

NILU: OR 41/2005
REFERANSE: O-104003
DATO: SEPTEMBER 2005
ISBN: 82-425-1686-3

Miljøfartsgrense i Oslo

Effekt på luftkvaliteten av redusert hastighet på rv 4

Leif Otto Hagen, Steinar Larssen og Jan Schaug

Innhold

	Side
Innhold	1
Sammendrag	2
1 Bakgrunn.....	7
2 Målsetning.....	7
3 Måle- og analyseprogrammet.....	8
3.1 Metodikk, målesteder, varighet og hastighetsreduksjon	8
3.2 Luftkvalitetsmålinger	9
3.3 Meteorologiske målinger	10
3.4 Tilleggsinformasjon	10
3.5 Analyser av partiklenes kjemiske sammensetning.....	11
3.6 Metoder for analyser og vurdering av betydningen av hastighetsreduksjonen og bidrag til forurensningen fra ulike kilder.....	12
4 Analyse av virkninger av hastighetsnedsettelsen på rv 4 på grunnlag av timevise målinger	13
4.1 Endringer fra første til andre periode	13
4.2 Endring i midlere forurensningsnivå på rv 4 fra vinteren 2004 til vinteren 2004/05 i forhold til nivået på Kirkeveien, Løren og Manglerud	14
4.3 Endring i antall høye verdier og overskridelser av grenseverdier for PM ₁₀ på rv 4	17
4.3.1 Høye timemiddelverdier av PM ₁₀	17
4.3.2 Høye døgnmiddelverdier av PM ₁₀	20
4.4 Endring i forurensningsnivået på rv 4 i utvalgte sammenlignbare timer de to vintrene med vesentlige bidrag fra trafikken	23
4.5 Samlet vurdering av endringen i forurensningsnivået på rv 4	26
4.6 Sammenligning mellom målt reduksjon i PM og beregningsmodell.....	27
5 Identifisering og kvantifisering av støvkildene.....	28
5.1 Sammenligning av målte og estimerte støvmengder.....	28
5.2 Beregningene av bidrag fra de ulike støvkildene	30
5.3 Konklusjoner	42
6 Referanser	42
Vedlegg A Bestemmelse av partiklenes kjemiske sammensetning	45
Vedlegg B Meteorologiske forhold.....	49
Vedlegg C Trafikale forhold.....	53
Vedlegg D Supplerende analyser av timevise luftkvalitetsdata	59
Vedlegg E Beregnede kildesammensetninger og kildebidrag til PM₁₀.....	67

Sammendrag

Grenseverdien for PM₁₀ (svevestøvpartikler med aerodynamisk diameter under 10 µm) i "Forurensningsforskriften, Del 3. Lokal luftkvalitet" overskrides oftere enn tillatt ved veinære målestasjoner i Oslo. De høyeste konsentrasjonene måles når det er tørre og bare kjørebane og veikanter i piggdekkseongen. Det er slitasje av veibanen på grunn av piggdekk og oppvirvling fra veibanen og støvdepotet langs veien som er hovedkildene i veinære områder. I stille, kalde perioder kan også bidrag fra vedfyring være betydelig i deler av byen.

I arbeidet med å bedre den lokale luftkvaliteten i Oslo har Statens vegvesen fått gjennomført beregninger for PM₁₀-konsentrasjon som funksjon av bl.a. kjørehastighet basert på NILUs algoritme for svevestøv i VLUFT-programmet. Statens vegvesen ønsket å utrede betydningen av hastighet på svevestøvkonsentrasjonen ytterligere ved å gjennomføre målinger før og etter en hastighetsreduksjon på rv 4 i Oslo.

Kontinuerlige målinger (timemiddelverdier) ble derfor gjennomført ved en veinær målestasjon på rv 4 nær Aker sykehus og på en bakgrunnsstasjon inne på sykehusets område vinteren 2004 (januar-april) med skiltet hastighet 80 km/t og vinteren 2004/05 (oktober-april) med skiltet hastighet redusert til 60 km/t.

Målingene på begge stasjonene omfattet timevise data av PM_{2,5} og PM₁₀ (svevestøv), samt NO, NO_x og NO₂ (nitrogenoksider), slik som på Statens vegvesens øvrige faste overvåkingsstasjoner i Oslo. Det ble i tillegg også samlet svevestøv på filtre for kjemisk analyse av sammensetningen av forurensningen for videre analyser med reseptormodeller, for å kunne estimere bidrag til PM₁₀ fra ulike kilder. Statens vegvesen gjennomførte samtidig målinger av trafikkmengde og kjørehastighet på et nærliggende tellepunkt. Timevise meteorologiske data ble stilt til rådighet fra Oslo kommunes stasjon på Valle Hovin.

Endringer fra første til andre vinter av trafikk-, vei- og værforhold

Trafikkmengden var 2,9 % lavere i den andre vinteren, omtrent like mye i begge retninger, sannsynligvis som et resultat av hastighetsnedsettelsen (noen kjørte andre ruter).

Kjørehastigheten ble redusert på grunn av redusert skiltet hastighet fra 80 km/t til 60 km/t vinteren 2004/05:

- Gjennomsnitt for hele døgnet: Inn mot Oslo: Fra 77,2 til 66,5 km/t, dvs. – 14 %.
Ut fra Oslo: Fra 76,3 til 67,9 km/t, dvs. – 11 %.

- På dagtid var hastighetsreduksjonen noe større.

Piggdekkandelen ble estimert til å ha gått ned fra ca. 27 % vinteren 2003/04 til ca. 24 % vinteren 2004/05. Dette innebærer en relativ nedgang på ca. 10 %. Årsaken til nedgangen er trolig re-innføring av piggdekkgebyr.

Veiforhold (tørr/fuktig veibane): I månedene januar-mars 2005 var det mindre nedbør og færre dager med nedbør enn i de samme månedene i 2004. Særlig var forskjellen stor i januar. Dette har medført flere og lengre perioder med bare og tørre veier i 2005.

Midlere vindstyrke økte fra 2,7 m/s vinteren 2004 til 3,1 m/s vinteren 2004/05. Vinteren 2004/05 var det oftere forekommende vind fra nordøst og øst enn vinteren 2004, men samtidig mindre forekommende vind fra sør og sørvest.

Temperaturen i de fleste månedene i begge vintrene var til dels betydelig høyere enn det som er normalt for årstiden. Dette har redusert fyringsbehovet.

Disse endringene korrigeres det for i analysen av endringer for forurensningskonsentrasjoner.

Endringer i forurensningsnivået fra første til andre vinter

a) *Endringer sett i forhold til de andre veinære målestasjonene Kirkeveien, Løren og Manglerud*

Midlere gjennomsnittlig nivå og nettonivå av luftforurensning på rv 4 er sammenliknet med tilsvarende nivåer som gjennomsnitt for de tre stasjonene Kirkeveien, Løren og Manglerud. Nettonivå er definert som målt nivå fratrukket det målte nivået på bakgrunnsstasjonen Aker sykehus. Nettonivået er derfor i hovedsak bidraget fra trafikken ved stasjonene. I hver av vintrene er nivå og nettonivå på Rv4 beregnet i prosent av gjennomsnittlig nivå og nettonivå på de øvrige stasjonene. Endringer i disse relative nivåene på rv 4 fra den første til den andre vinteren gir informasjon om virkningen av nedsatt hastighet.

Ved å sammenlikne nivåer på denne måten elimineres i stor grad effektene av meteorologiske forhold og endringer i piggdekkbruk, siden det må antas at disse effektene er omtrent likeverdige på alle stasjonene. Dermed fås et uttrykk for effekten av nedsatt kjørehastighet på rv 4.

Nettonivået (bidraget fra veien) har gått ned fra vinteren 2004 til vinteren 2004/05. Reduksjonen er vesentlig større for PM₁₀ og grovfraksjonen enn for nitrogenoksidene. For PM₁₀ og grovfraksjonen er bidraget fra veien (nettonivået) redusert med nærmere hhv 35 % og 40 %. Nitrogenoksidene er redusert med 12-13 %. For PM_{2,5} er reduksjonene svært små.

Reduksjonen i NO_x og NO₂ er dels et resultat av endrete spredningsforhold (midlere vindstyrke var 2,7 m/s første vinter og 3,1 m/s andre vinter, dvs. bedre spredning siste vinter), og dels et resultat av endringene fra første til andre vinter i trafikkmengde, hastighet og kjøremønster.

Trafikkmengden på rv 4 har samtidig gått ned 3 % (men økt i nærmeste kjørefelt), faktisk hastighet er blitt redusert med 14 % inn mot Oslo og 11 % utover, mens piggdekkandelen har gått ned med ca 10 % relativt. Anslaget i piggdekkendring er noe usikkert.

b) *Endringer i høye time- og døgnmiddelverdier av PM₁₀*

- De høyeste timemiddelkonsentrasjonene av PM₁₀ er redusert med om lag 100 µg/m³ til 250 µg/m³, dvs. ca. 30 %.
- På rv 4 gikk antall timer med PM₁₀ over 100 µg/m³ ned mer enn 25 % fra januar-mars 2004 til samme periode i 2005. På de andre veinære stasjonene økte dette antallet med over 30 %. Dette betyr at hastighetsnedsettelsen vinteren 2004/05 har medført 40-45 % færre timemiddelverdier over 100 µg/m³ enn det ville vært uten tiltaket.
- De høyeste døgnmiddelverdiene av PM₁₀ på rv 4 er redusert mer enn 20 % fra vinteren 2004 til vinteren 2004/05.
- Antallet døgnmiddelverdier over 50 µg/m³ på rv 4 vinteren 2004/05 er mer enn 30 % mindre enn det ville vært uten hastighetsnedsettelsen.
- Til tross for nedsatt hastighet og en noe redusert piggdekkbruk var det mer enn 35 overskridelser av grenseverdien for døgnmiddelverdi av PM₁₀ på 50 µg/m³ vinteren 2004/05 (oktober-april).

c) *Endring i forurensningsnivået i utvalgte timer med vesentlig bidrag fra rv 4-trafikken*

Det er også gjennomført en analyse av et utvalg timer med veldefinerte meteorologiske og trafikale forhold i de to måleperiodene. Her er det valgt ut timer etter 12 ulike kriterier hvor trafikken har gitt klare bidrag til de målte konsentrasjonene. Ved tørre veier (her ved antatt relativ fuktighet under 80 %) har nettonivået gått ned som følger fra vinteren 2004 til vinteren 2004/05:

- Nitrogenoksider ca. 10 %
- PM₁₀ ca. 30-35 %
- Grovfraksjonen ca. 30-35 %
- Endringene i PM_{2,5} er små regnet i nivå (og usikre regnet i prosent pga. lavt utgangsnivå).

For de utvalgte timene har trafikkmengden gått ned med 7,5 % (noe mer inn mot enn ut fra Oslo), og kjørehastigheten er redusert med ca 16 % (omtrent like mye inn og ut).

Reseptormodellering av partikkelkonsentrasjonene

Reseptormodeller benytter seg av omfattende kjemiske analyser av svevestøvet og vil med gode målinger identifisere kildene for partiklene og kvantifisere bidraget fra hver enkelt kilde, hvis den kjemiske sammensetningen i utslippet fra kildene er forskjellige.

I dette arbeidet er det brukt en 2-dimensjonal PMF-modell med betegnelsen PMF2. Det er benyttet i alt 80 datasett (12-timers støvprøver) av kjemisk sammensetning i både PM₁₀- og PM_{2,5}-fraksjonen fordelt med 40 fra hver vinter. Støvfiltrene er analysert på en rekke komponenter som anioner og kationer, organisk og elementært karbon, levoglucosan (vedfyring), elementer (20 metaller), samt ulike sporstoff for bildekk og drivstoff.

Tabellen gir en oversikt over de kildene som ble funnet i analysen:

Antatt kilde/kildegruppe	Finfraksjonen PM _{2,5}	PM ₁₀	Grovfraksjonen PM ₁₀ – PM _{2,5}
Vanlig veistøv *	X	X	X
Veistøv med NaCl		X	X
Kjøretøy/diesel/dekkpigger	X	X	
Langtransporterte luftforurensninger	X	X	
Antropogen kilde med vedfyring	X	X	
Sulfat og karbonrik antropogen kilde	X		
Resuspensjon av støv med mye biologisk materiale			X

* for PM_{2,5} fås bare 1 veistøv-kilde, og denne inneholder også NaCl.

Resultatene viser 5 signifikante kilder til PM₁₀- og PM_{2,5}-fraksjonene, og 3 kilder til grovfraksjonen.

Kildene bidrar i svært ulik grad til de målte konsentrasjonene. Fire av kildene i PM₁₀ og PM_{2,5} må sies å være de samme i begge fraksjoner. Den viktigste kilden i PM₁₀ var veistøv som opptrer med to ulike sammensetninger, med og uten veissalt. De tre andre kildene som opptrer i begge fraksjonene er langtransporterte luftforurensninger, en antropogen kilde svært påvirket av vedfyring, og en kilde som kan knyttes særlig til dieseleksos, og muligens til dekkpigger. Også disse kildene ga periodevis betydelige bidrag til støvet. Veistøv, med og uten veisalt er den dominerende kilden i grovfraksjonen. Belastningen av vanlig veistøv i PM₁₀ er sammenlignet i de to vinter-vår periodene 2004 og 2005 for tørre dager.

Belastningen av vanlig veistøv i PM₁₀ er sammenlignet i de to vinter-vår periodene 2004 og 2005 for tørre dager. Resultatene viser en signifikant lavere middelvei av PM₁₀-konsentrasjonene (23 %) for de tørre dagene med målinger i annen periode sammenlignet med første periode da hastigheten var høyere.

Oppsummering

Tabell A oppsummerer de endringer i forurensningsnivå som er beregnet basert på de ulike metodene. Resultatene fra reseptormodellanalysen støtter opp under dette.

Tabell A: Endringer i forurensningsnivå på rv 4 fra vinteren 2004 til vinteren 2004/05 basert på forskjellige analyser.

Komponent	Gjennomsnittsverdier ¹⁾		Analyse basert på		
	nivå %	nettonivå %	høyeste time-verdier %	høyeste døgn-verdier %	utvalgte timeverdier %
NO₂	- 5	- 13			- 10
PM₁₀	- 19	- 36	- 30	< - 20	- 33
PM_{grov}	- 27	- 39			- 33
Trafikkmengde		- 3			- 7,5
Kjørehastighet		- 14 (inn) /- 11 (ut)			- 16
Piggdekkandel	Ca. – 10 % relativt				

¹⁾ Nivå på rv 4 i forhold til gjennomsnittet av Kirkeveien, Løren og Manglerud. Nettonivå er rv 4 minus bakgrunnskonsentrasjonene fra Aker sykehus i forhold til netto nivå på Kirkeveien, Løren og Manglerud.

Reduksjonen i skiltet hastighet fra 80 km/t til 60 km/t resulterte i en faktisk hastighetsreduksjon fra ca 77 km/t til ca. 67 km/t. Dette ga en reduksjon i bidraget fra rv 4 til gjennomsnittsnivå av PM₁₀ på ca. 35 %, og en reduksjon i grovfraksjonen av PM₁₀ på ca. 40 %. Tilsvarende reduksjoner i PM₁₀ ble også funnet når en så på de høyeste døgn- og timeverdier.

Antall døgn med PM₁₀-konsentrasjoner over 50 µg/m³ ble også redusert, men ikke nok til at grenseverdien for PM₁₀ ble tilfredsstilt.

Reduksjonen i PM₁₀ p.g.a. hastighetsreduksjonen var noe større enn beregnet med VLUFT-modellen.

Miljøfartsgrense i Oslo

Effekt på luftkvaliteten av redusert hastighet på rv 4

1 Bakgrunn

Målinger gjennom mange år av luftkvalitet langs sterkt trafikkerte riksveier i Oslo har tidvis vist høye konsentrasjoner av luftforurensninger. I forhold til grenseverdiene i “ Forurensningsforskriften, Del 3. Lokal luftkvalitet” er det særlig grenseverdien for PM₁₀ (svevestøpartikler med aerodynamisk diameter under 10 µm) som overskrides oftere enn tillatt. De høyeste konsentrasjonene måles når det er tørre og bare kjørebane og veikanter i piggdekkseongen. Det er slitasje av veibanen på grunn av piggdekk og oppvirvling fra veibanen og støvdepotet langs veien som er hovedkildene i veinære områder. Slitasje og oppvirvlinger øker betydelig med kjørehastigheten. I stille, kalde perioder kan også bidrag fra vedfyring være betydelig i deler av byen.

Utfordringen i forhold til grenseverdiene for luftkvalitet har særlig vært å bringe PM₁₀-nivået under grenseverdien som ble gjeldende fra 2005, spesielt når det gjelder antall døgn med høye verdier. Flere tiltak har vært utprøvd i Oslo. Vinteren 2000 ble det gjennomført akuttiltak en dag med nedsatt hastighet på hovedinnfartsveiene. Effekten denne dagen var ikke åpenbar.

Målinger av PM₁₀ siden 1992 ved Kirkeveien tyder på en relativt klar sammenheng mellom svevestøvnivået og andel biler med piggdekk. Dataene fra denne og andre stasjoner viser at svevestøvnivået som regel reduseres mye ca. 3-5 dager etter piggdekkforbudet om våren hvis det er tørre veier, uavhengig av veirengjøring. Dette indikerer at den direkte (instantane) slitasjen kan ha like stor betydning for luftkonsentrasjonen som svevestøvdepoet på veibanen og langs veikantene.

2 Målsetning

I arbeidet med å bedre den lokale luftkvaliteten i Oslo har Statens vegvesen fått gjennomført beregninger basert på NILUs algoritme for svevestøv (PM₁₀)-konsentrasjon som funksjon av bl.a. kjørehastighet (Amundsen, A.H. og Ragnøy, A., 2002). Algoritmen inngår i VLUFT-programmet (Tønnesen, D., 2000), som kvantifiserer hvor mye redusert støvoppvirvling en hastighetsnedsettelse på veier i Oslo kan gi og med dette, konsentrasjonene av partikler i lufta.

Hovedhensikten med dette prosjektet har vært på grunnlag av målinger å kvantifisere endringer i luftkvalitetsnivået på rv 4 som følge av nedsatt kjørehastighet vinteren 2004/05 i forhold til vinteren 2003/04.

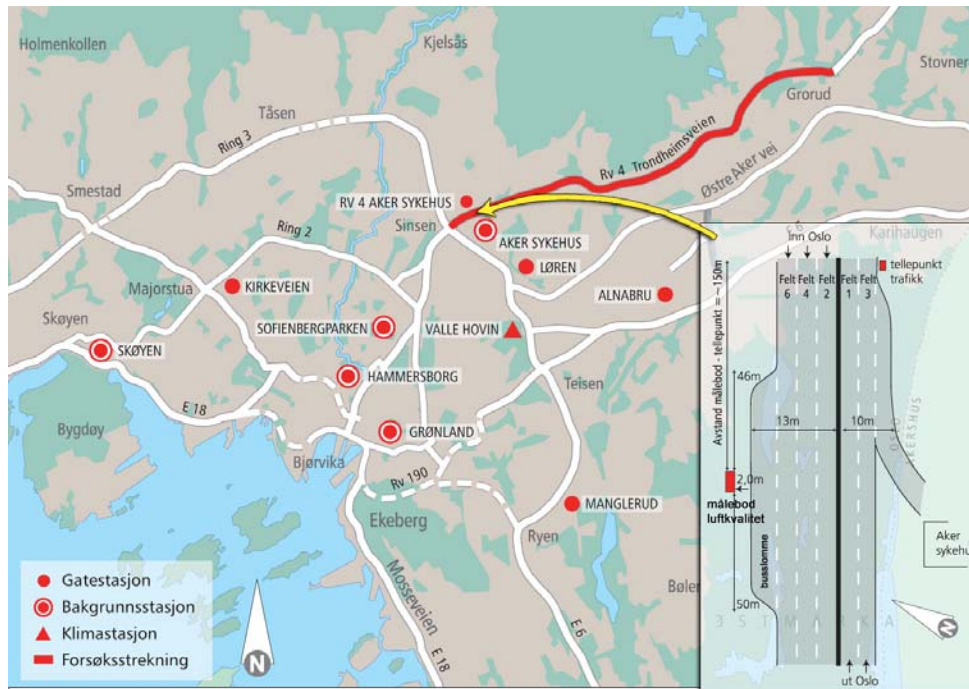
3 Måle- og analyseprogrammet

3.1 Metodikk, målesteder, varighet og hastighetsreduksjon

Statens vegvesen ønsket å teste effekten av redusert hastighet på svevestøvkonentrasjonen ved å gjennomføre målinger før og etter hastighetsreduksjon på rv 4 i Oslo. Kontinuerlige målinger (timemiddelverdier) av PM₁₀, PM_{2,5} og NO_x ble derfor gjennomført ved en veinær målestasjon og en bakgrunnsstasjon langs rv 4. Dagens situasjon ble gjennomført i vintersesongen 2003/04 med skiltet hastighet 80 km/t. Målinger av luftkvaliteten ved redusert skiltet hastighet til 60 km/t ble gjennomført vinteren 2004/05.

Hensikten med målingene var å kvantifisere en eventuell effekt av hastighetsnedsettelsen og å sammenligne med beregningsmodellen. Timevise luftkvalitetsdata ble analysert sammen med samtidige trafikktall og meteorologiske data. Det var viktig også å ta prøver av partikkelene i luften ved den veinære målestasjonen for å identifisere kildene (veistøv, eksos, vedfyring osv). Denne partikkelprøvetakingen ble utført parallelt med de kontinuerlige målingene.

Måleprogrammet hadde to stasjoner ved Aker sykehus. Stasjonen rv 4 var plassert ved Trondheimsveien nær sørgående felt rett nord for bussholdeplassen ved Aker sykehus, se Figur 1. Bakgrunnsstasjonen, Aker sykehus, var plassert inne på sykehusområdet. Hensikten med bakgrunnsstasjonen var å få data for den forurensningen som ikke skyldes trafikken på rv 4. Målingene ble gjennomført vintrene 2004 (januar-april) og 2004/2005 (oktober-april). Måleprogrammets innhold er vist i Tabell 1.



Figur 1: Plassering av målestasjoner for luftkvalitet og trafikk ved rv 4 (Trondheimsveien) og Aker sykehus vintrene 2004 og 2004/05. Data fra Statens vegvesens stasjoner ved Kirkeveien, Løren og Manglerud, samt Oslo kommunes meteorologistasjon på Valle Hovin er også benyttet.

Tabell 1: Måleprogram for luftkvalitet, meteorologiske forhold og trafikk i periodene januar-april 2004 og oktober-april 2004/05. Trafikktellingene den andre vinteren kom først i gang i januar 2005. De meteorologiske dataene er fra Oslo kommunes (Helse- og velferdsetaten) stasjon på Valle Hovin.

Parameter	Midlingstid	Rv 4	Aker sykehus	Valle Hovin
NO	Time	x	x	
NO _x	Time	x	x	
NO ₂	Time	x	x	
PM ₁₀	Time	x	x	
PM _{2,5}	Time	x	x	
PM ₁₀	12 timer	x ¹⁾		
PM _{2,5}	12 timer	x ¹⁾		
Temperatur	Time			x
Vindstyrke	Time			x
Vindretning	Time			x
Relativ fuktighet	Time			x
Stabilitet	Time			x
Nedbør	Time			x
Antall kjøretøy	Time	x ²⁾		
Kjørehastighet	Time	x ²⁾		

¹⁾ Disse prøvene er samlet på filtre, og 40 prøver fra hver vinter er analysert på de komponentene som er beskrevet i prosjektplanen (se pkt. 3.5)

²⁾ Trafikktellingene er utført av Statens vegvesen og omfatter antall kjøretøy og kjørehastighet for hvert enkelt felt i sør- og nordgående retning. Dette er fordelt på ulike kjøretøyklasser basert på kjøretøyenes lengde

Den første vinteren var skiltet hastighet på Trondheimsveien mellom Grorud og Sinsen 80 km/t, dvs. at trafikken gikk som normalt uten hastighetsreduksjon for å etablere et "normalnivå". Den neste vinteren var skiltet hastighet redusert til 60 km/t. Ved målestedet er det stort sett god trafikkflyt, og Statens vegvesen antok at eventuell nedsatt hastighet i rushtiden ikke ville strekke seg over mer enn 1-2 timer.

Ved analysen av effekten av nedsatt hastighet er det også sammenliknet med endringer av luftkvaliteten ved Statens vegvesens øvrige stasjoner ved riksveiene i Oslo: Kirkeveien, Løren og Manglerud, hvor skiltet hastighet var den samme begge vintrene. Dette gjør det mulig å korrigere for eventuell endring i redusert piggdekkandel og endrede meteorologiske forhold, som vil slå noenlunde likt ut på alle de veinære stasjonene.

3.2 Luftkvalitetsmålinger

Målingene på begge stasjonene omfattet timevise data av PM_{2,5} og PM₁₀ (svevestøv), samt NO, NO_x og NO₂ (nitrogenoksider), slik som på de øvrige faste overvåkingsstasjonene i Oslo. I perioder med piggdekkslitasje og oppvirvling fra tørre veier er grovfraksjonsandelen i svevestøvet mye større enn i tilfeller hvor

eksos og eventuelle bidrag fra vedfyring dominerer. Grovfraksjonen i svevestøv er $PM_{10-2,5}$, dvs. partikler mellom 2,5 μm og 10 μm . Konsentrasjonene av NO_x varierer i hovedsak etter trafikken og utslippene i eksosen og gir også viktig informasjon om kildene.

Bakgrunnsstasjonen (Aker sykehus) var plassert oppvinds i forhold til hovedvindretningen, inne på sykehusområdet. Denne ga nødvendige data om andre kilders bidrag til de målte verdiene ved den veinære stasjonen. Hovedkilder ved bakgrunnsstasjonen ble antatt å være fyring (hovedsakelig ved), regionale og langtransporterte forurensninger, samt noe bileksos og veistøv fra veiene i nærheten.

På den veinære stasjonen ble det i tillegg også benyttet partikkelprøvetakere for både PM_{10} og $PM_{2,5}$, for etterfølgende kjemisk analyse av elementsammensetning og sporstoffer for ulike kilder.

3.3 Meteorologiske målinger

Erfaring gjennom mange års målinger av luftkvalitet viser at værforholdene har meget stor betydning for svevestøvkonsentrasjonene i lufta. Snø, is eller vann på veiene binder støvet effektivt og gir lave konsentrasjoner. Sterk vind gir også generelt lave konsentrasjoner, men kan også føre til oppvirvling av støvdepoet langs veiene om dette er tørt. Stille, kaldt vær med temperaturinversjon og tørre veier gir som regel høye konsentrasjoner med bidrag både fra veier og vedfyring.

Det var derfor viktig å ha tilgang til timevise meteorologiske data som vindretning, vindstyrke, temperatur, relativ fuktighet, vertikal stabilitet og nedbør. Disse dataene ble stilt til rådighet fra Oslo kommunes stasjon på Valle Hovin. I tillegg er det benyttet månedsdata fra Meteorologisk institutts stasjon på Blindern.

3.4 Tilleggsinformasjon

Piggdekkandel

Andelen biler som kjører med piggdekk har betydning for veistøv-genereringen, og derved mengden svevestøv i lufta. Piggdekkgebyret ble gjeninnført vinteren 2004-2005, dvs. for perioden med hastighetsreduksjon, og dette førte til en viss nedgang i piggdekkandelen. Innsamling og vurdering av piggdekkandelen er gjort av Statens Vegvesen.

Trafikkdata

Andre viktige parametre er kjørehastighet og trafikkmengde. Disse dataene har Statens vegvesen skaffet fra et tellepunkt nær stasjonen ved rv 4.

