

NILU : OR 53/96
REFERANSE : O-95108
DATO : MAI 1996
ISBN : 82-425-0814-3

**Veistøvdepot og
svevestøvkonsentrasjon
Målinger på Europaveien (E6),
Mortensrud-Klemetsrud
Vinteren 1995/96**

Steinar Larssen og Ivar Haugsbakk

Innhold

	Side
Sammendrag	3
1. Innledning	5
2. Metodikk	5
3. Måleprogram	8
3.1 Valg av område/vei	8
3.2 Plan for måleprogrammet	10
3.3 Avvik fra planen	11
4. Datakvalitet og tilgjengelighet	12
5. Svevestøvmålinger	13
5.1 Oversikt.....	13
5.2 Anbefalte retningslinjer for svevestøv	13
5.3 Kontinuerlige målinger av svevestøv.....	14
5.4 Døgnmidlele målinger av svevestøv	18
5.5 Sammenligning mellom kontinuerlige og døgnmidlele målinger av svevestøv	20
5.6 Svevestøvbelastning som funksjon av vindretning.....	22
6. Veistøvdepot-målinger	24
6.1 Oversikt.....	24
6.2 Støvsugerutvikling	25
6.3 Målinger av veistøv-depotet	27
6.3.1 Utvikling i veistøv-depot over tid.....	27
6.3.2 Størrelsesfordelingen av veistøvdepot-partikler.....	34
7. Øvrige målinger	35
7.1 Meteorologi.....	35
7.2 Trafikktellinger	38
7.3 Piggdekkteellinger	42
7.4 Støvfallsmålinger	42
8. Sammenheng veistøvdepot - veirengjøring - svevestøv (PM₁₀)	45
9. Konklusjon	46
10. Referanser	53

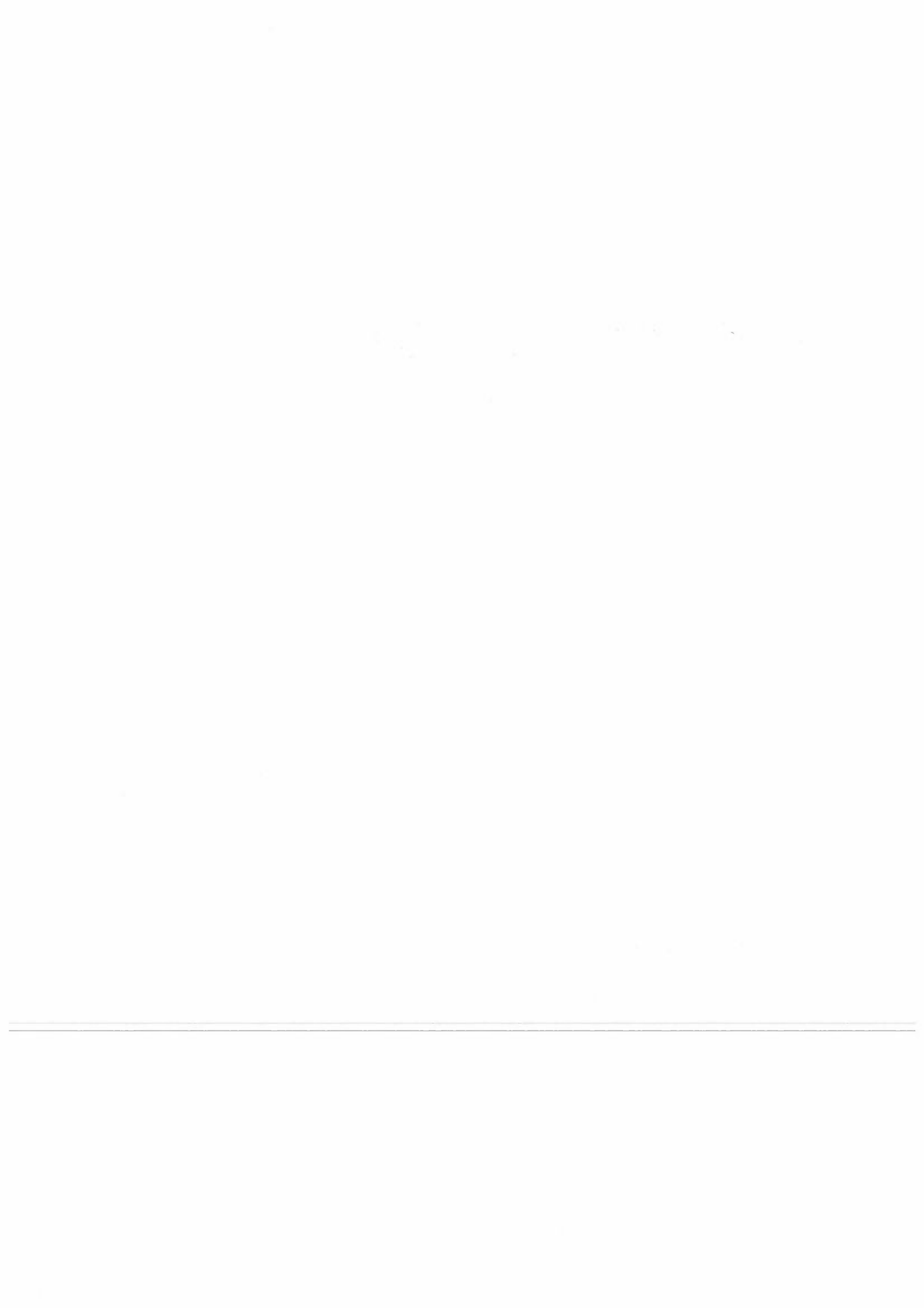
Vedlegg A: Svevestøvmålinger

Vedlegg B: Meteorologiske målinger

Vedlegg C: Retningslinjer for støvfall

Vedlegg D: Data fra støvsugerprøvene

Vedleggene er samlet i egen Vedleggsrapport



Sammendrag

For Vegdirektoratet og Statens vegvesen Oslo har Norsk institutt for luftforskning (NILU) utført en undersøkelse av sammenhengen mellom størrelsen på veistøvdepotet på vei og støvkonsentrasjon i luft, i samband med rengjøring av veien med det beste utstyr som er tilgjengelig i Norge. Hovedformålet var å få grunnlag for å kvantifisere effekten på svevestøv (PM_{10})-forurensning i luft ved vei av økt andel piggfrie dekk i bilparken. Metodikken var i korte trekk å måle svevestøvforurensningen på to i utgangspunktet like steder langs en vei, og utføre rengjøring ved et av stedene, og se på forskjellen i svevestøv på bakgrunn av dette. Samtidig ble støvmengden på veien, i dagene etter rengjøring, målt og fraksjonert etter støvpartikkelstørrelse, med en støvsuger utviklet for formålet.

Svevestøvmålingene viste at det var forskjeller i svevestøvkonsentrasjonen i luft på de to stedene, uten at dette vesentlig påvirket muligheten for å trekke konklusjoner. Svevestøvforurensningen langs Europaveien var høyere enn luftkvalitetskriteriet for døgnmiddelverdi i ca. 25% av tiden målingene pågikk (november 1995-mars 1996), mens kriteriet for halvårsmiddelverdi ble overskredet med ca. 20%.

De meteorologiske målingene viste at perioden var preget av mye svak vind, kulde, stabil luftsjiktning (inversjon), med andre ord dårlige spredningsforhold for forurensninger. Dette innebærer at konsentrasjonen av bileksoforurensning var høyere i måleperioden enn normalt.

Det var lite nedbør og derved muligheter for mye tørr veibane og veistøvforurensning. Imidlertid førte den sterke kulden til høy luftfuktighet og fuktig veibane i lange perioder, spesielt i januar og februar. I november, desember og mars var det imidlertid tørt i lange perioder, og derved forhold som ga mye veistøv.

Støvsugeren som ble utviklet i prosjektet kunne skille partiklene i veistøvet inn i 7 fraksjoner etter støvpartikkelenes diameter, med største fraksjon $>38 \mu\text{m}$ og minste fraksjon $<0,5 \mu\text{m}$. Etter ferdig utprøving fungerte støvsugeren etter forutsetningene, og ga bra reproducerbare resultater, tatt i betraktning de usikkerheter og variasjoner som gjør seg gjeldende ved slik prøvetaking.

Det ble gjennomført 2 perioder i mars med daglig prøvetaking av veistøvdepotet etter veirengjøring, med fullt utprøvd og innstilt støvsuger.

Konklusjonene av undersøkelsen er følgende:

1. Resultatene av veistøvdepot-målingene tyder på at når det er tørt er det balanse til enhver tid mellom generert (avslitt) veistøv og oppvirvlet/bortvirvlet veistøv, slik at veistøvet ikke samlet seg opp til et depot på selve veibanen.

Dog er det variasjon i hvor stor del av den avslitte støvmengden som er tilgjengelig for oppvirvling til enhver tid, avhengig av fuktighet og temperatur, spesielt frost.

Når det er fuktig på veien vil støvet samle seg opp til et depot, men dette vil "tømmes" ganske raskt, når veien tørker opp.

På veikant/skulder kan det bli et depot som kan bli ganske stort gjennom vinteren, og gi støvingsproblem om våren, når det tørker skikkelig opp.

2. Rengjøring av veibanen og -skulderen med den beste tilgjengelige rengjøringsmetodikk (støvsugerbil BEAM S9000) ga ikke redusert PM_{10} -konsentrasjon i luft ved veien. Dette underbygger resultatene fra veistøvdepotmålingene.
3. Disse observasjonene innebærer at en ikke kan "rengjøre seg ut av" problemet med høye PM_{10} -konsentrasjoner ved veier om vinteren. Rengjøring av veiene om våren, der spesielt depotet ved veikant/skulder tas bort, vil imidlertid redusere og forkorte støvingsproblemene utover våren.
4. Observasjonen av balanse mellom avslitt og bortvirvlet veistøv innebærer at tiltak som reduserer slitasjen av veidekket også vil gi reduksjon i PM_{10} -konsentrasjonen i luft ved veien.

For eksempel innebærer dette at PM_{10} -konsentrasjonen vil reduseres proporsjonalt med andel piggdekk i trafikkstrømmen. Økning i andelen av biler med **piggfrie dekk** vil derved redusere veistøvproblemet.

Det er sannsynlig at dette også innebærer at **lettere pigger** og redusert antall pigger vil redusere veistøvproblemet. Veidekke-slitasje øker proporsjonalt med piggvekten. Det er uavklart om piggvekten har betydning for andelen av finstøv (f.eks. PM_{10}) i slitasjestøvet.

