

NILU: OR 16/97

NILU : OR 16/97
REFERANSE : O-97037
DATO : MARS 1997
ISBN : 82-425-0862-3

Partikkelforurensning fra piggdekk

Steinar Larsen og Leif Otto Hagen

Innhold

	Side
Sammendrag.....	3
1. Innledning.....	7
2. Utslipp av svevestøv fra forbrenning (mobile og stasjonære kilder)	7
3. Målinger av PM_{2,5} og PM₁₀ i norske byer i 1990-årene	9
3.1 Målestatistikk	9
3.2 Overskridelser av retningslinjer for luftkvalitet.....	18
4. Ulike kilders bidrag til PM_{2,5}- og PM₁₀-konsentrasjonen på årsbasis.....	19
4.1 Metode for å anslå bidraget til PM _{2,5} og PM ₁₀ fra veidekkeslitasje/oppvirvling fra veibanen	19
4.2 Bidrag fra langtransporterte forurensninger.....	21
4.3 Bidrag fra stasjonær forbrenning og eksosutslipp	22
4.4 Resultat av beregningene	22
4.4.1 Bidrag til årsmiddelkonsentrasjoner.....	22
4.4.2 Bidrag til maksimalverdier	26
5. Tidsvariasjon av PM_{2,5}- og PM₁₀-konsentrasjoner	28
Vedlegg A Tidsvariasjon av døgnmiddelkonsentrasjoner av PM_{2,5} og PM₁₀ ved målestasjoner i Oslo, Bergen og Trondheim	33

Sammendrag

På oppdrag fra Samferdselsdepartementet har Norsk institutt for luftforskning (NILU) gjennomført en sammenstilling av målinger av partikkelforurensningen ($PM_{2,5}$ og PM_{10}) i de største byene. Hovedhensikten var å få data for overskridelser av retningslinjer/grenseverdier for luftkvalitet, samt en oversikt over ulike kilders bidrag, særlig på grunn av veidekkeslitasje og oppvirvling fra veibanen.

Rapporten gir en oversikt over måleresultater i norske byer i 1990-årene. Målingene er i hovedsak konsentrert til vinterhalvåret. På mange stasjoner er $PM_{2,5}$ ikke målt, fordi $PM_{2,5}$ -nivåene vanligvis er lavere enn grenseverdier og også mye lavere enn PM_{10} -nivåene, særlig om vinteren.

Forurensningslovens tiltaksgrense for døgnmiddelverdi for PM_{10} på $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ er overskredet bare på gatestasjoner i Trondheim (målt opptil 10 ganger på 2 måneder). Kartleggingsgrensen på $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ overskrides vanligvis noen ganger hver vinter også på de mest belastede gatestasjonene i de andre store byene. For eksempel på Strømsveien i Oslo (v/Helsfyr) ble denne grensen overskredet på 16 dager i løpet av 4 vintermåneder i 1994. I Prinsens gt. i Trondheim ble den overskredet 47 dager vinteren 1990/91.

Statens forurensningstilsyns anbefalte luftkvalitetskriterium for døgnmiddelverdi av PM_{10} på $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ overskrides ofte ved de fleste deler av hovedveinettet (stort sett 5-35% av tiden, men mye oftere i Trondheim). I tillegg overskrides dette kriteriet også på de områderepresentative stasjonene (ikke direkte påvirket av nærliggende gater) i de største byene (opptil 5% av tiden).

SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium for halvårsmiddelverdi av PM_{10} på $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ overskrides litt (10-20%) på de mest trafikkeksponerte stasjonene i Oslo og Bergen, men ganske mye (over 200%) på tilsvarende stasjoner i Trondheim. Det anbefalte luftkvalitetskriteriet for halvårsmiddelverdi av $PM_{2,5}$ på $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ er ikke overskredet på noen av stasjonene, men marginen er liten på gatestasjoner i Trondheim.

De meteorologiske forholdene skulle ikke tilsi høyere konsentrasjoner av PM_{10} i Trondheim enn i de andre byene. Spørsmålet blir dermed om hardheten/slitestyrken på veidekket i byene er forskjellig, eller om eventuell bruk av strømmiddel på veiene kan ha betydning.

Det er utført beregninger av veistøvets bidrag til målte PM_{10} - og $PM_{2,5}$ -konsentrasjoner. Metodikken for dette var å inndele dagene med målinger av PM_{10} og $PM_{2,5}$ i "tørre" og "våte" dager, og si at økningen i PM_{10} og $PM_{2,5}$ på de "tørre" dagene i forhold til de "våte" skyldes veistøv. Kriteriene for å skille mellom "tørre" og "våte" dager var dels å anslå en maksimal verdi for PM_{10} på "våte" dager, ut fra inspeksjon av tidsseriene, og dels å kreve en minimums-kvotient mellom PM_{10} og $PM_{2,5}$ for å klassifisere dagen som "tørr". For begge disse kriteriene ble det valgt intervaller i verdiene, for å få fram usikkerheten i de

resulterende beregningene av veistøvbidraget. Slik kriterieverdiene er valgt, er det større sjanse for at beregnet veistøvbidrag er overestimert enn at det er underestimert.

Beregningene er utført for 7 måleserier (bysentra i Oslo, Bergen og Trondheim og 4 gater/veier, 3 i Oslo og 1 i Trondheim), der det forelå fulle tidsserier for PM_{10} og $PM_{2,5}$ (døgnmiddelverdier) for minst en full vinter (ca. 6 måneder). Konklusjonene nedenfor er knyttet til resultatene fra disse 7 stedene for de vintrene som er brukt. Beregningene gir et intervall i relativt veistøvbidrag som antas å være representativt for en stor del av veinettet i Norge, i og med at det er med stasjoner i Trondheim, der veistøvproblemet er meget stort. Vi kan ikke si om flertallet av veiene i Norge vil ligge ned mot nedre grense av bidragsintervallene, eller opp mot øvre grense (som Trondheim), eller midt i. Flere måleserier må gjennomføres for å kartlegge dette bedre.

De beregninger/vurderinger av veistøvbidraget som er rapportert her gir som resultat at veidekkeslitasje på grunn av piggdekk og oppvirvling av støv fra veibanen gir betydelige bidrag til svevestøvkonsentrasjonene i de største byene, særlig PM_{10} . Den relative andelen til svevestøvet som skyldes veistøv (veidekkeslitasje og oppvirvling av dette) er beregnet å utgjøre:

Bidrag til årsmiddelkonsentrasjonen av	<u>PM_{10}</u>	<u>$PM_{2,5}$</u>
- i bysentra	5-35%	0-20%
- ved gater/veier	20-65%	0-35%
Bidrag til de høyeste døgnmiddelkonsentrasjonene		
- i bysentra	80-95%	75-85%
- ved gater/veier	85-98%	60-90%

Mindre enn en tredel av PM_{10} som årsmiddelverdi i de tre bysentra skyldes altså veistøv, og for $PM_{2,5}$ som årsmiddelverdi kommer mindre enn 20% fra veistøvet. Ved gater og veier er veistøvbidraget naturlig nok en god del større, opptil 65% for PM_{10} og opptil 35% for $PM_{2,5}$ ved de veiene der beregningene er gjort.

På de dagene som har de høyeste PM_{10} -konsentrasjonene dominerer bidraget fra veidekkeslitasje og oppvirvling fra bakken fullstendig, med f.eks. opptil 98% på gatestasjoner i Trondheim. På slike høyt belastede dager overskrides tiltaksgrensen på $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ med rundt 50% i Trondheim, mens verdiene i andre større byer ligger rundt kartleggingsgrensen på $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Også for $PM_{2,5}$ dominerer oppvirvlet veistøv på dagene med høyest PM_{10} -konsentrasjon.

Det beregnede bidraget fra veistøvet er vesentlig høyere i Trondheim enn i Oslo og Bergen. Det er lavest i Bergen. Årsaken er at det var relativt få tørre dager i Bergen vinteren 1994/95, da målingene ble gjort der.

De beregningene som er gjengitt i rapporten og i dette sammendraget representerer de målestedene og de måleperioder da målingene, som er grunnlaget for beregningene, ble utført. Representativiteten av disse periodene med hensyn til meteorologiske forhold, spesielt nedbørhyppighet, er foreløpig ikke undersøkt.

I denne rapporten er kun vektkonsentrasjonen til svevestøv, og vektbidragene fra ulike kilder behandlet. Den kjemiske sammensetningen av svevestøvet fra de ulike kildene er ikke berørt. Dette har også stor betydning for vurdering av helserisikoen knyttet til de ulike bidragene. Det er mulig å gjøre slike beregninger basert på bl.a. de beregningene som er lagt fram i denne rapporten.

Partikkelforurensning fra piggdekk

1. Innledning

I forbindelse med stortingsmeldingen om "Norsk veg- og trafikkplan 1998-2001" ønsker Samferdselsdepartementet en sammenstilling av målinger av partikkelforurensningen i de største byene. Primært ønskes følgende data:

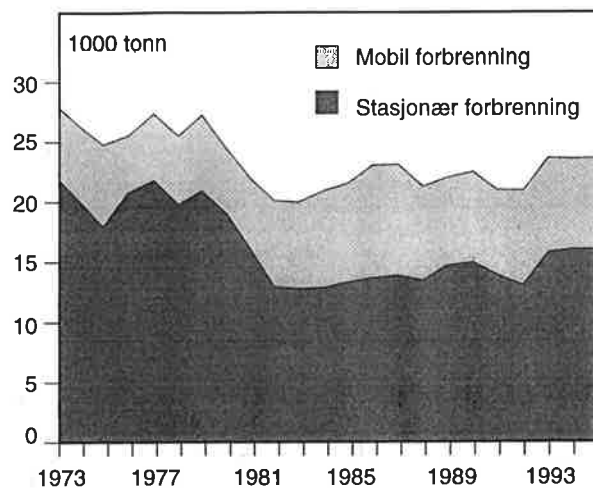
- Årsmiddelkonsentrasjoner av $PM_{2,5}$ og PM_{10} med bidrag fordelt på ulike kilder.
- Konsentrasjoner av $PM_{2,5}$ og PM_{10} på dager med høye konsentrasjoner fordelt på ulike kilder.
- Årlige utslipp av $PM_{2,5}$ og PM_{10} fordelt på ulike kilder over en periode fra 1985.
- Antall dager med overskridelser av tiltaksgrenseverdien for PM_{10} på $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i de nye forskriftene i forurensningsloven.
- Variasjon av døgnmidle $PM_{2,5}$ - og PM_{10} -konsentrasjoner over året fra en eller flere byer.

2. Utslipp av svevestøv fra forbrenning (mobile og stasjonære kilder)

Utslipp av svevestøv i Norge på grunn av forbrenning for årene 1973-1995 er vist i Figur 1. Utslippene ble betydelig redusert fra 1973 til 1982, hovedsakelig på grunn av mindre bruk av tungolje til oppvarming. Senere utover i 1980-årene økte utslippene fra stasjonær forbrenning noe på grunn av økt forbruk av ved. I 1994 utgjorde utslipp fra stasjonær forbrenning 64% av totalutslippet, mesteparten av dette (60% av totalutslippet) stammet fra vedfyring. Fra 1973 til 1987 økte de mobile utslippene på grunn av økt vei- og skipstrafikk.

Det gjøres oppmerksom på at Statistisk sentralbyrå og SFT **ikke** beregner utslipp av svevestøv verken fra industriprosesser eller på grunn av veidekkeslitasje med piggdekk.

Tabell 1 viser en oversikt over utviklingen i utslippene fra de viktigste kildene til svevestøv fra forbrenning i årene 1991-1994.



Figur 1: Forbrenningsutslipp av svevestøv etter kilde. 1973-1995. 1 000 tonn.
Kilder: Statistisk sentralbyrå og Statens forurensningstilsyn.

Tabell 1: Utslipp av svevestøv fra forbrenning for de viktigste kildene i årene 1991-1994 (tonn).

Kilde: Statistisk sentralbyrå.

Utslipp av svevestøv fra forbrenning	1991	1992	1993	1994*
Totalt fra forbrenning	20 200	20 700	23 500	23 400
Stasjonær forbrenning	12 900	13 100	15 700	16 000
* Herav boliger, kontorer, m.m.	11 100	10 800	13 900	13 900
Mobil forbrenning	7 300	7 600	7 800	7 400
* Herav biltrafikk	4 000	4 200	4 600	4 300
Dette fordeles på				
- bensinbiler	700	700	700	600
- dieslbiler	3 300	3 500	4 000	3 600

* Foreløpige tall.

På landsbasis er utslipp fra oppvarming av boliger og kontorer m.m. rundt tre ganger så store som utslippene fra biltrafikk. Over 90% av utslipp fra stasjonær forbrenning skyldes vedfyring, som må antas å være mest utbredt utenfor de store byene.