Veibaneforhold

Tolkningen av måledataene kan kompliseres på grunn av værforholdene. Det kunne tenkes at de høyeste konsentrasjonene faktisk ville bli målt i perioden med redusert hastighet, fordi det da oftere kunne være tørre veier. Det er derfor viktig å gjøre en grundig sammenlikning av dager med tilsvarende vær- og veiforhold i de to ulike måleperiodene. Måleperiodene med vanlig og nedsatt hastighet måtte derfor være lange nok til at utslaget i (reduerte) konsentrasjoner kunne detekteres med statistisk signifikans. Dette omfatter også å finne ut om antall dager med

konsentrasjoner over grenseverdien for døgnmiddel reduseres vesentlig. En eventuell reduksjon i langtidsmiddelkonsentrasjonen er også positivt, men denne konsentrasjonen er allerede i dag godt under grenseverdien. Det ville være gunstig om tiltaket ville redusere antall enkeltdager med høye konsentrasjoner.

Det var derfor viktig å få registrert veiens beskaffenhet (vått, tørt, snø eller is på veibane og veikant). For å registrere dette satte Statens vegvesen opp et kamera som tok bilder to ganger i timen gjennom måleperiodene. I tillegg er veiens og veikantenes beskaffenhet registrert manuelt i begge måleperiodene. Dette ble benyttet til å bestemme fra hvilke dager filtre skulle analyseres for kjemisk sammensetning.

Data fra andre målestasjoner i Oslo som sammenligningsgrunnlag

Det ble ansett viktig å sammenlikne måledataene fra målestasjonene ved Aker sykehus med tilsvarende data fra de faste overvåkingsstasjonene Kirkeveien, Løren og Manglerud for å se i hvilken grad endringene på de faste stasjonene sammenfaller med endringene på rv 4, hvor hastigheten er redusert. Dersom hastighetsreduksjonen har en signifikant positiv virkning, må en forvente større endringer på rv 4-stasjonen enn på de andre faste veinære stasjonene. På bakgrunnsstasjonen inne på sykehusområdet forventes ikke endringer i forurensningsnivået fra vinteren 2004 til vinteren 2004/05, som har sammenheng med hastighetsnedsettelsen.

3.5 Analyser av partiklenes kjemiske sammensetning

Måleprogrammet inneholdt også prøvetaking og analyse av partiklenes sammensetning ved den veinære stasjonen. Dette gir mulighet til å skille veistøvbidraget fra øvrige hovedkilder (eksos fra bensin og diesel, vedfyring og langtransporterte forurensninger) og også å bestemme de faktiske bidragene fra disse hovedkildene. Partikkelprøvetakere på den veinære målestasjonen samlet partiklene på to filtre (PM₁₀ og PM_{2,5} hver for seg). Disse prøvene ble tatt som 12-timers prøver på dag- og kveldstid (kl 10-22). Prøvene ble tatt i hele måleperioden. For å få nok data til å trekke mest mulig sikre konklusjoner var det nødvendig å analysere minst 40 dager med samtidige prøver av PM₁₀ og PM_{2,5} i hver av periodene januar-april 2004 og oktober 2004-april 2005. Prøvene ble analysert for uorganiske komponenter, elementsammensetning (inntil 20 elementer) og sporstoffer for kildene, bl.a. organisk og elementært karbon og levoglucosan.

Tidligere analyser av levoglucosan i prøver fra en målestasjon i Elverum, som hadde vedfyring som hovedkilde til svevestøv, viste at det var en meget god korrelasjon mellom levoglucosan og svevestøv fra vedfyring (Yttri *et al.*, 2005).

Resultatene fra de kjemiske analysene fra rv 4 er brukt i reseptormodellanalyser, som gir kvantifiserte bidrag.

Programmet for analyse av sporstoffer og elementer er beskrevet i vedlegg A.

3.6 Metoder for analyser og vurdering av betydningen av hastighetsreduksjonen og bidrag til forurensningen fra ulike kilder

I NILUs prosjektforslag til Statens vegvesen ble det foreslått å gi en vurdering av endringen i konsentrasjoner av “grunnkomponentene” som måles på timebasis på den veinære stasjonen og på bakgrunnsstasjonen. Dette gjelder nitrogenoksidene og svevestøv i to fraksjoner. En grundig analyse av disse dataene mot meteorologiske data og trafikkdata gir informasjon om den samlede endringen fra den ene vinteren til den andre.

Denne endringen skyldes både endringer i trafikk (mengde, sammensetning og hastighet), meteorologiske forhold (vind, temperatur, nedbørforhold) og andre forhold som påvirker utslippsforholdene fra de ulike kildene (f.eks. energipriser). Ved å sammenlikne netto konsentrasjon ved veien (differansen mellom konsentrasjoner på den veinære stasjonen og bakgrunnsstasjonen) for perioder med tilnærmet samme trafikk- og værforhold, samt endringer i forhold til andre stasjoner, korrigert for eventuelle endringer i piggdekkandeler i de to årene, kan effekten av hastighetsreduksjonen kvantifiseres som et estimat.

Tilleggsinformasjonen fra kjemisk massebalanse (1) og faktoranalyse (2) vil kvantifisere endringene for hver av hovedkildene og gi mulighet for å etterprøve og forbedre kvantifiseringen av effekten av hastighetsreduksjonen. Metodene er beskrevet i NILU Oppdragsrapport nr. 62/2000 (Lazaridis, M. og Larssen, S., 2000).

1) Kjemisk massebalanse (CMB)

Denne modellen benyttes til å bestemme bidraget fra vedfyring, eksos (fordelt på bensin og diesel) og bildekk til svevestøvkonsentrasjonene. Resultatene fra denne modellen er avhengig av at en har gode kildesammensetninger, bl.a. andel sporstoffer i utslippet.

2) Kvantitative modeller basert på faktoranalyse/hovedkomponentanalyse (PMF)

Disse modellene gjør bruk av de samme kjemiske komponentene og elementene som den kjemiske massebalanse-modellen som er beskrevet over, men har den fordel at de ikke trenger kildesammensetninger som inngangsdata. Analysen er basert på samvariasjon av kjemiske komponenter og elementer og identifiserer grupper av komponenter som hører sammen, dvs. som har samme hovedkilde. Den kvantifiserer også bidragene fra disse kildene. Metoden trenger ganske mange datasett for å kunne skille den typiske variasjonen i målingen, som skyldes forskjellige kildebidrag, fra tilfeldig variasjon, f.eks. på grunn av meteorologiske forhold og måleusikkerhet.

4 Analyse av virkninger av hastighetsnedsettelsen på rv 4 på grunnlag av timevise målinger

4.1 Endringer fra første til andre periode

Endringer i trafikk-, vei- og værforhold må tas hensyn til i deler av analysen av virkningen av hastighetsnedsettelsen på veistøvbidraget til PM-konsentrasjonene. Disse endringene fra første til andre vinter korrigeres det for på ulike måter i analysene.

En oppsummering av meteorologiske og trafikale forhold (inkludert piggdekk-tellinger) er vist i figurer og kort omtalt i figurtekstene i henholdsvis vedlegg B og vedlegg C.

Trafikkmengden

Gjennomsnittlig døgntrafikk var 2,9 % lavere i den andre vinteren, omtrent like mye i begge retninger, sannsynligvis som et resultat av hastighetsnedsettelsen (noen kjørte andre ruter). Trafikkmengden økte imidlertid noe i de ytterste kjørefeltene (dvs. bl.a. i kjørefeltet nærmest målestasjonen, når en ser bort fra kollektivfeltet) (se figur C3 i Vedlegg C).

Kjørehastigheten

Som følge av at skiltet hastighet ble satt ned fra 80 km/t til 60 km/t, ble virkelig kjørehastighet redusert som følger:

- Gjennomsnitt for hele døgnet: Inn mot Oslo: Fra 77,2 til 66,5 km/t, dvs. – 14 %.
Ut fra Oslo: Fra 76,3 til 67,9 km/t, dvs. – 11 %.

På dagtid var hastighetsreduksjonen noe større (se figur C2 i Vedlegg C).

Piggdekkandel: Denne gikk ned fra 37 % til 34 % i Oslo/Akershus fra vinteren 2003/04 til vinteren 2004/05. I Oslo sentrum var nedgangen også 3 prosentpoeng, fra 27 % til 24 %. I Oslo nord (rv 4-området) var andelen 24 % i 2004/05. Ut fra dette ser det ut til at det var en relativ nedgang på ca. 10 % på rv 4 fra vinteren 2003/04 til vinteren 2004/05. Siden piggdekkandelen telles på større parkeringsplasser/bensinstasjoner og ikke i selve veibanen, vil tallene være forbundet med noe usikkerhet.

Veiforhold (tørr/fuktig veibane)

I månedene januar-mars 2005 var det mindre nedbør og færre dager med nedbør enn i de samme månedene i 2004. Særlig var forskjellen stor i januar. Dette har medført flere og lengre perioder med bare og tørre veier i 2005.

Vind- og temperaturforhold

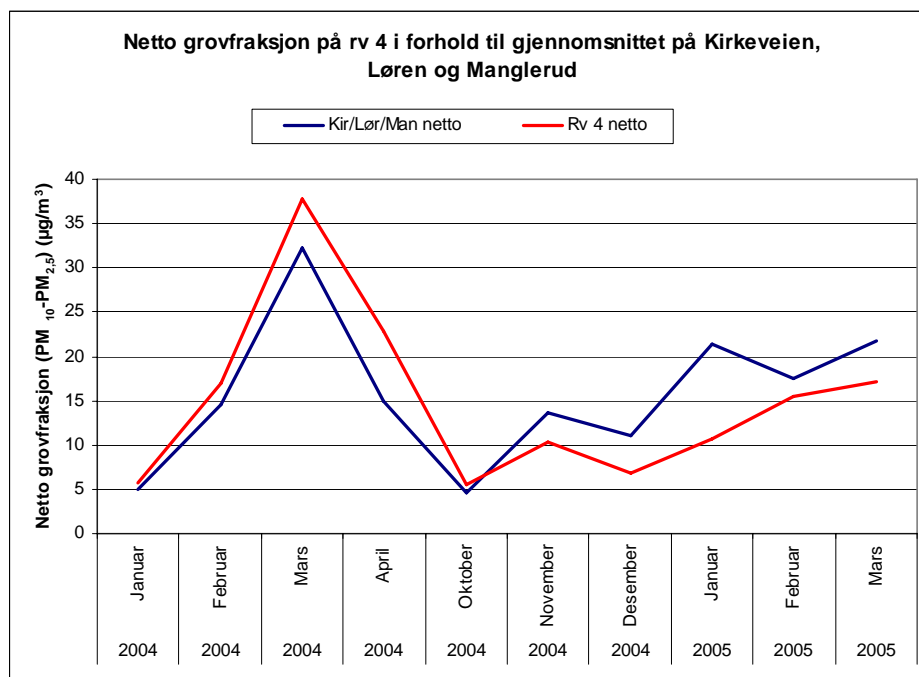
Midlere vindstyrke økte fra 2,7 m/s vinteren 2004 til 3,1 m/s vinteren 2004/05. Vinteren 2004/05 var det oftere forekommende vind fra nordøst og øst enn vinteren 2004, men samtidig mindre forekommende vind fra sør og sørvest.

Mange av månedene i begge vintrene var til dels betydelig mildere enn det som er normalt for årstiden. Dette har redusert fyringsbehovet.

4.2 Endring i midlere forurensningsnivå på rv 4 fra vinteren 2004 til vinteren 2004/05 i forhold til nivået på Kirkeveien, Løren og Manglerud

Hovedhensikten med prosjektet har vært å kvantifisere endringer i luftkvalitetsnivået på rv 4 som følge av nedsatt kjørehastighet vinteren 2004/05 i forhold til vinteren 2004. Det var forventet å finne størst endring for PM₁₀ og grovfraksjon av støvet, som følge av redusert oppvirvling av støv fra veibaner og veikanter. Endringene fra første til andre vinter i piggdekkbruk og meteorologiske forhold korrigeres det for i denne analysen ved å se konsentrasjoner i forhold til de andre stasjonene.

Figur 2 viser månedsmiddelverdier av netto grovfraksjon (som et eksempel) på rv 4 sammenliknet med gjennomsnittet for de tre stasjonene Kirkeveien, Løren og Manglerud. Grovfraksjonen er forskjellen mellom PM₁₀ og PM_{2,5} og skyldes vesentlig piggdekkslitasje av veidekket og oppvirvling fra veibanen. Nettoverdiene er framkommet ved å trekke fra den målte grovfraksjonen på bakgrunnsstasjonen. Den første vinteren var netto grovfraksjon større på rv 4 enn på de andre stasjonene. Hastighetsreduksjonen på rv 4 ble innført 1.11.2004. Dette medførte at netto grovfraksjon da ble betydelig lavere på rv 4 hele vinteren 2004/05 i forhold til de andre veinære stasjonene.



Figur 2: Netto grovfraksjon på rv 4 i forhold til gjennomsnittet på Kirkeveien, Løren og Manglerud for hver måned i de to vintersesongene (µg/m³). Skiltet hastighet ble redusert fra 80 km/t til 60 km/t fra 1.11.2004.

Måleperioden vinteren 2004 (januar-april) var betydelig kortere enn vinteren 2004/05 (oktober-april). Ved sammenlikningen er oktober 2004 holdt utenfor, da det ikke var tillatt med piggdekk denne måneden. På grunn av svært tidlig påske i 2005 ble piggdekkforbudet innført allerede 4. april, og april er derfor også holdt utenfor sammenlikningen. Som vist nedenfor (Figur 3) spiller det liten rolle for

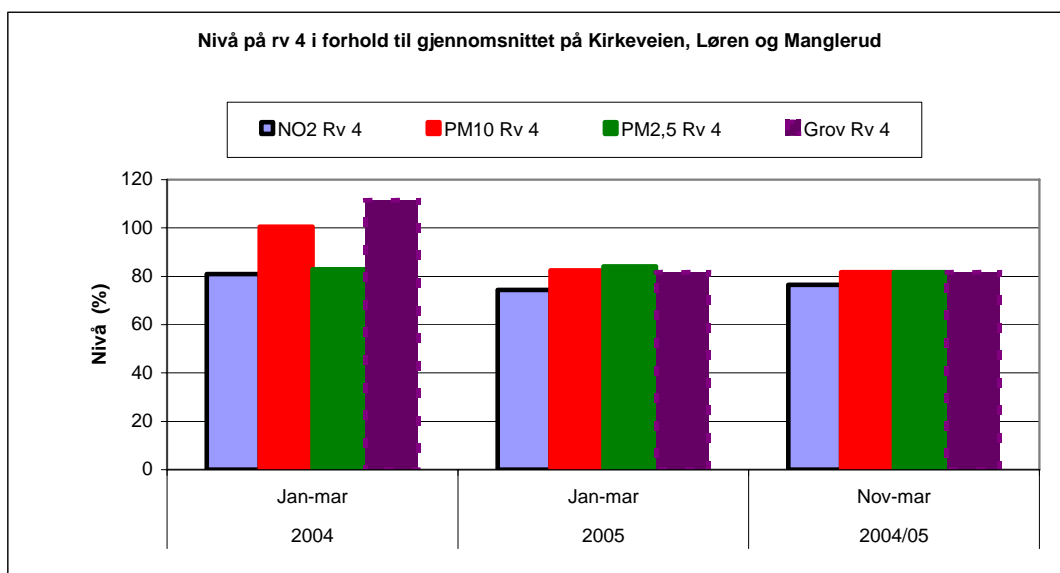
konklusjonene om perioden januar-mars 2004 sammenliknes med januar-mars 2005 eller med november 2004-mars 2005.

Figur 3 og Figur 4 viser hvordan henholdsvis nivået og nettonivået (bakgrunnskonsentrasjonene trukket fra) på rv 4 sett i forhold til de øvrige veinære stasjonene har endret seg fra vinteren 2004 til vinteren 2004/05. Figur 3 (se også Tabell D1 i Vedlegg D) viser eksempelvis at PM₁₀ på rv 4 utgjorde 100,5 % av gjennomsnittsnivået på Kirkeveien, Løren og Manglerud i perioden januar-mars 2004, mens i perioden november 2004-mars 2005 (etter hastighetsreduksjonen) var det relative nivået på rv 4 redusert til 81,7 %. Dette gir en relativ nedgang på ca. 19 %.

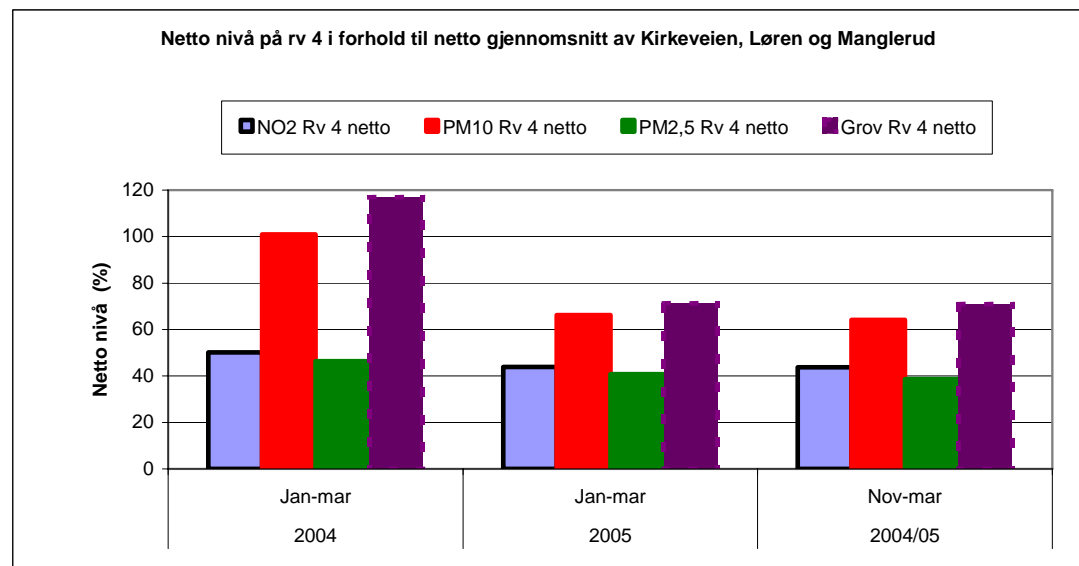
Nettonivået av PM₁₀, dvs. bidraget fra rv 4 selv, ble betydelig mer redusert, fra 100,9 % vinteren 2004 til 64,1 % vinteren 2004/05. Dette tilsvarer en relativ nedgang på ca. 36 %.

I motsetning til for PM₁₀ viser Figur 3 og Figur 4 at nivå og nettonivå på rv 4 for NO₂ og PM_{2,5} endret seg lite fra første til siste vinter. Dette er å vente, siden hastighetsnedsettelsen ikke påvirker eksos-parametrene mye. Dette underbygger gyldigheten av metodikken og forsterker konklusjonene med hensyn til hastighetens betydning for PM₁₀ og grovstøvfraksjonen.

Ved å sammenlikne nivåer på denne måten elimineres i stor grad effektene av meteorologiske forhold og endringer i piggdekkbruk, siden det må antas at disse effektene er omtrent likeverdige på alle stasjonene. Dermed fås et uttrykk for effekten av nedsatt kjørehastighet på rv 4. Som vist i trafikkteilingene (se Figur C1 og Figur C2 i vedlegg C) er det en svak tendens til litt redusert trafikk på rv 4 som følge av hastighetsreduksjonen, men dette utgjør bare ca. 3 %.



Figur 3: Målte nivåer av NO₂, PM₁₀, PM_{2,5} og grovfraksjon (PM₁₀- PM_{2,5}) sett i forhold til gjennomsnittet på stasjonene Kirkeveien, Løren og Manglerud (verdier gitt i prosent).



Figur 4: Målte nettonivåer av NO_2 , PM_{10} , $PM_{2,5}$ og grovfraksjon ($PM_{10} - PM_{2,5}$) sett i forhold til gjennomsnittet på stasjonene Kirkeveien, Løren og Manglerud (verdier gitt i prosent).

Målingene viser i gjennomsnitt følgende endringer fra vinteren 2004 til vinteren 2004/05 i nivå og nettonivå av luftforurensning på rv 4 sett i forhold til gjennomsnittet av stasjonene Kirkeveien, Løren og Manglerud:

<i>Parameter</i>	<i>Nivå</i>	<i>Nettonivå</i>
NO_2	-5 %	-13 %
PM_{10}	-19 %	-36 %
Grovfraksjon	-27 %	-39 %

Resultatene viser at reduksjonen er vesentlig større for PM_{10} og grovfraksjonen enn for NO_2 . For grovfraksjonen er bidraget fra veien (nettonivået) redusert med nærmere 40 %. Nitrogendioksid er redusert ca. 13 %. For $PM_{2,5}$ er reduksjonene svært små. $PM_{2,5}$ nivået har gått ned fra $15,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på Kirkeveien, Løren og Manglerud til $15,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fra 2004 til 2004/05. På rv 4 er reduksjonen fra $13,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ til $12,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tilsvarende er nettoverdiene redusert fra $5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ til $4,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på de tre stasjonene og fra $2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ til $1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på rv 4. Disse endringene er så små at de er sammenliknbare med måleusikkerheten.

Reduksjonen i NO_2 kan søkes forklart dels som et resultat av endrete spredningsforhold (midlere vindstyrke var 2,7 m/s første vinter og 3,1 m/s andre vinter, dvs. bedre spredning siste vinter), og dels som et resultat av endringene fra første til andre vinter i trafikkmengde, hastighet og kjøremønster. Det er sannsynlig at utslippsfaktoren for NO_x fra trafikkmengden på rv 4 endres noe p.g.a. endringen i hastigheten og kjøremønstret som er resultat av dette. Det finnes ikke tilstrekkelig godt datagrunnlag for å estimere denne endringen for trafikkmengden i rv 4 som går i stigning forbi målestasjonen.

Konklusjon:

Nettonivået (bidraget fra veien) har gått ned som følger fra vinteren 2004 til vinteren 2004/05:

- Nitrogenoksider ca. 10-15 %
- PM₁₀ ca. 35 %
- Grovfraksjonen ca. 40 %
- Endringene i PM_{2,5} er små regnet i nivå (og usikre regnet i prosent pga. lavt utgangsnivå).

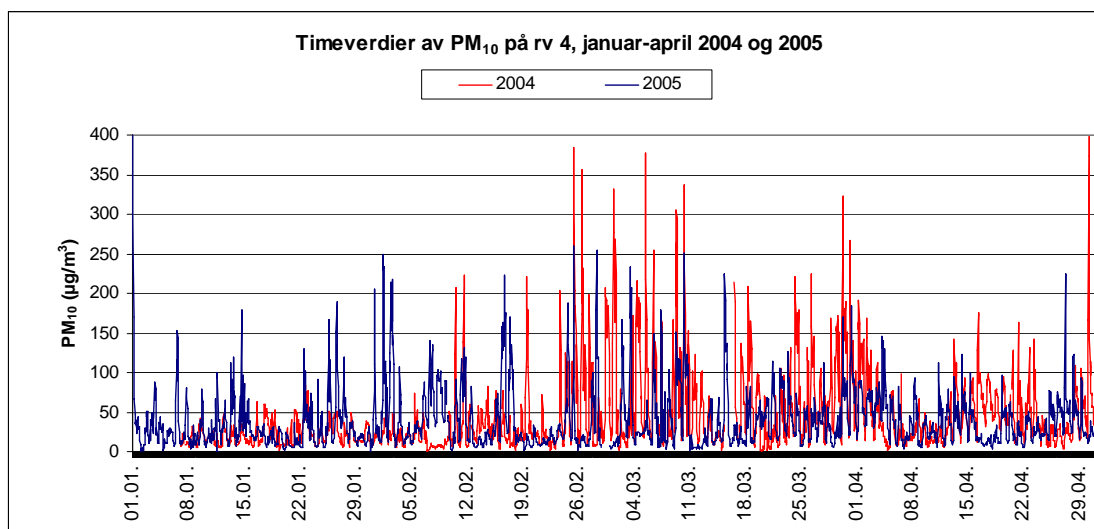
Trafikkmengden på rv 4 har samtidig gått ned 3 % (men økt i nærmeste kjørefelt), faktisk hastighet er blitt redusert med 14 % inn mot Oslo og 11 % utover, mens piggdekk-andelen har gått ned med ca. 10 % relativt.

4.3 Endring i antall høye verdier og overskridelser av grenseverdier for PM₁₀ på rv 4

Som forventet på forhånd og bekreftet i avsnittet foran er reduksjonen betydelig større for PM₁₀ enn for de andre målte komponentene som følge av hastighetsreduksjonen. Et spørsmål er likevel om reduksjonen er stor nok til at grenseverdien for døgnmiddelverdi på 50 µg/m³ med 35 tillatte overskridelser i året vil overholdes ved rv 4.

4.3.1 Høye timemiddelverdier av PM₁₀

Selv om det ikke er grenseverdi for timemiddelverdi av PM₁₀, er det likevel av stor interesse å se hvor stor reduksjonen i høye timemiddelkonsentrasjoner har vært. Figur 5 viser tidsserier av timemiddelverdier av PM₁₀ på rv 4 for månedene januar – april 2004 og 2005.



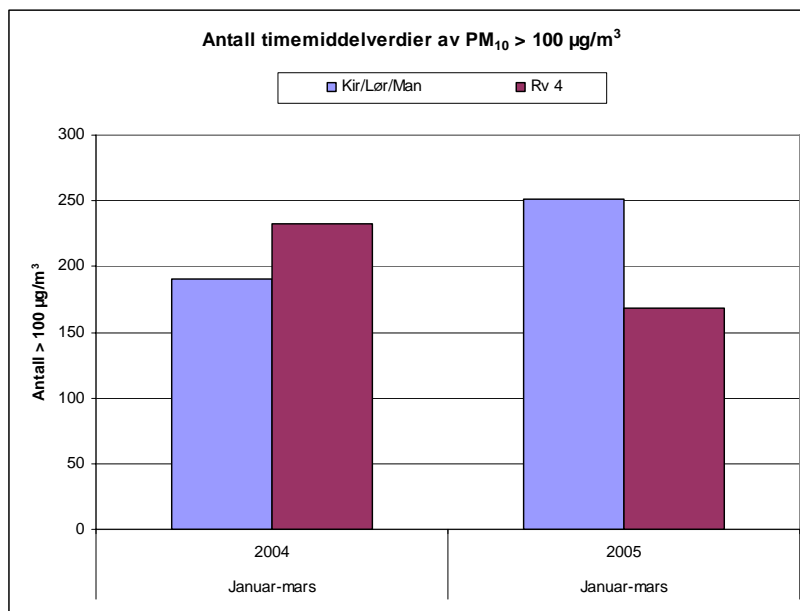
Figur 5: Timemiddelverdier av PM₁₀ på rv 4 i periodene januar – april 2004 og 2005 (µg/m³)

I perioden januar-april 2004 var skiltet hastighet 80 km/t forbi målestasjonen. På grunn av mye nedbør med våte kjørebane ble det ikke målt høye timemiddelverdier før ca. 10. februar. Fra slutten av februar og gjennom hele mars

var det lange perioder med tørre veier, som medførte tidvis høye konsentrasjoner. Flere episoder med konsentrasjoner over $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ble målt. Verdier på opp mot $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ natt til 30.4.2004 skyldes Statens vegvesens vårrengjøring i sørgående retning forbi målestasjonen.