5. En begrenset undersøkelse av støvnedsmussing, målt som støvnedfall med standard metodikk over en 3-ukers-periode, ga ikke redusert støvnedfall ved den delen av veien som ble rengjort 3 ganger i løpet av 3-ukersperioden, i forhold til ved veien som ikke ble rengjort, selv ikke så nær veien som 10 meter fra veikant.
6. Tidligere målinger av størrelsesfordelingen av partikler i veistøvdepotet har gitt varierende resultater, når det gjelder finstøvet andel av totalstøvet. NILU fant i 1987 at ca. 2 vektprosent av veistøvet var partikler $<36 \mu m$, mens SINTEF i 1994 fant ca. 12%. Resultatene fra Klemetsrud, ca. 3 vektprosent $<38 \mu m$, stemmer bra med NILUs tidligere målinger. NILU og SINTEF har benyttet ulike analyse metoder

Veistøvdepot og svevestøvkonsentrasjon

Målinger på Europaveien (E6), Mortensrud-Klemetsrud

Vinteren 1995/96

1. Innledning

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Vegdirektoratet i samarbeid med Statens vegvesen Oslo gjennomført et måleprogram som omfattet meteorologiske parametre, samt støv i luft og på vei langs Europaveien (E6) i området Mortensrud-Klemetsrud sørøst for Oslo.

Formålet med undersøkelsen har vært:

1. å undersøke oppbyggingen av veistøvdepotet på veien som funksjon av tiden, i tørre og våte perioder, og relasjonen mellom veistøvdepotets størrelse (mengde) og partikkelforurensningen ved veien.
2. å undersøke den relative betydningen av direkte veistøvemisjon og oppvirvling fra veistøvdepotet (indirekte veistøv-emisjon, resuspensjon) for konsentrasjonen av svevestøv (PM_{10}) ved veier.
3. å få grunnlag for å søke å kvantifisere sammenhengen mellom andelen piggfrie dekk og PM_{10} -forurensningen.

2. Metodikk

Metodikken som ble brukt for å skaffe tilveie de data som var nødvendig for å dekke formålene med undersøkelsen beskrives som følger:

På en utvalgt, lengre veistrekning med uendrete forhold hva gjelder slitasje av veidekket og spredning av dette, deles strekningen i to (delstrekningene må være flere hundre meter lange). Kontinuerlig registrerende målinger av PM_{10} , samt integrerte målinger (6-24 timer) av TSP, PM_{10} og $PM_{2,5}^*$, foretas på begge strekninger.

- Den ene av strekningene rengjøres ikke.
- Den andre strekningen rengjøres meget grundig natten før hver forsøksperiode starter. Her tas veistøvdepot-målinger med spesielt utviklet støvsuger dag for dag, på ulike steder langs strekningen, for å måle oppbyggingen av veistøvdepotet (masse og størrelsesfordeling). Rengjøring foretas på tørre dager.

* TSP: Samlet svevestøv (Total Suspended Particles, partikler med diameter $<50-100 \mu m$).

PM_{10} : Partikler med diameter $<10 \mu m$. Dette er partikler som kommer inn i luftveiene ved neseputing. De største avsetter seg i øvre luftveier.

$PM_{2,5}$: Partikler med diameter $<2,5 \mu m$. Disse partiklene følger med luften helt inn i lungene og en del av dem avsetter seg der.

Forsøkene starter helt i begynnelsen av piggdekkseasonen, når god rengjøring av veien er mulig. Forsøkene konsentreres om tørre perioder. Noen forsøk søkes også gjort i fuktige/våte perioder, for å se om slitasjen er større da. Da måles veistøvdepotet straks etter opptørking etter den våte perioden.

I figur 1 og 2 er skissert hvordan undersøkelsen ble planlagt gjennomført på utvalgt vei.

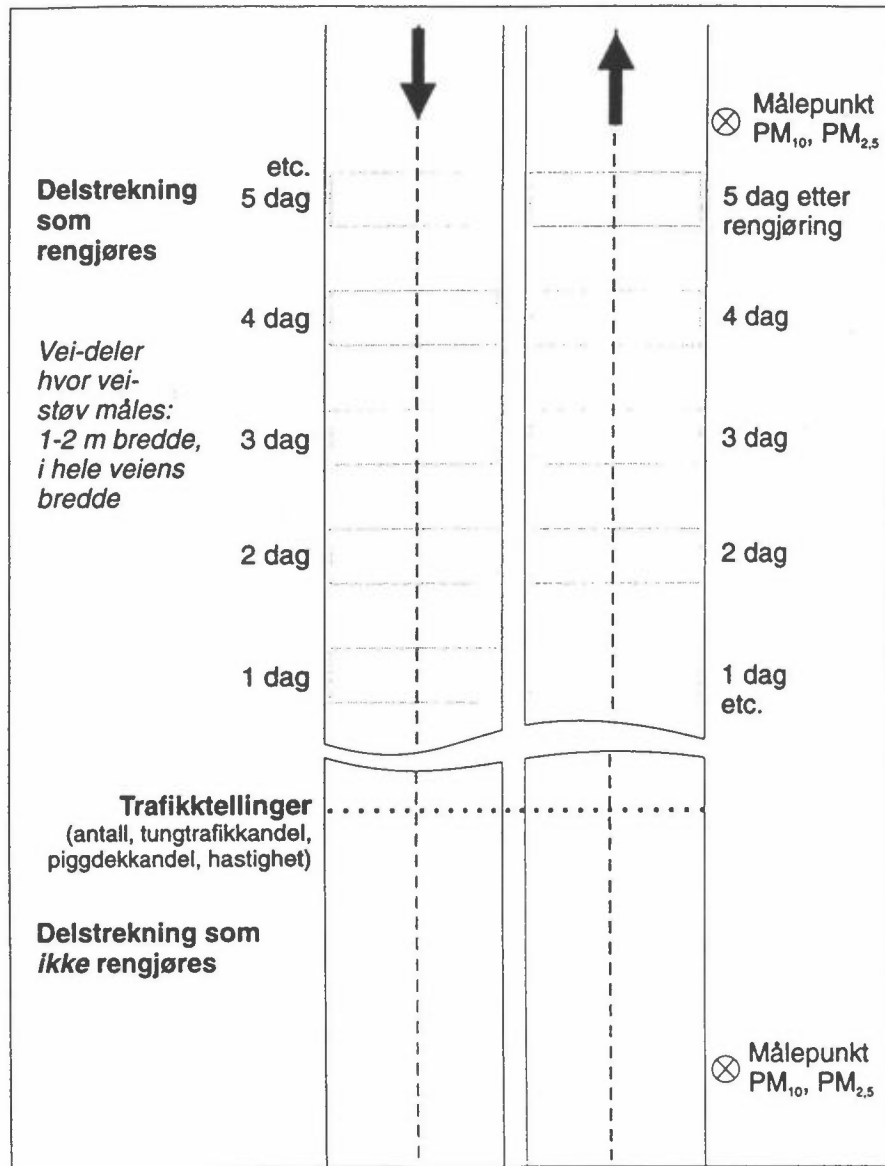
Av ulike årsaker kom ikke feltforsøkene med rengjøring/støvsuging av vei igang før i februar, og feltforsøk ble kun utført i tørre perioder. Dette beskrives i kapittel 3

Figur 2 viser hvordan støvsugingen for å ta prøver av veistøvdepotet ble foretatt.

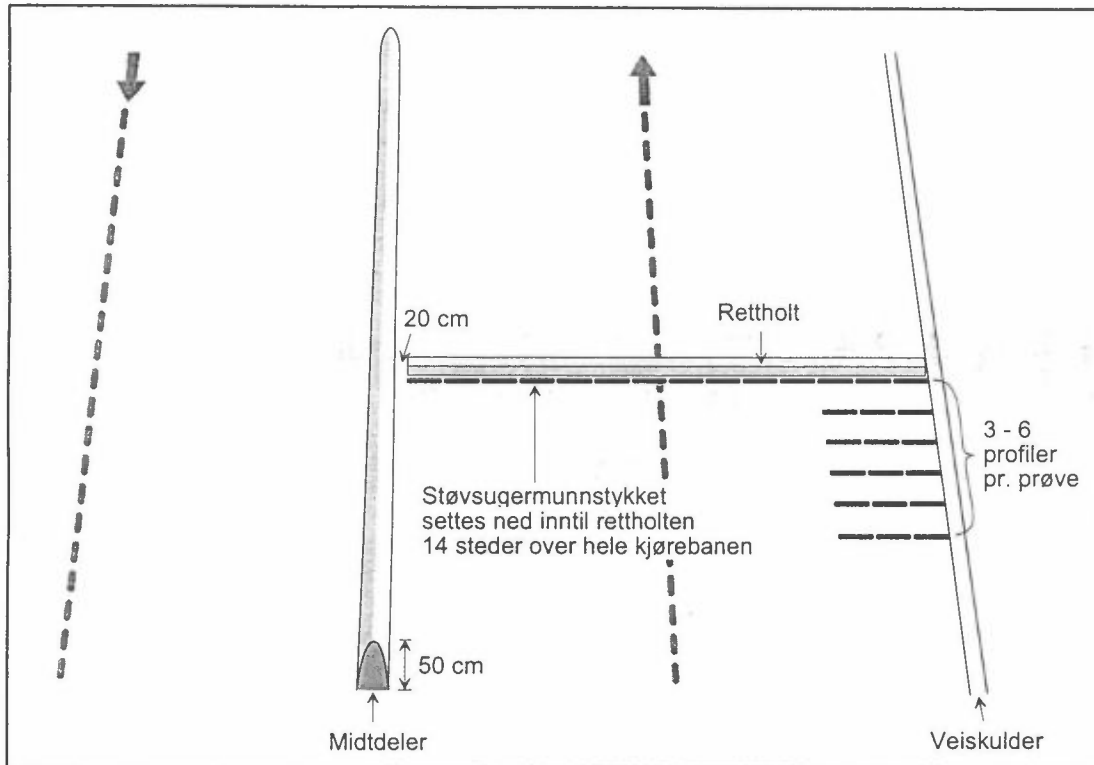
Det ble støvsuget i striper på tvers av veibanen i hver kjøreretning. Støvsugermunnstykket ble anlagt mot en rettholt som ble lagt på tvers av veien. Støvsugingen ble så foretatt ved at munnstykket ble satt ned på veien (på tvers av veiretningen) og holdt stille i ca. 10 sekunder, deretter flyttet sideveis suksessivt til hele veibredden var dekket. Det ble støvsugd fra hvit(kant)-stripen og inn til ca. 20 cm fra midt-deleren, fordi det helt inn mot midt-deleren var vanskelig å få rengjort skikkelig med støvsugerbilen.