Tabell 2 viser utslipp fra forbrenning for de viktigste kildene for Oslo, Drammen, Bergen og Trondheim kommuner for årene 1992 og 1993. Utslippene fra biltrafikk er som ventet størst i Oslo og lavest i Drammen. Utslippene fra stasjonær forbrenning (hovedsakelig boligoppvarming) er derimot mye høyere i Bergen enn i de andre byene, men også Trondheim har større utslipp enn Oslo. Særlig i Bergen, men også i noe mindre grad i Trondheim og Drammen, er utslippene fra

boligoppvarming betydelig høyere enn utslippene fra biltrafikk. I Oslo er derimot utslippene fra biltrafikk litt større enn fra bolig/kontoroppvarming.

At svevestøvutslippene fra bolig/kontoroppvarming skal være 4-5 ganger høyere i Bergen enn i Oslo er vanskelig å forstå (det samme gjelder utslippene av CH₄, NMVOC og CO, men ikke utslippene av CO₂, SO₂ og NO_x). Måleresultatene av luftkonsentrasjoner av svevestøv i Bergen tyder heller ikke på noen måte på at utslippene fra boligoppvarming er dominerende.

Vi velger derfor å legge mest vekt på utslippstallene for Oslo, som sier at partikkelutslipp fra fyring og fra bileksos er omtrent like store.

Et forhold er viktig for å vurdere betydningen av utslipp fra fyring og bileksos på konsentrasjonen i bakkenivå, nemlig at fyringsutslipp har en utslippshøyde som i bysentrum typisk kan være 10-30 meter over bakken. Bileksos slippes ut like over bakken. Fyringsutslippene spres derved bedre. Et første estimat er at et fyringsutslipp derved bidrar til bakkekonsentrasjonen i bysentrum med bare 1/3-1/5 av et like stort bileksosutslipp.

*Tabell 2: Utslipp av svevestøv fra forbrenning for de viktigste kildene i Oslo, Drammen, Bergen og Trondheim i 1992 og 1993 (tonn).
Kilde: Statistisk sentralbyrå.*

By	Oslo		Drammen		Bergen		Trondheim	
	1992	1993	1992	1993	1992	1993	1992	1993
Forbrenning totalt	600	639	146	167	1 011	1 211	369	431
Stasjonær forbrenning	276	304	91	109	855	1 045	292	352
- Husholdninger	245	271	89	108	849	1 038	277	335
Mobile kilder	324	335	55	58	156	166	77	80
- Personbiler	77	78	14	14	40	41	17	17
- Varebiler	39	43	9	10	23	26	11	12
- Lastebiler	124	140	21	24	42	52	21	25
- Busser	29	29	4	4	27	27	7	7
Sum av husholdninger og biler/busser	514 (86%)	561 (88%)	137 (94%)	160 (96%)	981 (97%)	1 184 (98%)	333 (90%)	396 (92%)

3. Målinger av PM_{2,5} og PM₁₀ i norske byer i 1990-årene

3.1 Målestatistikk

Det tidligere overvåkingsprogrammet for luftkvalitet i norske byer, som ble avsluttet i 1994, var konsentrert om SO₂, sot, NO₂ og bly. Fra 1994 ble overvåkingsprogrammet lagt om til å omfatte bare de største byene (Oslo, Bergen, Drammen). I tillegg har det vært/er det målinger i en del andre byer (Trondheim, Skien, Porsgrunn). Målingene i det nye programmet er konsentrert om nitrogenoksider og svevestøv. I tillegg gjennomføres det/er det gjennomført måleprogrammer for Statens vegvesen (Oslo, Akershus, Hedmark, Rogaland, Hordaland og Sør-Trøndelag) fortrinnsvis for PM₁₀, men også noe PM_{2,5}.

Et sammendrag av målinger av svevestøv i 1990-årene i norske byer er vist i Tabell 3 (PM₁₀) og Tabell 4 (PM_{2,5}). Som det framgår er det betydelig mer tilgjengelig data for PM₁₀ enn for PM_{2,5}. Da det anbefalte luftkvalitetskriteriet for PM_{2,5} på halvårsbasis (30 µg/m³) ikke overskrides selv på meget trafikkeksponerte stasjoner, har målingene de senere årene mer og mer blitt konsentrert om PM₁₀. Det anbefalte døgmmiddelkriteriet for PM₁₀ på 70 µg/m³ overskrides på de fleste stasjonene vinterstid. Halvårsmiddelkriteriet for PM₁₀ på 40 µg/m³ overskrides bare ved de mest trafikkeksponerte stasjonene.

På grunnlag av måleresultatene i Tabell 3 og Tabell 4 er det i Tabell 5 gitt middelkonsentrasjoner av PM_{2,5} og PM₁₀ ved ulike typer målestasjoner i de fem største byene. Som det framgår av tabellen er det relativt lite målinger av PM_{2,5} om vinteren og av PM₁₀ om sommeren, mens det nesten ikke er PM_{2,5}-målinger om sommeren.

Vi har likevel skjønsmessig forsøkt å anslå konsentrasjonene av PM_{2,5} og PM₁₀ der hvor målinger mangler. Dette er gjort ved å sammenlikne med tilsvarende stasjoner i andre byer som har målinger. For PM_{2,5} på stasjoner på km²-skala ("bakgrunnsnivå") om vinteren er konsentrasjonen satt til ca. 50% av PM₁₀, og noe lavere på gatestasjoner, avhengig av PM₁₀-nivået. PM_{2,5} i sommerhalvåret er satt til 50% av nivået i vinterhalvåret på alle stasjoner. PM₁₀ om sommeren er satt til ca. 2/3 av vinternivået på stasjoner på km²-nivå. PM₁₀ om sommeren på gatestasjoner er satt til 2-3 (2,5) ganger PM_{2,5}-nivået om sommeren. Dette siste anslaget er antagelig det mest usikre, særlig for gater med høye vinterkonsentrasjoner av PM₁₀. Årsmiddelverdiene anses likevel som relativt gode, fordi vinterkonsentrasjonene (som er målt) utvilsomt betyr mest.

Tabell 3-Tabell 5 viser to hovedtrekk:

- ◆ På årsbasis er det relativt liten forskjell mellom de ulike målestasjonene som ikke er direkte eksponert for nærliggende trafikk og som representerer den generelle luftforurensningen over større sentrumsområder (km²-ruter).
- ◆ De midlere konsentrasjonene på gatestasjonene er til dels mye høyere, særlig for PM₁₀.

Når det gjelder Trondheim spesielt, er det målt til dels meget høye PM₁₀-verdier i de mest trafikkeksponerte gatene i forhold til de andre byene. Denne forskjellen kan neppe forklares ved forskjeller i meteorologiske/spredningsmessige forhold. Siden denne forskjellen bare er knyttet til gatestasjonene og ikke så mye til den områderepresentative stasjonen, er det mest nærliggende å tro at slitasjen fra veidekket på grunn av piggdekk er betydelig større i Trondheim. Siden trafikken neppe er større i Trondheim enn andre steder, må det antagelig stilles spørsmål ved hardheten/fastheten i selve veidekket, eventuelt om det strøs med et middel som lett lar seg knuse til små partikler. Bruk av lettknuselig strømmiddel har tidligere gitt meget høye konsentrasjoner i Hamar. Denne vinteren (1996-97) strøs det ikke på samme måten i Hamar, og målingene i november og desember 1996 viser at det store "PM₁₀-problemet" i Hamar om vinteren nå er "løst".

Tabell 3: Statistikk over døgnmiddelverdier av PM_{10} i norske byer de siste årene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

By	Målestasjon	Stasjonsbeskrivelse	Måleperiode	Middelverdi	Maks. døgnverdi	Antall døgnverdier	Døgnverdier $>70 \mu\text{g}/\text{m}^3$		Døgnverdier $>150 \mu\text{g}/\text{m}^3$		Døgnverdier $>300 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
							Antall	Frekvens	Antall	Frekvens	Antall	Frekvens
Oslo	Nordahl Bruns gate	I kvartalet mellom Nordahl Bruns gate og St. Olavs gate, 5 m o.b. Hushøyde mot gate 20 m. Godt skjermet mot trafikk.	Okt. 94-mar. 95	24,5	83	158	2	1,3	0	0	0	0
			Apr. 95	20,3	46	30	0	0	0	0	0	0
			Okt. 95-mar. 96	26,0	88	177	1	0,6	0	0	0	0
			Apr. 96	26,5	66	30	0	0	0	0	0	0
			Mai 96	13,3	26	30	0	0	0	0	0	0
Oslo	Kirkeveien	I krysset med Schwachs gate, ca. 8 m fra kjørebane.	Okt. 92-apr. 93	48	191	179	41	22,9	3	1,7	0	0
			Nov. 93-apr. 94	33	128	151	9	6,0	0	0	0	0
			Okt. 94-apr. 95	39	183	167	20	12,0	1	0,6	0	0
			Okt. 95-mar. 96	36	140	178	8	4,5	0	0	0	0
Oslo	Tåsen	Ved krysset Ringveien/Tåsenveien, ca. 6 m fra kjørebane.	Okt. 92-apr. 93	33	175	179	26	14,5	1	0,6	0	0
			Nov. 93-apr. 94	33	139	150	12	8,0	0	0	0	0
			Okt. 94-apr. 95	40	198	178	17	9,6	3	1,7	0	0
			Okt. 95-mar. 96	42	138	174	24	13,8	0	0	0	0
Oslo	Gamlebyen	I Clemens gt., som er blindvei, ca. 50 m fra tidligere Dyvekes bro.	Okt. 92-apr. 93	47	168	170	27	15,9	2	1,2	0	0
			Des. 93-apr. 94	34	106	128	16	12,5	0	0	0	0
			Okt. 94-apr. 95	37	193	176	15	8,5	3	1,7	0	0
Oslo	Veitvet	Ved krysset Trondheimsveien/Veitvetvn, ca. 9 m fra kjørebane.	Okt. 92-apr. 93	49	215	152	41	27,0	6	3,9	0	0
			Nov. 93-apr. 94	38	197	158	27	17,1	3	1,9	0	0
			Okt. 94-apr. 95	34	210	171	17	9,9	3	1,8	0	0
Oslo	Mortensrud	Åpen plassering ved Europaveien (E6), ca. 5 m fra kjørebane.	Nov. 95-mar. 96	49	183	120	30	25,0	4	3,3	0	0
Oslo	Strømsveien	Åpen plassering ved Strømsveien 82/106, ca. 3 m fra kjørebane.	Mar.-apr. 94	81	242	51	23	45,1	9	17,6	0	0
			Nov.-des. 94	69	295	69	17	24,6	7	10,1	0	0

Tabell 3: *forts.*

By	Målestasjon	Stasjonsbeskrivelse	Måleperiode	Middelverdi	Maks. døgnverdi	Antall døgnverdier	Døgnverdier >70 µg/m ³		Døgnverdier >150 µg/m ³		Døgnverdier >300 µg/m ³	
							Antall	Frekvens	Antall	Frekvens	Antall	Frekvens
Oslo	Etterstad	Ca. 20-25 m fra Strømsveien, 3 m støyskjerm ved Strømsveien.	Mar.-apr. 94	36	106	42	6	14,3	0	0	0	0
Oslo	Østre Gravlund	Ca. 150 m fra Strømsveien og ca. 120 m fra Ringveien.	Nov.-des. 94	32	169	55	4	7,3	1	1,8	0	0
Oslo	Ullevål stadion (boligblokk)	Boligblokk ved Nils Bays vei, ca. 15-20 m fra Ringveien, åpent område.	Feb.-apr. 96 Mai 96	29 9	104 18	82 9	3 0	3,7 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Oslo	Ullevål stadion (barnehage)	Ca. 40-50 m fra Ringveien, åpent område.	Feb.-apr. 96 Mai 96	25 9	100 17	78 9	2 0	2,6 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Oslo	Ryenkrysset	Ca. 120 m fra Ryenkrysset, ca. 35 m fra Europaveien og ca. 80 m fra Enebakkveien, åpent område.	Mar.-apr. 96 Mai 96	38 15	88 41	61 31	4 0	6,6 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Akershus	E18, Lysaker	Ca. 23 m fra E18, Drammensveien.	Nov.-des. 94 Mar.-apr. 95 Mai 95	40 44 26	135 121 58	61 61 15	7 9 0	11,5 14,8 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
Akershus	Slemmestadveien	Ca. 10 m fra RV165, Slemmestadveien.	Nov.-des. 94 Mar.-apr. 95 Mai 95	33 31 26	194 99 52	60 61 15	4 3 0	6,7 4,9 0	2 0 0	3,3 0 0	0 0 0	0 0 0
Akershus	E16, Hamang	Oppe på Hamangtunnelen, ca. 42 m fra munningen.	Nov.-des. 94 Mar.-apr. 95 Mai 95	32 31 25	132 83 51	61 60 15	3 2 0	4,9 3,3 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
Hamar	Strandgata	På fortauet ved Strandgata.	Nov.-des. 96	19	68	56	0	0	0	0	0	0

Tabell 3: forts.