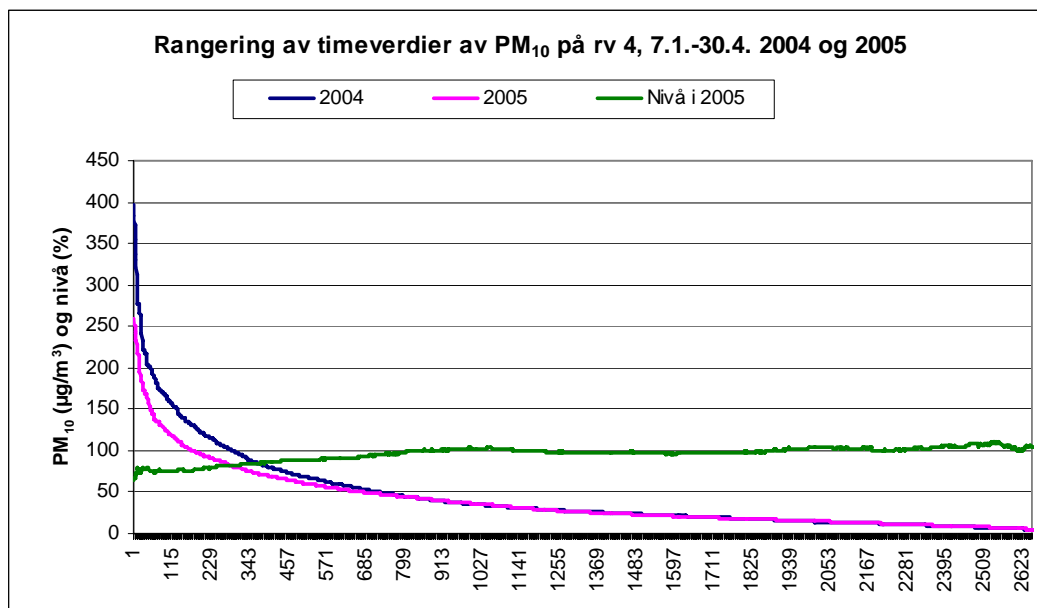
Hastighetsreduksjonen ble innført 1.11.2004, samtidig som det igjen ble tillatt å kjøre med piggdekk. De høyeste timemiddelverdiene av PM_{10} vinteren 2004/05 ble målt i desember 2004 med vel $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Etter nyttår var det noen få episoder rundt $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Det ser derfor ut til at de høyeste timemiddelverdiene er redusert med om lag $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ til vel $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dette tilsvarer en reduksjon på ca. 30 %.

Tabell D2 i Vedlegg D viser bl.a. antall timer med PM_{10} over $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de to vintrene både på rv 4, Aker sykehus og som gjennomsnitt for de tre stasjonene Kirkeveien, Løren og Manglerud. Figur 6, som oppsummerer dette, viser at første vinteren (januar-mars 2004) var det vel 20 % flere timer med PM_{10} over $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på rv 4 enn gjennomsnittet for de tre øvrige veinære stasjonene. I samme periode i 2005 økte dette antallet med over 30 % på de tre stasjonene, mens det gikk ned mer enn 25 % på rv 4. Ut fra dette ser det ut til at hastighetsreduksjonen og en mindre reduksjon i piggdekkbruk (ca. 10 %) vinteren 2004/05 har medført nesten en halvering av antall timemiddelverdier med PM_{10} over $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på rv 4 sett i forhold til de øvrige veinære stasjonene. Lengre perioder med tørre og bare veier i perioden januar-mars 2005 enn i perioden januar-mars 2004 har medført flere timemiddelverdier over $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som gjennomsnitt for stasjonene Kirkeveien, Løren og Manglerud til tross for redusert piggdekkbruk (ca. 10 % relativ reduksjon) som følge av nyinnført avgift. Hastighetsreduksjonen på rv 4 har altså mer enn kompensert for dette.



Figur 6: Antall timemiddelverdier av PM_{10} over $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på rv 4 og som gjennomsnitt på de tre veinære stasjonene Kirkeveien, Løren og Manglerud i periodene januar – mars 2004 og 2005.

I Figur 7 er de målte timemiddelverdiene av PM_{10} på rv 4 rangert etter fallende verdier, for perioden 7.1.-30.4 i 2004 og 2005. I 2004 startet målingene 7. januar, og det er valgt her å vise data fra like lange perioder begge vintrene. Figuren viser også nivået i prosent i 2005 i forhold til 2004 (den grønne kurven). Dette nivået er beregnet for hvert rangeringsnummer og datapar for alle timer med PM_{10} over $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i 2004. Figuren viser tydelig, som beskrevet ovenfor, at det var færre høye verdier i 2005 og at nivået var redusert 25-30 % for de høyeste verdiene. Ved timemiddelverdier under ca. $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ viser denne rangeringen et forholdsvis likt nivå de to vintrene. Dette er timer hvor det direkte veistøvbidraget betyr lite.



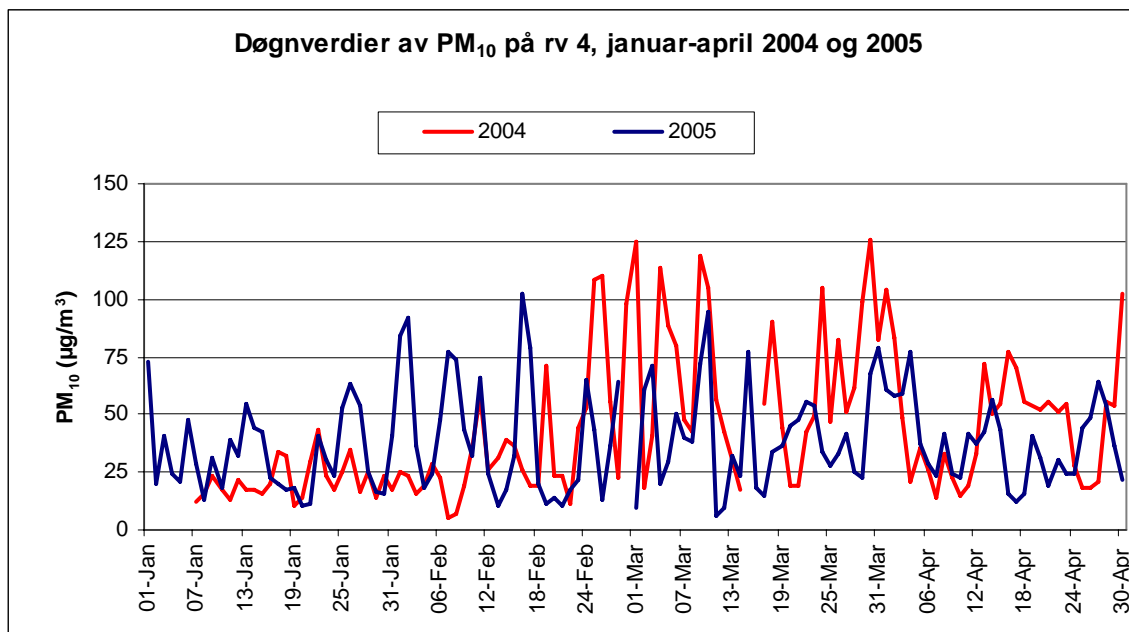
Figur 7: Rangering av timemiddelverdier av PM_{10} på rv 4 i perioden 7.1.-30.4. 2004 og 2005.

Konklusjon:

- De høyeste timemiddelkonsentrasjonene av PM_{10} er redusert med om lag $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ til $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dvs. ca. 30 %.
- På rv 4 gikk antall timer med PM_{10} over $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ned mer enn 25 % fra januar-mars 2004 til samme periode i 2005. På de andre veinære stasjonene økte dette antallet med over 30 %. Dette betyr at hastighetsnedsettelsen vinteren 2004/05 har medført 40-45 % færre timemiddelverdier over $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ enn det ville vært uten tiltaket.

4.3.2 Høye døgnmiddelverdier av PM_{10}

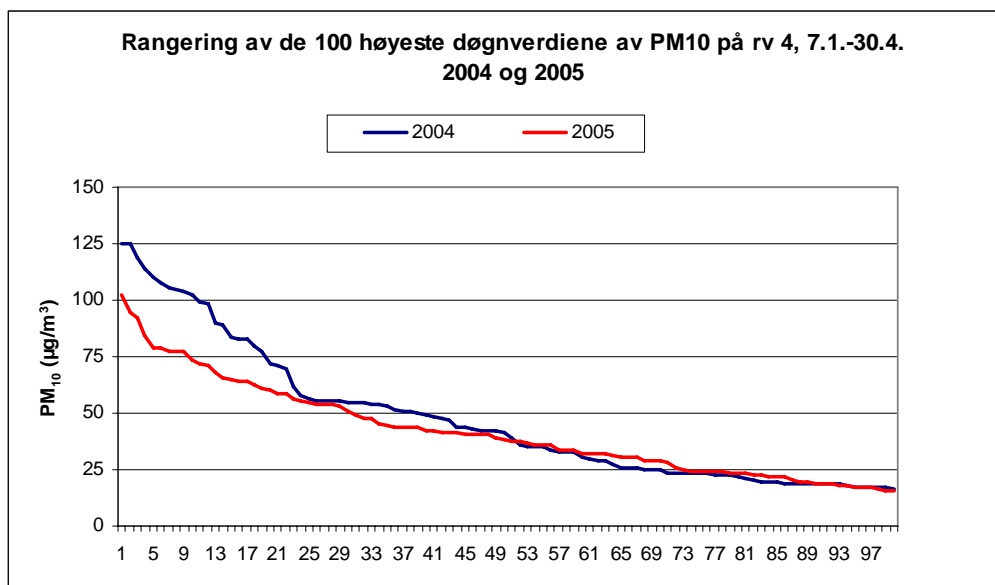
Figur 8 viser tidsserier av døgnmiddelverdier av PM_{10} på rv 4 for månedene januar – april 2004 og 2005. I 2004 ble det ikke tørre perioder før i slutten av februar, mens det i 2004/05 var tørre perioder gjennom hele vinteren, og særlig fra slutten av januar og framover.



Figur 8: Døgnmiddelverdier av PM_{10} på rv 4 i periodene januar – april 2004 og 2005 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

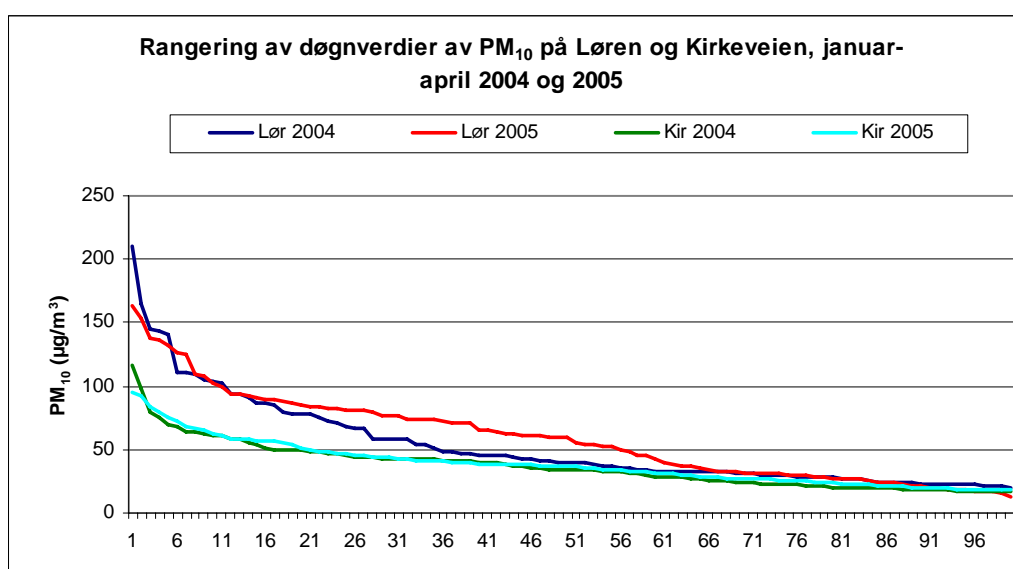
Det grafiske bildet i Figur 8 gir omtrent det samme inntrykket som bildet av timemiddelverdiene i Figur 5. Vinteren 2004 var det omtrent like mange døgnmiddelverdier i intervallet 100-125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ som det var i intervallet 75-100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ vinteren 2005. Toppverdiene er redusert med i alle fall 20 %. De laveste verdiene har endret seg lite.

Rangeringen av de 100 høyeste døgnmiddelverdiene i Figur 9 viser at nedgangen som for timemiddelverdiene er størst for de høyeste verdiene. Med synkende forurensningsnivå får andre kilder enn piggdekkslitasje og oppvirvling større betydning, og endringen blir mindre regnet både i absolutte og relative verdier.



Figur 9: Rangering av de 100 høyeste døgnmiddelverdiene av PM_{10} på rv 4 i perioden 7.1.-30.4. 2004 og 2005.

Figur 10 viser rangering av døgnmiddelverdier av PM_{10} for perioden januar-april 2004 og 2005 for to andre veinære stasjoner, Kirkeveien og Løren. For de ca. 15 høyeste verdiene er det liten eller ingen endring på Løren, mens de 50 neste verdiene faktisk er høyere vinteren 2005. Dette kan delvis ha sammenheng med litt økt trafikk i 2005, men skyldes trolig mest at det i 2005 har vært atskillig flere dager med delvis tørre veier. På Kirkeveien er det en svak tendens til litt høyere konsentrasjoner for nesten alle disse ca. 100 høyeste døgngene vinteren 2005 i forhold til vinteren 2004.



Figur 10: Rangering av de 100 høyeste døgnmiddelverdiene av PM_{10} på Kirkeveien, Løren og Manglerud i periodene januar-april 2004 og 2005 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Denne analysen av døgnmiddelverdiene av PM_{10} viser at særlig de høyeste verdiene er betydelig redusert på rv 4 fra vinteren 2004 til vinteren 2004/05. Et viktig spørsmål blir da om reduksjonen er tilstrekkelig til å overholde grenseverdien som sier at det i løpet av et kalenderår ikke skal være mer enn 35 verdier over $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabell D2 i Vedlegg D gir også data for antall overskridelser av denne verdien. I perioden januar-mars 2004 var det 23 døgnmiddelverdier over $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på rv 4, mens det var 21 tilsvarende verdier som gjennomsnitt for Kirkeveien, Løren og Manglerud. I perioden januar-mars 2005 var det tilsvarende 24 slike verdier på rv 4 og 32 på de øvrige veinære stasjonene. Antallet overskridelser på de tre stasjonene økte til tross for litt redusert piggdekkandel, mens det var omtrent et uforandret antall overskridelser på rv 4. Lengre perioder med tørre og bare veier gir potensiale for flere høye verdier. Effekten av redusert piggdekkbruk er lite synlig i dataene.

For hele måleperioden den andre vinteren (oktober 2004-april 2005) var det 50 døgnmiddelverdier over $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som gjennomsnitt for de tre øvrige veinære stasjonene, mens det tilsvarende var 38 døgn over $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på rv 4. Uten hastighetsreduksjonen på rv 4 ville det trolig vært mer enn 50 overskridelser på denne stasjonen basert på at det i perioden januar-mars 2004, hvor det ikke var hastighetsnedsettelse, var flere overskridelser på rv 4 enn gjennomsnittet på de øvrige veinære stasjonene. Hastighetsreduksjonen har dermed hatt en betydelig effekt, men gjeldende grenseverdi ser fortsatt ut til å kunne overskrides. For å være sikker på å overholde grenseverdien på rv 4 må trolig den faktiske hastigheten reduseres ned til skiltet hastighet på 60 km/t. Vinteren 2004/05 var den faktiske hastigheten i området 65-70 km/t.

Konklusjon:

- De høyeste døgnmiddelverdiene av PM_{10} på rv 4 er redusert mer enn 20 % fra vinteren 2004 til vinteren 2004/05.
- Antallet døgnmiddelverdier over $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på rv 4 var vinteren 2004/05 mer enn 30 % mindre enn det ville vært uten hastighetsnedsettelsen.
- Til tross for nedsatt hastighet og en noe redusert piggdekkbruk var det mer enn 35 overskridelser av grenseverdien for døgnmiddelverdi av PM_{10} på $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vinteren 2004/05 (oktober-april).

4.4 Endring i forurensningsnivået på rv 4 i utvalgte sammenlignbare timer de to vintrene med vesentlige bidrag fra trafikken

Foran er det gjort en vurdering av målte endringer i middelkonsentrasjoner av de ulike parametrene, samt antall høye enkeltkonsentrasjoner og overskridelser av PM₁₀. I dette avsnittet er det gjort en analyse av et utvalg timer med veldefinerte meteorologiske og trafikale forhold i de to måleperiodene. Her er det valgt ut timer hvor trafikken har gitt klare bidrag til de målte konsentrasjonene.

De timene som er med i analysen er valgt ut etter følgende 12 kriterier:

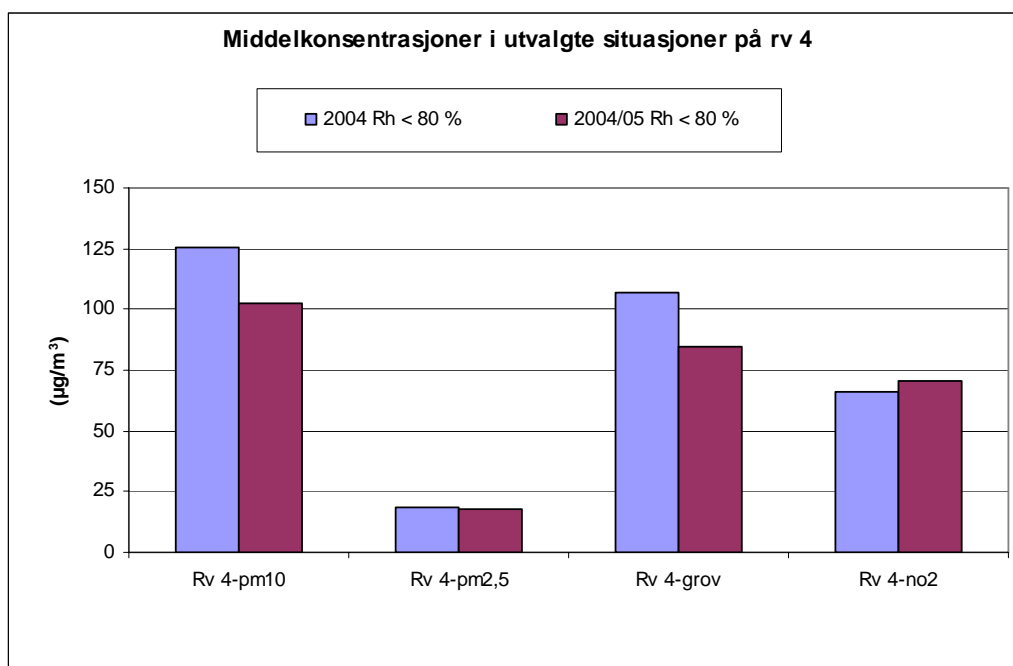
- 1) Måleperioden vinteren 2004 er 16.1.-2.4. og 13.-15.4.2004. Hele påsken er kuttet ut, men de tre første dagene etter påske er med (piggdekk tillatt).
- 2) Måleperiode vinteren 2004/05 er 1.11.-23.12.2004, 3.1.-18.3.2005 og 29.-31.3.2005. Her er oktober 2004 ikke med pga. hastigheten ikke var nedsatt denne måneden og fordi det ikke var tillatt med piggdekk. Videre er jul, nyttår og påske ikke med, men de tre første dagene etter påske.
- 3) Bare virkedagene mandag-fredag er med. Disse dagene er det små variasjoner i trafikkbildet.
- 4) Bare perioden kl 0600-2000 er med, dvs at lavtrafikkperioden kveld/natt er ikke med.
- 5) Det kreves data for alle luftkvalitetsparametrene både på rv 4 og på bakgrunnsstasjonen på Aker sykehus, samt meteorologiske data fra Valle Hovin, for at timer tas med.
- 6) Målte konsentrasjoner og beregnede nettokonsentrasjoner (rv 4 fratrukket Aker sykehus) må være $> -2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Små negative konsentrasjoner kan forekomme ved svært lavt forurensningsnivå pga. måleusikkerhet.
- 7) Vindstyrke 1-4 m/s. De fleste timene med høye konsentrasjoner forekommer i dette vindstyrkeintervallet. Ved lavere vindstyrke enn 1 m/s kan turbulensen fra trafikken bli for dominerende, slik at vindretningen ved veien ikke er definert.
- 8) Bare timer hvor det minst foreligger trafikktegn og kjørehastighet i de sørgående feltene er tatt med. Det mangler mye trafikktegn vinteren 2004/05.
- 9) Bare timer med gjennomsnittlig kjørehastighet over 70 km/t vinteren 2004 er tatt med. Dette eliminerer køsituasjoner.
- 10) Bare timer med gjennomsnittlig kjørehastighet over 60 km/t vinteren 2004/05 er tatt med. Selv om hastigheten er redusert betydelig fra vinteren 2004 til vinteren 2004/05, er det likevel svært få timer under 60 km/t utenom rushtidene vinteren 2004/05.
- 11) Bare timer med vind i en bred sektor fra 60° til 300° er tatt med. Ved øvrige vindretninger blåser det fra målestasjonen mot veien. Veiens retning er ca. 60/240°. Måledataene viser likevel at vindretning helt ut til 300° målt på Valle Hovin ofte gir klart forhøyede konsentrasjoner på målestasjonen i forhold til bakgrunnsstasjonen.

- 12) Ved analysen av dataene fra de utvalgte timene er materialet delt i to grupper, over og under 80 % relativ fuktighet. De relativt få tilfellene med nedbør kommer i klassen over 80 %, og de aller fleste tilfellene med høye konsentrasjoner kommer i klassen under 80 %.

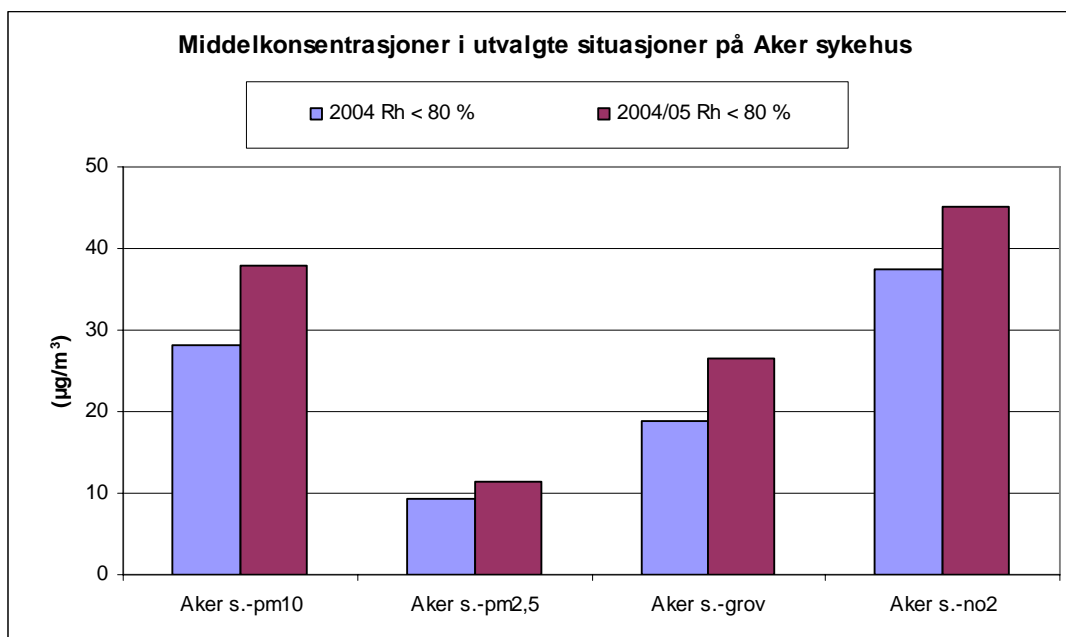
Hovedresultatene fra denne analysen er vist i Figur 11, Figur 12 og Figur 13. (Se også Tabell D3 i Vedlegg D). Ved vurderingen av dataene er det valgt å legge mest vekt på trafikktallene i sørgående felter fordi disse er nærmest målestasjonen og vil gi det største bidraget til de målte konsentrasjonene.

Analysene viser at nettokonsentrasjonene (trafikkens bidrag) er redusert betydelig fra vinteren 2004 til vinteren 2004/05 for PM₁₀ og grovfraksjonen. For PM_{2,5} og NO₂ er nedgangen mindre, se Figur 13.

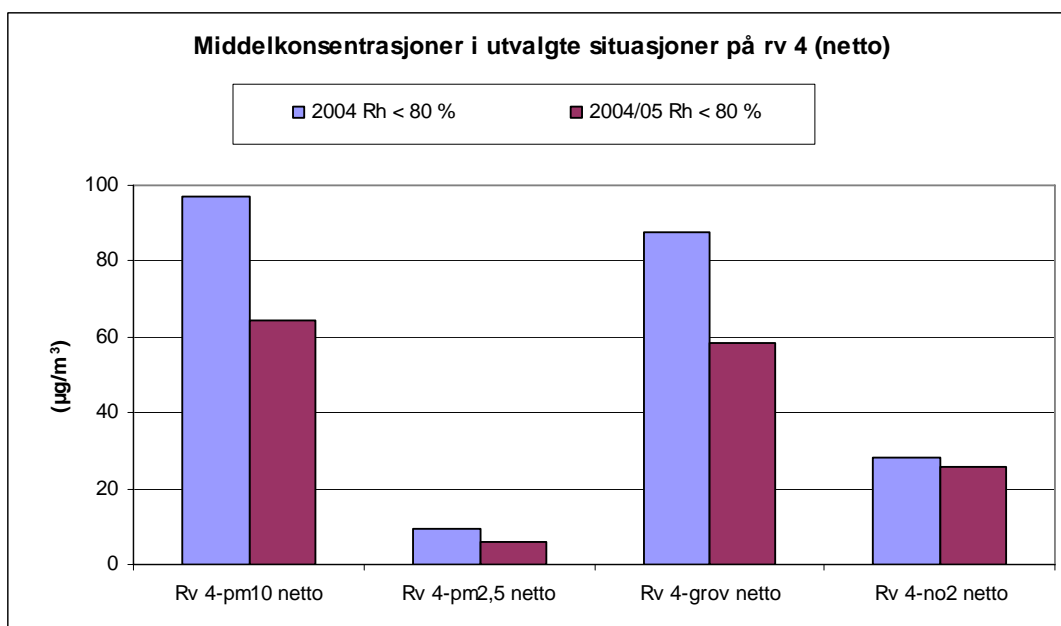
Bakgrunnstasjonen på Aker sykehus hadde høyere konsentrasjoner av alle komponenter siste vinteren enn i første vinteren (Figur 12). Den viktige årsak til dette er hyppigere vind fra sør og sørvest og mindre hyppig vind fra nordøst og øst vinteren 2004. Bakgrunnstasjonen har derfor vært oftere påvirket av utslippene på ring 3 den siste vinteren. Bidraget fra ring 3 til de målte konsentrasjonene på rv 4 og bakgrunnstasjonen regnes i gjennomsnitt å være like store, fordi avstanden fra ring 3 til de to stasjonene er omtrent den samme.



Figur 11: Gjennomsnittskonsentrasjoner av svevestøv og NO₂ på rv 4 i utvalgte timer vintrene 2004 og 2004/05 når det var under 80 % relativ luftfuktighet.



Figur 12: Gjennomsnittskonsentrasjoner av svevestøv og NO₂ på bakgrunnsstasjonen Aker sykehus i utvalgte timer vintrene 2004 og 2004/05 når det var under 80 % relativ luftfuktighet.



Figur 13: Netto gjennomsnittskonsentrasjoner av svevestøv og NO₂ på rv 4 i utvalgte timer vintrene 2004 og 2004/05 når det var under 80 % relativ luftfuktighet. Nettoverdiene framkommer ved å trekke konsentrasjonene på Aker sykehus fra konsentrasjonene på rv 4. Nettokonsentrasjonene er det bidraget som skyldes trafikken på veien.

Målingene viser i gjennomsnitt følgende endringer fra vinteren 2004 til vinteren 2004/05 i nivå og nettonivå av luftforurensning på rv 4 for de utvalgte timene når luftfuktigheten var under 80 %:

<i>Parameter</i>	<i>Nivå</i>	<i>Nettonivå</i>
NO ₂	7 %	-10 %
PM ₁₀	-18 %	-33 %
Grovfraksjon	-20 %	-33 %

Konklusjon:

Ved tørre veier (her ved antatt relativ fuktighet under 80 %) i utvalgte timer med betydelige bidrag fra rv 4, har nettonivået gått ned som følger fra vinteren 2004 til vinteren 2004/05.