For hver prøve ble det støvsugd langs 6-12 striper ("profiler").

Fra dag til dag ble prøvestedet flyttet i retning mot trafikken, slik at det ikke ble støvsugd der en allerede hadde vært.



Figur 1: Skisse over metodikk for undersøkelsen.



Figur 2: Skisse av metodikk for prøvetaking av veistøvdepot.

3. Måleprogram

3.1 Valg av område/vei

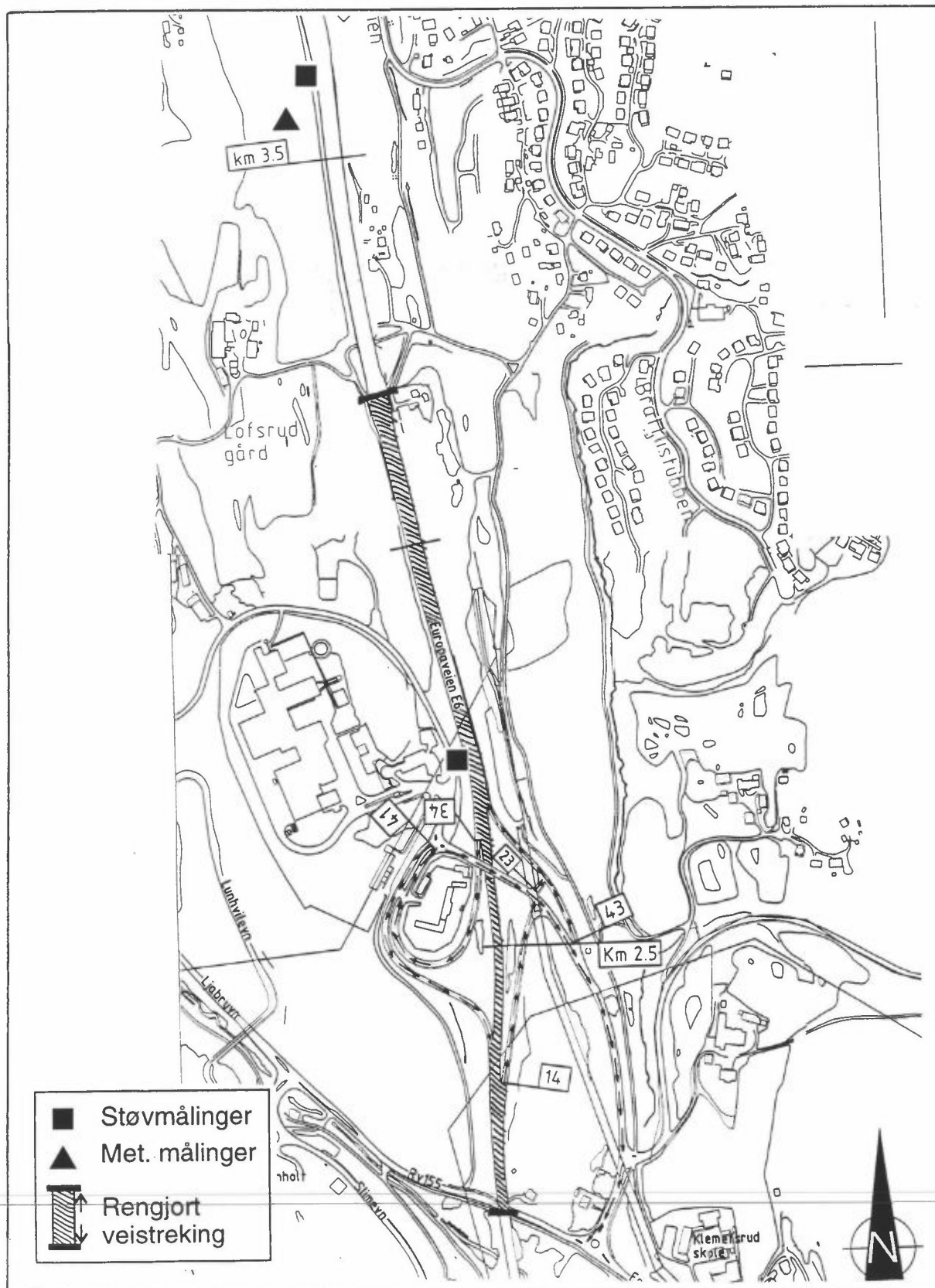
Befaring av mulige veier for gjennomføring av undersøkelsen ble foretatt i september 1995, der NILU, Oslo Vegkontor v/Pål Tvedt og Veglaboratoriet v/Torbjørn Jørgensen deltok.

Kriterier som måtte oppfylles:

- rett (nokså) strekning med lengde minst 7-800 m
- uendret trafikk langs strekningen
- uendret veidekke langs strekningen
- ingen spesielle støvkilder nær målestedene.

De strekningene som ble befart var Østre Aker vei og Europavei E6 sør for Nordstrandsveien.

Europaveien mellom Mortensrud og Klemetsrud ble valgt, ut fra best oppfylging av kriteriene. Figur 3 viser området, med målestasjoner, etc. Veien framsto som ganske ideell for formålet. Det var dog et område ca. 100 m unna målestasjonen på Klemetsrud med åpne grus- og jordhauger (se figur 3).



Figur 3: Målestasjoner for svevestøv og meteorologiske forhold på Mortensrud og Klemetsrud vinteren 1995/96.

3.2 Plan for måleprogrammet

Måleprogrammet omfattet som planlagt, måling av:

- Svevestøv Utført av NILU
- Støvfall Utført av NILU
- Veistøvdepot Utført av NILU/Veglaboratoriet
- Meteorologiske forhold Utført av NILU
- Trafikk Utført av Statens Vegvesen, Oslo
- Piggdekkandel Utført av Oslo kommune.

Tabell 1 gir en oversikt over hvilke parametre som ble målt hvor (Mortensrud og/eller Klemetsrud) og metoder.

Tabell 1: Måleprogramoversikt.

Parameter	Metode	Mortensrud (ikke renhold)	Klemetsrud (renhold på utvalgte dager)
Støvforurensing i luft			
PM _{2,5} /PM ₁₀	Døgnprøver (Dichotomous Impactor, type Sierra 245) (NILU metode NILU-I-2.5)	x	x
PM ₁₀	Kontinuerlig registrering TEOM, type Rupprecht/Patachnik (NILU metode NILU-I-4.1)	x	x
Støvfall	Langtidsprøver NILU støvfallsmålere (NILU metode NILU-I-2.3)	x	x
Meteorologi			
Vindstyrke/retning	Kontinuerlig registrering Aanderaa aut. værstasjon (10 m mast)	x	
Temperatur		x	
Stabilitet		x	
Relativ fuktighet		x	
Nedbør		x	
Trafikktelling			
Ant. kjøretøy i 5 lengdeklasser	5 min. verdier	x	
Kjørehastighet	5 min. verdier	x	
Piggdekkandel	Dekkebetservasjon/telling på to bensinstasjoner i området		
Veistøvdepot			
Støvmengde (masse) i 6 størrelsesfraksjoner	Spesialbygget støvsuger, utviklet ved NILU		x

Måleprogrammet strakk seg totalt over perioden 27. oktober 1995-28. mars 1996. Figur 4 viser periodene for de enkelte aktiviteter.

	Okt.	Nov.	Des.	Jan.	Feb.	Mars
Svevestøv	25.					
Meteorologi		3.				
Trafikktellinger						
Veirenhold					28.	6. 26.
Støvsuging, veistøvdepot*						- -
Støvfall					29.	22.
Piggdekkteillinger**			■			■

* 29. februar-4. mars, 6.-12. mars, 26.-29. mars.

** 14. desember, 19.-20. mars.

Figur 4: Tidsoversikt over gjennomføring av måleprogrammet.

Det endelige prosjektforslaget omfattet målinger av svevestøv og meteorologi i perioden november-februar. Avvik fra planen beskrives nedenfor.

3.3 Avvik fra planen

Ifølge planen skulle veistøvdepot-målingene ha startet så tidlig som mulig i piggdekkseasonen, dvs. i november, dersom værforholdene tillot det (tørt vær over perioder på 4-6 dager). Støvsugerbilen som skulle brukes var da imidlertid til reparasjon i Danmark, og kom tilbake til Oslo først sent i desember 1995. Utviklingen av støvsugeren var nær ferdig i begynnelsen av november. Ferdigstillingen ble ikke framskyndet, fordi støvsugerbilen da var i Danmark.

Utover i januar-februar 1996 var det svært kaldt vær, fuktighet på bakken, og ikke egnede forhold. Veistøvdepot-støvsugeren ble i denne tiden testet i Ekeberg- og Oslo-tunnelen.

Helt mot slutten av februar avtok kulden, og det ble tørre forhold på veiene som egnet seg for prøvetaking av veistøvdepotet. Svevestøv- og meteorologi-målingene som etter prosjektforslaget skulle pågå ut februar, måtte da fortsette, og de var i drift helt til i slutten av mars, dvs. fram til påske. Etter da ville det ikke lenger være aktuelt å fortsette målingene, etter at piggdekkseasonen var over.

TSP-målinger (samlet svevestøv i luft) ble ikke utført, fordi det var nødvendig å holde totalkostnadene på prosjektet innenfor de opprinnelige rammer, selv om måleperioden ble utvidet til også å omfatte mars. TSP-målingene skulle utføres før og etter vask/rengjøring av veien, og ville utdypet resultatene hva gjelder effekten av vei-rengjøring på totalt svevestøv.

4. Datakvalitet og tilgjengelighet

Datakvaliteten er kontrollert og åpenbare feil er lukket bort. Datatilgjengeligheten var god for alle meteorologiske parametre utenom vindretning i november 1995. Det har vært noe tekniske problem med "Teom-instrumentene" for kontinuerlig registrering av svevestøv (PM_{10}) som sannsynligvis skyldes den strenge kulden. Dette har ført til at det mangler data i kortere perioder. De døgnmidlete målingene av svevestøv ($PM_{2,5}$ og PM_{10}) har gått uten problemer og tilgjengeligheten er god.

