye  $PM_{10}$ -verdier og piggdekkandel, viser langtids måleserier at de maksimale  $PM_{10}$ -verdier ved veier har blitt en god del redusert de siste årene.

Resultatene gir grunn for å undersøke nærmere hvilke forandringer som bør foreslås for beregningsmodellene for partikler. De innsamlede data gir god mulighet for slike undersøkelser. Forholdet mellom meteorologiske parametere og konsentrasjonene av svevestøv både for lave og høye konsentrasjoner, utover det som er utført innenfor nåværende arbeid, kan studeres videre, med hensyn også til data innsamlet av Statens Vegvesen i forbindelse med salting av veibane, og muligens også ved bruk av målinger fra andre stasjoner med kortere tidsserier.



# Utvikling i luftforurensningen 1991 - 2001

## Utslippsreducerende tiltak og PM10 partikkelkonsentrasjoner i Oslo og Drammen

### 1 Innledning

Bruken av piggdekk i Oslo er redusert fra ca. 80% til litt over 20% de siste 10 år. Tiltakene for å få til denne reduksjonen er motivert bl.a. av hensyn til forbedring av luftkvalitet, spesielt reduksjon i partikkelforurensning, som har direkte kobling til helse. Det er observert lavere partikkelkonsentrasjoner på målestasjonene i Oslo de siste vintrene. Imidlertid er det også observert stor variasjon i de meteorologiske forholdene, hvor spesielt de siste vintrene var mildere enn på begynnelsen av 1990-tallet, og med bedre spredningsforhold.

Den første analysen av tidstrender i overvåkingsdata ble utført av Larssen og Gustavsen og omfattet data fra overvåkingen av luftforurensninger fra biltrafikk i Oslo i perioden fra 1980 til 1990. Hensikten var å beskrive tidstrenden i luftkvalitetsdata som følge av endringene i eksosutslipp, andre utslipp, trafikkforhold og meteorologiske forhold. Ved hjelp av enkle metoder ble det beskrevet og korrigert for endringer som skyldtes endringer i trafikk og meteorologi slik at netto virkning av teknologisk og annen utvikling koblet til veitransport kom fram.

Norsk institutt for luftforskning har fått i oppdrag fra Statens Vegvesen å undersøke om man kan finne sammenhenger mellom utviklingen i luftkvalitet og utvikling i utslipp i Oslo de siste 10 år, når man samtidig tar hensyn til andre kjente viktige parametere som meteorologi og trafikk. Prosjektet ble igangsatt som et samarbeid mellom Statens Vegvesen Vegdirektoratet (Miljøkontor), Statens Vegvesen Oslo (SVO), Drammen kommune, Bedre Byluft-prosjektet og Oslo kommune som alle har bidratt med måledata.

Det foreligger en del informasjon som beskriver bakgrunnsdata for prosjektet. De viktigste kilder er Larssen og Hagen (1998), Hagen og Arnesen (2001), Hagen og Haugsbakk (2000), Flugsrud et al. (2000), Hunnes (1997, 1999), og Hunnes og Myrtveit (2001). En del opplysninger ligger også på internettsidene for Oslo Kommune, Statistisk Sentralbyrå, Statens Vegvesen og NILU (<http://www.oslo.kommune.no/>, <http://www.ssb.no/>, <http://www.nilu.no/>, <http://www2.vegvesen.no/luftkvalitet/>).

## 2 Prosjektets mål og metode

Følgende spørsmål ønskes belyst i prosjektet:

- om/hvilken effekt av forurensningsreducerende tiltak kan måles når det korrigeres for meteorologiske og andre forhold
- om vi har holdepunkter for at 80% piggfritt gir reduksjon eller vesentlig reduksjon i PM<sub>10</sub>-konsentrasjonene
- om det er holdepunkter for å justere beregningsmodellene (for eksempel formelen for redusert PM<sub>10</sub>-generering og oppvirvling avhengig av beregningsår og piggfriandel).

Målet skal nås ved å analysere tidsforløp av måleserier for PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NO mellom 1991 og 2001 i Oslo og Drammen. Analysen skal utføres slik at den, om mulig, gir informasjon om virkninger av endrede utslipp som skyldes teknologisk og annen utvikling i bilparken. Denne informasjonen er nødvendig for planlegging og vurdering av videre tiltak.

Som arbeidsredskap er det bygget opp en database med tilgjengelige data fra Oslo og Drammen som beskriver luftforurensning, meteorologi, trafikk og annet utslipp. Dataene blir statistisk analysert med hensyn til meteorologi, trafikkinformasjon, kjente endringer i utslipp og kjente tiltak. En slik analyse vil kvantifisere variasjoner som skyldes meteorologi og trafikkutvikling, og kan derved gi estimater av virkninger av generelle utslippsreducerende tiltak som har fått effekt i måleperioden. Metoden ønskes brukt for å anslå hvordan målet om 80% piggfrie dekk påvirker luftkvaliteten. Opplysningene og informasjonen fra den oppbygde databasen vil kunne bli brukt også som bakgrunn for videreutvikling av beregningsmoduler i spredningsmodeller for partikler.

## 3 Gjennomføring

Prosjektet ble gjennomført i to trinn:

1. Databaseoppbygging
2. Statistisk analyse.

### 3.1 Database

En database ble bygget opp med mulighet for en rekke direkte sammenkoblinger av tidsserier og andre data fra ulike kilder og med ulik tidsoppløsning. Databasen inneholder

- ❖ luftkvalitetsdata for partikler og nitrogenoksider. Kilde er NILUs databaser og måledata fra SVO og Oslo kommune. De viktigste målestasjonene i Oslo er Nordahl Brunsgt, Kirkeveien, Tåsen og Linderud.
- ❖ meteorologiske data (kilde NILU, Det Norske Meteorologiske Institutt DNMI, Oslo kommune, Drammen kommune). Basen inneholder data for vindstyrke, vindretning, vindkast, temperatur, stabilitet, nedbør, relativ fuktighet og solstråling.

- ❖ data for beregning av utslipp eller direkte utslippsdata, inklusiv f.eks. data om våt veibane, salting og strøing (kilde: SVO).
- ❖ Andre opplysninger (f.eks. tidspunkter for bygging av tunneler i nærheten av stasjoner, data om veirenhold, etc.).

Dataene er lest inn fra forskjellige dataformater, og det er laget databasefiler i programmet SPSS (SPSS, Inc). Totalt er det lest inn over 250 enkeltfiler.

Datadekningen i perioden er ujevn. Datasetet er mest komplett etter 1995, mens fram til vinteren 1994/1995 finnes det forholdsvis mindre data. Tabellene 1 og 2 gir oversikt over tilgjengelighet og tidsoppløsning.

Det ble beregnet utslipp av partikler og nitrogenoksider på alle lenker i Oslo vha. AirQUIS modellverktøy. Dette ble gjort ved å velge ut de nærmeste lenkene rundt stasjonene. For utslipp fra veitrafikk i Oslo er det benyttet vei og trafikkdata for 1992 som kommer hovedsakelig fra prosjektet Transportplan i 10 byer av 1992<sup>1</sup>. Trafikkdata er imidlertid skalert fram til 2000 i hht. Nasjonal transportplan 2002-2011<sup>2</sup>. Nytt hovedveinett er lagt inn og er fra MA2 kjøring fra Scandiaconsult<sup>3</sup> for 1999. I tillegg er veinettet oppdatert med de tunnelene i Osloområdet som var åpnet pr. 2000. I beregningene er det også tatt hensyn til teknologisk utvikling i kjøretøyparken.

*Tabell 1: Innsamlede data - hovedanalyse.*

<b>Faktor</b>	<b>Type data</b>	<b>Størst tidsoppløsning</b>
Meteorologi	Relativ fuktighet	3x daglig, 1 time f.o.m. 1995
	Vindretning	3x daglig, 1 time f.o.m. 1995
	Vindhastighet	3x daglig, 1 time f.o.m. 1995
	Vindkast	3x daglig, 1 time f.o.m. 1995
	Nedbør (Oslo)	2x daglig, 1 time f.o.m. 1995
	Antall soltimer (Oslo Blindern)	1x daglig
	Stabilitet	1 time, siden 1995
Trafikk	Antall kjøretøyer på nærmeste tellepunkt, i Oslo delt på lette ("korte", under 5,5 m) og tunge ("lange", over 5,5 m) kjøretøyer	1 time
	Totalt utslipp fra lenkene forbi gatestasjonene (AirQUIS), Oslo	årlig
	Piggdekkandel	årlig
Utslipp	Utslipp fra mobile kilder, NO <sub>x</sub> og PM <sub>10</sub> totalt	årlig
	Utslipp fra andre enn mobile kilder, NO <sub>x</sub> og PM <sub>10</sub>	årlig

<sup>1</sup>Gram, F., Torp, C. og Larssen, S (1992) Luftforurensningsanalyse for transportplan i Oslo-Akershus. Lillestrøm (NILU OR 35/92).

<sup>2</sup> St. melding nr. 46 (1999-2000) Nasjonal transportplan 2002-2011

<sup>3</sup>CIVITAS på oppdrag fra SFT (E. Røsten), modellberegningene utført av Scandiaconsult og NILU.

Tabell 2: Innsamlede data etter sesong

	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01
<b>Luftforurensninger</b>									
Nordahl Brunstgt	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Kirkeveien	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Tåsen	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Linderud							x		
Drammen			x	x	x	x	x	x	x
<b>Trafikk</b>									
Beregnet PM <sub>10</sub> og NO <sub>x</sub> utslipp fra trafikk på lenker, Oslo (hvilket år som blir brukt)	95	95	95	95	96	97	99	99	00
Trafikktellinger Oslo og Drammen	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>Annet utslipp</b>									
Utslipp fra ikke-mobile kilder (kilde: SSB)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>Meteorologi</b>									
Stabilitet (stasjon Valle Hovin)				x	x	x	x	x	x
DD, FF, FG, TA, RR, UU Oslo (kilde: DNMI) *	x	x	x	x	x	x	x	x	x
DD, FF, FG, TA, UU Drammen*				x	x	x	x	x	x
Antall soltimer Oslo (kilde: DNMI)	x	x	x	x	x	x	x	x	x

\* DD...vindretning  
 FF...vindhastighet  
 FG...vindkast  
 TA...temperatur  
 RR...nedbør  
 UU...relativ fuktighet

### 3.2 Metode for statistisk analyse

Den statistiske analysen har som hovedmål å undersøke om det er samvariasjon mellom utvikling i luftforurensning og piggdekkandel i Oslo, når man tar hensyn til andre viktige faktorer som meteorologi og trafikkutvikling. Analysen omfatter empiriske (statistiske) sammenhenger mellom luftkonsentrasjoner av NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NO, PM<sub>10</sub> og utslipp. Multivariat lineær regresjon ble valgt som analysemetode (se f.eks. Kleinbaum, Kupper og Muller (1987)). Data for luftforurensning, meteorologi, trafikk og utslipp ble koblet sammen på timebasis. I hovedanalysen ble det bare sett på data innenfor den offisielle piggdekkelsesongen (fra 1. november til første helg etter påske).

Observerte konsentrasjoner av luftforurensning er et resultat av mange prosesser som hovedsakelig er styrt av meteorologiske forhold og utslipp. Meteorologien kan variere betydelig fra år til år. Figur 1 viser som eksempel kumulativ frekvensfordeling av døgnmidlet relativ fuktighet observert 4x i døgnet før 1995 og hver time etter 1995 på Blindern (vintersesongene). Sesongen med lavest observert relativ fuktighet (95/96) og høyest observert relativ fuktighet (98/99)

viser forskjell i medianverdi på nesten 10%: i 95/96-sesongen hadde 50% av dagene relativ fuktighet over 80%, mens i 98/99 var det over 88% av dagene. Betydelige forskjeller mellom år observeres også i andre variable (Vedlegg A).

Utslippsdata fra SSB er gitt som utslipp i tonn per år (tabell 3). Det finnes modeller for å disaggregere disse data tidmessig og romlig, hovedsakelig i forbindelse med utslipp fra trafikk. Siden man har samlet inn direkte målte trafikkdata har vi valgt å ikke disaggregere disse data.

Strategien for den statistiske analysen har gjennomgått betydelig utvikling i løpet av prosjektet. Endringene er gjort på basis av en del foreløpige analyseresultater ut fra planen presentert i Tabell 4. Døgnaggregering i den endelige analyseplanen ble valgt for å minske usikkerheten i dataene (romlig plassering, tidsforskyvning). Deldatasett ble definert for å kunne anslå betydning av korrelerte faktorer (flere variable for utslipp). Følgende deldatasett ble benyttet:

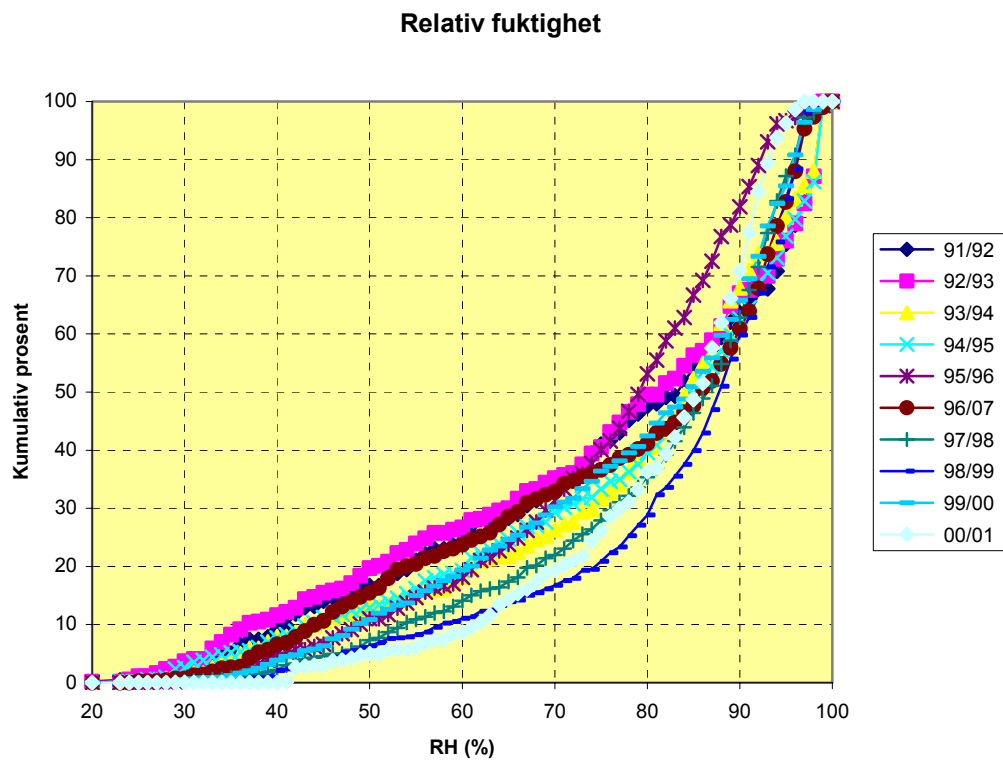
1. Fullt datasett: alle tilgjengelige data på døgnbasis fra Kirkeveien, Tåsen (fram til 1997), Nordahl Brunsgate/Gamlebyen og Drammen, koblet med meteorologi (stabilitet tilgjengelig fra og med 1995), trafikkteLLinger og utslipp.
2. Deldatasett fra Oslo, definert ut fra meteorologiske forhold (alle dager som tilfredsstillende kriterier, uansett år)
  - a. episode type 1: minst to sammenhengende dager med dårlig spredning definert som dager uten regn, med vindretning i sektor 30-90 gr nord-øst i minst 6 timer mellom kl. 20 og 06
  - b. episode type 2: minst to sammenhengende dager med god spredning, når flertallet av timene i døgnet har vind i retning sektor 180-240 gr sør-vest, vind over 1 m/s.
3. Deldatasett fra Oslo, delt ut fra størrelse på partikkelkonsentrasjonsverdiene og analysert for seg:
  - a. dager med gjennomsnittskonsentrasjonen av PM<sub>10</sub> minst 50 µg/m<sup>3</sup> på minst en målestasjon (Kirkeveien, Tåsen, Nordahl Brunsgate)
  - b. dager med alle målinger under 50 µg/m<sup>3</sup>.