- NO₂ ca. 10 %
- PM₁₀ ca. 30-35 %
- Grovfraksjonen ca. 30-35 %
- Endringene i PM_{2,5} er små regnet i nivå (og usikre regnet i prosent pga. lavt utgangsnivå).

For de utvalgte timene har trafikkmengden gått ned med 7,5 % (noe mer inn mot enn ut fra Oslo), og kjørehastigheten er redusert med ca. 16 % (omtrent like mye inn og ut).

4.5 Samlet vurdering av endringen i forurensningsnivået på rv 4

Analysen av endringene i forurensningsnivå mellom de to vintrene er vist i Tabell 2.

Tabell 2: Endringer i forurensningsnivå på rv 4 fra vinteren 2004 til vinteren 2004/05 basert på forskjellige analyser (alle tall i prosent).

Komponent	Gjennomsnittsverdier¹⁾		Analyse basert på		
	nivå %	nettonivå %	høyeste time-verdier %	høyeste døgn-verdier %	utvalgte timeverdier %
NO₂	- 5	- 13			- 10
PM₁₀	- 19	- 36	- 30	< - 20	- 33
PM_{grov}	- 27	- 39			- 33
Trafikkmengde	- 3				- 7,5
Kjørehastighet	- 14 (inn) /- 11 (ut)				- 16
Piggdekkandel	Ca. – 10 % relativt				

¹⁾ Nivå på rv 4 i forhold til gjennomsnittet av Kirkeveien, Løren og Manglerud. Nettonivå er rv 4 minus bakgrunnskonsentrasjonene fra Aker sykehus i forhold til netto nivå på Kirkeveien, Løren og Manglerud.

Sammendraget i Tabell 2 viser at reduksjonen i PM₁₀ og i grovfraksjonen av PM₁₀ er av størrelse 30-40 % fra første til andre vinter. Samtidig er altså trafikkmengden redusert med 3 % i gjennomsnitt (men økt i feltet nærmest målestasjonen), og piggdekk-andelen er redusert med ca. 10 % relativt. Samtidig var det høyere vindstyrke i gjennomsnitt andre vinter (3,1 m/s mot 2,7 m/s) og

derved bedre spredning som vil gi lavere konsentrasjoner i gjennomsnitt. Imidlertid, når rv 4-nivået sammenlignes med det en har på Kirkeveien/Løren/Manglerud, er endringene i piggdekkandelen og meteorologi nøytralisert ved at det er tilnærmet samme virkning på alle stasjonene.

Det er analysen basert på gjennomsnittsverdier som gir de mest signifikante resultatene for reduksjonen i PM-verdier, fordi det her er sett på nettoverdier i forhold til bakgrunn og i forhold til de andre stasjonene der hastighetsendring ikke er innført, og fordi endringene i spredningsforhold og piggdekkandel er nøytralisert. Resultatene fra de andre analysene (høye og utvalgte timer og døgn) underbygger og støtter imidlertid at reduksjonen i PM-verdier er betydelig, mer enn 35 %, når en tar hensyn til at trafikkmengden er redusert med 3 %.

De høyeste timeverdiene av PM₁₀ på rv 4 har gått ned 25-30 % fra første til andre vinter. De høyeste døgnmiddelverdiene er redusert med minst 20 %.

De høyeste døgnmiddelverdiene på de andre veinære stasjonene var i gjennomsnitt på omtrent samme nivå de to vintrene. Sammenliknet med en reduksjon i middelverdien av PM₁₀ på vel 15 %, kan dette tyde på at også redusert piggdekkandel har hatt en viss effekt, som ut fra dette kan anslås til 5-10 %. Tellinger på faste parkeringsplasser og bensinstasjoner i Oslo sentrum og Oslo nord tyder på en nedgang i piggdekkandelen på 2-3 prosentpoeng, eller rundt 10 % regnet relativt.

Selv om PM₁₀ fra trafikken ble betydelig redusert den siste vinteren, var det likevel mer enn 35 overskridelser på rv 4 av grenseverdien for døgnmiddelverdi på 50 µg/m³. Dette skyldes i hovedsak lange perioder med bare og tørre veibaner og veikanter. Toppverdiene ble betydelig redusert, men ikke antallet verdier over grenseverdien.

4.6 Sammenligning mellom målt reduksjon i PM og beregningsmodell

I VLUFT-modellen regnes oppvirvlingen av veistøv, og derved konsentrasjonen av grovfraksjonen av PM₁₀ i luft ved veien, å være proporsjonal med kvadratet av kjørehastigheten. En hastighetsreduksjon på 14 %, som målt ved rv 4, gir da i modellen en reduksjon i grovfraksjonen på 26 %.

Målt reduksjon i grovfraksjonen fra rv 4 er en del større enn dette, ca. 35 %. Det synes derved som at modellen undervurderer noe betydningen av hastighetsendringen ved rv 4. Det kan være grunnlag for å se nærmere på modellens formulering av veistøvgenerering og oppvirvling.

5 Identifisering og kvantifisering av støvkildene

Reseptormodeller benytter seg av støvmålinger i et målepunkt og vil med gode målinger kunne identifisere kildene for partiklene og kvantifisere bidraget fra hver enkelt kilde hvis kildene er forskjellige med hensyn til utslippenes kjemiske sammensetning. Noen av de mest brukte modellene de siste 10 – 15 årene er basert på faktoranalyse og gjør bruk av positiv matrisefaktorisering (PMF). Modellene betegnes PMF-modeller (Paatero, 1993 og Paatero og Tapper, 1993, 1994). Felles for disse modellene er at det trengs mange datasett for å fange dataenes karakteristiske variasjon pga. hver kilde. Med få datasett kan resultatet styres av tilfeldige feil snarere enn av kildenes bidrag, som da gir feil resultater. Beregningene beskrevet nedenfor identifiserer og kvantifiserer i alt 7 forskjellige kilder og kildegrupper, og må sies å være vellykkede selv om antall prøver og kjemiske komponenter som ble analysert ikke ga en helt tilfredsstillende identifisering og kvantifisering av alle kildebidragene.

Forskjellige varianter av PMF-modellen på partikler er mye brukt, og det publiseres jevnlig artikler i internasjonale tidsskrifter. Spesielt mye publiseres fra Nord-Amerika, se f.eks. Kim *et al.* (2004a, 2004b), Li *et al.* (2004), Lee *et al.* (2003), Larson *et al.* (2004).

I dette arbeidet er det brukt en 2-dimensjonal PMF-modell med betegnelsen PMF2. Det henvises til referansene for beskrivelse og mer om anvendelsen av metoden.

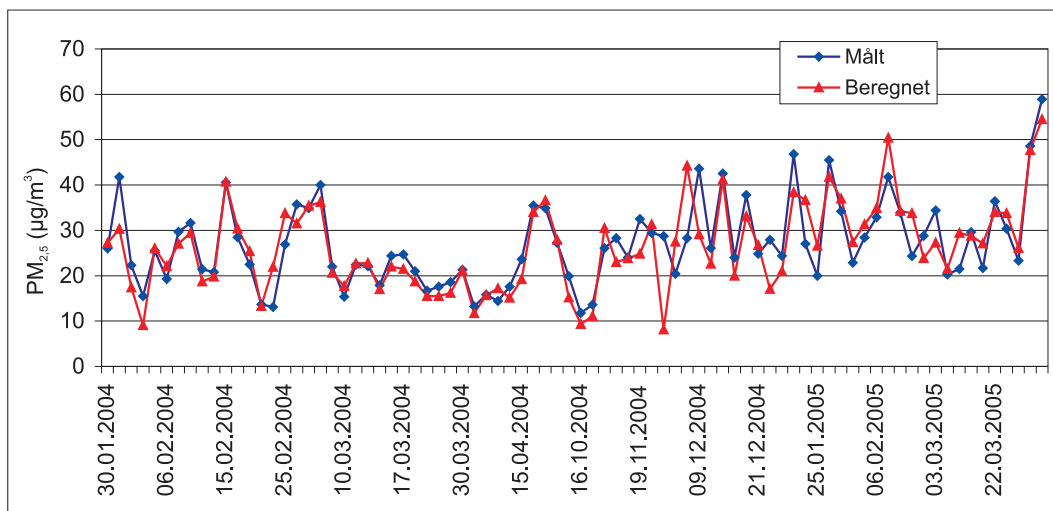
5.1 Sammenligning av målte og estimerte støvmengder

Grafer som viser sammenhengen dag for dag av målt og estimerte støvmengder finnes i Figur 14, Figur 15 og Figur 16.

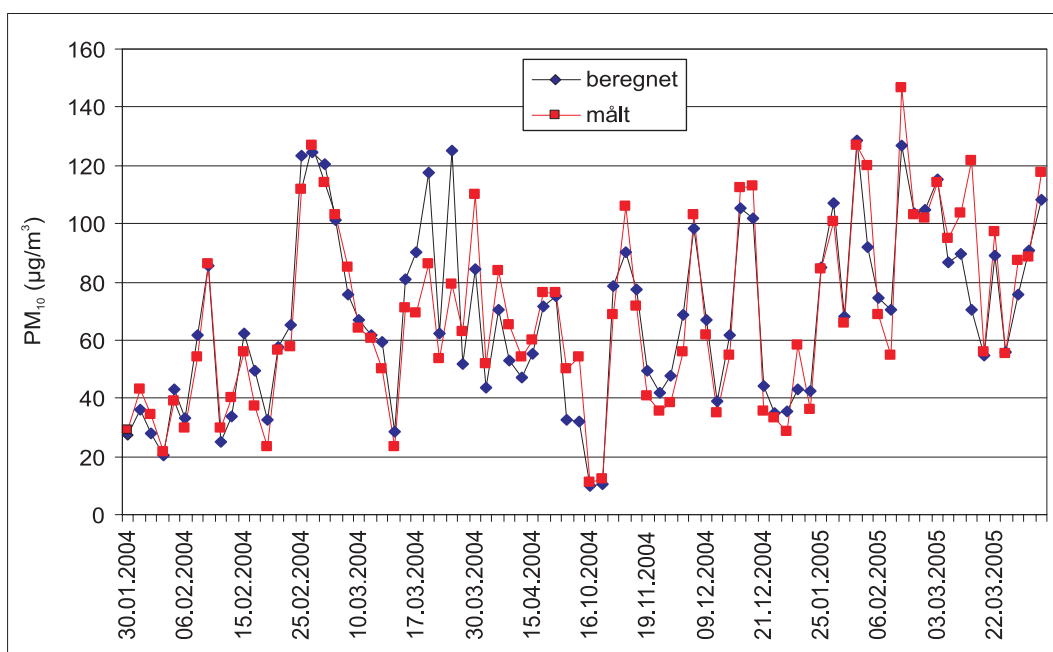
Finfraksjonen viser en generell god sammenheng mellom målte og estimerte PM_{2,5}-konsentrasjoner (Figur 14). Det finnes også enkelte store avvik, spesielt fra dagene 29.11 og 6.12.2004 hvor det ser ut til å være en dag forskyvning av en tidsserie. Avvik av størrelsesorden 10 µg/m³ ses også i et par andre prøver.

Resultatene for PM₁₀ har også et godt samsvar mellom målt og beregnet, men det er større avvik noen dager (bl.a. 19.3 og 24.3.2004, og 20.3.2005). Det har vist seg at døgnprøvetakeren (KFG) ga for lave konsentrasjoner av PM₁₀ i første periode sammenlignet med data fra annen periode og med data fra en eldre sammenligning. På dette grunnlag er det sannsynlig at de målte PM₁₀-konsentrasjonene i første periode er omlag 30 prosent høyere enn i Figur 15. De beregnede PM₁₀-konsentrasjonene fra første periode følger de målte konsentrasjonene og er tilsvarende lave. Dette er nærmere omtalt i neste kapittel.

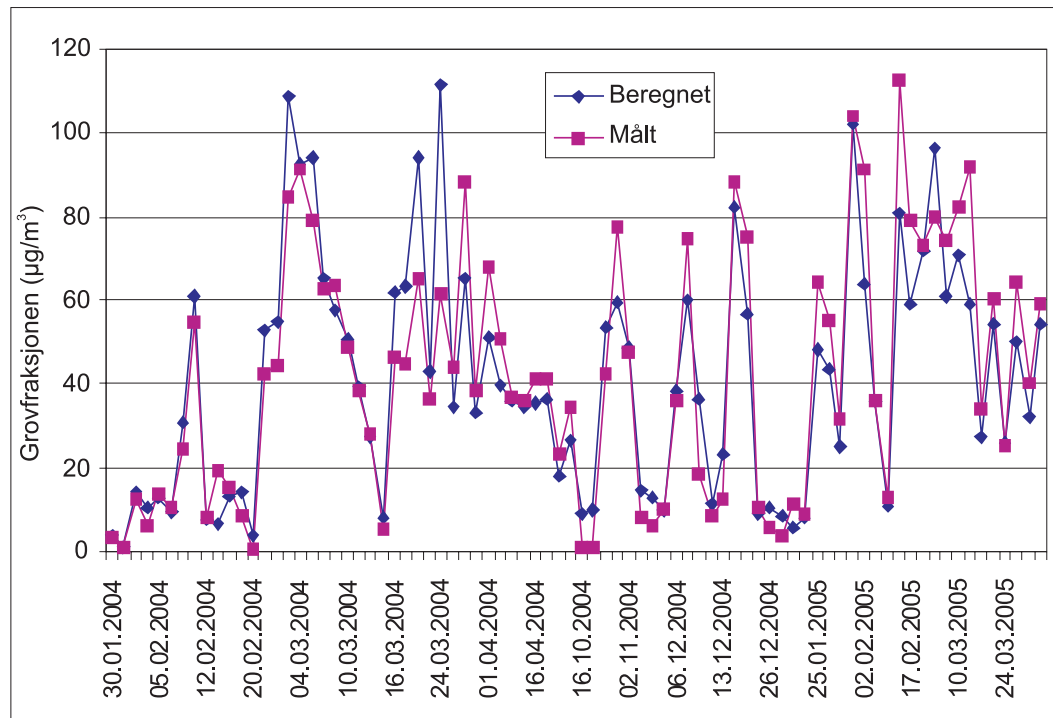
Resultatene for grovfraksjonen PM₁₀–PM_{2,5} er også generelt gode i likhet med resultatene for de to andre fraksjonene (Figur 16). Det ses at avvikene for PM₁₀ gjentas for grovfraksjonen.



Figur 14: Målt og beregnet PM_{2,5} (µg/m³).



Figur 15: Målt og beregnet PM₁₀ (µg/m³).



Figur 16: Målt og beregnet støv i grovfraksjonen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

5.2 Beregningene av bidrag fra de ulike støvkildene

Halvparten av hvert filter ble analysert for metaller, og en tolvdel ble analysert for hovedkomponentene (sulfat, nitrat, ammonium, klorid, natrium, kalsium og kalium). Luftvolumet til hver prøve var ca 26 m^3 , slik at luftvolumene av hovedkomponentene ble mye lavere enn vanlig, og dette har medført lavere kjemisk analysenøyaktighet enn vanlig for disse komponentene. Behandling av usikkerhet og data mindre enn deteksjonsgrensen er i samsvar med de metodene som brukes i forbindelse med PMF (Polissar *et al.*, 1998).

Det er gjort tre uavhengige serier med beregninger, for PM_{10} , for $\text{PM}_{2,5}$ og for grovfraksjonen, dvs. $\text{PM}_{10} - \text{PM}_{2,5}$. Det ble sendt 80 sett filtre til analyse og alle resultatene er brukt i beregningene.

Som ventet ble flere av kildene som til slutt ble identifisert funnet i flere av partikkelfraksjonene. Samtlige beregnede kildepåvirkninger dag for dag og kildesammensetninger er presentert nedenfor eller i Vedlegg E. Kildesammensetningene angir beregnet brøkdeler av kjemiske komponenter og metaller i kilden, og er gitt i logaritmisk skala.

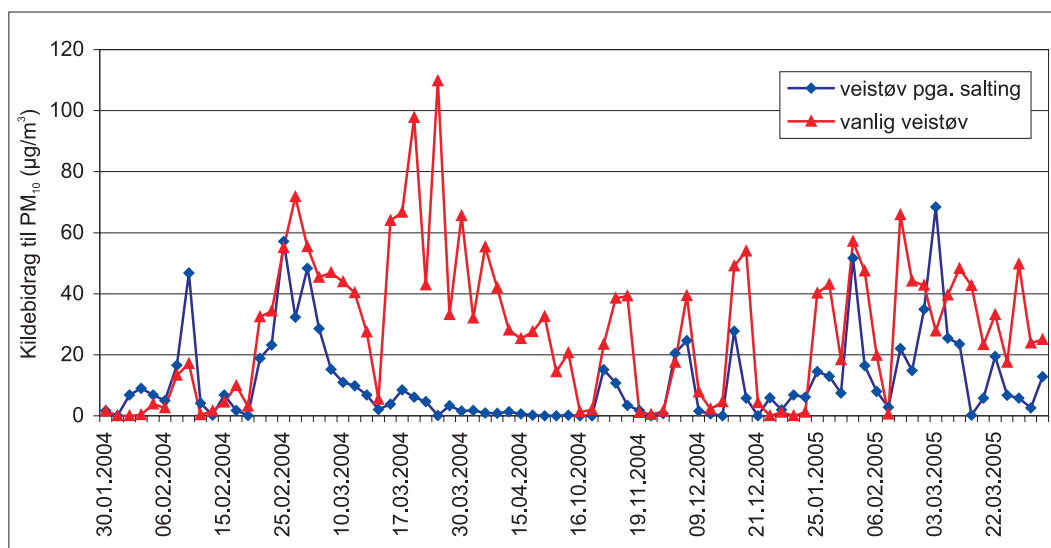
Tabell 3 gir en oversikt over de kildene som ble funnet.

Tabell 3: Oversikt over antatte kilder og kildegrupper.

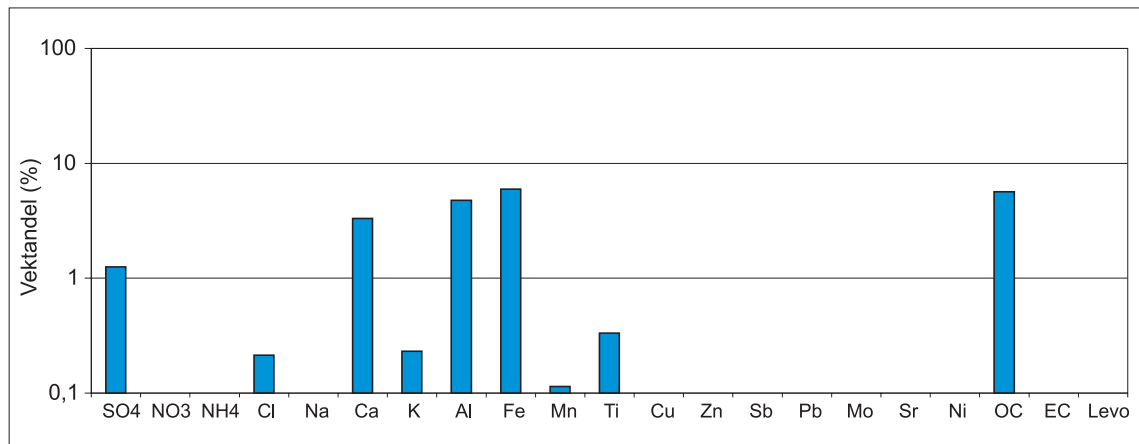
Antatt kilde/kildegruppe	Finfraksjonen PM _{2,5}	PM ₁₀	Grovfraksjonen PM ₁₀ – PM _{2,5}
Vanlig veistøv *	✓	✓	✓
Veistøv med NaCl		✓	✓
Kjøretøy/diesel/dekkpigger	✓	✓	
Langtransporterte luftforurensninger	✓	✓	
Antropogen kilde med vedfyring	✓	✓	
Sulfat og karbonrik antropogen kilde	✓		
Resuspensjon av støv med mye biologisk materiale			✓

* for PM_{2,5} fås bare 1 veistøvkilde, og denne inneholder også NaCl.

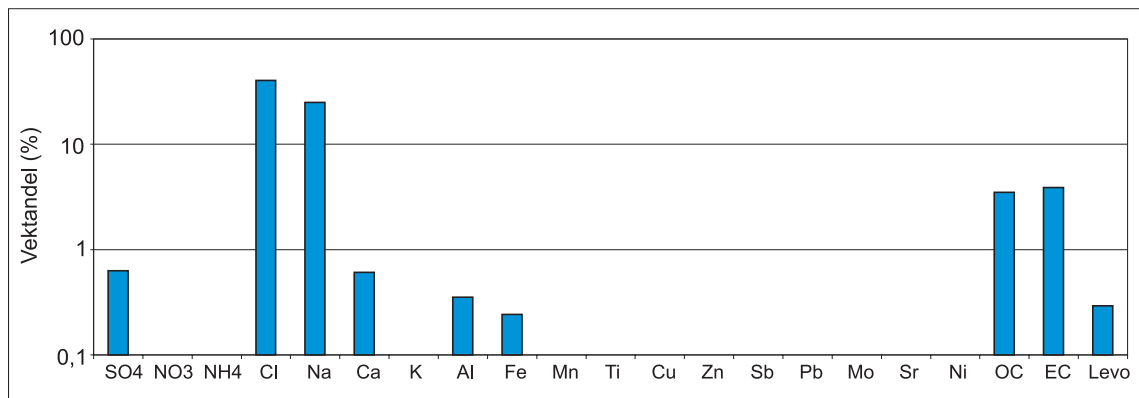
Figur 17 viser bidragene til PM₁₀-konsentrasjonene fra de to veistøvkildene. Kildenes sammensetning finner en i Figur 18 og Figur 19. Den ene kilden inneholder jordelementene Ca, Al, Fe og Ti i tillegg til enkelte andre elementer, sulfat og organisk karbon, og representerer en generell veistøvkilde. Det er kjent fra litteraturen (f.eks. Kim og Hopke, 2004) at støvkilder inneholder disse komponentene i tillegg til mye silisium, som ikke er bestemt her. Den andre kilden domineres av natriumklorid fra veisaltning i tillegg til karbon. Begge kildene bidrar på tørre dager og ikke når både veibanen og støvet er vått. Den ene kilden bidrar bare (formodentlig) etter opptørking av saltede veier (Figur 17).



Figur 17: Kildebidrag til PM₁₀ fra vanlig veistøv og veistøv etter salting av veien (µg/m³).



Figur 18: Vanlig veistøv i PM₁₀, beregnet kildesammensetning.



Figur 19: Veistøv med veisalt i PM₁₀, beregnet kildesammensetning.

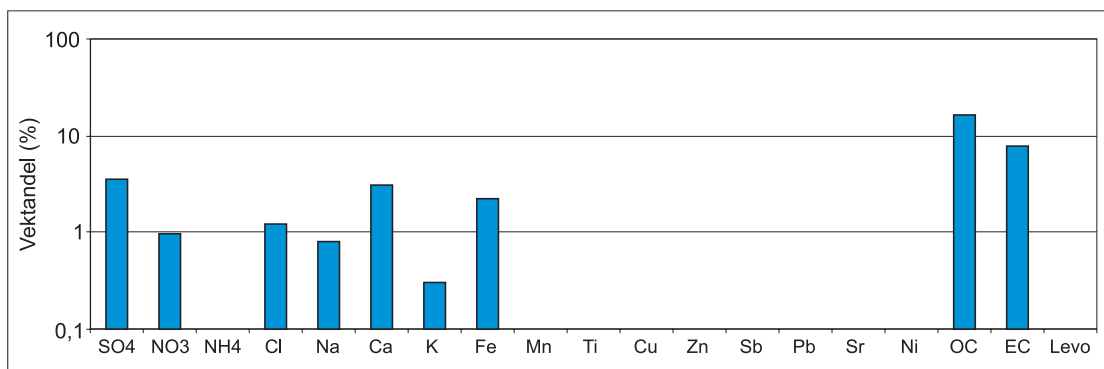
Det ses av Figur 17 at det vanlige veistøvet synes å bidra mer i første måleperiode enn i annen periode da hastigheten var en del lavere. Som omtalt over ga døgnprøvetakeren (KFG) lavere verdier enn PM₁₀-monitoren i første periode sammenlignet med målingene i annen periode¹. De virkelige bidragene fra veistøv til PM₁₀ i første periode er derfor sannsynligvis enda høyere enn indikert i Figur 17 (omlag 30 %).

¹ Sammenligninger mellom KFG-målingene og PM-monitoren (TEOM av standard type) i annen måleperiode viser seg å være helt i samsvar med en tilsvarende sammenligning utført for noen år siden (Schaug, upubliserte data). En kan derfor være sikker på at resultatene fra annen periode er riktige. Grafer som fremstiller KFG-målingene i de to måleperiodene som funksjoner av de tilsvarende TEOM målingene viser meget gode korrelasjoner mellom KFG og TEOM i begge periodene. Annen måleperiode og eldre målinger har imidlertid et KFG/TEOM forhold på 0,92 og 0,93, mot 0,72 i første måleperiode her. Standard type TEOM-monitor har tidligere vist seg å være svært pålitelig, og feilen er mest trolig å finne i KFG-instrumentet i første periode. En mulig årsak kan ligge i luftvolummålingene i KFG-prøvetakeren.

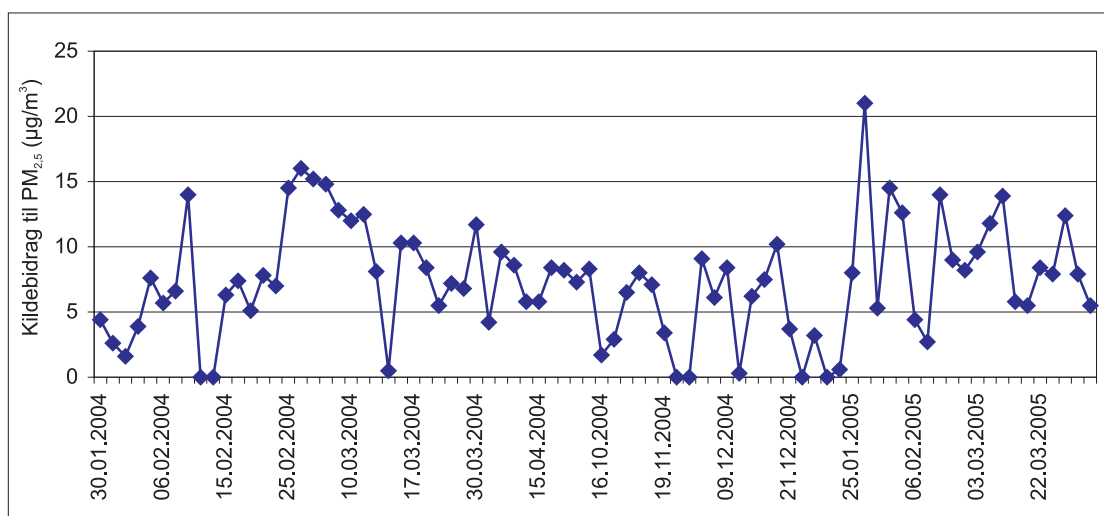
For bedre å kunne sammenligne bidragene fra vanlig veistøv i første og i annen måleperiode, er PM₁₀-konsentrasjonene for tørre vinter- og vårdager i første periode korrigert ved hjelp av regresjonsligningen mellom KFG og TEOM fra annen periode. Veistøvbidragene ble korrigert med den samme regresjonsligningen som for PM₁₀. Dager med svært dårlig samsvar mellom beregnede og målte PM₁₀ konsentrasjoner (mer enn 20 µg/m³ avvik) ble ikke tatt med.