Tabell 2 viser datatilgjengeligheten for meteorologi og luftkvalitet månedsvis i hele perioden.

Tabell 2: *Datatilgjengeligheten for meteorologi og luftkvalitet månedsvis i hele perioden.*

Målested	Parameter	Enhet	Periode					
			Okt. 1995	Nov. 1995	Des. 1995	Jan. 1996	Feb. 1996	Mars 1996
Mortensrud	Temperatur	°C	-	100,0 ¹	100,0	100,0	100,0	89,0
	Temperaturdifferanse 10-2 m	°C	-	100,0 ¹	100,0	100,0	100,0	89,0
	Vindretning	grader	-	21,4 ¹	98,8	96,0	99,4	89,0
	Vindstyrke	m/s	-	100,0 ¹	100,0	95,6	89,7	89,0
	Gust (vindkast)	m/s	-	100,0 ¹	100,0	96,5	89,7	89,0
	Relativ fuktighet	-	-	100,0 ¹	100,0	100,0	100,0	89,0
	Nebørmengde	mm	-	100,0 ¹	100,0	100,0	100,0	88,2
	PM_{10} kontinuerlig	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	98,9 ¹	98,1	76,9	78,7	59,8
	PM_{10} døgnmidlet	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100,0 ³	100,0	100,0	100,0	82,7	93,3 ⁴
$PM_{2,5}$ døgnmidlet	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100,0 ³	100,0	100,0	100,0	82,7	93,3 ⁴	
Klemetsrud	PM_{10} kontinuerlig	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100,0 ²	89,2	91,5	83,3	71,3	90,7
	PM_{10} døgnmidlet	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100,0 ³	96,7	100,0	100,0	100,0	96,0 ⁵
	$PM_{2,5}$ døgnmidlet	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100,0 ³	96,7	100,0	100,0	100,0	96,0 ⁵

- 1 Startet 3. november 1995.
- 2 Startet 25. oktober 1995.
- 3 Startet 27. oktober 1995.
- 4 Avsluttet 16. mars 1996.
- 5 Avsluttet 28 mars 1996.

Måledata er korrigert under den statistiske bearbeidelsen og feil er rettet opp. De data som er brukt i denne rapporten antas å være av god kvalitet.

5. Svevestøvmålinger

5.1 Oversikt

Svevestøvmålingene ble utført over hele perioden (november-mars), dels for å karakterisere støvforholdene langs veien godt nok, dels for å gi data i periodene med veistøvsuging, som bare kunne bestemmes med kort frist, avhengig av værforholdene.

Målingene viste et svært varierende svevestøvnivå, avhengig av tørr/fuktig veibane, og vind og temperaturforhold. Nivået var høyest i tørre perioder i november og desember (døgnverdier over $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$), og lavt i hele januar på grunn av kulde og fuktig veibane.

SFTs anbefalte luftkvalitetskriterium for døgnmiddelverdi av PM_{10} ($70 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ble overskredet 36 av 150 døgn med målinger, dvs. ca. 25% av tiden. Høyeste verdi var $165 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kriteriet for halvårsmiddelverdi ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ble overskredet med ca. 20% i den 5-måneders-perioden målingene pågikk.

Overensstemmelsen var god mellom de to målemetodene for PM_{10} (kont. registrerende metode, TEOM) og integrerende metode (Sierra to-trinns impaktor).

Både PM_{10} - og $\text{PM}_{2,5}$ -konsentrasjonen var i gjennomsnitt nokså lik på begge stasjoner, men PM_{10} varierte ikke på samme måte på de to stasjonene, som funksjon av tiden. Helt lokale forhold ved stasjonene førte til at PM_{10} var i gjennomsnitt noe høyere på Klemetsrud om formiddagen, og noe høyere på Mortensrud om ettermiddagen/kvelden. I utgangspunktet burde stasjonene gitt helt samme nivå i perioder uten veirengjøring, for å gi det beste utgangspunkt for å vurdere effekten av veirengjøring. Forskjellene hadde imidlertid ikke vesentlig betydning for konklusjonene av undersøkelsen.

Virkingen av vask/rengjøring av vei på PM_{10} i luft omtales i kapittel 8.

5.2 Anbefalte retningslinjer for svevestøv

I juni 1992 offentliggjorde SFT anbefalte luftkvalitetskriterier i Norge for bl.a. svevestøv, $\text{PM}_{2,5}$ (partikkeldiameter $<2,5 \mu\text{m}$) og PM_{10} (partikkeldiameter $<10 \mu\text{m}$) (se tabell 3).

Tabell 3: Anbefalte luftkvalitetskriterier for svevestøv (PM_{10} og $\text{PM}_{2,5}$) benyttet i denne undersøkelsen.
Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Parameter	Grenseverdi	Midlingstid
PM_{10}	70	Døgn
	40	Halvår
$\text{PM}_{2,5}$	30	Halvår

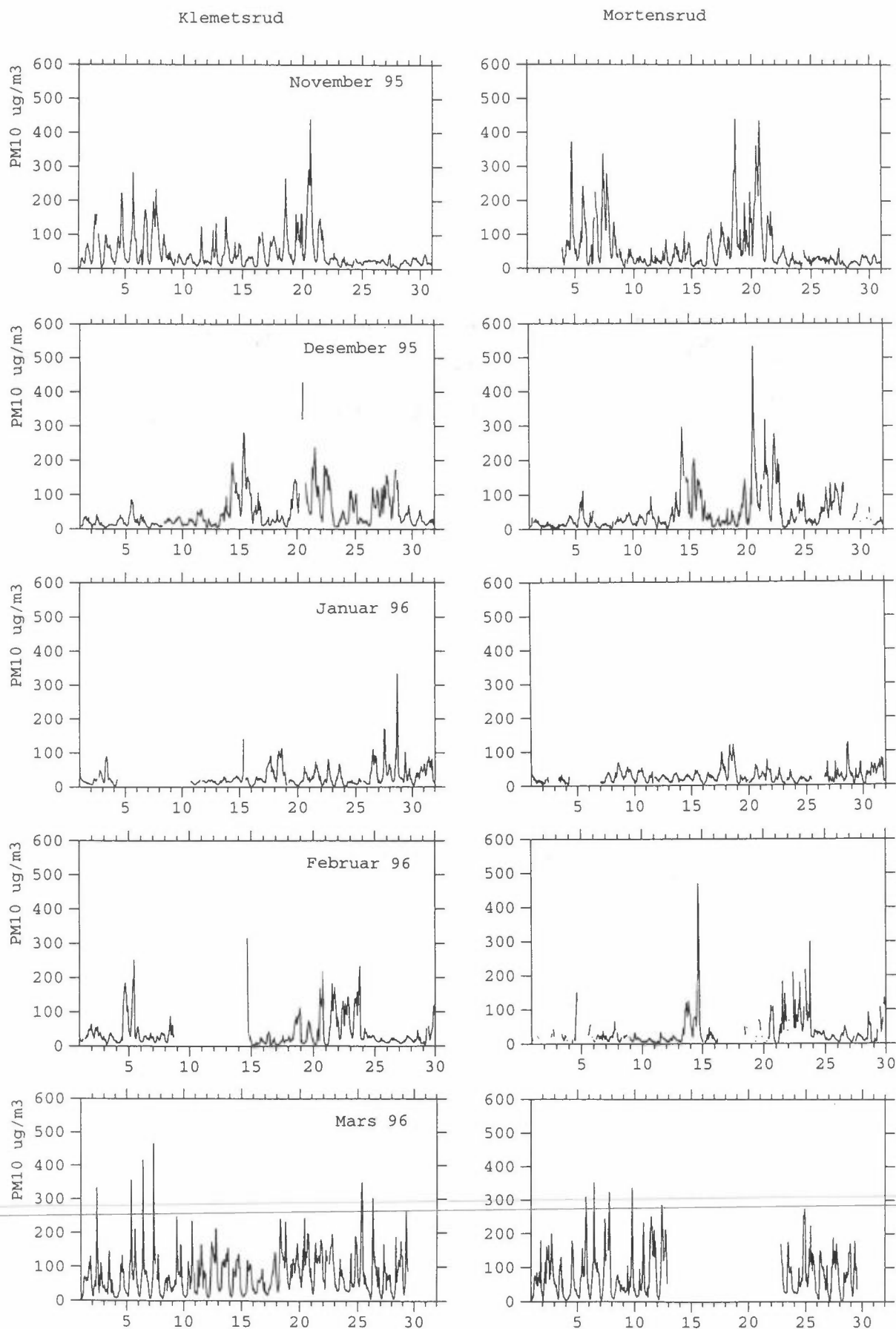
5.3 Kontinuerlige målinger av svevestøv

Figur 5 viser resultater fra kontinuerlige (timemidlete) målinger av svevestøv på Mortensrud og Klemetsrud. Brudd i kurvene betyr manglende data på grunn av strømbrudd eller svikt på utstyr. De kontinuerlige målingene av svevestøv viser i enkelte timer svært høye verdier på begge stasjoner. Høyeste målte verdi på Mortensrud var $535 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og på Klemetsrud $467 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Den statistiske bearbeidelsen av disse svevestøvmålingene viser at høyeste døgnmiddel på Mortensrud var $183 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og på Klemetsrud $149 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De høyeste verdiene ble målt på Mortensrud, men middelverdiene for hele måleperioden november 1995-mars 1996 var nesten identiske på de to stasjonene; $51 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på Mortensrud og $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på Klemetsrud. Dette viser at de to stasjonene var godt egnet for å måle en eventuell forskjell i svevestøvnivå i forbindelse med rengjøring av veien ved det ene målestedet (Klemetsrud).

Synoptiske tidsplokk av målingene er gitt i vedlegg A og statistisk bearbeiding med frekvensfordeling, midlere døgnfordeling og minimum-, middel- og maksimumsverdier er også gitt i vedlegg A, sammen med døgnmidlete verdier av målingene. Et resyme av målingene er gitt i tabell 4. Figur 6 viser forløpet over døgnet for middel- og maksimalverdier for Mortensrud og Klemetsrud. Figur 7 gir samme data, men her er begge stasjoner vist på samme figur for å få fram likheter og forskjeller tydeligere.