By	Målestasjon	Stasjonsbeskrivelse	Måleperiode	Middelverdi	Maks. døgnverdi	Antall døgnverdier	Døgnverdier >70 µg/m ³		Døgnverdier >150 µg/m ³		Døgnverdier >300 µg/m ³	
							Antall	Frekvens	Antall	Frekvens	Antall	Frekvens
Bergen	Fengslet	Ca. 70 m fra Kaigaten.	Okt. 94-mar. 95	15,7	50	154	0	0	0	0	0	0
			Apr. 95	17,2	55	30	0	0	0	0	0	0
			Aug. 95	10,2	21	10	0	0	0	0	0	0
			Sep. 95	13,1	23	30	0	0	0	0	0	0
			Okt. 95-mar. 96	23,7	108	183	8	4,3	0	0	0	0
			Apr. 96	23,4	51	22	0	0	0	0	0	0
Bergen	Nygårdsgaten	Ca. 3 m fra gaten ved Nygård skole.	Nov. 94-mar. 95	23,4	83	149	1	0,7	0	0	0	0
			Apr. 95	28,8	77	30	1	3,3	0	0	0	0
			Aug. 95	15,4	21	8	0	0	0	0	0	0
			Sep. 95	22,4	68	30	0	0	0	0	0	0
			Okt. 95-mar. 96	41,5	163	183	35	19,1	2	1,1	0	0
			Apr. 96	45,5	109	30	4	13,3	0	0	0	0
Bergen	Flyplassveien A	Ca. 22 m sør for veien, åpent område.	Feb.-apr. 94	36	147	60	8	13,3	0	0	0	0
	Flyplassveien B	Ca. 4 m nord for veien, åpent område.	Feb.-apr. 94	62	246	60	21	35,0	5	8,3	0	0
	Flyplassveien C	Ca. 17 m nord for veien, åpent område.	Feb.-apr. 94	36	163	60	5	8,3	1	1,7	0	0
Stavanger	Domkirken	Parkområde, ca. 80-90 m fra Kongsgate og Håkon VIIIs gate.	Okt.-des. 96	20	72	62	1	1,6	0	0	0	0
Stavanger	Kannik	Ca. 3 m fra Madlaveien.	Okt.-des. 96	31	179	61	3	4,9	1	1,6	0	0
Stavanger	Mariero	Ca. 3 m fra RV44, Hillevågsveien, utenfor sentrum.	Okt.-des. 96	17	42	61	0	0	0	0	0	0
Stavanger	Sunde	Ca. 3 m fra RV509, landlig område, ca. 5-6 km fra Stavanger sentrum.	Okt.-des. 96	20	87	60	1	1,7	0	0	0	0

Tabell 3: *forts.*

By	Målestasjon	Stasjonsbeskrivelse	Måleperiode	Middelverdi	Maks. døgnverdi	Antall døgnverdier	Døgnverdier >70 µg/m ³		Døgnverdier >150 µg/m ³		Døgnverdier >300 µg/m ³	
							Antall	Frekvens	Antall	Frekvens	Antall	Frekvens
Drammen	Nedre Storgate	Ca. 17 m o.b. på tak, ca. 100 m fra de trafikkbelastede gatene Engene og Nedre Strandgate.	Okt. 94-mar. 95	19,9	83	155	1	0,6	0	0	0	0
			Apr.-aug. 95	16,2	42	153	0	0	0	0	0	0
			Okt. 95-mar. 96	21,7	84	163	2	1,2	0	0	0	0
			Apr.-sep. 96	17,0	86	183	1	0,5	0	0	0	0
Skien	Holbergsgate	På tak ca. 4 m o.b. inne i et kvartal, skjermet mot nærliggende gater, avstand ca. 30-50 m.	Nov. 94-mar. 95	22,3	62	123	0	0	0	0	0	0
Porsgrunn	Brannstasjonen	Ca. 60 m fra Storgata.	Nov. 94-mar. 95	28,6	92	125	2	1,6	0	0	0	0
Trondheim	Rådhusparken	Ca. 50 m fra Bispegata og ca. 80 m fra Munkegata og Kjøpmannsgata.	Okt. 94-mar 95	19,6	141	144	7	4,9	0	0	0	0
Trondheim	Prinsens gate 61	Utkant av sentrum, ca. 3 m fra kjørebane.	Mar.-apr. 90	45	127	36	8	22,2	0	0	0	0
			Mai-jun. 90	19	37	30	0	0	0	0	0	0
			Nov. 90-apr. 91	51	233	124	30	24,2	5	4,0	0	0
Trondheim	Prinsens gate 6A	I sentrum, ca. 3 m fra kjørebane.	Nov. 90-apr. 91	138	605	122	75	61,5	47	38,5	13	10,7
Trondheim	Holtermannsveien A (TEAB-bygg)	Ca. 5-6 m fra kjørebane, åpent område.	Mar-apr. 94	70	242	34	13	38,2	6	17,6	0	0
	Okt.-des. 94		87	417	54	20	37,0	11	20,4	3	5,6	
Trondheim	Holtermannsveien B (Valøyslyngen)	Ca. 2 m fra kjørebane.	Mar-apr. 94	117	362	34	18	52,9	10	29,4	2	5,9
			Okt.-des. 94	143	685	54	25	46,3	17	31,5	10	18,5

Tabell 4: Statistikk over døgnmiddelverdier av $PM_{2,5}$ i norske byer de siste årene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

By	Målestasjon	Stasjonsbeskrivelse	Måleperiode	Middelverdi	Maks. døgnverdi	Antall døgnverdier	Døgnverdier $>50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
							Antall	Frekvens
Oslo	Nordahl Bruns gate	I kvartalet mellom Nordahl Bruns gate og St. Olavs gate, ca. 35 m fra St. Olavs gate, 5 m o.b. Hushøyde mot gate 20 m. Godt skjermet mot trafikk.	Okt. 94-mar. 95	12,6	43	160	0	0
			Apr. 95	8,7	22	30	0	0
Oslo	Kirkeveien	I krysset med Schwachs gate, ca. 8 m fra kjørebane.	Okt. 92-apr. 93	19	130	179	13	7,3
			Nov. 93-apr. 94	18	52	152	2	1,3
			Okt. 94-apr. 95	17	55	166	3	1,8
Oslo	Tåsen	Ved krysset Ringveien/Tåsenveien, ca. 6 m fra kjørebane.	Okt. 92-apr. 93	17	109	179	6	3,4
			Nov. 93-apr. 94	18	79	150	2	1,3
			Okt. 95-mar. 96	22	67	174	4	2,3
Oslo	Gamlebyen	I Clemens gate, som er blindvei, ca. 50 m fra tidligere Dyvekes bro.	Okt. 92-apr. 93	18	103	170	6	3,5
			Des. 93-apr. 94	19	74	130	4	3,1
Oslo	Veitvet	Ved krysset Trondheimsveien/Veitvetveien, ca. 9 m fra kjørebane.	Okt. 92-apr. 93	16	99	153	7	4,6
			Nov. 93-apr. 94	14	40	157	0	0
			Okt. 94-apr. 96	13	40	171	0	0
Oslo	Mortensrud	Åpen plassering ved Europaveien (E6), ca. 5 m fra kjørebane.	Nov. 95-mar. 96	18	39	134	0	0
Oslo	Strømsveien	Åpen plassering ved Strømsveien 82/106, ca. 3 fra kjørebane.	Mar-apr. 94	18	41	43	0	0
			Nov.-des. 94	20	63	61	2	3,3
Oslo	Etterstad	Ca. 20-25 m fra Strømsveien, 3 m støyskjerm ved Strømsveien.	Mar.-apr. 94	11	32	42	0	0
Oslo	Ryenkrysset	Ca. 120 m fra Ryenkrysset, ca. 35 m fra Europaveien og ca. 80 m fra Enebakkveien, åpent område.	Mar.-apr. 96	14	37	61	0	0
			Mai 96	7	16	31	0	0

Tabell 4: forts.

By	Målestasjon	Stasjonsbeskrivelse	Måleperiode	Middelverdi	Maks. døgnverdi	Antall døgnverdier	Døgnverdier >50 µg/m ³	
							Antall	Frekvens
Hamar	Strandgata	På fortauet ved Strandgata.	Nov.-des. 96	14	27	56	0	0
Bergen	Fengslet	Ca. 70 m fra Kaigaten.	Okt. 94-mar. 95	8,4	41	146	0	0
Skien	Holbergsgate	På tak ca. 4 m o.b. inne i et kvartal, skjermet mot nærliggende gater, avstand ca. 30-50 m.	Nov. 94-mar. 95	14,4	36	123	0	0
Porsgrunn	Brannstasjonen	Ca. 60 m fra Storgata.	Nov. 94-mar. 95	15,1	55	125	1	0,8
Trondheim	Rådhusparken	Ca. 50 m fra Bispegata og ca. 80 m fra Munkegata og Kjøpmannsgata.	Okt. 94-mar 95	8,0	36	144	0	0
Trondheim	Prinsens gate 61	Utkant av sentrum, ca. 3 m fra kjørebane.	Mar.-apr. 90 Mai-jun. 90 Nov. 90-apr. 91	12 7 14	27 19 57	36 30 124	0 0 1	0 0 0,8
Trondheim	Prinsens gate 6A	I sentrum, ca. 3 m fra kjørebane.	Nov. 90-apr. 91	27	77	122	20	16,4

Tabell 5: *Middelkonsentrasjoner av PM_{2,5} og PM₁₀ ved ulike typer målestasjoner i større byer fordelt på vinterhalvår, sommerhalvår og hele året (µg/m³). Konsentrasjoner i parentes er skjønnsmessig anslått og bygger ikke på målinger.*

By	Stasjonstype	Vinterhalvår		Sommerhalvår		År	
		PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀
Sentrumstasjoner, km ² -skala							
Oslo	I takhøyde (ca. 5 m.o.b)	13	25	(7)	15 ¹	(10)	20
Drammen	I takhøyde (ca. 20 m.o.b)	(11)	21	(6)	17	(9)	19
Stavanger	I bakkenivå	(10)	20 ²	(5)	(13)	(8)	(17)
Bergen	I bakkenivå	8	20	(4)	13	(6)	17
Trondheim	I bakkenivå	8	20	(4)	(13)	(6)	(17)
Stasjoner nær gater og veier							
Oslo	Middel 3 riksveier	17	39	(9)	(23)	(13)	(31)
	E6 fra nord	19	76	(10)	(25)	(15)	(51)
Stavanger	Hovedgate i sentrum	(14)	31 ²	(7)	(18)	(11)	(25)
	Middel 2 riksveier utenfor byen	(10)	19 ²	(5)	(13)	(8)	(16)
Bergen	Hovedgate i sentrum	(15)	32	(8)	22	(12)	27
	Riksvei utenfor byen nær veien	(20)	62 ³	(10)	(25)	(15)	(44)
	Riksvei utenfor byen 20 m fra veien	(16)	36 ³	(8)	(20)	(12)	(28)
Trondheim	Hovedgate i sentrum	27	138	(14)	(35)	(21)	(87)
	Samme hovedgate lenger fra sentrum	14	50	7	19	11	35
	Hovedgate utenfor sentrum	(22)	106 ⁴	(11)	(28)	(17)	(67)

- 1 Anslått ut fra målinger i april 1995, april 1996 og mai 1996.
- 2 Målinger i oktober-desember 1996.
- 3 Målinger i februar-april 1996.
- 4 Målinger i mars-april 1994 og oktober-desember 1994.

3.2 Overskridelser av retningslinjer for luftkvalitet

Tabell 3 viser også frekvens av *døgnmiddelverdier* av PM_{10} over henholdsvis $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium), $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Forurensningslovens kartleggingsgrense) og $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Forurensningslovens tiltaksgrense) for hver målestasjon og måleperiode.

Overskridelser av grenser og retningslinjer bør ses i sammenheng med folks mulighet til å bli eksponert på et sted over hele den midlingstiden som grenseverdien gjelder, i dette tilfellet 24 timer, eller 6 måneder. Disse grensene bør gjelde ved folks boliger. Siden det er boliger inntil 10-15 meter fra veikant ved hovedveinettet (noen steder også nærmere), er det rimelig at målinger gjort ved "gatestasjoner", som kan være plassert 5-15 meter fra veikant, skal kunne sammenliknes med grenseverdier og retningslinjer.