Sammenhenger ble analysert for PM<sub>10</sub> og for nitrogenoksider (NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>, NO). En sammenlikning av utvikling i partikler og nitrogenoksider kan gjøre det mulig å evaluere effekten av kilder som er spesifikke for de individuelle komponenter (katalysatorbruk for nitrogenoksider, piggdekkandel for partikler). Utviklingen i forurensning er presentert i Figur 2 og 3, mer detaljert oversikt finnes i Vedlegg B. Antall dager i ulike del-datasett er gitt i Figur 4.

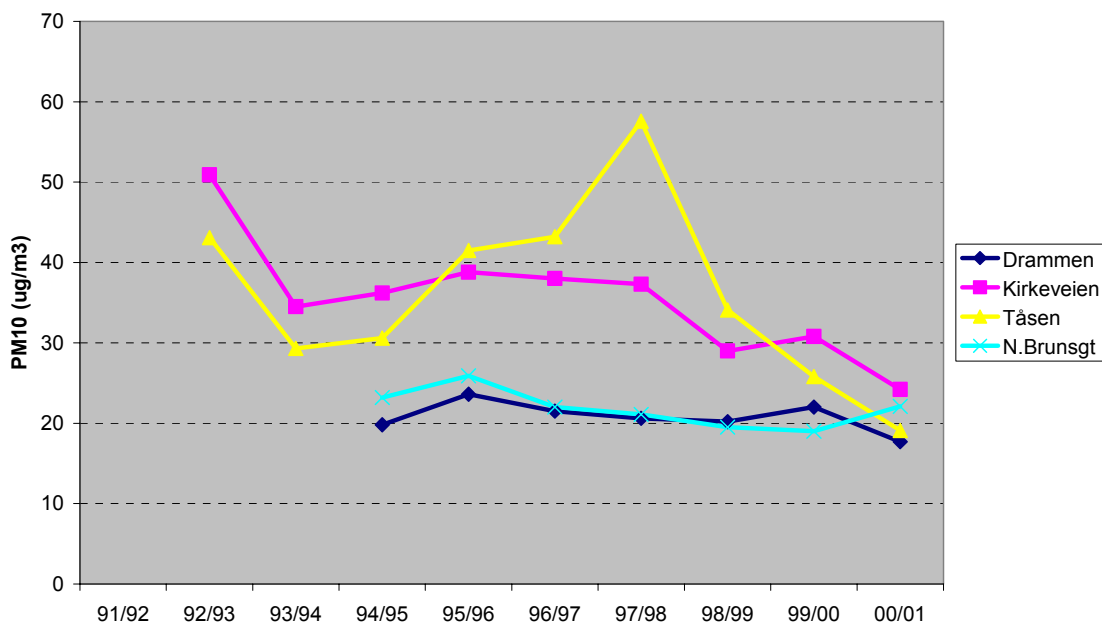
Målet med analysene er først og fremst å anslå om utvikling i partikkelkonsentrasjonene har sammenheng med redusert piggdekkandel i Oslo, og lar seg kvantifisere. Imidlertid kan det være nivåforskjeller mellom vintersesongene som de innsamlede data ikke beskriver tilstrekkelig. For å få kjennskap til slike forskjeller for både partikler og nitrogenoksider har man bygget opp to modeller, en for å kvantifisere sammenhenger med piggdekkandel (Modell 2) og en for å undersøke forskjeller mellom sesongene på et mer generelt grunnlag (Modell 1).

Forklaringsvariablene i modellene er:

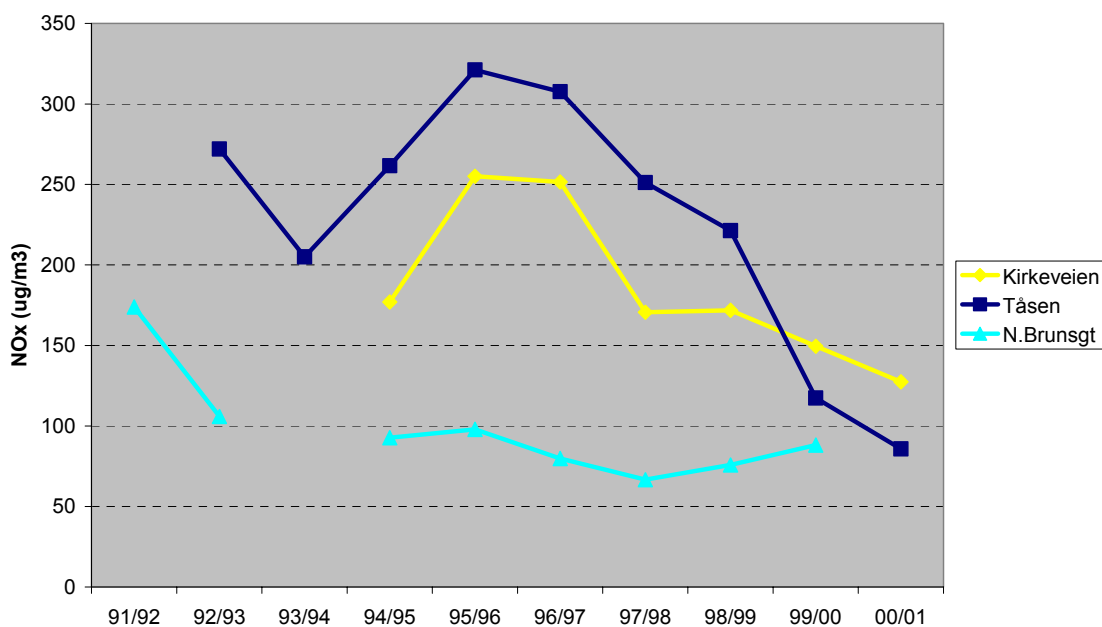
- Variabler som måler nivåforskjeller mellom sesongene (Modell 1)
- Piggdekkandel (Modell 2)
- Variabler som måler nivåforskjeller mellom Oslo-stasjonene (ikke i Drammen) (binære indikatorvariabler, "dummy variables")
- Meteorologiske variabler: vindretning, vindhastighet, vindkast, relativ fuktighet, temperatur, antall soltimer, stabilitet (temperaturforskjell mellom 2 og 25 meters høyde, tilgjengelig først fra 1995).
- Antall lette kjøretøy og andel tungtrafikk på en nivå-1 tellepunkter (tellingene foregår kontinuerlig og gis som timesdata). Tellepunkter som ble brukt i Oslo er Vøyen Bru for Kirkeveien og Nordahl Brunsgate og Store Ringvei v. Nydalsbrua for Tåsen; disse er antatt representative for de nevnte målestasjonene.



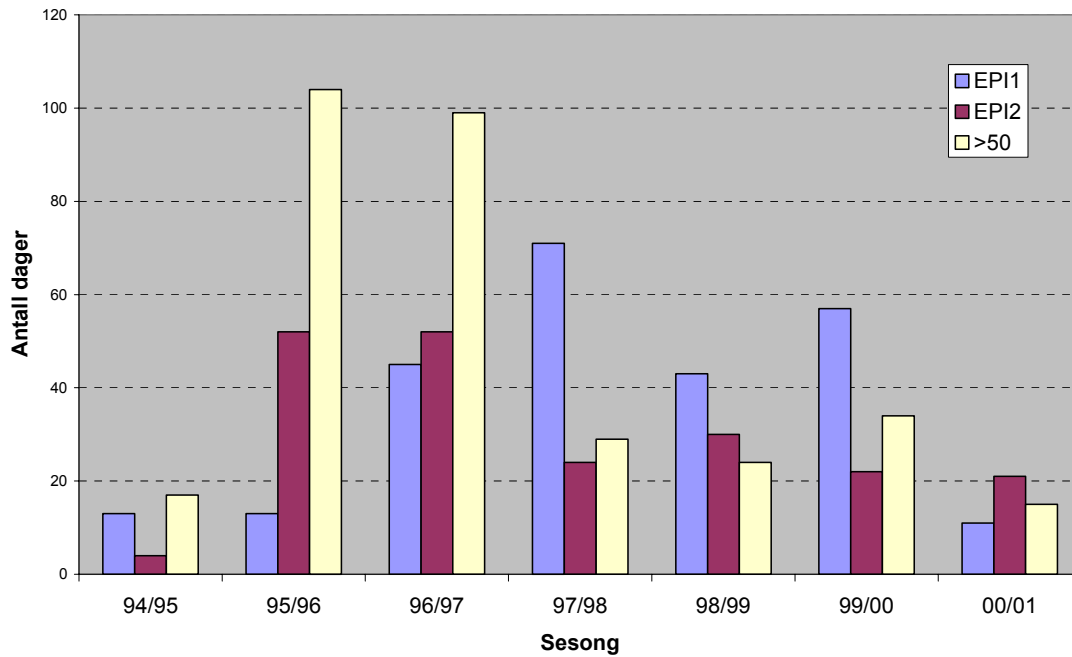
*Figur 1: Variasjon i relativ fuktighet fra år til år, vist som kumulativ frekvensfordeling.*



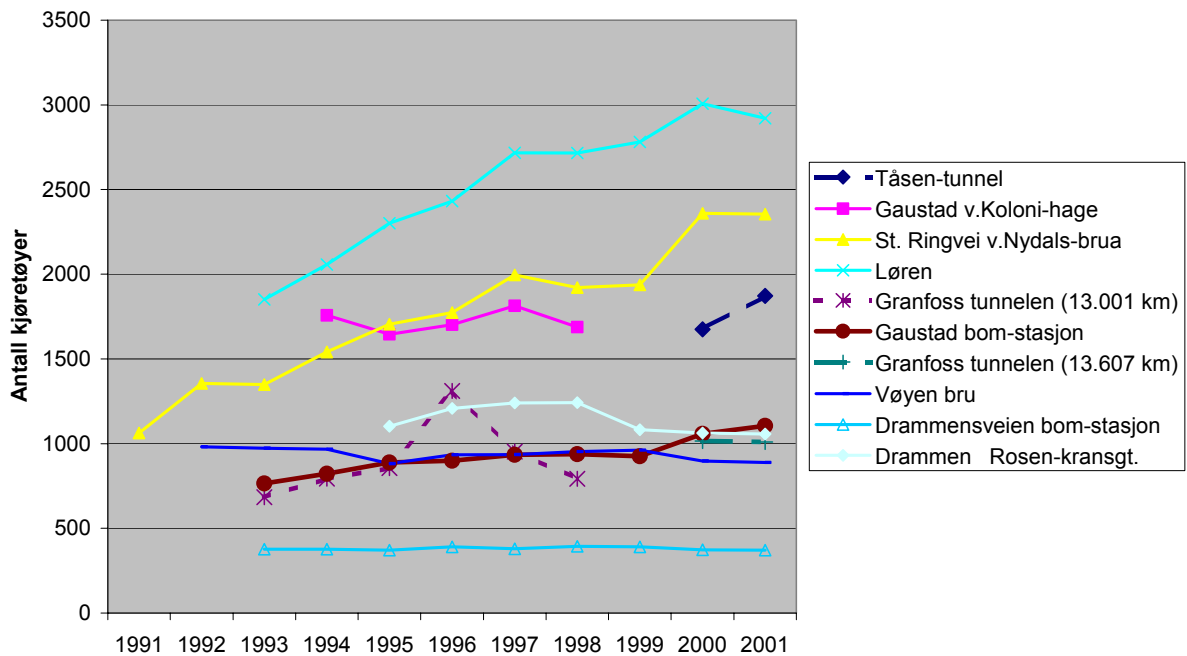
Figur 2: Observerte gjennomsnittlige døgnkonsentrasjoner av partikler i Oslo (Kirkeveien, Tåsen og Nordahl Brunsgate) og i Drammen i vintersesongene.



Figur 3: Observerte gjennomsnittlige døgnkonsentrasjoner av nitrogendioksid i Oslo i vintersesongene.



Figur 4: Antall dager i hver vintersesong med dårlig spredning uten nedbør (EPI1), god spredning (EPI2), og dager med målt døgngjennomsnitt av PM<sub>10</sub> på minst 50 µg/m<sup>3</sup> på minst en stasjon i Oslo.



