

NILU: OR 97/2006
REFERANSE: O-104002
DATO: MARS 2007
ISBN: 978-82-425-1842-2 (trykt)
978-82-425-1843-9 (elektronisk)

Studie av bidrag fra vedfyring og andre kilder til forurensningen av partikler i luft i Oslo

Fase 1:

Estimat av vedfyringsbidrag til PM basert på sporstoffmålinger i luft

Steinar Larssen og Leif Otto Hagen

Innhold

	Side
Sammendrag	3
1 Bakgrunn for studien	5
2 Plan og gjennomføring	6
3 Måleprogram for PM og levoglucosan vinteren 2004	7
4 PM i utslipp fra vedfyring – partikkelstørrelsesfordeling	8
5 Måleresultater for PM	9
5.1 Kirkeveien	10
5.2 Sofienbergparken	14
5.3 Glitre	19
5.4 Oppsummerende kommentarer	21
6 Levoglucosan som sporstoff for vedfyring	28
6.1 Forbedret analysemetode for levoglucosan	28
6.2 Utvelgelse av prøver til analyse av levoglucosan	28
6.3 Konsentrasjoner av levoglucosan	31
6.4 Levoglucosan og meteorologiske forhold	36
6.5 Levoglucosan i PM-utslipp fra vedfyring	41
6.6 Levoglucosan i PM _{2,5}	41
6.7 Levoglucosan i grovfraksjonen og i PM ₁₀	47
7 Beregnet bidrag fra vedfyring til PM-konsentrasjoner i Oslo	50
7.1 Vedfyringsbidrag til PM _{2,5}	50
7.2 Vedfyringsbidrag til grovfraksjonen og PM ₁₀	55
8 Sammenligning av vedfyringsbidrag til PM i utslipp og i konsentrasjoner i luft i Oslo	59
9 Oppsummering	60
10 Konklusjon	61
11 Referanser	62
Vedlegg A Detaljbeskrivelse av studien	65
Vedlegg B Sammenlikning av PM i fin- og grovfraksjonen mellom filterprøvetakere (Dicho Partisol og Kleinfilergerät) og TEOM	71

Sammendrag

Bidraget fra vedfyring til konsentrasjoner av partikler (PM) i luft i Oslo er undersøkt på bakgrunn av PM-prøver tatt på 4 stasjoner i Oslo-området i januar-april 2004. Det ble tatt prøver av PM_{2,5} (finfraksjon) og av PM_{10-2,5} (grovfraksjon) av PM₁₀, separat for dag og kveld/natt (12-timers prøver). I PM-prøvene ble partikkelkonsentrasjonen målt, og innholdet av sporstoffet levoglucosan ble bestemt i et utvalg av prøvene. Levoglucosan er et sporstoff for partikler fra vedfyring.

Undersøkelsen er første del av en større studie der spredningsmodellberegninger og statistiske analyser også inngår for å bestemme vedfyringens bidrag til PM-konsentrasjonen i Oslo.

Bestemmelsen av PM-konsentrasjoner ga resultater som stemmer med tidligere målinger, og utdypet disse: Hovedkildene til PM_{2,5} i Oslo er bidrag fra vedfyring og bileksos samt fra kilder utenfor Oslo (langtransporterte forurensninger). Den helt dominerende kilden til grovfraksjonen av PM₁₀ er oppvirket veistøv. Hovedkilden til dette er piggdekkens slitasje av veidekket.

Basert på målinger av levoglucosan er det beregnet at vedfyringen utgjorde ca. 40 % av PM_{2,5}-konsentrasjonene både på bybakgrunnsstasjonen (Sofienbergparken) og på gatestasjonen i Kirkeveien. Vedfyringens bidrag til grovfraksjonen var ca. 8 % både i Kirkeveien og i Sofienbergparken. Vedfyringens bidrag til PM₁₀-konsentrasjonen var ca. 25 % på begge stasjoner. Temperaturen var i måleperioden ca 2°C varmere enn normalt. I normalt kalde, og kaldere, vinterperioder vil vedfyringens bidrag sannsynligvis være noe større.

På gatestasjonen Rv4 ved Aker Sykehus var bidraget fra vedfyringen 19% på dagtid, vesentlig lavere enn i Kirkeveien/Sofienbergparken, bl.a. på grunn av det større trafikkbidraget fra Rv4.

Målingene på den regionale bakgrunnsstasjonen på Glitre i Nittedal ga et grunnlag for å estimere langtransportbidraget til PM i Oslo.

Utslippsprøver og levoglucosan-analyser av PM-prøvene for Oslo gir grunnlag for å estimere at ca. 90% av PM₁₀-massen i vedfyringsutslipp i Oslo er i finfraksjonen (PM_{2,5}) og ca. 10% er i grovfraksjonen.

Konklusjonene bør styrkes ved å gjøre levoglucosan-analyser på flere filtre, og ved at det gjennomføres avanserte statistiske analyser basert på analyser av flere sporstoffer, som foreslått i prosjektforslaget. Likeledes at spredningsmodeller kjøres og resultater sammenlignes med det utvidete levoglucosan-materialet.

Vedfyringsbidraget til PM i luft som her er beregnet på steder i Oslo sentrum er vesentlig lavere enn bidraget til totalutslippet av PM til luft for Oslo som helhet. Forskjellen skyldes spredningseffekter og sannsynligvis at vedfyringen i stor grad skjer utenfor sentrumsområdet. Disse forhold skal studeres nærmere gjennom beregninger med spredningsmodeller.

Studie av bidrag fra vedfyring og andre kilder til forurensningen av partikler i luft i Oslo

Fase 1:

Estimat av vedfyringsbidrag til PM basert på sporstoffmålinger i luft

1 Bakgrunn for studien

Partikler i luft, PM (PM: “particulate matter”, partikler i form av svevestøv), anses for å være den viktigste komponenten av luftforurensning når det gjelder påvirkning på menneskers helse (Verdens Helseorganisasjon, WHO). Grenseverdier for konsentrasjon av partikler i luft gjelder i dag PM_{10} (partikler med ekvivalent aerodynamisk diameter $<10 \mu\text{m}$) og $PM_{2,5}$. Utviklingen går i retning av å legge mer vekt på mindre partikler når det gjelder observerte helseeffekter, dvs. det legges mer vekt på $PM_{2,5}$ enn på PM_{10} , og interessen går også videre mot ultrafine partikler (diameter $<0,1 \mu\text{m}$). Hvilken størrelse og type av partikler som er ansvarlig for det meste av helseeffekten er ikke avklart. Interessen blant helseeffekt-forskere går i retning av de mindre partiklene. Det kan imidlertid ikke utelukkes at større partikler (for eksempel grovfraksjonen av PM_{10} , dvs. $PM_{10-2,5}$) også har helseeffekt.

Forbrenningspartikler (partikler fra forbrenning både av fossile og ikke-fossile brennstoffer) anses for å være av spesiell interesse når det gjelder helseeffekter, og at forbrenning av ved er en kilde som kanskje øker i viktighet, som resultat av økte energipriser, i Europa som i Norge. Det er spesielt vedfyring i små anlegg (enkeltoverner i boliger) som er viktig her.

De viktigste lokale bidragene til PM-forurensningen i luft i Oslo kommer fra vedfyring og fra biltrafikk (NILU-rapporter gjennom flere år; siste referanse: NILUs notat til SFTs Rikets Miljøtilstand-arbeid 2001) (Laupsa, 2002). Bidragene fra biltrafikken er dels fra selve bileksosen, der dieselpartikler er viktigst, og dels fra veistøvet, som dannes hovedsakelig ved piggdekkenes slitasje av veibanen. Forbrenningspartikler (fra bileksos og fra ved) er små partikler i $PM_{2,5}$ -fraksjonen (størrelsesområde $0,05-0,5 \mu\text{m}$). Hovedmassen av oppvirvlet veistøv er store partikler (over $10 \mu\text{m}$, opptil noen hundre μm), men en andel er også mindre enn $10 \mu\text{m}$ i diameter, og dette gir dominerende bidrag til PM_{10} når det er tørt på veiene, men gir også et visst bidrag til $PM_{2,5}$.

Norsk institutt for luftforskning (NILU) foreslo overfor Statens forurensningstilsyn (SFT) å gjennomføre denne studien i Oslo fordi:

- PM -forurensningen i Oslo om vinteren er høy, og er i ulike typer av episoder svært høy (Slørdal og Larssen, 2001; Slørdal et al., 2004).

- Vedfyringen er beregnet å gi et viktig bidrag til PM-forurensningen allerede i dag, og en regner med at på grunn av økte strømpriser og interesse for ikke-fossile energikilder vil vedforbruket kunne øke vesentlig framover.
- Vedfyringen i Oslo (som ellers i landet) foregår for det meste fortsatt med gamle ovnstyper som har store utslipp.
- Statistisk sentralbyrå (SSB) har forbedret kunnskapen om vedforbruk i Oslo og dets tidsforløp, som forbedrer beregningene av PM-forurensningen.
- Kunnskapen om oppvirvlingen av veistøv og hvordan denne avhenger av veibanens tørrhet og opptørking er også forbedret ((Tønnesen, 2003).

Det siste, og kanskje viktigste punktet som ga grunnlag for at den foreslåtte studien ville gi vesentlig bedre kunnskap om vedfyringens betydning for PM i luft, er at NILU har tatt i bruk det kildespesifikke sporstoffet levoglucosan for vedfyringspartikler.

Levoglucosan dannes ved forbrenning av cellulose og hemicellulose, hvilket utgjør 60-80% av vedens tørrvekt, og innehar en rekke kvaliteter som gjør den spesielt godt egnet til å påvise og beregne utslipp fra vedfyring (Simoneit et al., 1999). NILU har utviklet en ny analysemetode for levoglucosan som kjennetegnes ved at den er svært følsom og lite tidkrevende (Dye og Yttri, 2005). Anvendelsen av levoglucosan under norske forhold er beskrevet i Yttri et al. (2005) og viser at levoglucosan har et betydelig potensiale til å forbedre kunnskapen om partikulære utslipp fra vedfyring.

2 Plan og gjennomføring

Ved bruk av sporstoffet levoglucosan for vedfyring, sammen med forbedret kunnskap og modeller fra NILU og SSB, gjennomføres en studie som kombinerer en målekampanje i Oslo, utslippsmålinger for vedovner og sprednings- og statistiske modeller, for å fastlegge bedre enn tidligere størrelsen på bidrag fra vedfyring og andre kilder til PM-forurensningen i Oslo.

Prosjektplanen er gitt i Vedlegg A. Den inneholdt fem hoveddeler:

1. Målinger av PM (masse og kjemisk sammensetning) og NO_x i luft i Oslo
2. Målinger av PM i utslipp fra vedovner
3. Statistiske modellberegninger (reseptormodeller)
4. Beregninger med spredningsmodeller
5. Rapportering

Studien ble planlagt gjennomført trinnvis. Denne rapporten omhandler Fase 1 av studien, som omfatter:

- Målinger av PM (masse og sporstoffet levoglucosan) og NO_x i luft i Oslo gjennomført vinteren 2004

- Målinger av PM i utslipp fra vedovner. Av praktiske og økonomiske årsaker var det planlagt slike målinger bare i et lite omfang. De ble bare delvis vellykket, idet det var problemer med levoglucosanmålingene.

3 Måleprogram for PM og levoglucosan vinteren 2004

Målinger av PM ble i tråd med planen utført ved målestasjoner ved Kirkeveien og Sofienbergparken, samt ved en bakgrunnsstasjon på Glittre i Nittedal. Sofienbergparken ligger i et område i Oslo hvor vedfyring til tider gir betydelige bidrag til forurensning med svevestøv (Hagen, 2001). Kirkeveien er oftest mest belastet av utslipp fra biltrafikk, men det er også i følge utslippsestimatet for Oslo mye vedfyring i området. Stasjonen på Glittre var plassert ved Glittreklubben i Hakadal i et område med lite biltrafikk og bare små lokale bidrag fra vedfyring.

Tabell 1 gir en oversikt over målingene ved de tre målestasjonene i perioden januar-april 2004. Prøver ble tatt separat for dag og kveld/natt (henholdsvis kl 06-18 og kl 18-06). Dette gir bedre muligheter til å skille mellom ulike kilders bidrag.

Tabell 1: Måleprogram for luftkvalitet ved Kirkeveien, Sofienbergparken og Glittre vinteren 2004. Måleperiodene ved stasjonene var:
Kirkeveien: 16.1.-30.3.2004
Sofienbergparken: 22.1.-8.4.2004
Glittre: 21.1.-6.4.2004

Stasjon	Kirkeveien	Kirkeveien	Kirkeveien	Sofienberg	Sofienberg	Sofienberg	Glittre	Valle Hovin
Midlingstid	12 timer	12 timer	Time	12 timer	12 timer	Time	24 timer	Time
Prøvetaking	kl 06-18	kl 18-06	Kontinuerlig	kl 06-18	kl 18-06	Kontinuerlig	kl 06-06	Kontinuerlig
Måleutstyr	Dicho Partisol	Dicho Partisol	Monitor	Dicho Partisol	Dicho Partisol	Monitor	Kleinfilter gerät	Aanderaa
PM _{2,5}	x	x	x	x	x			
PM _{10-2,5}	x	x		x	x			
PM ₁₀			x			x	x	
NO			x					
NO _x			x					
NO ₂			x					
CO			x					
Temperatur								x
Vindstyrke								x
Vindretning								x
Stabilitet								x
Rel. fuktighet								x
Nedbør								x

Ved Kirkeveien og Sofienbergparken ble PM-målingene utført med Dicho Partisol. Dette instrumentet deler svevestøvet i to fraksjoner som samles på hvert sitt filter. De minste partiklene, finfraksjonen, er partikler med en ekvivalent aerodynamisk diameter under 2,5 µm (PM_{2,5}). Den andre fraksjonen, grovfraksjonen, består av partikler med diameter mellom 2,5 µm og 10 µm. Summen av fin- og grovfraksjonen benevnes som PM₁₀. For PM₁₀ er det juridisk bindende

grenseverdier i Norge som er lik grenseverdiene i hele EU/EØS-området. Det er partiklene under 10 µm som antas å ha betydning for helse.

Ved Glittre ble det brukt en prøvetaker av typen KleinfILTERgerät. Dette er et referanseinstrument for måling av PM₁₀ og PM_{2,5}. Ved Glittre ble det valgt å ta prøver bare av PM₁₀, siden det ble antatt å være lite støv i grovfraksjonen her. Grovfraksjonen forekommer i høyest konsentrasjoner ved trafikkeksponerte stasjoner og skyldes slitasje av veidekket på grunn av piggdekk, samt oppvirvling fra veibaner og veikanter i perioder med bare og tørre veier.

Samlokalisering med de faste overvåkingsstasjonene i Kirkeveien og Sofienbergparken gir tilgang også til PM-data på timebasis. Ved Kirkeveien måles også nitrogenoksider (NO, NO_x, NO₂) og karbonmonoksid (CO) på timebasis. NO_x-målinger kan brukes som en referansekomponent der utslipp og kilders sammensetning er ganske godt kjent.

Kirkeveien er en overvåkingsstasjon som NILU drifter på oppdrag for Statens vegvesen, Stor-Oslo distrikt, og som oppfyller kravene som stilles til stasjoner som skal rapportere i henhold til EUs luftkvalitetsdirektiver. Stasjonen driftes året rundt og måler PM₁₀, PM_{2,5}, NO, NO_x, NO₂ og CO kontinuerlig (lagres som middelverdier på timebasis) og benzen som gjennomsnitt over kalendermåneder.

Sofienbergparken er en av Oslo kommunes (Helse- og velferdsetatens) overvåkingsstasjoner. Her måles PM₁₀ kontinuerlig (timeverdier).

Til hjelp i vurderingen av måledataene er det benyttet meteorologiske data med oppløsning på timebasis. Slike data er stilt til prosjektets rådighet fra Helse- og velferdsetatens stasjon på Valle Hovin. Her måles vindstyrke, vindkast, vindretning og temperatur 25 mob. og temperatur, relativ fuktighet og nedbør 2 mob. I tillegg måles temperaturdifferansen mellom 25 mob. og 8 mob. som et mål for termisk stabilitet, dvs. luftas vertikale spredningsevne.

4 PM i utslipp fra vedfyring – partikkelstørrelsesfordeling

Prosjektet har fått tilgang til resultater fra prøver av PM i utslipp fra to ovnstyper: Jøtul F501 og Jøtul F400, som er utført av Statens Provningsantalt i Borås. Prøvene ble tatt med 13-trinns lavtrykksimpaktor, type Dekati DKLI. På hver av de to ovnene ble det tatt prøver under hver av tre forbrenningsfaser, ut fra standard testbetingelser: "Start-up fase", "Intermediate" fase, og "Burn-out" fasen, tre forbrenningsprøver pr. ovn.

Et utvalg av resultatene er gitt i Tabell 2. Hensikten var å vurdere hvor stor andel av partikkelmassen som er i grovfraksjonen, dvs. har diameter i området 2,5-10 µm.

Tabell 2: *Massestørrelses-fordeling av PM i vedfyringsutslipp. Resultater fra utslippsprøvene i Borås.*

Ovnstype	Part. diam. D ₅₀ µm ¹⁾	PM<D ₅₀ , % ²⁾		
		Start-up	Intermediate	Burt-out
Jøtul F501	1,95	89	96	85
	2,93	90	96	89
	10	~97	~100	~98
Jøtul F400	1,95	96	88	90
	2,93	97	91	90
	10	~99	~98	~97
Anslått vektandel (%) av PM i grovfraksjonen (2,5-10 µm) ³⁾				
Jøtul 501		8	4	12
Jøtul 400		2	8	7

1) D₅₀ er teoretisk midlere part.diameter på trinnene i flertrinnsimpaktoren. Her er valgt ut de to etterfølgende trinnene med D₅₀ omkring 2,5 µm, samt anslått andelen av totalmassen som er under 10 µm.

2) Andel (vekt - %) av PM-massen som har diameter mindre enn D₅₀.

3) Vektandelen av PM-massen som er i grovfraksjonen (2,5-10 µm) er anslått ut fra måleresultatene i øvre del av tabellen.

Denne andelen varierer innenfor 2-12% for de ulike ovnene og fasene, med en middelværdi er på ca. 7%. Dette gir som estimat at ca 7% av PM₁₀-massen i utslippet er i grovfraksjonen.

Disse prøvene skulle også analyseres for levoglucosan, men de analysene ble ikke vellykket, og resultatet måtte forkastes.

5 Måleresultater for PM

I dette kapitlet gis det en gjennomgang av de målte partikkelkonsentrasjonene samlet på filtre med Dichot Partisol (Kirkeveien og Sofienbergparken) og Kleinfilergerät (Glittre). Gjennomgangen inneholder også en sammenlikning mellom stasjonene og sammenhengen mellom luftkonsentrasjoner og meteorologiske parametre.

I Kirkeveien måles det også PM₁₀ og PM_{2,5} med TEOM, som et ledd i den faste overvåkingen av luftkvalitet i Oslo. På grunnlag av timemiddelværdier fra TEOM er det beregnet 12-timers middelkonsentrasjoner av fin- og grovfraksjonen som er sammenliknet med Dichot Partisol. Denne sammenlikningen er vist i Vedlegg A. Her er det også tatt med data fra tilsvarende sammenlikninger ved Rv4, Aker sykehus (Kleinfilergerät) vintrene 2004 og 2004/05 og fra Bakke kirke i Trondheim (Kleinfilergerät) vinteren 2005/06. Dataene viser at det kan være vesentlig avvik mellom TEOM og filterprøvetakere.

Problemer med prøvetakerne ga uheldigvis noen hull i tidsseriene.

Alle analyser og vurderinger i denne rapporten bygger på PM-dataene fra filterprøvetakerne. Kleinfilergerät er referansemetode for måling av PM₁₀ og PM_{2,5} (Standard Norge, 1999; Standard Norge, 2006), mens Dichot Partisol er en ekvivalentmetode.

I beskrivelsen videre brukes PM_{2,5} og "finfraksjonen" synonymt, og det gjelder også PM_{2,5-10} og "grovfraksjonen".

5.1 Kirkeveien

Måleresultatene for finfraksjonen (PM_{2,5}) og grovfraksjonen (PM₁₀-PM_{2,5}) for Kirkeveien er gitt i Tabell 3. I tabellen er summen av fraksjonene beregnet som PM₁₀. Prøvene er tatt over 12 timer om dagen (kl 06-18) og natta (kl 18-06). Beregnede midlere temperaturer på Valle Hovin er også vist i tabellen. Temperaturen antas å være den viktigste meteorologiske parameteren som styrer behovet for vedfyring.

Tabell 3: Måleresultater for PM over 12-timers perioder dag (06-18) og natt (18-06) ved Kirkeveien i perioden 16.1.-30.3.2004 (µg/m³). Midlere temperatur på Valle Hovin er også gitt (°C).*

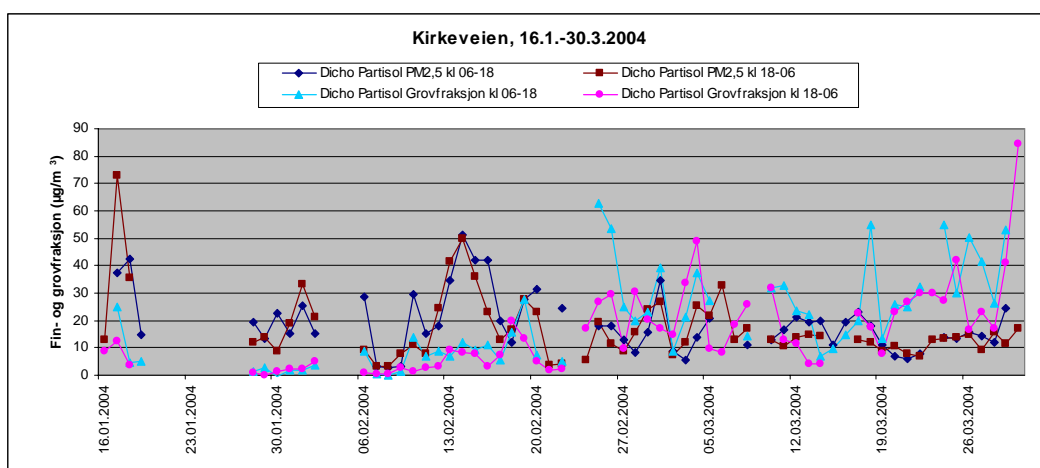
Kirkeveien	PM ₁₀	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM _{2,5}	Grovfraksjon	Grovfraksjon	Valle Hovin	Valle Hovin
Dato	dag	natt	dag	natt	dag	natt	Temperatur	Temperatur
							dag	natt
16.01.2004		21,5		12,9		8,6	-9,8	-9,6
17.01.2004	62,2	85,1	37,3	72,7	24,9	12,4	-9,8	-11,4
18.01.2004	47,0	39,1	42,5	35,4	4,5	3,7	-9,6	-7,0
19.01.2004	20,3		15,0		5,3		-4,8	-5,5
20.01.2004							-7,9	-11,0
21.01.2004							-13,1	-13,5
22.01.2004							-11,3	-8,7
23.01.2004							-0,8	0,8
24.01.2004							1,0	-1,3
25.01.2004							-3,0	-3,2
26.01.2004							-0,9	-0,2
27.01.2004							-2,7	-2,9
28.01.2004	21,0	12,7	19,5	11,9	1,5	0,8	-2,9	-3,4
29.01.2004	16,3	13,7	13,6	13,7	2,7	0,0	-2,7	-3,0
30.01.2004	22,4	10,1	22,7	8,8	-0,3	1,3	-3,3	-3,4
31.01.2004	17,1	21,5	15,3	19,0	1,8	2,5	-4,5	-5,5
01.02.2004	27,4	35,6	25,5	33,1	1,9	2,5	-7,5	-7,0
02.02.2004	18,9	26,4	15,3	21,3	3,6	5,1	-3,6	-0,6
03.02.2004							1,5	2,9
04.02.2004							6,0	4,5
05.02.2004							3,6	0,4
06.02.2004	37,3	10,0	28,7	9,2	8,6	0,8	1,7	1,2
07.02.2004	3,8	3,7	3,2	3,3	0,6	0,4	-0,9	-2,4
08.02.2004	3,1	3,5	3,0	3,1	0,1	0,4	-2,8	-3,3
09.02.2004	4,5	10,4	3,1	7,7	1,4	2,7	-2,1	-5,7
10.02.2004	43,5	12,2	29,5	11,0	14,0	1,2	-5,1	-4,0
11.02.2004	21,8	10,6	15,1	7,7	6,7	2,9	-4,3	-3,4
12.02.2004	26,5	27,5	17,9	24,3	8,6	3,2	-1,0	-3,1
13.02.2004	41,5	50,7	34,8	41,4	6,7	9,3	-3,8	-4,9
14.02.2004	63,2	58,4	51,1	50,0	12,1	8,4	0,1	-1,8
15.02.2004	51,1	44,2	42,0	36,2	9,1	8,0	2,4	-0,9
16.02.2004	53,3	26,5	42,1	23,1	11,2	3,4	2,1	-0,5
17.02.2004	25,4	20,5	19,9	13,1	5,5	7,4	3,4	0,9
18.02.2004	27,8	36,5	11,9	16,5	15,9	20,0	2,8	-2,3
19.02.2004	55,4	40,8	27,8	27,5	27,6	13,3	-1,2	-4,6
20.02.2004	39,1	27,8	31,5	22,9	7,6	4,9	-3,5	-1,7
21.02.2004		5,6		3,7		1,9	-0,6	-1,4
22.02.2004	29,7	6,5	24,6	4,1	5,1	2,4	-0,9	-2,1
23.02.2004							-0,2	-2,0
24.02.2004		22,5		5,4		17,1	2,2	0,1
25.02.2004	80,7	46,2	18,0	19,3	62,7	26,9	-0,2	-4,7
26.02.2004	71,6	41,0	18,2	11,6	53,4	29,4	-0,7	-4,1
27.02.2004	37,5	18,5	12,7	8,6	24,8	9,9	-2,8	-3,8
28.02.2004	27,9	46,1	8,2	15,5	19,7	30,6	-2,9	-7,4
29.02.2004	38,7	44,3	15,7	23,8	23,0	20,5	-5,1	-3,7
01.03.2004	73,9	44,1	34,5	27,0	39,4	17,1	2,1	0,7
02.03.2004	17,7	22,0	9,0	7,3	8,7	14,7	5,7	-0,7
03.03.2004	27,0	45,6	5,7	12,1	21,3	33,5	-1,7	-6,4
04.03.2004	51,6	74,0	14,0	25,2	37,6	48,8	-5,5	-9,6
05.03.2004	48,3	31,3	20,9	21,5	27,4	9,8	-3,2	-4,7

* En viss usikkerhet i analyseresultatene fører til at i forhold med svært liten grovfraksjon kan PM_{2,5}-verdien bli rapportert noe høyere enn PM₁₀-verdien.

Tabell 3, forts.

Kirkeveien	PM ₁₀ kl 06-18	PM ₁₀ kl 18-06	PM _{2,5} kl 06-18	PM _{2,5} kl 18-06	Grovfraksjon kl 06-18	Grovfraksjon kl 18-06	Valle Hovin Temperatur kl 06-18	Valle Hovin Temperatur kl 18-06
06.03.2004		41,0		32,6		8,4	-2,2	-2,0
07.03.2004		31,3		12,8		18,5	3,1	1,1
08.03.2004	25,5	42,8	11,1	17,1	14,4	25,7	4,0	0,1
09.03.2004							3,2	-0,7
10.03.2004	45,0	45,0	13,0	13,0	32,0	32,0	3,4	-0,9
11.03.2004	49,3	23,8	16,6	10,8	32,7	13,0	1,1	-0,6
12.03.2004	44,7	25,6	21,1	13,9	23,6	11,7	-1,9	-1,9
13.03.2004	41,2	18,9	19,2	14,9	22,0	4,0	-1,3	-0,8
14.03.2004	26,6	18,2	19,9	14,2	6,7	4,0	2,4	3,5
15.03.2004	20,7		11,1		9,6		5,6	3,9
16.03.2004	33,9		19,2		14,7		6,5	4,5
17.03.2004	43,0	35,8	23,3	13,1	19,7	22,7	7,3	4,1
18.03.2004	73,0	29,7	17,9	12,0	55,1	17,7	8,3	3,8
19.03.2004	24,4	16,4	10,9	8,6	13,5	7,8	5,5	2,7
20.03.2004	32,6	33,9	6,8	10,7	25,8	23,2	4,4	2,0
21.03.2004	30,6	34,5	5,9	7,7	24,7	26,8	4,7	1,9
22.03.2004	40,4	37,3	8,0	7,1	32,4	30,2	3,4	2,1
23.03.2004		42,8		13,0		29,8		
24.03.2004	68,9	40,9	13,9	13,6	55,0	27,3		0,1
25.03.2004	43,7	55,8	13,5	13,8	30,2	42,0	2,0	-2,1
26.03.2004	65,8	31,3	15,6	14,7	50,2	16,6	2,2	0,8
27.03.2004	55,9	32,7	14,2	9,4	41,7	23,3	7,9	4,4
28.03.2004	38,0	32,8	11,8	15,5	26,2	17,3	4,9	3,1
29.03.2004	77,9	52,5	24,6	11,4	53,3	41,1	6,0	7,6
30.03.2004		101,4		17,1		84,3	10,4	5,4

Figur 1 viser konsentrasjonene for fin- og grovfraksjonen både for dag- og nattprøver i måleperioden. I januar og februar 2004 var det meste av PM-massen i finfraksjonen (mørke rød og blå kurver), som tyder på bidrag fra eksos og eventuelt vedfyring som de viktigste kildene. Det var antakelig mest fuktige/snødekte veier og lite støv-oppvirvling. I mars 2004 var det som oftest høyest konsentrasjon av grovfraksjonen (lyse rød og blå kurver), særlig på dagtid, men også på kveld/natt flere ganger. I denne perioden var det lite nedbør med bare og tørre veibaner og veikanter. Hovedkilden til grovfraksjonen er partikler fra slitasje av veibanene på grunn av piggdekk og oppvirvling av partikler fra veibaner og veikanter.