Tiltaksgrensen er overskredet bare på gatestasjonene i Trondheim (10-18% av tiden). I de øvrige byene overholdes denne grensen med god margin, bortsett fra ved Strømsveien i Oslo der det er målt opp mot tiltaksgrensen.

Beregninger med programmet VLUFT har gitt maksimale døgnmiddelkonsentrasjoner av PM_{10} over $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ved flere veier. Disse beregningene gjelder det absolutt verste tilfellet som kan forekomme. For å kunne bekrefte dette med målinger kan det være nødvendig å måle over mange år. Beregningene kan også være noe usikre, da det egentlig er den maksimale timemiddelverdien som beregnes. Døgnmiddelverdien beregnes ved å dividere timemiddelverdien med en antatt faktor.

Kartleggingsgrensen overskrides også på gatestasjonene i Oslo, Bergen og Stavanger. Frekvensen av overskridelser varierer fra noen få prosent av tiden til mer enn 1/3 av tiden. Den hyppigste overskridelsen av kartleggingsgrensen skjer i Trondheim. På de generelle bystasjonene overholdes kartleggingsgrensen.

SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium for døgnmiddelverdi av PM_{10} på $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ overskrides noen få ganger de fleste vintre på de generelle bystasjonene (som er lite påvirket av helt nærliggende gater). På gatestasjoner overskrides denne verdien ofte, opp mot 30% av tiden, bortsett fra i Trondheim, der verdien overskrides i mer enn halvparten av tiden.

SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium for halvårsmiddelverdi av PM_{10} på $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ er ikke overskredet på generelle bystasjoner, men derimot på en del av gatestasjonene. Overskridelsene er klart størst i Trondheim.

SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium for halvårsmiddelverdi av $PM_{2,5}$ på $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ overholdes med god margin på de fleste stasjonene. I Trondheim er det målt opp til $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på en gatestasjon.

4. Ulike kilders bidrag til PM_{2,5}- og PM₁₀-konsentrasjonen på årsbasis

De viktigste kildene til svevestøv (PM_{2,5} og PM₁₀) i byområder er:

- Forbrenning i stasjonære kilder (oppvarming av boliger/kontorer med olje/ved/koks/kull, hovedsakelig PM_{2,5}).
- Forbrenning i mobile kilder (eksosutslipp fra bensin- og dieselmotorer, hovedsakelig PM_{2,5}).
- Slitasje av veidekket på grunn av piggdekk og oppvirvling av støv fra veibane og veikant (mest PM₁₀, i mindre grad PM_{2,5}).
- Forurensninger som transporteres inn i byområder utenfra (langtransporterte forurensninger fra andre land og regionale utslipp nær byene, mest PM_{2,5}, men også noe i grovfraksjonen PM_{10-2,5}).
- Oppvirvlet bakke-/jordstøv, mest PM₁₀.

4.1 Metode for å anslå bidraget til PM_{2,5} og PM₁₀ fra veidekkeslitasje/oppvirvling fra veibanen

Målinger av PM_{2,5} og PM₁₀ ved veier viser at bidraget fra veidekkeslitasje og oppvirvling er vesentlig bare når veibanen er tørr. Snø- og isdekte veier verner mot slitasje og oppvirvling. Våt veibane binder det avslitte støvet og hindrer oppvirvlingen. For å beregne bidrag fra piggdekkslitasje og oppvirvling har vi derfor for hver av de vurderte dataseriene fordelt måleresultatene på "tørre" og "våte" dager. På "tørre" dager dominerer slitasje og oppvirvling, og konsentrasjonene (særlig av PM₁₀) er som oftest betydelig høyere enn på "våte" dager.

Piggdekk/oppvirvlingsbidraget beregnes ved å se på forskjellen i middelverdiene av henholdsvis PM_{2,5} og PM₁₀ på "tørre" og "våte" dager. Dersom f.eks. middelverdien av PM₁₀ er 80 µg/m³ høyere på "tørre" enn "våte" dager i vintersesongen, og de "tørre" dagene utgjør 20% av dagene i vinterhalvåret (10% på årsbasis), blir PM₁₀-bidraget fra veidekkeslitasje/oppvirvling 8 µg/m³ på årsbasis.

Tabell 6 viser for hvilke stasjoner og perioder det er gjort beregninger for bidrag av PM_{2,5} og PM₁₀ fra veidekkeslitasje og oppvirvling.

Vi har brukt følgende definisjoner på en "tørr" dag:

- ♦ PM₁₀-konsentrasjonen skal være over en viss grense. Grensen settes slik at de fleste dager med tydelig økt PM₁₀ sett i forhold til samtidig økt PM_{2,5} kommer med i den "tørre" gruppen.
- ♦ Forholdet mellom PM₁₀ og PM_{2,5} skal være større enn en viss verdi F. Dette skal sikre at dager med relativt høy forurensning, som skyldes annet enn veistøv, ikke kommer med i den tørre gruppen. PM₁₀ og PM_{2,5} vil i de fleste av tilfellene med andre kilder enn veistøv være nokså like. Eksempler er ved

dårlig spredning og lav temperatur som gir mye fyring, eller en langtransport-episode som kan gi PM_{10} og $PM_{2,5}$ opp mot $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i Sør-Norge.

Et intervall for F er valgt her, $F=1,25-1,4$, basert på resultater av målinger for eksempel av langtransportert forurensning, og episoder med høy forurensning i Oslo ved fuktige bakkeforhold, når en vet at veistøv ikke bidrar til forurensningen.

PM_{10} -grensene for å skille mellom “tørre” og “våte” dager er variert innen intervaller som skal gi grunnlag for å estimere usikkerheten i anslaget av veistøvbidrag knyttet til valg av grense. De intervallene som er valgt er gitt i Tabell 6. Intervallene er valgt ut fra observasjon av tidsserier (gitt i Vedlegg A), samt beregninger av veistøvbidraget ved enda større intervaller, slik at vi sikrer oss at veistøvbidraget ikke blir underestimert.

Tabell 6 viser også, i siste kolonne, hvor mange dager som da blir klassifisert som “tørre”. Regnet i prosent av antall dager, er følgende andel av dagene “tørre” når en bruker klassifiseringsintervallene for PM_{10} som gitt i Tabell 6:

Sammendrag av Tabell 6.

Bysentrum		Gater/veier		
Oslo	48-78%	Oslo	Kirkeveien	27-48%
			Ringveien, Tåsen	39-60%
			Trondheimsveien, Veitvet	52-78%
Bergen	15-57%			
Trondheim	26-68%	Trondheim	Prinsens gt.	70-84%

De veistøvbidrag som beregnes i det følgende gjelder for de meteorologiske forhold som rådet i det/de år målingene er foretatt på hvert sted. Tallene over tyder på en fuktig vinter i Bergen (1994/95). Det var svært tørt i Prinsens gt. vinteren 1990/91. Det var færre “tørre” dager i lavhastighetsveien Kirkeveien (vinteren 1993/94 og 1994/95) enn ved Tåsen og Veitvet (henholdsvis 1994/95 og 1995/96), der trafikkhastigheten er høyere. Veiene tørker raskere opp ved høy enn ved lav kjørehastighet.

Tabell 6: Dataserier som er benyttet til beregning av bidrag til årsmiddelkonsentrasjonene av $PM_{2,5}$ og PM_{10} på grunn av slitasje av veidekket og oppvirvling fra veibanen.

By	Stasjon	Dataserie	Valgt intervall for PM_{10} -konsentrasjonsgrense for "tørre" dager ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ant. "tørre" dager (av totalt)
Sentrumstasjoner, km^2 -skala				
Oslo	Nordahl Bruns gate (I takhøyde)	Oktober 1994-mars 1995	10-15	124-76 (av 160)
Bergen	Fengslet (I bakkenivå)	Oktober 1994-mars 1995	10-20	83-22 (av 146)
Trondheim	Rådhusparken (I bakkenivå, sør for sentrum)	Oktober 1994-mars 1995	5-20	98-37 (av 144)
Stasjoner ved gater/veier				
Oslo	Kirkeveien	November 1993-april 1994 og oktober 1994-april 1995	20-40	135-76 (av 280)
Oslo	Tåsen	Oktober 1995-mars 1996	20-40	104-68 (av 174)
Oslo	Veitvet	Oktober 1994-april 1995	10-20	115-78 (av 149)
Trondheim	Prinsens gate 6A	November 1990-april 1991	20-40	105-88 (av 125)

4.2 Bidrag fra langtransporterte forurensninger

Det er ikke utført målinger av verken $PM_{2,5}$ eller PM_{10} på representative/ikke-trafikkexponerte stasjoner i områder nær noen av de større byene. I stedet har vi benyttet måledata fra bakgrunnsstasjonen Birkenes i Aust-Agder for 1991 og 1992 til å anslå bidraget fra kilder utenfor byområdene. Som andre langtransporterte forurensninger vil disse konsentrasjonene avta langsomt nordover. På bakgrunn av kunnskap om hvordan konsentrasjonene av andre komponenter, som f.eks. SO_2 , NO_2 og SO_4 , varierer på bakgrunnsstasjonene i Norge har vi i Tabell 7 anslått bidraget fra kilder utenfor byområdene.

Tabell 7: Anslått bidrag til $PM_{2,5}$ og PM_{10} på årsbasis fra kilder utenfor byområdene (fortrinnsvis langtransporterte luftforurensninger) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Sted	Bidrag til årsmiddelkonsentrasjon fra langtransporterte forurensninger	
	$PM_{2,5}$	PM_{10}
Birkenes(1991-92)	5,9	8,7
Oslo	5 ¹⁾	10 ¹⁾
Bergen	4	7
Trondheim	3	6

1) Inkluderer mindre bidrag fra byens nærområder.

4.3 Bidrag fra stasjonær forbrenning og eksosutslipp

Å kunne skille mellom bidraget fra stasjonær forbrenning og eksosutslipp er ikke så lett ut fra måledataene. Bidraget til $PM_{2,5}$ fra stasjonær forbrenning vinterstid kan vurderes ved å se på sammenhengen mellom konsentrasjon og døgnmiddeltemperatur. I tillegg kan bidraget av svevestøv vurderes ved å se på årsutslippene fra stasjonær og mobil forbrenning. Her velger vi som tidligere nevnt å legge mest vekt på Oslo-dataene. Disse viser at utslippene fra oppvarming og eksos var nokså like på årsbasis. Igjen betyr det ut fra de utslippsmessige forholdene (se kapittel 2) at bileksos gir et bidrag til partikkelkonsentrasjonen i bakkenivå i sentrum av byer som er en god del større, 3-5 ganger større, enn fyringsutslippet. På gatestasjoner blir i praksis fyringsbidraget svært lite i forhold til eksosbidraget.

4.4 Resultat av beregningene

4.4.1 Bidrag til årsmiddelkonsentrasjoner

Tabell 8 viser resultatene av beregninger/anslag av bidragene fra ulike kilder til årsmiddelkonsentrasjoner av $PM_{2,5}$ og PM_{10} ved målestasjoner i Oslo, Bergen og Trondheim. Årsmiddelkonsentrasjonene er anslått fra målinger. De er noe usikre da det er lite eller ingen målinger sommerstid på de fleste målestasjonene.

Med “andre lokale kilder” menes utslipp fra oppvarming av kontorer/boliger og eventuell mekanisk generering av støv fra bakken utenom veiene. Vi har valgt å anslå bidragene fra bileksos og fra disse kildene samlet, da beregningsmetoden ikke gir godt nok grunnlag for å skille mellom dem, men også fordi bidragene er relativt små.

Intervallene som gis i veistøvbidraget reflekterer den kombinerte effekten av de intervallene som ble valgt i PM_{10} -grensen mellom “tørr” og “vått” (Tabell 6) og intervallet i minimumsforholdet mellom PM_{10} og $PM_{2,5}$ for å klassifisere en dag som “tørr” ($F = 1,25-1,4$).

Prosenttallene i Tabell 8 er noe avrundet, spesielt for bidraget fra langtransportert forurensning. Bidraget fra “eksos og andre kilder” er satt slik at summen av alle bidrag blir lik den estimerte årsmiddelkonsentrasjonen.

Det kan tenkes at metoden gir et noe for høyt bidrag til $PM_{2,5}$ fra piggdekk-slitasje/oppvirvling fra veibanen. Antagelig vil det være noe $PM_{2,5}$ fra fyring på dager med relativt høye PM_{10} -konsentrasjoner og hvor forholdet mellom PM_{10} og $PM_{2,5}$ er over 1,25. Denne effekten vil være ubetydelig for PM_{10} .

Et sammendrag av resultatene i Tabell 8 er gitt på neste side. Det viser følgende:

- ◆ Veistøvbidraget varierer fra by til by, størst i Trondheim og minst i Bergen.