PM_{10} -konsentrasjonene var i gjennomsnitt høyest på Klemetsrud før ca. kl 12, og høyest på Mortensrud på ettermiddagen og kvelden. Dette er ikke lett å forklare ut fra kjente forhold. Det må henge sammen med helt lokale forhold ved stasjonene. For eksempel ble det observert anleggstrafikk som kom inn på E6 nordover mot Klemetsrud, med sølete hjul som ga et ekstra støvdepot på veien der. Sannsynligvis var den trafikken mest intens på formiddagen.

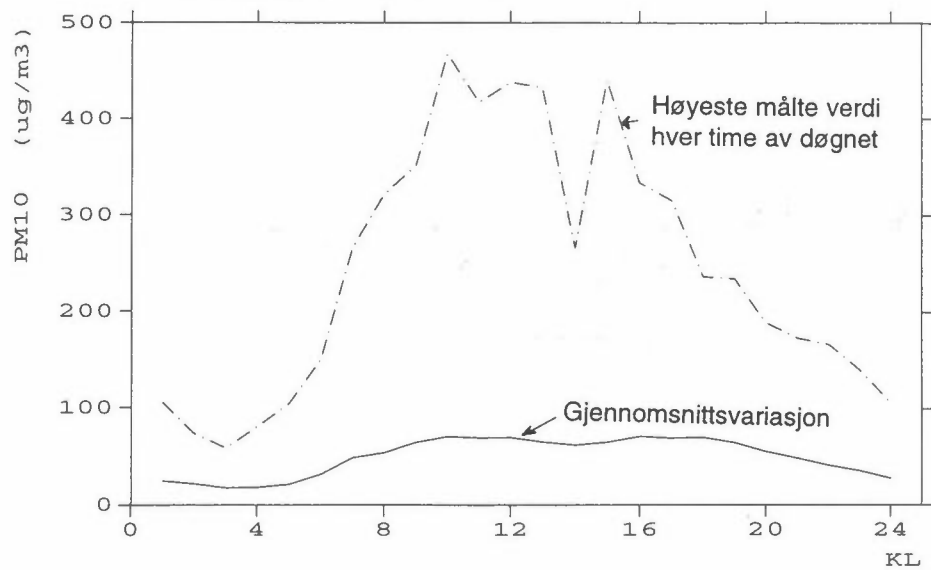
Anbefalt retningslinje for svevestøv (PM_{10}) som halvårsmidlete verdier ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) er overskredet med god margin på begge målesteder. De høyeste verdiene ble observert på Mortensrud. Antall overskridelser hadde sannsynligvis vært de samme på begge stasjoner dersom begge hadde hatt full datadekning (se vedlegg A).



Figur 5: Kontinuerlige målinger av svevestøv (PM_{10}) som månedsplott på Mortensrud og Klemetsrud. (Brudd på kurve er manglende data som følge av strømbrudd eller utstyrsvikt.)

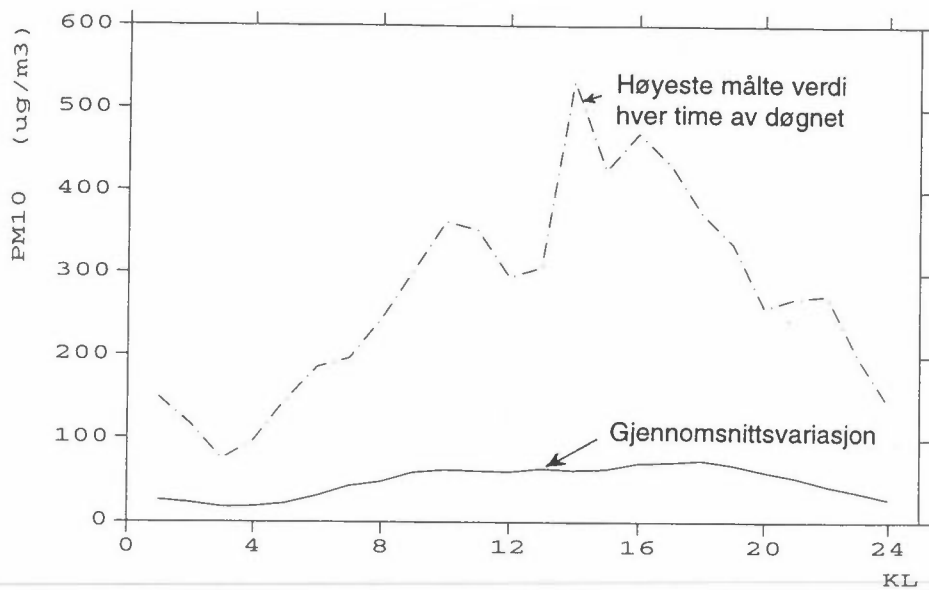
STASJON : Klemetsrud
 PERIODE : 1.10.95 - 31. 3.96
 PARAMETER : PM10
 ENHET : ug/m3

MIDLERE DØGNFORDELING

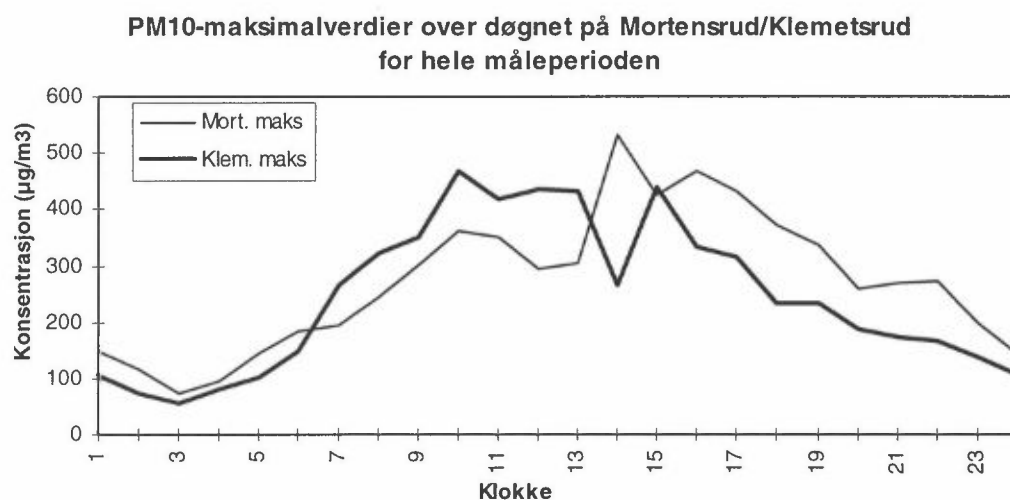
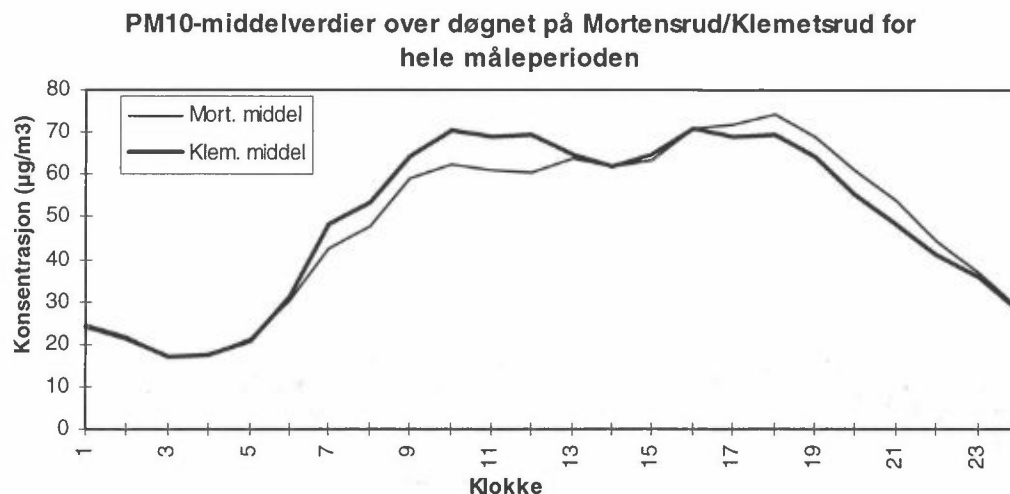


STASJON : Mortensrud
 PERIODE : 1.11.95 - 31. 3.96
 PARAMETER : PM10
 ENHET : ug/m3

MIDLERE DØGNFORDELING



Figur 6: PM_{10} , middel- og maksimalverdier over døgnet for hele måleperioden på Mortensrud/Klemetsrud. Heltrukket linje angir middelverdi, og stiplet linje angir maksimalverdi.



Figur 7: Sammenligning av midlere døgnforløp av PM_{10} på Mortensrud og Klemetsrud.

Tabell 4: Middel-, minimums- og maksimalverdier av svevestøv (PM_{10}) fra kontinuerlige målinger i de enkelte måneder i måleperioden oktober 1995-mars 1996, Mortensrud/Klemetsrud.
Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Måned Mortensrud/Klemetsrud	Døgnmiddelverdier		Timemiddelverdier	Antall døgnverdier >70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Middel	Maksimum	Maksimum	
November 1995	56/48	183/149	441/440	9/ 8**
Desember 1995	52/49	169/135	533/438	7/ 9
Januar 1996	26/30	55/ 64	126/334	0/ 0
Februar 1996	35/40	101/ 90	470/315	4/ 4
Mars 1996	83/78	163/121	352/467	12/17**
Totalt	51/49	183/149	533/467	32/39

* Start 27. oktober 1995.

** Mangler noen data.

5.4 Døgnmidlele målinger av svevestøv

Figur 8 viser resultater av døgnmidlele målinger av svevestøv (PM_{10}) og finfraksjonen av dette ($PM_{2,5}$) på Klemetsrud og Mortensrud. Også denne målemetoden gav de høyeste verdiene på Mortensrud, men middelverdiene for hele perioden under ett viser at Klemetsrud ($48 \mu\text{g}/\text{m}^3$) hadde litt høyere nivå enn Mortensrud ($44 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Hvis vi kun ser på dager der begge stasjonene hadde måledata var middelverdien $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Klemetsrud) og $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Mortensrud). Høyeste målte døgnmiddelverdi på Klemetsrud var $152 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mens den på Mortensrud var $165 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figur 9 i kapittel 5.4 viser resultater av døgnmidlele målinger sammen med kontinuerlige (timemidlele) målinger som er gjort om til døgnmidlele målinger. I vedlegg A finnes alle data fra døgnmidlele målinger. Et resyme av målingene er gitt i tabell 5.