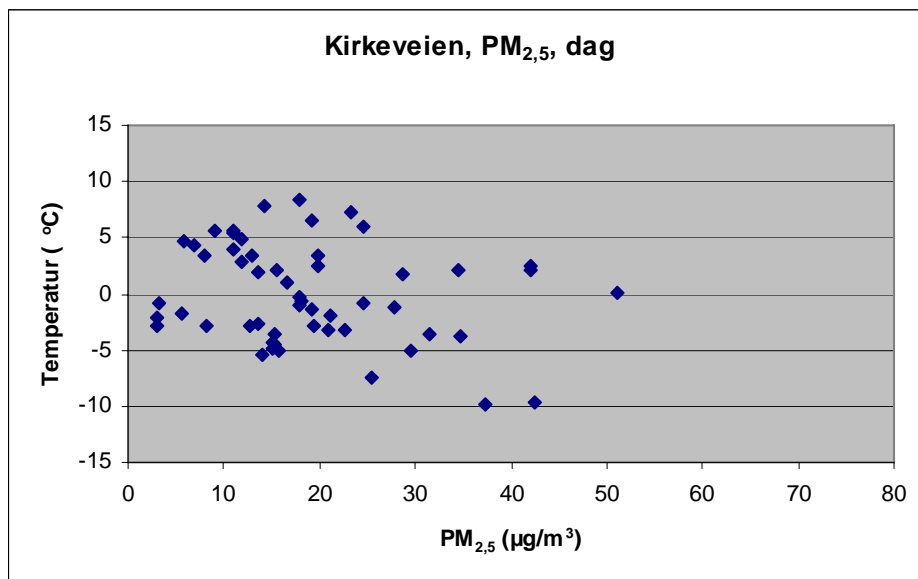


Figur 1: Middelerverdier av fin- og grovfraksjonen av svevestøv i 12-timers prøver tatt dag (kl 06-18) og kveld/natt (kl 18-06) ved Kirkeveien ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

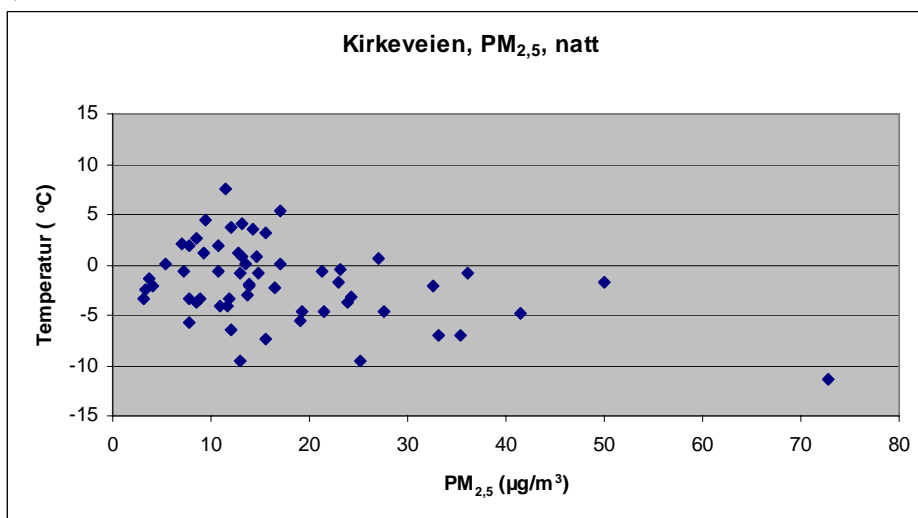
I Figur 2a og Figur 2b er sammenhengen mellom midlere lufttemperatur og konsentrasjonen av $PM_{2,5}$ vist for henholdsvis dag- og kveld/nattprøver. Bidraget fra vedfyring er hovedsakelig i finfraksjonen og ventes å øke med synkende temperatur. Det er en viss slik effekt å se, som er tydeligere i kveld/nattprøvene enn i dagprøvene. På dagtid vil eksosutslipp og til dels bidrag fra veistøv være viktige kilder til $PM_{2,5}$. Om kvelden og natta vil disse kildene være betydelig redusert, samtidig som eventuelle bidrag fra vedfyring trolig øker på kveldstid

Den store spredningen i de målte konsentrasjonene ved et visst temperaturintervall viser at det er mange andre faktorer som er viktige. Blant disse er vindstyrke, vindretning (spesielt ved gatestasjonen Kirkeveien), stabiliteten og fuktighetsforholdene på veiene.

a)



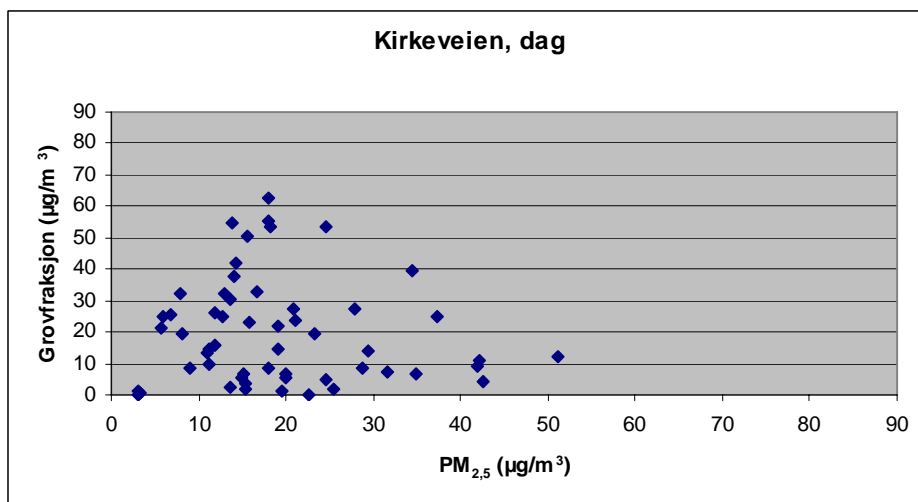
b)



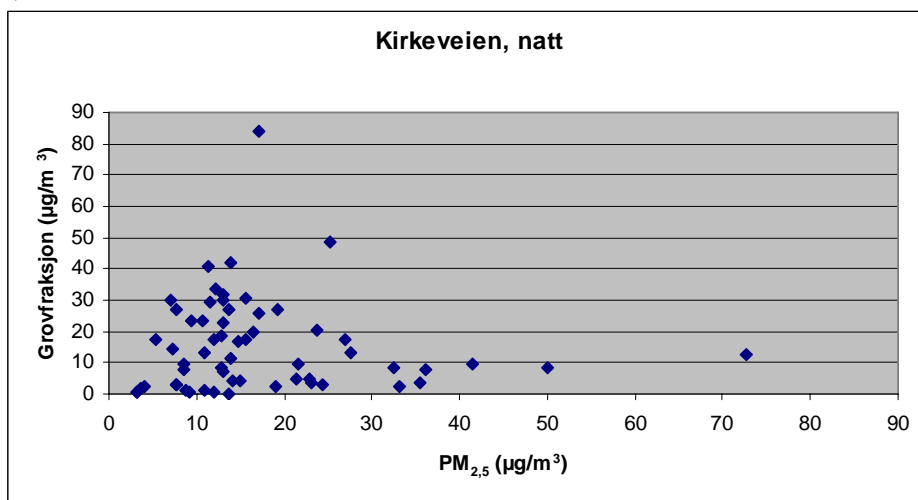
Figur 2: Sammenheng mellom midlere lufttemperatur ($^{\circ}C$) og $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$) for dag- (a) og kvelds/nattprøver (b) ved Kirkeveien.

Figur 3 viser at det i en rekke prøver var høyere konsentrasjon av grov- enn av finfraksjonen. Flest slike prøver var det på dagtid, da bidraget av veistøv kan være betydelig. Ved de høyeste $PM_{2,5}$ -verdiene er det lite i grovfraksjonen. Dette gjelder spesielt i prøver med $PM_{2,5}$ over ca. $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i kvelds/nattprøvene. Dette kan tyde på vesentlige bidrag fra vedfyring til $PM_{2,5}$. Ved disse prøvene var det dårlige spredningsforhold, dvs. svak vind og stabil luftsjiktning.

a)



b)



Figur 3: Sammenheng mellom grov- og finfraksjon av PM ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) for dag- (a) og kveld/nattprøver (b) ved Kirkeveien.

5.2 Sofienbergparken

Måleresultatene av finfraksjon (PM_{2,5}) og grovfraksjon for Sofienbergparken er gitt i Tabell 4.

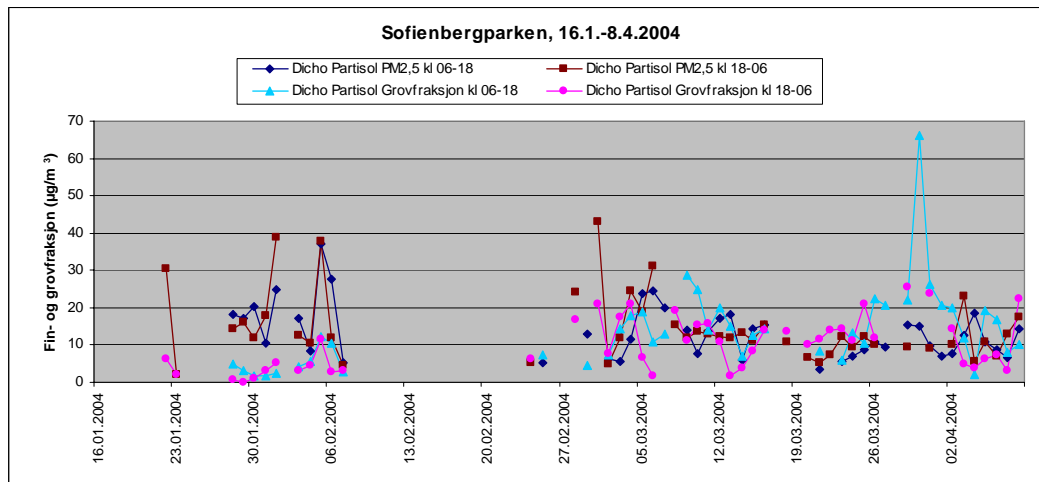
Tabell 4: Måleresultater for PM over 12-timers perioder dag (06-18) og natt (18-06) ved Sofienbergparken i perioden 16.1.-8.4.2004 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Midlere temperatur på Valle Hovin er også gitt ($^{\circ}\text{C}$).

Sofienberg-parken	PM ₁₀ dag	PM ₁₀ natt	PM _{2,5} dag	PM _{2,5} natt	Grovfraksjon dag	Grovfraksjon natt	Valle Hovin Temperatur dag	Valle Hovin Temperatur natt
Dato								
16.01.2004							-9,8	-9,6
17.01.2004							-9,8	-11,4
18.01.2004							-9,6	-7,0
19.01.2004							-4,8	-5,5
20.01.2004							-7,9	-11,0
21.01.2004							-13,1	-13,5
22.01.2004		36,9		30,6		6,3	-11,3	-8,7
23.01.2004		4,4		2,2		2,2	-0,8	0,8
24.01.2004							1,0	-1,3
25.01.2004							-3,0	-3,2
26.01.2004							-0,9	-0,2
27.01.2004							-2,7	-2,9
28.01.2004	23,0	15,1	18,1	14,4	4,9	0,7	-2,9	-3,4
29.01.2004	20,1	16,1	17,1	16,1	3,0	0,0	-2,7	-3,0
30.01.2004	22,3	13,0	20,4	11,8	1,9	1,2	-3,3	-3,4
31.01.2004	12,4	20,9	10,5	17,9	1,9	3,0	-4,5	-5,5
01.02.2004	27,3	44,3	24,7	38,9	2,6	5,4	-7,5	-7,0
02.02.2004							-3,6	-0,6
03.02.2004	21,4	15,9	17,1	12,7	4,3	3,2	1,5	2,9
04.02.2004	13,8	15,1	8,3	10,4	5,5	4,7	6,0	4,5
05.02.2004	49,3	49,5	37,1	37,8	12,2	11,7	3,6	0,4
06.02.2004	37,9	14,8	27,5	12,0	10,4	2,8	1,7	1,2
07.02.2004	8,0	7,4	5,3	4,4	2,7	3,0	-0,9	-2,4
08.02.2004							-2,8	-3,3
09.02.2004							-2,1	-5,7
10.02.2004							-5,1	-4,0
11.02.2004							-4,3	-3,4
12.02.2004							-1,0	-3,1
13.02.2004							-3,8	-4,9
14.02.2004							0,1	-1,8
15.02.2004							2,4	-0,9
16.02.2004							2,1	-0,5
17.02.2004							3,4	0,9
18.02.2004							2,8	-2,3
19.02.2004							-1,2	-4,6
20.02.2004							-3,5	-1,7
21.02.2004							-0,6	-1,4
22.02.2004							-0,9	-2,1
23.02.2004							-0,2	-2,0
24.02.2004		11,4		5,1		6,3	2,2	0,1
25.02.2004	12,5		5,2		7,3		-0,2	-4,7
26.02.2004							-0,7	-4,1
27.02.2004							-2,8	-3,8
28.02.2004		40,9		24,0		16,9	-2,9	-7,4
29.02.2004	17,4		12,8		4,6		-5,1	-3,7
01.03.2004		63,9		42,9		21,0	2,1	0,7
02.03.2004	13,8	12,7	6,4	5,0	7,4	7,7	5,7	-0,7
03.03.2004	20,1	29,6	5,6	12,0	14,5	17,6	-1,7	-6,4
04.03.2004	29,4	45,5	11,4	24,4	18,0	21,1	-5,5	-9,6
05.03.2004	42,9	25,6	23,9	18,8	19,0	6,8	-3,2	-4,7
06.03.2004	35,4	32,8	24,6	31,0	10,8	1,8	-2,2	-2,0
07.03.2004	32,7		19,8		12,9		3,1	1,1
08.03.2004		34,4		15,3		19,1	4,0	0,1
09.03.2004	42,6	23,1	13,9	11,8	28,7	11,3	3,2	-0,7

Tabell 4, forts.

Sofienberg- parken	PM ₁₀ dag	PM ₁₀ natt	PM _{2,5} dag	PM _{2,5} natt	Grovfraksjon dag	Grovfraksjon natt	Valle Hovin Temperatur dag	Valle Hovin Temperatur natt
Dato								
10.03.2004	32,6	28,9	7,6	13,6	25,0	15,3	3,4	-0,9
11.03.2004	27,5	28,8	13,6	13,1	13,9	15,7	1,1	-0,6
12.03.2004	37,3	23,0	17,3	12,3	20,0	10,7	-1,9	-1,9
13.03.2004	33,1	13,7	18,1	11,8	15,0	1,9	-1,3	-0,8
14.03.2004	13,2	17,1	6,1	13,3	7,1	3,8	2,4	3,5
15.03.2004	27,0	19,6	14,3	11,1	12,7	8,5	5,6	3,9
16.03.2004	29,8	29,5	15,5	15,4	14,3	14,1	6,5	4,5
17.03.2004							7,3	4,1
18.03.2004		24,6		10,8		13,8	8,3	3,8
19.03.2004							5,5	2,7
20.03.2004		16,7		6,6		10,1	4,4	2,0
21.03.2004	12,0	16,9	3,6	5,3	8,4	11,6	4,7	1,9
22.03.2004		21,2		7,3		13,9	3,4	2,1
23.03.2004	11,5	26,7	5,7	12,3	5,8	14,4		
24.03.2004	20,3	20,5	7,1	9,4	13,2	11,1		0,1
25.03.2004	19,3	33,2	8,9	12,1	10,4	21,1	2,0	-2,1
26.03.2004	33,2	22,0	10,7	10,0	22,5	12,0	2,2	0,8
27.03.2004	30,1		9,6		20,5		7,9	4,4
28.03.2004							4,9	3,1
29.03.2004	37,7	35,0	15,5	9,4	22,2	25,6	6,0	7,6
30.03.2004	81,0		15,0		66,0		10,4	5,4
31.03.2004	36,0	32,9	9,7	9,0	26,3	23,9	10,5	8,3
01.04.2004	27,5		7,0		20,5		7,5	1,9
02.04.2004	27,8	24,3	7,7	10,0	20,1	14,3	4,1	1,8
03.04.2004	24,7	28,0	12,7	23,1	12,0	4,9	2,8	3,1
04.04.2004	20,8	9,3	18,7	5,6	2,1	3,7	3,3	4,9
05.04.2004	30,1	16,9	10,9	10,7	19,2	6,2	6,8	4,3
06.04.2004	25,4	14,2	8,6	7,0	16,8	7,2	5,8	4,4
07.04.2004	14,5	16,1	6,6	12,8	7,9	3,3	5,8	4,8
08.04.2004	24,2	39,9	14,2	17,5	10,0	22,4	9,8	4,1

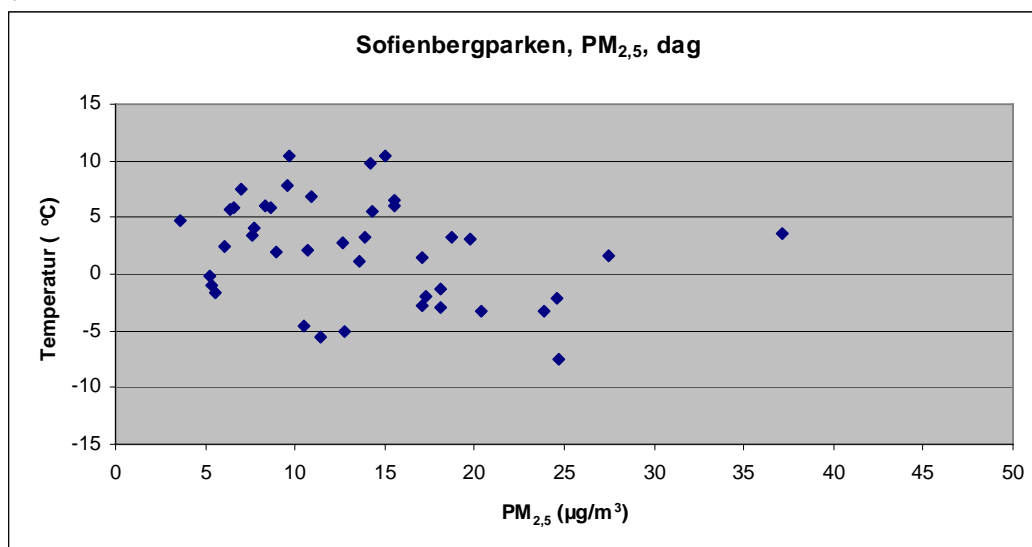
Figur 4 viser et konsentrasjonene for fin- og grovfraksjonen både for dag- og nattprøver i måleperioden. I januar og februar 2004 var det som ved Kirkeveien mest støv i finfraksjonen, som tyder på bidrag fra eksos og eventuelt vedfyring som de viktigste kildene. I mars 2004 var det en del dager med høyest konsentrasjon av grovfraksjonen, særlig på dagtid. I denne perioden var det lite nedbør med bare og tørre veikanter og veibaner i hele Oslo-området. Hovedkilden til grovfraksjonen disse dagene ved Sofienbergparken er trolig også partikler fra slitasje av veibanene på grunn av piggdekk, samt oppvirvling av partikler fra veibaner og veikanter fra veier i området, selv om målestasjonen ikke er direkte influert av nærliggende veier.



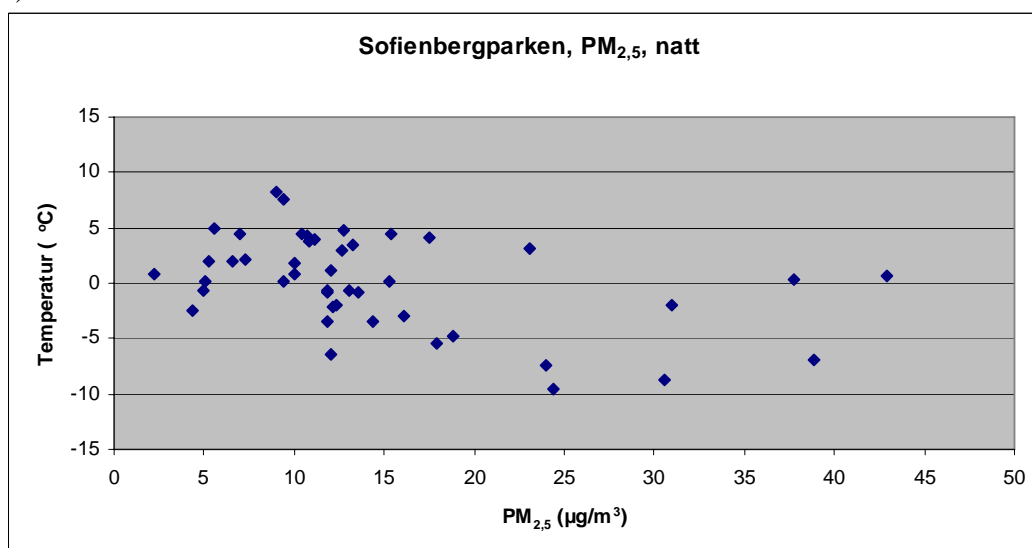
Figur 4: *Middelverdier av fin- og grovfraksjonen av svevestøv i 12-timers prøver tatt dag (kl 06-18) og kveld/natt (kl 18-06) ved Sofienbergparken ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).*

I Figur 5a og b er det vist sammenhengen mellom midlere lufttemperatur og konsentrasjonen av $PM_{2,5}$ for henholdsvis dag- og nattprøver. Bidraget fra vedfyring kommer i finfraksjonen og ventes å øke med synkende temperatur. Det er en viss slik effekt å se, som ikke overraskende, slik som for Kirkeveien, er tydeligere i nattprøvene enn i dagprøvene. På dagtid vil eksosutslipp og eventuelt bidrag fra veistøv være viktige kilder til $PM_{2,5}$, selv om bidraget er mindre enn i Kirkeveien. Om kvelden og natta vil disse kildene være betydelig redusert, samtidig som eventuelle bidrag fra vedfyring er størst. De fleste forhøyede konsentrasjonene av $PM_{2,5}$ forekom i kveld/nattprøver ved temperaturer rundt eller til dels betydelig under $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, svak vind og stabil luftsjiktning. Dette tyder på vedfyring som en viktig kilde disse nettene.

a)



b)

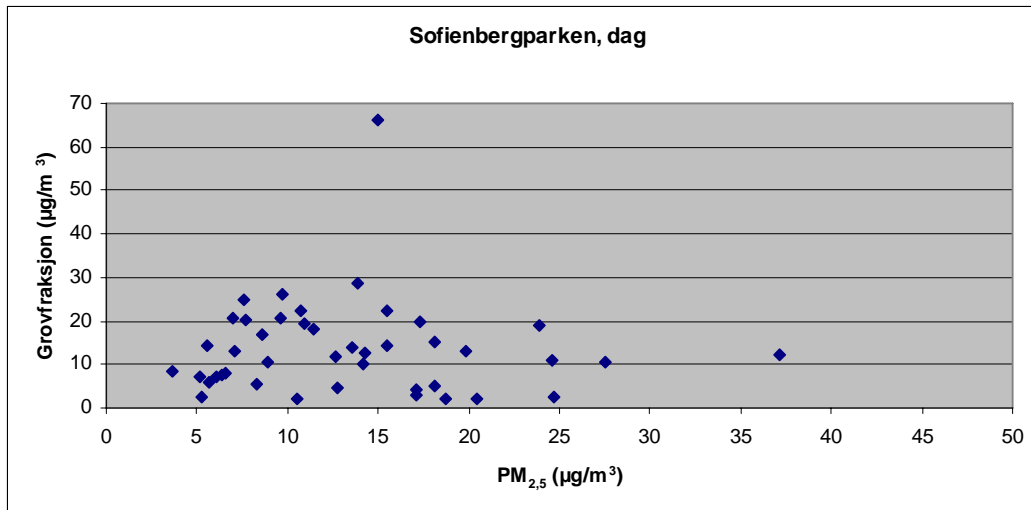


Figur 5: Sammenheng mellom midlere lufttemperatur ($^{\circ}\text{C}$) og $PM_{2,5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) for dag- (a) og kveld/nattprøver (b) ved Sofienbergparken.

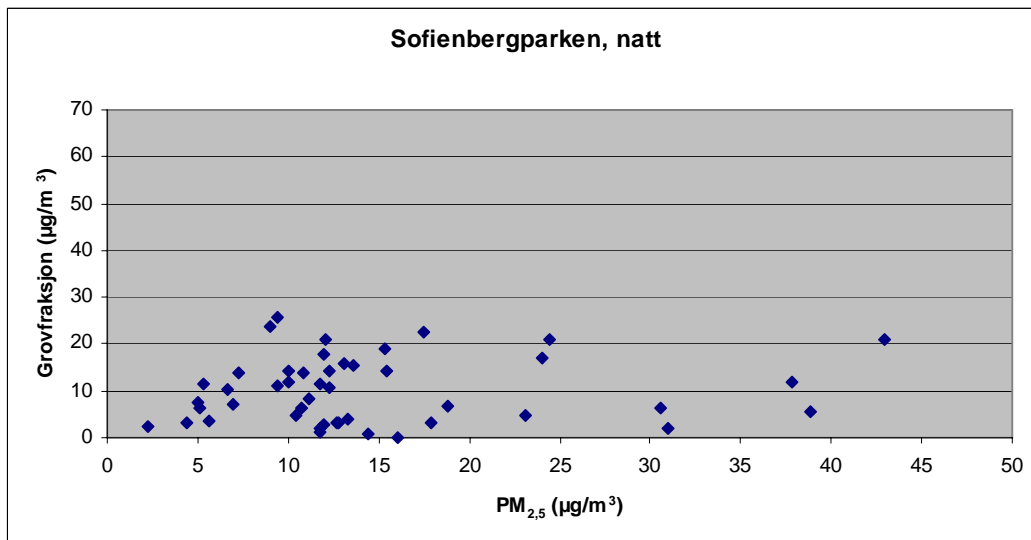
Figur 6 viser at det i en rekke prøver var høyere konsentrasjon av grov- enn av finfraksjonen, men samtidig var konsentrasjonene i grovfraksjonen stort sett vesentlig lavere enn ved Kirkeveien. Flest slike prøver var det på dagtid, da veistøvet kan gi merkbare bidrag.

De fleste av de høyeste $PM_{2,5}$ -verdiene hadde samtidig liten grovfraksjon, spesielt kveld/nattprøvene. Dette antyder vedfyringsbidrag.

a)



b)



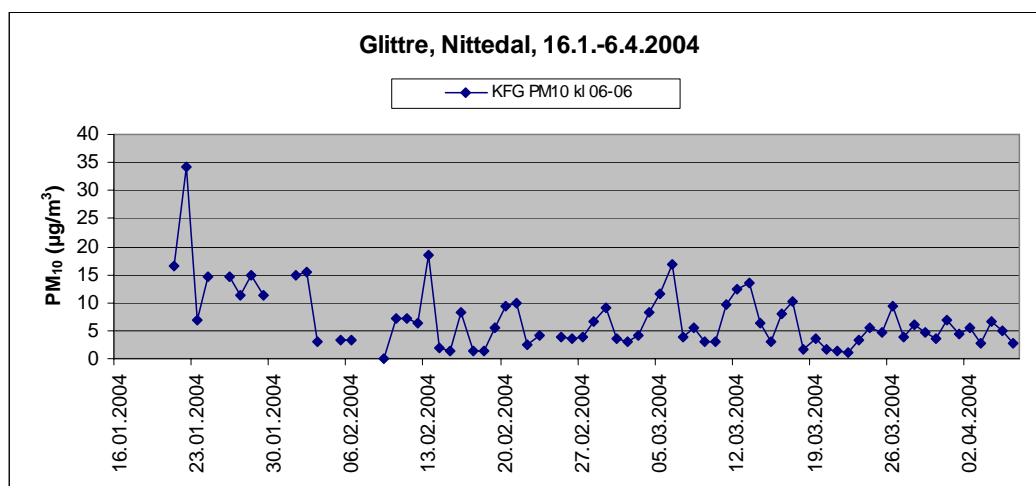
Figur 6: Sammenheng mellom grov- og finfraksjon av PM ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) for dag- (a) og kveld/nattprøver (b) ved Sofienbergparken.

5.3 Glittre

Konsentrasjoner av PM_{10} for Glittre er gitt i Tabell 5. Beregnede midlere temperaturer på Valle Hovin er også vist i tabellen. Temperaturen antas å være den viktigste meteorologiske parameteren for å vurdere behovet for vedfyring. Glittre ble valgt ut for å være en bakgrunnsstasjon for Oslo-området hvor bidraget til PM både fra lokal biltrafikk og vedfyring burde være lite. Regionale bidrag og langtransporterte forurensninger (dvs. fra utlandet) kan imidlertid komme fra begge disse typer kilder.

Ved prøvetakingen ble det benyttet en manuell utgave av KleinfILTERgerät (KFG). Hver prøve ble skiftet manuelt av en lokal stasjonsholder (vaktmesteren ved Glittrelinnikken).

Figur 7 viser konsentrasjonene for PM_{10} . I hele måleperioden var det bare en verdi over $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Et flertall av prøvene var rundt eller under $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og dermed som ventet til dels klart lavere enn ved stasjonene i Oslo.

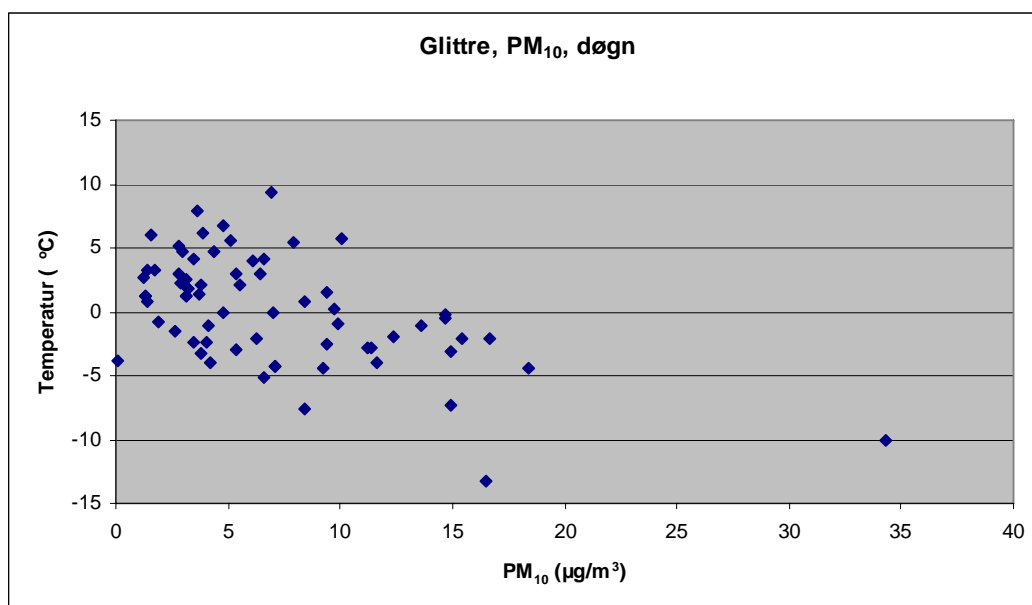


Figur 7: Middelveier av PM_{10} i 24-timers prøver (kl 06-06) ved Glittre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tabell 5: Måleresultater for PM₁₀ over 24-timers perioder ved Glittre i perioden 16.1.-6.4.2004 (µg/m³). Midlere temperatur på Valle Hovin er også gitt (°C).