Figur 5: Totalt antall kjøretøy på nivå-1 tellepunkter (trafikkteiling foregår kontinuerlig). "Vøyen bru" ble brukt for Kirkeveien og for Nordahl Brunsgate, "St. Ringvei v. Nydalsbrua" ble brukt for stasjon Tåsen. "Rosenkransgate" ble brukt i Drammen.



Tabell 3: Oversikt over utvikling i utslipp i Oslo, og utvikling i piggdekkbruk i Oslo (kilder: Oslo Kommune, Statistisk sentralbyrå).  $PM_{10}$  fra veistøv tar hensyn til piggdekkandelutvikling og ble dermed ikke brukt.

	Piggdekkandel	Totalt	Mobil	Totalt <sup>1</sup>	Mobil
	(prosent)	$NO_x$	$NO_x$	$PM_{10}$	$PM_{10}$
År		tonn	tonn	tonn	tonn
1992	81	7111	6235	833	327
1993	81	7049	6245	911	349
1994	78	6532	5729	929	314
1995	69	6601	5794	981	331
1996	75	6851	5903	1040	335
1997	51	6436	5502	1028	316
1998	51	6111	5198	893	297
1999	32	6264*	5326*	872*	290*
2000	21	5887*	4889*	840*	262*

\* Anslått fra nasjonale tall under forutsetning av at forholdet mellom nasjonalt og Oslo kommunes utslipp er det samme som i 1998.

<sup>1</sup> Utslipp fra avfallsbehandling, rivningsarbeid, jordarbeid og steinknusing er ikke inkludert.

Tabell 4: Oversikt over forberedende statistiske modeller som ble undersøkt for  $PM_{10}$ ,  $NO_x$ ,  $NO_2$  og  $NO$ .

Stasjon		Nordahl			Drammen
Type modell	Oppløsning	Brunsgate	Kirkeveien	Tåsen	(siden 1995/96)
Full modell	Time		x		x
	Døgn	x	x	x	x
	Uke		x		x
Redusert modell	Time		x		x
	Døgn	x	x	x	x
	Uke		x		x
Episoder, dårlig spredning	Time		x		
	Døgn	x	x	x	
	Uke		x		
Episoder, god spredning	Time		x		
	Døgn	x	x	x	
	Uke		x		

## 4 Resultater

Sammenhenger mellom forurensningene og forklaringsparametere ble analysert ut fra det oppbygde datasettet med Modell 1 og 2. Stasjonene i Oslo (Kirkeveien, Nordahl Brunsgate, Tåsen før bygging av Tåsentunnel i 1998) ble analysert under ett. Data fra Drammen ble analysert for seg. Korrelasjonskoeffisienter for Oslo og Drammen er vist i tabeller 5 og 6.

Variasjon i konsentrasjoner av nitrogenoksider ble bedre forklart enn variasjon for partikler. Meteorologiske variable knyttet til spredning og fuktighet forklarte alene en betydelig del av variabiliteten i forurensningsmålingene. Konsentrasjonene samvarierte godt med trafikk. Både partikler og nitrogenoksider samvarierte med antall lette kjøretøy. Nitrogenoksider samvarierte også med andel tungtrafikk (som i nærheten av målestedene for det meste var under 10%), mens samvariasjonen mellom partikler og tungtrafikk var relativt stor men ikke statistisk signifikant.

Analyse av den generelle tidstrenden (Model 1), uten hensyn til piggdekkandel men korrigeret for meteorologi og trafikk, viser at tidsutvikling for partikler og nitrogenoksider er ikke lik. Figur 6 viser marginalt avvik i gjennomsnittlig konsentrasjon mellom sesongene 1992/93 fram til 1999/2000 og vintersesongen 2000/2001, når påvirkning av meteorologi og trafikk er korrigeret for (Figur 2 og 3 viser absolutte konsentrasjoner). Nitrogenoksider er klart avtagende i denne perioden, og denne nedgangen er monoton og signifikant. Tidsutviklingen er lik både i episoder 1 og 2 (se avsnitt 3.2 for episodebeskrivelse), hvor nitrogenoksider viser tydelig minskning mot konsentrasjonene i vinter 2000/2001, og for dager med høye og lave partikkelkonsentrasjoner (over og under  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Denne nedgangen skyldes trolig trenden i bruk av katalysator på bensindrevne biler samt den avtagende trenden i totalutslipp av nitrogenoksider.

I de definerte episoder type 1 (se avsnitt 3.2) viser ikke partiklene slik tydelig tidstrend: tidsutviklingen er mer ujevn og ikke statistisk signifikant. Dette trolig skyldes den ujevne utviklingen i totalutslippet av  $\text{PM}_{10}$ . Spesielt kan man trekke fram utslipp av partikler fra vedfyring: Slørdal og Larssen (2001) har anslått at vedfyring kan bidra på kalde dager med opptil 50% av  $\text{PM}_{10}$ -konsentrasjonene på bakgrunnstasjonene og 40% på gatestasjonene.

Modell 2 tar hensyn til utvikling i piggdekkbruk istedenfor den generelle tidstrenden. Modellen gir god forklaringsevne og signifikant sammvariasjon mellom luftforurensningene og piggdekkandel (tabellene 7-9<sup>4</sup>, Figur 7). Figur 7 kvantifiserer sammenhengene for de ulike del-datasett.

Den gjennomsnittlige tendensen som ble funnet tilsvarer en nedgang i partikkelkonsentrasjonene på  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  med 10% nedgang i bruk av piggdekk (f.eks. fra 70% til 60%). Dette er vist for datasett "alle" i Figur 7 (se tabell 7 for

<sup>4</sup> Regresjonskoeffisientens størrelse må sees sammen med størrelse på variabelen (måleenhet, og intervall). Effektstørrelsen anslår man ved å multiplisere regresjonskoeffisienten med tenkt endring i verdi av effektvariabelen: f.eks., hvis regresjonskoeffisienten for sammenheng mellom antall kjøretøyer og  $\text{PM}_{10}$ -verdien er 0.02, så ved gjennomsnittlig 100 flere kjøretøy pr. time stiger døgngjennomsnittsverdi av  $\text{PM}_{10}$  med  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . For enheter se tabell 5 og 6.

tallgrunnlaget), og gjelder for piggdekkbruk mellom 20% og 80% slik den var i den undersøkte tiårsperioden.

I episoder med svak vind fra nord-øst (episode type 1) blir sammenhengen mellom partikkelkonsentrasjonene og piggdekkandel statistisk signifikant og omtrent like stor som i hele datamaterialet (høyere gjennomsnittsverdi men mye større standardavvik som skyldes bl.a. mindre antall dager i episode type 1).

I episoder med bedre spredning (episode type 2) viser partikler ingen samvariasjon med piggdekkandel. Dette skyldes de gjeldende vindforhold; episode type 2 ble definert som kontroll med slikt resultat for øye.

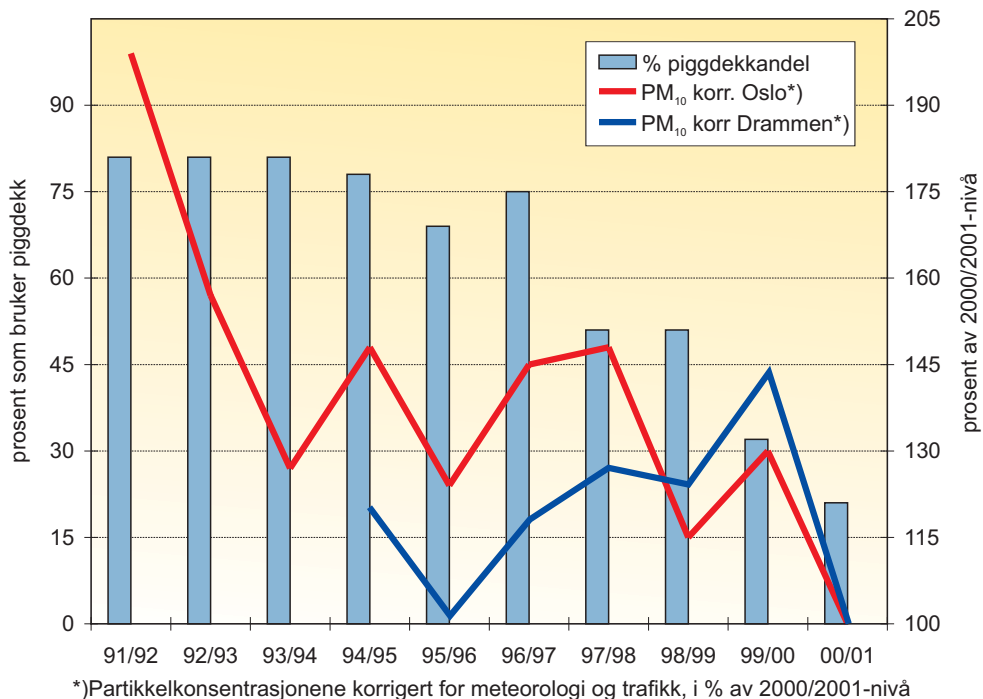
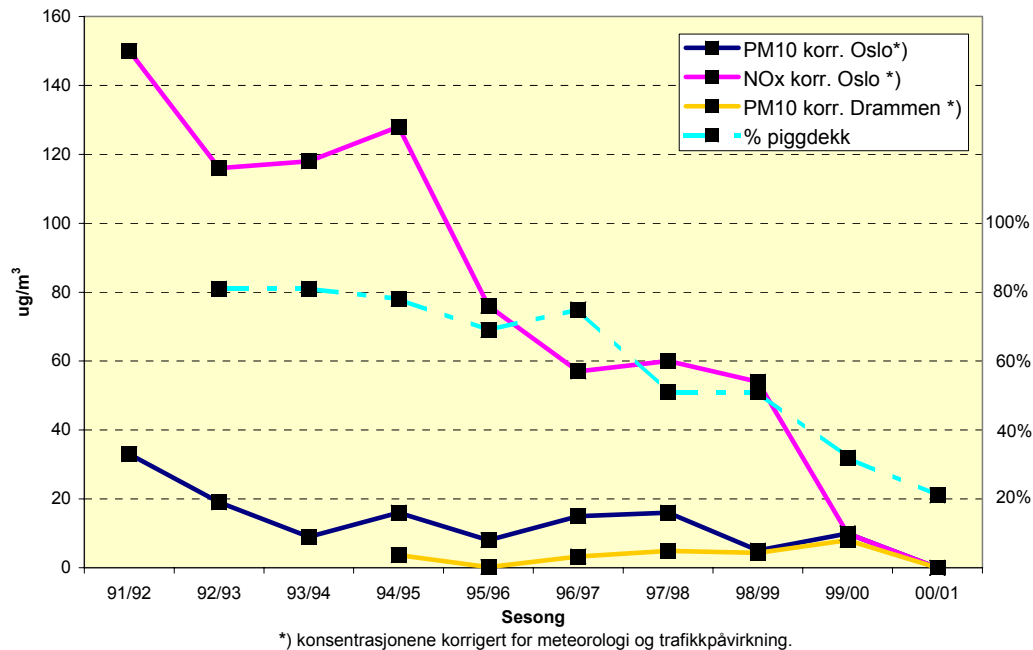
Når datasettet er delt i to ut fra partikkelkonsentrasjonene, viser dager med verdier på  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  eller mer ingen sammenheng med piggdekkandel; det er imidlertid en sammenheng med relativ fuktighet, soltimer og stabilitet slik at konsentrasjonene er godt forklarte. Mange av dagene med høy  $\text{PM}_{10}$  skyldes oppvirvling av veistøv som tørker opp etter en fuktig periode. Larssen og Hagen (1997) anslår at oppvirvling av støvdepot kan bidra med opptil 90%  $\text{PM}_{10}$ . Imidlertid er sammenhengen mellom piggdekkandel og støvdepotets størrelse ikke kjent. Dynamikken med våte til tørre veiforhold kan føre til høye  $\text{PM}_{10}$  konsentrasjoner selv om piggdekkandelen er lav. Etter lange fuktige perioder øker veistøvdepotet tilgjengelig for oppvirvling som er selv ved lav piggdekkandel.

På dager med  $\text{PM}_{10}$ -konsentrasjoner under  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  er sammenhengen mellom  $\text{PM}_{10}$  og piggdekkandel tydelig. Hvis man velger en terskelverdi på  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{PM}_{10}$  istedet for 50, er nedgangen i  $\text{PM}_{10}$  ved redusert piggdekkandel den samme som når en velger  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  som terskel, og viser mindre variabilitet.

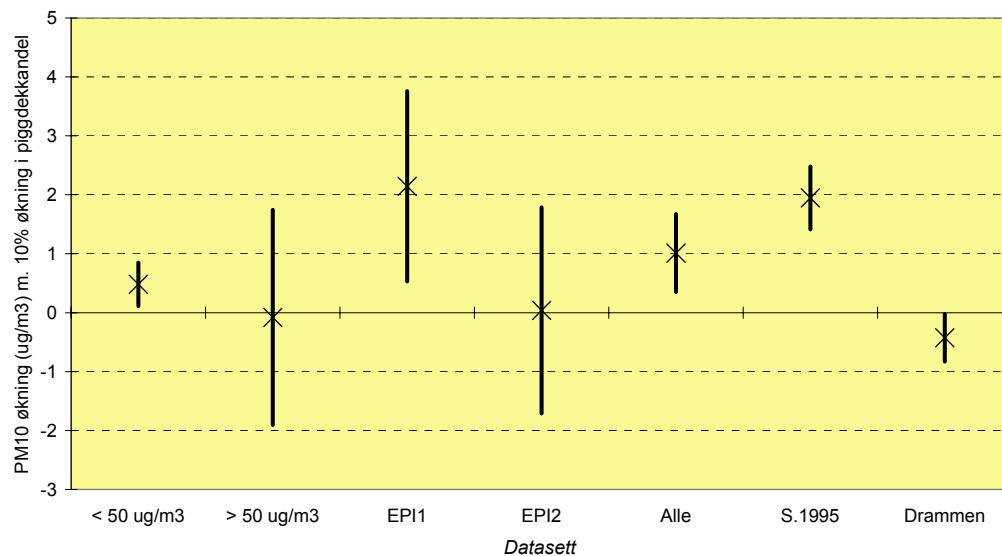
I Drammen er bruken av piggdekk omtrent uendret i den undersøkte perioden, og det er ikke funnet noen tidstrend i partikkelkonsentrasjonene når det tas hensyn til meteorologi og trafikk. Værforhold og trafikkmengde gir god forklaring for partikkelkonsentrasjonene, men forklaringssevnen av modellene 1 og 2 er noe lavere enn i Oslo (se Tabell 10). Dette skyldes delvis at forklaringsvariabelen nedbør ikke er tilgjengelig lokalt i Drammen, bortsett fra en kortere periode med lokale målinger. Partikkelkonsentrasjonene i Drammen viser ingen sammenheng med piggdekkandel i Oslo.