Trondheimsasfalten synes å gi mye mer støv (både PM_{10} og $PM_{2,5}$) enn i de øvrige byene. Det lave antallet “tørre” dager gir lite veistøvbidrag i Bergen.

- ◆ For luften i **bysentra** generelt gir veistøvet følgende bidrag til årsmiddelkonsentrasjonen:

PM ₁₀ :	5-35%	Oslo:	4-6 µg/m ³
		Bergen:	1,5-2 µg/m ³
		Trondheim:	5-6 µg/m ³
PM _{2,5} :	0-20%	Oslo:	1-1,5 µg/m ³
		Bergen:	0,6-0,7 µg/m ³
		Trondheim:	0,5-1 µg/m ³

- ♦ For luften **ved gater** gir veistøvet følgende bidrag:

PM ₁₀ :	20-65%
PM _{2,5} :	0-35%

- ♦ Bidraget fra langtransportert luftforurensning til forurensningen i bysentra er betydelig, av størrelse 40-60%. På gatestasjoner er bidraget mindre, spesielt i Trondheim, der dette bidraget er bare anslagsvis 15%.
- ♦ Intervallet i beregnet veistøvbidrag reflekterer intervallet i "grense-PM₁₀" mellom tørre og våte dager som ble valgt (se Tabell 6). Beregningene viser at den usikkerhet som dette gir i beregnet veistøvbidrag er begrenset.

Sammendrag av resultatene i Tabell 8 (enhet: prosent):

Antall stasjoner	Bysentra			Gatestasjoner		
	Oslo 1	Bergen 1	Trondheim 1	Oslo 3	Bergen 0	Trondheim 1
PM₁₀:						
Veislitasje og oppvirvling	20-30	5-15	25-35	20-35	-	60-65
Eksos og andre lokale kilder	20-30	45-55	30-40	25-50	-	20-35
Langtransportert forurensning	~50	~40	~35	30-40	-	~5
PM_{2,5}:						
Veislitasje og oppvirvling	0-15	5-10	5-15	0-10	-	25-35
Eksos og andre lokale kilder	35-50	25-30	35-45	40-70	-	50-60
Langtransportert forurensning	~50	~65	~50	30-50	-	~15

Navn på gatestasjonene:

Oslo: Ringveien v/Tåsen, Kirkeveien, Trondheimsveien v/Veitvet
Trondheim: Prinsens gate (v/nr. 6A)

Disse beregnede bidragene er basert på 7 måleserier som stort sett strekker seg over 6 vintermåneder, men også noen tid på forsommeren som gir grunnlag for å anslå sommernivået. Målingene er utført i årene 1991-1996, stort sett med én vinter pr. målested. Metodikken som er brukt er beskrevet i kapittel 4.1.

Tabell 8: Beregnete/anslåtte bidrag fra ulike kilder til årsmidlete $PM_{2,5}$ - og PM_{10} -konsentrasjoner ved stasjoner i Oslo, Bergen og Trondheim. F : Kriterieverdi for min. forhold mellom PM_{10} og $PM_{2,5}$ for å klassifisere dager som "tørre", dvs. med betydelig veistøvbidrag (se kapittel 4.1).

Oslo	$PM_{2,5}$		PM_{10}	
Nordahl Bruns gate (km ² -skala i takhøyde)	Konsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Bidrag (%)	Konsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Bidrag (%)
$F=1,25$				
Veislitasje og oppvirvling	1-1,5	10-15	5-6	25-30
Eksos og andre lokale kilder	3,5-4	35-40	4-5	20-25
Langtransportert forurensning	5	50	10	50
Årsmiddel	10		20	
$F=1,4$				
Veislitasje og oppvirvling	0-1	0-10	4-4,5	20-25
Eksos og andre lokale kilder	4-5	40-50	5,5-6	25-30
Langtransportert forurensning	5	50	10	50
Årsmiddel	10		20	

Oslo	$PM_{2,5}$		PM_{10}	
Kirkeveien (gatestasjon)	Konsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Bidrag (%)	Konsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Bidrag (%)
$F=1,25$				
Veislitasje og oppvirvling	0,5-1	4-8	7-9	24-28
Eksos og andre lokale kilder	8,5-8	57-61	10-12	37-41
Langtransportert forurensning	5	35	10	35
Årsmiddel	14		29	

Oslo	$PM_{2,5}$		PM_{10}	
Tåsen (gatestasjon)	Konsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Bidrag (%)	Konsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Bidrag (%)
$F=1,25$				
Veislitasje og oppvirvling	0-1	0-5	7-8	22-24
Eksos og andre lokale kilder	11-12	65-70	14-15	46-48
Langtransportert forurensning	5	30	10	30
Årsmiddel	17		32	
$F=1,4$				
Veislitasje og oppvirvling	0-0,5	0-5	6,5-7,5	20-25
Eksos og andre lokale kilder	11,5-12	65-70	14,5-15,5	45-50
Langtransportert forurensning	5	30	10	30
Årsmiddel	17		32	

Tabell 8 forts.

Oslo	PM _{2,5}		PM ₁₀	
	Konsentrasjon (µg/m ³)	Bidrag (%)	Konsentrasjon (µg/m ³)	Bidrag (%)
Veitvet (gatestasjon)				
<i>F=1,25</i>				
Veislitasje og oppvirvling	0-1	0-10	8-9	30-35
Eksos og andre lokale kilder	4-5	40-50	7-8	25-30
Langtransportert forurensning	5	50	10	40
Årsmiddel	10		26	
<i>F=1,4</i>				
Veislitasje og oppvirvling	0-0,5	0-5	~8	~30
Eksos og andre lokale kilder	4,5-5	45-50	~8	~30
Langtransportert forurensning	5	50	10	40
Årsmiddel	10		26	

Bergen	PM _{2,5}		PM ₁₀	
	Konsentrasjon (µg/m ³)	Bidrag (%)	Konsentrasjon (µg/m ³)	Bidrag (%)
Fengslet (km ² -skala, bakkenivå)				
<i>F=1,25</i>				
Veislitasje og oppvirvling	0,6-0,7	10-12	1,5-2	7-13
Eksos og andre lokale kilder	~1,3	23-25	8-8,5	47-53
Langtransportert forurensning	4	65	7	40
Årsmiddel	6		17	

Trondheim	PM _{2,5}		PM ₁₀	
	Konsentrasjon (µg/m ³)	Bidrag (%)	Konsentrasjon (µg/m ³)	Bidrag (%)
Rådhusparken (km ² -skala, bakkenivå, sør for sentrum)				
<i>F=1,25</i>				
Veislitasje og oppvirvling	0,5-1	8-16	5-6	29-35
Eksos og andre lokale kilder	2-2,5	34-42	5-6	30-36
Langtransportert forurensning	3	50	6	35
Årsmiddel	6		17	

Trondheim	PM _{2,5}		PM ₁₀	
	Konsentrasjon (µg/m ³)	Bidrag (%)	Konsentrasjon (µg/m ³)	Bidrag (%)
Prinsens gate 6A (gatestasjon)				
<i>F=1,25</i>				
Veislitasje og oppvirvling	7	30-33	57-58	65-67
Eksos og andre lokale kilder	11	52-55	23-24	28-30
Langtransportert forurensning	3	15	6	5
Årsmiddel	21		87	

Resultatene gir totalt sett en god indikasjon på bidraget fra veistøv på de valgte målestedene i de årene vi har benyttet på hvert sted. Resultatene representerer de meteorologiske forholdene, spesielt hyppighet av tørr veibane, som har hersket i de angjeldende vintre.

Representativiteten av vintrene er foreløpig ikke undersøkt. Imidlertid var vinteren 1994/95 i Bergen ganske fuktig, med få tørre dager. Året etter var PM_{10} -forurensningen høyere (se Tabell 3), men da ble ikke $PM_{2,5}$ målt, slik at vår metode ikke kan benyttes det året. I Trondheim var det svært mange tørre dager vinteren 1990/91. De svært høye nivåene, og bidragene fra veistøv i Trondheim skyldes imidlertid ikke først og fremst andel tørre dager, PM_{10} -forurensningen på tørre dager er også mye høyere enn i de andre byene. Forklaringen må søkes i selve veistøvgenereringen på veibanen.

4.4.2 Bidrag til maksimalverdier

Tabell 9 viser de relative bidragene fra ulike kilder til $PM_{2,5}$ - og PM_{10} -konsentrasjonene som middel for de fem dagene som hadde de høyeste PM_{10} -konsentrasjonene i måleperioden. På slike dager dominerer veistøvet fullt ut PM_{10} , og gir det største bidraget også til $PM_{2,5}$.

For PM_{10} viser beregningene et bidrag fra veidekkeslitasje og oppvirvling fra veibanen på mellom 78% (bystasjon i Bergen) og 98% (gatestasjon i Trondheim). For $PM_{2,5}$ varierer bidraget fra 60% til 88%. Det er mulig at særlig $PM_{2,5}$ -bidraget blir litt for høyt, da det kan være noe fyringsbidrag disse dagene. Den anvendte metoden kan undervurdere bidraget fra eksos og forbrenning litt på dager med høye konsentrasjoner. For langtransporterte luftforurensninger har vi valgt å bruke årsmiddelkonsentrasjonene fra Birkenes i 1991-1992 som representative også for dager med høye PM_{10} -konsentrasjoner. Dette er usikkert, men har antagelig liten betydning, da konsentrasjonene som skyldes lokale utslipp disse dagene høyst sannsynlig er betydelig høyere enn det langtransporterte bidraget.

Tabell 9: Beregnete/anslåtte bidrag fra ulike kilder til middelkonsentrasjonen av $PM_{2,5}$ og PM_{10} på de fem dagene med de høyeste PM_{10} - konsentrasjonene ved stasjoner i Oslo, Bergen og Trondheim

Oslo	$PM_{2,5}$		PM_{10}	
	Konsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Bidrag (%)	Konsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Bidrag (%)
Nordahl Bruns gate (km^2 -skala i takhøyde)				
Veislitasje og oppvirvling	25	78	61	85
Eksos og andre lokale kilder	2	6	1	1
Langtransportert forurensning	5	16	10	14
Maks. verdi	32		72	

Oslo	$PM_{2,5}$		PM_{10}	
	Konsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Bidrag (%)	Konsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Bidrag (%)
Kirkeveien (gatestasjon)				
Veislitasje og oppvirvling	22	68	155	91
Eksos og andre lokale kilder	5	16	5	3
Langtransportert forurensning	5	16	10	6
Maks. verdi	32		170	

Oslo	$PM_{2,5}$		PM_{10}	
	Konsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Bidrag (%)	Konsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Bidrag (%)
Tåsen (gatestasjon)				
Veislitasje og oppvirvling	20	61	99	84
Eksos og andre lokale kilder	8	24	10	8
Langtransportert forurensning	5	15	10	8
Maks. verdi	33		119	

Oslo	$PM_{2,5}$		PM_{10}	
	Konsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Bidrag (%)	Konsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Bidrag (%)
Veitvet (gatestasjon)				
Veislitasje og oppvirvling	15	60	141	92
Eksos og andre lokale kilder	5	20	3	2
Langtransportert forurensning	5	20	10	6
Maks. verdi	25		154	

Bergen	$PM_{2,5}$		PM_{10}	
	Konsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Bidrag (%)	Konsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Bidrag (%)
Fengslet (km^2 -skala, takhøyde)				
Veislitasje og oppvirvling	27	82	36	78
Eksos og andre lokale kilder	2	6	3	7
Langtransportert forurensning	4	12	7	15
Maks. verdi	33		46	

Trondheim	$PM_{2,5}$		PM_{10}	
	Konsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Bidrag (%)	Konsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Bidrag (%)
Rådhusparken (km^2 -skala, bakkenivå, sør for sentrum)				
Veislitasje og oppvirvling	22	85	97	94
Eksos og andre lokale kilder	1	4	~0	0
Langtransportert forurensning	3	11	6	
Maks. verdi	26		103	6

Trondheim	$PM_{2,5}$		PM_{10}	
	Konsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Bidrag (%)	Konsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Bidrag (%)
Prinsens gate 6A (gatestasjon)				
Veislitasje og oppvirvling	41	88	451	98
Eksos og andre lokale kilder	3	6	5	1
Langtransportert forurensning	3	6	6	1
Maks. verdi	47		462	