Glittre	KFG	Merknad	Valle Hovin	Glittre	KFG	Merknad	Valle Hovin
Dato	PM ₁₀ kl 06-06		Temperatur kl 06-06	Dato	PM ₁₀ kl 06-06		Temperatur kl 06-06
16.01.2004			-9,7	01.03.2004	3,7		1,4
17.01.2004			-10,6	02.03.2004	3,1		2,5
18.01.2004			-8,3	03.03.2004	4,2		-4,1
19.01.2004			-5,2	04.03.2004	8,4		-7,6
20.01.2004			-9,5	05.03.2004	11,6		-4,0
21.01.2004	16,5		-13,3	06.03.2004	16,7		-2,1
22.01.2004	34,3		-10,0	07.03.2004	3,8		2,1
23.01.2004	7,0		0,0	08.03.2004	5,5		2,1
24.01.2004	14,7		-0,2	09.03.2004	3,1	2 døgn	1,3
25.01.2004			-3,1	10.03.2004	3,1	2 døgn	1,3
26.01.2004	14,7		-0,6	11.03.2004	9,7		0,3
27.01.2004	11,2		-2,8	12.03.2004	12,4		-1,9
28.01.2004	14,9		-3,2	13.03.2004	13,6		-1,1
29.01.2004	11,4		-2,9	14.03.2004	6,4		3,0
30.01.2004			-3,4	15.03.2004	3,0		4,8
31.01.2004			-5,0	16.03.2004	7,9		5,5
01.02.2004	14,9		-7,3	17.03.2004	10,1		5,7
02.02.2004	15,4		-2,1	18.03.2004	1,6		6,1
03.02.2004	2,9		2,2	19.03.2004	3,5		4,1
04.02.2004			5,3	20.03.2004	1,7		3,2
05.02.2004	3,2	2 døgn	1,8	21.03.2004	1,4		3,3
06.02.2004	3,2	2 døgn	1,8	22.03.2004	1,2		2,8
07.02.2004			-1,7	23.03.2004	3,4		
08.02.2004			-3,1	24.03.2004	5,6		
09.02.2004	0,1		-3,9	25.03.2004	4,8		-0,1
10.02.2004	7,1	2 døgn	-4,3	26.03.2004	9,4		1,5
11.02.2004	7,1	2 døgn	-4,3	27.03.2004	3,9		6,2
12.02.2004	6,3		-2,1	28.03.2004	6,1		4,0
13.02.2004	18,4		-4,4	29.03.2004	4,8		6,8
14.02.2004	1,9		-0,9	30.03.2004	3,6		7,9
15.02.2004	1,4		0,8	31.03.2004	6,9		9,4
16.02.2004	8,4		0,8	01.04.2004	4,4		4,7
17.02.2004	1,3	2 døgn	1,3	02.04.2004	5,4		3,0
18.02.2004	1,3	2 døgn	1,3	03.04.2004	2,8		3,0
19.02.2004	5,4		-2,9	04.04.2004	6,6		4,1
20.02.2004	9,4		-2,6	05.04.2004	5,1		5,6
21.02.2004	9,9		-1,0	06.04.2004	2,8		5,1
22.02.2004	2,6		-1,5				
23.02.2004	4,1		-1,1				
24.02.2004			1,2				
25.02.2004	4,0		-2,5				
26.02.2004	3,5		-2,4				
27.02.2004	3,8		-3,3				
28.02.2004	6,6		-5,2				
29.02.2004	9,2		-4,4				

I Figur 8 er det vist sammenhengen mellom midlere lufttemperatur og konsentrasjonen av PM_{10} . Eventuelt bidrag fra vedfyring ventes å øke med synkende temperatur. Det synes å være en slik effekt å se, og den er tydeligere enn på bystasjonene. Om dette tross alt skyldes lokalt bidrag fra vedfyring eller ikke, vil analysene av levoglucosan og andre komponenter gi verdifull informasjon om.



Figur 8: Sammenheng mellom midlere lufttemperatur ($^{\circ}C$, Valle Hovin) og PM_{10} ($\mu g/m^3$) ved Glitre.

5.4 Oppsummerende kommentarer

Tabell 6 viser en samlet oversikt over måleresultater fra prøvetakingen av PM. Her er verdier for hhv. fin- og grovfraksjonen ($PM_{2.5}$ og $PM_{10-2.5}$) gitt for Kirkeveien og Sofienbergparken, separat for dag og kveld/natt, mens på Glitre er det bare målt PM_{10} på døgnbasis.

Tabell 6: Samlet oversikt over PM-målingene ved Kirkeveien, Sofienbergparken og Glittre i perioden 16.1.-8.4.2004 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Temperaturdata fra Valle Hovin er også gitt ($^{\circ}\text{C}$).

Stasjon	Dagprøver				Nattprøver				Døgnprøver		Dag	Natt
	PM _{2,5}		Grovfaksjon		PM _{2,5}		Grovfaksjon		PM ₁₀	Merknad	Temp.	Temp.
	Kirkeveien	Sofienberg-parken	Kirkeveien	Sofienberg-parken	Kirkeveien	Sofienberg-parken	Kirkeveien	Sofienberg-parken	Glittre	Glittre	Valle Hovin	Valle Hovin
16.01.2004					12,9		8,6				-9,8	-9,6
17.01.2004	37,3		24,9		72,7		12,4				-9,8	-11,4
18.01.2004	42,5		4,5		35,4		3,7				-9,6	-7,0
19.01.2004	15,0		5,3								-4,8	-5,5
20.01.2004											-7,9	-11,0
21.01.2004									16,5		-13,1	-13,5
22.01.2004						30,6		6,3	34,3		-11,3	-8,7
23.01.2004						2,2		2,2	7,0		-0,8	0,8
24.01.2004									14,7		1,0	-1,3
25.01.2004											-3,0	-3,2
26.01.2004									14,7		-0,9	-0,2
27.01.2004									11,2		-2,7	-2,9
28.01.2004	19,5	18,1	1,5	4,9	11,9	14,4	0,8	0,7	14,9		-2,9	-3,4
29.01.2004	13,6	17,1	2,7	3,0	13,7	16,1	0,0	0,0	11,4		-2,7	-3,0
30.01.2004	22,7	20,4	-0,3	1,9	8,8	11,8	1,3	1,2			-3,3	-3,4
31.01.2004	15,3	10,5	1,8	1,9	19,0	17,9	2,5	3,0			-4,5	-5,5
01.02.2004	25,5	24,7	1,9	2,6	33,1	38,9	2,5	5,4	14,9		-7,5	-7,0
02.02.2004	15,3		3,6		21,3		5,1		15,4		-3,6	-0,6
03.02.2004		17,1		4,3		12,7		3,2	2,9		1,5	2,9
04.02.2004		8,3		5,5		10,4		4,7			6,0	4,5
05.02.2004		37,1		12,2		37,8		11,7	3,2	2 døgn	3,6	0,4
06.02.2004	28,7	27,5	8,6	10,4	9,2	12,0	0,8	2,8	3,2	2 døgn	1,7	1,2
07.02.2004	3,2	5,3	0,6	2,7	3,3	4,4	0,4	3,0			-0,9	-2,4
08.02.2004	3,0		0,1		3,1		0,4				-2,8	-3,3
09.02.2004	3,1		1,4		7,7		2,7		0,1		-2,1	-5,7
10.02.2004	29,5		14,0		11,0		1,2		7,1	2 døgn	-5,1	-4,0
11.02.2004	15,1		6,7		7,7		2,9		7,1	2 døgn	-4,3	-3,4
12.02.2004	17,9		8,6		24,3		3,2		6,3		-1,0	-3,1
13.02.2004	34,8		6,7		41,4		9,3		18,4		-3,8	-4,9
14.02.2004	51,1		12,1		50,0		8,4		1,9		0,1	-1,8
15.02.2004	42,0		9,1		36,2		8,0		1,4		2,4	-0,9

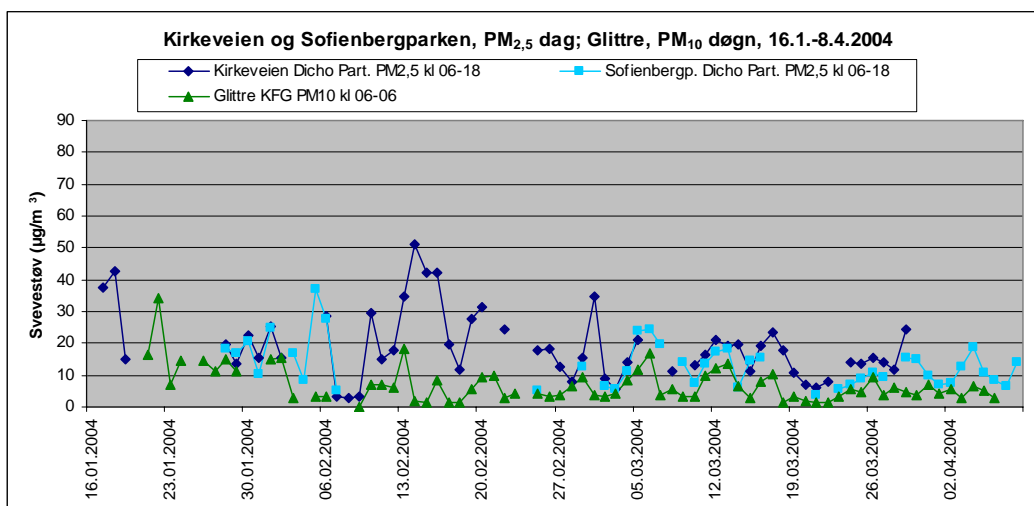
Tabell 6, forts.

Stasjon	Dagprøver				Nattprøver				Døgnprøver		Dag	Natt
	PM _{2,5}		Grovraksjon		PM _{2,5}		Grovraksjon		PM ₁₀	Merknad	Temp.	Temp.
	Kirkeveien	Sofienberg-parken	Kirkeveien	Sofienberg-parken	Kirkeveien	Sofienberg-parken	Kirkeveien	Sofienberg-parken	Glittre	Glittre	Valle Hovin	Valle Hovin
16.02.2004	42,1		11,2		23,1		3,4		8,4		2,1	-0,5
17.02.2004	19,9		5,5		13,1		7,4		1,3	2 døgn	3,4	0,9
18.02.2004	11,9		15,9		16,5		20,0		1,3	2 døgn	2,8	-2,3
19.02.2004	27,8		27,6		27,5		13,3		5,4		-1,2	-4,6
20.02.2004	31,5		7,6		22,9		4,9		9,4		-3,5	-1,7
21.02.2004					3,7		1,9		9,9		-0,6	-1,4
22.02.2004	24,6		5,1		4,1		2,4		2,6		-0,9	-2,1
23.02.2004									4,1		-0,2	-2,0
24.02.2004					5,4	5,1	17,1	6,3			2,2	0,1
25.02.2004	18,0	5,2	62,7	7,3	19,3		26,9		4,0		-0,2	-4,7
26.02.2004	18,2		53,4		11,6		29,4		3,5		-0,7	-4,1
27.02.2004	12,7		24,8		8,6		9,9		3,8		-2,8	-3,8
28.02.2004	8,2		19,7		15,5	24,0	30,6	16,9	6,6		-2,9	-7,4
29.02.2004	15,7	12,8	23,0	4,6	23,8		20,5		9,2		-5,1	-3,7
01.03.2004	34,5		39,4		27,0	42,9	17,1	21,0	3,7		2,1	0,7
02.03.2004	9,0	6,4	8,7	7,4	7,3	5,0	14,7	7,7	3,1		5,7	-0,7
03.03.2004	5,7	5,6	21,3	14,5	12,1	12,0	33,5	17,6	4,2		-1,7	-6,4
04.03.2004	14,0	11,4	37,6	18,0	25,2	24,4	48,8	21,1	8,4		-5,5	-9,6
05.03.2004	20,9	23,9	27,4	19,0	21,5	18,8	9,8	6,8	11,6		-3,2	-4,7
06.03.2004		24,6		10,8	32,6	31,0	8,4	1,8	16,7		-2,2	-2,0
07.03.2004		19,8		12,9	12,8		18,5		3,8		3,1	1,1
08.03.2004	11,1		14,4		17,1	15,3	25,7	19,1	5,5		4,0	0,1
09.03.2004		13,9		28,7		11,8		11,3	3,1	2 døgn	3,2	-0,7
10.03.2004	13,0	7,6	32,0	25,0	13,0	13,6	32,0	15,3	3,1	2 døgn	3,4	-0,9
11.03.2004	16,6	13,6	32,7	13,9	10,8	13,1	13,0	15,7	9,7		1,1	-0,6
12.03.2004	21,1	17,3	23,6	20,0	13,9	12,3	11,7	10,7	12,4		-1,9	-1,9
13.03.2004	19,2	18,1	22,0	15,0	14,9	11,8	4,0	1,9	13,6		-1,3	-0,8
14.03.2004	19,9	6,1	6,7	7,1	14,2	13,3	4,0	3,8	6,4		2,4	3,5
15.03.2004	11,1	14,3	9,6	12,7		11,1		8,5	3,0		5,6	3,9
16.03.2004	19,2	15,5	14,7	14,3		15,4		14,1	7,9		6,5	4,5
17.03.2004	23,3		19,7		13,1		22,7		10,1		7,3	4,1
18.03.2004	17,9		55,1		12,0	10,8	17,7	13,8	1,6		8,3	3,8
19.03.2004	10,9		13,5		8,6		7,8		3,5		5,5	2,7
20.03.2004	6,8		25,8		10,7	6,6	23,2	10,1	1,7		4,4	2,0

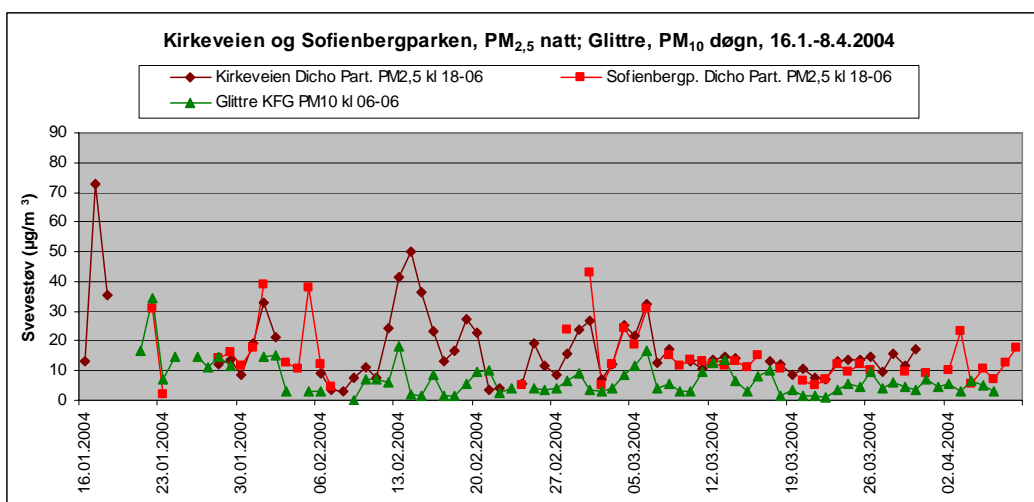
Tabell 6, forts.

Stasjon	Dagprøver				Nattprøver				Døgnprøver		Dag	Natt
	PM _{2,5}		Grovfaksjon		PM _{2,5}		Grovfaksjon		PM ₁₀	Merknad	Temp.	Temp.
	Kirkeveien	Sofienberg-parken	Kirkeveien	Sofienberg-parken	Kirkeveien	Sofienberg-parken	Kirkeveien	Sofienberg-parken	Glittre	Glittre	Valle Hovin	Valle Hovin
21.03.2004	5,9	3,6	24,7	8,4	7,7	5,3	26,8	11,6	1,4		4,7	1,9
22.03.2004	8,0		32,4		7,1	7,3	30,2	13,9	1,2		3,4	2,1
23.03.2004		5,7		5,8	13,0	12,3	29,8	14,4	3,4			
24.03.2004	13,9	7,1	55,0	13,2	13,6	9,4	27,3	11,1	5,6			0,1
25.03.2004	13,5	8,9	30,2	10,4	13,8	12,1	42,0	21,1	4,8		2,0	-2,1
26.03.2004	15,6	10,7	50,2	22,5	14,7	10,0	16,6	12,0	9,4		2,2	0,8
27.03.2004	14,2	9,6	41,7	20,5	9,4		23,3		3,9		7,9	4,4
28.03.2004	11,8		26,2		15,5		17,3		6,1		4,9	3,1
29.03.2004	24,6	15,5	53,3	22,2	11,4	9,4	41,1	25,6	4,8		6,0	7,6
30.03.2004		15,0		66,0	17,1		84,3		3,6		10,4	5,4
31.03.2004		9,7		26,3		9,0		23,9	6,9		10,5	8,3
01.04.2004		7,0		20,5					4,4		7,5	1,9
02.04.2004		7,7		20,1		10,0		14,3	5,4		4,1	1,8
03.04.2004		12,7		12,0		23,1		4,9	2,8		2,8	3,1
04.04.2004		18,7		2,1		5,6		3,7	6,6		3,3	4,9
05.04.2004		10,9		19,2		10,7		6,2	5,1		6,8	4,3
06.04.2004		8,6		16,8		7,0		7,2	2,8		5,8	4,4
07.04.2004		6,6		7,9		12,8		3,3			5,8	4,8
08.04.2004		14,2		10,0		17,5		22,4			9,8	

Figur 9 og Figur 10 viser konsentrasjoner av finfraksjonen ($PM_{2,5}$) ved Kirkeveien og Sofienbergparken for henholdsvis dag- og kveld/nattprøver sammen med PM_{10} fra Glittre av døgnprøver. I en periode midt i februar 2004 med høye konsentrasjoner av $PM_{2,5}$ i Kirkeveien mangler det prøver fra Sofienbergparken. Det er i perioder en relativt tydelig samvariasjon mellom Glittre og bystasjonene på dagtid, som tyder på at Glittre er bra representativ for det regionale PM-nivået, og at dette gir et tidvis betydelig bidrag til PM-nivået i Oslo. På Glittre antas det å være lite støv i grovfraksjonen.



Figur 9: Dagprøver av $PM_{2,5}$ ved Kirkeveien og Sofienbergparken og døgnprøver av PM_{10} ved Glittre i perioden 16.1.-8.4.2004 ($\mu g/m^3$).

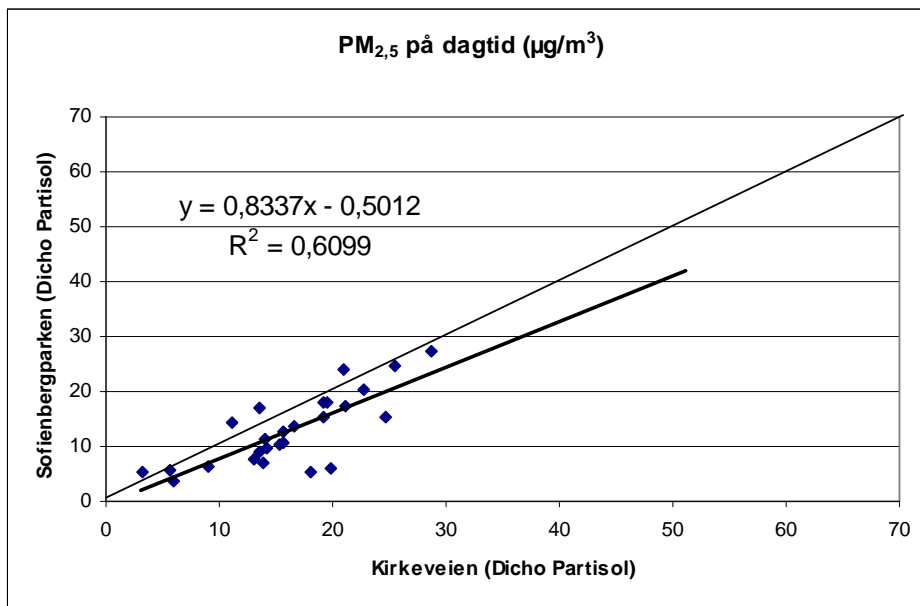


Figur 10: Kveld/nattprøver av $PM_{2,5}$ ved Kirkeveien og Sofienbergparken og døgnprøver av PM_{10} ved Glittre i perioden 16.1.-8.4.2004 ($\mu g/m^3$).

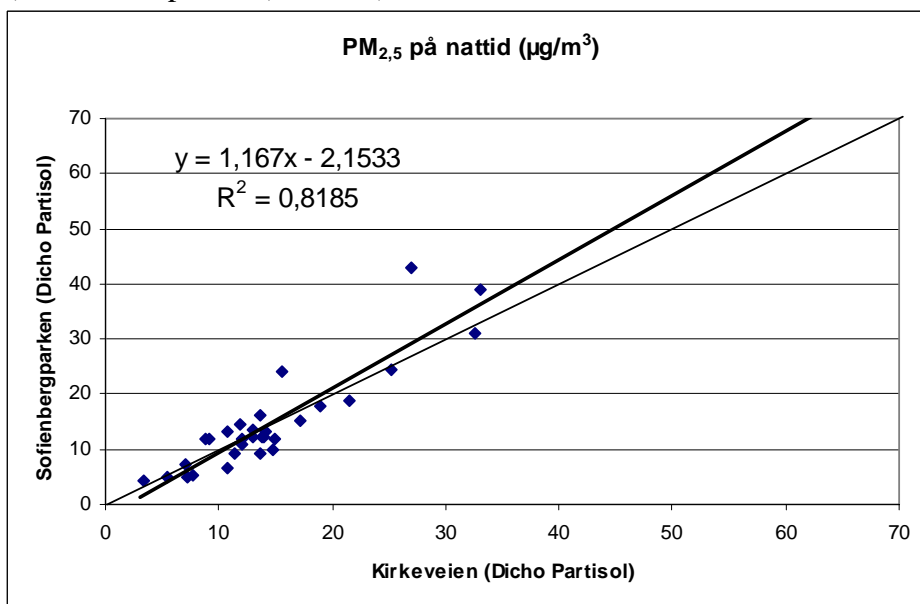
I Figur 11 er vist samvariasjonen i $PM_{2,5}$ mellom Kirkeveien og Sofienbergparken for hhv. dagprøver og kveld/nattprøver. Figur 12 viser det samme for grovfraksjonen.

Det er god korrelasjon mellom de to stasjonene, dog noe dårligere for grovfraksjonen på dagtid (korr.koff. 0,65, mot 0,83-0,90 for de andre tre tilfellene). Dette indikerer at PM -konsentrasjonen styres av prosesser som påvirker begge stasjoner på lignende måte. Konsentrasjonen av luftforurensninger i byer styres i stor grad av de meteorologiske forhold, spesielt vindstyrken, samtidig som utslippets dag-natt-variasjon påvirker målestasjonene på samme måte.

a) Dagprøver (kl 06-18)



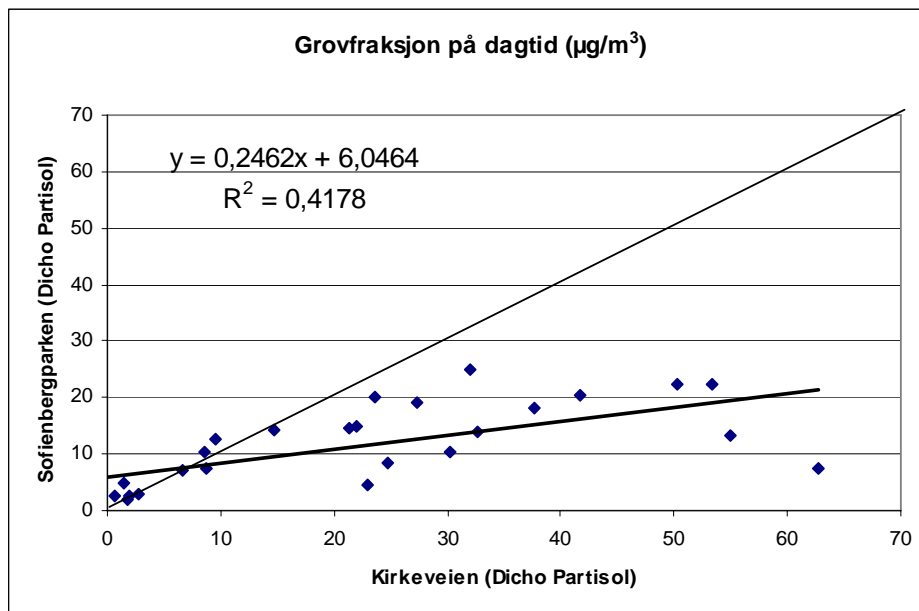
b) Kveld/nattprøver (kl 18-06)



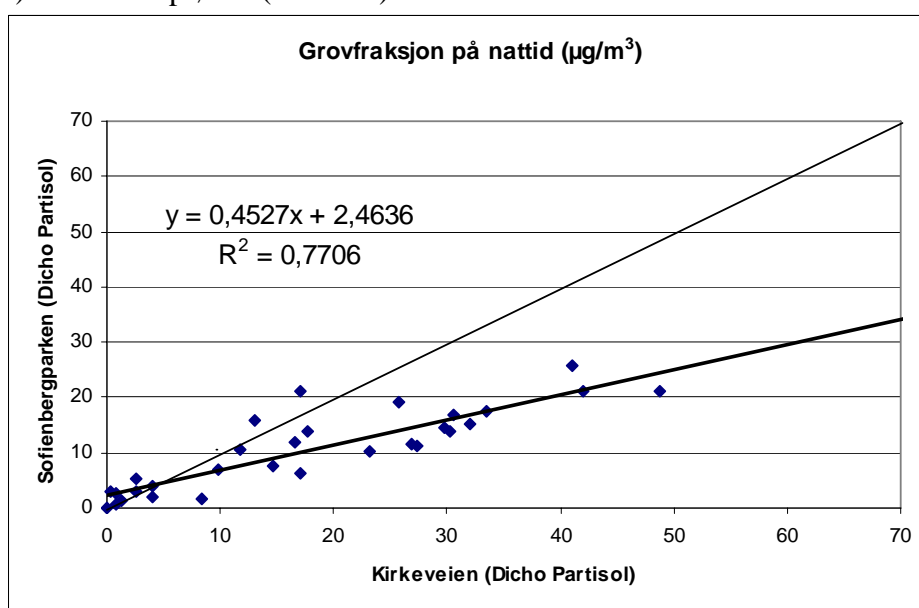
Figur 11: Samvariasjon mellom $PM_{2,5}$ ved Kirkeveien og Sofienbergparken ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

PM_{2,5} var i gjennomsnitt litt høyere ved Kirkeveien om dagen, mens det var motsatt om natta. Dette skyldes større bidrag fra eksos ved Kirkeveien om dagen. Om natta er trafikken liten, og i Sofienbergparken er trolig bidraget fra vedfyring da av enda større betydning enn i Kirkeveien.

a) Dagprøver (kl 06-18)



b) Kveld/nattprøver (kl 18-06)



Figur 12: Samvariasjon mellom grovfraksjonen i svevestøv ved Kirkeveien og Sofienbergparken ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Grovfraksjonen var klart høyere ved Kirkeveien enn i Sofienbergparken både natt og dag, men forskjellen var størst om dagen. Dette skyldes svevestøv fra piggdekkslitasje, samt oppvirvling av støv fra veibaner og veikanter når det er bart og tørt.

Tendensen i resultatene er som forventet. Den veinære stasjonen Kirkeveien er mer påvirket av veirelatert utslipp (eksospartikler i finfraksjonen og veistøv hovedsakelig i grovfraksjonen) enn bybakgrunnsstasjonen Sofienbergparken. Forskjellen i $PM_{2,5}$ er imidlertid ganske liten om dagen. Hovedkilden til $PM_{2,5}$ i Kirkeveien er altså ikke bileksospartikler fra trafikken der. På begge stasjonene er det andre kilder som er viktigst. Regional bakgrunn gir et betydelig bidrag. Det gjør også vedfyringen. Bileksospartikler gir et mindre betydelig bidrag. De neste kapitlene avklarer betydningen av vedfyringen som kilde.

6 Levoglucosan som sporstoff for vedfyring

6.1 Forbedret analysemetode for levoglucosan

Som nevnt i kapittel 1 har NILU utviklet en ny analysemetode for et spesifikt sporstoff for vedfyingspartikler. Sporstoffet, levoglucosan, er kjent fra litteraturen (Yttri et al., 2005). I analysen ekstraheres en del av filtrene med løsemiddel (tetrahydrofuran). Filterekstraktene analyseres på levoglucosan ved hjelp av høytrykks-væskekromatografi kombinert med høyopløsende massespektrometri (Dye og Yttri, 2005).

Levoglucosan er tidligere analysert i prøver fra en målestasjon i et boligområde i Elverum der vedfyring er hovedkilde til svevestøv. Resultatene viste at det var meget høy korrelasjon mellom levoglucosan og PM_{10} . Levoglucosan forekom nesten bare i finfraksjonen ($PM_{2,5}$).

6.2 Utvelgelse av prøver til analyse av levoglucosan

I alt ble det tatt 470 godkjente partikkelprøver vinteren 2004. Av disse var 228 fra Kirkeveien, fordelt på 55 dagprøver og 59 nattprøver i både fin- og grovfraksjonen. Ved Sofienbergparken ble det tatt 178 prøver, fordelt på 43 dagprøver og 46 nattprøver i både fin- og grovfraksjonen. På Glitre ble det tatt 66 døgnprøver, hvorav 4 var over to døgn.

Vel en firedel av disse prøvene, 120 stykker, ble tatt ut til analyse av levoglucosan, hvorav 53 fra Kirkeveien, 47 fra Sofienbergparken og 20 fra Glitre. Tabell 7 viser hvilke prøver som ble tatt ut til analyse på grunnlag av utvalgte kriterier. Det er 100 prøver av levoglucosan i $PM_{2,5}$ og PM_{10} (Glitre) og 20 av grovfraksjonen fra Kirkeveien og Sofienbergparken.