Modellresultatene ble undersøkt for å finne ut om sammenhengene skyldes noen "outliers" eller observasjoner som skiller seg betydelig ut. Slike observasjoner er interessante – de kan skyldes både feil i data og evt. underliggende prosesser som er dårlig beskrevet av de innsamlede data. For å få en full forståelse av modellerte sammenhenger er det viktig å forvise seg om at ingen av disse mulighetene er tilstede. Størst avvik mellom predikterte og observerte konsentrasjoner er det på dager med høye konsentrasjoner som ikke er tilstrekkelig forklart av modellen. Dette kan skyldes både usikkerhet i data og påvirkninger av faktorer som ikke er beskrevet med de innsamlede data eller med de brukte modellformuleringene (modell 1 og 2). En analyse av avvikende datapunkter ga ikke noen systematisk forklaring for de største avvikene.

Luftforurensningene ble også undersøkt for forskjeller mellom konsentrasjonene mellom dagene i piggdekk sesongen og utenom denne sesongen (innenfor vintersesong). Det ble funnet en statistisk signifikant forskjell i partikkelkonsentrasjonene som er mellom 6 og 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  høyere i piggdekk sesongen enn utenom. Mesteparten av de innsamlede data er imidlertid fra den offisielle piggdekk sesongen, og dette anslaget er da bare indikativt. Det ble ikke funnet noen signifikante forskjeller for nitrogenoksider.



Figur 6: Marginal utvikling i  $\text{PM}_{10}$  og  $\text{NO}_x$  mot vintersesong 2000/2001, korrigeret for påvirkning av meteorologi og trafikk (for absolutte verdier, se fig. 2 og 3). Nedre panel viser tall for  $\text{PM}_{10}$  omregnet som prosent av 2000/2001 vintersesong-gjennomsnitt.



Figur 7: Anslått endring i gjennomsnittlig PM<sub>10</sub>-konsentrasjon for ulike datasekk, ved 10% endring i piggdekkbruk (piggdekkandel mellom 20 og 80%). Datasekk:

dager med målt konsentrasjon minst 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  PM<sub>10</sub> på minst en stasjon (> 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ),

dager med alle stasjonene under 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (< 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

dager med lite vind uten nedbør (EPI1),

dager med god spredning (EPI2),

samlet datasekk fra Oslo (Alle),

samlet datasekk fra Oslo siden 1995 (S. 1995)

datasekk fra Drammen (Drammen).

Tabell 5: Korrelasjonskoeffisienter for døgndata (gjennomsnittlig timesverdi), Oslo. Antall dager for hver koeffisient varierer rundt 2800 (med unntak av  $PM_{2,5}$  som ligger på 750). Alle stasjonene slått sammen.

	DD	FF	FG	RR	TA	UU	SOL	$\Delta T$	$PM_{10}$	$PM_{2,5}$	NO	$NO_2$	$NO_x$	Y	ANG	ORT	ND	TT_A	PIGG	YE
DD (vindretning, grader)	1,00	-0,05	0,14	-0,12	0,34	-0,19	0,20	0,07	0,14	0,07	-0,02	0,10	-0,01	-0,05	-0,05	-0,05	0,00	0,13	0,13	-0,11
FF (vindhastighet, m/s)	-0,05	1,00	0,88	0,14	0,21	-0,28	0,01	-0,32	-0,24	-0,40	-0,43	-0,54	-0,46	-0,03	-0,02	-0,03	-0,01	0,01	0,01	-0,03
FG (vindkast, m/s)	0,14	0,88	1,00	0,11	0,32	-0,40	0,11	-0,22	-0,15	-0,38	-0,40	-0,46	-0,43	-0,05	-0,05	-0,05	-0,04	0,07	0,07	-0,09
RR (nedbør, mm)	-0,12	0,14	0,11	1,00	0,14	0,27	-0,27	-0,20	-0,24	-0,20	-0,15	-0,19	-0,17	0,03	0,04	0,02	0,03	-0,06	0,06	0,04
TA (temperatur, gr. C)	0,34	0,21	0,32	0,14	1,00	-0,02	0,00	-0,23	-0,07	-0,21	-0,27	-0,30	-0,29	-0,05	0,01	-0,05	0,06	-0,07	0,00	0,00
UU (relativ fuktighet, %)	-0,19	-0,28	-0,40	0,27	-0,02	1,00	-0,70	-0,19	-0,27	0,11	0,12	-0,02	0,11	0,03	0,06	0,03	0,06	-0,05	0,04	0,04
SOL (soltimer, antall)	0,20	0,01	0,11	-0,27	0,00	-0,70	1,00	0,27	0,24	-0,01	0,01	0,19	0,03	-0,02	-0,01	-0,02	0,01	-0,01	0,07	0,07
$\Delta T$ (stabilitet, gr. C)	0,07	-0,32	-0,22	-0,20	-0,23	-0,19	0,27	1,00	0,34	0,46	0,52	0,58	0,54	-0,02	-0,08	-0,01	-0,10	0,16	0,16	-0,15
$PM_{10}$ ( $\mu g/m^3$ )	0,14	-0,24	-0,15	-0,24	-0,07	-0,27	0,24	0,34	1,00	0,60	0,50	0,51	0,52	0,18	0,09	0,19	0,01	0,21	0,21	-0,21
$PM_{2,5}$ ( $PM_{2,5}$ , $\mu g/m^3$ )	0,07	-0,40	-0,38	-0,20	-0,21	0,11	-0,01	0,46	0,60	1,00	0,77	0,68	0,78	0,06	-0,11	0,08	-0,15	0,26	0,26	-0,30
NO ( $\mu g/m^3$ )	-0,02	-0,43	-0,40	-0,15	-0,27	0,12	0,01	0,52	0,50	0,77	1,00	0,71	0,99	0,30	0,19	0,31	0,09	0,25	0,25	-0,24
$NO_2$ ( $\mu g/m^3$ )	0,10	-0,54	-0,46	-0,19	-0,30	-0,02	0,19	0,58	0,51	0,68	0,71	1,00	0,77	0,21	0,16	0,21	0,12	0,21	0,21	-0,14
$NO_x$ ( $\mu g/m^3$ )	-0,01	-0,46	-0,43	-0,17	-0,29	0,11	0,03	0,54	0,52	0,78	0,99	0,77	1,00	0,31	0,21	0,31	0,11	0,24	0,24	-0,21
KJTOY (antall kjoretøy)	-0,05	-0,03	-0,05	0,03	-0,05	0,03	-0,02	-0,02	0,18	0,06	0,30	0,21	0,31	1,00	0,83	1,00	0,48	-0,10	0,13	0,13
KJTLANG (antall kj.tøy lengre enn 5.5 m)	-0,05	-0,02	-0,05	0,04	0,01	0,06	-0,01	-0,08	0,09	-0,11	0,19	0,16	0,21	0,83	1,00	0,78	0,81	-0,31	0,31	0,33
KJTKORT (antall kj.tøy opptil 5.5 m lang)	-0,05	-0,03	-0,05	0,02	-0,05	0,03	-0,02	-0,01	0,19	0,08	0,31	0,21	0,31	1,00	0,78	1,00	0,42	-0,07	0,10	0,10
TT_AND (andel tungtrafikk)	0,00	-0,01	-0,04	0,03	0,06	0,06	0,01	-0,10	0,01	-0,15	0,09	0,12	0,11	0,48	0,81	0,42	1,00	-0,37	0,40	0,40
PIGG (piggekkandel)	0,13	0,01	0,07	-0,06	-0,07	-0,05	-0,01	0,16	0,21	0,26	0,25	0,21	0,24	-0,10	-0,31	-0,07	-0,37	1,00	-0,92	-0,92
YEAR (kallenderår)	-0,11	-0,03	-0,09	0,04	0,00	0,04	0,07	-0,15	-0,21	-0,30	-0,24	-0,14	-0,21	0,13	0,33	0,10	0,40	-0,92	1,00	1,00

Tabell 6: Korrelasjonskoeffisienter for Drammen (gjennomsnittlige timesverdier).  
Antall dager varierer rundt 1000. Soltimer og stabilitet er målt i Oslo.

	Vindretning	Vindstyrke	Vindkast	Temperatur	Rel. fuktighet	Antall soltimer	Stabilitet	Nedbør	PM <sub>10</sub>	Antall kjøretøy
Vindretning	1,00	-0,09	0,03	-0,47	-0,23	0,27	0,14	-0,31	0,15	0,11
Vindstyrke	-0,09	1,00	0,94	0,32	-0,51	0,17	-0,10	0,05	-0,21	0,06
Vindkast	0,03	0,94	1,00	0,30	-0,57	0,21	-0,06	0,04	-0,23	0,04
Temperatur	-0,47	0,32	0,30	1,00	-0,16	-0,04	0,00	0,17	-0,13	-0,02
Rel. fuktighet	-0,23	-0,51	-0,57	-0,16	1,00	-0,64	-0,16	0,29	-0,27	-0,06
Antall soltimer	0,27	0,17	0,21	-0,04	-0,64	1,00	0,23	-0,28	0,34	0,03
Stabilitet	0,14	-0,10	-0,06	0,00	-0,16	0,23	1,00	-0,22	0,22	0,09
Nedbør	-0,31	0,05	0,04	0,17	0,29	-0,28	-0,22	1,00	-0,24	-0,06
PM <sub>10</sub>	0,15	-0,21	-0,23	-0,13	-0,27	0,34	0,22	-0,24	1,00	0,17
Antall kjøretøy	0,11	0,06	0,04	-0,02	-0,06	0,03	0,09	-0,06	0,17	1,00

Tabell 7: Resultater for Oslo av Modell 2 for data siden 1995 og for hele datasettet, partikler og nitrogenoksider. Kolonnene viser regresjonskoeffisient og koeffisientens standardavvik. Koeffisienter som ikke er statistisk signifikante er merket med **kursiv** (univariat signifikansnivå ca. 5%).

	Alle data		Data siden 1995		Alle data		Data siden 1995	
	Koeff.	Std. avvik	Koeff.	Std. avvik	Koeff.	Std. avvik	Koeff.	Std. avvik
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>10</sub>	NO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>
Vindretning	0,029	0,008	0,033	0,007	<i>0,069</i>	<i>0,037</i>	0,124	0,037
Vindhastighet	-2,561	0,810	-4,384	0,686	-16,003	3,948	-33,896	3,627
Vindkast	<i>0,460</i>	<i>0,414</i>	<i>0,763</i>	<i>0,345</i>	-4,265	2,023	-0,247	<i>1,826</i>
Nedbør	-0,794	0,180	-0,901	0,166	-2,403	0,981	-3,276	0,880
Temperatur	-0,322	0,120	-0,308	0,110	-4,461	0,592	-5,896	0,586
Relativ fuktighet	0,144	0,026	0,061	0,024	1,328	0,134	0,764	0,131
Soltimer	1,349	0,192	n.a.	n.a.	<i>-1,243</i>	<i>0,973</i>	n.a.	n.a.
Stabilitet ΔT	26,961	2,868	1,613	0,171	351,174	13,857	2,495	0,928
Piggdekkandel	10,097	3,229	19,468	2,618	133,335	18,230	185,232	17,382
Antall lette kjøretøy	0,020	0,002	0,021	0,002	0,112	0,009	0,103	0,009
Andel tungtrafikk	<i>-5,941</i>	<i>13,456</i>	<i>3,839</i>	<i>13,980</i>	313,257	67,385	304,465	71,315
Avvik mellom Kirkeveien og Tåsen	-10,252	2,105	-8,888	1,690	-28,756	10,075	-11,938	9,735
Avvik mellom Kirkeveien og Nordahl Brunsgate	-8,843	1,143	-9,081	1,100	-112,606	5,983	-119,582	6,675
Forklart spredning (andel)	0,771		0,735		0,874		0,817	

n.a....ikke tilgjengelig før 1995

Tabell 8: Resultater for Oslo av Modell 2 for data siden 1995 på Episode type 1 dager og Episode type 2 dager, partikler og nitrogenoksider. Kolonnene viser regresjonskoeffisient og koeffisientens standard avvik. Koeffisienter som ikke er statistisk signifikante er merket med **kursiv** (univariat signifikansnivå ca. 5%).