En beregning av midlere bidrag for vanlig veistøv fra analyserte filtre på tørre dager, og med korreksjonen som beskrevet over for første måleperiode, viser $51,0 \mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$ i første vinter-vår periode (20 prøver) mot tilsvarende $39,5 \mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$ i annen periode (13 prøver). Dette gir 23 % lavere middelerverdi i annen periode sammenlignet med første måleperiode. De tilsvarende medianene er 49,6 og $40,2 \mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$, som tilsvarer en 19 prosent lavere median på tørre dager i annen periode. Differansen mellom midlene er statistisk signifikant større enn null.

De to veistøvkildene gir dominerende, og omtrent like store bidrag til grovfraksjonen, ca. 80 % til sammen av midlere støv i grovfraksjonen når alle analyserte prøver er tatt med. Beregningene viser også, alle analyserte prøver sett under ett, at støvkilden med veisalt bidrar nesten utelukkende til grovfraksjonen, og vanlig veistøv mer til grovfraksjonen enn til finfraksjonen. Ser en på finfraksjonen $\text{PM}_{2,5}$ finner man bare én enkelt veistøvkilde som inneholder stort sett de samme komponentene som i kildene over (Figur 20). Denne er mindre avhengig av våt og tørr veibane, og bidrar stort sett med $5\text{--}15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ til $\text{PM}_{2,5}$, se Figur 21.

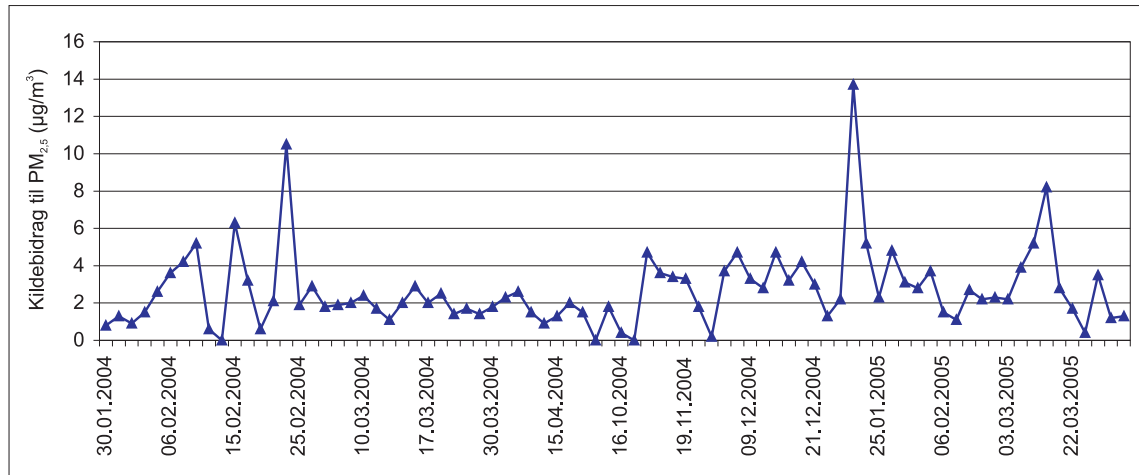


Figur 20: Veistøv med veisalt i $\text{PM}_{2,5}$, beregnet kildesammensetning.

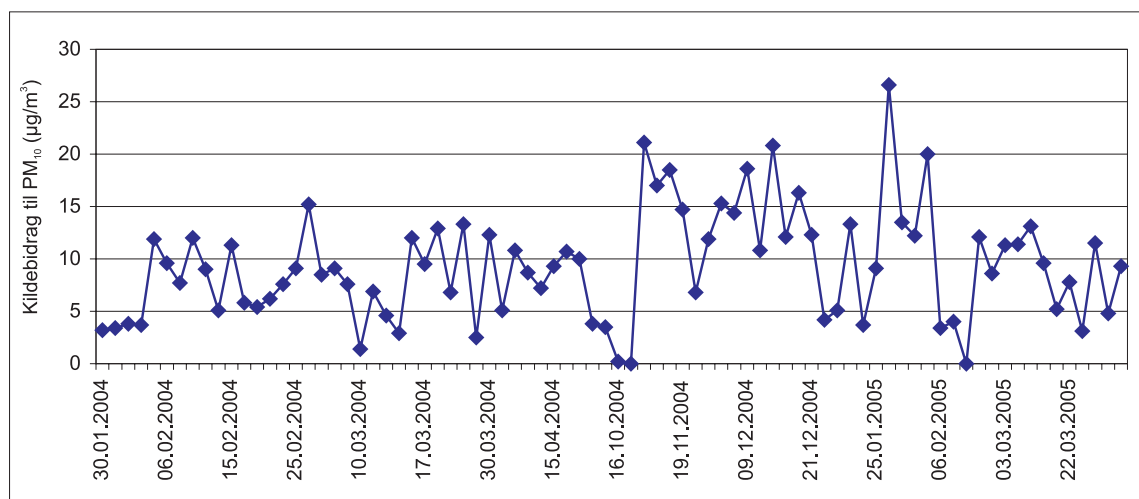


Figur 21: Kildebidrag fra veistøv med veisalt i $\text{PM}_{2,5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Figur 22 viser kildebidraget fra en kilde/kildegruppe relatert til bil/buss/dieseldrevne kjøretøy som bidrar til $PM_{2,5}$, og til PM_{10} . Bidragene er lave og stort sett under $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ til finfraksjonen og stort sett mindre enn $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ til PM_{10} -massen, se Figur 23.



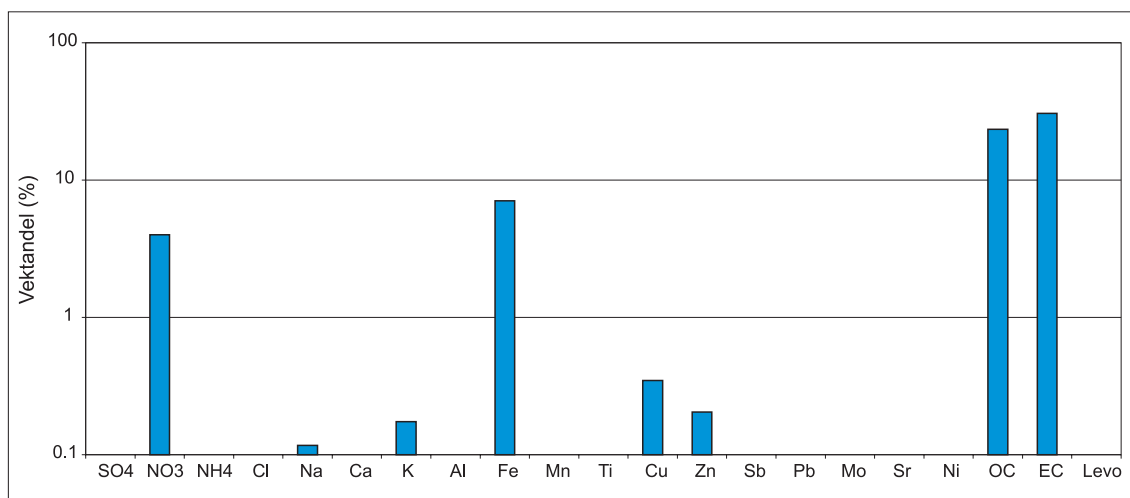
Figur 22: Bidrag til $PM_{2,5}$ fra en kilde relatert til bil/buss/dieseldrevne kjøretøy ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Figur 23: Bidrag til PM_{10} fra en kilde relatert til bil/buss/dieseldrevne kjøretøy, $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

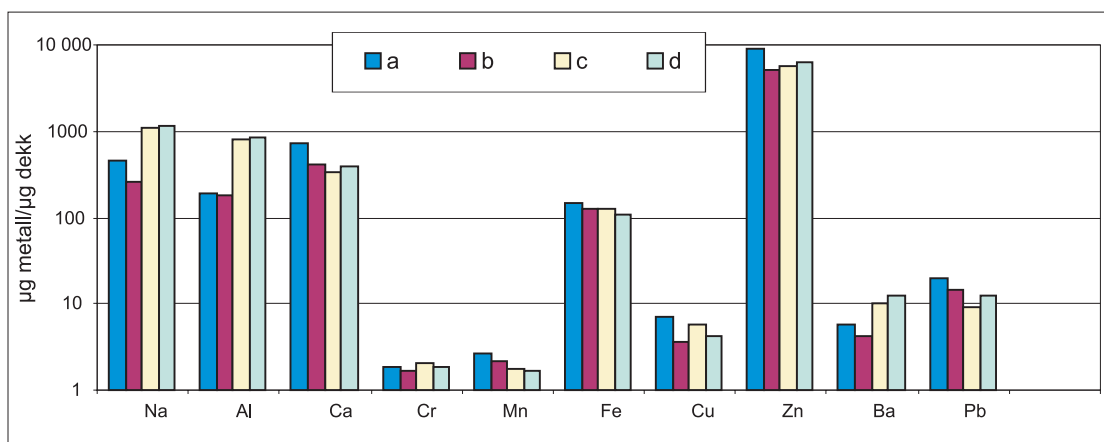
Sammensetningen av kilden er litt forskjellig i de to fraksjonene. Begge har mer elementært enn organisk karbon og et innslag av Cu, og i PM_{10} -massen får en også med Zn. Eksos fra bensindrevne kjøretøy inneholder ubetydelige mengder av tungmetaller (Schauer *et al.*, 2002), mens eksos fra dieseldrevne kjøretøy har en kildesammensetning med en del sink, krom, molybden, titan, kobber og andre metaller (Wang *et al.*, 2003). Forholdet elementært til organisk karbon kan være forholdsvis høyt i eksosen fra dieseldrevne kjøretøy. Målestedet var plassert 10–15 meter fra bussholdeplassen på rv 4, og lange busser kan sende ut eksosen ganske nær prøvetakeren. Kilden er utvilsomt dieseleksos, men det kan også være

bidrag fra dekkpigger og fra eksos (OC, EC) fra bensindrevne biler. Figur 24 viser den beregnede sammensetningen av denne kilden i PM_{10} .

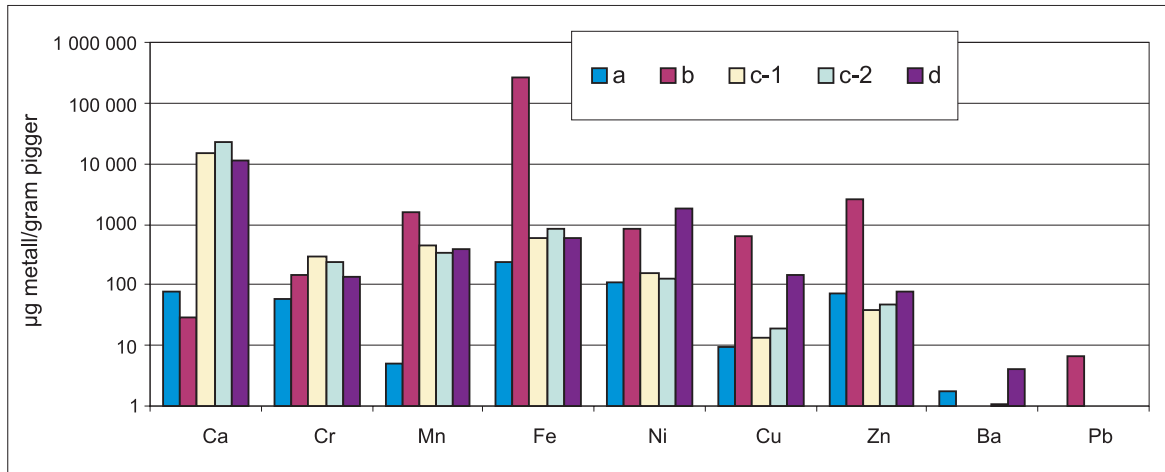


Figur 24: Kjøretøy/diesel/dekkpigger, kilde til PM_{10} , beregnet kildesammensetning.

NILU har analysert prøver både fra en rekke dekktyper og pigger, og resultatene er gjengitt for de aktuelle metallene i Figur 25 og Figur 26. Kildesammensetningen i Figur 24 passer bedre med dekkpiggens sammensetning enn med dekktypenes kildesammensetning.



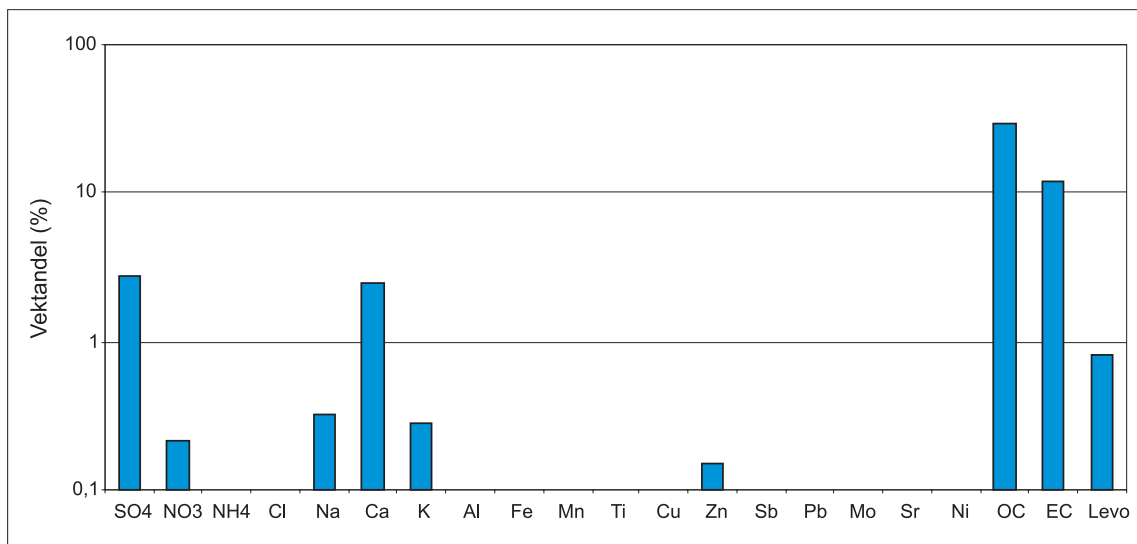
Figur 25: Kildesammensetningen med hensyn på en del metaller for 4 dekktyper (a-d). Konsentrasjonene er i mikrogram metall pr gram dekk.



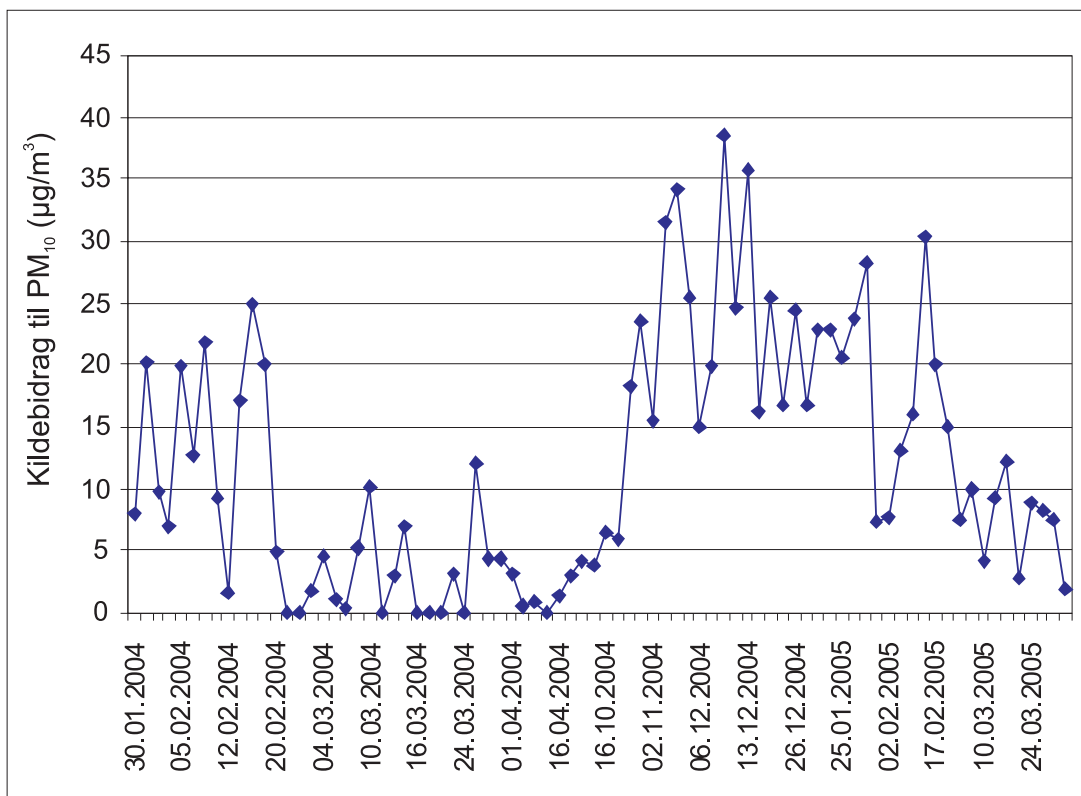
Figur 26: Kildesammensetningen med hensyn på en del metaller for 4 piggytyper (a-d). Konsentrasjonene er i mikrogram metall pr. gram pigger. (c-1 og c-2 er to paralleller av samme piggytype).

Usikkerheten i beregningene av belastningen av denne kilden eller kildegruppen gjengitt i Figur 23 og Figur 24 er forøvrig stor og reflekterer at kilden er dårlig karakterisert. Kjemiske analyser av flere karakteristiske komponenter (Kim og Hopke, 2004) og/eller flere prøver ville trolig gi bedre resultater.

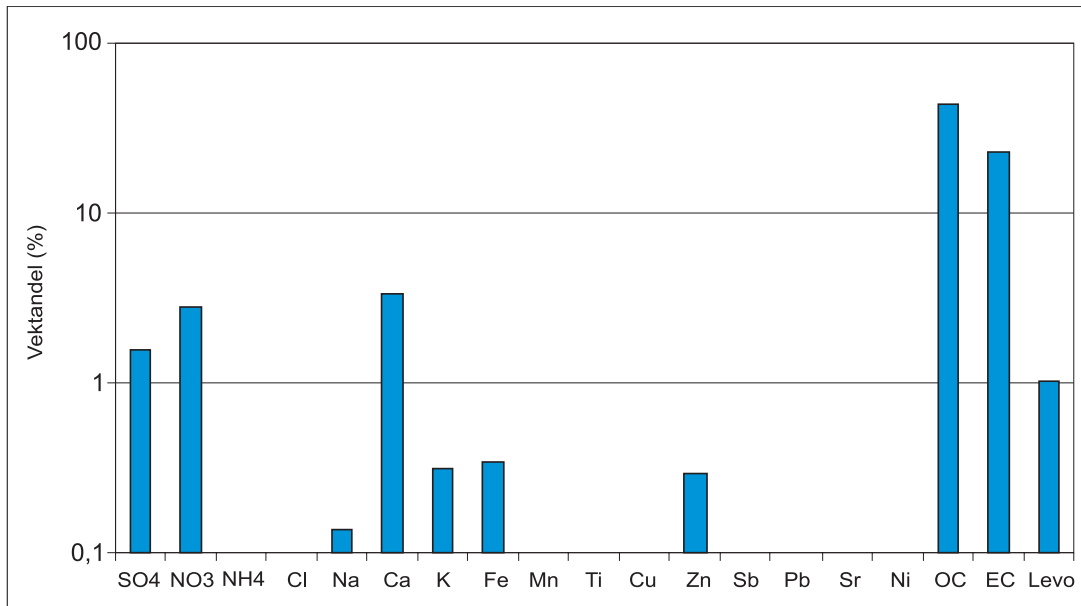
En kilde med mye innhold fra vedfyring bidrar mye til PM_{10} , se Figur 27 og Figur 28. Tilsvarende kildesammensetning og bidrag til $PM_{2,5}$ er gitt i Figur 29 og Figur 30.



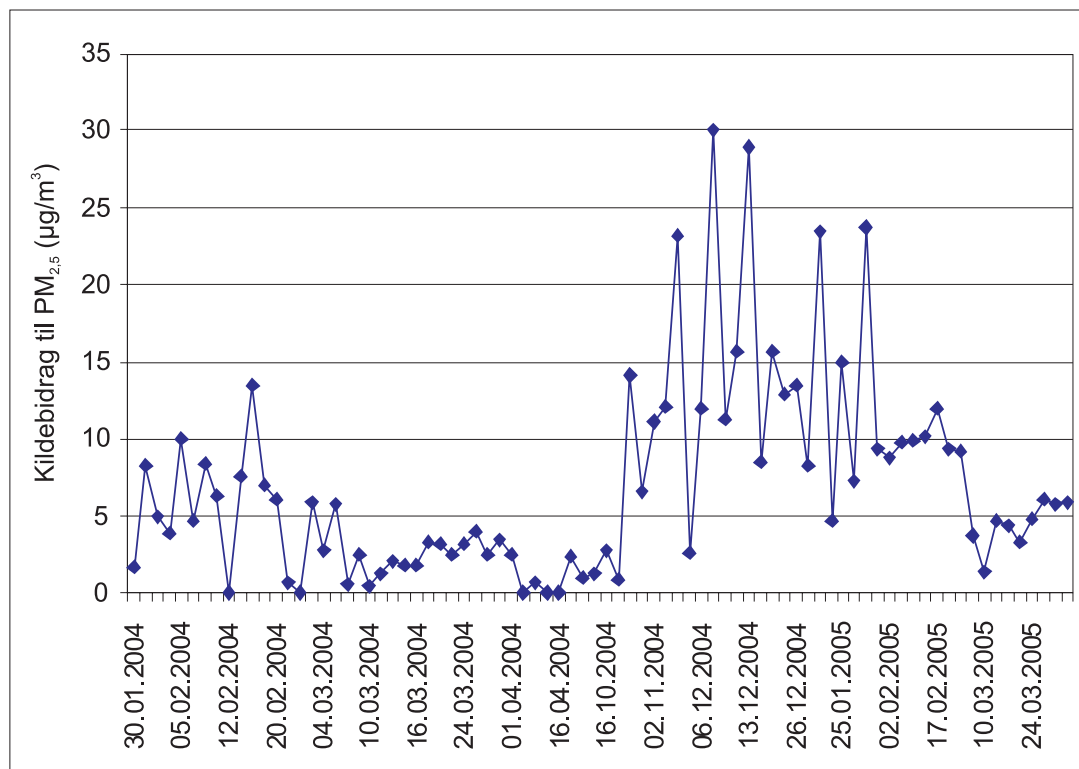
Figur 27: Antropogen kilde med vedfyring, beregnet kildesammensetning i PM_{10} .



Figur 28: Bidrag fra antropogen kilde med vedfyring til PM₁₀ (µg/m³).



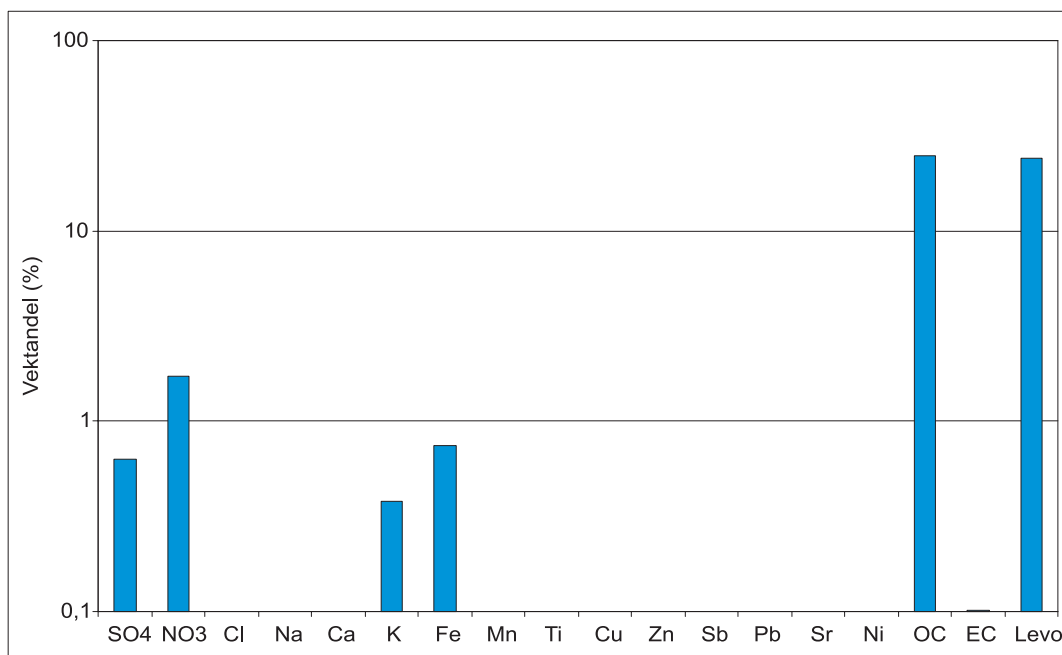
Figur 29: Antropogen kilde med vedfyring, beregnet kildesammensætning i PM_{2.5}.



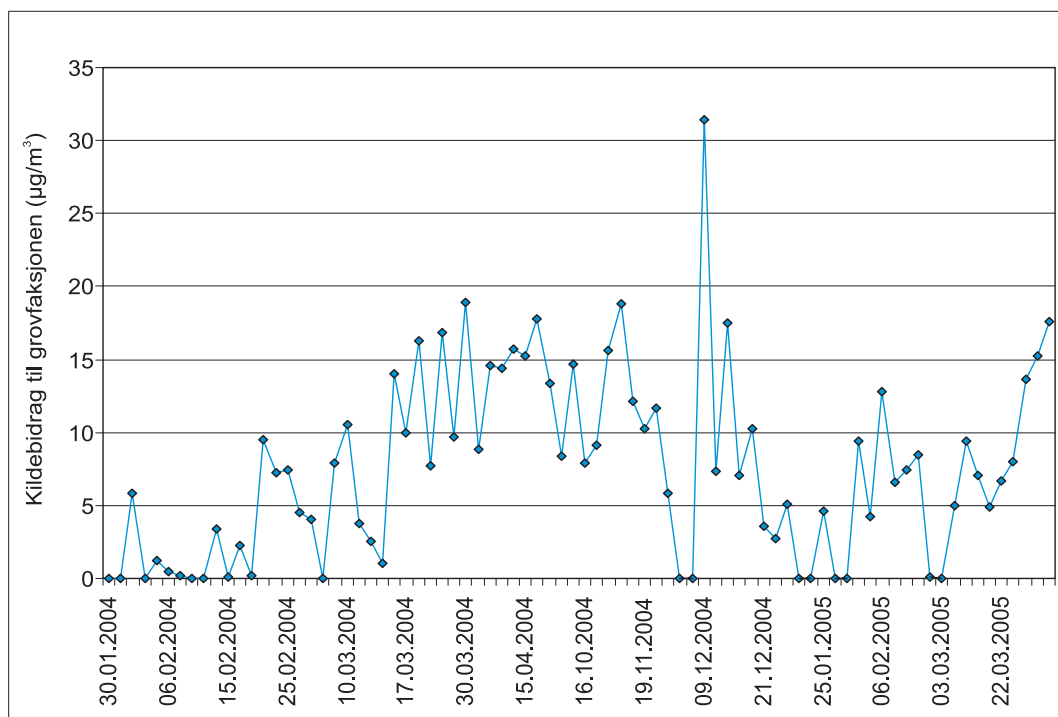
Figur 30: Bidrag fra antropogen kilde med vedfyring til $PM_{2,5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Her er det forholdsvis mye levoglucosan, omlag 1 prosent i begge fraksjonene. Levoglucosan er et sporstoff for vedforbrenning. Yttri *et al.* (2005) antar at innholdet av levoglucosan i PM_{10} i vedfyringsutslipp utgjør omtrent 2,4%. Dette tilsvarer omtrent en tredel av konsentrasjonene i PM_{10} her. Bidragene fra denne kilden som inkluderer vedfyring er estimert opptil $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i PM_{10} og noe mindre i $PM_{2,5}$ fraksjonen. Kilden bidrar mest til finfraksjonen.