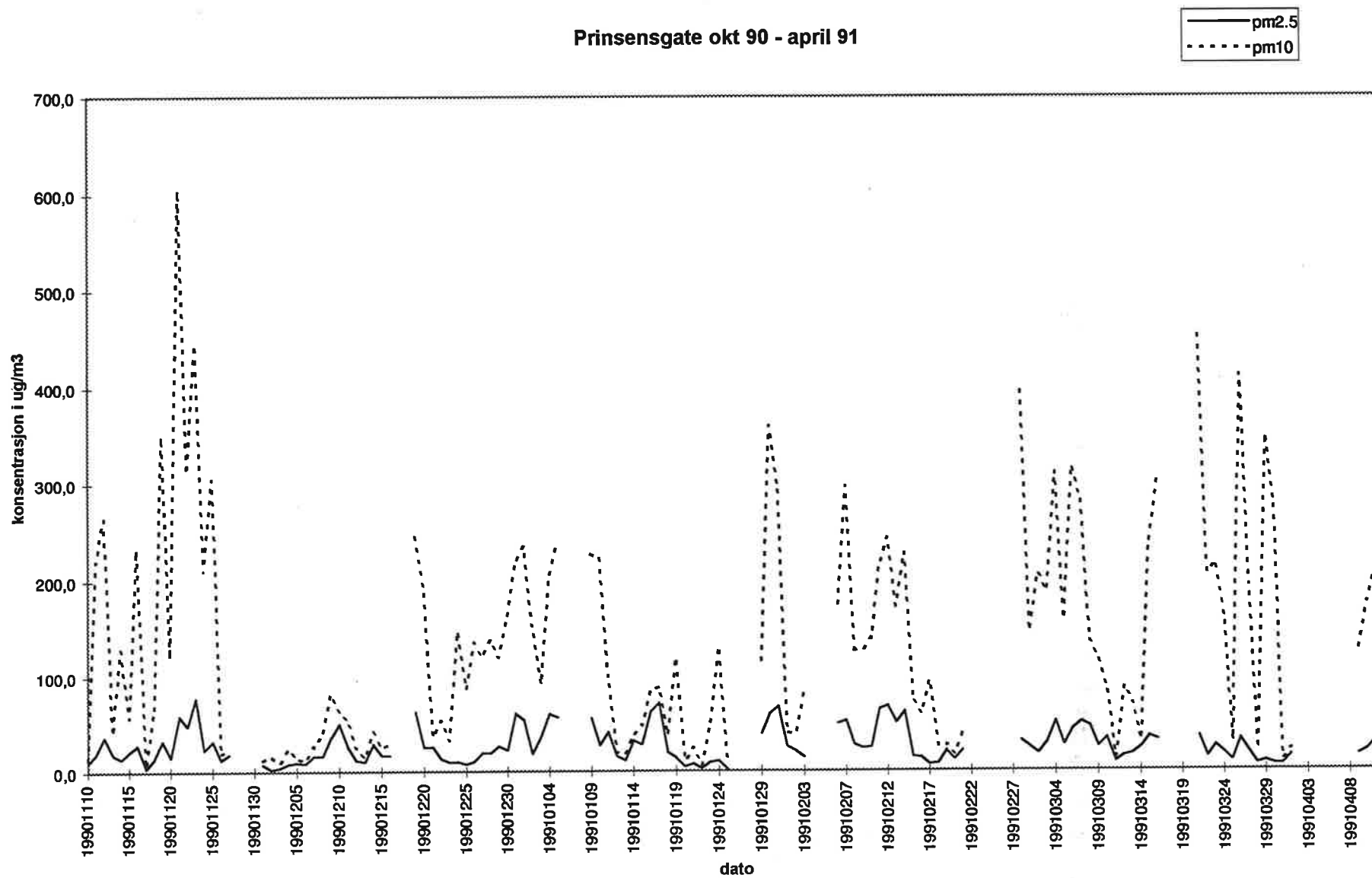
5. Tidsvariasjon av PM_{2,5}- og PM₁₀-konsentrasjoner

Konsentrasjonene av PM_{2,5} og særlig PM₁₀ kan variere svært mye fra dag til dag. Som eksempler har vi i Figur 2 og Figur 3 vist døgnmiddelverdier fra henholdsvis Prinsens gate 6A i Trondheim (vinteren 1990/91) og Nordahl Bruns gate i Oslo (vinteren 1994/95). Gatestasjonen i Trondheim har til dels betydelig høyere verdier enn bystasjonen i Oslo.

Tilsvarende figurer for de andre stasjonene er vist i Vedlegg A.

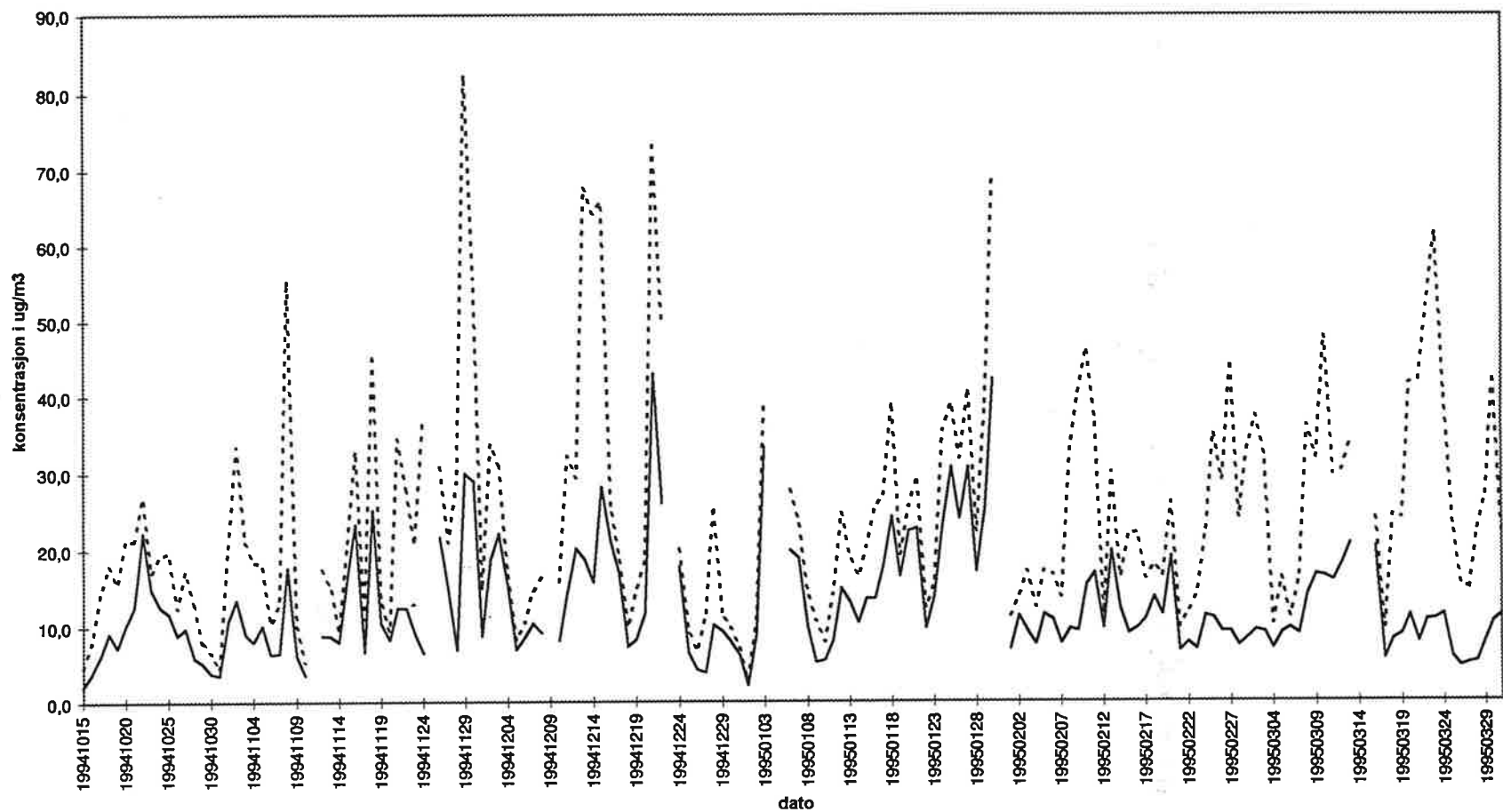
Figur 4 viser hvordan månedsmiddelverdiene av PM₁₀ har variert i perioden november 1995-januar 1997 ved utvalgte stasjoner i Drammen og Bergen. Nedre Storgate i Drammen er en takstasjon, som representerer km²-skala-nivå i sentrum og som er lite påvirket av direkte eksosutslipp og veidekkeslitasje/oppvirvling. Månedsmiddelverdiene varierte fra 12-15 µg/m³ om sommeren til 25-30 µg/m³ i de mest belastede vintermånedene. Fengerslet i Bergen, som også er en km²-skala-stasjon, men i bakkenivå, viste litt større årlig variasjon enn i Drammen. Nygårdsgaten i Bergen, gatestasjon, viste mye større årlig variasjon enn områdestasjonen Fengerslet. Høye verdier vinteren 1995/96 i forhold til vinteren 1994/95 skyldes betydelig større bidrag fra veidekkeslitasje/oppvirvling som følge av den usedvanlig nedbørfattige vinteren.

Prinsensgate okt 90 - april 91

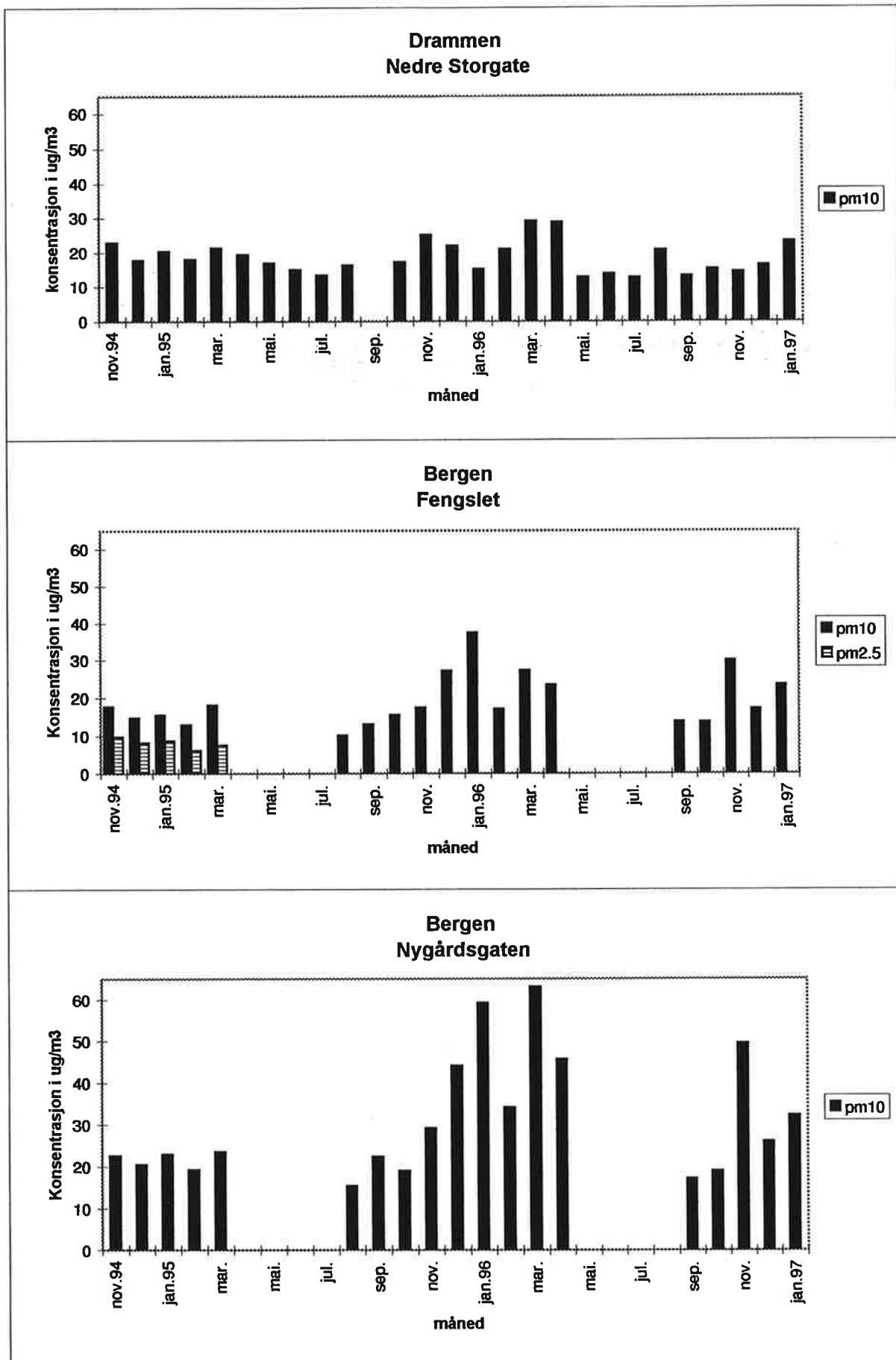


Figur 2: Døgnmiddelkonsentrasjoner av PM_{2,5} og PM₁₀ ved Prinsens gate 6A i Trondheim vinteren 1990/91.