	Episode type 1		Episode type 1		Episode type 2		Episode type 2	
	Koeff.	Std. avvik	Koeff.	Std. avvik	Koeff.	Std. avvik	Koeff.	Std. avvik
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>10</sub>	NO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>10</sub>	NO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>
Vindretning	0,054	0,020	0,234	0,116	0,106	0,030	<i>0,125</i>	<i>0,118</i>
Vindhastighet	<i>-2,561</i>	<i>2,095</i>	<i>-10,626</i>	<i>11,842</i>	<i>1,059</i>	<i>1,841</i>	<i>-25,119</i>	<i>7,202</i>
Vindkast	<i>-0,669</i>	<i>1,043</i>	<i>-16,500</i>	<i>5,927</i>	<i>-0,523</i>	<i>0,846</i>	<i>5,651</i>	<i>3,284</i>
Nedbør	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	<i>-0,521</i>	<i>0,403</i>	<i>-0,954</i>	<i>1,558</i>
Temperatur	<i>-0,482</i>	<i>0,282</i>	<i>-1,645</i>	<i>1,664</i>	<i>0,197</i>	<i>0,428</i>	<i>-3,547</i>	<i>1,710</i>
Rel. fuktighet	<i>0,023</i>	<i>0,077</i>	<i>2,140</i>	<i>0,468</i>	<i>0,069</i>	<i>0,081</i>	<i>1,046</i>	<i>0,334</i>
Soltimer	<i>1,543</i>	<i>0,375</i>	<i>-1,287</i>	<i>2,301</i>	<i>-0,519</i>	<i>0,540</i>	<i>0,810</i>	<i>2,165</i>
Stabilitet ΔT	<i>7,100</i>	<i>6,000</i>	<i>353,769</i>	<i>33,952</i>	<i>38,065</i>	<i>10,449</i>	<i>364,110</i>	<i>40,802</i>
Piggdekkandel	<i>21,434</i>	<i>7,907</i>	<i>161,533</i>	<i>55,271</i>	<i>0,399</i>	<i>8,569</i>	<i>11,076</i>	<i>37,937</i>
Antall lette kjøretøy	<i>0,022</i>	<i>0,005</i>	<i>0,101</i>	<i>0,027</i>	<i>0,017</i>	<i>0,004</i>	<i>0,105</i>	<i>0,015</i>
Andel tungtraffikk	<i>61,733</i>	<i>36,723</i>	<i>545,714</i>	<i>218,030</i>	<i>-47,261</i>	<i>27,045</i>	<i>192,814</i>	<i>112,177</i>
Avvik mellom Kirkeveien og Tåsen	<i>-10,295</i>	<i>4,864</i>	<i>-25,290</i>	<i>27,812</i>	<i>-12,999</i>	<i>5,148</i>	<i>44,936</i>	<i>19,930</i>
Avvik mellom Kirkeveien og Nordahl Brunsgate	<i>-13,539</i>	<i>2,842</i>	<i>-154,273</i>	<i>17,928</i>	<i>-8,701</i>	<i>2,302</i>	<i>-69,392</i>	<i>9,233</i>
Forklart spredning (andel)	<i>0,819</i>			<i>0,889</i>	<i>0,807</i>		<i>0,897</i>	

n.a. episodedefinisjon forutsetter null nedbør



Tabell 9: Resultater for Oslo av Modell 2 for data siden 1995 på dager med minst en stasjon over  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{PM}_{10}$ , partikler og nitrogendioksider. Kolonnene i tabellen er regresjonskoeffisient (Koeff.) og koeffisientens standard avvik (Std.avvik). Koeffisienter som ikke er statistisk signifikante er merket med **kursiv** (univariat signifikansnivå ca. 5%).

	Alle stasjoner under $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$				Minst en stasjon $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eller høyere			
	Koeff.	Std. avvik	Koeff.	Std. avvik	Koeff.	Std. avvik	Koeff.	Std. avvik
	$\text{PM}_{10}$	$\text{PM}_{10}$	$\text{NO}_x$	$\text{NO}_x$	$\text{PM}_{10}$	$\text{PM}_{10}$	$\text{NO}_x$	$\text{NO}_x$
Vindretning	0,029	0,005	0,086	0,036	<i>0,025</i>	<i>0,016</i>	<i>0,030</i>	<i>0,082</i>
Vindhastighet	-1,028	0,460	-17,146	3,722	<i>-0,295</i>	<i>2,183</i>	<i>-15,686</i>	<i>10,640</i>
Vindkast	<i>0,210</i>	<i>0,243</i>	<i>-0,842</i>	<i>1,963</i>	<i>0,917</i>	<i>0,961</i>	-15,635	4,701
Nedbør	-0,526	0,093	-1,932	0,834	<i>-0,581</i>	<i>0,882</i>	<i>0,561</i>	<i>4,802</i>
Temperatur	-0,338	0,073	-3,619	0,600	<i>-0,226</i>	<i>0,253</i>	-3,613	1,267
Rel. fuktighet	0,174	0,015	1,197	0,128	0,417	0,070	1,370	0,362
Soltimer	0,657	0,127	<i>-1,879</i>	<i>1,053</i>	0,927	0,374	<i>-3,178</i>	<i>1,946</i>
Stabilitet $\Delta T$	7,633	2,088	307,235	16,817	19,738	5,069	327,091	24,699
Piggdekkandel	4,816	1,801	100,110	16,680	<i>-0,806</i>	<i>8,949</i>	285,722	50,547
Antall lette kjøretøy	0,006	0,001	0,097	0,009	0,020	0,004	0,121	0,021
Andel tungtrafikk	<i>-2,031</i>	<i>7,468</i>	248,342	62,089	<i>37,940</i>	<i>36,353</i>	707,872	180,863
Avvik mellom Kirkeveien og Tåsen	-3,369	1,273	<i>-13,150</i>	<i>10,028</i>	<i>-8,284</i>	<i>4,553</i>	-69,147	22,224
Avvik mellom Kirkeveien og Nordahl Brunsgate	-4,062	0,643	-88,396	5,644	-24,516	2,742	-182,370	13,981
Forklart spredning (andel)	0,861		0,869		0,881		0,910	

Tabell 10: Resultater av regresjonsmodellen for Drammen. Koeffisienter som ikke er statistisk signifikante er merket med ***kursiv***.

Variabel	Koeff	Std.avvik	Koeff	Std.avvik
	modell 1		modell 2	
Y95	3,668	1,696	na	
Y96	<i>0,247</i>	<i>1,732</i>	na	
Y97	<i>3,280</i>	<i>1,778</i>	na	
Y98	4,926	1,667	na	
Y99	4,321	1,579	na	
Y00	7,996	1,557	na	
Vindretning	0,301	0,065	0,333	0,065
Vindstyrke	9,087	2,184	8,241	2,194
Vindkast	-5,302	0,829	-4,694	0,826
Temperatur	<i>-0,026</i>	<i>0,076</i>	<i>0,122</i>	<i>0,074</i>
Rel.fuktighet	<i>-0,006</i>	<i>0,020</i>	<i>0,031</i>	<i>0,019</i>
Antall soltimer i Oslo	1,275	0,126	1,320	0,126
Nedbør	-0,215	0,094	-0,205	0,096
Andel piggdekk Oslo	n.a.	n.a.	<i>-2,135</i>	<i>2,141</i>
Antall kjøretøy	0,014	0,001	0,014	0,001
Forklart variabilitet	0,821		0,810	

na..ikke i modellen.

## 5 Diskusjon

Det er mange faktorer som påvirker konsentrasjonen av luftforurensninger. For å fange den potensielt forskjellige utviklingen i enkeltfaktorer ble analysen utført både på hele datasettet og på flere del-datasett som var bygget opp for å skille ut ulike utviklinger. På denne måten har man laget en forsøksplan med potensiale for å skille mellom virkning av de ulike faktorene.

Del-datasettene ble definert både ut fra meteorologiske forhold og ut fra partikkelkonsentrasjoner (avsnitt 3.2). "Episoder type 1" som var definert ut fra meteorologiske forhold (perioder med lite vind) var imidlertid ikke sammenfallende med situasjoner med høyest konsentrasjoner av PM<sub>10</sub>. Dette var heller ikke hensikten: man ønsket å identifisere relativt homogene episoder, slik at meteorologiens påvirkning på konsentrasjonene var mest mulig lik og andre faktorer kunne komme til syne. Dette har gitt forventede resultater.

Resultatene viser en samvariasjon mellom piggdekkandel og konsentrasjonene av partikler i Oslo. Dette er, i tillegg til for hele datasettet, mest tydelig i episoder type 1 med lite vind, og på dager med partikkelkonsentrasjoner under 50 µg/m<sup>3</sup>. På dager med "god spredning" (sør-vest vind over 1 m/s) i episoder type 2 ser man ingen signifikant sammenheng mellom piggdekkandel og partikkelkonsentrasjoner. Det er heller ingen synlig sammenheng på dager med de høyere konsentrasjonene. Disse dagene omfatter varierte meteorologiske forhold, og tyder på at denne deldataset bør sees på for å analysere nærmere de forhold som leder til makskonsentrasjonene.

De resultatene man har kommet fram til er rimelig godt i samsvar med tidligere analyser. Larssen og Hagen (1997) har sett på bidrag fra ulike kilder til vinter-middelkonsentrasjonen av partikler og til konsentrasjoner på de fem dager med høyeste PM<sub>10</sub> konsentrasjoner ved stasjoner i Oslo, Bergen og Trondheim, i årene 1992-1996, hvor piggdekkandelen var høy (over 75%).

Ved gater som f.eks. Kirkeveien og Ringveien v/Tåsen var vinter-middelverdien av PM<sub>10</sub> typisk omtrent 40 µg/m<sup>3</sup>, og fordelingen av bidrag fra ulike kilder ble anslått som følger:

– Veistøv (slitasje og oppvirvling):	20-30%	dvs.	8 – 12 µg/m <sup>3</sup>
– Forbrenning (bileksos og vedfyring):	35-40%	dvs.	14 – 18 µg/m <sup>3</sup>
– Langtransportert forurensning: (regional bakgrunn)	30-35%	dvs.	12-14 µg/m <sup>3</sup>

Når ca. 80% piggdekkandel ga et anslått bidrag til PM<sub>10</sub> fra veistøv på 8 – 12 µg/m<sup>3</sup>, og forutsetter lineær sammenheng mellom piggdekkandel og PM<sub>10</sub>-bidrag, vil en 10% (absolutt) endring i piggdekkandel tilsvare en endring i PM<sub>10</sub> i vintermiddelverdi, på vel 1 µg/m<sup>3</sup>.

Vårt anslag for reduksjon på rundt 1 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>10</sub> i halvårs-gjennomsnittskonsentrasjon med 10% (absolutt) reduksjon i piggdekkandel (basert på data fra de samme stasjoner som ovenfor, men med en annen analysemetode) samsvarer godt med dette tidligere resultatet.

Hagen og Arnesen (2001) viser bl.a. utviklingen i halvårsmiddelkonsentrasjoner og maksimalverdier av partikler i den undersøkte perioden på Kirkeveien, Tåsen og Gamlebyen stasjon (s. 34 og 35). I den undersøkte perioden er det en tydelig nedgang både for observerte maksimum og gjennomsnittsverdiene (når man ser bort fra tunnelutbygging ved av Tåsen vinteren 97/98). Vår analyse viser at en vesentlig del av denne trenden kan tilskrives den reduserte bruken av piggdekk.

På dager med høye konsentrasjoner er den målte konsentrasjonen ofte høyere enn beregnet med de benyttede statistiske modeller, men man har ikke klart å identifisere faktorer som kan bidra til bedre forklaring. Hvis man normaliserer inngangsdata (f.eks. ved bruk av logaritmisk transformasjon), blir denne underprediksjonen mindre, men man kan spekulere om det finnes noen viktige faktorer som ikke er tilstrekkelig beskrevet i den nåværende analysen. Larssen og Hagen (1997) har også sett på bidrag fra ulike kilder til middelkonsentrasjonen av partikler på de fem dagene med høyeste PM<sub>10</sub> konsentrasjoner. De anslår at bidrag fra oppvirvling på veistasjonene utgjør omtrent 90% av konsentrasjonene (mellom 100 og 150 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>10</sub>, ut fra data fram til vinteren 1995/96). Maks-konsentrasjoner har vi ikke undersøkt for trender, men det er sannsynlig at sammenhenger mellom piggdekkslitasje, oppbygging av støvdepot i fuktige perioder og frigjøring av støvet når det tørker opp er utslagsgivende her. Denne sammenhengen er ikke triviell. Videre arbeid er nødvendig for å finne å kvantifisere de faktorer som styrer høye konsentrasjoner: en tilfredstillende statistisk modell ville gi viktige innspill til videre arbeid med beskrivelse av utslipp og spredning for partikler.

Selv om den statistiske analysen ikke tok for seg de maksimale konsentrasjonene og ikke har gitt signifikant sammenheng mellom høye PM<sub>10</sub>-verdier og piggdekkandel, viser langtids måleserier at de maksimale PM<sub>10</sub>-verdier ved veier har blitt en god del redusert de siste årene.

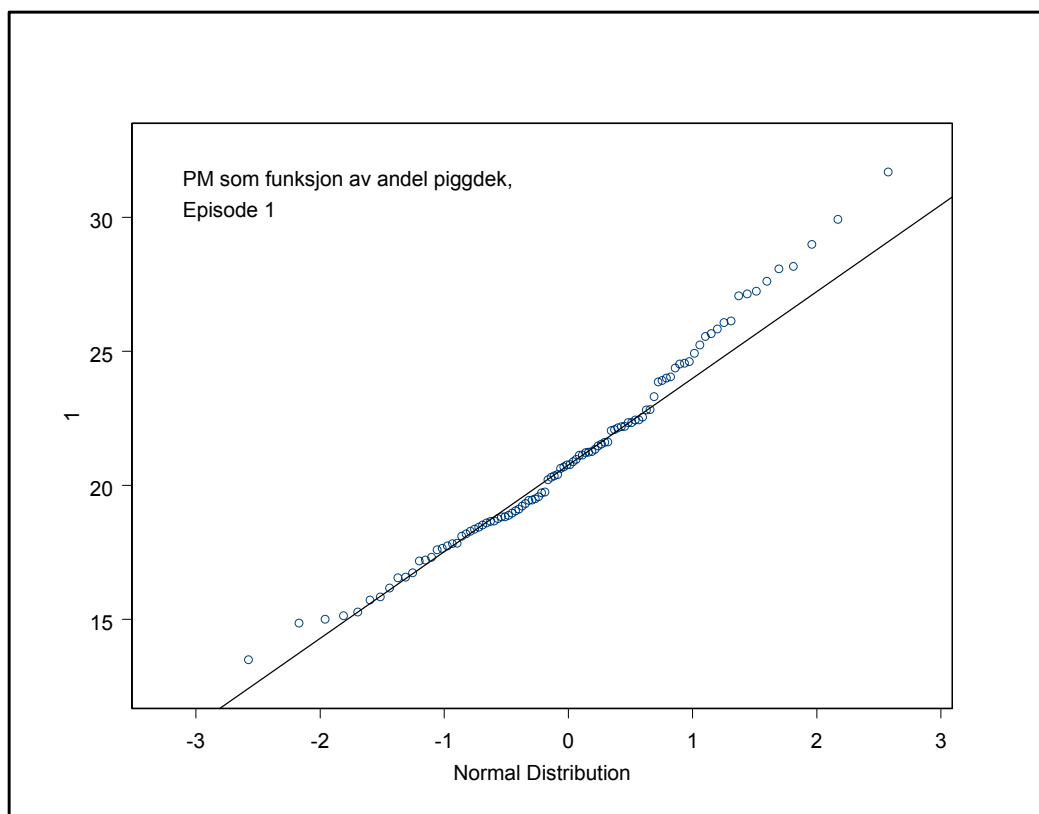
En linear regresjonsanalyse gir vanligvis gode gjennomsnittresultater selv når inngangsvariablene ikke er normalfordelte. Signifikanstester kan imidlertid gi noe misvisende resultater i tilfelle de inngående observasjonene ikke er normalfordelt. For å undersøke dette ble det utført en Monte-Carlo simuleringstudie på et del-datasett, perioder med dårlig spredning uten regn (figur 8). Studien viste at det simulerte ikke-parametriske konfidensintervallet for forandring i partikler med 10% nedgang på piggdekkandel, som er fra 1.5 til 3 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>10</sub>, er betydelig smalere enn det parametriske konfidensintervallet fra 0.5 til 3.7 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>10</sub> (se tabell 8 og figur 7). Dette tyder på at de estimerte konfidensintervaller (Figur 7) er konservative.