Grovfraksjonen er også påvirket av en kilde som inneholder mye levoglucosan og organisk karbon, men som ikke tilsvarer vedforbrenningskilden over (Figur 31 og Figur 32). Denne kilden kan skyldes gjenoppvirket støv som inneholder biologisk materiale inkludert støv fra vedfyring. Denne kilden bidro mye, opptil $15 - 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en del dager (bortsett fra en enkelt høyere måling).



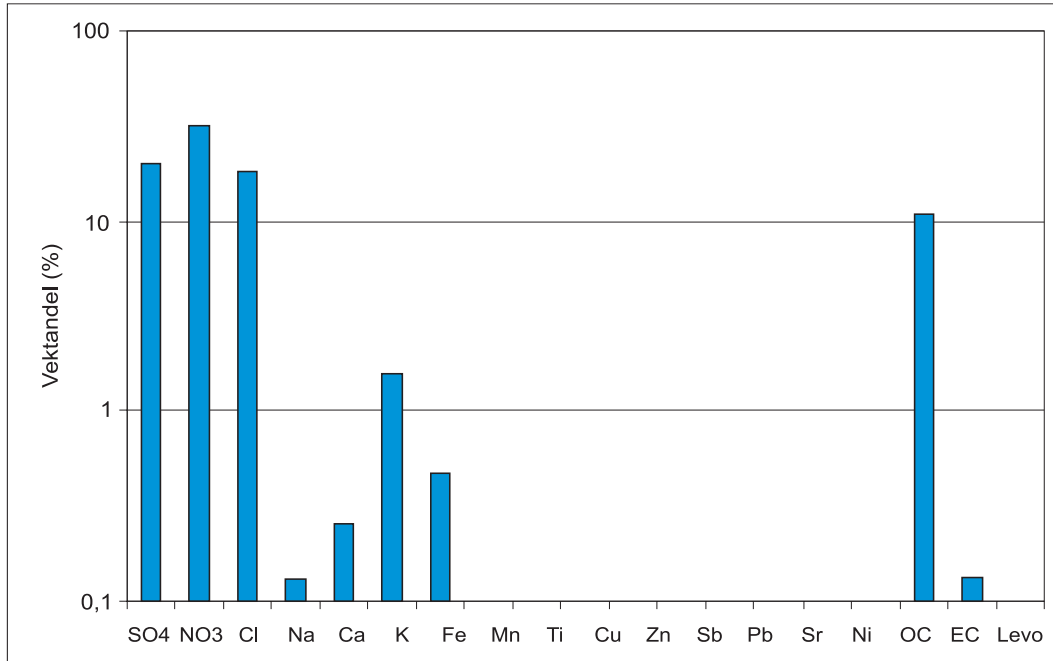
Figur 31: Resuspensjon av støv med mye biologisk materiale, beregnet kildesammensetning i grovfraksjonen.



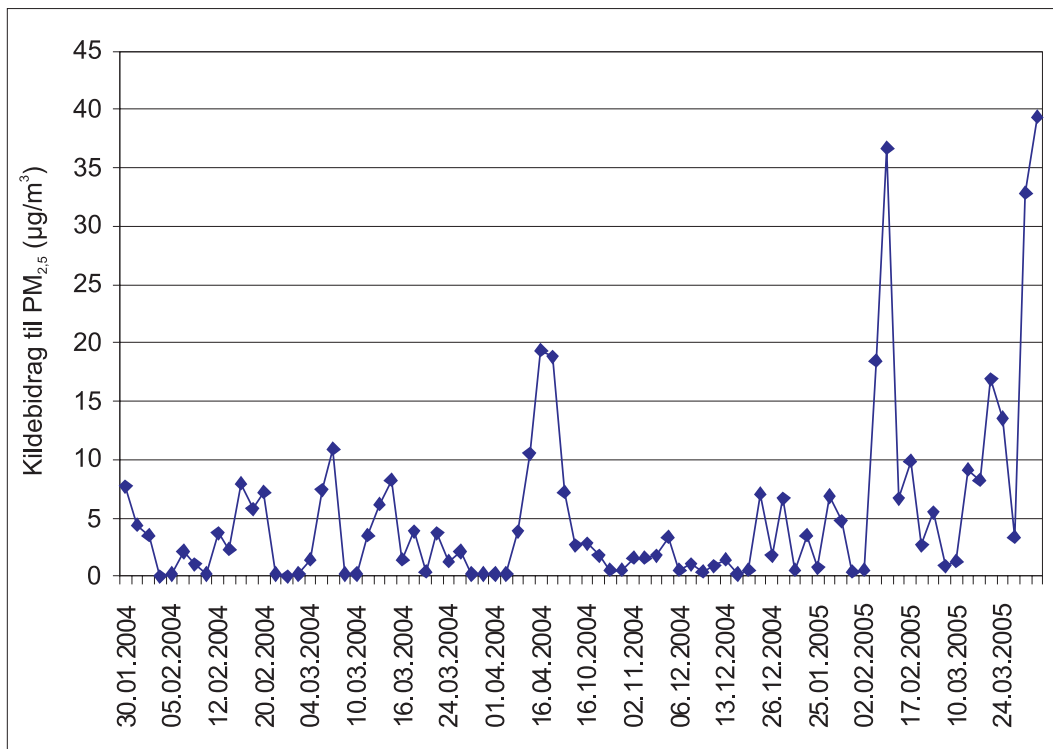
Figur 32: Resuspensjon av støv med mye biologisk materiale, beregnet kildebidrag til grovfraksjonen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Langtransporterte forurensninger bidrar også episodevis til støvkonsentrasjonene i $\text{PM}_{2,5}$ og PM_{10} , som vist i Figur 33 –Figur 36. Det vesentligste av bidraget er til finfraksjonen og med estimerte PM_{10} -bidrag omlag 30 prosent høyere. Det maksimale estimerte bidraget fra langtransporterte forurensninger til de analyserte filtrene er $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i PM_{10} . De høyeste konsentrasjonene tilsvarer

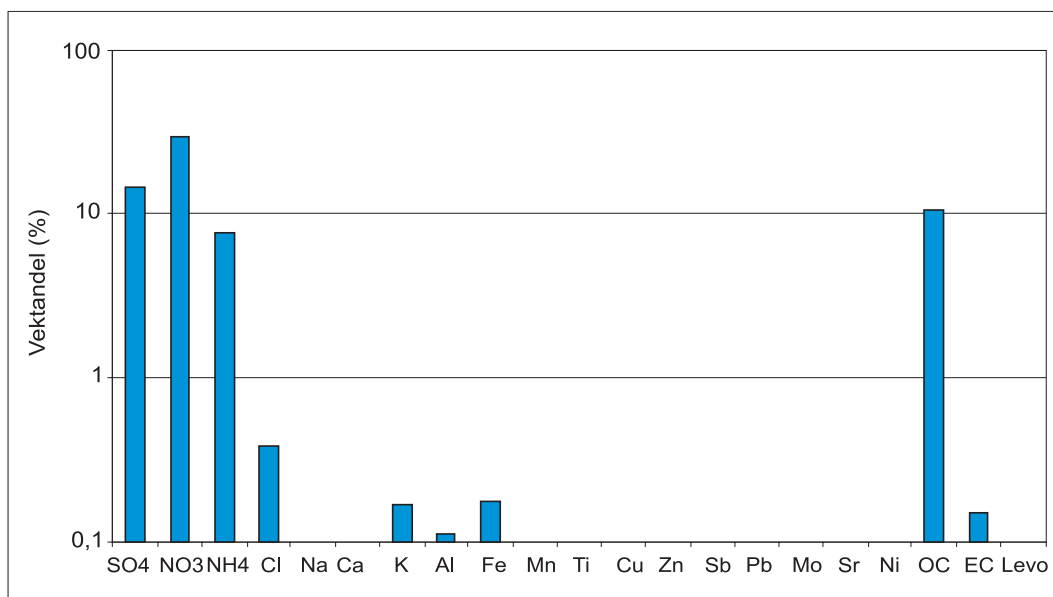
langtransporterte episoder på målestedet Birkenes ved Lillesand, som er en bakgrunnstasjon hvor målingene ikke er påvirket av nærliggende kilder og hvor nettopp langtransporterte luftforurensninger fra kontinentet og andre fjerne kildeområder kan måles.



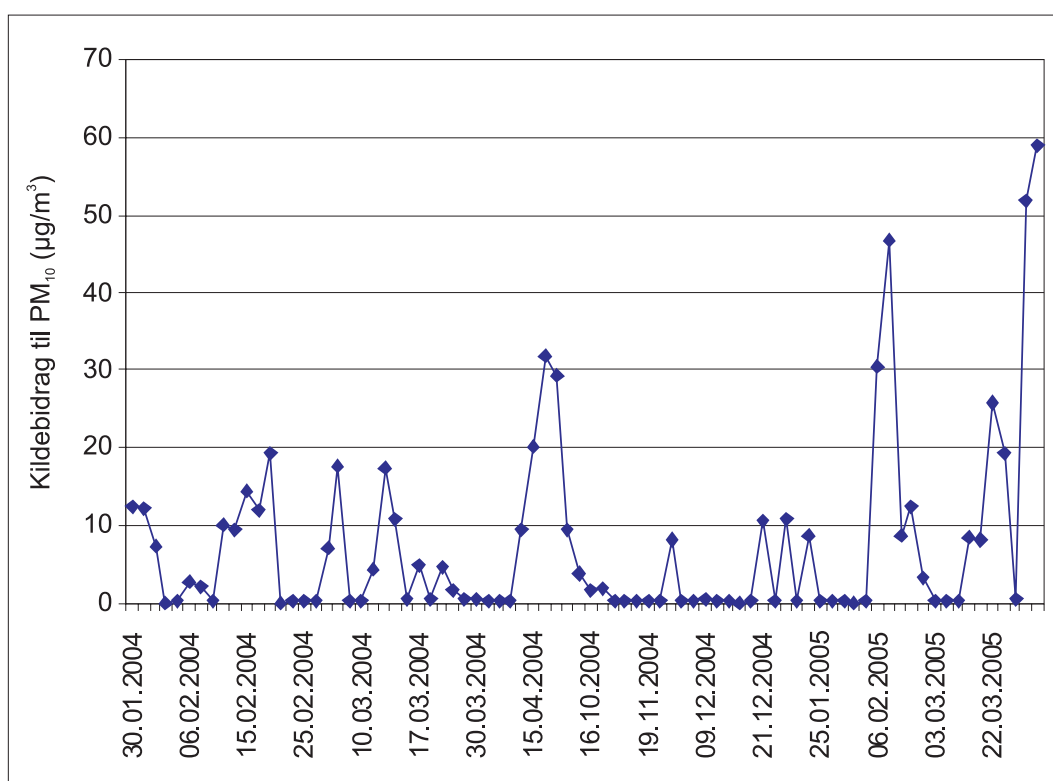
Figur 33: Langtransporterte luftforurensninger, beregnet kildesammensetning til $PM_{2,5}$.



Figur 34: Langtransporterte luftforurensninger, beregnet kildebidrag til $PM_{2,5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Figur 35: Langtransporterte luftforurensninger, beregnet kildesammensetning til PM_{10} .



Figur 36: Langtransporterte luftforurensninger, beregnet kildebidrag til PM_{10} i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Beregningene viser i tillegg til de kildene som allerede er omtalt over for $PM_{2,5}$ enda en antropogen kilde som inneholder forholdsvis mye av komponentene sulfat, nitrat, og organisk og elementært karbon i tillegg til noe klorid og kalium og mindre mengder andre elementer. Denne kilden bidro mindre enn $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i de fleste prøvene.

Beregnete kildesammensetninger og kildebidrag som ikke er presentert over er vist i Vedlegg E.

5.3 Konklusjoner

Det ble utført uavhengige beregninger med PMF2-modellen for å identifisere og kvantifisere kildene til tre støvfraksjoner målt på rv 4. Resultatene viser fem signifikante kilder til PM₁₀- og PM_{2,5}-fraksjonene, og tre signifikante kilder til grovfraksjonen.

Belastningen av vanlig veistøv i PM₁₀ er sammenlignet i de to vinter-vår periodene 2004 og 2005 for tørre dager. Resultatene viser en signifikant lavere middelværdi av PM₁₀-konsentrasjonene (23 %) for de tørre dagene med målinger i annen periode sammenlignet med første periode da hastigheten var høyere. Reduksjonen på 23 % som kommer fram i denne statistiske analysen bekrefter det som de andre analysene gir: en vesentlig reduksjon i PM₁₀ som resultat av hastighetsreduksjonen. Reduksjonen på 23 % her er noe mindre enn de ca. 35 % funnet i de andre analysene. Denne forskjellen kan skyldes at den statistiske analysen har mindre nøyaktighet enn analysene i kap. 4.

Kildene bidro i svært ulik grad til de målte konsentrasjonene. Fire av kildene i PM₁₀ og PM_{2,5} må sies å være de samme i begge fraksjoner. Den viktigste kilden i PM₁₀ var veistøv som opptrer med to ulike sammensetninger, med og uten veissalt. De tre andre kildene som opptrer i begge fraksjonene var langtransporterte luftforurensninger, en antropogen kilde svært påvirket av vedfyring, og en kilde som kan knyttes særlig til dieseleksos, og muligens til dekkpigger. Også disse kildene ga periodevis betydelige bidrag til støvet. Veistøv, med og uten veissalt, er den dominerende kilden i grovfraksjonen.

6 Referanser

- Amundsen, A.H. og Ragnøy, A. (2002) Lavere vinterfartsgrense på innfartsveger i Oslo (TØI 560/2002).
- Kim, E., Hopke, P.K., Larson, T., Maykut, N.N. og Lewtas, J. (2004) Factor analysis of Seattle fine particles. *Aerosol Sci. Technol.*, 38, 724-738.
- Kim, E., Hopke, P.K. og Edgerton, E.S. (2004) Improving source identification of Atlanta aerosol using temperature resolved carbon fractions in positive matrix factorisation. *Atmos. Environ.*, 38, 3349-3362.
- Kim, E. og Hopke, P.K. (2004) Source apportionment of fine particles in Washington, DC. Utilizing temperature-resolved carbon fractions. *J. Air Waste Manage. Assoc.*, 54, 773-785.

- Larson, T., Gould, T., Simpson, C., Liu, L.-J.S, Claiborn, C. og Lewtas, J. (2004) Source appointment of indoor, outdoor, and personal PM_{2,5} in Seattle, Washington, using positive matrix factorisation. *J. Air Waste Manage. Assoc.*, *54*, 1175-1187.
- Lee, P.K.H., Brook, J.R., Dabek-Zlotorzynska, E. og Mabury, S.A.(2003) Identification of the major sources contributing to PM_{2,5} observed in Toronto. *Environ. Sci. Technol.*, *37*, 4831-4840.
- Li, Z., Hopke, P.K., Husain, L., Qureshi, S., Dutkiewicz, V.A., Schwab, J.J., Drewnick, F. og Demerjian, K.L. (2004) Sources of fine particle composition in New York city. *Atmos. Environ.*, *38*, 6521-6529.
- Paatero, P., Tapper, U. (1993) Analysis of different modes of factor analysis as least square fit problems. *Chemom. Intell. Lab. Syst.*, *18*, 183-194.
- Paatero, P. og Tapper, U. (1994) Positive matrix factorization: a non-negative factor model with optimal utilization of error-estimates of data values. *Environmetrics*, *5*, 111-126.
- Paatero, P. (1993) Least squares formulation of robust non-negative factor analysis. *Chemom. Intell. Lab. Syst.*, *37*, 23-35.
- Polissar, A.V., Hopke, P.K., Paatero, P., Malm, W.C. og Sisler, J.F. (1998) Atmospheric aerosol over Alaska2. Elemental composition and sources. *J. Geophys. Res.* 103D, 19045-19057.
- Schauer, J.J., Kleeman, M.J., Cass, G.R. og Simoneit, B.R.T. (2002) Measurement of emissions from air pollution sources. 5. C1-C32 organic compounds from gasoline-powered motor vehicles. *Environ. Sci. Technol.*, *36*, 1169-1180.
- Tønnesen, D. (2000) Programdokumentasjon VLUFT versjon 4.4. Kjeller (NILU TR 7/2000).
- Wang, Y.-F, Huang, K.-L., Chun-Teh, L., Hsiao-Hsuan, M., Luo, J.-H. og Tsai, P.-J. (2003) Emissions of fuel metals content from a diesel vehicle engine. *Atmos. Environ.*, *37*, 4637-4643.
- Yttri, K.E., Dye, C., Slørdal, L.H., Braathen, O.-A. (2005) Quantification of monosaccharide anhydrides by liquid chromatography combined with mass spectrometry: Application to aerosol samples from an urban and a suburban site influenced by small-scale wood burning. *J. Air Waste Manage. Assoc.*, *55*, 1169-1177.

Vedlegg A

Bestemmelse av partiklenes kjemiske sammensetning

Bestemmelse av uorganiske komponenter i partikkelprøver

En del av hvert filter ekstraheres med vann, og ekstraktets innhold av sulfat, nitrat, klorid, natrium, kalsium, kalium, magnesium og ammonium bestemmes med henholdsvis anion- og kation ionekromatografi. Disse komponentene analyseres for å vurdere bidrag fra langtransportert forurensning (regionalt bidrag) (sulfat, nitrat, ammonium) og fra veisalt (klorid, natrium, kalsium, magnesium) og kalium som bl.a. er en komponent knyttet til vedfyring og veisalt. Metoden er beskrevet i metodeforskrift NILU-U-14, som er akkreditert av Norsk Akkreditering etter kravene i NS-EN ISO/IEC 17025.

En annen del av filtrene oppsluttes i mikrobølgeovn med salpetersyre og hydrogenperoksid. Oppløsningen analyseres med induktivt koblet plasma massespektrometri (ICP-MS). Metoden er beskrevet i NILU-U-100 og 116, som er akkreditert av Norsk Akkreditering etter kravene i NS-EN ISO/IEC 17025. Dette er en multielement-analyse, der signaler fra opptil 40 elementer kan oppnås. I dette prosjektet har en spesielt bestemt kvantitativt: aluminium, kalsium, jern, mangan og titan som er elementer som har veistøv som kilde, og kobber, sink, kadmium, antimon, barium og bly som er funnet som slitasjeprodukter fra f.eks. bremses, og molybden, strontium, krom og nikkel som i tillegg til elementene over er inneholdt i dieseleksos. Det kan vise seg at en også vil kunne bruke noen andre elementer for kildebeskrivelse. Det kan bli nødvendig å analysere drivstoff fra kjøretøy, spesielt diesel, og veistøv. Slike data vil bli brukt sammen med kildesammensetninger fra litteratur og bibliotek.

Bestemmelse av organisk karbon (OC) og elementært karbon (EC)

En del av filtrene analyseres ved hjelp av en termo-optisk teknikk. Filteret varmes opp i definerte temperaturtrinn hvor det organiske materialet først oksideres til CO₂ for deretter å bli redusert til metan. Mengde metan bestemmes deretter ved hjelp av en flammeionisasjonsdetektor. Teknikken skiller mellom OC og EC ved hjelp av laser.

EC og OC finnes både i bileksos- og vedfyringspartikler og er viktige komponenter i reseptormodell-analyser.

Referanse: Birch M.E., Cary R.A. (1996) *Aerosol Science and Technology*, 25:221-241.

Bestemmelse av sporstoff for vedfyring, levoglucosan

En del av filtrene for PM_{2,5} ekstraheres med løsemiddel (tetrahydrofuran). Filtrestraktene analyseres med hensyn på levoglucosan ved hjelp av høytrykks væskrokromatografi kombinert med høyoppløsende massespektrometri.

Referanse: Yttri K.E. *et al.*, (2005).

Simoneit *et al.* (1999) Levoglucosan, a tracer for cellulose in biomass burning and atmospheric particles. *Atmos. Environ.*, 33, 173-182.

Schauer *et al.* (2001) Measurement of emissions from air pollution sources. 3. C1-C29 organic compounds from fireplace combustion of wood. *Environ.Sci.Techn.*, 35, 1716-1728.

Bestemmelse av sporstoff for slitasjeprodukter fra bildekk

En del av filtrene ekstraheres med sure løsemiddel. Filtrekstraktene analyseres med hensyn på N-sykloheksyl-2-benzotiasolamin ved hjelp av høytrykks væskekromatografi kombinert med høyopløsende massespektrometri.

Referanse: Barnes K.A., Castle L., Damant A.P., Read W.A., Speck D.R., (2003) Food Addit Contam., 20(2): 196-205.

Bestemmelse av sporstoff for drivstoff

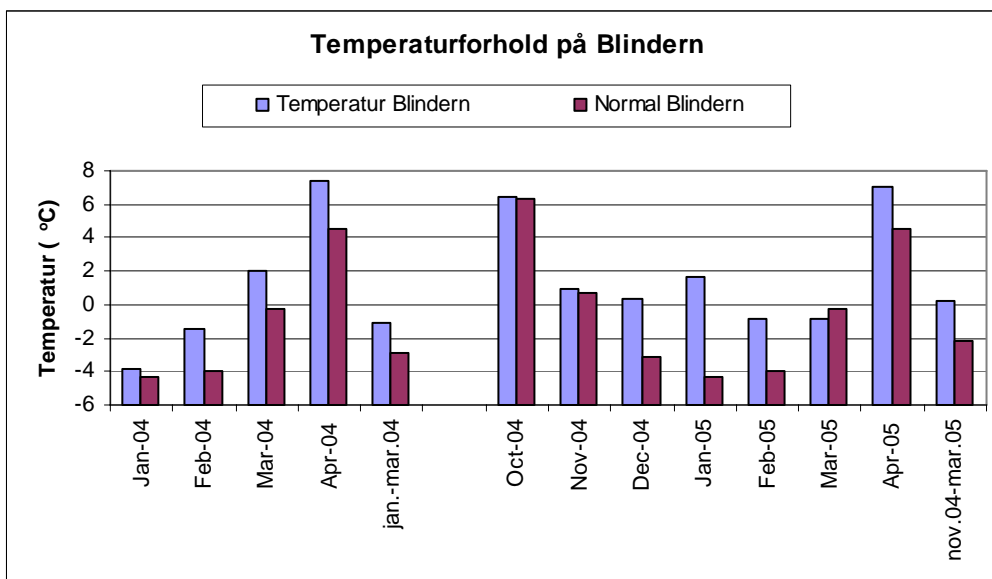
Filtrekstraktene med løsemiddelet tetrahydrofuran (PM_{2,5}) analyseres også med hensyn på monokarboksyliksyrer og dikarboksyliksyrer ved hjelp av høytrykks væskekromatografi kombinert med høyopløsende massespektrometri.

Disse komponentene benyttes i reseptormodell-analyser til å skille mellom partikkelutslipp fra bensin- og dieseleksos.

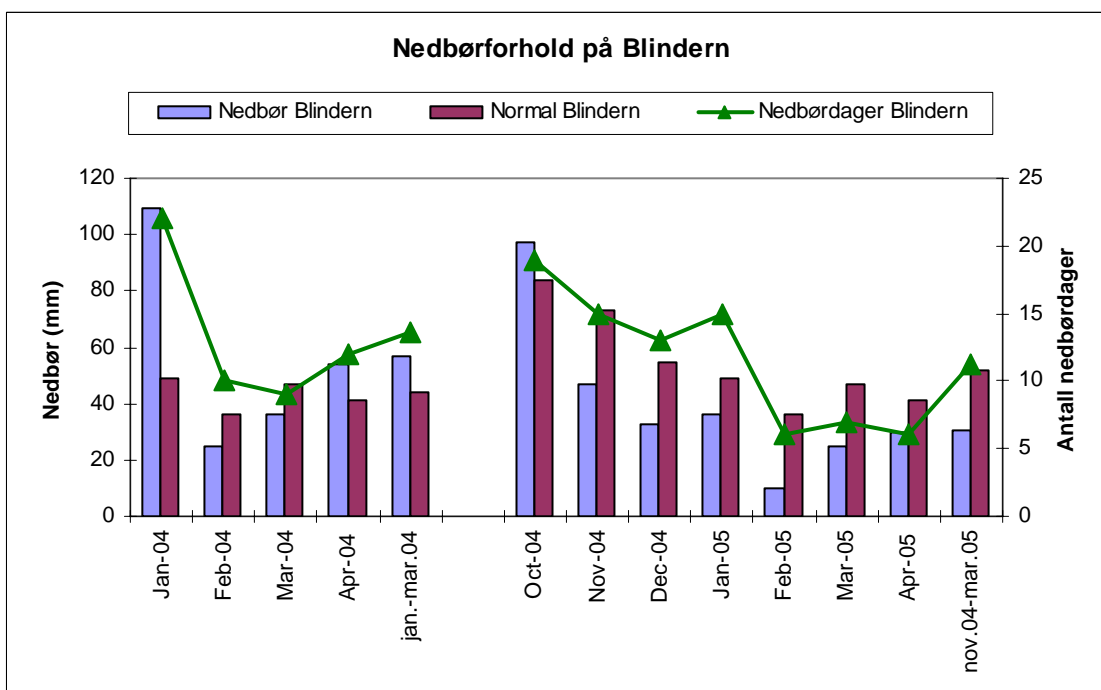
Referanse: Yttri K.E. *et al.*, (2005).

Vedlegg B

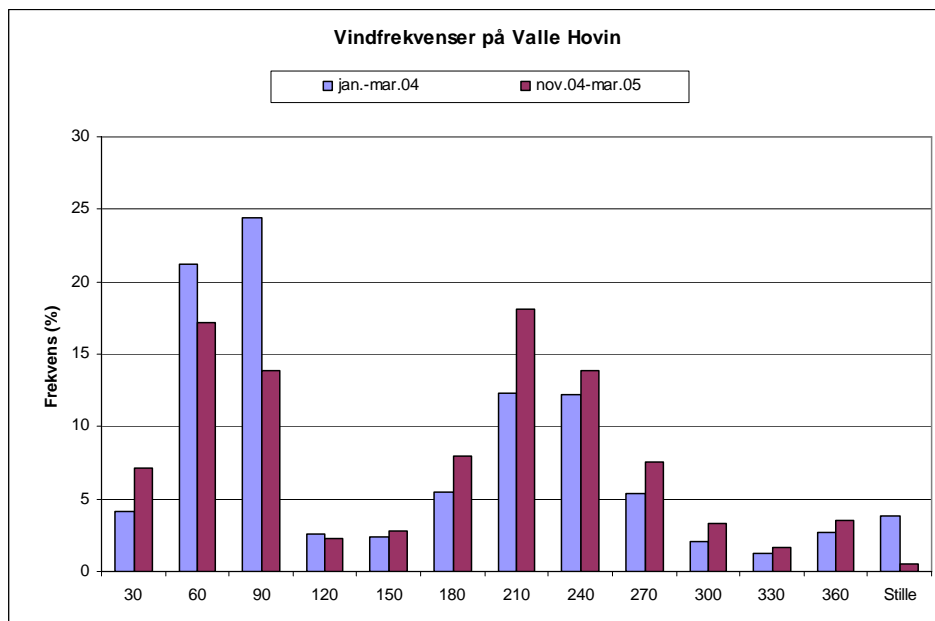
Meteorologiske forhold



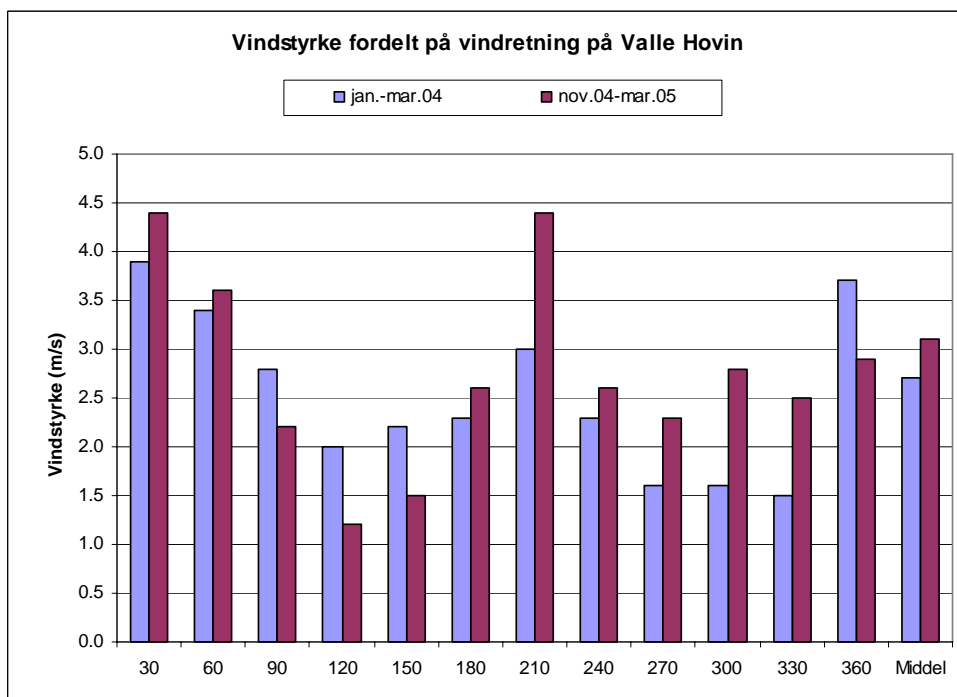
Figur B1: Temperaturforhold på Blindern i periodene januar-mars 2004 og oktober 2004-april 2005 sammenliknet med normalperioden 1961-1990 (°C). Mange av månedene var til dels betydelig mildere enn det som er normalt for årstiden. Dette har redusert fyringsbehovet.