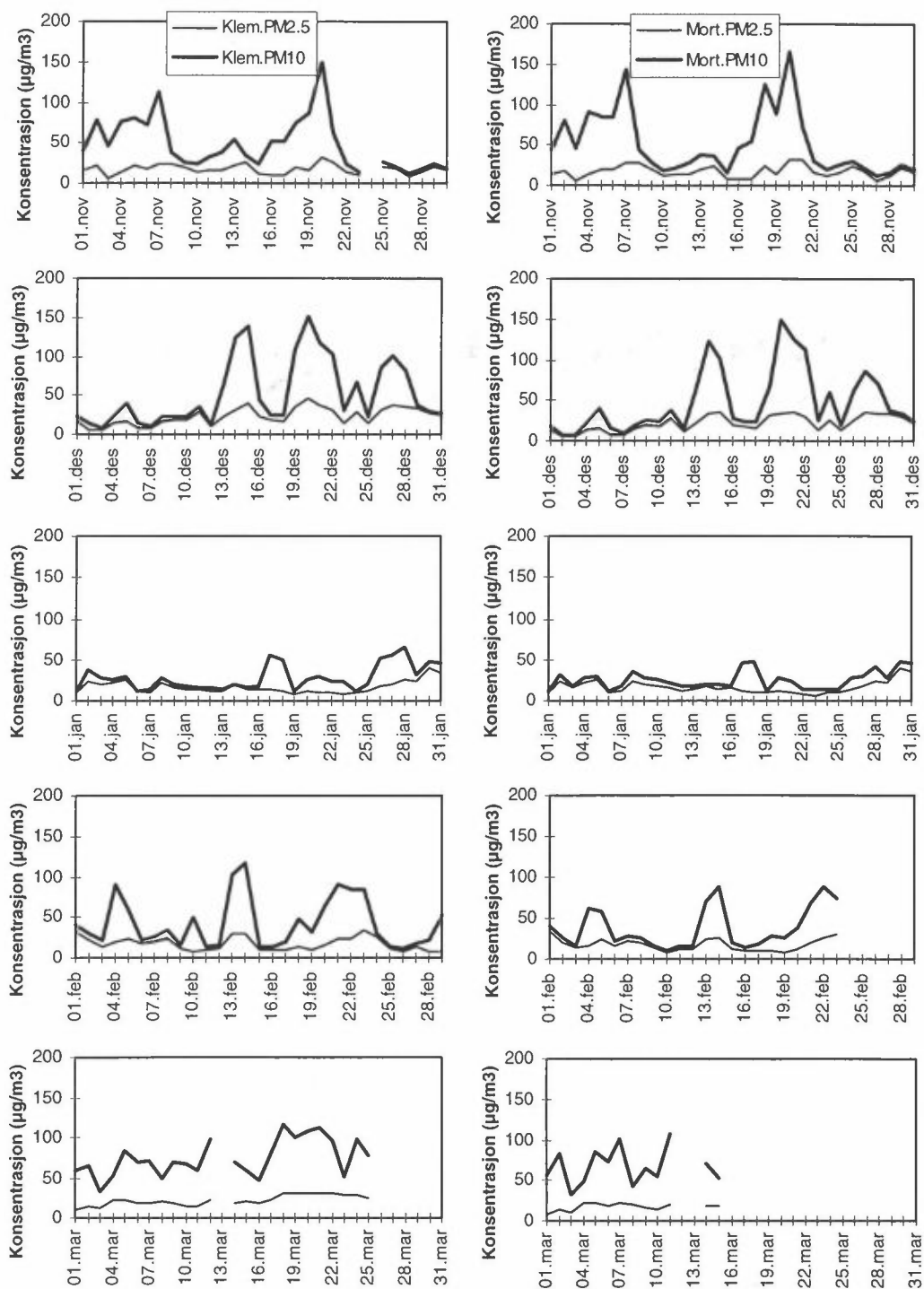
Tabell 5: *Middel-, minimums- og maksimalverdier av svevestøv (PM_{10}) fra døgnmidlele målinger i de enkelte måneder i måleperioden oktober 1995-mars 1996. Mortensrud/Klemetsrud. Enhet: $\mu\text{g}/\text{m}^3$.*

Måned	Døgnmiddel PM_{10}			Antall verdier >70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$PM_{2,5}$ (finfraksjon)		
	Middel	Min.	Maks.		Middel	Min.	Maks.
November 1995	52/49	12/12	165/149	8/9	18/17	6/ 7	33/32
Desember 1995	48/53	8/ 9	149/152	9/7	22/24	6/ 7	37/47
Januar 1996	25/28	12/12	48/ 65	0/0	16/17	6/ 9	39/39
Februar 1996	39/43	11/14	88/116	6/4	17/18	7/ 8	33/34
Mars 1996*	67/75	32/37	107/115	13/6	17/22	9/11	23/32
Totalt	44/48	8/ 9	165/149	36/26	18/19	5/ 5	39/47

* Mangler data for perioden 12.-13 og 16.-28. på Mortensrud.

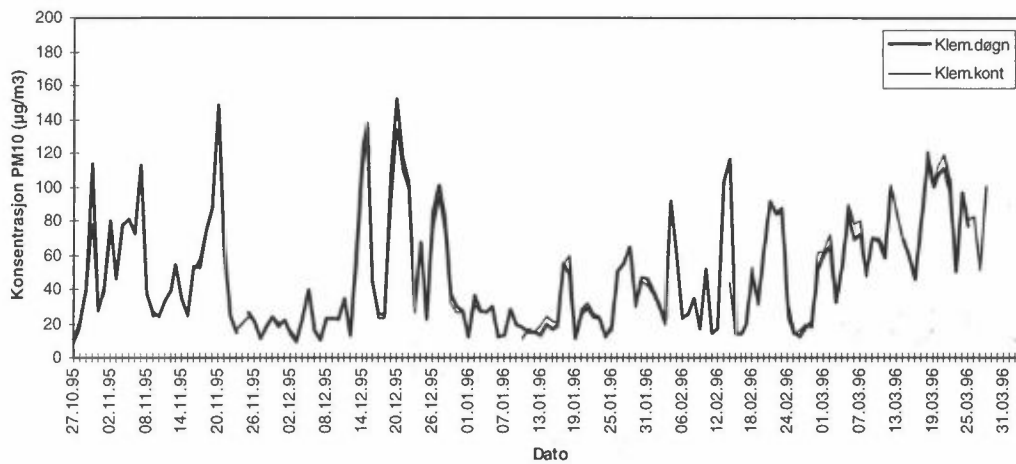
Svevestøvnivået (PM_{10}) var i hele perioden, også for døgnmidlele målinger, over anbefalt retningslinje som halvårsmiddel ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) for begge målesteder.

Resultatene av målinger av finfraksjonen av svevestøvet ($PM_{2,5}$) viser at de to stasjonene hadde nesten identiske middelverdier hele måleperioden sett under ett ($18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på Mortensrud og $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på Klemetsrud), og ingen av disse verdiene var over anbefalt retningslinje for finfraksjon av svevestøv som er $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De høyeste verdiene av finfraksjonert svevestøv ble målt på Klemetsrud.

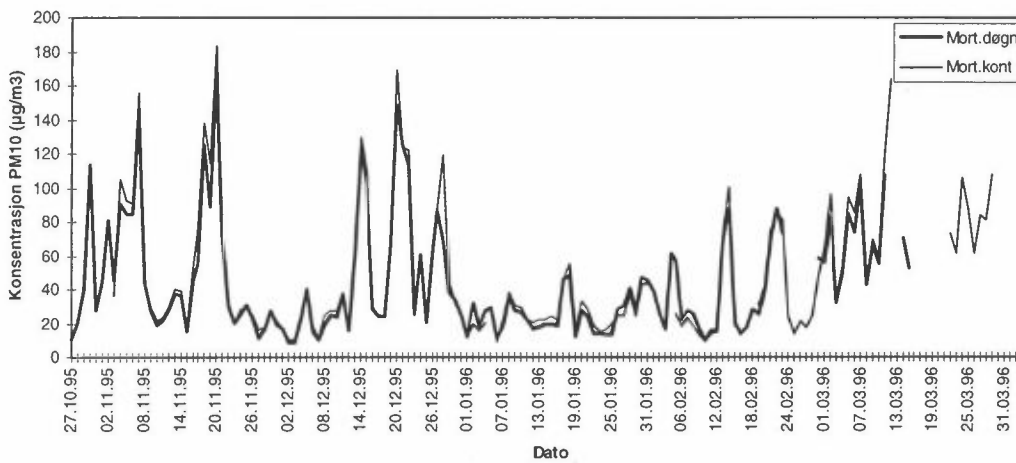


Figur 8: MånedsploTT av døgnmidler for PM_{10} og $PM_{2,5}$ for Klemetsrud og Mortensrud.

Sammenlikning mellom døgnmidlete og kontinuerlige målinger på Klemetsrud.



Sammenlikning mellom døgnmidlete og kontinuerlige målinger på Mortensrud.



Figur 9: Døgnmidlete målinger fra Klemetsrud/Mortensrud og kontinuerlige (timemidlete) målinger omregnet til døgnmiddel.