Strategien for statistisk analyse har utviklet seg betydelig i prosjektets løp. Den opprinnelige analyseplanen ble lagt opp slik at man tok for seg hver stasjon separat, og undersøkte for hver tidsaggregering (time, døgn, uke) en modell med størst mulig antall variable som beskriver meteorologi og utslipp (full modell), og en modell formulert ut fra fysiske prinsipper (reduert modell). Det viste seg fort at tilgjengelige utslippsvariable er godt korrelert med hverandre, og bidrar med lite informasjon: det blir fort generert et uoversiktlig antall resultater med bare uvesentlige forskjeller. Man fant også ut at ulempene som har sin opprinnelse i usikkerhet i timesdata som følge av mulige tidsforskyvninger og usikkerhetene

knyttet til romlig plassering ikke blir kompensert med den finere tidsopløsningen.

Disse problemmomentene kan imidlertid løses. I tilfelle korrelerte data kan man ta i bruk metoder som tar hensyn til korrelasjoner, men resultatene av slike modeller er det gjerne vanskelig å gi tilstrekkelig fysikalsk mening siden de bruker sammenlagte "syntetiske" variable. Man kan alternativt prøve å følge en forsøksplan som er mer spesifikk for de spørsmålene som ønskes besvart. I tillegg kan man legge sammen data fra flere stasjoner og ta hensyn til forskjellene mellom stasjonene i modellformuleringen, og man kan velge tidsaggregering ut fra datakvalitet. Det er denne andre strategien som vi etter hvert har tatt i bruk.

I tillegg til de inngangsdata som er omtalt her har vi beregnet og forsøkt å bruke time-spesifikt utslipp fra trafikk på enkelte lenker i Oslo. Denne estimeringen har vært beheftet med tekniske problemer. Analysen omfatter 10 år, som innebærer at utslippsestimeringen baserer seg på en vanskelig sammenstilling av flere trafikkdatabaser. Resultatene førte ikke til en gevinst i form av bedre forklaringssevne av variasjonen i partiklene.



*Figur 8: Resultat av en Monte-Carlo studie for regresjonskoeffisienten for sammenheng mellom piggdekkandel og partikkelkonsentrasjoner i episoder type 1 (lite vind). Figuren viser regresjonskoeffisient for 100 simulerte datasett (tilfeldige 75%-utvalg fra alle episode-1 dager).*

## 6 Konklusjoner

Analysene tilsier at det er en ikke-tilfeldig samvariasjon mellom konsentrasjonene av partikler og piggdekkbruk i Oslo. Analysen har vist en gjennomsnittlig reduksjon av ca.  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{PM}_{10}$  (døgn-gjennomsnitt i piggdekk sesongen) med 10% (absolutt) reduksjon i piggdekkandel. Denne utviklingen er dokumentert i Oslo mens en slik trend naturlig nok ikke kan vises i Drammen, hvor det er ubetydelig variasjon i piggdekkandel i den undersøkte perioden. Meteorologiske forhold ved målestedene og trafikken forbi stasjonene er klart utslagsgivende for konsentrasjonene. Datamaterialet er mer komplett for Oslo hvor det er flere stasjoner med lengre datadekning for både nitrogenoksider og partikler, og flere meteorologiske parametere enn for Drammen.

Etter denne vurdering av resultatene kan man besvare de viktigste spørsmålene slik:

Kan vi se forskjell mellom piggdekk sesong og ikke-PDS?	Ja i Oslo Ja i Drammen
Kan vi se reduksjon i partikkel-konsentrasjonene med reduksjon av andel piggdekk i Oslo?	Ja i Oslo Nei i Drammen (her er også piggdekkandel lite variert).
Kan sammenhengen kvantifiseres?	Den er i størrelsesorden $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $\text{PM}_{10}$ nedgang (gjennomsnitt for hele perioden) med 10% (absolutt) nedgang på piggdekkandel (gjelder for de målesteder som er analysert her, som har en gjennomsnittlig $\text{PM}_{10}$ -konsentrasjon som ble redusert fra knapt $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i 1992-93 til ca. $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i 1998-99).
Kan vi skille andre faktorer (teknologisk utvikling, andre utslipps-reduksjoner) ?	Ja. Ut fra forskjell mellom utvikling i Drammen og Oslo hvor man antar at utslippsituasjonen har samme utvikling, og ut fra sammenlikningene med resultater for nitrogenoksider.

Resultatene gir grunn for å undersøke nærmere hvilke forandringer som bør foreslås for beregningsmodellene for partikler. De innsamlede data gir god mulighet for slike undersøkelser. Forholdet mellom meteorologiske parametere og konsentrasjonene av svevestøv både for lave og høye konsentrasjoner, utover det som er utført innenfor nåværende arbeid, kan studeres videre, med hensyn også til data innsamlet av Statens Vegvesen i forbindelse med salting av veibane, og muligens også ved bruk av målinger fra andre stasjoner med kortere tidsserier.

## 7 Referanser

- Flugsrud, K.I., Gjerald, E., Haakonsen, G. et al. (2000) The Norwegian emission inventory. Documentation of methodology and data for estimating emissions of greenhouse gases and long-range transboundary air pollutants. Oslo (Statistisk Sentralbyrå rapport 1/2000).
- Hagen, L.O. og Arnesen, K. (2001) Måling av luftkvalitet ved sterkt trafikkerte veier i Oslo vinteren 2000/2001. Kjeller (NILU OR 48/2001).
- Hagen, L.O og Haugsbakk, I. (2000) Målinger av luftkvalitet ved to sterkt trafikkerte veier i Oslo vinteren 1999/2000. Kjeller (NILU OR 32/2000).
- Hunnes, O.K. (1997) Luftforurensninger i Oslo. Årsrapport 1997. Oslo (Miljø- og næringsmiddeletaten rapport 48/1997).
- Hunnes, O.K. (1999) Luftforurensninger i Oslo 1999. Oslo (Helsevernetaten rapport 90/1999).
- Hunnes, O.K. og Myrtveit, I. (2000) Luftforurensninger i Oslo. Status, utvikling og føringer. Oslo (Helsevernetaten rapport 54/2000).
- Hunnes, O.K. og Myrtveit, I. (2001) Luftforurensninger i Oslo. Status 2001. Oslo (Helsevernetaten rapport 39/2001).
- Kleinbaum, D.G., Kupper, L.L. og Muller, K.E. (1988) Applied regression analysis and other multivariable methods. Boston, 2<sup>nd</sup> ed. PWS-Kent Publishing Company.
- Larssen, S. og Gustavsen, G.W. (1991) Overvåking av luftforurensninger fra biltrafikk 1990. Målinger i Oslo 1980-90. Lillestrøm (NILU OR 59/91).
- Larssen, S. og Hagen, L.O. (1997) Partikkelforurensning fra piggdekk. Kjeller (NILU OR 16/97).
- Larssen, S. og Hagen, L.O. (1998) Luftkvalitet i norske byer. Utvikling, årsaker, tiltak, framtid. Kjeller (NILU OR 69/98).
- Slørdal, L.H. og Larssen, S (2001) Vedfyring og svevestøv. Beregninger i Oslo vinteren 1998/1999. Kjeller (NILU OR 37/2001).



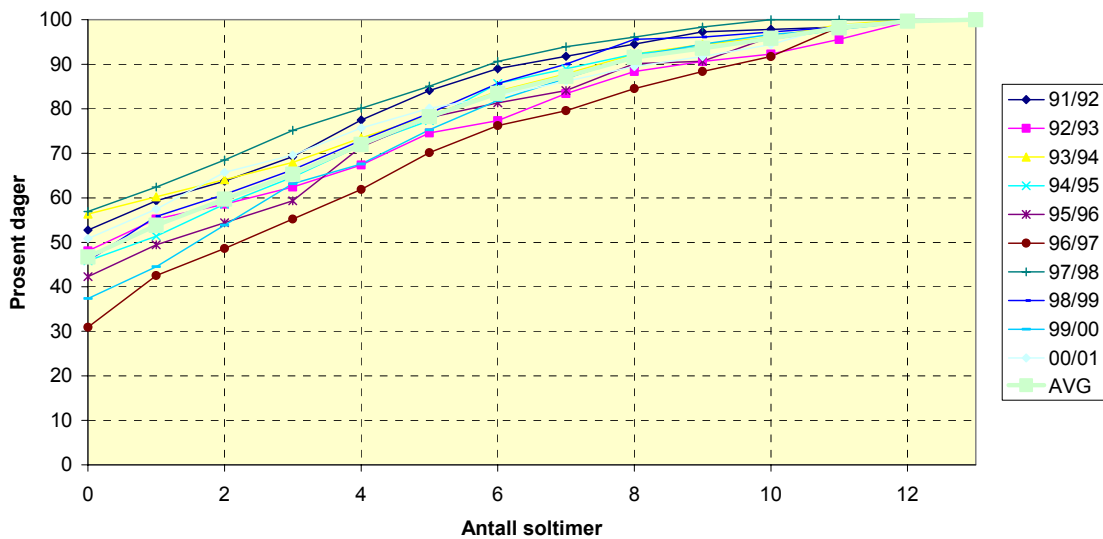


## **Vedlegg A**

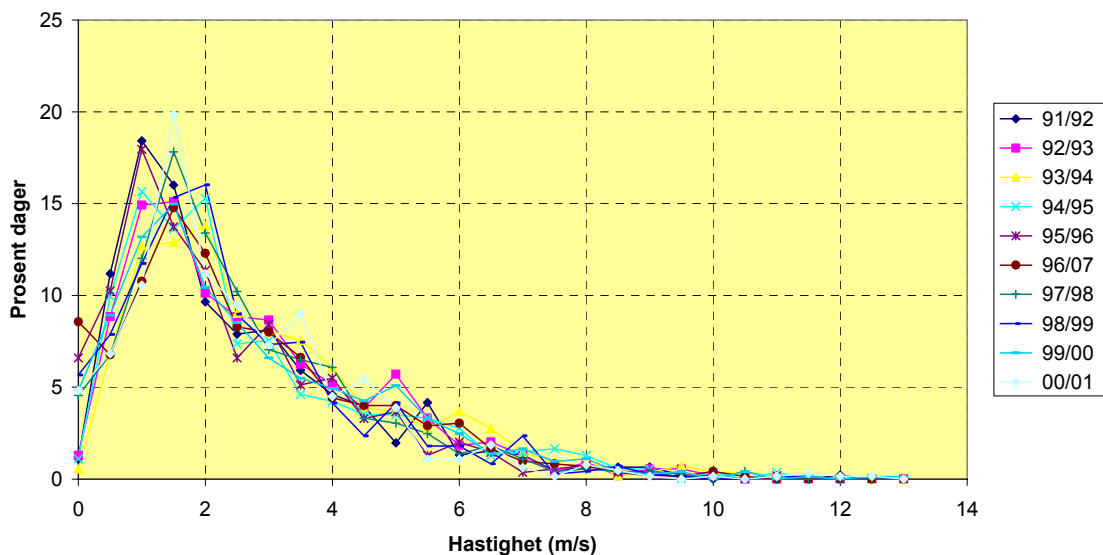
### **Utvikling i meteorologi og trafikk på nivå-1 tellepunkter i vintersesongene 1991/92 – 2000/2001**

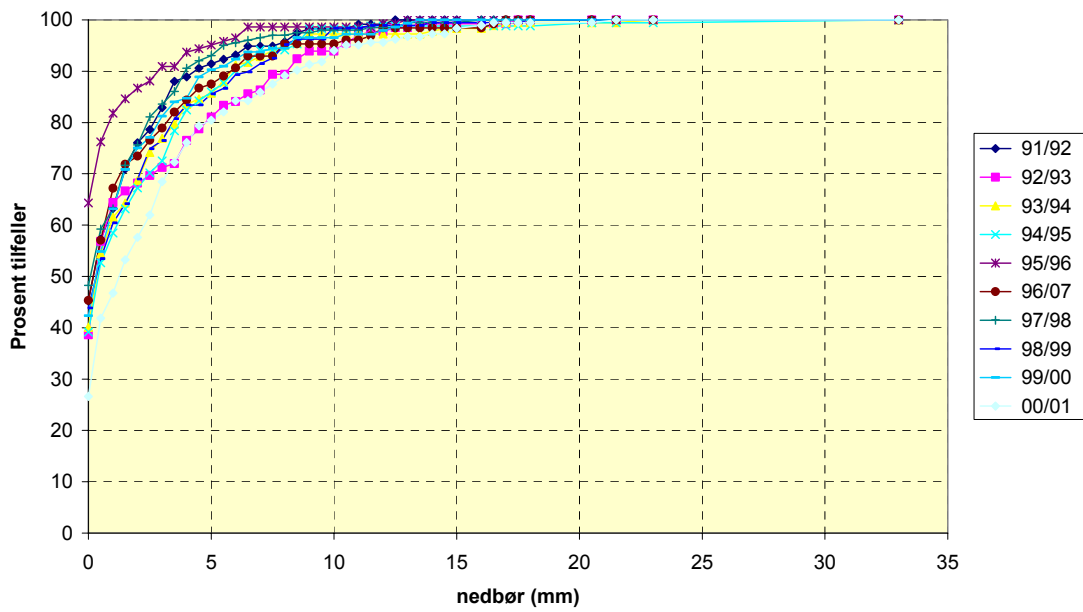
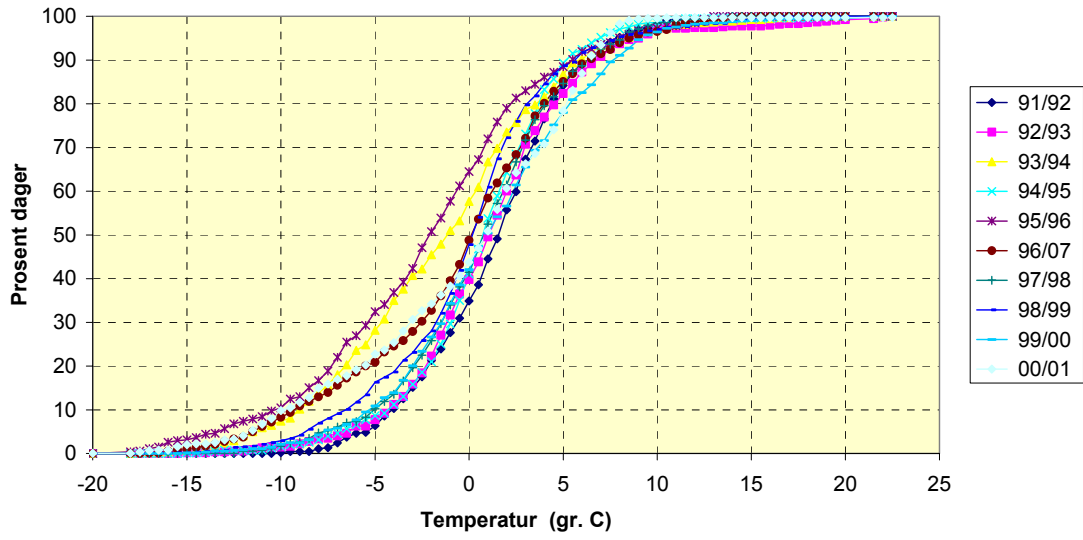