Tabell 7: Prøver av PM fra Kirkeveien, Sofienbergparken og Glitre vinteren 2004 som ble valgt ut til analyse ut fra kriterier A-E.

Stasjon	Dagprøver				Nattprøver				Døgnprøver	Dag	Natt
	PM _{2,5}		Grovfraksjon		PM _{2,5}		Grovfraksjon		PM ₁₀	Temp	Temp.
	Kirkeveien	Sofienberg-parken	Kirkeveien	Sofienberg-parken	Kirkeveien	Sofienberg-parken	Kirkeveien	Sofienberg-parken	Glitre	Valle Hovin	Valle Hovin
17.01.2004	A				A		C			-9,8	-11,4
18.01.2004	A		C		A		C			-9,6	-7,0
21.01.2004									D	-13,1	-13,5
22.01.2004						A		C	D	-11,3	-8,7
24.01.2004									D	1,0	-1,3
26.01.2004									D	-0,9	-0,2
27.01.2004									D	-2,7	-2,9
28.01.2004	B	B		C	B	B		C	D	-2,9	-3,4
29.01.2004	B	B		C	B	B			D	-2,7	-3,0
30.01.2004		A		C						-3,3	-3,4
31.01.2004					B	B		C		-4,5	-5,5
01.02.2004	A	A		C	A	A	C	C	D	-7,5	-7,0
02.02.2004	B								D	-3,6	-0,6
04.02.2004		E								6,0	4,5
05.02.2004		A				A				3,6	0,4
06.02.2004	A	A		C						1,7	1,2
10.02.2004	A									-5,1	-4,0
11.02.2004	B									-4,3	-3,4
12.02.2004	B									-1,0	-3,1
13.02.2004	A		C		A		C			-3,8	-4,9
14.02.2004	A		C		A		C			0,1	-1,8
15.02.2004	A		C		A					2,4	-0,9
16.02.2004	A		C							2,1	-0,5
19.02.2004	A				A					-1,2	-4,6
20.02.2004	A									-3,5	-1,7
25.02.2004	B				B					-0,2	-4,7
26.02.2004	B									-0,7	-4,1
28.02.2004					B	A				-2,9	-7,4
29.02.2004	B	B								-5,1	-3,7
01.03.2004	A				A	A				2,1	0,7
02.03.2004	E	E								5,7	-0,7
03.03.2004					B	B				-1,7	-6,4

Tabell 7, forts.

Stasjon	Dagprøver				Nattprøver				Døgnprøver	Dag	Natt
	PM _{2,5}		Grovfraksjon		PM _{2,5}		Grovfraksjon		PM ₁₀	Temp	Temp.
	Kirkeveien	Sofienberg-parken	Kirkeveien	Sofienberg-parken	Kirkeveien	Sofienberg-parken	Kirkeveien	Sofienberg-parken	Glittre	Valle Hovin	Valle Hovin
04.03.2004					A	A				-5,5	-9,6
05.03.2004		A							D	-3,2	-4,7
06.03.2004		A			A	A		C	D	-2,2	-2,0
10.03.2004					B	B				3,4	-0,9
11.03.2004					B	B				1,1	-0,6
12.03.2004		B			B	B			D	-1,9	-1,9
13.03.2004	B	B			B	B			D	-1,3	-0,8
16.03.2004									E	6,5	4,5
17.03.2004									E	7,3	4,1
18.03.2004									E	8,3	3,8
25.03.2004					B	B				2,0	-2,1
27.03.2004		E								7,9	4,4
29.03.2004						E				6,0	7,6
30.03.2004									E	10,4	5,4
31.03.2004		E				E			E	10,5	8,3
01.04.2004		E								7,5	1,9
03.04.2004						A				2,8	3,1
05.04.2004									E	6,8	4,3
06.04.2004		E							E	5,8	4,4
07.04.2004		E								5,8	4,8
A ¹⁾ : PM _{2,5} >20/25	12	6			10	8					
B ²⁾ : PM _{2,5} >15; T <0	9	5			11	9					
C: Lav andel PM _{10-2,5}			5	5			5	5			
D: PM ₁₀ >10 og T <0									13		
E: PM ₁₀ <10 og T >5	1	7				2			7		
Antall prøver	22	18	5	5	21	19	5	5	20	52	52
Sum prøver									120		

¹⁾: PM_{2,5} >25 µg/m³ i Kirkeveien; PM_{2,5} >20 µg/m³ i Sofienbergparken

²⁾: Dag: PM_{2,5} >15 µg/m³ eller en av stasjonene >15 µg/m³ og den andre >10 µg/m³; natt: PM_{2,5} >15 µg/m³ eller begge stasjoner >10 µg/m³

Kriteriene for utvelgelse av prøver var som følger:

- A: *PM_{2,5} over 25 µg/m³ ved Kirkeveien og over 20 µg/m³ ved Sofienbergparken.*

Alle prøvene med de høyeste konsentrasjonene av PM_{2,5} er med uansett kilder. En høyere konsentrasjonsgrense ble satt ved Kirkeveien siden konsentrasjonen av PM_{2,5} ofte er høyere her enn ved Sofienbergparken på grunn av særlig bidrag fra eksos. Det ble også lagt vekt på å få med et noenlunde likt antall prøver til analyse fra de to stasjonene.

- B: *PM_{2,5} over 15 µg/m³ og temperatur under 0 °C ved Kirkeveien og Sofienbergparken.*

Kriteriet sikrer at alle prøver med relativt høy konsentrasjon av PM_{2,5} og samtidig kuldegrader ute er med. I disse prøvene kan vedfyring gi et betydelig bidrag.

- C: *Lite veistøv, dvs. liten andel svevestøv i grovfraksjonen ved Kirkeveien og Sofienbergparken.*

Disse prøvene av grovfraksjonen ble antatt å ha lite eller ikke noe veistøv. Prøvene var forventet å vise om det er levoglucosan eller ikke i grovstøv som ikke skyldes veistøv. Ut fra prøver i Elverum var det forventet lite levoglucosan i disse prøvene.

- D: *PM₁₀ over 10 µg/m³ og temperatur under 0 °C målt i Oslo.*

Disse prøvene var forventet å vise eventuelle bidrag fra vedfyring i området.

- E: *Fin- og grovfraksjon under 10 µg/m³ ved Kirkeveien og Sofienbergparken, PM₁₀ under 10 µg/m³ på Glittre og temperatur over 5 °C.*

Disse prøvene var forventet å ha lite bidrag fra vedfyring.

Filtre ble først plukket ut etter kriterium A, deretter kriterium B og til sist etter kriterium E.

6.3 Konsentrasjoner av levoglucosan

Et sammendrag av alle måleresultatene for levoglucosan (LG) og PM er gitt i Tabell 8 for fin (PM_{2,5})- og grovfraksjonen. I tabellen er det også tatt med måledata fra en stasjon på Rv4 ved Aker sykehus, som var i drift i samme periode i forbindelse med et prosjekt om "Miljøfartsgrense" for Statens vegvesen, Stor-Oslo distrikt. Av meteorologiske data er det tatt med temperatur, vindstyrke, nedbør og relativ fuktighet så lenge "Vedfyringsprosjektet" pågikk, dvs. fram til påske.

Tabell 8: Måleresultater for levoglucosan (LG), PM og meteorologiske forhold fra Rv4, Kirkeveien, Sofienbergparken og Glittre vinteren 2004.

Prøve	Dag										Døgn		Kveld/natt								Valle Hovin											
	Rv4		Kirkeveien				Sofienberg				Glittre		Kirkeveien				Sofienberg				Temperatur		Vindstyrke		Nedbør		Rel. fuktighet					
	Fraksjon		Fin		Grov		Fin		Grov		PM ₁₀		Fin		Grov		Fin		Grov		Dag	Kveld/natt	Dag	Kveld/natt	Dag	Kveld/natt	Dag	Kveld/natt				
	Dato	LG _{2,5}	PM _{2,5}	LG _{2,5}	PM _{2,5}	LG _G	PM _G	LG _{2,5}	PM _{2,5}	LG _G	PM _G	LG ₁₀	PM ₁₀	LG _{2,5}	PM _{2,5}	LG _G	PM _G	LG _{2,5}	PM _{2,5}	LG _G	PM _G	Dag	Kveld/natt	Dag	Kveld/natt	Dag	Kveld/natt	Dag	Kveld/natt			
17.01.2004			0,543	37,3		24,9							0,754	72,7	0,144	12,4					-9,8	-11,4	3,3	1,8	0,0	0,0	84,4	89,8				
18.01.2004			0,623	42,5	0,110	4,5							0,400	35,4	0,073	3,7					-9,6	-7,0	1,2	2,0	2,7	1,1	91,0	92,6				
19.01.2004				15,0		5,3															-4,8	-5,5	3,8	6,7	0,0	0,0	83,1	75,3				
20.01.2004																					-7,9	-11,0	3,8	2,6	0,0	0,0	75,0	84,5				
21.01.2004											0,094	16,5									13,1	-13,5	2,4	2,9	0,0	0,0	81,6	88,8				
22.01.2004											0,070	34,3					0,120	30,6	0,052	6,3	11,3	-8,7	2,2	1,8	0,0	1,2	84,4	88,5				
23.01.2004												7,0						2,2		2,2	-0,8	0,8	2,8	3,2	5,2	0,2	95,1	95,9				
24.01.2004											0,025	14,7									1,0	-1,3	4,4	1,7	0,5	3,5	93,4	92,8				
25.01.2004																					-3,0	-3,2	0,1	0,6	2,3	0,5	90,6	93,2				
26.01.2004											0,030	14,7									-0,9	-0,2	2,0	3,3	0,6	0,7	95,3	91,8				
27.01.2004											0,035	11,2									-2,7	-2,9	1,8	2,8	2,6	4,6	90,8	91,9				
28.01.2004			0,124	19,5	1,5	0,048	18,1	0,017	4,9	0,054	14,9	0,124	11,9		0,8	0,083	14,4	0,112	0,7	-2,9	-3,4	2,6	6,4	1,4	2,8	89,2	88,0					
29.01.2004			0,082	13,6		2,7	0,260	17,1	0,025	3,0	0,045	11,4	0,097	13,7		0,0	0,332	16,1		0,0	-2,7	-3,0	5,3	3,3	0,6	0,1	86,9	88,3				
30.01.2004	0,115	26,0		22,7		-0,3	0,068	20,4	0,014	1,9				8,8		1,3		11,8		1,2	-3,3	-3,4	2,6	3,1	1,2	1,0	86,6	88,4				
31.01.2004		12,0		15,3		1,8		10,5		1,9			0,243	19,0		2,5	0,152	17,9	0,044	3,0	-4,5	-5,5	1,9	2,3	0,0	0,0	91,8	92,6				
01.02.2004	0,141	41,8		25,5		1,9	0,223	24,7	0,029	2,6	0,030	14,9	0,473	33,1		2,5	0,715	38,9	0,108	5,4	-7,5	-7,0	1,5	4,0	0,0	0,7	84,5	89,1				
02.02.2004	0,118	22,3	0,164	15,3		3,6					0,154	15,4		21,3		5,1					-3,6	-0,6	4,5	1,0	2,8	1,3	89,8	94,1				
03.02.2004		14,0						17,1		4,3		2,9						12,7		3,2	1,5	2,9	1,0	3,0	5,8	1,9	96,5	96,6				
04.02.2004	0,120	15,5					0,123	8,3		5,5								10,4		4,7	6,0	4,5	5,3	2,4	0,0	0,0	75,5	73,4				
05.02.2004	0,212	25,5					0,248	37,1	0,051	12,2		3,2					0,353	37,8		11,7	3,6	0,4	0,8	0,9	0,0	0,0	83,1	94,4				
06.02.2004	0,081	19,3	0,384	28,7		8,6	0,301	27,5		10,4		3,2		9,2		0,8		12,0		2,8	1,7	1,2	1,7	4,5	1,2	0,0	94,9	91,8				
07.02.2004		4,8		3,2		0,6		5,3		2,7				3,3		0,4		4,4		3,0	-0,9	-2,4	5,4	3,6	0,0	2,3	88,8	87,3				
08.02.2004		4,9		3,0		0,1								3,1		0,4					-2,8	-3,3	4,0	3,1	0,8	0,0	78,7	66,7				
09.02.2004		9,6		3,1		1,4						0,1		7,7		2,7					-2,1	-5,7	3,1	2,5	0,0	0,0	51,2	65,8				
11.02.2004																											0,213	7,1		7,7		2,9

31,

Tabell 8, forts.

Prøve	Dag										Døgn		Kveld/natt								Valle Hovin							
	Rv4		Kirkeveien				Sofienberg				Glitre		Kirkeveien				Sofienberg				Temperatur		Vindstyrke		Nedbør		Rel. fuktighet	
	Fraksjon	Fin	Fin	Grov	Fin	Grov	Fin	Grov	Fin	Grov	PM ₁₀	PM ₁₀	Fin	Grov	Fin	Grov	Fin	Grov	Dag	Kveld/natt	Dag	Kveld/natt	Dag	Kveld/natt	Dag	Kveld/natt		
12.02.2004	0,077	21,4	0,107	17,9		8,6					6,3		24,3		3,2				-1,0	-3,1	1,9	1,6	0,0	0,0	84,6	93,1		
13.02.2004	0,304	20,8	0,258	34,8	0,036	6,7					18,4	0,568	41,4	0,104	9,3				-3,8	-4,9	1,2	0,6	0,0	0,0	94,6	94,5		
14.02.2004			0,693	51,1	0,085	12,1					1,9	0,827	50,0	0,105	8,4				0,1	-1,8			0,0	0,0	83,0	84,5		
15.02.2004	0,494	40,6	0,553	42,0	0,071	9,1					1,4	0,604	36,2		8,0				2,4	-0,9			0,0	0,0	69,2	90,5		
16.02.2004	0,161	28,5	0,345	42,1	0,029	11,2					8,4		23,1		3,4				2,1	-0,5			0,0	0,2	78,8	95,5		
17.02.2004		6,5		19,9		5,5					1,3		13,1		7,4				3,4	0,9		2,2	0,0	0,0	71,5	60,8		
18.02.2004		5,6		11,9		15,9					1,3		16,5		20,0				2,8	-2,3	3,7	1,4	0,0	0,0	53,3	74,1		
19.02.2004			0,159	27,8		27,6					5,4	0,322	27,5		13,3				-1,2	-4,6	1,0	0,4	0,0	0,0	72,8	89,5		
20.02.2004	0,227	22,5	0,154	31,5		7,6					9,4		22,9		4,9				-3,5	-1,7	0,6	0,9	0,0	0,0	94,3	95,8		
21.02.2004		18,5									9,9		3,7		1,9				-0,6	-1,4	1,9	1,6	0,0	0,0	81,2	92,4		
22.02.2004				24,6		5,1					2,6		4,1		2,4				-0,9	-2,1	7,5	5,8	0,0	0,0	73,5	55,2		
23.02.2004	0,076	13,7									4,1								-0,2	-2,0	4,7	3,7	0,0	0,0	42,1	62,0		
24.02.2004	0,061	13,1											5,4		17,1		5,1	6,3	2,2	0,1	5,1	4,2	0,0	0,0	55,9	52,4		
25.02.2004	0,188	26,9	0,092	18,0		62,7	5,2		7,3		4,0	0,533	19,3		26,9				-0,2	-4,7	1,0	0,9	0,0	0,0	62,5	79,9		
26.02.2004			0,124	18,2		53,4					3,5		11,6		29,4				-0,7	-4,1	1,0	2,6	0,0	0,0	57,4	69,1		
27.02.2004		10,2		12,7		24,8					3,8		8,6		9,9				-2,8	-3,8	3,4	2,9	0,0	0,0	72,1	81,1		
28.02.2004		8,5		8,2		19,7					6,6		15,5		30,6	0,366	24,0	16,9	-2,9	-7,4	3,6	2,0	0,0	0,0	67,5	80,6		
29.02.2004			0,130	15,7		23,0	0,144	12,8	4,6		9,2		23,8		20,5				-5,1	-3,7	1,9	1,1	0,0	0,0	73,3	75,3		
01.03.2004			0,063	34,5		39,4					3,7	0,310	27,0		17,1	0,718	42,9	21,0	2,1	0,7	0,7	1,5	0,0	0,0	66,2	74,1		
02.03.2004		4,8	0,100	9,0		8,7	0,329	6,4	7,4		3,1		7,3		14,7		5,0	7,7	5,7	-0,7	4,6	4,2	0,4	0,0	42,4	48,0		
03.03.2004		14,5		5,7		21,3		5,6	14,5		4,2	0,193	12,1		33,5	0,345	12,0	17,6	-1,7	-6,4	3,9	2,5	0,0	0,0	41,9	64,9		
04.03.2004	0,273	35,7		14,0		37,6		11,4	18,0		8,4	0,367	25,2		48,8	0,421	24,4	21,1	-5,5	-9,6	2,0	1,2	0,0	0,0	64,4	82,3		
05.03.2004	0,177	34,9		20,9		27,4	0,150	23,9	19,0	0,051	11,6		21,5		9,8		18,8	6,8	-3,2	-4,7	2,5	1,4	0,0	0,0	69,9	84,7		
06.03.2004	0,243	40,0					0,132	24,6	10,8	0,078	16,7	0,159	32,6		8,4	0,200	31,0	0,037	1,8	-2,2	-2,0	2,2	1,3	0,0	0,0	73,5	84,7	
07.03.2004		18,9						19,8	12,9		3,8		12,8		18,5				3,1	1,1	2,5	3,2	0,0	0,0	55,9	57,8		
08.03.2004				11,1		14,4					5,5		17,1		25,7		15,3	19,1	4,0	0,1	3,7	1,5	0,0	0,0	49,7	69,4		
09.03.2004	0,222	22,0						13,9	28,7		3,1						11,8	11,3	3,2	-0,7	2,2	1,5	0,0	0,0	55,3	74,8		
10.03.2004	0,096	15,4		13,0		32,0		7,6	25,0		3,1	0,171	13,0		32,0	0,345	13,6	15,3	3,4	-0,9	2,6	3,4	0,0	0,0	55,3	76,2		

Tabell 8, forts.

Prøve	Dag										Døgn		Kveld/natt								Valle Hovin								
	Rv4		Kirkeveien				Sofienberg				Glittre		Kirkeveien				Sofienberg				Temperatur		Vindstyrke		Nedbør		Rel. fuktighet		
	Fraksjon		Fin		Gro		Fin		Gro		PM ₁₀		Fin		Gro		Fin		Gro		Dag	Kveld/natt	Dag	Kveld/natt	Dag	Kveld/natt	Dag	Kveld/natt	
Dato	LG _{2,5}	PM _{2,5}	LG _{2,5}	PM _{2,5}	LG _G	PM _G	LG _{2,5}	PM _{2,5}	LG _G	PM _G	LG ₁₀	PM ₁₀	LG _{2,5}	PM _{2,5}	LG _G	PM _G	LG _{2,5}	PM _{2,5}	LG _G	PM _G	Dag	Kveld/natt	Dag	Kveld/natt	Dag	Kveld/natt	Dag	Kveld/natt	
11.03.2004	0,030	22,4		16,6		32,7		13,6		13,9		9,7	0,049	10,8		13,0	0,129	13,1		15,7	1,1	-0,6	5,5	3,5	0,0	0,0	63,2	70,6	
12.03.2004	0,064	22,1		21,1		23,6	0,117	17,3		20,0	0,017	12,4	0,095	13,9		11,7	0,206	12,3		10,7	-1,9	-1,9	4,9	4,1	0,0	0,0	74,0	75,1	
13.03.2004		19,9	0,097	19,2		22,0	0,107	18,1		15,0	0,030	13,6	0,140	14,9		4,0	0,084	11,8		1,9	-1,3	-0,8	5,1	4,0	0,6	5,5	75,8	92,0	
14.03.2004	0,073	17,9		19,9		6,7		6,1		7,1		6,4		14,2		4,0		13,3		3,8	2,4	3,5	3,1	4,1	1,0	5,7	94,7	94,2	
15.03.2004		17,6		11,1		9,6		14,3		12,7		3,0						11,1		8,5	5,6	3,9	5,4	2,8	1,5	4,5	82,9	86,2	
16.03.2004	0,047	24,4		19,2		14,7		15,5		14,3	0,022	7,9						15,4		14,1	6,5	4,5	1,4	1,3	0,0	0,0	81,3	88,1	
17.03.2004	0,032	24,7		23,3		19,7					0,029	10,1		13,1		22,7					7,3	4,1	3,4	3,2	0,0	0,0	80,9	74,7	
18.03.2004	0,045	21,0		17,9		55,1					0,016	1,6		12,0		17,7		10,8		13,8	8,3	3,8	3,1	2,2	0,0	3,1	61,9	84,6	
19.03.2004	0,039	16,7		10,9		13,5						3,5		8,6		7,8					5,5	2,7	4,6	5,0	3,9	5,2	83,9	89,8	
20.03.2004				6,8		25,8						1,7		10,7		23,2		6,6		10,1	4,4	2,0	2,1	2,6	0,0	0,0	80,6	85,9	
21.03.2004		6,6		5,9		24,7	3,6		8,4			1,4		7,7		26,8		5,3		11,6	4,7	1,9	1,9	1,0	0,0	0,0	65,1	80,3	
22.03.2004		9,8		8,0		32,4						1,2		7,1		30,2		7,3		13,9	3,4	2,1	2,9	1,7	0,0	0,3	71,0	76,9	
23.03.2004		10,4					5,7		5,8			3,4		13,0		29,8		12,3											
24.03.2004	0,050	17,6		13,9		55,0	7,1		13,2			5,6		13,6		27,3		9,4		11,1		0,1		1,5		0,0		79,7	
25.03.2004				13,5		30,2	8,9		10,4			4,8	0,091	13,8		42,0	0,176	12,1		21,1	2,0	-2,1	1,5	1,3	0,0	0,0	69,0	81,5	
26.03.2004	0,058	18,6		15,6		50,2	10,7		22,5			9,4		14,7		16,6		10,0		12,0	2,2	0,8	2,6	1,7	0,0	0,0	59,1	83,1	
27.03.2004				14,2		41,7	0,081	9,6		20,5		3,9		9,4		23,3					7,9	4,4	3,1	3,4	0,0	0,0	61,7	54,6	
28.03.2004		18,6		11,8		26,2						6,1		15,5		17,3					4,9	3,1	2,8	2,2	0,0	0,0	48,5	74,4	
29.03.2004				24,6		53,3		15,5		22,2		4,8		11,4		41,1	0,124	9,4		25,6	6,0	7,6	2,2	2,5	0,0	0,0	74,1	49,1	
30.03.2004	0,048	21,3					15,0		66,0	0,010	3,6		17,1		84,3						10,4	5,4	1,5	2,0	0,0	0,0	48,4	66,0	
31.03.2004	0,082	13,2					0,101	9,7		26,3	0,010	6,9						9,0		23,9	10,5	8,3	3,5	3,2	0,0	0,0	47,7	52,2	
01.04.2004	0,029	15,8					0,024	7,0		20,5		4,4									7,5	1,9	3,0	2,4	0,0	0,0	44,7	50,9	
02.04.2004	0,042	14,4						7,7		20,1		5,4						10,0		14,3	4,1	1,8	3,4	3,1	0,0	0,0	44,1	48,6	
03.04.2004		20,3						12,7		12,0		2,8				0,142	23,1		4,9		2,8	3,1	3,7	1,9	0,0	0,0	55,5	79,8	
04.04.2004		14,4						18,7		2,1		6,6					5,6		3,7		3,3	4,9	4,7	5,1	4,6	5,3	89,7	90,5	
05.04.2004		15,5						10,9		19,2	0,010	5,1					10,7		6,2		6,8	4,3	5,5	2,7	0,0	1,8	74,3	88,1	
06.04.2004		7,9					0,058	8,6		16,8	0,014	2,8					7,0		7,2		5,8	4,4	4,9	2,7	0,3	0,0	74,1	74,6	
07.04.2004		7,3					0,044	6,6		7,9							12,8		3,3		5,8	4,8	5,7	3,2	0,0	0,0	70,0	74,9	

Tabell 8, forts.

Prøve	Dag										Døgn		Kveld/natt								Valle Hovin							
	Rv4		Kirkeveien				Sofienberg				Glittre		Kirkeveien				Sofienberg				Temperatur		Vindstyrke		Nedbør		Rel. fuktighet	
	Fraksjon		Fin		Grov		Fin		Grov		PM ₁₀		Fin		Grov		Fin		Grov		Dag	Kveld/natt	Dag	Kveld/natt	Dag	Kveld/natt	Dag	Kveld/natt
Dato	LG _{2,5}	PM _{2,5}	LG _{2,5}	PM _{2,5}	LG _G	PM _G	LG _{2,5}	PM _{2,5}	LG _G	PM _G	LG ₁₀	PM ₁₀	LG _{2,5}	PM _{2,5}	LG _G	PM _G	LG _{2,5}	PM _{2,5}	LG _G	PM _G	Dag	Kveld/natt	Dag	Kveld/natt	Dag	Kveld/natt	Dag	Kveld/natt
08.04.2004							14,2			10,0							17,5		22,4	9,8	4,1	3,0	1,2	0,0		53,0		
09.04.2004																												
10.04.2004																												
11.04.2004																												
12.04.2004																												
13.04.2004	0,024	17,6																										
14.04.2004		18,4																										
15.04.2004	0,011	23,6																										
16.04.2004	0,020	35,5																										
17.04.2004	0,055	34,9																										
18.04.2004	0,079	27,3																										
19.04.2004		15,1																										
20.04.2004		18,5																										
21.04.2004		10,3																										
22.04.2004		16,3																										
23.04.2004		17,1																										
24.04.2004		8,2																										
25.04.2004		8,3																										
26.04.2004		11,3																										
27.04.2004		15,9																										
28.04.2004		24,4																										
29.04.2004		19,8																										
30.04.2004	0,019	19,9																										

6.4 Levoglucosan og meteorologiske forhold

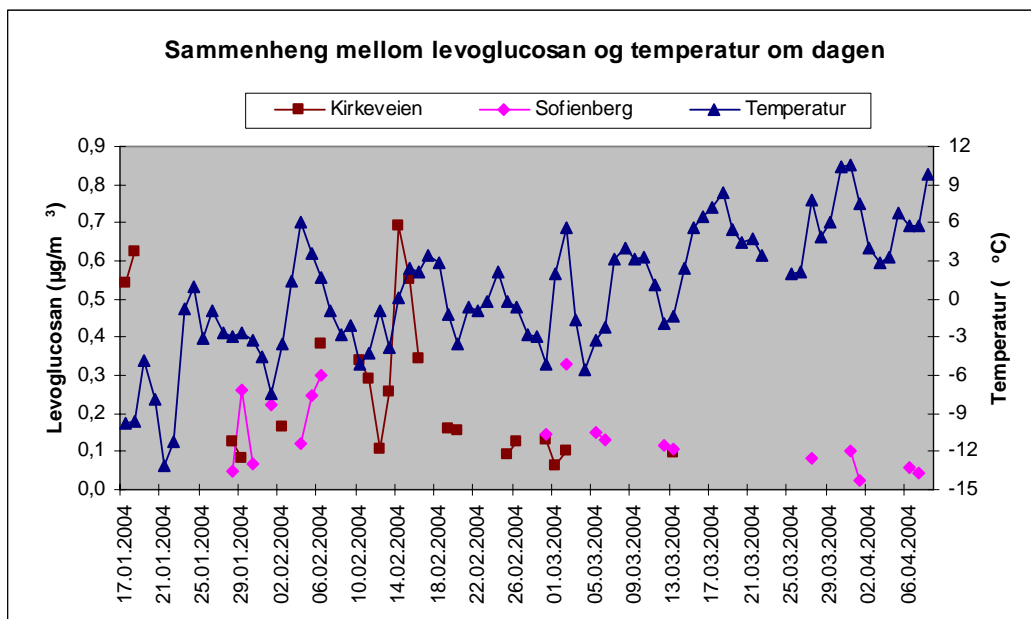
De målte konsentrasjonene av levoglucosan er avhengig av utslippene (vedforbruket) og de meteorologiske forholdene. Meteorologien styrer både mengden av utslipp og spredningen i lufta. Viktige parametre er temperatur (betyr mest for utslippet) og vindstyrke (betyr mest for spredningen eller fortynningen horisontalt). Den vertikale spredningen styres av stabiliteten. Denne avhenger igjen av temperatur og vindstyrke, slik at lav temperatur og lav vindstyrke gir dårligst spredning totalt sett.

Figur 13 og Figur 14 viser sammenhengen mellom *temperatur* på Valle Hovin og *levoglucosan* i Kirkeveien og Sofienbergparken. Figurene viser en viss tendens til økende konsentrasjon av levoglucosan med synkende temperatur. På dagtid var det stort sett lave konsentrasjoner av levoglucosan etter midten av februar til tross for enkelte dager med lav temperatur. Dette kan skyldes økt solinnstråling gjennom vinduer på klarværsdager (“drivhuseffekt”) og mindre fyringsbehov. På nattetid ble det målt forhøyede konsentrasjoner av levoglucosan fram til midt i mars. Etter den tid var det knapt kuldegrader om natta.

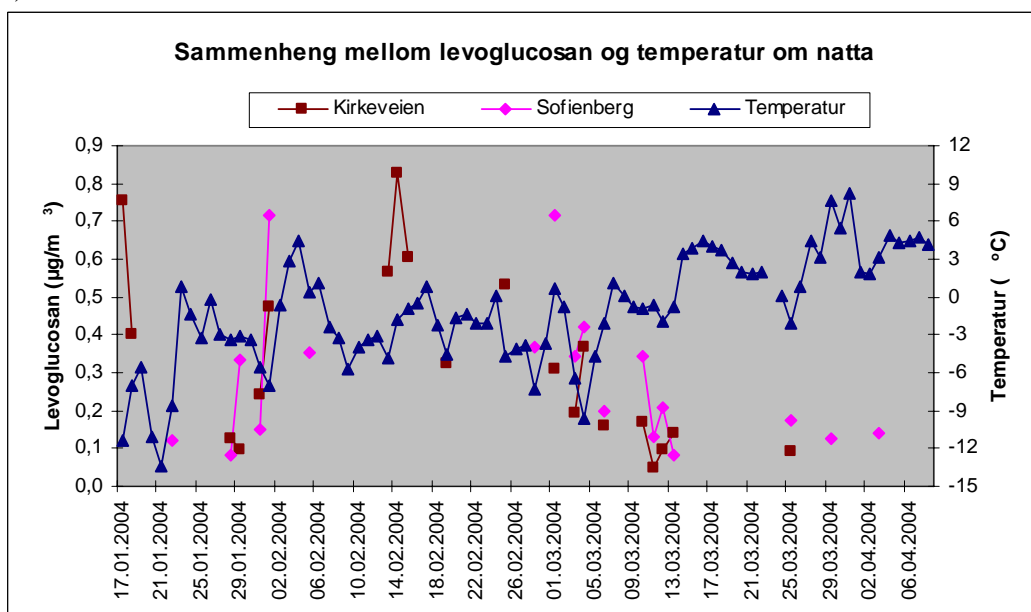
Figur 15 og Figur 16 viser sammenhengen mellom *vindstyrke* på Valle Hovin og *levoglucosan* i Kirkeveien og Sofienbergparken. Figurene viser en tendens til økende konsentrasjon av levoglucosan med synkende vindstyrke.