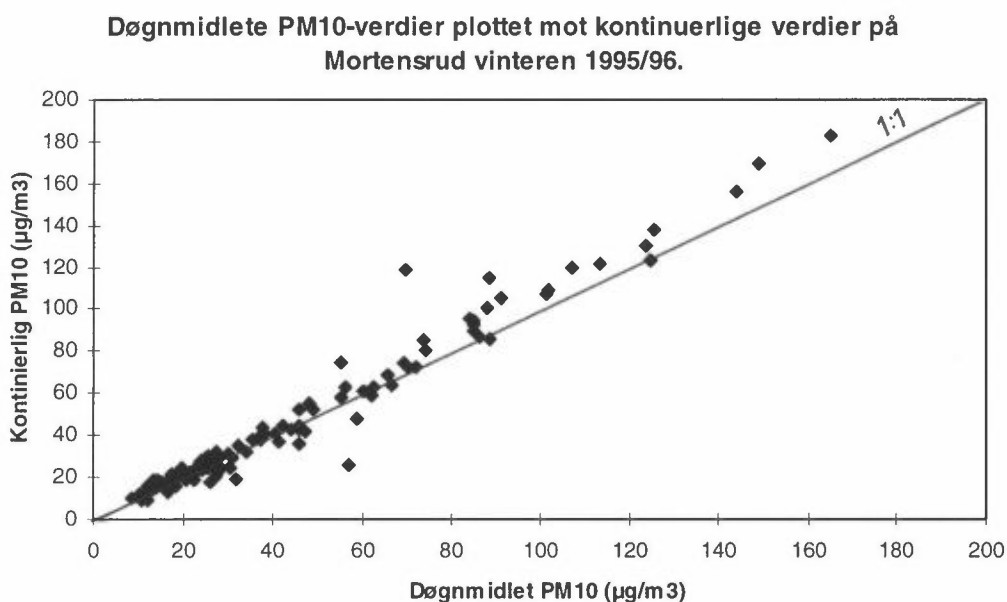
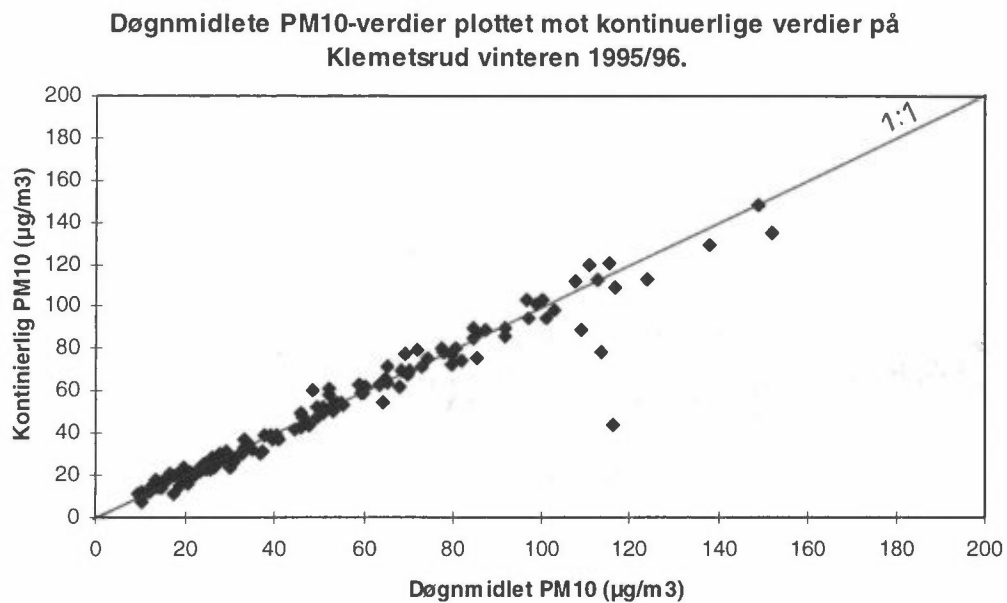
5.5 Sammenlikning mellom kontinuerlige og døgnmidlete målinger av svevestøv

Det er målt kontinuerlige (timemidlete) og døgnmidlete verdier av svevestøv (PM_{10}) både på Mortensrud og Klemetsrud. Det har vært godt samsvar mellom både målemetoder og målesteder. Tabell 6 gir et sammendrag av måleresultatene. Mer utfyllende opplysninger finnes i vedlegg A.

Figur 9 viser resultatene av døgnmidlete målinger og kontinuerlige (timemidlete) målinger omregnet til døgnmidlete målinger. Figur 10 viser x-y-plott av døgnmidlete målinger mot timemidlete målinger omregnet til døgnmiddel. Figurene viser god korrelasjon mellom metodene.

Tabell 6: *Middel-, minimums- og maksimalverdier av svevestøv (PM_{10}) på Mortensrud og Klemetsrud i de enkelte måneder i måleperioden oktober 1995-mars 1996.*

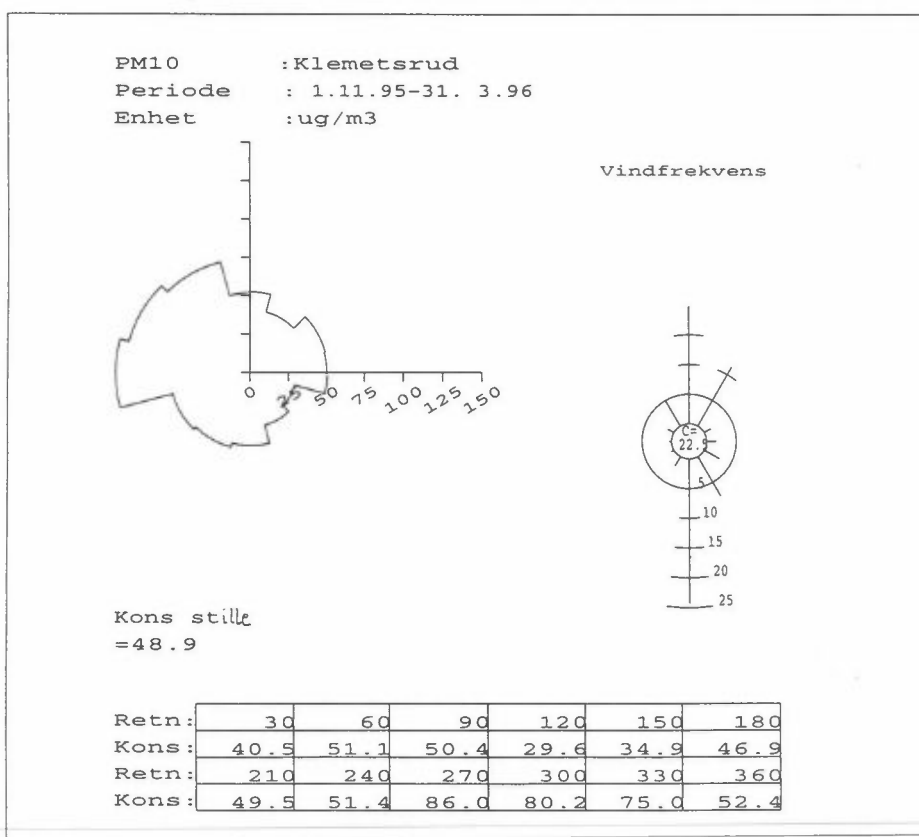
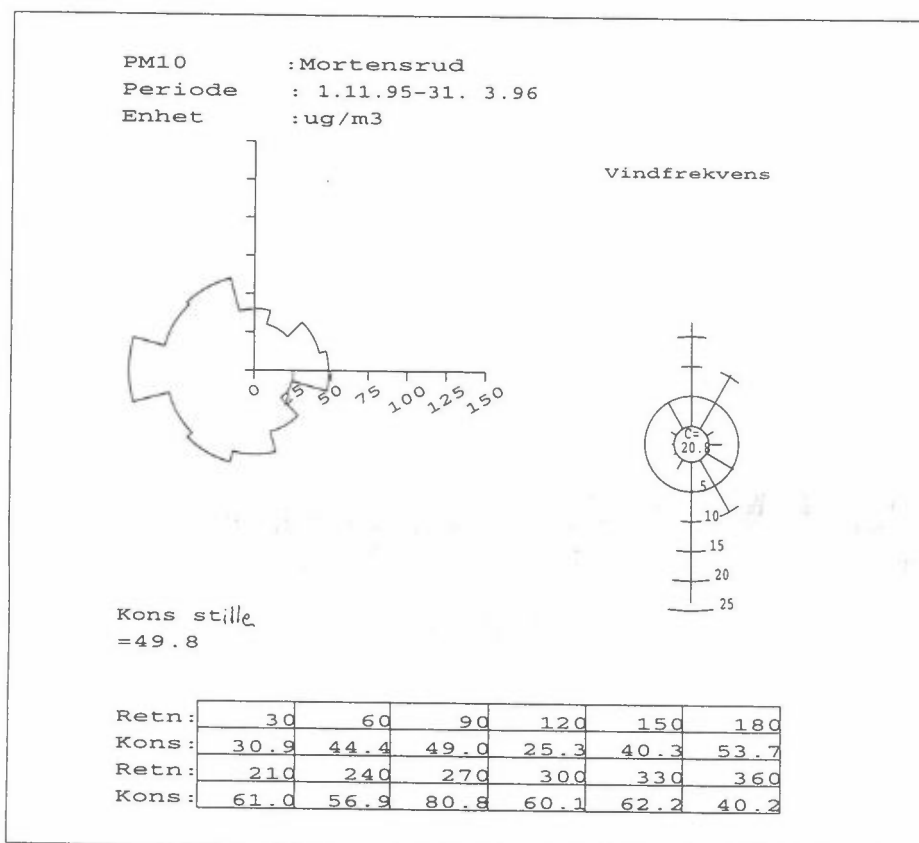
Måned	Mortensrud							
	Døgmidlet			Kontinuerlig				
	Middel	Min.	Maks.	Døgmidlet			Time	
				Middel	Min.	Maks.	Min.	Maks.
Oktober 1995	43	10	114	-	-	-	-	-
November 1995	52	12	165	56	16	183	2	441
Desember 1995	48	8	149	52	10	169	1	533
Januar 1996	25	12	48	26	10	55	0	126
Februar 1996	39	11	88	35	10	101	1	470
Mars 1996	67	32	107	83	35	163	0	352
Totalt	44	8	165	51	10	183	0	533
Måned	Klemetsrud							
	Døgmidlet			Kontinuerlig				
	Middel	Min.	Maks.	Døgmidlet			Time	
				Middel	Min.	Maks.	Min.	Maks.
Oktober 1995	43	10	114	34	8	79	2	209
November 1995	49	12	149	48	12	149	1	440
Desember 1995	53	9	152	49	11	135	4	438
Januar 1996	28	12	65	30	12	64	1	334
Februar 1996	43	13	116	40	14	90	2	315
Mars 1996	75	33	115	78	37	121	4	467
Totalt	48	9	152	49	8	149	1	467



Figur 10: Døgnmidlete målinger er plottet mot kontinuerlige timemidlete målinger omregnet til døgnmiddel.

5.6 Svevestøvbelastning som funksjon av vindretning

Den helt dominerende kilden til svevestøv ved målestasjonene er trafikken på Europaveien. Figur 11 viser gjennomsnittlig PM_{10} -nivå for ulike vindretningssektorer (30°). Målestasjonene lå på vestsiden av veien. (Fler detaljer i vedlegg A.)