Nordahl Brunsgt. okt 94 - mars 95



Figur 3: Døgnmiddelkonsentrasjoner av PM_{2.5} og PM₁₀ ved Nordahl Bruns gate i Oslo vinteren 1994/95.

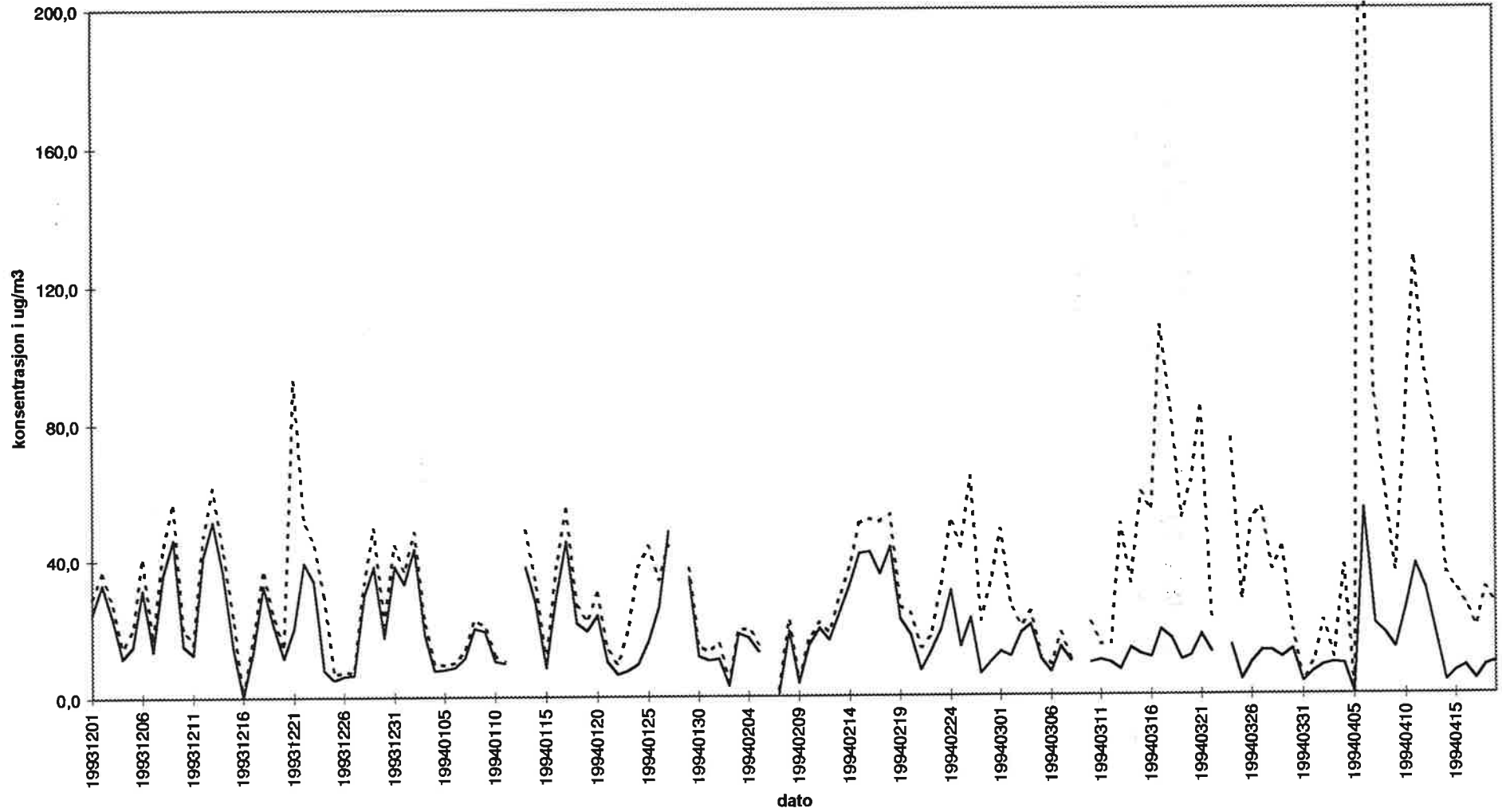


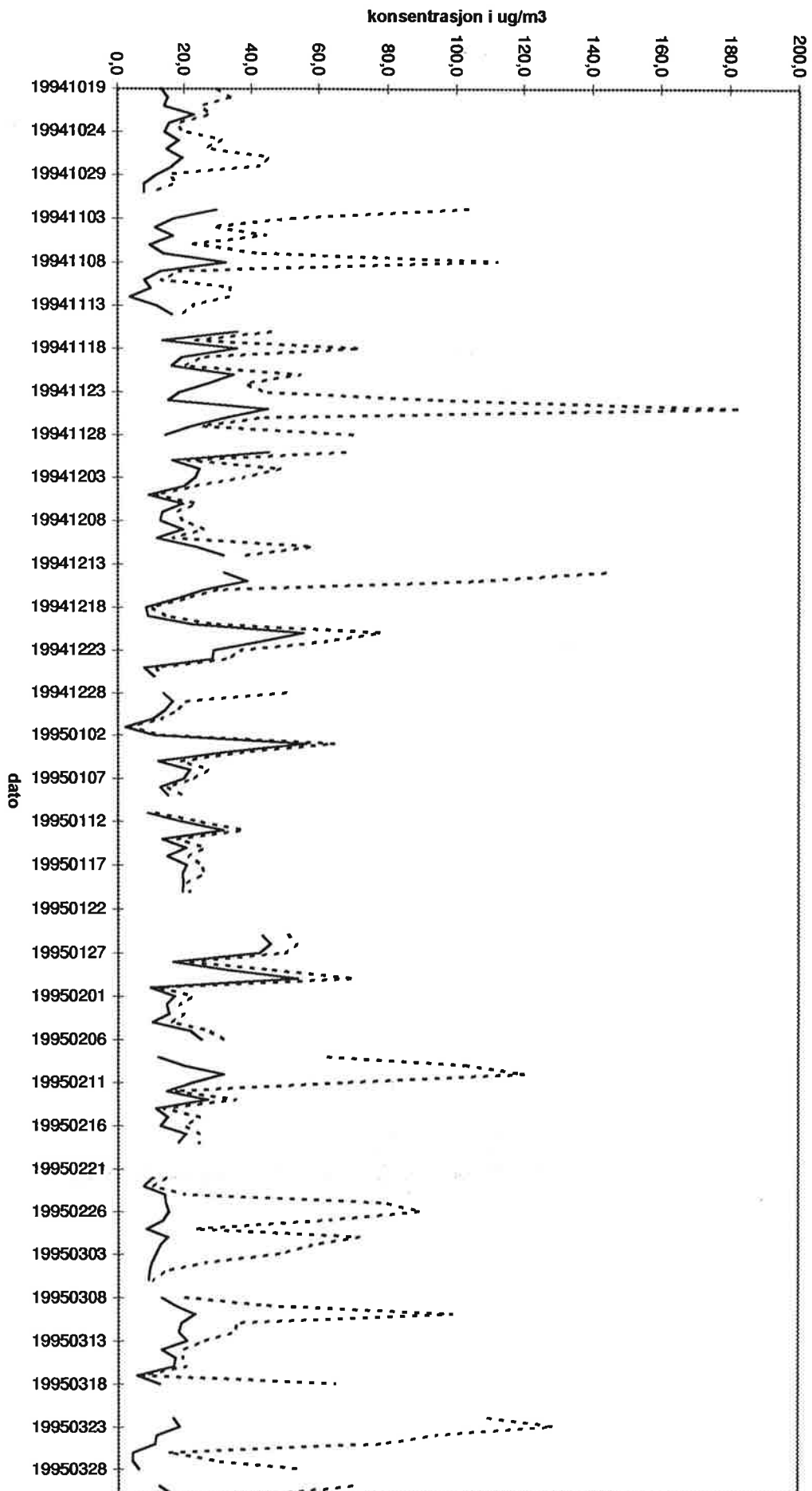
Figur 4: Månedsmiddelverdier av PM_{10} i Drammen og Bergen i perioden november 1994-januar 1997 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). $PM_{2,5}$ er bare målt ved Fengslet i Bergen i perioden november 1994-mars 1995.

Vedlegg A

Tidsvariasjon av døgnmiddelkonsentrasjoner av PM_{2,5} og PM₁₀ ved målestasjoner i Oslo, Bergen og Trondheim