Figur B2: Nedbørforhold på Blindern i periodene januar-mars 2004 og oktober 2004-april 2005 sammenliknet med normalperioden 1961-1990 (mm). Med unntak av januar og oktober 2004 var det mindre nedbør enn normalt. Lite nedbør og få nedbørdager gir flere dager med bare og tørre veier og oppvirvling av svevestøv.



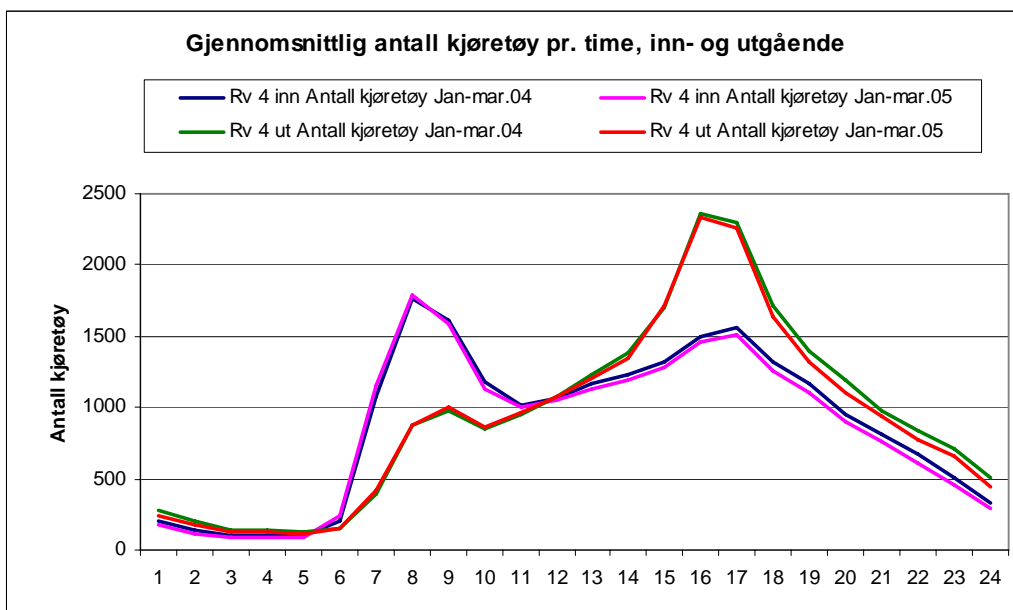
Figur B3 Vindfrekvenser i 12 30-graders sektorer på Valle Hovin i periodene januar-mars 2004 og oktober 2004-mars 2005. Stolpene viser hvor ofte det blåste fra disse retningene. rv 4 har retninger 60 grader og 240 grader. Vinteren 2004/05 var det oftere forekommende vind fra nordøst og øst og mindre forekommende vind fra sør og sørvest enn vinteren 2004.



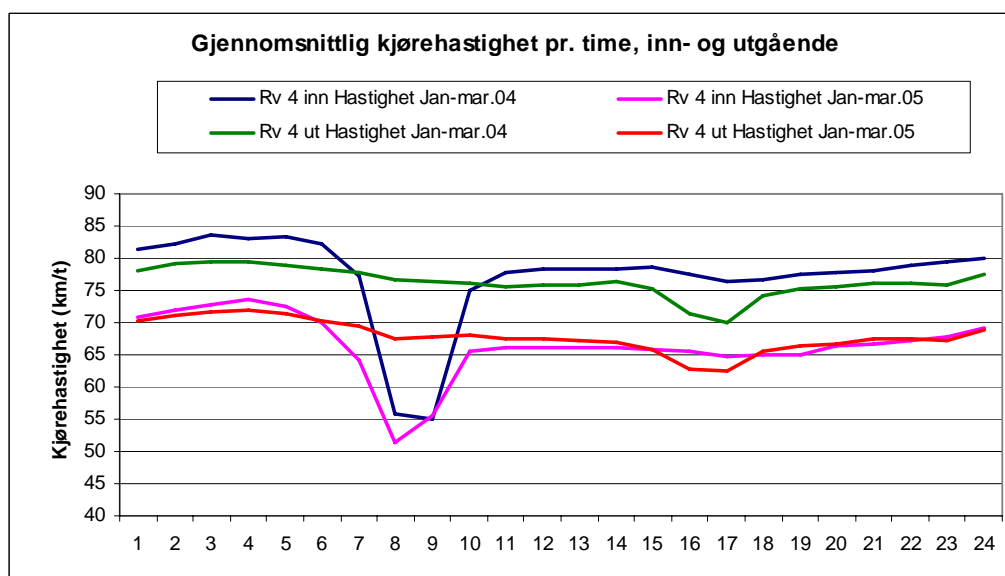
Figur B4: Midlere vindstyrke fordelt over 12 30-graders sektorer på Valle Hovin i periodene januar-mars 2004 og november 2004-mars 2005. I gjennomsnitt var det litt høyere vindstyrke den siste vinteren, men forskjellen var liten.

Vedlegg C

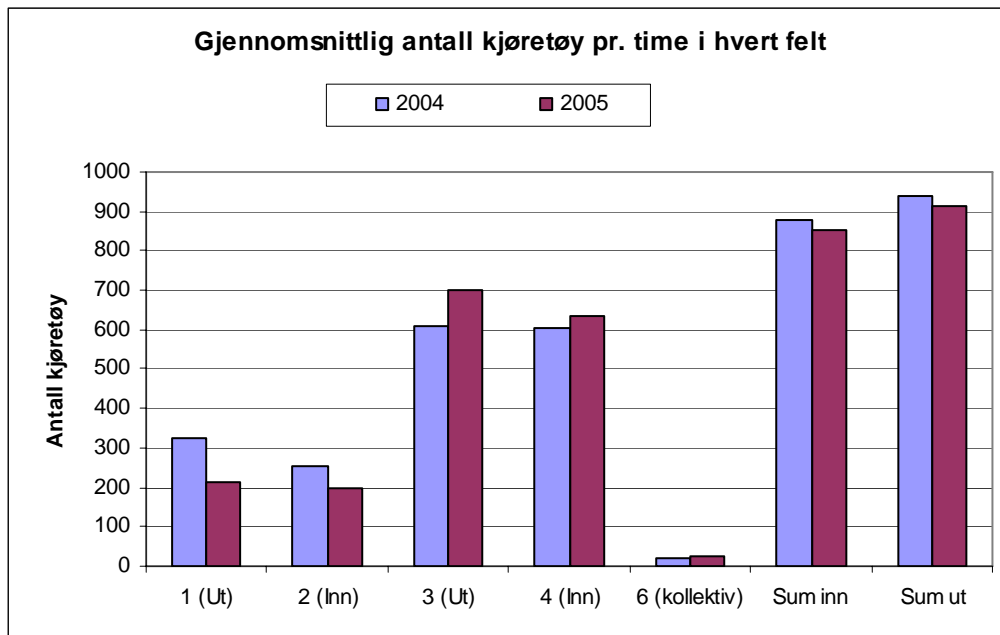
Trafikale forhold



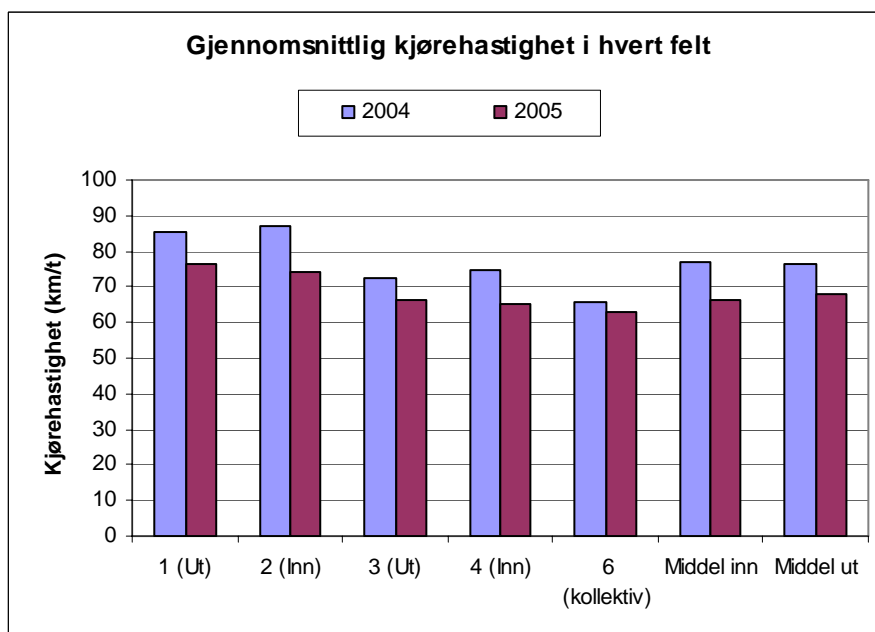
Figur C1: Gjennomsnittlig antall kjøretøy pr. time i sørgående (inn) og nordgående (ut) felter i periodene januar-mars 2004 og 2005. Trafikktall i nordgående felter er ikke registrert før noe ut i januar den siste vinteren. Trafikkmengden har endret seg lite, men det er en svak tendens til litt mindre trafikk om kvelden og natta i begge retninger og også i sørgående på dagtid. Forskjellen er imidlertid bare noen få prosent.



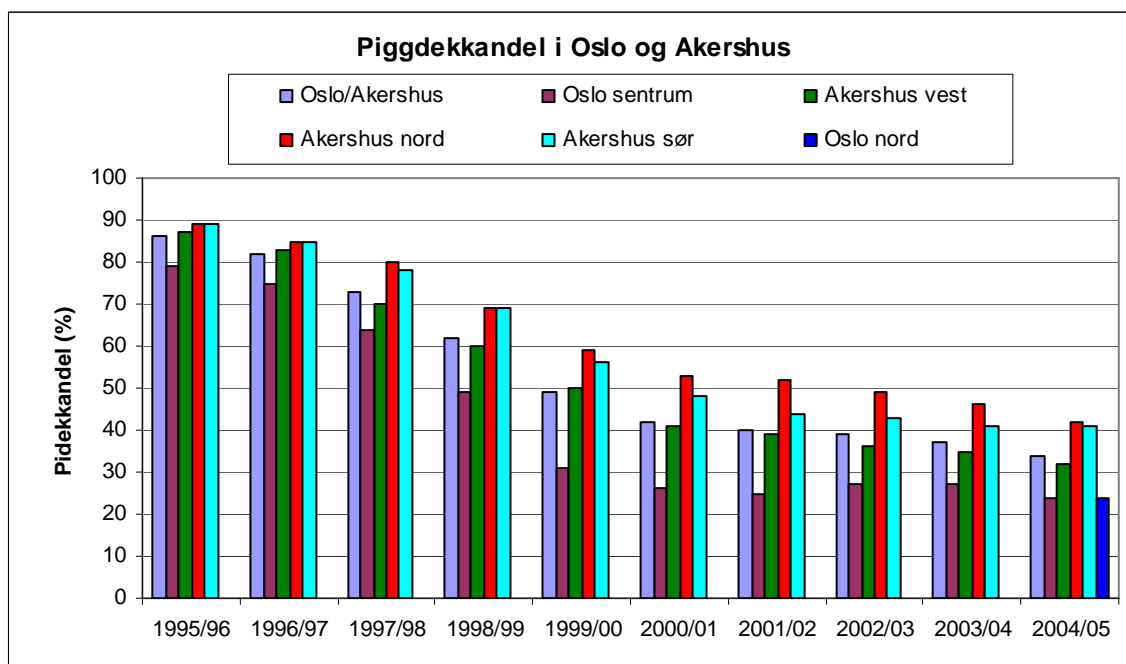
Figur C2: Gjennomsnittlig kjørehastighet pr. time i sørgående (inn) og nordgående (ut) felter i periodene januar-mars 2004 og 2005 (km/t). Hastigheten er redusert i begge retninger vinteren 2005, men mest i sørgående med over 10 km/t. I morgenrushet er det små endringer. Kjørehastigheten er fortsatt gjennomgående noe over skiltet hastighet, særlig i nattetimene.



Figur C3: Gjennomsnittlig antall kjøretøy pr. time i hvert felt i periodene januar-mars 2004 og 2005. I venstrefeltene, felt 1 og 2, er det noe redusert trafikk, mens det er litt mer trafikk i høyrefeltene den andre vinteren. Samlet er det en reduksjon på 2-3 % i begge retninger.



Figur C4: Gjennomsnittlig kjørehastighet pr. time i hvert felt i periodene januar-mars 2004 og 2005 (km/t). Hastigheten er redusert i alle felt, mest i sørgående felter og mer i venstre- enn i høyrefeltet.



Figur C5: Telling av piggdekkandel på kjøretøy i Oslo og Akershus de 10 siste vintrene. Det gjeninnførte piggdekkgebyret har bare redusert andelen piggdekk med noen få prosent, i Akershus sør ikke i det hele tatt. Oslo nord gjelder tellinger på parkeringsplasser og bensinstasjoner nær rv 4. Andelen er som i Oslo sentrum, hvor nedgangen er ca. 3 prosentpoeng fra 2003/04 til 2004/05. Hvor representative disse tellingene er for den faktiske andelen i trafikkstrømmen på rv 4, er kanskje litt usikkert. Trondheimsveien er en innfartsvei fra Nittedal og Hadeland, hvor det nok er større tilbøyelighet til å bruke piggdekk. Det er lite trolig at disse bilene bruker f.eks parkeringsplasser ved Grorud og Aker sykehus i særlig grad.

Vedlegg D

Supplerende analyser av timevise luftkvalitetsdata

Tabell D1: Månedsmiddelverdier av NO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2,5} og grovfraksjonen av PM (PM₁₀-PM_{2,5}) (µg/m³). For Kirkeveien, Løren og Manglerud er det beregnet gjennomsnittsverdier av disse stasjonene. For rv 4 og Aker sykehus er det beregnet nivåer i prosent av i forhold til gjennomsnittet av de tre øvrige stasjonene. Nettoverdier gir bidraget fra veiene og framkommer ved å trekke verdiene på bakgrunnsstasjonen fra verdiene ved de veinære stasjonene.

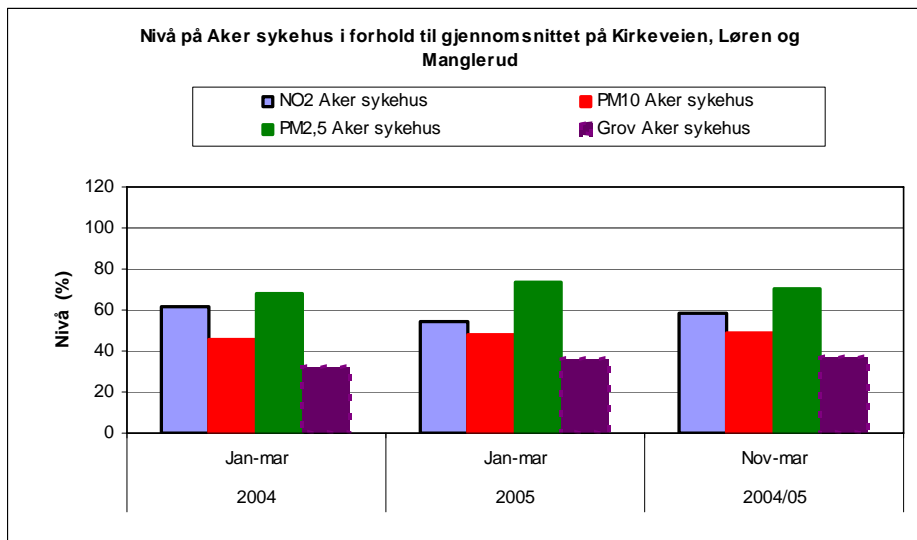
Parameter	Stasjon	Ar Måned	2004			2004			2004			2005			2004			2005		
			Januar	Februar	Mars	April	Oktober	November	Desember	Januar	Februar	Mars	April	Jan-mar	Jan-mar	Nov-mar	Okt-apr	Nov-feb		
NO ₂	Kir/Lør/Man	Middel	44,9	64,2	53,1	41,8	35,0	51,7	58,4	50,0	46,3	55,2	51,1	54,1	50,5	52,3	49,7	51,6		
	Rv4	Middel	41,5	48,7	41,0	37,0	29,0	39,7	47,8	36,8	35,1	40,7	40,4	43,7	37,5	40,0	38,5	39,9		
	Rv4	Nivå (%)	92,4	75,9	77,2	88,5	82,9	76,8	81,8	73,6	75,8	73,7	79,1	80,9	74,3	76,5	77,5	77,2		
	Aker sykehus	Middel	34,4	37,8	27,8	20,0	20,0	30,8	39,1	27,9	25,0	29,3	20,2	33,3	27,4	30,4	27,5	30,7		
	Aker sykehus	Nivå (%)	76,6	58,9	52,4	47,8	57,1	59,6	67,0	55,8	54,0	53,1	39,5	61,7	54,3	58,1	55,3	59,5		
	Kir/Lør/Man netto	Middel	10,5	26,4	25,3	21,8	15,0	20,9	19,3	22,1	21,3	25,9	30,9	20,7	23,1	21,9	22,2	20,9		
	Rv4 netto	Middel	7,1	10,9	13,2	17,0	9,0	8,9	8,7	8,9	10,1	11,4	20,2	10,4	10,1	9,6	11,0	9,2		
	Rv4 netto	Nivå (%)	67,6	41,3	52,2	78,0	60,0	42,6	45,1	40,3	47,4	44,0	65,4	50,2	43,9	43,8	49,7	43,8		
	NO _x	Kir/Lør/Man	Middel	159,5	249,2	159,8	104,7	139,3	199,6	238,9	172,6	153,7	152,7	136,1	189,5	159,7	183,5	170,4	191,2	
Rv4		Middel	123,4	141,8	94,1	75,7	90,4	119,4	146,8	98,7	89,1	82,3	76,0	119,8	90,0	107,3	100,4	113,5		
Rv4		Nivå (%)	77,4	56,9	58,9	72,3	64,9	59,8	61,4	57,2	58,0	53,9	55,8	63,2	56,4	58,5	58,9	59,4		
Aker sykehus		Middel	60,9	88,0	42,0	24,7	36,4	58,0	89,8	54,8	42,1	45,5	26,5	63,6	47,5	58,0	50,4	61,2		
Aker sykehus		Nivå (%)	38,2	35,3	26,3	23,6	26,1	29,1	37,6	31,7	27,4	29,8	19,5	33,6	29,7	31,6	29,6	32,0		
Kir/Lør/Man netto		Middel	98,6	161,2	117,8	80,0	102,9	141,6	149,1	117,8	111,6	107,2	109,6	125,9	112,2	125,5	120,0	130,0		
Rv4 netto		Middel	62,5	53,8	52,1	51,0	54,0	61,4	57,0	43,9	47,0	36,8	49,5	56,1	42,6	49,9	52,3			
Rv4 netto		Nivå (%)	63,4	33,4	44,2	63,8	52,5	43,4	38,2	37,3	42,1	34,3	45,2	44,6	37,9	39,2	41,6	40,2		
PM ₁₀		Kir/Lør/Man	Middel	23,5	38,5	61,1	39,8	21,3	34,2	37,6	45,6	46,0	48,0	43,0	41,0	46,5	42,3	39,4	40,9	
	Rv4	Middel	21,3	37,2	65,2	46,7	20,1	27,5	30,1	32,0	42,0	41,1	37,9	41,2	38,4	34,5	33,0	32,9		
	Rv4	Nivå (%)	90,6	96,6	106,7	117,3	94,4	80,4	80,1	70,2	91,3	85,6	88,1	100,5	82,4	81,7	83,7	80,5		
	Aker sykehus	Middel	15,0	17,0	24,3	21,8	12,6	15,5	21,1	19,9	24,8	22,3	23,1	18,8	22,3	20,7	19,9	20,3		
	Aker sykehus	Nivå (%)	63,8	44,2	39,8	54,8	59,2	45,3	56,1	43,6	53,9	46,5	53,7	45,7	48,0	49,0	50,5	49,8		
	Kir/Lør/Man netto	Middel	8,5	21,5	36,8	18,0	8,7	18,7	16,5	25,7	21,2	25,7	19,9	22,3	24,2	21,6	19,5	20,5		
	Rv4 netto	Middel	6,3	20,2	40,9	24,9	7,5	12,0	9,0	12,1	17,2	18,8	14,8	22,5	16,0	13,8	13,1	12,6		
	Rv4 netto	Nivå (%)	74,1	94,0	111,1	138,3	86,2	64,2	54,5	47,1	81,1	73,2	74,4	100,9	66,3	64,1	67,0	61,3		
	PM _{2,5}	Kir/Lør/Man	Middel	16,9	16,5	14,0	13,9	11,7	13,9	17,0	14,7	15,5	14,6	13,5	15,8	14,9	15,1	14,4	15,3	
Rv4		Middel	13,9	12,7	12,7	13,0	9,5	10,6	13,6	11,8	13,5	12,4	11,3	13,1	12,6	12,4	11,8	12,4		
Rv4		Nivå (%)	82,2	77,0	90,7	93,5	81,2	76,3	80,0	80,3	87,1	84,9	83,7	82,9	84,2	81,8	82,0	81,0		
Aker sykehus		Middel	13,3	9,5	9,5	10,9	7,6	8,9	11,5	10,3	11,8	10,7	9,8	10,8	10,9	10,6	10,1	10,6		
Aker sykehus		Nivå (%)	78,7	57,6	67,9	78,4	65,0	64,0	67,6	70,1	76,1	73,3	72,6	68,1	73,2	70,3	70,0	69,6		
Kir/Lør/Man netto		Middel	3,6	7,0	4,5	3,0	4,1	5,0	5,5	4,4	3,7	3,9	3,7	5,0	4,0	4,5	4,3	4,7		
Rv4 netto		Middel	0,6	3,2	3,2	2,1	1,9	1,7	2,1	1,5	1,7	1,7	1,5	2,3	1,6	1,7	1,7	1,8		
Rv4 netto		Nivå (%)	16,7	45,7	71,1	70,0	46,3	34,0	38,2	34,1	45,9	43,6	40,5	46,4	40,8	38,7	39,9	37,6		
Grov		Kir/Lør/Man	Middel	6,6	22,0	47,1	25,9	9,6	20,3	20,6	30,9	30,5	33,4	29,5	25,2	31,6	27,1	25,0	25,6	
	Rv4	Middel	7,4	24,5	52,5	33,7	10,6	16,9	16,5	20,2	28,5	28,7	26,6	28,1	25,8	22,2	21,1	20,5		
	Rv4	Nivå (%)	112,1	111,4	111,5	130,1	110,4	83,3	80,1	65,4	93,4	85,9	90,2	111,5	81,6	81,7	80,3	80,3		
	Aker sykehus	Middel	1,7	7,5	14,8	10,9	5,0	6,6	9,6	9,6	13,0	11,6	13,3	8,0	11,4	10,1	9,8	9,7		
	Aker sykehus	Nivå (%)	25,8	34,1	31,4	42,1	52,1	32,5	46,6	31,1	42,6	34,7	45,1	31,7	36,1	37,1	39,3	37,9		
	Kir/Lør/Man netto	Middel	4,9	14,5	32,3	15,0	4,6	13,7	11,0	21,3	17,5	21,8	16,2	17,2	20,2	17,1	15,2	15,9		
	Rv4 netto	Middel	5,7	17,0	37,7	22,8	5,6	10,3	6,9	10,6	15,5	17,1	13,3	20,1	14,4	12,1	11,3	10,8		
	Rv4 netto	Nivå (%)	116,3	117,2	116,7	152,0	121,7	75,2	62,7	49,8	88,6	78,4	82,1	116,8	71,3	70,8	74,7	68,2		

Tabell D2: Sammendrag av måleresultater for luftkvalitet ved Aker sykehus, rv 4, Kirkeveien, Løren og Manglerud vintrene 2004 og 2004/05.