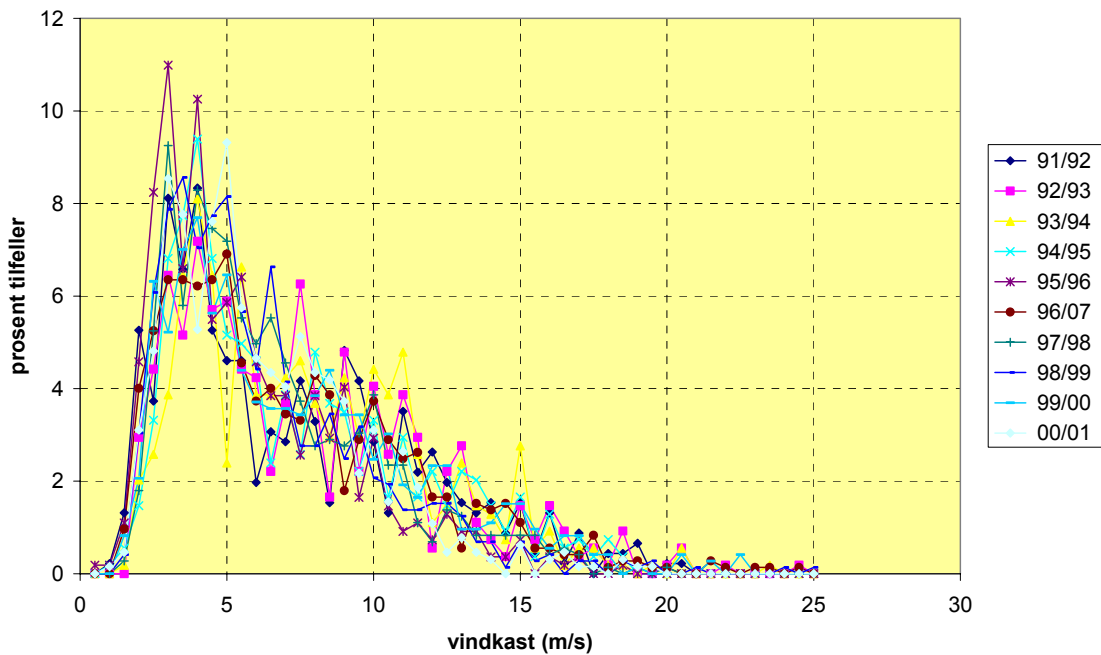
### Soltimer i vintersesongene



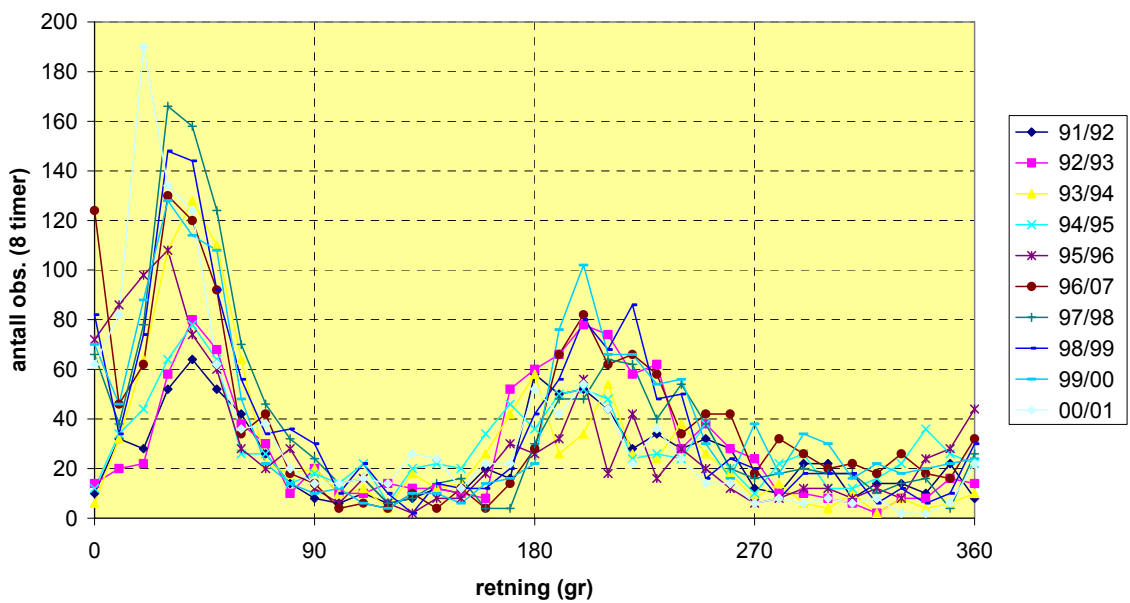
### Vindhastighet



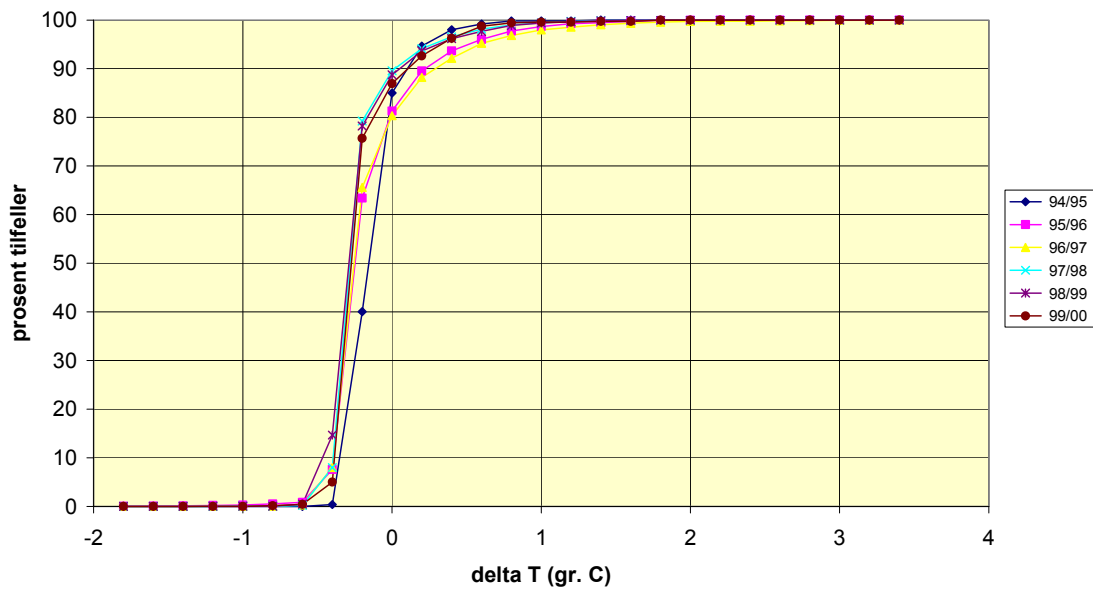




Vindretning vintersesong



Valle Hovin, temperatur differanse 2 og 25 m



Tabell A1 Antall kjøretøyer per time, tellepunkter nivå 1

Antall biler pr. time	Tåsen-tunnel	Gaustad v.Koloni-hage	St. Ringvei v.Nydals-brua	Løren	Granfoss tunnelen (13.001 km)	Gaustad bom-stasjon	Granfoss tunnelen (13.607 km)	Vøyen bru	Drammens-veien bom-stasjon	Drammen Rosenkrantzgt.
Alle kjøretøy, år										
1991	.	.	1063	.	.	.	.	.	.	.
1992			1356					981		
1993	.	.	1349	1851	684	765	.	973	377	
1994	.	1758	1541	2057	793	822	.	967	377	
1995	.	1645	1705	2301	855	888	.	882	371	1102
1996	.	1703	1774	2432	1311	899	.	934	390	1208
1997	.	1813	1996	2717	952	934	.	935	379	1240
1998	.	1688	1921	2716	792	938	.	953	394	1242
1999	.	.	1937	2781	.	925	.	962	390	1082
2000	1675	.	2360	3006	.	1058	1016	898	373	1063
2001	1872	.	2355	2921	.	1105	1010	888	371	1057

## **Vedlegg B**

### **Oversikt over luftforurensningsdata i piggdekk sesongene 1991-2001**





Tabell A: Oversikt over observerte forurensningsdata i Oslo i piggdekkseasonen, alle dager (døgngjennomsnittskonsentrasjoner).

SESONG		Kirkeveien				Tåsen				Nordahl Brunsgt			
		PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>x</sub> µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	NO µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>x</sub> µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	NO µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>x</sub> µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	NO µg/m <sup>3</sup>
91/92													
	Gjennomsnitt	,	,	,	,	,	,	,	,	,	169,8	46,3	85,6
	Std.avvik	,	,	,	,	,	,	,	,	,	139,4	20,3	93,4
	Antall dager	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	60	60
92/93													
	Gjennomsnitt	50,9	,	,	,	43	273,3	47	170,9	,	105,9	44,2	44,1
	Std.avvik	37,2	,	,	,	30,9	128,3	14,3	107,3	,	87,2	21,8	60,6
	Antall dager	159	0	0	0	159	162	162	162	0	59	59	59
93/94													
	Gjennomsnitt	30,8	,	,	,	29,3	205,1	32,3	126,4	,	,	,	,
	Std.avvik	19,9	,	,	,	7,9	116,8	7,8	98,6	,	,	,	,
	Antall dager	128	0	0	0	12	14	14	14	0	0	0	0
94/95													
	Gjennomsnitt	42,5	,	,	,	,	,	,	,	24,5	103,6	38,9	42,3
	Std.avvik	34,4	,	,	,	,	,	,	,	12	106,3	17,1	60,3
	Antall dager	56	0	0	0	0	0	0	0	103	163	163	163
95/96													
	Gjennomsnitt	39,1	268,8	48,9	143,9	44,4	328,9	50,6	182,2	27,7	109,5	43,6	43,1
	Std.avvik	21,4	181,8	17	110,7	25,9	184,1	17	112,3	12,9	96,6	17,7	54,1
	Antall dager	154	148	148	148	142	149	149	149	155	149	149	149
96/97													
	Gjennomsnitt	41	254,8	48,9	134,7	42,8	306	52,3	166	24,1	89,2	45,9	28,4
	Std.avvik	28,6	178,8	14,5	109,4	27,9	180,9	16	109,6	13,7	75,4	14,1	43,2
	Antall dager	148	150	150	150	150	150	150	150	150	87	87	87
97/98													
	Gjennomsnitt	40,3	171,3	41,3	85,1	63,7	256,3	48	136,3	22,4	69,1	32,7	23,8
	Std.avvik	28,6	111,5	14,3	66,2	54,9	131,3	15	78,9	12,5	56,1	14	29,9
	Antall dager	163	163	163	163	143	150	150	150	163	163	163	163
98/99													
	Gjennomsnitt	29,6	180,9	41,3	91,3	34,8	229,5	47,9	118,9	20,8	83,9	38,7	29,6
	Std.avvik	20,4	136,4	16,4	80,3	22,5	140,1	16,9	82,3	11,4	84,6	15,5	47,1
	Antall dager	154	153	153	153	155	155	155	155	147	155	155	155
99/00													
	Gjennomsnitt	33	164,9	43,2	79,7	26,9	129,6	36,7	60,8	19,9	88,7	39,6	32,2
	Std.avvik	20	124	16,1	72,6	17	91,7	14,3	52,7	8,2	70,3	14,2	39,1
	Antall dager	175	175	175	175	175	175	175	175	115	115	115	115
00/01													
	Gjennomsnitt	24,1	131,7	38,4	61,1	18,9	89,1	31,5	37,7	21,8	,	,	,
	Std.avvik	13,7	101,1	16,3	56,9	10,8	68,8	14,1	37,3	13,5	,	,	,
	Antall dager	166	166	166	166	166	166	166	166	166	0	0	0

Tabell B: Oversikt over observerte forurensningsdata, episoder type 1 med svak vind uten regn, Oslo.