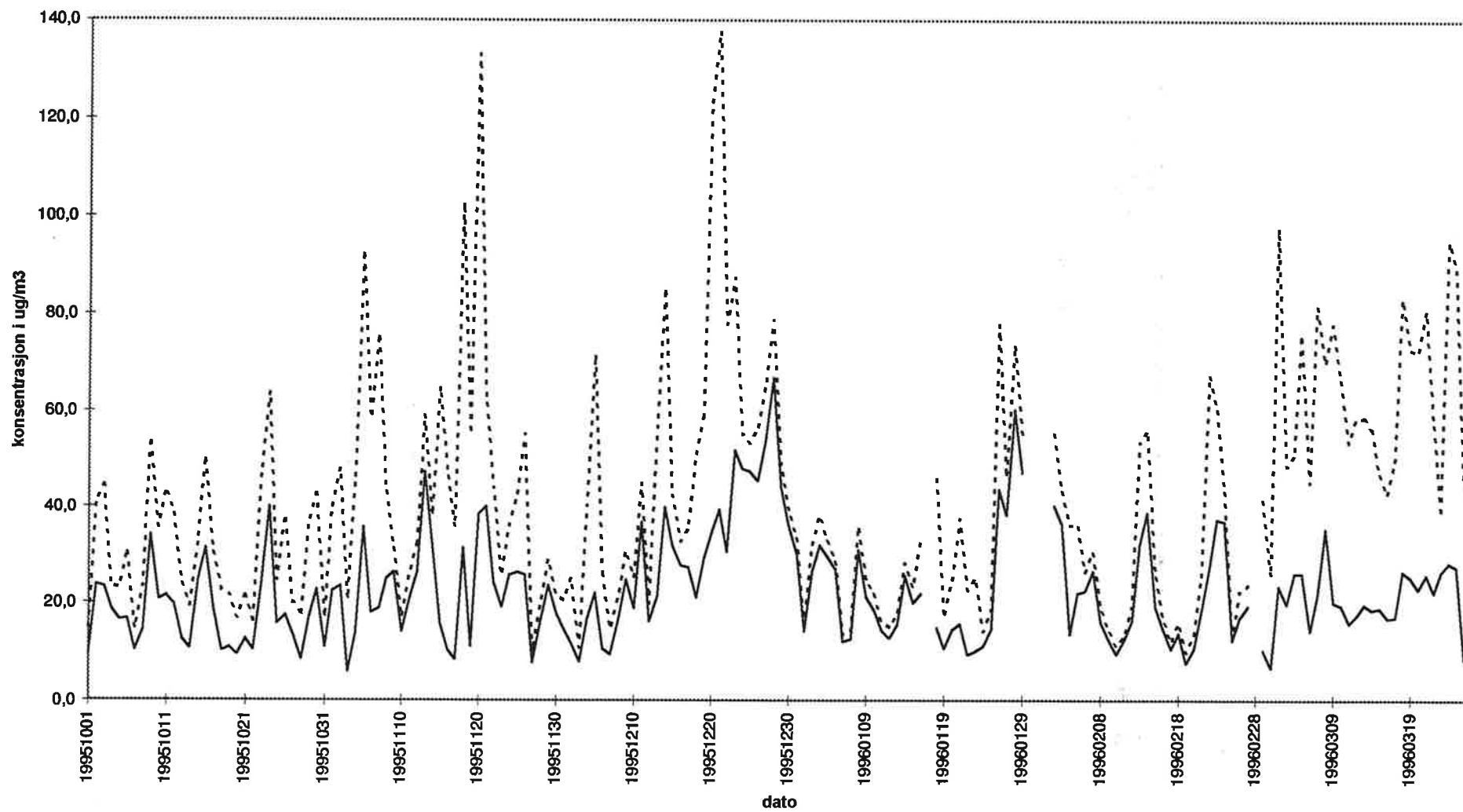
Kirkeveien des 93 - mars 94

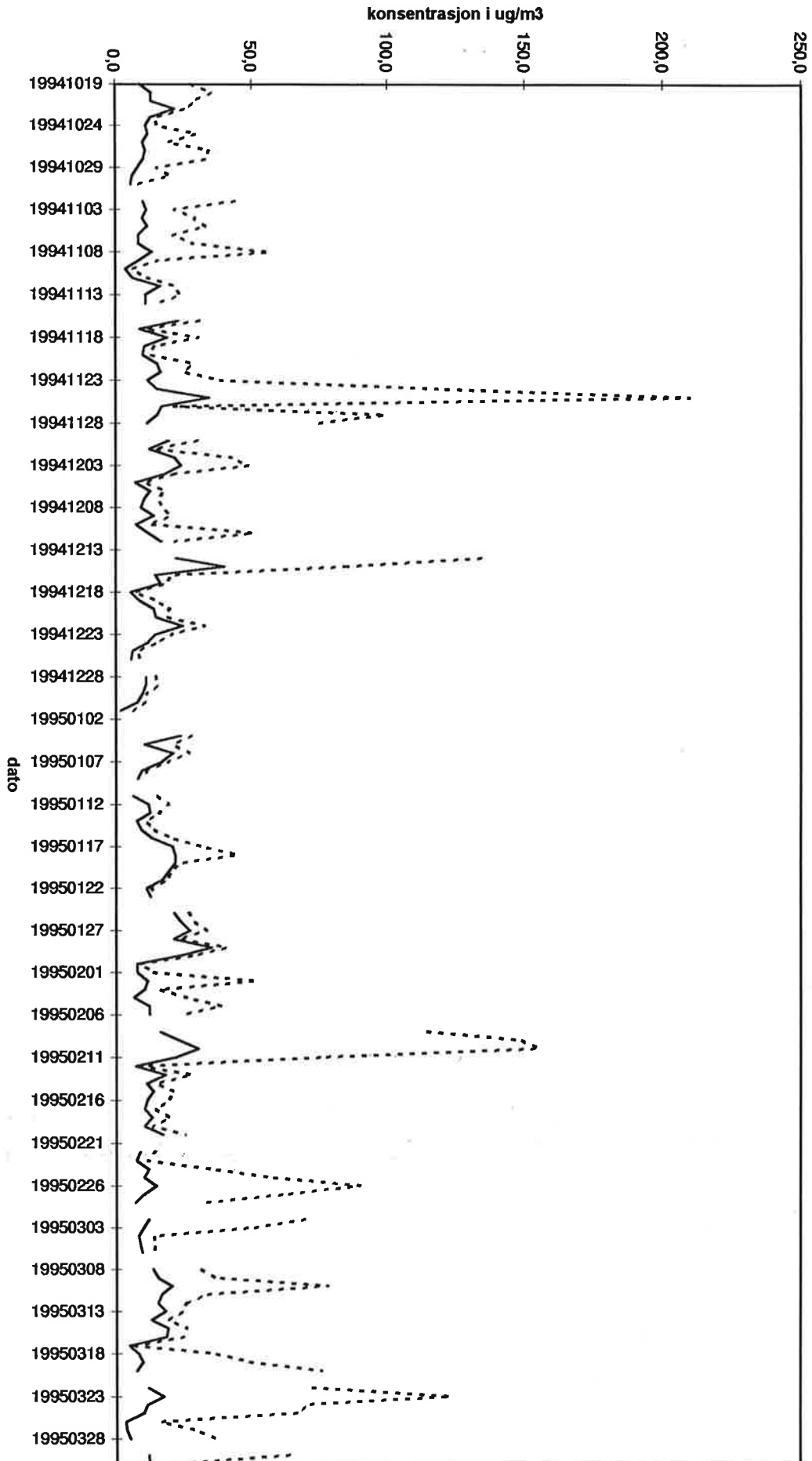




Kirkeveien okt 94 - mars 95

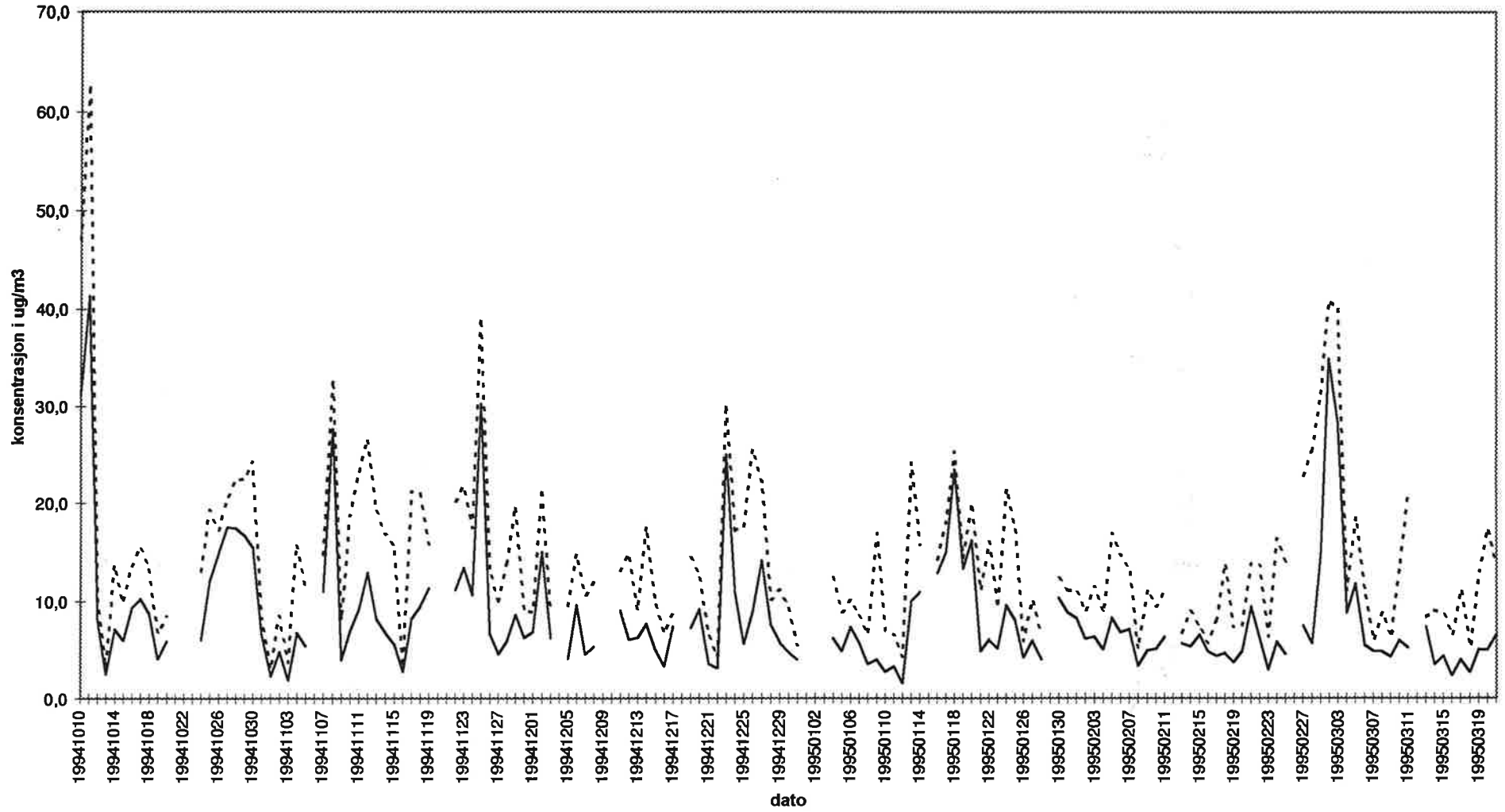
Tåsen okt 95 - mars 96

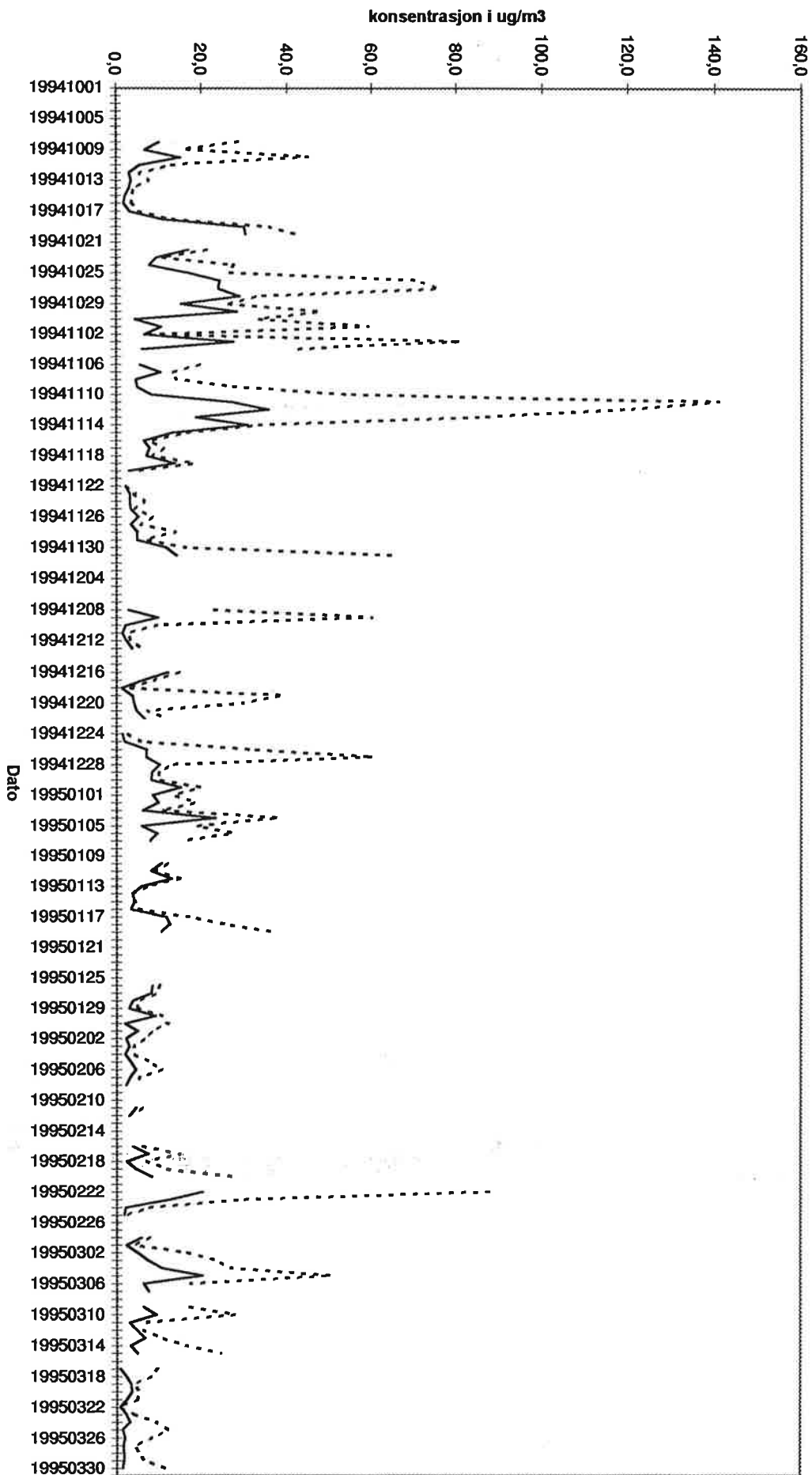




Veivedt okt 94 - mars 95

Fengslet okt 95 - mars 96





Rådhusparken okt 94 mars 95



Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2007 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAGRAPPORT	RAPPORT NR. OR 16/97	ISBN 82-425-0862-3 ISSN 0807-7207	
DATO 20.3.97	ANSV. SIGN. Øystein Horn	ANT. SIDER 40	PRIS NOK 60,-
TITTEL Partikkelforurensning fra piggdekk		PROSJEKTLEDER Leif Ottó Hagen	
		NILU PROSJEKT NR. O-97037	
FORFATTER(E) Steinar Larssen og Leif Otto Hagen		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAAGSGIVERS REF. Per-Andre Torper	
OPPDRAAGSGIVER Samferdelsdepartementet Postboks 8010 Dep. 0030 OSLO			
STIKKORD Luftkvalitet	Svevestøv	Piggdekk	
REFERAT Det er gjennomført en sammenstilling av målinger av PM _{2,5} og PM ₁₀ i større norske byer i 1990-årene. Rapporten gir en oversikt over overskridelser av kartleggings- og tiltaksgrenser i Forurensningsloven og av SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier. Det er også beregnet bidrag til PM _{2,5} - og PM ₁₀ -konsentrasjonene både for årsmiddelverdier og de høyeste døgnmiddelverdiene fra veidekkeslitasje/oppvirvling fra veibanen, bileksos og andre lokale kilder og langtransporterte luftforurensninger.			
TITLE Suspended particulate matter caused by studded tyres			
ABSTRACT			

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