Den høye verdien av levoglucosan ($0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ved 4 m/s i Figur 16 representerer en kveld/natt-prøve der det var svak vind om kvelden, men en sterk vindøkning ved midnatt.

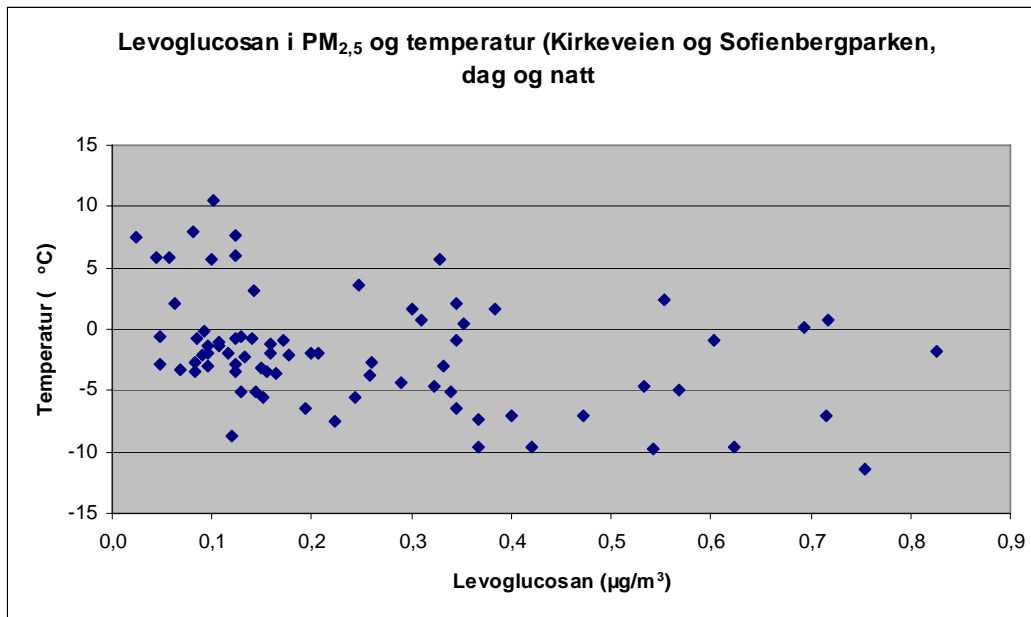
a)



b)

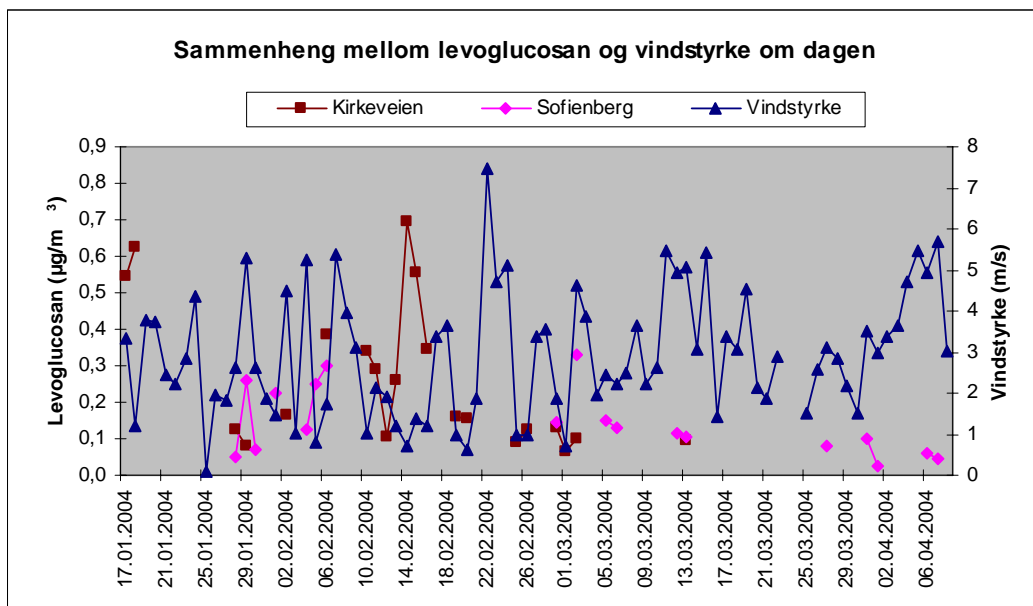


Figur 13: Tidsvariasjon av temperatur ($^{\circ}\text{C}$) på Valle Hovin og $\text{LG}_{2,5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) i Kirkeveien og Sofienbergparken for dagprøver (a) og nattprøver (b).

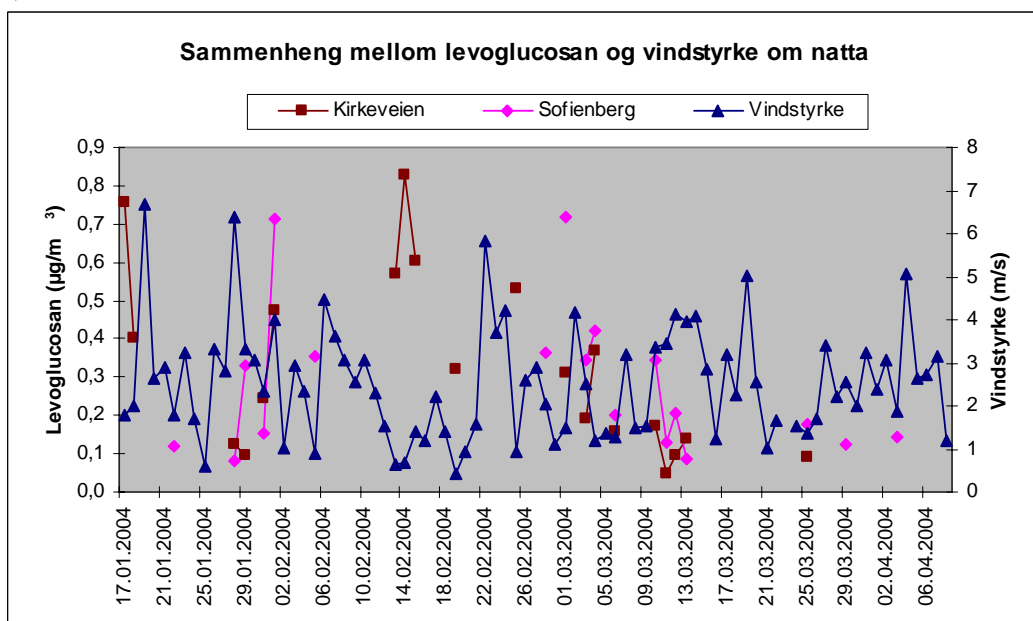


Figur 14: Samvariasjon av temperatur (°C) på Valle Hovin og LG_{2,5} (µg/m³) i Kirkeveien og Sofienbergparken samlet for dag- og nattprøver.

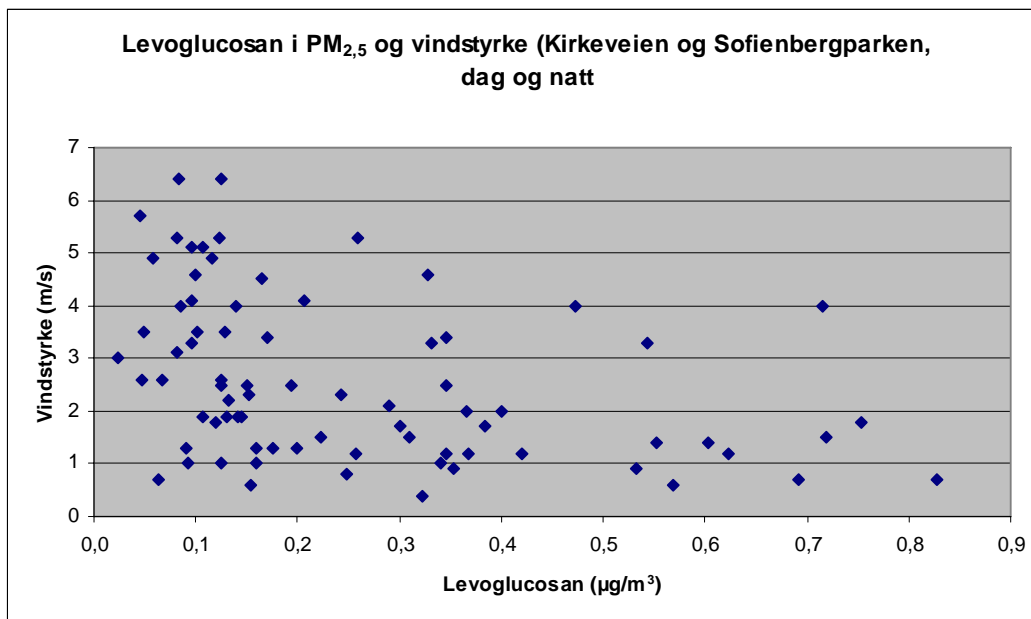
a)



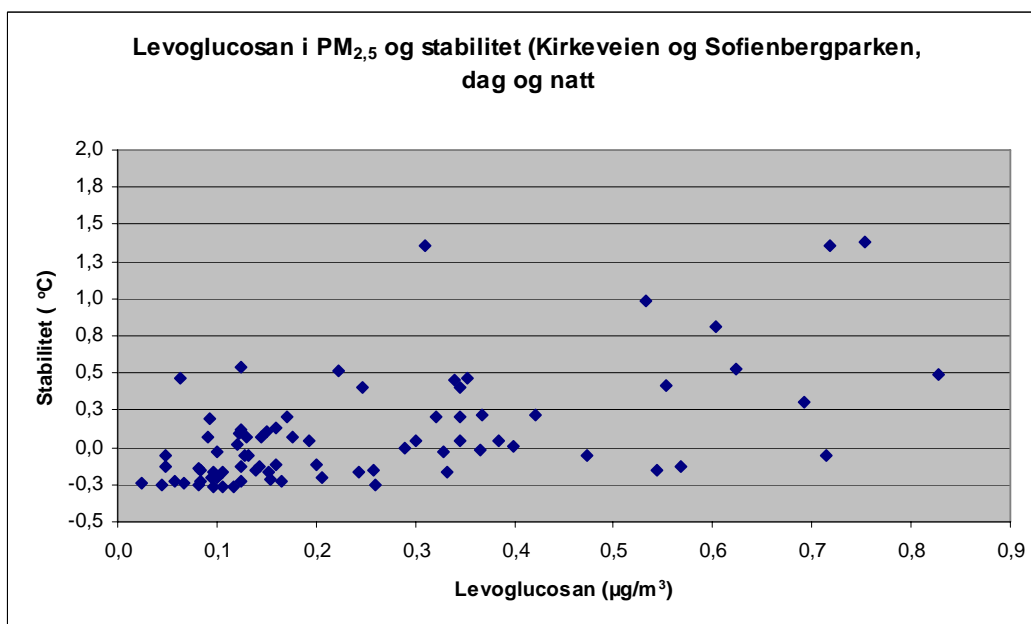
b)



Figur 15: Tidsvariasjon av vindstyrke (m/s) på Valle Hovin og $LG_{2,5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) i Kirkeveien og Sofienbergparken for dagprøver (a) og kveld/nattprøver (b).



Figur 16: Samvariasjon av vindstyrke (m/s) på Valle Hovin og LG_{2,5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) i Kirkeveien og Sofienbergparken samlet for dag- og nattprøver.



Figur 17: Samvariasjon av stabilitet (vertikal temperaturgradient) ($^{\circ}\text{C}$) på Valle Hovin og levoglucosan ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) i Kirkeveien og Sofienbergparken samlet for dag- og nattprøver.

Figur 17 viser en tendens til økende konsentrasjon av levoglucosan med økende stabilitet. Positiv stabilitet (dvs. økende temperatur med høyden, inversjon) gir dårlig spredning av utslippene vertikalt og dermed høyere konsentrasjoner enn ved nøytral eller ustabil sjiktning ved samme utslippsmengde.

De høyeste levoglucosan-verdiene er funnet ved svak vind og stabil sjiktning, dvs. dårlige spredningsforhold, når det samtidig var relativt kaldt, 0 – -5°C, dvs. forhold med et oppvarmingsbehov.

Målingene viser at en ikke nødvendigvis får høye levoglucosan-verdier på målestasjonene når det er kaldt (ned mot -10°C) (Figur 14). Lokal vindretning kan også spille inn, dvs. at målestasjonen ikke alltid belastes fra områder med mye utslipp. En skal også være klar over at vind- og temperaturforholdene er midlet over 12 timer (samme som PM-prøvene), og gir ikke nødvendigvis riktig uttrykk for forholdene når mesteparten av PM-påvirkningen slår inn, dersom forholdene varierer mye over 12-timersperioden.

6.5 Levoglucosan i PM-utslipp fra vedfyring

Målingene av PM-utslipp i flere størrelsesklasser utført på Jøtulovner ved Statens Provningsantalt i Borås er beskrevet i kapittel 6 ovenfor. Som tidligere nevnt var ikke analysene av levoglucosan i disse prøvene vellykket.

For å kunne anslå partikkelbidraget fra vedfyring til de målte PM-konsentrasjonene i Oslo, er det valgt å benytte måledata av levoglucosan fra den tidligere nevnte undersøkelsen i Elverum. Disse målingene ble utført i et boligområde med lite biltrafikk og der vedfyring var den absolutt viktigste kilden til svevestøv. I dette studiet ble det funnet en høy grad av samvariasjon mellom konsentrasjoner av levoglucosan og PM₁₀, og at andelen av PM₁₀ fra andre kilder syntes å være svært liten. Resultatene fra Elverum ga en vektandel av levoglucosan på 2,6 % i den delen av PM₁₀ som med stor sannsynlighet skyldes vedfyring.

6.6 Levoglucosan i PM_{2,5}

Figur 18–Figur 21 viser tidsvariasjonen av levoglucosan og PM i finfraksjonen for de ulike stasjonene både for dag- og kveld/nattprøver. Ved Rv4 er det bare tatt dagprøver, mens det ved Glitre er tatt prøver over ett eller to døgn (helg). Legg merke til de ulike aksene i plottene. Aksene er valgt slik at dersom kurvene er sammenfallende, er andelen av levoglucosan 1% av PM-verdien.

Figurene viser at konsentrasjonene av levoglucosan, og dermed bidraget av partikler fra vedfyring til PM, var størst i første halvdel av måleperioden på alle målestasjonene. De høyeste konsentrasjonene av levoglucosan ble målt i slutten av januar og midt i februar 2004. For de mest belastede prøvene utgjorde levoglucosan da 1-1,8 % av PM_{2,5}. Det var en tendens til litt høyere andel levoglucosan på kveld/natt- enn på dagprøvene, men forskjellen var liten. Dette viser at det foregår en god del vedfyring også på dagtid i Oslo vinterstid. Fra ca. midt i mars 2004 og utover økte temperaturen så mye at fyringsbehovet ble betydelig redusert (se også avsnitt 7.4). Figuren for Rv4 (Figur 20) viser dette forholdet tydeligst.

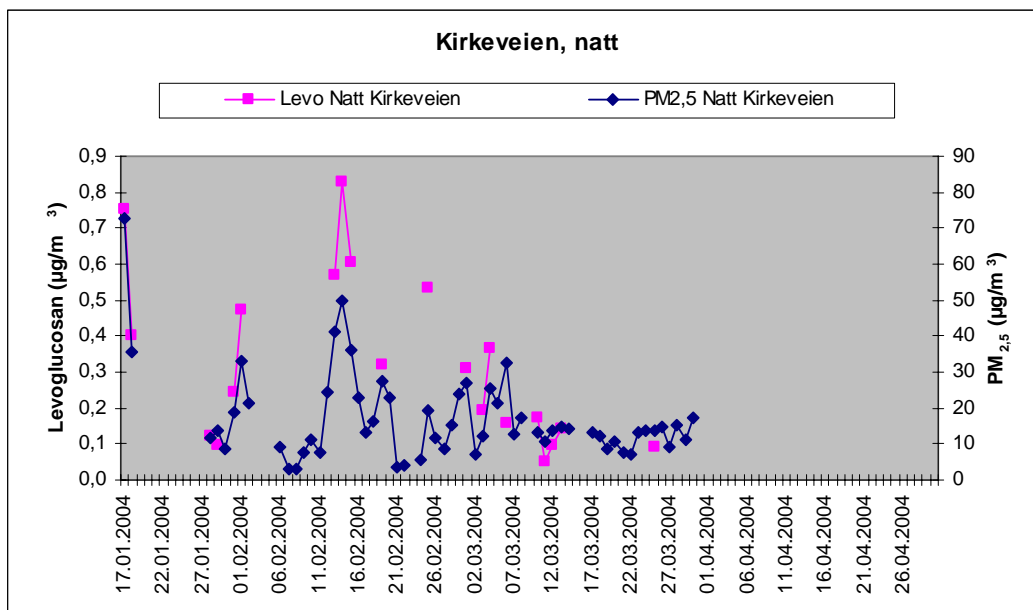
Figur 22 viser et sammendrag av alle måledata for levoglucosan fordelt på natt og dag. Dataene for Glitre er for døgnprøver. Prøvene fra Glitre viste gjennomgående klart lavere nivåer av levoglucosan enn Oslo-prøvene og er derfor mindre påvirket av lokale utslipp fra vedfyring. Levoglucosankonsentrasjonen var i februar og i begynnelsen av mars gjennomgående høyere i kveld/natt-prøvene i

dagprøvene. Dette kan være en effekt av mer vedfyring på kveldstid, eller dårligere spredningsforhold på kveldstid, eller en kombinasjon av begge deler. Fra midten av mars og ut måleperioden var konsentrasjonene av levoglucosan klart redusert på alle stasjoner.

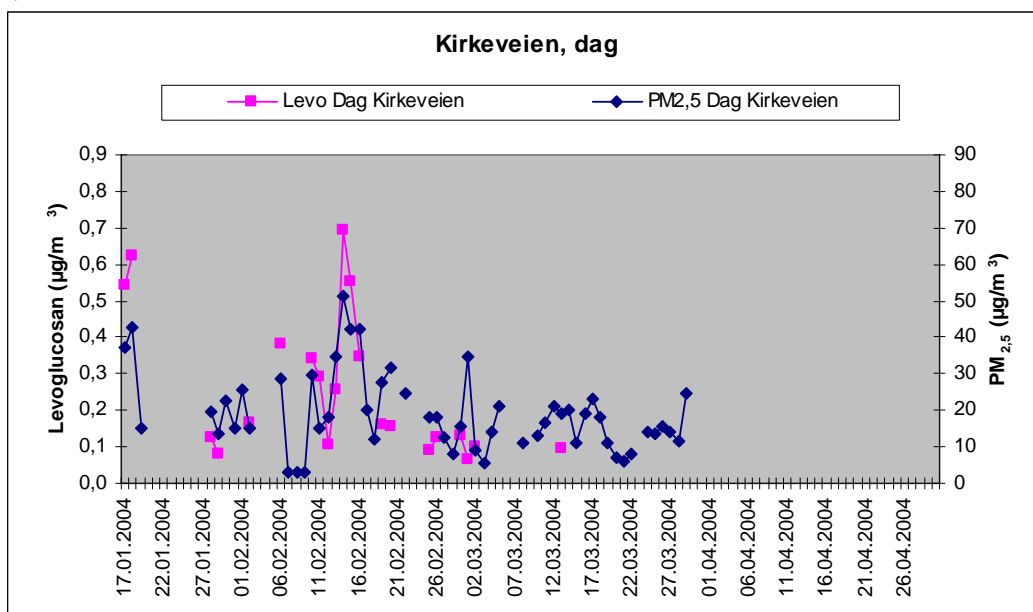
Figur 23 viser sammenhengen mellom levoglucosan og $PM_{2,5}$ for samtlige prøver fra stasjonene Kirkeveien og Sofienbergparken. Det er en klar sammenheng mellom levoglucosan og $PM_{2,5}$. Ved konsentrasjoner av levoglucosan over $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, utgjør levoglucosan i gjennomsnitt vel 1,5 % av $PM_{2,5}$. Ved så høye konsentrasjoner av levoglucosan er samvariasjonen mellom $PM_{2,5}$ og levoglucosan god, som indikerer at vedfyring er en betydelig kilde til $PM_{2,5}$. Ved lavere konsentrasjoner av levoglucosan varierer konsentrasjonen av PM relativt mye, og ved høye $PM_{2,5}$ -konsentrasjoner her er derfor andre kilder enn vedfyring mest dominerende. Dette kan være eksempelvis eksospartikler og veistøv.

Regresjonslinjen i Figur 23 skjærer y-aksen ved ca $10,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, som representerer konsentrasjoner av $PM_{2,5}$ når det ikke er vedfyring (dvs. ved null levoglucosan). Regresjonskoeffisienten gir at andelen levoglucosan i økningen i $PM_{2,5}$ over dette "bakgrunnsnivået" er 2,0-2,1 %. Dette er noe lavere enn forholdet fra Elverum, men tyder på at også i Oslo er vedfyringen hovedkilden til økningen i $PM_{2,5}$ når levoglucosan øker.

a)

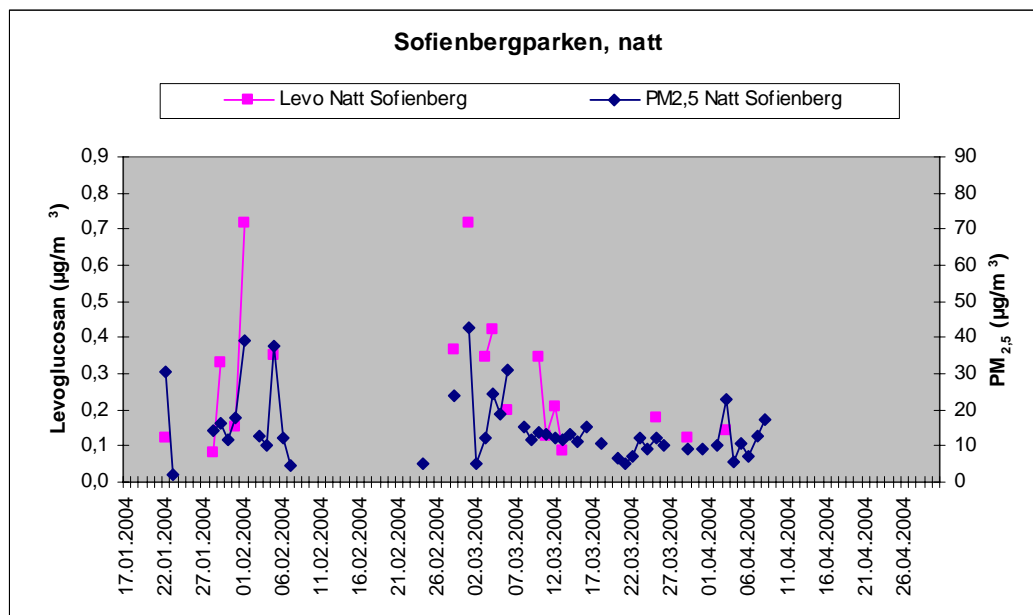


b)

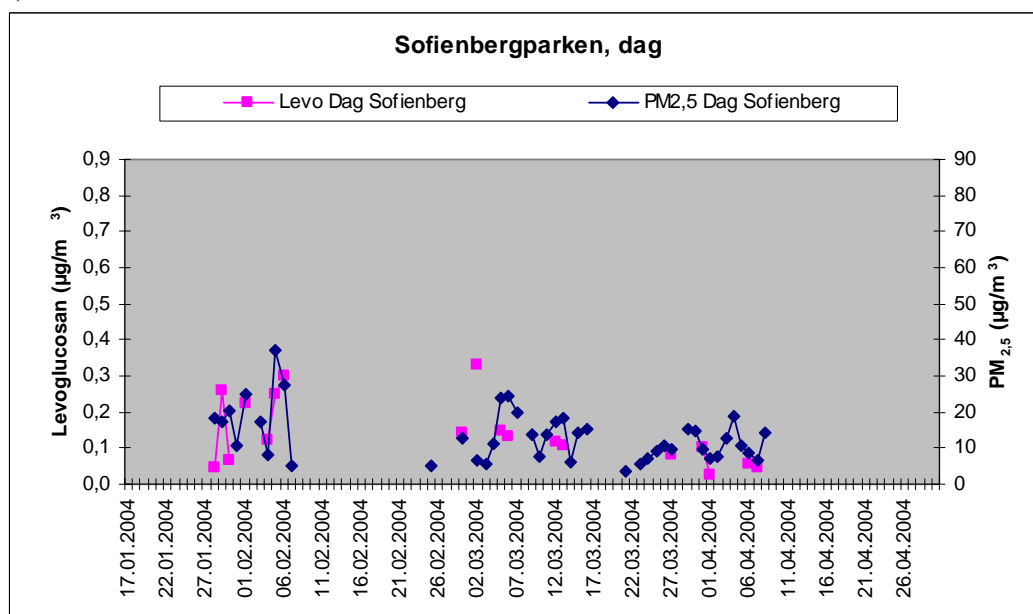


Figur 18: Levoglucosan i $PM_{2,5}$ og $PM_{2,5}$ i Kirkeveien om natta (a) og dagen (b) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Nattprøvene dekker tidsrommet kl 18-06, mens dagprøvene dekker tidsrommet kl 06-18.

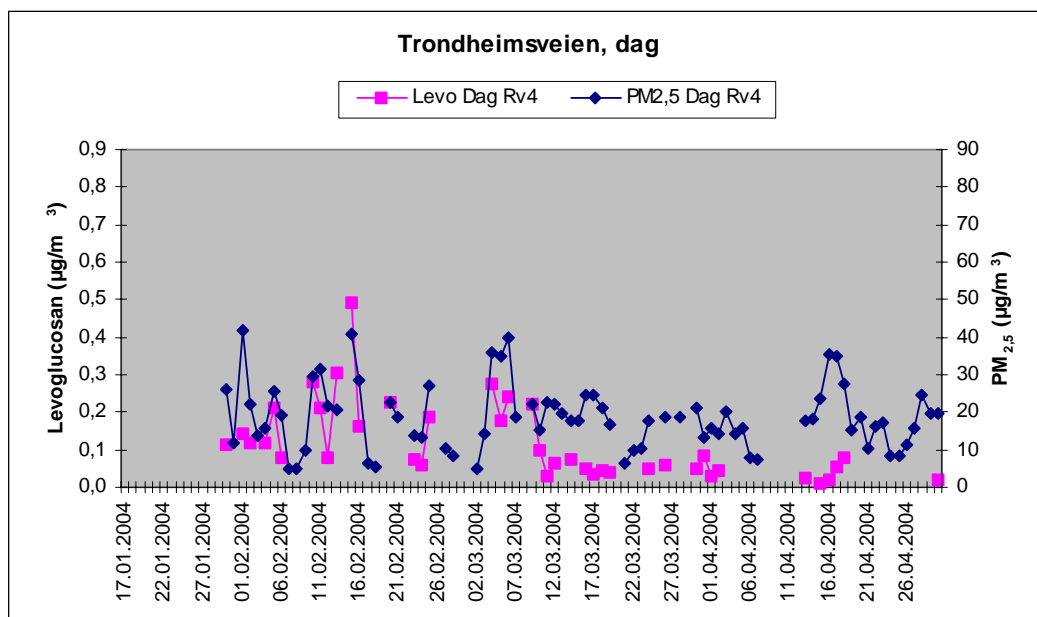
a)



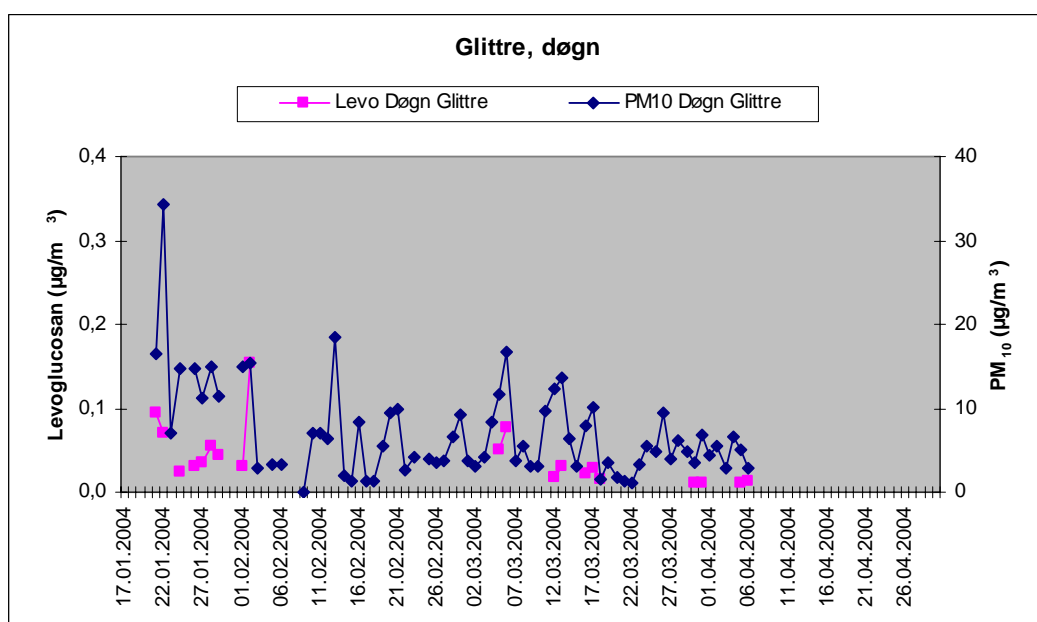
b)



Figur 19: Levoglucosan i PM_{2,5} og PM_{2,5} i Sofienbergparken om natta (a) og dagen (b) (µg/m³). Nattprøvene dekker tidsrommet kl 18-06, mens dagprøvene dekker tidsrommet kl 06-18.