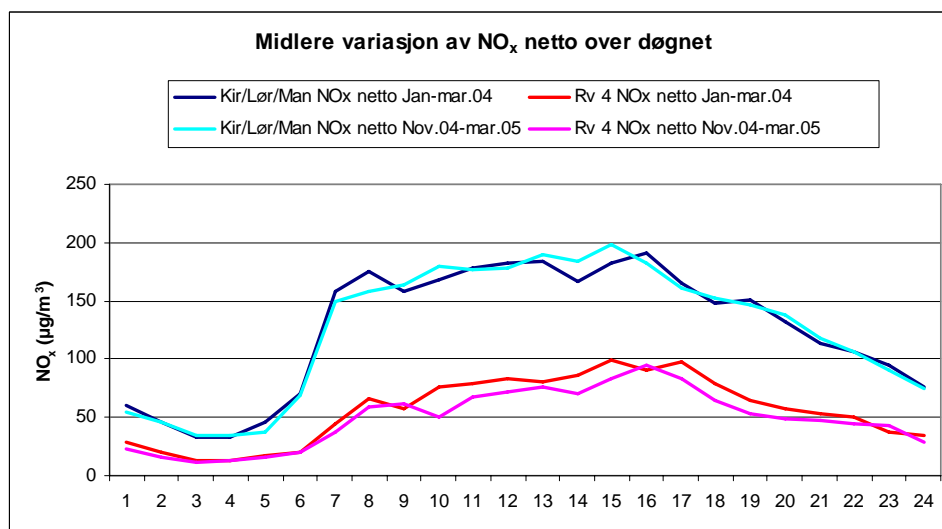
Stasjon	Parameter	Statistikk	Enhet	Januar- mars 2004	Januar- mars 2005	Oktober- april 2004/05	November- februar 2004/05	November- mars 2004/05
Kir/Lør/Man	NO _x	Middel	µg/m ³	189,0	159,7	170,4	190,7	183,1
Rv4	NO _x	Middel	µg/m ³	119,3	90,0	100,4	113,3	107,1
Aker sykehus	NO _x	Middel	µg/m ³	63,6	47,5	50,4	61,2	58,0
Kir/Lør/Man	NO ₂	Middel	µg/m ³	54,0	50,5	49,7	51,5	52,3
Rv4	NO ₂	Middel	µg/m ³	43,6	37,5	38,5	39,8	40,0
Aker sykehus	NO ₂	Middel	µg/m ³	33,4	27,4	30,4	30,7	30,4
Kir/Lør/Man	NO ₂	Timer >100 µg/m ³	Antall	199	202	402	252	327
Rv4	NO ₂	Timer >100 µg/m ³	Antall	36	12	31	22	26
Aker sykehus	NO ₂	Timer >100 µg/m ³	Antall	14	12	22	18	22
Kir/Lør/Man	PM ₁₀	Middel	µg/m ³	40,9	46,5	39,4	40,8	42,2
Rv4	PM ₁₀	Middel	µg/m ³	41,2	38,4	33,0	32,9	34,5
Aker sykehus	PM ₁₀	Middel	µg/m ³	18,8	22,3	19,9	20,3	20,7
Kir/Lør/Man	PM ₁₀	Timer >100 µg/m ³	Antall	190	251	427	288	378
Rv4	PM ₁₀	Timer >100 µg/m ³	Antall	233	168	253	171	232
Aker sykehus	PM ₁₀	Timer >100 µg/m ³	Antall	15	11	30	25	29
Kir/Lør/Man	PM ₁₀	Timer >200 µg/m ³	Antall	39	36	54	37	51
Rv4	PM ₁₀	Timer >200 µg/m ³	Antall	46	19	25	18	24
Aker sykehus	PM ₁₀	Timer >200 µg/m ³	Antall	0	0	0	0	0
Kir/Lør/Man	PM ₁₀	Døgn > 50 µg/m ³	Antall	21	32	50	31	43
Rv4	PM ₁₀	Døgn > 50 µg/m ³	Antall	23	24	38	21	31
Aker sykehus	PM ₁₀	Døgn > 50 µg/m ³	Antall	2	1	2	2	2
Kir/Lør/Man	PM _{2,5}	Middel	µg/m ³	15,8	14,9	14,4	15,3	15,1
Rv4	PM _{2,5}	Middel	µg/m ³	13,2	12,6	11,8	12,4	12,4
Aker sykehus	PM _{2,5}	Middel	µg/m ³	11,2	10,9	10,1	10,7	10,7
Kir/Lør/Man	PM _{2,5}	Timer >50 µg/m ³	Antall	22	6	28	26	26
Rv4	PM _{2,5}	Timer >50 µg/m ³	Antall	5	7	14	14	14
Aker sykehus	PM _{2,5}	Timer >50 µg/m ³	Antall	2	6	11	11	11
Kir/Lør/Man	PM _{2,5}	Døgn > 25 µg/m ³	Antall	8	7	14	11	11
Rv4	PM _{2,5}	Døgn > 25 µg/m ³	Antall	1	4	8	7	7
Aker sykehus	PM _{2,5}	Døgn > 25 µg/m ³	Antall	1	3	4	3	3
Kir/Lør/Man	Grov	Middel	µg/m ³	25,1	31,6	25,0	25,5	27,1
Rv4	Grov	Middel	µg/m ³	28,0	25,8	21,2	20,5	22,1
Aker sykehus	Grov	Middel	µg/m ³	7,6	11,4	9,8	9,6	10,0
Blindern	Temperatur	Middel	°C	-1,1	0,0	2,1	0,5	0,3
Valle Hovin	Vindstyrke	Middel	m/s	2,6	3,3	3,2	3,3	3,1
Blindern	Nedbør	Mengde	mm	170	71	278	126	151
Blindern	Nedbør	Døgn med nedbør	Antall	41	28	81	49	56

Tabell D3: Hovedresultater fra dataanalysen for utvalgte timer vinteren 2004 og vinteren 2004/05. Timene er valgt ut slik at bidraget fra veien til de målte konsentrasjonene skal være markert, samtidig som meteorologiske og trafikale forhold skal være mest mulig like de to vintrene. Usikre trafikk tall vinteren 2004/05 er markert i fet skrift og skyldes mye manglende data i nordgående felter.

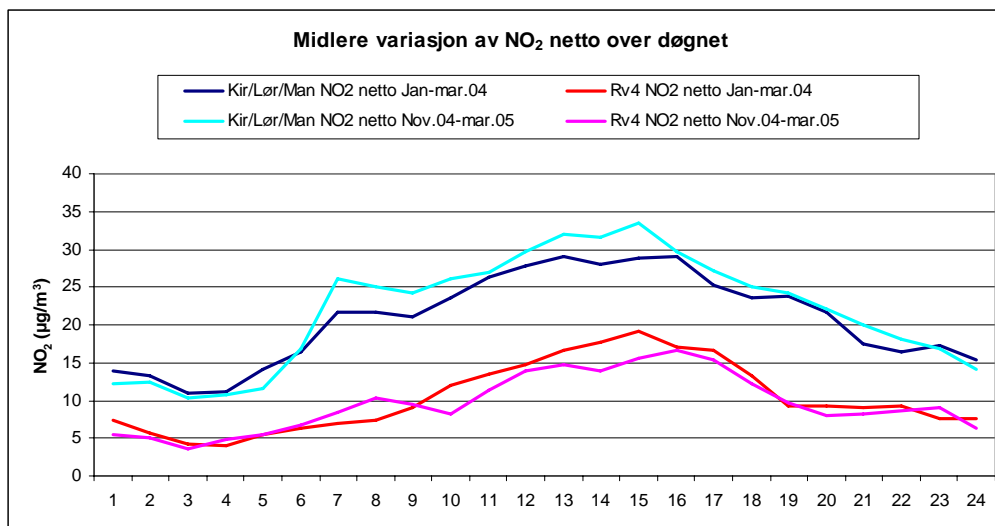
Vindretning	60-300 grader	2004	2004/05	2004	2004/05
Parameter	Enhet	Rh < 80 %	Rh < 80 %	Rh > 80 %	Rh > 80 %
Rv4-pm10	µg/m ³	125,2	102,4	39,7	35,0
Rv4-pm2,5	µg/m ³	18,6	17,5	18,8	16,9
Rv4-grov	µg/m ³	106,6	85,0	20,9	18,2
Rv4-no	µg/m ³	79,8	92,8	108,5	113,2
Rv4-nox	µg/m ³	187,7	212,5	227,7	234,6
Rv4-no2	µg/m ³	65,8	70,7	61,9	61,6
Aker s.-pm10	µg/m ³	28,1	37,8	19,6	21,3
Aker s.-pm2,5	µg/m ³	9,3	11,5	14,6	12,7
Aker s.-grov	µg/m ³	18,8	26,4	5,0	8,6
Aker s.-no	µg/m ³	15,1	26,3	38,0	35,2
Aker s.-nox	µg/m ³	60,6	85,5	105,2	98,0
Aker s.-no2	µg/m ³	37,5	45,2	47,1	44,1
Rv4-pm10 netto	µg/m ³	97,1	64,6	20,1	13,7
Rv4-pm2,5 netto	µg/m ³	9,3	6,0	4,1	4,2
Rv4-grov netto	µg/m ³	87,8	58,6	16,0	9,6
Rv4-no netto	µg/m ³	64,7	66,4	70,5	78,0
Rv4-nox netto	µg/m ³	127,2	127,0	122,6	136,7
Rv4-no2 netto	µg/m ³	28,3	25,5	14,8	17,5
Temperatur	°C	2,3	1,8	-1,9	0,8
Vindretning	grader	168	194	163	168
Vindstyrke	m/s	2,5	2,3	2,3	2,4
Stabilitet	°C	-0,10	-0,04	-0,12	-0,12
Relativ fuktighet	%	58,4	59,7	89,4	89,6
Nedbør	mm	0,000	0,002	0,055	0,057
Kjøretøy inn	antall	1363	1217	1289	1263
Kjørehastighet inn	km/t	79,7	66,1	77,2	65,6
Kjøretøy ut	antall	1712	1581	1422	1484
Kjørehastighet ut	km/t	76,1	65,5	74,4	65,6
Kjøretøy totalt	antall	3075	2847	2710	2766
Kjørehastighet totalt	km/t	77,6	65,3	75,5	65,1
Observasjoner	antall	143	232	102	210
Piggdekkandel	prosent	ca. 27	ca. 24	ca. 27	ca. 24



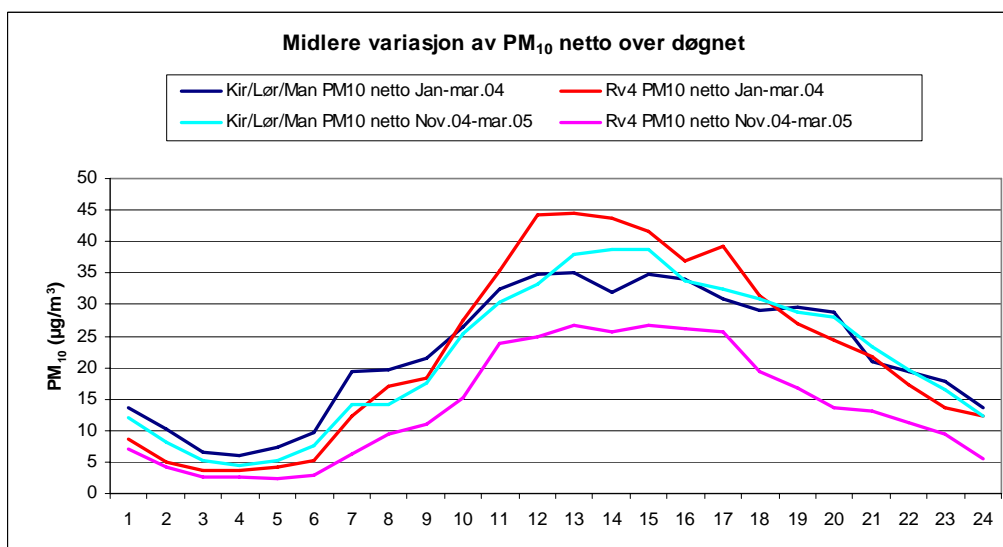
Figur D1: Målte nivåer av NO_2 , PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ og grovfraksjon ($\text{PM}_{10} - \text{PM}_{2,5}$) på bakgrunnsstasjonen Aker sykehus sett i forhold til gjennomsnittet på stasjonene Kirkeveien, Løren og Manglerud (verdier gitt i prosent). Dette er samme figur som for rv 4 i avsnitt 4.1. I motsetning til på rv 4 var det små endringer på Aker sykehus for PM_{10} og grovfraksjonen i PM, tendensen var heller en svak økning. Dette bekrefter at det er piggdekkslitasjen og oppvirvlingen som er hovedkilden til grovfraksjonen i PM og at nedgangen var stor fra vinteren 2004 til vinteren 2004/05.



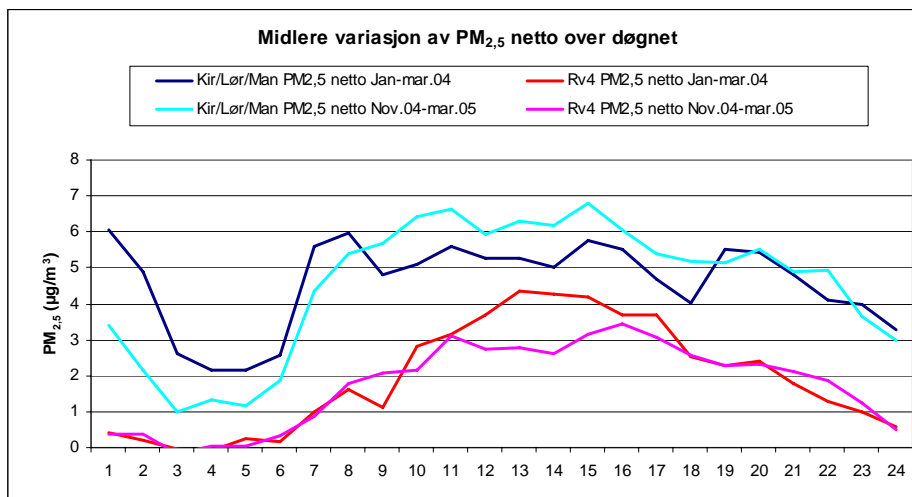
Figur D2: Midlere variasjon over døgnet av nettoverdier av NO_x på rv 4 og Kirkeveien/Løren/Manglerud (gjennomsnitt) for periodene januar-mars 2004 og november 2004-mars 2005 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Nettoverdier er de målte verdiene på stasjonene fratrukket bakgrunnsverdier målt på Aker sykehus. Nettoverdiene er da i all hovedsak veienes (trafikkens) eget bidrag. For NO_x var det liten eller ingen forskjell ved de tre andre veinære stasjonene mellom de to vintrene, mens det var en svak nedgang på rv 4, som var mest tydelig på dagtid.



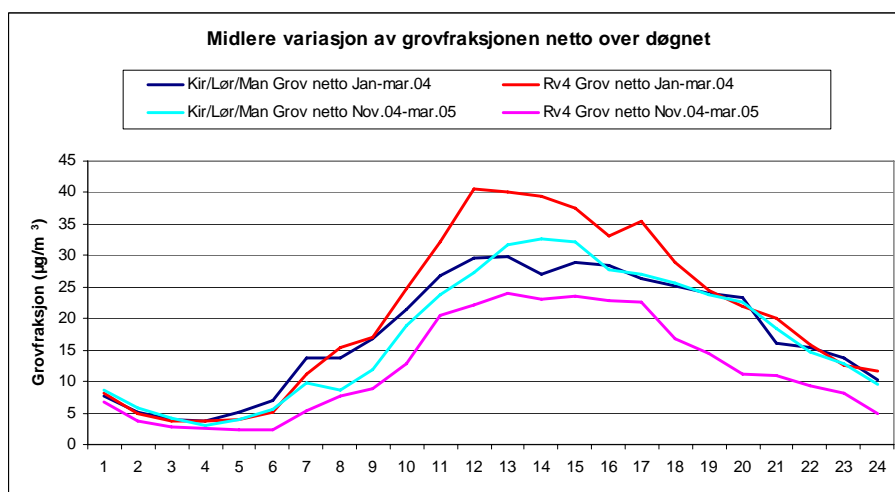
Figur D3: Midlere variasjon over døgnet av nettoverdier av NO₂ på rv 4 og Kirkeveien/Løren/Manglerud (gjennomsnitt) for periodene januar-mars 2004 og november 2004-mars 2005 (µg/m³). Nettoverdier er de målte verdiene på stasjonene fratrukket bakgrunnsverdier målt på Aker sykehus. For NO₂ var det en svak økning ved de tre andre veinære stasjonene fra vinteren 2004 til vinteren 2004/05, mens det var en svak nedgang på rv 4, som begge steder var mest tydelig på dagtid.



Figur D4: Midlere variasjon over døgnet av nettoverdier av PM₁₀ på rv 4 og Kirkeveien/Løren/Manglerud (gjennomsnitt) for periodene januar-mars 2004 og november 2004-mars 2005 (µg/m³). Nettoverdier er de målte verdiene på stasjonene fratrukket bakgrunnsverdier målt på Aker sykehus. For PM₁₀ var endringene betydelig større på rv 4 enn ved de tre andre veinære stasjonene fra vinteren 2004 til vinteren 2004/05, unntatt på sen natt hvor trafikken er liten. Nedgangen regnet i µg/m³ var størst midt på dagen med 15-20 µg/m³, tilsvarende vel 40 %.



Figur D5: Midlere variasjon over døgnet av nettoverdier av $PM_{2,5}$ på rv 4 og Kirkeveien/Løren/Manglerud (gjennomsnitt) for periodene januar-mars 2004 og november 2004-mars 2005 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Nettoverdier er de målte verdiene på stasjonene fratrukket bakgrunnsverdier målt på Aker sykehus. For nettoverdier av $PM_{2,5}$ var endringene på rv 4 små på alle stasjonene. Fordi nettoverdiene av $PM_{2,5}$ er lave, 3-4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ på rv 4 og 5-6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ på de tre andre veinære stasjonene, vil selv små endringer bli store regnet i prosent. Sammenliknet med PM_{10} utgjør nettoverdier av $PM_{2,5}$ bare i overkant av 10 %. Det er derfor endringene i PM_{10} og grovfraksjonen som har betydning ved vurderingen av virkningen av hastighetsreduksjonen.



Figur D6: Midlere variasjon over døgnet av nettoverdier av grovfraksjonen av PM på rv 4 og Kirkeveien/Løren/Manglerud (gjennomsnitt) for periodene januar-mars 2004 og november 2004-mars 2005 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Nettoverdier er de målte verdiene på stasjonene fratrukket bakgrunnsverdier målt på Aker sykehus. Som for PM_{10} var endringene i grovfraksjonen betydelig større på rv 4 enn ved de tre andre veinære stasjonene fra vinteren 2004 til vinteren 2004/05. Nedgangen regnet i $\mu\text{g}/\text{m}^3$ var størst midt på dagen med rundt vel 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, tilsvarende vel 40 %.

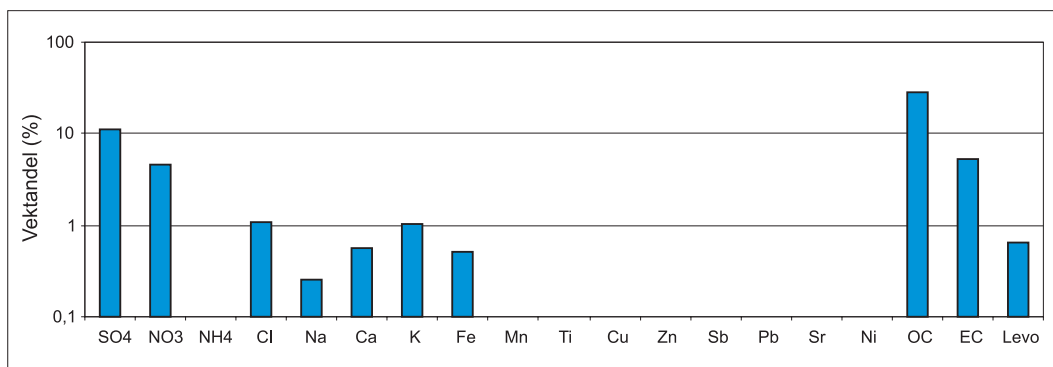
Vedlegg E

Beregnete kildesammensetninger og kildebidrag til PM₁₀

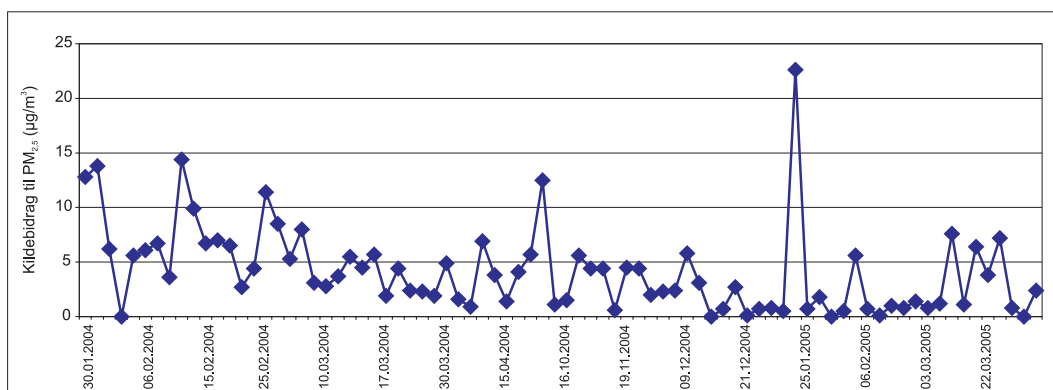
Kildesammensetningene gjengir beregnet andel i prosent av komponenter og metaller i kilden.

Kildebidragene viser antall $\mu\text{g}/\text{m}^3$ som skyldes den angitte kilden hver dag.

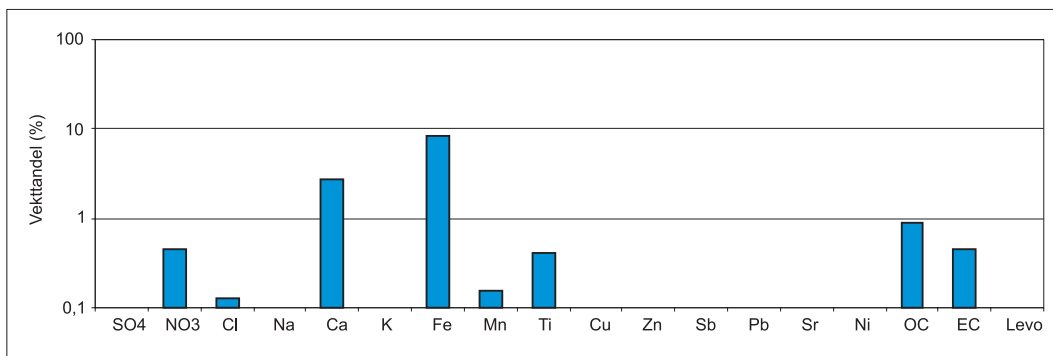
Levo er brukt som forkortelse for levoglucosan i figurene,
OC er brukt for andre organiske karbonforbindelser, og
EC er brukt som betegnelse på elementært karbon eller sot.



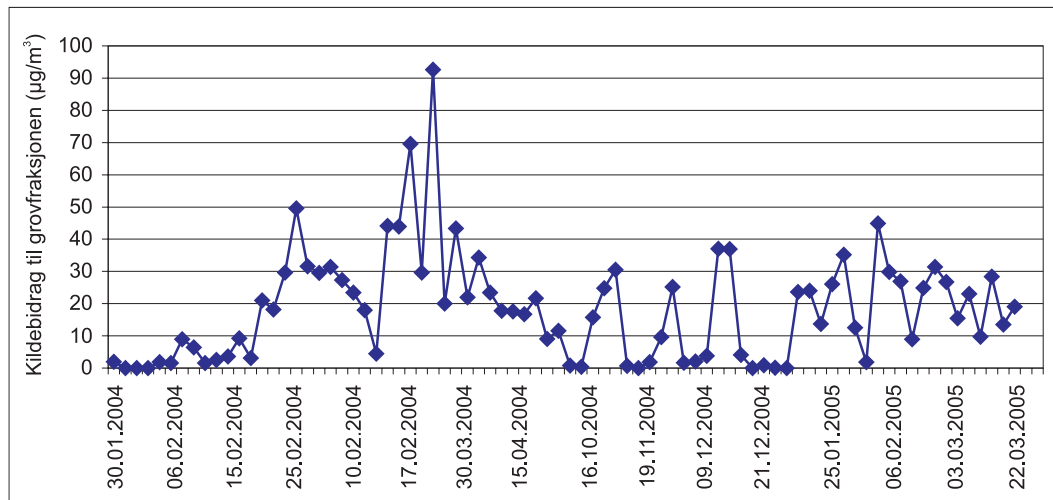
Figur E1: Sulfat og karbonrik antropogen kilde til $PM_{2,5}$. Beregnet kildesammensetning.



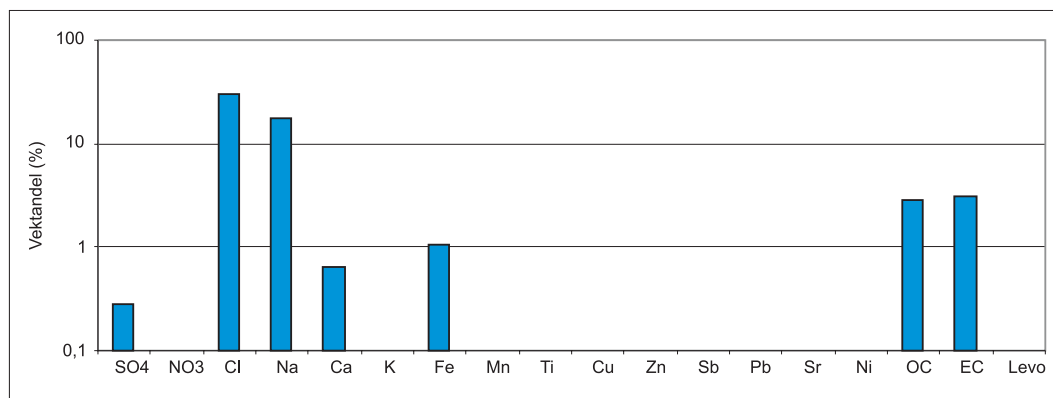
Figur E2: Sulfat og karbonrik antropogen kilde til $PM_{2,5}$. Beregnet kildebidrag ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).



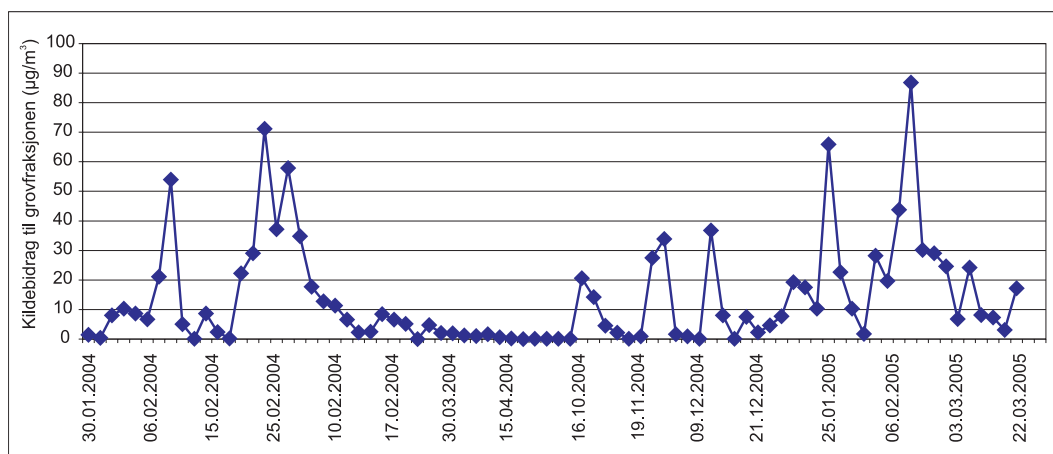
Figur E3: Vanlig veistøv i grovfaksjonen. Beregnet kildesammensetning.



Figur E4: Vanlig veistøv i grovfraksjonen. Beregnet kildebidrag ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Figur E5: Veistøv med natriumklorid i grovfraksjonen. Beregnet kildesammensetning.



Figur E6: Veistøv med natriumklorid i grovfraksjonen. Beregnet kildebidrag ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2027 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAKSRASPPORT	RAPPORT NR. OR 41/2005	ISBN 82-425-1686-3 ISSN 0807-7207	
DATO	ANSV. SIGN.	ANT. SIDER 70	PRIS NOK 150,-
TITTEL Miljøfartsgrense i Oslo Effekt på luftkvaliteten av redusert hastighet på rv 4		PROSJEKTLEDER Leif Otto Hagen	
		NILU PROSJEKT NR. O-104003	
FORFATTER(E) Leif Otto Hagen, Steinar Larssen og Jan Schaug		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAKSGIVERS REF. Sondre Meland	
OPPDRAKSGIVER Statens vegvesen Region øst Stor-Oslo distrikt Postboks 1010 Skurva 2605 LILLEHAMMER			
STIKKORD Miljøfartsgrense	Luftkvalitet	Svevestøv	
REFERAT På grunnlag av målinger av luftkvalitet før og etter en hastighetsreduksjon på rv 4 er det gjennomført en analyse av betydningen av hastighetsreduksjonen på luftkvaliteten. Skiltet hastighet på rv 4 mellom Grorud og Sinsen ble satt ned til 60 km/t vinteren 2004/05. Faktisk hastighet ble redusert fra ca. 77 km/t vinteren 2004 til ca. 67 km/t vinteren 2004/05. Dette ga en reduksjon i bidraget fra rv 4 til gjennomsnittsnivå av PM ₁₀ på ca. 35% og en reduksjon i grovfraksjonen av PM ₁₀ på ca. 40 %.			
TITLE Environmental speed limit in Oslo. Effects on air quality of reduced speed limit on rv 4.			
ABSTRACT			

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