	Kirkeveien				Tåsen				Nordahl Brunsøgt				
Dårlig spredning	PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>x</sub> µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	NO µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>x</sub> µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	NO µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>x</sub> µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	NO µg/m <sup>3</sup>	
SESONG													
94/95													
Gjennomsnitt	23,1	251,2	38,3	139,4	24,5	284,1	42	158,4	14,7	71,8	36,1	23,4	
Std.avvik	5,8	76,4	3,8	48,5	8,5	90,9	8	55,5	3,8	25,7	5,9	13,5	
Antall dager	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
95/96													
Gjennomsnitt	44,6	329,8	54,8	179,9	51,8	387,3	56,3	216,6	27,9	121,3	47	48,7	
Std.avvik	21,2	186,8	17,7	114,8	26,4	189,9	16,9	117,5	12,7	102,7	19	57,9	
Antall dager	52	46	46	46	43	47	47	47	52	50	50	50	
96/97													
Gjennomsnitt	54,1	394,6	60,3	218,8	57	433,6	62,7	242,7	33,4	106,7	46,3	39,7	
Std.avvik	30,9	245,5	17,7	149,9	29,9	237,7	19,8	143,5	17,8	94,3	13,4	55,2	
Antall dager	30	30	30	30	30	30	30	30	30	14	14	14	
97/98													
Gjennomsnitt	39,7	202,3	40,3	106	43,9	270,3	46	146,8	22,9	77,4	32,7	29,3	
Std.avvik	22,1	113,4	10,8	69,2	28,8	118,7	9,3	73	10,5	61	11,4	34,8	
Antall dager	29	26	26	26	22	23	23	23	29	29	29	29	
98/99													
Gjennomsnitt	41,6	254,9	48,7	135	43,5	289,4	53,1	154,6	24,8	123,8	43,5	52,6	
Std.avvik	28	185,4	17,7	111,3	29,4	161,3	17	95,5	16	127,4	17,6	72,8	
Antall dager	30	30	30	30	31	31	31	31	32	32	32	32	
99/00													
Gjennomsnitt	32,5	166,7	48,7	77,2	22	117,1	37,4	52,1	18,5	89,9	44,6	29,7	
Std.avvik	15,8	91,6	13,6	52,8	8,1	49,3	12,5	26,6	7,2	53	11,9	28,2	
Antall dager	22	22	22	22	22	22	22	22	15	15	15	15	
00/01													
Gjennomsnitt	38,3	187,2	48,1	91	32,5	134,1	38,4	62,6	30,6	,	,	,	
Std.avvik	13,4	112,2	13,7	66,9	13,3	104,3	15,2	59,9	14	,	,	,	
Antall dager	21	21	21	21	21	21	21	21	21	0	0	0	

Tabell C: Oversikt over observerte forurensningsdata, episoder type 2 med god spredning, Oslo.

	God	Kirkeveien				Tåsen				Nordahl Brunsgrt.			
		PM <sub>10</sub>	NO <sub>x</sub>	NO <sub>2</sub>	NO	PM <sub>10</sub>	NO <sub>x</sub>	NO <sub>2</sub>	NO	PM <sub>10</sub>	NO <sub>x</sub>	NO <sub>2</sub>	NO
spredning	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
94/95													
Gjennomsnitt	22,7	123,4	30,5	60,8	30,5	234,4	41,4	126,3	18,6	45,3	29,9	10,1	
Std.avvik	7,9	55,2	6,3	32,8	15,1	50,2	5,1	30,1	8,5	11,1	5,4	3,9	
Antall dager	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
95/96													
Gjennomsnitt	38,9	154,6	38,1	76,3	35,7	288,3	51,0	155,3	25,0	67,9	42,2	16,9	
Std.avvik	22,3	84,2	7,7	51,3	11,2	109,9	8,3	68,5	9,9	18,7	9,0	10,2	
Antall dager	13	12	12	12	11	12	12	12	18	18	18	18	
96/97													
Gjennomsnitt	36,1	195,2	44,4	98,7	37,8	267,7	50,8	142,0	21,1	68,6	42,5	17,1	
Std.avvik	28,3	115,5	12,0	69,8	27,0	142,3	11,6	87,3	9,2	34,2	13,3	15,6	
Antall dager	45	43	43	43	43	43	43	43	47	36	36	36	
97/98													
Gjennomsnitt	40,2	137,9	40,2	64,0	86,6	237,4	52,7	120,9	24,7	59,5	34,5	16,3	
Std.avvik	21,2	95,6	11,4	56,5	55,7	117,4	12,1	70,3	12,6	53,6	12,7	27,8	
Antall dager	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	
98/99													
Gjennomsnitt	26,3	144,1	38,6	69,1	34,7	209,9	47,4	106,3	20,1	55,9	35,0	13,7	
Std.avvik	10,5	91,3	11,7	53,3	20,4	116,4	12,7	69,4	7,7	23,9	9,9	10,3	
Antall dager	43	42	42	42	44	44	44	44	42	44	44	44	
99/00													
Gjennomsnitt	26,8	110,9	35,6	49,3	26,2	108,7	35,3	48,1	17,3	51,4	33,2	11,9	
Std.avvik	15,5	86,3	14,4	48,3	18,8	86,6	12,9	49,4	5,4	25,9	11,1	10,6	
Antall dager	57	57	57	57	57	57	57	57	43	36	36	36	
00/01													
Gjennomsnitt	27,8	107,2	29,1	51,1	22,8	80,4	29,4	33,5	18,5	,	,	,	
Std.avvik	24,1	129,3	12,1	77,7	15,4	66,7	8,2	39,8	6,1	,	,	,	
Antall dager	11	11	11	11	11	11	11	11	11	0	0	0	

Tabell D: Oversikt over observerte forurensningsdata, dager med konsentrasjoner i Oslo under  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{PM}_{10}$ .

	God	Kirkeveien				Tåsen				Nordahl Brunsgt.			
		$\text{PM}_{10}$	$\text{NO}_x$	$\text{NO}_2$	NO	$\text{PM}_{10}$	$\text{NO}_x$	$\text{NO}_2$	NO	$\text{PM}_{10}$	$\text{NO}_x$	$\text{NO}_2$	NO
spredning		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
91/92													
Gjennomsnitt											169,8	46,3	85,6
Std.avvik											139,4	20,3	93,4
Antall dager											60	60	60
92/93													
Gjennomsnitt		25,4				24,4	238,2	44	143,6		91,7	41,1	33,1
Std.avvik		10,9				9,9	126,4	14,2	99,2		81,4	20,1	43,2
Antall dager		90				92	93	93	93		45	45	45
93/94													
Gjennomsnitt		24,2				29,3	205,1	32,3	126,4				
Std.avvik		13				7,9	116,8	7,8	98,6				
Antall dager		106				12	14	14	14				
94/95													
Gjennomsnitt		26,7								23,4	85,1	36,5	31,9
Std.avvik		11,3								10,2	78,4	15,3	43,1
Antall dager		42								100	147	147	147
95/96													
Gjennomsnitt		26,3	203,3	41	106,2	27,8	267,7	42,7	147,2	21	80	36,7	28,4
Std.avvik		9,8	126,1	12,1	78,3	11,2	138,9	12,9	86,1	7	65,1	14,1	36,3
Antall dager		93	91	91	91	86	91	91	91	96	92	92	92
96/97													
Gjennomsnitt		24,3	214,4	43,6	111,8	24,8	261,1	46,5	140,4	17,1	73,8	40,1	22,1
Std.avvik		10,8	150,2	12,7	91,7	10,3	156,7	14	95	7	52,3	12,1	28,6
Antall dager		92	94	94	94	94	94	94	94	94	48	48	48
97/98													
Gjennomsnitt		24	137,1	37,1	65,4	22,6	183,5	36,5	96,2	16,8	57,4	29,2	18,4
Std.avvik		10,6	89,2	12,8	52,3	12,3	93,4	10,8	55,5	7,4	45,7	12,6	24,2
Antall dager		109	109	109	109	39	42	42	42	109	109	109	109
98/99													
Gjennomsnitt		23,4	160	39,1	79,1					18	71	36,6	22,5
Std.avvik		10,1	111,4	15	65					7,7	62,3	13,9	33,7
Antall dager		134	133	133	133					127	135	135	135
99/00													
Gjennomsnitt		24,9	149,1	40,6	71					18,2	79,5	37,9	27,3
Std.avvik		10,2	114,4	16,2	65,7					6,9	62,8	14	33,6
Antall dager		141	141	141	141					100	100	100	100
00/01													
Gjennomsnitt		21,6	126,3	37,5	58,1					19,6			
Std.avvik		10,2	100,3	16,5	56					10,3			
Antall dager		152	152	152	152					152	0	0	0

Tabell E: Oversikt over observerte forurensningsdata, dager med konsentrasjoner over  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{PM}_{10}$  på minst en stasjon i Oslo.

	God	Kirkeveien				Tåsen				Nordahl Brunsgt			
		$\text{PM}_{10}$	$\text{NO}_x$	$\text{NO}_2$	NO	$\text{PM}_{10}$	$\text{NO}_x$	$\text{NO}_2$	NO	$\text{PM}_{10}$	$\text{NO}_x$	$\text{NO}_2$	NO
spredning	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
92/93													
Gjennomsnitt	84,2				68,5	320,7	51,2	207,6		151,6	54	79,2	
Std.avvik	33				31,9	115,7	13,3	107,4		92,3	24,6	91,2	
Antall dager	69				67	69	69	69		14	14	14	
93/94													
Gjennomsnitt	62,7												
Std.avvik	16												
Antall dager	22												
94/95													
Gjennomsnitt	89,7								60,8	273	61,4	138,5	
Std.avvik	37,5								8,6	167,9	17,1	101,4	
Antall dager	14								3	16	16	16	
95/96													
Gjennomsnitt	58,6	373,3	61,4	204,1	70	425	62,9	237	38,6	157	54,7	66,9	
Std.avvik	19,5	207,7	16,2	127,7	20,6	205,4	15,5	126,7	13,1	118,5	17,3	68,3	
Antall dager	61	57	57	57	56	58	58	58	59	57	57	57	
96/97													
Gjennomsnitt	68,5	322,5	57,7	173,3	73	381,4	62	209	36	108,1	52,9	36,2	
Std.avvik	27,5	202,5	13,1	125,7	21,3	194,6	14,4	119,5	14	93,9	13,2	55,6	
Antall dager	56	56	56	56	56	56	56	56	56	39	39	39	
97/98													
Gjennomsnitt	73	240,3	49,6	124,7	97,8	318,6	45,4	178,8	33,7	92,8	39,8	34,7	
Std.avvik	25,1	120,6	13,4	73,7	40,4	101,7	11,1	62,7	13,1	67,1	14,2	36,8	
Antall dager	54	54	54	54	18	18	18	18	54	54	54	54	
98/99													
Gjennomsnitt	71	319,8	56,1	172,6					38,8	170,7	52,9	77,1	
Std.avvik	23,8	198	17,7	119,4					14,4	146,8	18,6	84,9	
Antall dager	20	20	20	20					20	20	20	20	
99/00													
Gjennomsnitt	66,3	230,8	53,9	115,8					30,7	150,1	51,1	64,8	
Std.avvik	16	141,4	10,7	88,3					8,1	88,3	9,5	55,9	
Antall dager	34	34	34	34					15	15	15	15	
00/01													
Gjennomsnitt	51,9	190,4	47,6	93,4					46				
Std.avvik	17,1	94,9	10,7	59,7					19,8				
Antall dager	14	14	14	14					14				

*Tabell F: Oversikt over PM<sub>10</sub>-data i Drammen.*

	PM <sub>10</sub>		
Drammen	døgn gjennomsnitt	Std.avvik	Antall dager
	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	
SESONG			
94/95	19,8	8,8	107
95/96	23,6	12,9	141
96/97	21,5	11,9	150
97/98	20,6	10,6	163
98/99	20,2	10,5	154
99/00	22,0	14,4	172
00/01	17,7	9,6	162



## Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2027 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAGRAPPORT	RAPPORT NR. OR 10/2002	ISBN 82-425-1341-4 ISSN 0807-7207	
DATO	ANSV. SIGN.	ANT. SIDER 44	PRIS NOK 150,-
TITTEL Utvikling i luftforurensningen 1991 - 2001  Utslippsreducerende tiltak og PM10 partikkelkonsentrasjoner i Oslo og Drammen		PROSJEKTLEDER Alena Bartonova	
FORFATTER(E) Alena Bartonova, Steinar Larssen og Leif Otto Hagen		NILU PROSJEKT NR. O-101093	
		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAKSGIVERS REF. Jørn Ingar Arntsen - 30880	
OPPDRAKSGIVER Statens vegvesen v/Miljøkontoret Postboks 8142 Dep. 0033 OSLO			
STIKKORD Trend	Luftforurensning	Piggdekk	
REFERAT Luftforurensningene (partikler og nitrogenoksider) i Oslo og Drammen i perioden 1991-2001 ble statistisk analysert med målet å undersøke om en reduksjon i piggdekkandel i Oslo følges av en reduksjon i partikkelkonsentrasjonene. Etter at det ble tatt hensyn til meteorologiske forhold og til trafikk, fant man en sammenheng tilsvarende i gjennomsnittet en nedgang på 1 mikrogram /m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub> for 10% nedgang i piggdekkandel. Reduksjonen kan være større i perioder med dårlig spredning, men det ble ikke funnet en generell piggdekkandel-relatert nedgang for dager med høyere konsentrasjoner (over 50 mikrogram /m <sup>3</sup> ). Maksimalkonsentrasjoner ble ikke analysert for seg, men målingene tyder på at trenden i maksimum er den samme. I Drammen, hvor piggdekkandel i den undersøkte perioden var tilnærmet stabil, ble det ikke funnet noen tidstrend i partikkelkonsentrasjonene.			
TITLE Air pollution trends in Oslo and Drammen 1992-2001			
ABSTRACT Particulate matter and nitrogen oxides concentrations measured in Oslo and Drammen during winter seasons 1991-2001, were analysed to evaluate if reductions in number of cars driving with studded tyres in Oslo had a positive effect on particulate matter concentrations. A relationship of around 1 microgram/m <sup>3</sup> reduction in PM <sub>10</sub> concentration with 10% reduction in number of cars driving with studded tyres was established in Oslo, where contribution attributable to studded tyres use was estimated to be up to 9 microgram/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub> on traffic monitoring sites in the middle 1990's (when over 70% of cars drove with studded tyres). No trend was found in Drammen, where studded tyres use was almost unchanged in the studied period.			

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