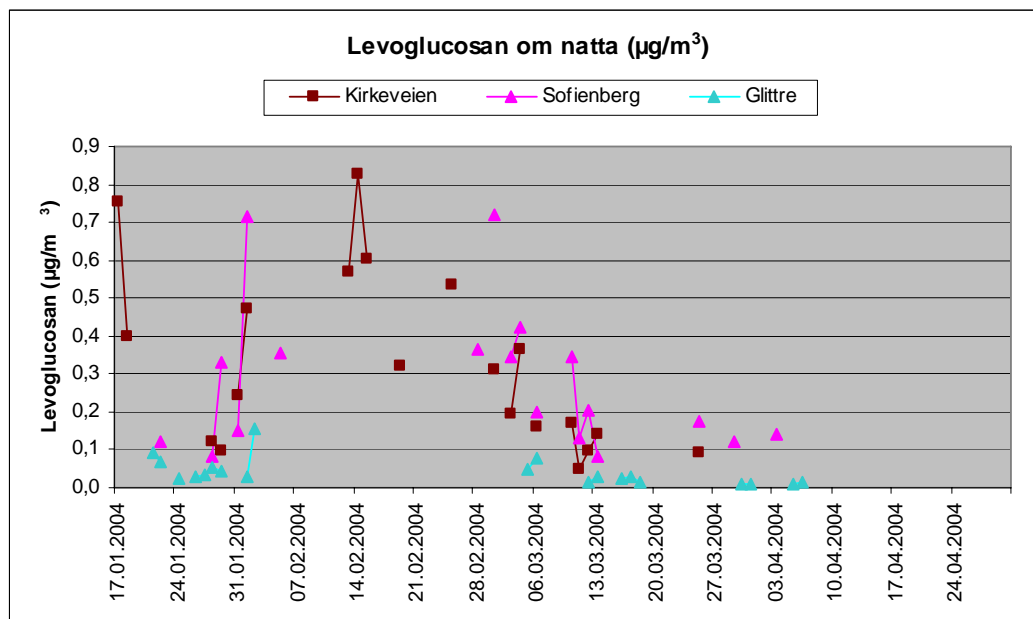


Figur 20: Levoglucosan i PM_{2,5} og PM_{2,5} på Rv4 dagen (µg/m³). Prøvene dekker tidsrommet kl 10-22.

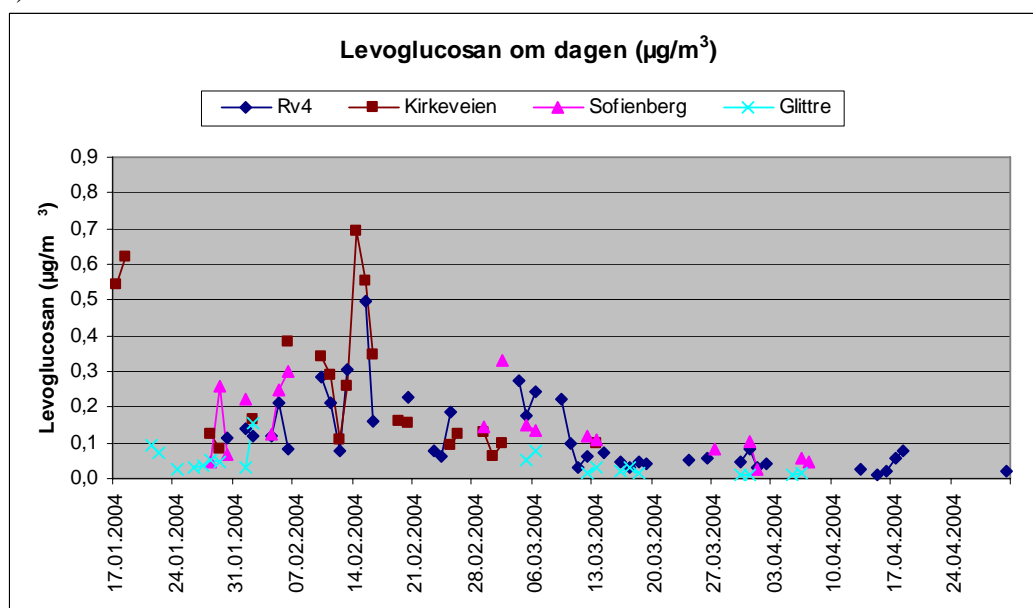


Figur 21: Levoglucosan i PM₁₀ og PM₁₀ på Glittre (µg/m³). Prøvene dekker tidsrommet kl 06-06 (døgnprøver), unntatt i helgene, da det er tatt prøver over to døgn.

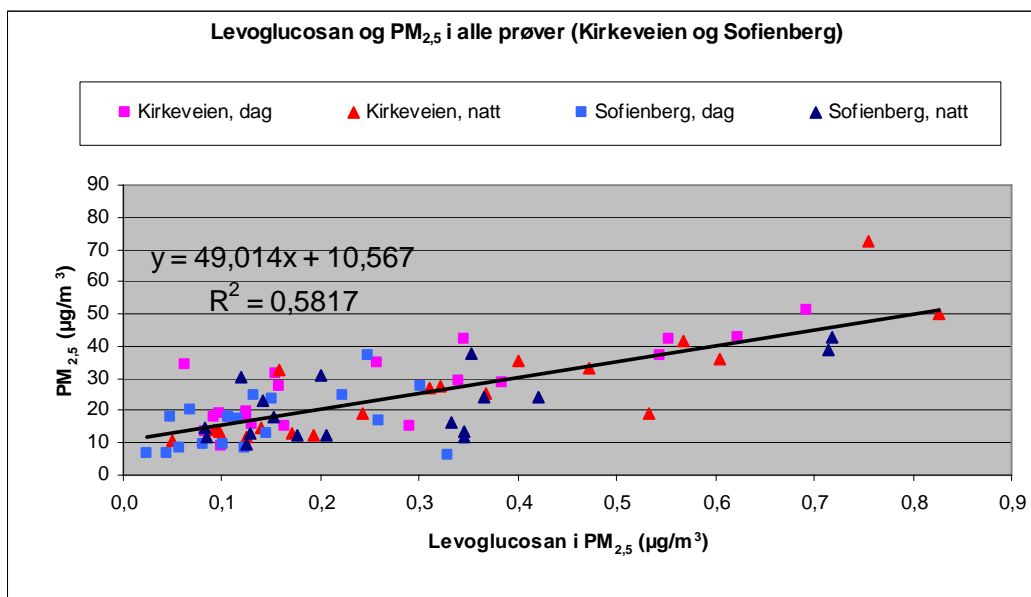
a)



b)



Figur 22: Levoglucosan i $\text{PM}_{2.5}$ i Kirkeveien, i Sofienbergparken, ved Rv4 og på Glittre (PM_{10}) om natta (a) og dagen (b) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Nattprøvene dekker tidsrommet kl 18-06, mens dagprøvene dekker tidsrommet kl 06-18. Prøvene fra Glittre dekker døgnet fra kl 06 til neste døgn kl 06 (to døgn i helgene). Dagprøvene fra Rv4 er tatt i tidsrommet kl 10-22.



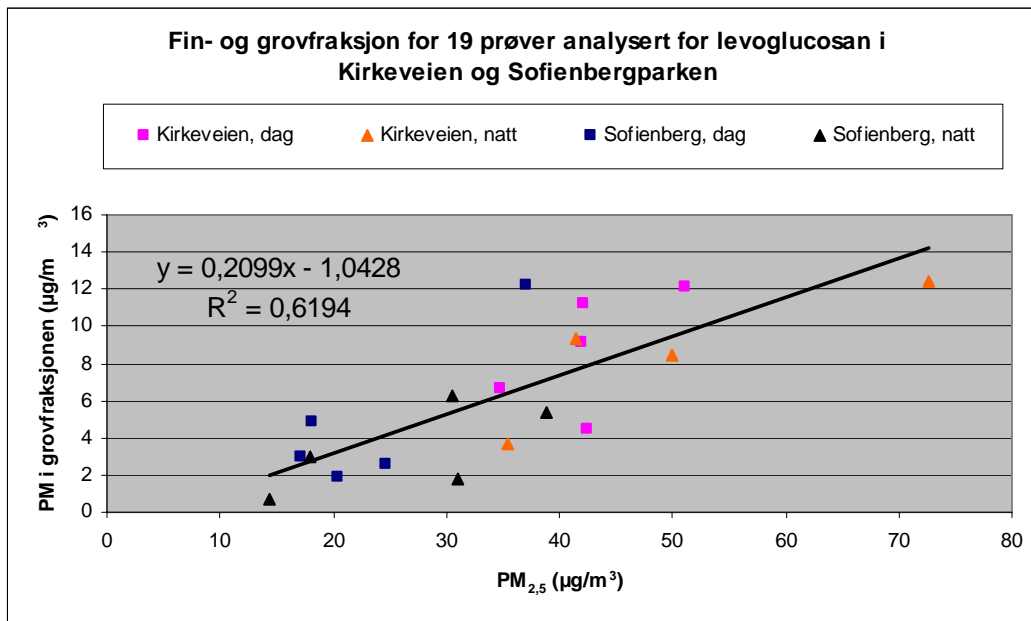
Figur 23: Samvariasjon mellom levoglucosan og PM_{2,5} i Kirkeveien, og Sofienbergveien (µg/m³).

6.7 Levoglucosan i grovfraksjonen og i PM₁₀

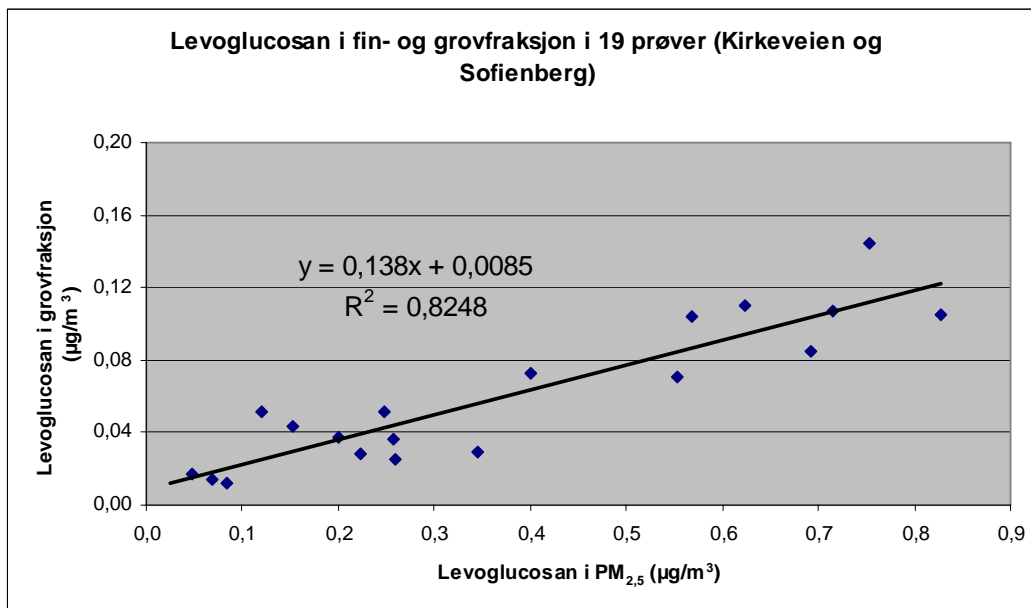
Figur 24 viser i fin- og grovfraksjonen samvariasjonen av PM og levoglucosan (LG) for 19 samhørende prøver i Kirkeveien og Sofienbergparken. Det er svært god korrelasjon mellom LG i grov- og finfraksjonen. Disse prøvene ble valgt ut slik at det kunne antas at bidraget til PM fra veistøv ville være lite (C-prøver). Den relativt gode samvariasjonen i Figur 24a mellom fin- og grovfraksjonen av PM i disse prøvene bekrefter dette. Samtidig viser Figur 25 for disse 19 prøvene at andelen som LG utgjør av PM-økningen når det er vedfyring (og dermed LG-verdier) er hhv. 2,1% og 1,6% for fin- og grovfraksjon, og 2,0% for PM₁₀ (summen av fin og grov). Spredningen er relativ stor for grovfraksjonen, og dette skyldes sannsynligvis mest at det er en viss andel fra veistøv i noen av disse prøvene. Likevel er det klart at det er svært god samvariasjon mellom LG i fin- og grovfraksjonen (Figur 24b). LG av økningen i PM₁₀, 2,0%, ligger noe lavere enn det en fant i Elverum, 2,6%. Mye av økningen i PM i Oslo, når LG øker, skyldes vedfyringsutslipp, men i motsetning til i Elverum er det også andre kilder som bidrar til denne økningen i PM.

Den gode samvariasjonen i Figur 24b gir grunnlag for å anslå at 12-13% av PM-massen i utslippet fra vedfyring i Oslo ligger i grovfraksjonen av PM₁₀ (PM_{2,5-10}), mens 87-88% er i finfraksjonen, for disse 19 prøvene. En forutsetter da at andelen av levoglucosan er den samme både i fin- og grovfraksjonen av PM i vedfyringsutslipp. Dette har det foreløpig ikke vært mulig å etterprøve i PM-utslippsprøvene fra Borås. Fordelingen av partikkelmassen i disse prøvene viser imidlertid at ca 7% av PM₁₀-massen var i grovfraksjonen, hvilket er noe lavere enn anslaget overfor som kunne gjøres fra LG-analysene i PM-prøvene fra luft.

a)

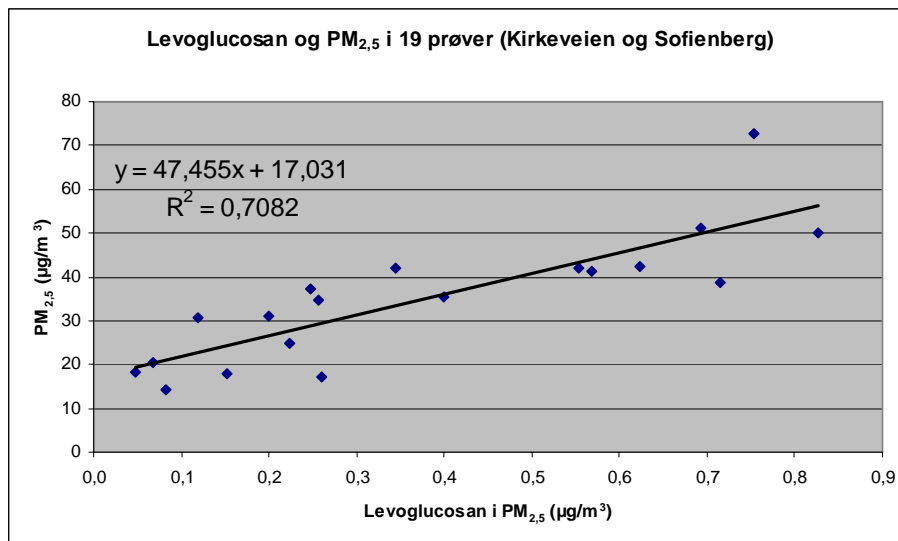


b)

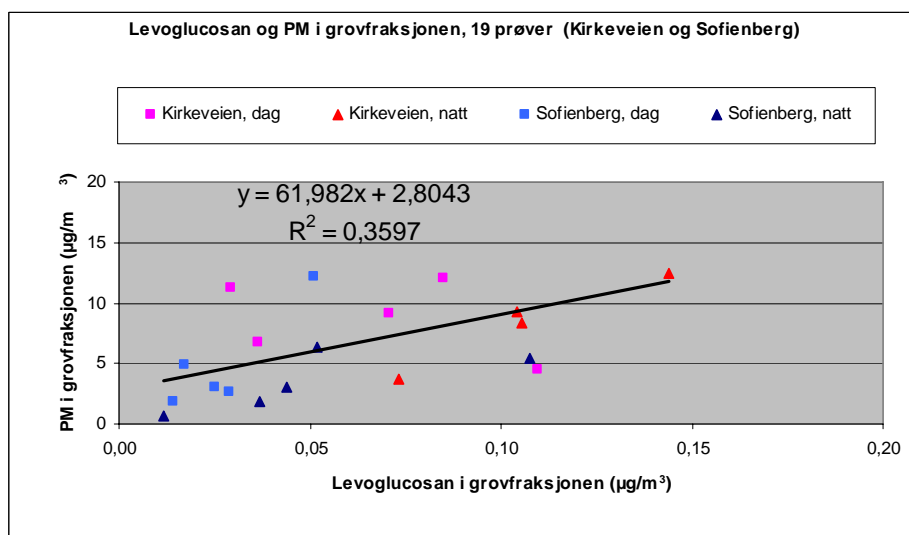


Figur 24: Samvariasjon mellom fin- og grovfraksjon av PM (a) og LG (b), 19 prøver fra Kirkeveien og Sofienbergparken.

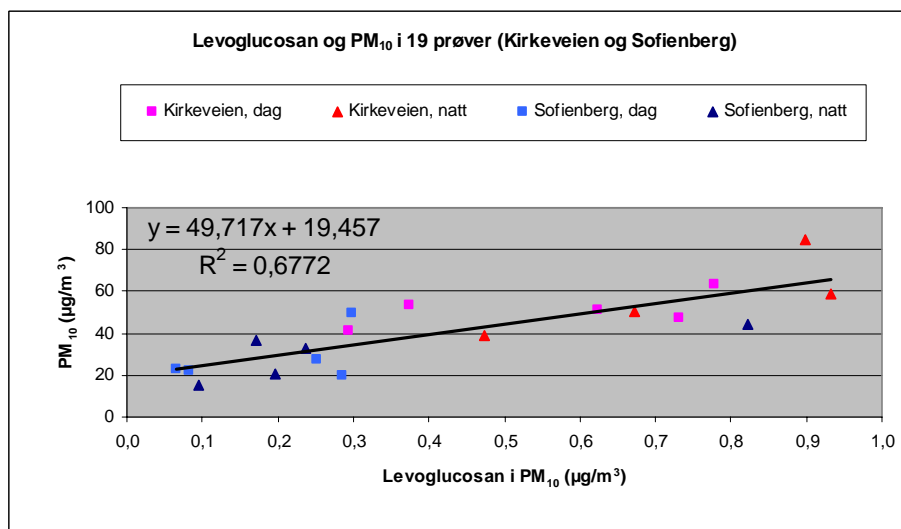
a)



b)



c)



Figur 25: Samvariasjon mellom LG og PM i fin- og grovfraksjonen, 19 prøver fra Kirkeveien og Sofienbergparken.

7 Beregnet bidrag fra vedfyring til PM-konsentrasjoner i Oslo

7.1 Vedfyringsbidrag til PM_{2,5}

Bidrag til PM_{2,5} fra vedfyring i Oslo er beregnet ut fra konsentrasjonene av levoglucosan på målestasjonene i Kirkeveien, Sofienbergparken og ved Rv4, Trondheimsveien, og at levoglucosan utgjør 2,6% av PM-massen fra vedfyring, som bestemt fra Elverum-målingene (Yttri et al., 2005). Målingene i Oslo understøtter dette (kap. 6.7, side 47).

Vedfyringsbidraget er vist i Figurene 26-29, for dag og kveld/nattprøver. Ved Rv4, Trondheimsveien er det bare tatt dagprøver, mens det på Glittre bare ble tatt døgnprøver. Korrelasjonskoeffisienten (R) mellom målt PM_{2,5} og beregnet vedfyringsbidrag er høy for Kirkeveien (0,86 for nattprøvene og 0,79 for dagprøvene), som viser at variasjonen i vedfyringsbidraget forklarer mye av variasjonen i PM_{2,5}. Korrelasjonen er vesentlig dårligere for de andre stedene. Der forklarer variasjonen i vedfyringsbidraget mindre, noen steder vesentlig mindre enn 50% av PM_{2,5}-variasjonen.

PM_{2,5}-konsentrasjonen der regresjonslinjene skjærer y-aksen angir PM_{2,5}-bidraget fra andre kilder enn vedfyring. Dette bidraget er ca. 7 µg/m³ i Kirkeveien i kveld/nattprøver, noe høyere i Sofienbergparken. Om dagen får gatestasjonen i Kirkeveien et økt bidrag på ca 8 µg/m³ fra trafikken der om dagen. Ved Rv4 er dette enda høyere, fordi trafikken der er større enn i Kirkeveien.

Bidrag fra vedfyring som gis av Figurene 26-29 er satt opp i Tabell 9.

Figurene viser også at når det fyres med ved, står vedfyringen for 66 – 100% av økningen i målt PM_{2,5} på bystasjonene, noe større i Sofienbergparken enn i Kirkeveien. Vedfyringen er altså ansvarlig for det meste av økningen i PM_{2,5} på bystasjonene, når de meteorologiske forholdene tilsier fyringsbehov. Resten av økningen skyldes at også andre kilders bidrag øker når vedfyringen øker, fordi når fyringsbehovet øker (det er kaldere, svak vind og mer stabil luft) reduseres spredningen av utslipp fra alle kilder.

Tabell 9: Beregnet bidrag fra vedfyring til målte PM_{2,5}-konsentrasjoner.

	Gjennomsnittlig bidrag fra vedfyring til PM _{2,5} , %		Andel av økningen i PM _{2,5} som skyldes vedfyring, når det fyres med ved, %	
	kveld/natt	dag	kveld/natt	dag
Sofienbergparken	50	33	100	95
Kirkeveien	48	37	66	81
Rv4		19		93
Glittre (døgnprøver) (PM ₁₀)	13		36	

I gjennomsnitt utgjorde det beregnede bidraget fra vedfyring rundt 50% av PM_{2,5}-massen på kveld/natt-tid både i Sofienbergparken og Kirkeveien. Om dagen var dette bidraget redusert til ca 35%. På dagtid ved Rv4, Trondheimsveien var

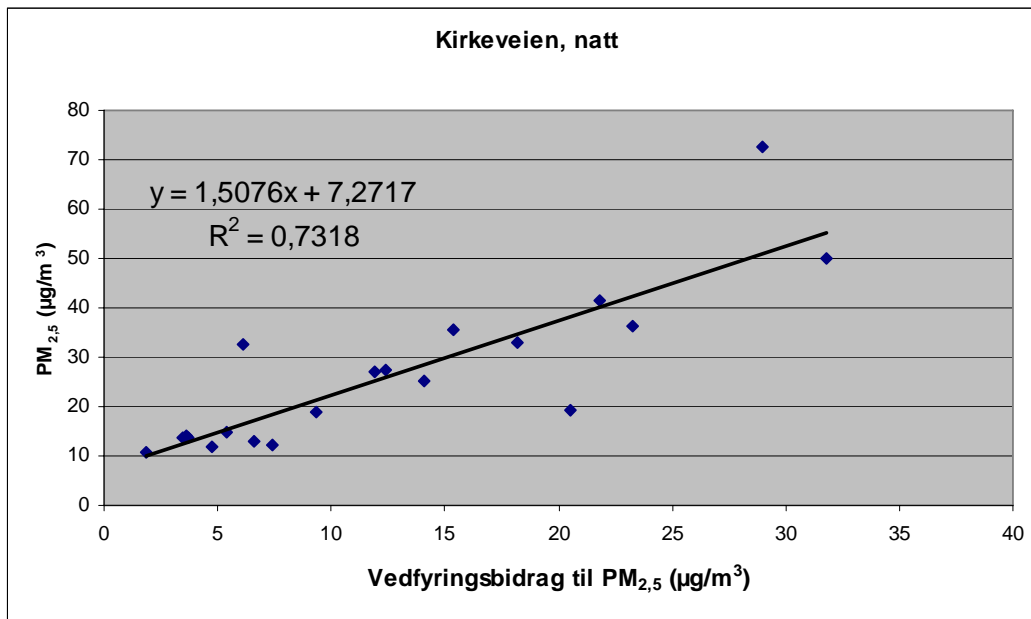
bidraget 19%. Det er lavere enn i Kirkeveien fordi det er et mye større trafikkbidrag på Rv4.

Det relative vedbidraget er like stort i Kirkeveien som i Sofienbergparken. Det betyr at vedfyringsutslippet også absolutt sett er minst like stort i Kirkeveienområdet.

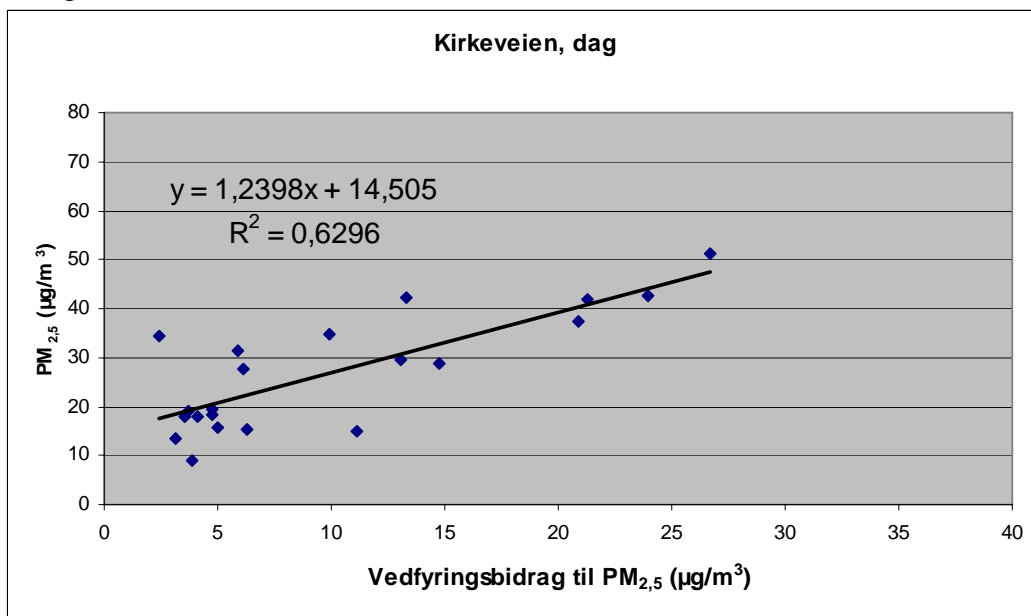
Oppsummerende, på døgnbasis bidro vedfyringen med vel 40% av $PM_{2,5}$ for stasjonene i Kirkeveien og Sofienbergparken for de døgnene/prøvene som er med i analysen (som gitt i Tabell 7 og vist i Figur 18 og Figur 19). Videre sto vedfyringen for 65-100 % av økningen i $PM_{2,5}$ under meteorologiske forhold som tilsier at det er fyringsbehov og vedfyring.

På bakgrunnsstasjonen Glittre var forholdene noe forskjellig fra bystasjonene. I gjennomsnitt bidro vedfyring med 13 % av PM_{10} (som på Glittre regnes å være tilnærmet lik $PM_{2,5}$). Det er få LG-prøver fra Glittre. Figur 8 viser at det på Glittre er en nokså tydelig tendens til økende PM_{10} ved lave temperaturer. Sammenholdt med Figur 29 tyder dette på at mye av vedfyringsbidraget på Glittre er fra lokale og/eller regionale kilder, og at lite kan tilskrives langtransportert luftforurensning.

a) kveld/natt

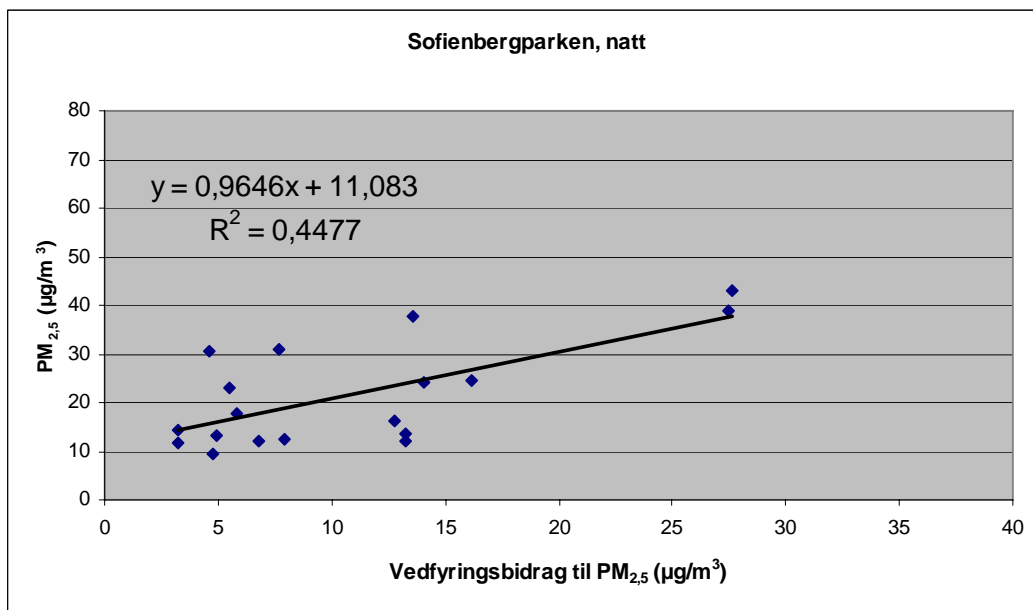


b) dag

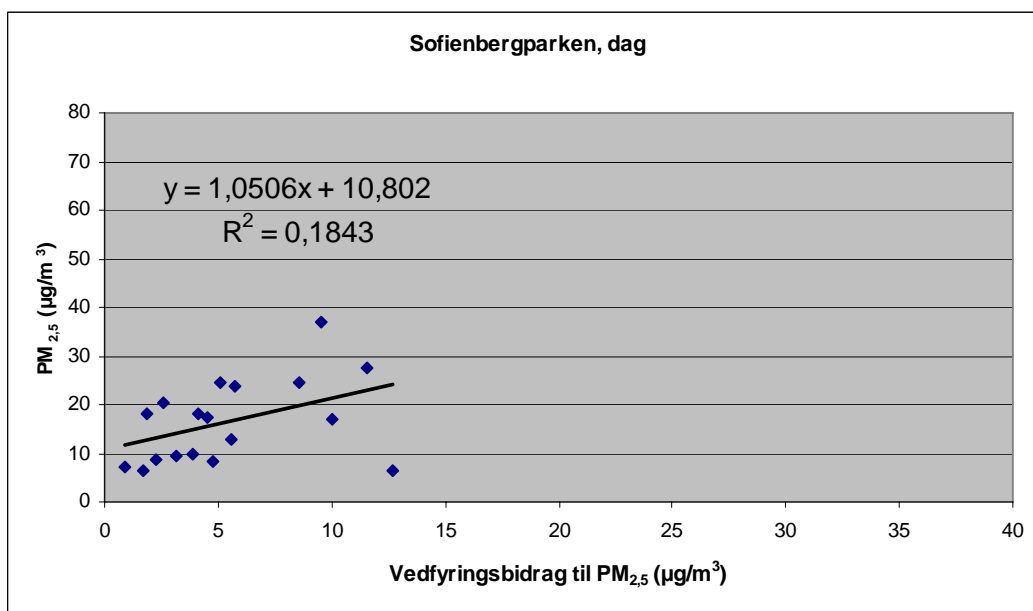


Figur 26: Bidraget fra vedfyring til konsentrasjonen av PM_{2,5} i Kirkeveien (µg/m³).

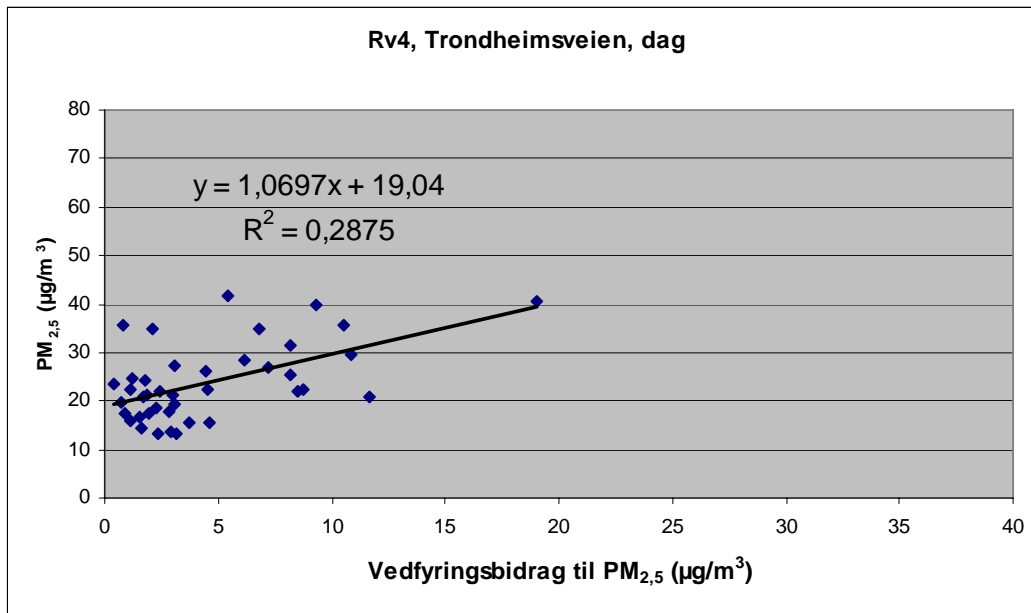
a) kveld/natt



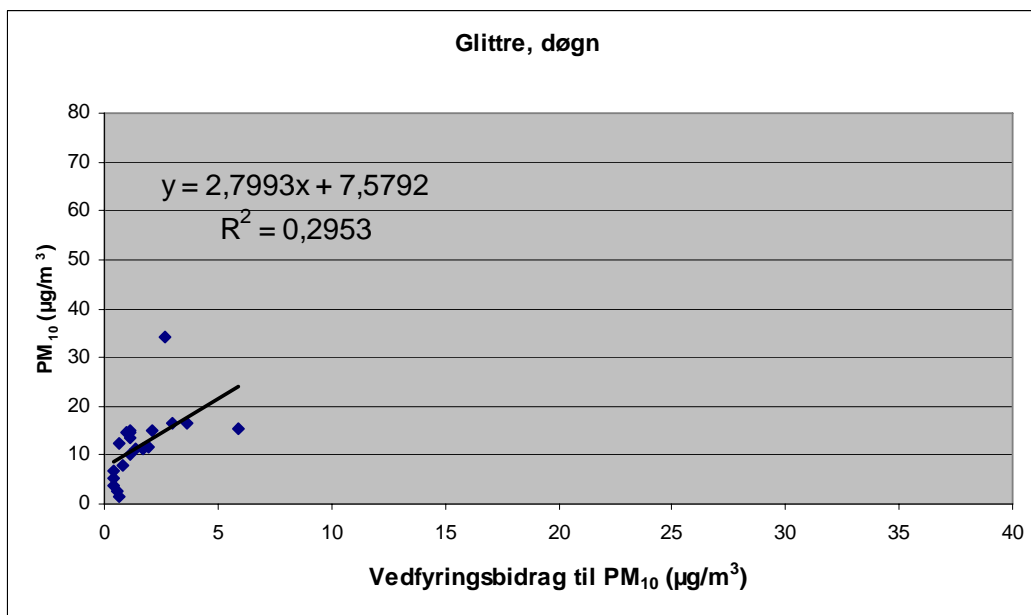
b) dag



Figur 27: Bidraget fra vedfyring til konsentrasjonen av $PM_{2,5}$ i Sofienbergparken ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Figur 28: Bidraget fra vedfyring om dagen til konsentrasjonen av $PM_{2,5}$ ved Rv4, Trondheimsveien ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Figur 29: Bidraget fra vedfyring til konsentrasjonen av PM_{10} på Glitre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

7.2 Vedfyringsbidrag til grovfraksjonen og PM₁₀

Grovfraksjonen

Konklusjonen fra kapittel 7.7 var at andelen av LG i grovfraksjons-prøver med lite veistøvbidrag var ca 1,6%, som er ca. 25% lavere enn andelen i PM_{2,5}, og også en del, ca 40%, lavere enn andelen i PM₁₀ i Elverum-studien. Fra dette kan vedfyringsbidraget til grovfraksjonen anslås. Dette bidraget blir lite i forhold til andre bidrag (hovedsakelig veistøv), når en ser på prøver for alle forhold under ett.

Figur 30 og Figur 31 viser samhørende verdier av hhv. grovfraksjon og PM₁₀ mot PM_{2,5}, for Sofienbergparken og Kirkeveien. Uthevet i rødt er prøvene som også er analysert for LG i grovfraksjonen. Regresjonslinjene for disse prøvene er indikert i figurene. Disse representerer forhold med lite veistøv, som også var kriteriet for å velge dem ut (C-prøver). Figurene viser klart at veistøvet dominerer grovfraksjonen i de fleste andre tilfeller.

Ut fra det materialet som foreligger, kan vedfyringens bidrag til grovfraksjonen, i gjennomsnitt for alle prøver i Figur 30 og Figur 31, estimeres på følgende måte:

1. Regresjonene i Figur 26 og Figur 27 gir at PM_{2,5} fra andre kilder (døgnverdi) er ca. 11 µg/m³ både i Sofienbergparken og i Kirkeveien, og at vedfyringen utgjør ca. 95% og 75% av tillegget, på døgnbasis, når det er fyringsbehov, i hhv. Sofienbergparken og Kirkeveien (Tabell 9).
2. Gjennomsnittsverdien av PM_{2,5}, når denne er over 11 µg/m³ på de to stasjonene (for prøvene i Figur 26-27), tilsvarer da et PM_{2,5}-bidrag fra vedfyring på ca 7,5 µg/m³ og 11,5 µg/m³ for hhv. Sofienberg og Kirkeveien.
3. Vedfyringsbidraget til grovfraksjonen er anslått til ca. 12% av bidraget til PM_{2,5} (kapittel 6.7, Figur 24).

En får da et bidrag fra vedfyring til grovfraksjonen som er ca. 0,9 µg/m³ for Sofienbergparken og ca. 1,4 µg/m³ for Kirkeveien, i gjennomsnitt for alle de prøver som er representert i Figur 26 og Figur 27.

4. Prøvene i Figur 26 og Figur 27 dekker det meste av variasjonsområdet for PM_{2,5} på de to stasjonene. Estimater av vedfyringsbidraget til grovfraksjonen i pkt. 3 er derfor representativt for hele PM-målematerialet som presentert i Figur 30.
5. Det kan da estimeres at vedfyringsbidraget til grovfraksjonen i Sofienbergparken, 0,9 µg/m³, tilsvarer ca. 8% av gjennomsnittlig grovfraksjon i Sofienbergparken (som er 11,9 µg/m³). For Kirkeveien er bidraget på 1,4 µg/m³, som også der tilsvarer ca. 8% (av grovfraksjonen på 17,7 µg/m³).

Dette grove anslaget på 8% bidrag fra vedfyring til grovfraksjonen i Sofienbergparken og Kirkeveien, kan forbedres ved at LG-analyser utføres på et større utvalg av prøvene i Figur 30.

PM₁₀

Det gjennomsnittlige vedfyringsbidraget til PM₁₀ for hele målematerialet (17. januar-8. april) estimeres ut fra bidragene som er beregnet og estimert for hhv. fin- og grovfraksjonen.

Resultatet er presentert i Tabell 10, og viser at vedfyringen bidro med ca. 25% av målt PM₁₀. Andelen var tilnærmet lik for begge målestasjonene. Andelen gjelder for forholdene i måleperioden vinteren 2004.

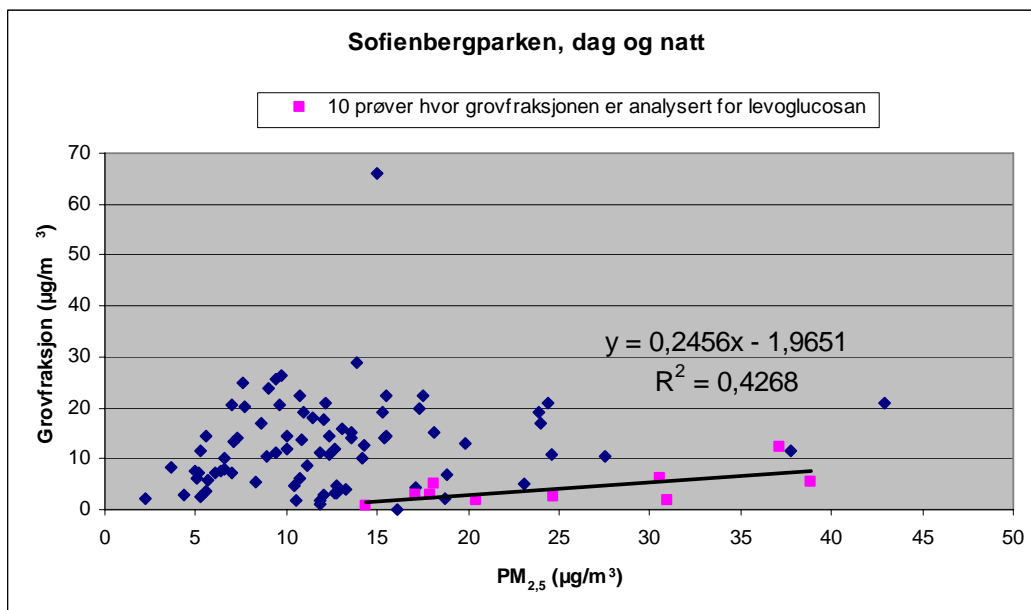
Flere LG-analyser vil forbedre nøyaktigheten i dette anslaget.

Tabell 10: Anslag av gjennomsnittlig bidrag fra vedfyring til PM₁₀-konsentrasjonen for måleperioden vinteren 2004.

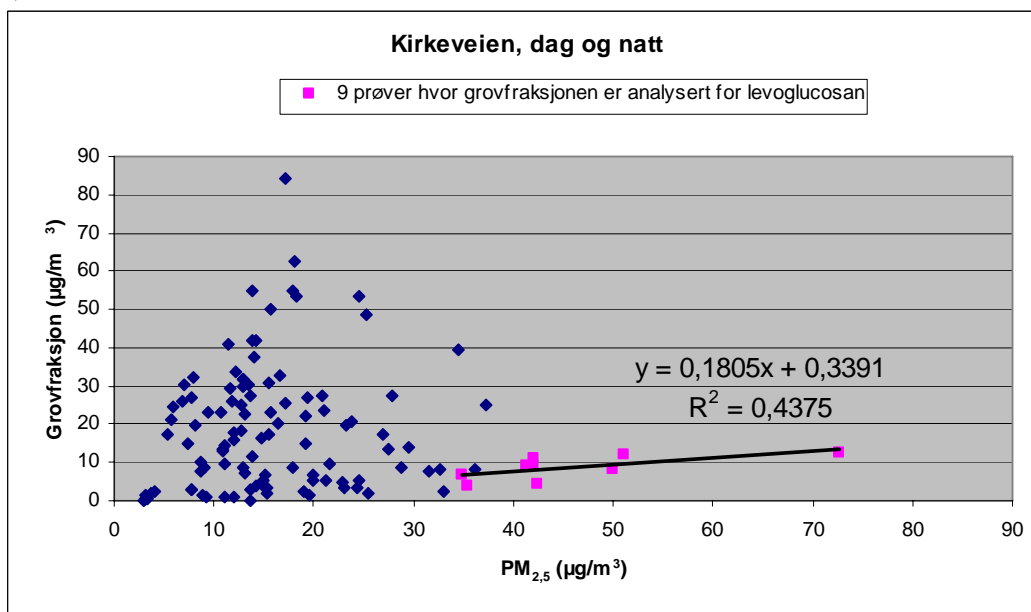
	Sofienbergparken			Kirkeveien		
	PM _{2,5}	Grov	PM ₁₀	PM _{2,5}	Grov	PM ₁₀
Målt PM (µg/m ³)	14,0	11,9	25,9	18,0	17,7	35,7
Vedfyringsbidrag på døgnbasis:						
%	41 ¹	8		42 ¹	8	
µg/m ³	5,7	0,9	6,6	7,4	1,4	8,8
Vedfyringsbidrag til PM ₁₀ , %			25,5			24,5

¹ Gjennomsnitt for dag og kveld/natt.

a)

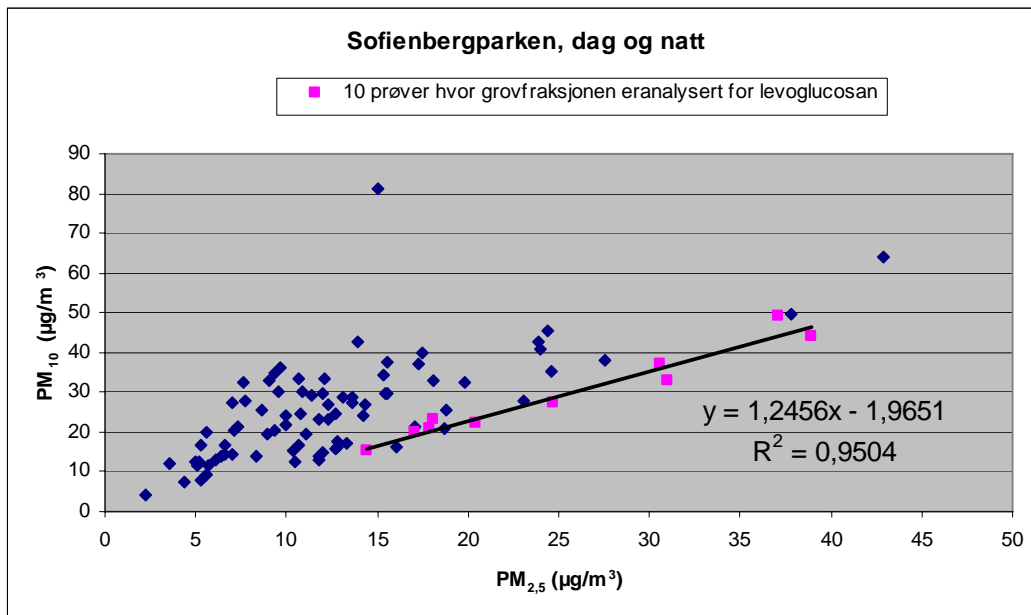


b)

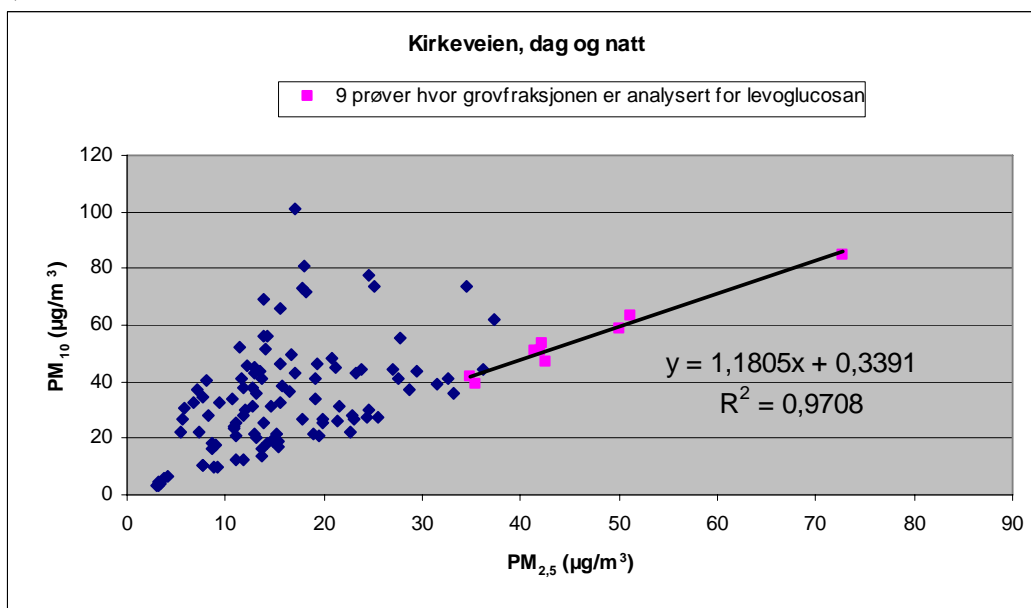


Figur 30: Samhørende verdier av $\text{PM}_{2,5}$, og grovfraksjonen av PM_{10} , dag- og kveld/natt-prøver, a) Sofienbergparken og b) Kirkeveien

a)



b)



Figur 31: Samhørende verdier av $PM_{2,5}$ og PM_{10} , dag- og kveld/natt-prøver, a) Sofienbergparken og b) Kirkeveien

8 Sammenligning av vedfyringsbidrag til PM i utslipp og i konsentrasjoner i luft i Oslo

Tabell 11 viser bidrag fra ulike kilder til utslipp av PM i Oslo kommune for 2003, basert på data fra Statistisk sentralbyrå (SSB). SSBs utslippstall for hele året er grunnlag for estimatet for utslippet i vinterhalvåret, ved at vinterutslippet er estimert til 50% av årsutslippet, bortsett fra for vedfyring og vegstøv/dekkslitasje, der hele utslippet er lagt til vinterhalvåret. (Vegstøvbidraget dominerer over dekkslitasjebidraget.)

Tabell 11: Bidrag fra de største kilder til utslipp av PM i Oslo.

	År (SSB, 2005)		Vinter (estimert)	
	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}
Utslipp totalt, tonn	904	692	710	564
Bidrag fra kildesektorer i %				
- Stasjonær forbrenning, private husholdninger (vedfyring)	47,3	61,1	60,3	75,0
- Industri	16,0	3,8	10,2	2,3
- Bilavgasser	15,5	19,3	9,8	11,9
- Vegstøv og dekkslitasje	12,1	4,9	15,4	6,0

Utslippstallene gir altså at bidragene om vinteren til PM₁₀ fra hhv. vedfyring, vegstøv og bileksos er hhv. 60%, 15% og 10%. Tilsvarende bidrag til PM_{2,5} er 75%, 6% og 12%.

Disse bidragene gjelder Oslo kommune som helhet. Til sammenligning gir analysene fra konsentrasjonsmålingene i luft at vedfyringen står for ca. 40% av PM_{2,5}-konsentrasjonen og ca 25% av PM₁₀-konsentrasjonen, både i Sofienbergparken (bybakgrunn i Oslo sentrum) og i Kirkeveien (ca 23 000 biler/ døgn, gate i område med mye vedfyring). På Rv4-stasjonen (ca 43 000 biler/døgn, vei i område med relativt lite vedfyring) var vedfyringsbidraget mindre, ca 20% til PM_{2,5} på dagtid, anslått 25% på døgnbasis.

Vedfyringsbidraget til PM i luft i sentrumsområdet i Oslo er altså betydelig lavere enn vedfyringens bidrag til det beregnede utslippet for Oslo kommune som helhet. Dette skyldes dels at utslippet fra vedfyring slippes ut i større høyde enn utslippet knyttet til biltrafikken og får derved større spredning. Dels kan det skyldes fordelingen av utslippet over kommunen, ved at vedfyringsutslippet i større grad enn bilutslippet skjer utenfor sentrumsområdet. Studie av ulike kilders bidrag til PM i luft ved hjelp av spredningsberegninger vil kaste mer lys over dette forholdet.

9 Oppsummering

- Måleperioden fra midten av januar til slutten av mars 2004 var gjennomgående en del mildere enn normalt. Det er rimelig å anta at anslag for vedfyringens bidrag til PM en kommer fram til basert på målingene i denne perioden vil være et lavt estimat for bidraget under mer normale og kaldere vinterperioder, da forbruket av ved til fyring antas å være høyere.
- Resultatene av PM_{2,5}- og PM₁₀-målingene ga variasjoner som er typiske for PM-forurensningen i Oslo, med stor grovfraksjon når det er tørt, samt episoder med høy PM_{2,5}-konsentrasjon. En normal vinterperiode ville typisk gitt noe hyppigere episoder, og også noen med høyere PM-forurensning.
- PM_{2,5} var i snitt bare 15% høyere på dagtid i Kirkeveien enn i Sofienbergparken. Bileksos-partiklene fra trafikken i Kirkeveien selv, dominerer altså ikke PM_{2,5}-massen der. På kveld/natt-tid var PM_{2,5}-nivået likt på de to stasjonene. Det er kjent fra utslippsoversikter for Oslo at det er mye vedfyring også i området der Kirkevei-stasjonen er plassert.
- Grovfraksjonen var, som ventet, mye høyere i Kirkeveien enn i Sofienbergparken (4 ganger høyere på dagtid) pga. veistøvbidraget der.
- Levoglucosan ble brukt som sporstoff for partikler (PM) fra vedfyring. Levoglucosan (LG) er spesifikt sporstoff for forbrenningsprodukter av cellulose. Resultater fra tidligere målinger i et villaområde i Elverum, samt resultater fra målingene i denne studien, gir et LG-innhold i PM fra vedfyring på ca 2,6 % av PM-massen.
- LG-målingene i PM-prøvene fra Oslo tyder på at ca. 12% av PM₁₀-massen fra vedfyring er i grovfraksjonen (2,5-10 µm), mens utslippsprøvene fra Borås ga et anslag på ca 7%.
- Analyser av LG ble utført på i alt 120 prøver (en firedel av alle filtre) fordelt på PM_{2,5} (flestepå disse) og grovfraksjonen av PM₁₀, dag og kveld/natt-prøver, på de tre stasjonene Kirkeveien (gatestasjon), Sofienbergparken (bybakgrunnsstasjon) og Glitre (regional bakgrunn), utvalgt etter kriterier.
- LG-målingene ga i seg selv ingen tydelig sammenheng med temperatur som entydig peker mot større fyringsbidrag ved de laveste temperaturene. Sammenhengen mellom temperatur og vind bestemmer fyringsbehovet, mens tid på døgnet og året/vinteren på toppen av dette bestemmer omfanget av fyringen. Spredningsforholdene avgjør så hvilken LG- (og PM)-konsentrasjon en får i luften. Målingene ga de høyeste LG-konsentrasjonene ved temperaturer 0 – -5°C når det samtidig var svak vind (0,5-1,5 m/s) og inversjon i det laveste luftlag over byen.

- Når meteorologien gir et vedfyringsbehov i Oslo, viser LG-analysene at økningen i $PM_{2,5}$ som en da får hovedsakelig kommer fra vedfyringen.
- Vedfyringen gir bare et lite tilskudd til grovfraksjonen. Grovfraksjonen totalt sett har liten sammenheng med vedfyringen. I prøver der veistøvbidraget er lite, ser en imidlertid at vedfyringen gir et betydelig bidrag også til grovfraksjonen.

10 Konklusjon

For de meteorologiske forhold som rådet i måleperioden (januar-mars 2004) er bidraget fra vedfyringen til PM i luft beregnet som følger:

- Til $PM_{2,5}$: Ca. 35% på dagtid og nesten 50% kveld/natt-tid. Dette gjelder både Sofienbergparken (bybakgrunn) og Kirkeveien (gate).
- Til grovfraksjonen: Ca. 8% i Sofienbergparken og i Kirkeveien, for hele døgnet.
- Til PM_{10} : Ca. 25% på begge stasjoner på døgnbasis.
- Måleperioden var ca 2°C mildere enn normalt. I normale og kaldere vinterperioder vil vedfyringsbidraget sannsynligvis være større fordi vedforbruket da regnes å øke.
- Konklusjonene over er basert på et begrenset målemateriale. Konklusjonene bør styrkes bla. ved at:
 - Flere LG-analyser foretas.
 - Filtrene analyseres for flere typer sporstoffer for andre kilder, og mer avanserte statistiske analyser foretas (multi-regresjon og hovedkomponentanalyser).
 - Spredningsmodeller kjøres på bakgrunn av det større LG-målematerialet, for å komme nærmere en konklusjon på fyringsomfanget i Oslo, og hvordan vedfyringsbidraget vil endre seg med meteorologiske forhold, teknologiutvikling etc.
- En første sammenligning er gjort mellom beregnet vedfyringsbidrag i utslipp og i PM i luft. Utslippsbidraget til vedfyring vinterstid i Oslo er 60% og 75% til hhv. PM_{10} og $PM_{2,5}$ (beregnet basert på SSBs utslippsoversikt for Oslo kommune som helhet). Bidraget til PM i luft er beregnet til ca. 25% og 40% for hhv. PM_{10} og $PM_{2,5}$, for både bybakgrunnsstasjonen Sofienbergparken og gatestasjonen Kirkeveien, begge lokalisert i sentrumsområdet med en god del vedfyring ifølge utslippsoversikten. Forskjellen i anslagene skyldes dels ulike spredningsforhold for vedfyring i forhold til for vegtrafikken, og sannsynligvis dels

at vedfyringen i Oslo i stor grad skjer utenfor sentrumsområdet. Disse forhold skal studeres nærmere gjennom spredningsberegninger.

11 Referanser

- Charron, A., Harrison, R.M., Moorcroft, S. and Booker, J. (2004) Quantitative interpretation of divergence between PM₁₀ and PM_{2.5} mass measurement by TEOM and gravimetric (Partisol) instruments. *Atmos. Environ.*, 38, 415-423.
- Dye, C. and Yttri, K.E. (2005) Determination of monosaccharide anhydrides in atmospheric aerosols by use of high-resolution mass spectrometry combined with high-performance liquid chromatography. *Anal. Chem.*, 77, 1853-1858.
- Hagen, L.O. (2001) Vedfyring og svevestøv. Målinger i Sofienbergparken i Oslo vinteren 1998/99. Kjeller (NILU OR 36/2001).
- Laupsa, H. (2002) Rikets miljøtilstand 2001. Kjeller (NILU Notat HEL/BKa/O-102022/B. 2. august 2002).
- Laupsa, H., Slørdal, L.H. og Tønnesen, D. (2005) Fremskaffing av faglig grunnlag for revisjon av 1. datterdirektiv, partikler. Kjeller (NILU OR 6/2005).
- Laupsa, H., Tønnesen, D., Krognnes, T., Bruno, M. og Walker, S.E. (2005) Rikets Miljøtilstand 2003. Kjeller (NILU OR 10/2005).
- Norges Standardiseringsforbund (1999) Luftundersøkelse. Bestemmelse av PM₁₀-fraksjonen av svevestøv. Referansemetode og feltprøvningsprosedyre for å bestemme ekvivalensen mellom en målemetode og en referansemetode. Lysaker (Norsk Standard, NS-EN 12341).
- Simoneit, B.R.T., Schauer, J.J., Nolte, C.G., Oros, D.R., Elias, V.O., Fraser, M.P., Rogge, W.F. and Cass, G.R. (1999) Levoglucosan, a tracer for cellulose in biomass burning and atmospheric particles. *Atmos. Environ.*, 33, 173-182.
- Slørdal, L.H. og Larssen, S. (2001) Vedfyring og svevestøv. Beregninger i Oslo vinteren 1998/1999. Kjeller (NILU OR 37/2001).
- Slørdal, L.H., Laupsa, H., Wind, P. and Tarrasón, L. (2004) Local and regional description of particulate matter in Oslo. Oslo, The Norwegian Meteorological Institute (Joint MSC-W & NILU Technical Report 5/04).
- SSB (2005) Statistikkbanken. Emne: 01 Naturressurser og naturmiljø, Tabell: 03535: Utslipp til luft. Klimagasser, forsurende gasser m.m., etter kilde (K). URL: <http://statbank.ssb.no/statistikkbanken/>
- Standard Norge (2006) Luftundersøkelse i uteluft. Metode for gravimetrisk referansemetode for bestemmelse av PM_{2,5}-massefraksjonen i svevestøv. Lysaker (Norsk Standard, NS-EN 14907).

Tønnesen, D. (2003) Veibanedata til forbedring av støvutslippsmodul i AirQUIS. Kjeller (NILU OR 61/2003).

Yttri, K.E., Dye, C., Slørdal, L.H. and Braathen, O.-A. (2005) Quantification of monosaccharide anhydrides by negative electrospray HPLC/HRMS-TOF – Application to aerosol samples from an urban and a suburban site influenced by small scale wood burning. *J. Air Waste Managem. Ass.*, 55, 1169-1177.

Vedlegg A

Detaljbeskrivelse av studien

Detaljbeskrivelse av den foreslåtte studien

Gjennomføringen av studien ble foreslått å omfatte fem hovedområder. Disse er målinger av luftkvalitet, målinger av utslipp fra vedovner, statistiske beregninger ved hjelp av reseptormodeller, spredningsmodellberegninger og rapportering. En kortfattet beskrivelse av disse er gitt nedenfor.

Målinger i luft i Oslo

- Målestasjoner: Bybakgrunnsstasjon i et vedfyringsområde:

Sofienbergparken	
Trafikkeksponert stasjon:	Kirkeveien
Regional bakgrunnsstasjon:	Glittre i Nittedal
Meteorologiske målinger:	Valle Hovin

- Komponenter: PM, NO_x, NO₂. (NO_x-målinger brukes som referansekomponent, der utslipp og kilders bidrag er relativt godt kjent).

- Tidsperiode: Januar-april 2004.

- Målemetoder for PM:

a) Referanse-metode for partikkelprøver: filterprøvetakere for fin- og grovfraksjon av PM₁₀ med tidsoppløsning på 12 timer fordelt på dag og natt (24 timers prøvetaking av PM₁₀ på Glittre).

b) Kontinuerlig PM-måling: timemiddelverdier på to stasjoner (PM_{2,5} og PM₁₀ i Kirkeveien og PM₁₀ i Sofienbergparken).

- Analyser: vekt (partikkelmasse), sporstoffer (levoglucosan og andre utvalgte organiske stoffer), multielementanalyse, EC/OC (elementært/organisk karbon).

Målinger av utslipp fra vedovner

Det er nødvendig å kjenne innholdet av levoglucosan i partikkelutslippet fra vedovner, i forhold til PM-massen. Det vil være gunstig i første omgang å utnytte prøver fra allerede utførte målinger. Senere kan det være behov for å få utført ytterligere utslippsmålinger.

Målinger av PM-utslipp i flere størrelsesklasser er utført på Jøtulovner ved Statens Provningsantalt i Borås, der PM-vekten allerede er målt. Ved SINTEF i Trondheim er det utført en rekke målinger på norske vedovner, men ifølge SINTEF tas filterprøvene ikke generelt vare på.

Kjemiske analyser av PM-prøvene fra Borås utføres ved NILU.

- Omfang: Ovnstyper: Måling på 2 ulike ovnstyper
Antall prøver: i utgangspunktet minst 3 prøver fra hver ovnstype, ved ulike betingelser.

- Analyser: Sporstoffer, EC/OC.

Statistiske beregninger (reseptormodeller)

Analyser av partiklene fra prøver i luft (se 3.1) brukes til beregninger av kildebidrag ved hjelp av statistiske modeller:

Kjemisk massebalanse (CMB): beregning av vedfyrings bidrag via levoglucosan i utslipp og i PM-prøver i luft.

Hovedkomponent-analyser (PCA):

- basert på analyser av partiklene: multielementanalyser, EC/OC, utvalgte organiske forbindelser som er karakteristiske for enkeltkilder (ved, bensin/diesel-biler, veistøv), kjøres PCA-analyser for beregning/estimat av kildebidrag til PM-massen.
- nødvendig antall prøver: minimum 50-60 prøver fra PM i luft, 12-timers-prøver.

Spredningsmodellberegninger

Det utføres beregninger med NILUs spredningsmodell EPISODE, som er brukt for beregninger for Oslo ved et antall tilfeller, f.eks. for beregninger for SFTs "Rikets miljøtilstand"-rapportering for 2001 (Laupsa, 2002) og 2003 (Laupsa et al., 2005; Laupsa, Slørdahl og Tønnesen, 2005).

Beregningsopplegg:

Beregninger utføres i etterkant av vinteren 2003/2004. Beregningene kjøres med AirQUIS₂₀₀₃.

- *Utslippsoversikt:*

Det tas utgangspunkt i den siste oppdaterte utslippsoversikten for Oslo (2002), som benyttes som grunnlag for Tiltaksanalysen i Oslo. Denne er modifisert så langt det er mulig med aktivitets (trafikk)- og forbrukstall, tidsvariasjon og utslippsforbruk for vedfyring, basert på SSBs siste resultater.

- *Stoffer:* PM_{2,5}, PM₁₀, NO_x, NO₂, levoglucosan, evt. andre sporstoffer.

- *Tidsvariasjon av vedfyringsutslipp:*

SSBs siste tidsfunksjoner benyttes.

- *Utslippsfaktorer, vedfyring:*

SSBs siste oppdaterte PM-utslippsfaktorer benyttes, for den aktuelle ovnstype-sammensetningen i Oslo. For levoglucosan benyttes utslippsfaktorer basert på målingene under pkt. 3.2.

- *Beregninger:*

AirQUIS-kjøringene er forberedt i forbindelse med Tiltaksanalyse-arbeidet for Oslo. For dette aktuelle vedfyringsprosjektet tas det utgangspunkt i dette, men meteorologiske data for januar-april 2004 legges inn. Beregninger av konsentrasjon utføres for måleperioden, time-for-time, av NO_x, NO₂ og PM. Beregningene utføres i et rutenett 1x1 km eller 500x500 meter, samt i utvalgte reseptorpunkter (f.eks. målestasjoner).

Analyse av beregningsresultater

- Resultater av beregningene (konsentrasjoner) sammenlignes med måledataene, for PM-fraksjoner, NO_x, NO₂, levoglucosan, evt. andre sporstoffer.
- Sammenligning av resultater fra statistisk analyse (CMB og PCA) med de fra spredningsberegningene.

Rapportering

Delrapporter fra

- målingene i luft og utslipp
- spredningsberegninger
- statistisk analyse

Oppsummeringsrapport med konklusjoner vedrørende kildebidrag, spesielt bidrag fra vedfyring.

Vedlegg B

Sammenlikning av PM i fin- og grovfraksjonen mellom filterprøvetakere (Dicho Partisol og KleinfILTERgerät) og TEOM

Ved måling av PM i luft er det filterprøvetakere som er referansemetode (Standard Norge, 1999; Standard Norge, 2006), da oppsamling av støv på filtre med etterfølgende veiing i laboratoriet anses å gi det mest korrekte bildet av støvforurensningen. Andre metoder kan benyttes dersom disse kan vises å gi overensstemmende resultater enten direkte eller ved hjelp av korrelasjonsfaktorer. I overvåking er det ofte ønskelig å benytte f.eks. TEOM som gir timevise data online.

Sammenlikning av ulike filterprøvetakere og bl.a. TEOM er gjennomført for PM₁₀ i Norge tidligere. Resultatet av disse er at TEOM-verdier i Norge multipliseres med en faktor på 1,1 for å gi best mulig overensstemmelse med filterprøvetakere.

Tilsvarende systematiske sammenlikninger av PM i fin- og grovfraksjonen mellom filterprøvetakere og TEOM er ikke gjennomført i Norge. Derfor viser vi i dette vedlegget slike sammenlikninger fra dette vedfyringsprosjektet (Kirkeveien), fra et pågående vedfyringsprosjekt i Trondheim (Bakke kirke) og fra det tidligere Miljøfartsgrense-prosjektet ved Rv4, Aker sykehus, hvor også bidraget fra vedfyring ble bestemt på grunnlag av analyser av levoglucosan.

Et sammendrag av resultatene fra Kirkeveien og Rv4 i Oslo og fra Bakke kirke i Trondheim er vist i Figur B1–Figur B5. Et sammendrag av de statistiske parametrene er vist i Tabell B1.

Dette er en første beskrivelse av resultater av slike sammenlikninger. NILU vil arbeide videre med dette viktige temaet.

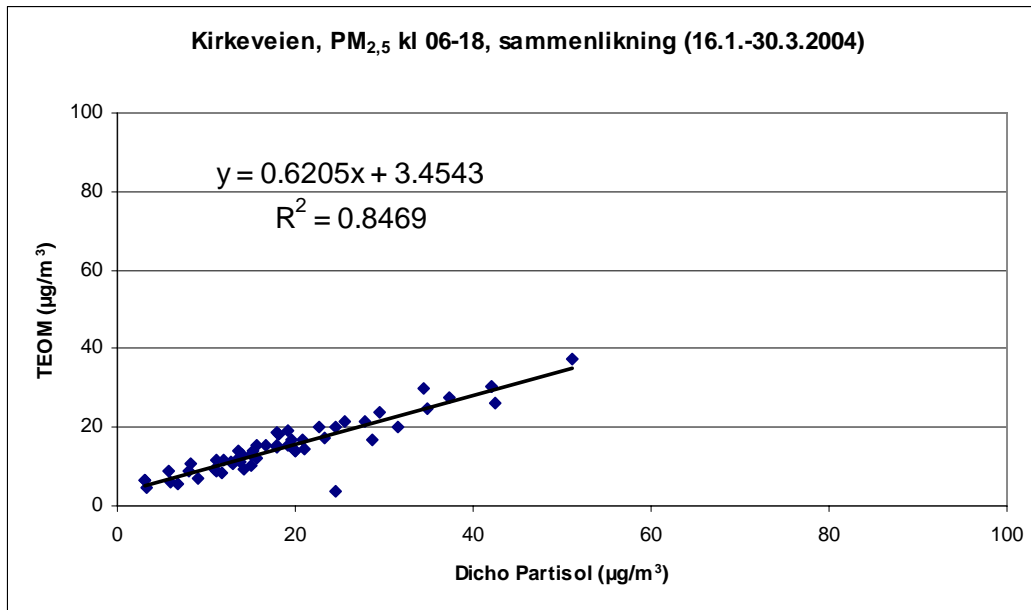
Sammenlikningen viser at TEOM gir omtrent 60% av massen i PM_{2,5}-fraksjonen og at dette forholdet er omtrent det samme både i Kirkeveien, ved Rv4 og ved Bakke kirke. Samvariasjonen mellom TEOM og filterprøvetakere er god ($R^2 = 0,79 - 0,92$ med et gjennomsnitt på 0,86).

Ved målinger med TEOM varmes filteret opp til 50 °C. Dette medfører at en del av organisk karbon (OC) og nitrat mistes. Andre har publisert dette (Charron et al., 2004). Utenlandske undersøkelser legger mest vekt på tap av nitrat, og det finner vi også, spesielt på prøver der det er klart at det er langtransport av forurensning. Men i tillegg må det også være tap av OC.

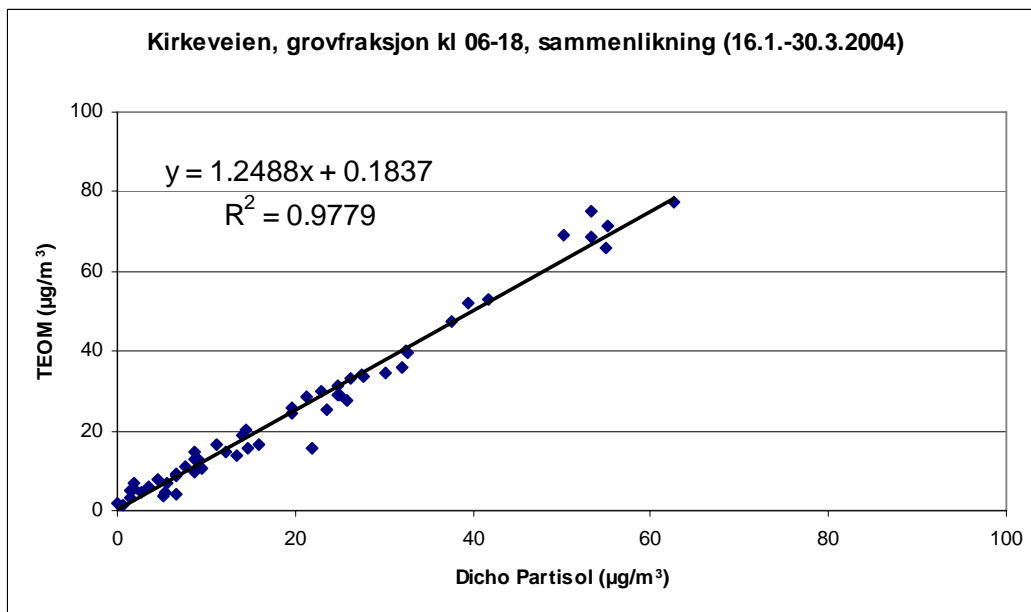
I grovfraksjonen av PM gir TEOM ca 15% høyere konsentrasjon enn filterprøvetakere. Grovfraksjonen kommer fram som differansen mellom målte konsentrasjoner av PM₁₀ og PM_{2,5} ved bruk av TEOM og Kleinfilergerät, mens grovfraksjonen måles direkte med Dicho Partisol. Samvariasjonen mellom TEOM og filterprøvetakere er meget god i grovfraksjonen ($R^2 = 0,95 - 0,98$).

Den store forskjellen i nivå i grovfraksjonen mellom TEOM og Kleinfilergerät ved Rv4 vinteren 2004, skyldes at PM₁₀-dataene fra Kleinfilergerät denne vinteren har vist seg å være ca 30% for lave, sannsynligvis pga. en flowfeil. Korrigeres det for dette blir forholdet mellom TEOM og Kleinfilergerät i grovfraksjonen omtrent det samme på Rv4 de to vintrene (ca. 1,15).

Dette er ment som en første indikasjon på forskjeller mellom filterprøvetakere og TEOM, spesielt at TEOM konsistent gir så lite i finfraksjon i forhold til filterprøvetakerne.



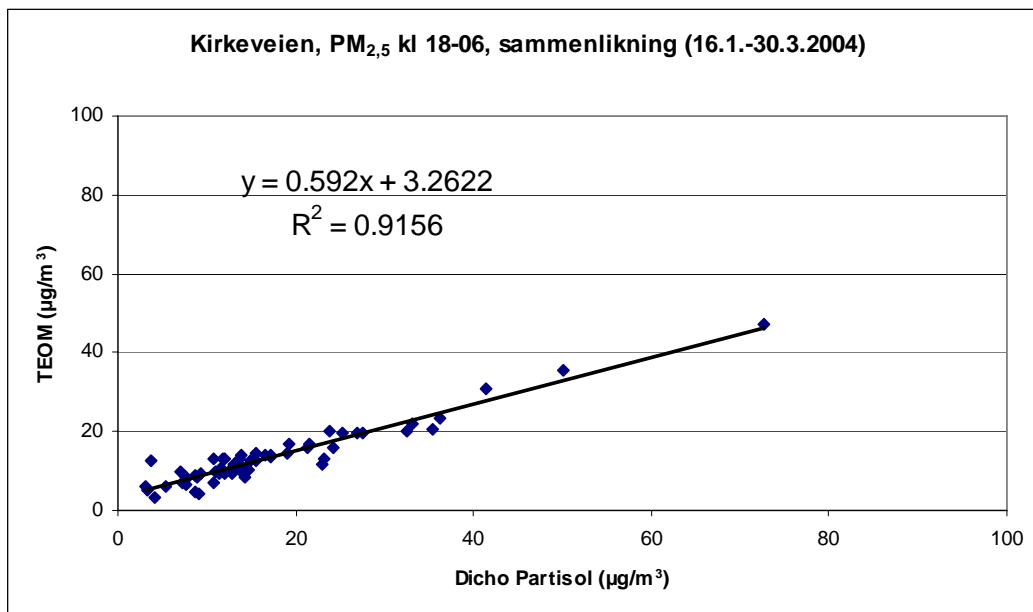
a)



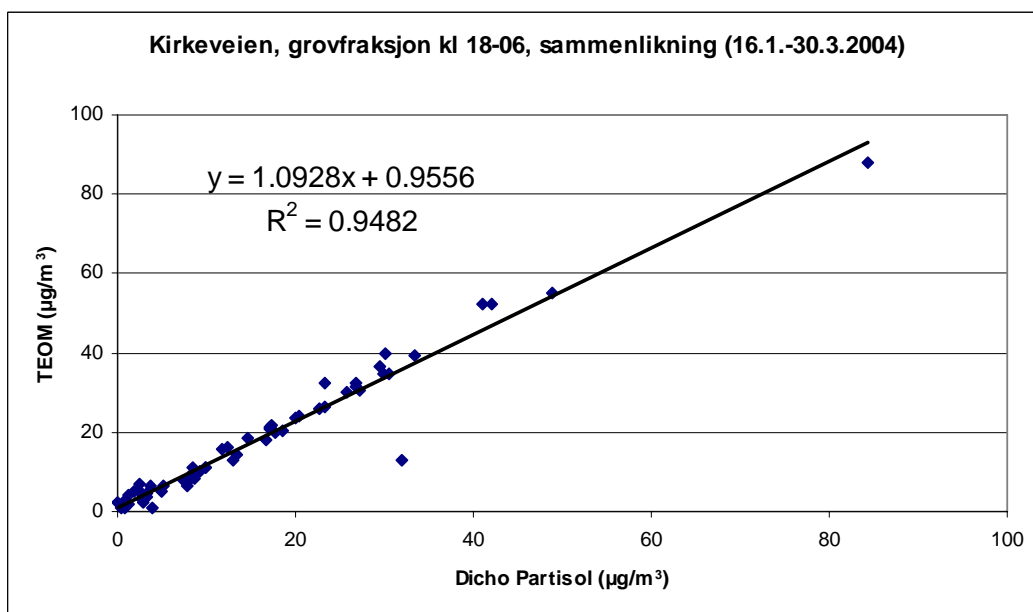
b)

Figur B1: Sammenlikning av 12-timers filterprøver fra Dicho Partisol med beregnede 12-timers middelerdier fra TEOM i Kirkeveien vinteren 2004.

- a) *Dagprøver kl 06-18, PM_{2,5}*
- b) *Dagprøver kl 06-18, grovfraksjon.*

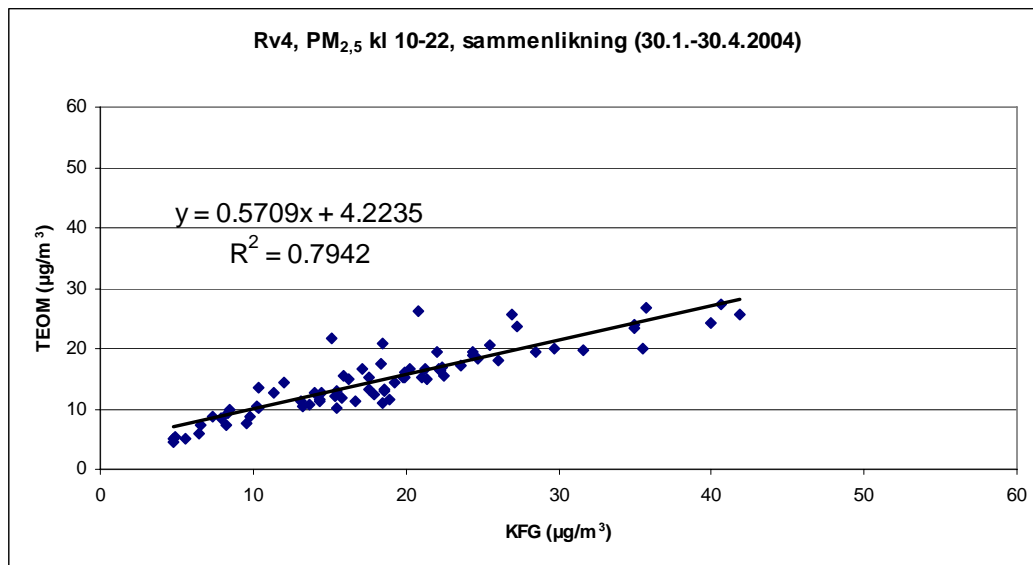


a)

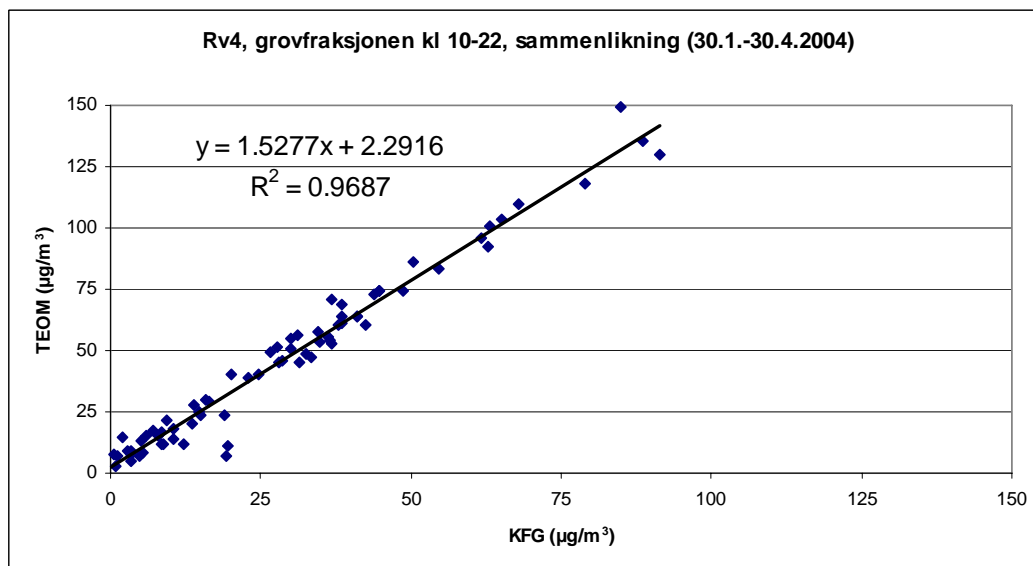


b)

Figur B2: Som Figur B1, men nattprøver.



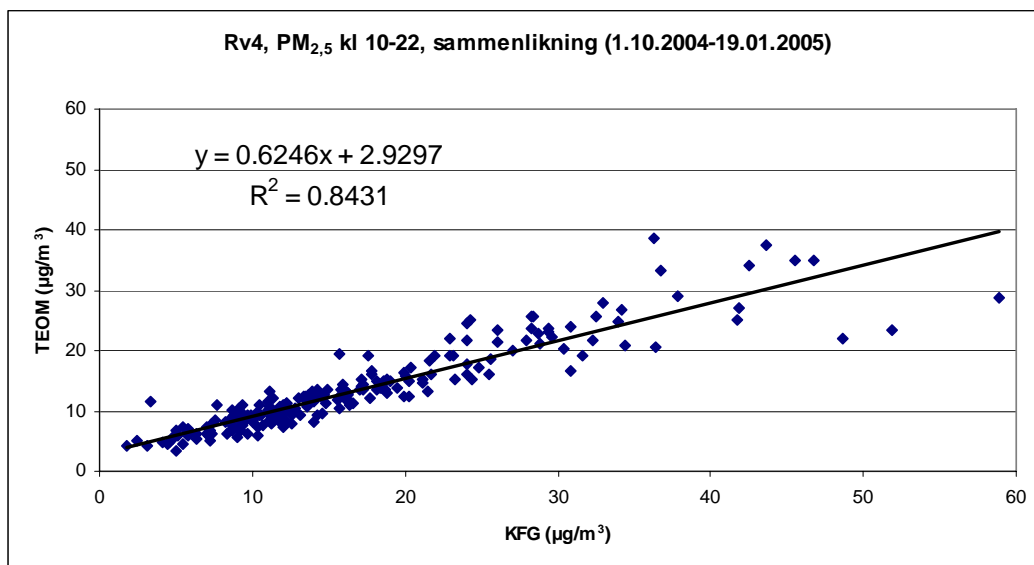
a)



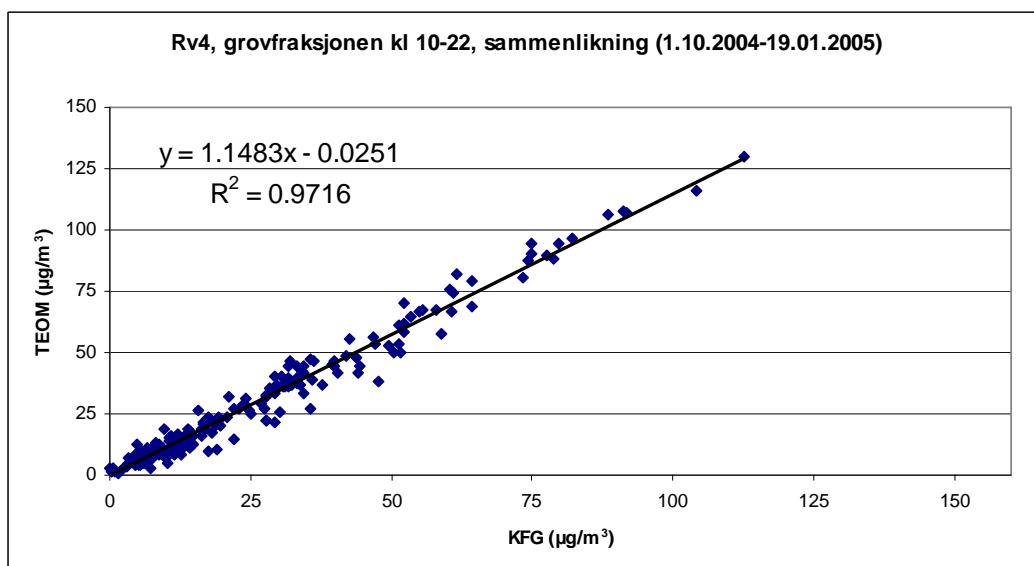
b)

Figur B3: Sammenlikning av 12-timers filterprøver fra Kleinfilergerät med beregnede 12-timers middelerdier fra TEOM ved Rv4, Aker sykehus vinteren 2004.

- a) *Dagprøver kl 10-22, PM_{2,5}*
 b) *Dagprøver kl 10-22, grovfraksjon.*

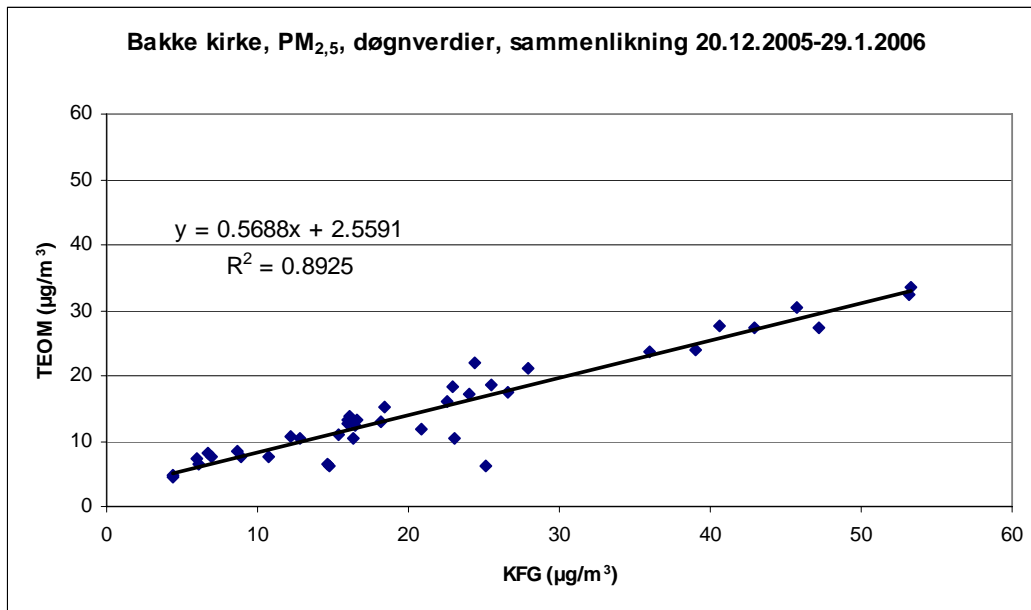


a)



b)

Figur B4: Som Figur B3, men vinteren 2004/05.



Figur B5: Sammenlikning av 12-timers filterprøver av PM_{2,5} fra Kleinfilergerät med beregnede 12-timers middelveidier fra TEOM ved Bakke kirke i Trondheim vinteren 2005/06.

Tabell A1: Sammenlikning mellom TEOM (Y) og filterprøvetakere (X) for PM i fin- ($PM_{2,5}$) og grovfraksjonen. Tabellen viser regresjonslinjen $Y=aX+b$ og regresjonskoeffisienten R^2 der a er regresjonslinjens helning og b er dens skjæringspunkt med Y-aksen.

Sted	Stasjon	Periode	Tid	Prøvetaker	Prøvetaker	Finfraksjon	Finfraksjon	Finfraksjon	Grovfraksjon	Grovfraksjon	Grovfraksjon
				Y	X	a	b	R^2	a	b	R^2
Oslo	Kirkeveien	Vinter 2004	Dag	TEOM	Dicho Partisol	0,62	3,5	0,85	1,25	0,2	0,98
Oslo	Kirkeveien	Vinter 2004	Natt	TEOM	Dicho Partisol	0,59	3,3	0,92	1,09	1,0	0,95
Oslo	Rv4	Vinter 2004	Dag	TEOM	Kleinfilergerät	0,57	4,2	0,79	1,53	2,3	0,97
Oslo	Rv4	Vinter 2004/05	Dag	TEOM	Kleinfilergerät	0,62	2,9	0,84	1,15	0,0	0,97
Trondheim	Bakke kirke	Vinter 2005/06	Døgn	TEOM	Kleinfilergerät	0,57	2,6	0,89			



Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2027 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAGRAPPORT	RAPPORT NR. OR 97/2006	ISBN 978-82-425-1842-2 (trykt) 978-82-425-1843-9 (elektronisk) ISSN 0807-7207	
DATO	ANSV. SIGN.	ANT. SIDER 79	PRIS NOK 150,-
TITTEL Studie av bidrag fra vedfyring og andre kilder til forurensningen av partikler i luft i Oslo Fase 1: Estimat av vedfyringsbidrag til PM basert på sporstoffmålinger i luft		PROSJEKTLEDER Steinar Larssen NILU PROSJEKT NR. O-104002	
FORFATTER(E) Steinar Larssen og Leif Otto Hagen		TILGJENGELIGHET * A OPPDRAAGSGIVERS REF. Roar Gammelsæter	
OPPDRAAGSGIVER Statens forurensningstilsyn Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo			
STIKKORD Partikkelforensning	Kildebidrag	Vedfyring	
REFERAT Bidraget til konsentrasjoner av partikler i luft (PM) i Oslo er undersøkt på bakgrunn av PM-prøver tatt på 4 stasjoner i Oslo-området i januar-april 2004. Partikkelvekt i PM _{2,5} , PM _{2,5-10} og PM ₁₀ ble bestemt i alle prøver, og et sporstoff for vedfyring, Levoglucosan (LG), ble bestemt i utvalgte prøver. Hovedkildene til PM _{2,5} i Oslo er bidrag fra kilder utenfor Oslo (langtransporterte forurensninger) samt vedfyring. Bileksosepartikler gir et mindre vesentlig bidrag. Den helt dominerende kilden til grovfraksjonen av PM ₁₀ er oppvirket veistøv. Hovedkilden til dette er piggdekkens slitasje av veidekket. LG-målingene ga som hovedresultat at for de prøvene som ble analysert, stod vedfyringen for ca. 40 % av PM _{2,5} -konsentrasjonene både på bybakgrunnsstasjonen (Sofienbergparken) og på gatestasjonen (Kirkeveien), mer i kveld/natt-prøver enn i dag-prøver. Vedfyringens bidrag til grovfraksjonen var 8 % både i Kirkeveien og i Sofienbergparken. Vedfyringens bidrag til PM ₁₀ -konsentrasjonen var ca. 25 % på begge stasjoner. Temperaturen var i måleperioden ca 2°C varmere enn normalt. I normalt kalde, og kaldere, vinterperioder vil vedfyringens bidrag sannsynligvis være noe større.			
TITLE A study of the contribution to pollution of suspended particles in Oslo caused by wood burning and other sources. Stage 1: Estimation of the contribution to PM ₁₀ caused by wood burning based on tracer gas measurements.			
ABSTRACT			

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