Figur 11: Svevestøvbelastning som funksjon av vindretning på Mortensrud og Klemetsrud i perioden november 1995-mars 1996. Vindrosen til høyre viser vindfrekvenser i prosent av tiden, der strekene angir retningen det blåste fra. C (calm) angir vindstillefrekvensen i prosent. Breuer-diagrammene til høyre angir midlere konsentrasjoner av PM_{10} fra de ulike retningene som også er gitt i tabellene under figurene. (Kons st = konsentrasjon ved vindstille.)

Det framgår av figur 11 at det måles i snitt de høyeste konsentrasjoner ved vind fra vestlig sektor, dvs. i retning fra målestasjonene **mot** veien, mens en vil vente det motsatte.

Ved vurdering av Figur 11 må en ta med følgende:

- Det er svært hyppig vind langs veien (fra nord og sør), og svært sjelden vind på tvers. Det kan være at i de sjeldne tilfellene vind fra stasjonen mot veien har det vært tørt, og mye veistøv.
- Vinden på tvers av veien er mye svakere (snitt 0,7-0,8 m/s) enn vinden på langs (snitt 1,8 m/s).

Det er klart at bilturbulensen er sterk ved veien, og ved de svake vindforholdene på stedet, spesielt ved vind (drag) på tvers av veien, er det bilturbulensen som avgjør de helt lokale strømningsforholdene.

6. Veistøvdepot-målinger

6.1 Oversikt

For å måle veistøvdepotet ble det utviklet en støvsuger som dynamisk fraksjonerte veistøvet etter støvpartiklenes størrelse, etter diameter i 7 fraksjoner, fra 38 μm og ned til 0,5 μm . Støvsugeren og metodikken for støvsuging av veien fungerte, etter ferdig utprøving, etter forutsetningene, og ga bra reproducerbare resultater. I de fleste tilfellene avvek resultatene for to etterfølgende, "like" prøver av PM_{10} (egentlig PM_7 , se senere) med mindre enn $\pm 30\%$. Innebygd i denne variasjonen er variasjonen i veistøvdepotet langs veibanen, som tydeligvis kan variere en god del fra sted til sted (fra meter til meter langs veien), bl.a. på grunn av bilturbulensforhold.

Først helt i slutten av februar kom veirengjøring og prøvetakingen igang, grunnet reparasjon av støvsugerbil før dette, og kulde og fuktighet på veien i januar og februar. Det ble gjennomført 2 feltperioder med fullt fungerende utstyr på henholdsvis 5 og 4 dager, den siste perioden helt oppunder palmesøndag.

Resultatene viste at veistøvdepotets størrelse varierte en del fra dag til dag, men at det ikke var en entydig oppbygging av veistøvdepotet, verken for de største støvpartiklene, eller for PM_{10} , for hver dag etter veirengjøring. Det synes til enhver tid å være tilnærmet balanse mellom veistøv som slites av veien på grunn av piggdekkene, og oppvirvlet/bortvirvlet støv fra selve veibanen. Forhold som vind, fuktighet og spesielt frost i bakken avgjør hvor stor del av veistøvdepotet som til enhver tid er tilgjengelig for oppvirvling.

Veirengjøringen ble foretatt med den mest avanserte støvsugerbil som er tilgjengelig i Norge, og veien ved Klemetsrud ble rengjort omhyggelig. Bedre kan det ikke gjøres uten en videreutvikling av veirengjøringsteknikk for veier.

Vi har ikke kunnet teste veistøvsugeren for hvor fullstendig den suger opp alt støv fra veibanen, men suget er godt nok til at partikler med diameter opp mot en mm suges opp. Det er da klart at alle vesentlig mindre, løse partikler suges effektivt opp. En del partikler vil nok feste nede i porene og ikke bli sugd opp. Prøvetaking ved kuldegrader i veilegemet viste at partikler da fester seg i porene. Ved temperatur over 0° C regner vi at alt støv som er generert i løpet av en-noen dager før støvsugingen er løse og suges inn i støvsugeren.

Størrelses-fraksjoneringen er aerodynamisk, og skjer uten noen "bearbeiding" av støvet. Andelen av vekten av støvet med diameter <38 µm varierte fra prøve til prøve, innenfor 1-7%. Dette er vesentlig mindre enn rapportert av SINTEF i 1994 (Hedalen, 1994), men stemmer bra overens med resultater rapportert av NILU i 1987 (Larssen, 1987).

6.2 Støvsugerutvikling

Til måling av veistøvdepotets størrelse ble det utviklet en støvsuger for formålet. Støvsugeren skulle tilfredsstillende følgende kriterier:

1. Suge opp alt løst materiale fra veien i de punkter som støvsuges.
2. Fraksjonere støvet i minst 5 størrelsesfraksjoner innenfor partikkeldiameterområdet 0,5-100 µm.
3. Muliggjøre veiing og evt. videre analyse av støvet i hver fraksjon.
4. Være mobil og uavhengig av ekstern strømtilkobling.

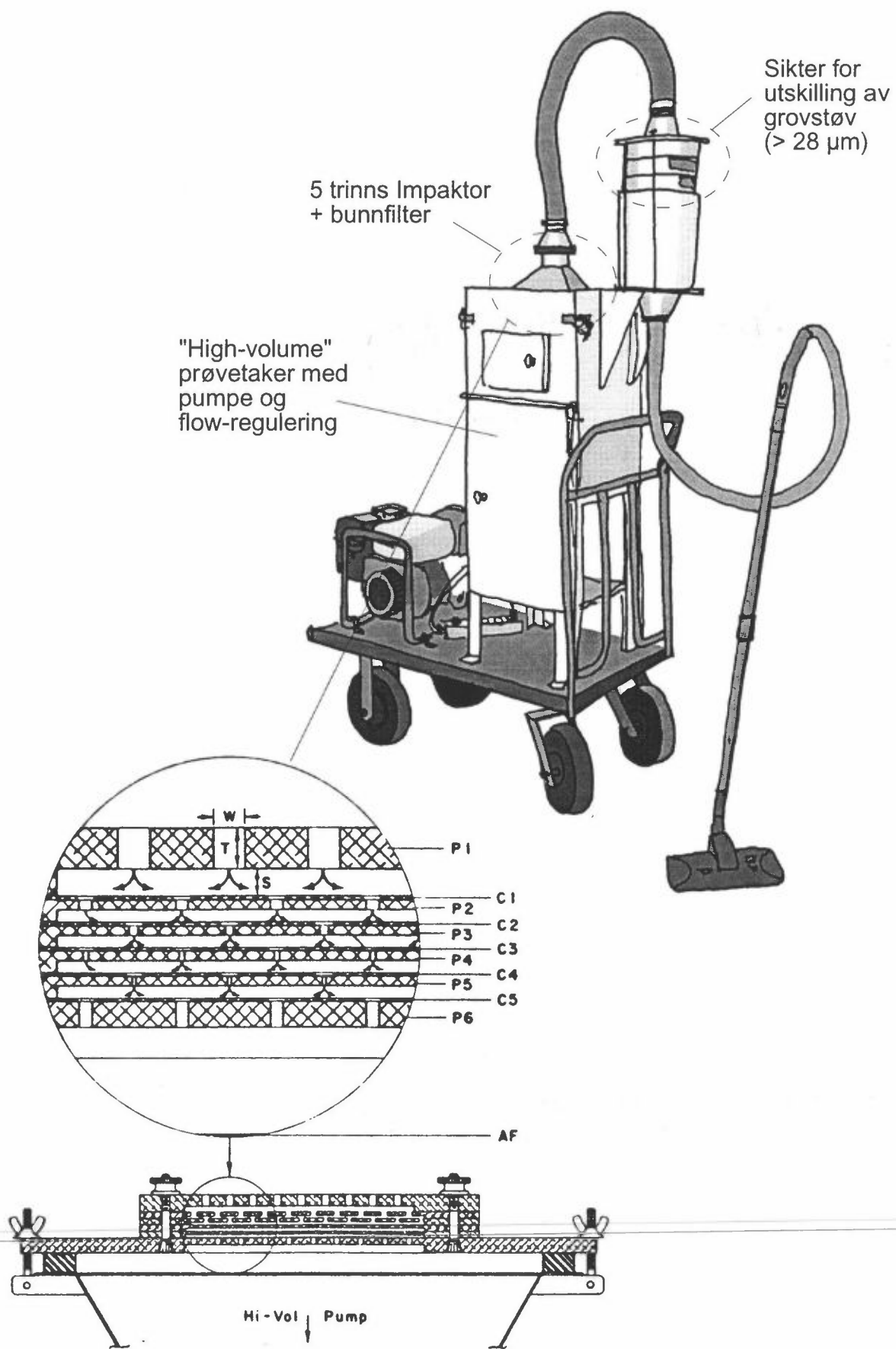
Allerede ved arbeid med prosjektplanen for undersøkelsen var det ut fra kjennskap til tilgjengelige, egnede støvprøvetakere og kaskade-impaktorer, og utstyr tilgjengelig ved NILU, i utgangspunktet klart at en standard "high-volume" støvprøvetaker av amerikansk type ville egne seg. Den er konstruert for bruk utendørs, og for en luftvolum-hastighet i prøvetakeren på 0,5-1,5 m³/min. Dette ble ansett å gi tilstrekkelig sug i munnstykket til å rense veien for støv effektivt.

Til denne prøvetakeren er det utviklet en kaskadeimpaktor som fraksjonerer partiklene i 7 størrelses-fraksjoner (inklusive sluttfilter) i området 0,5-7 µm. Det er kjent at denne impaktoren ikke er helt ideell for tørre støvpartikler, idet partikler som først er avsatt på ett trinn kan løsne og følge med luftstrømmen videre ned til lavere trinn. Dette kan bøtes på ved å smøre et tynt fettlag på substansene (filterpapir) i impaktoren der partiklene avsettes.

For størrelsesfraksjonering av partikler i området 10-100 µm ble mulighetene undersøkt. Sykloner er i utgangspunktet egnet for dette, men fantes ikke på markedet i passende størrelse. Tiden var for knapp til å designe og konstruere impaktortrinn også for disse størrelsene. Den muligheten som framsto som egnet var bruk av sikter, som finnes for partikkelstørrelser over 36 µm.

Figur 12 viser skisse av støvsugeren med prøvetaker, fraksjoneringsenheter og strømaggregat.

Støvsugeren og støvsugings-metodikken ble i løpet av januar-februar utprøvd inne i Ekeberg-tunnelen og Oslo-tunnelen.



Figur 12: Skisse av støvsuger for prøvetaking av veistøvdepot.

Ved standard gjennomstrømning gir støvsugerer følgende partikkelfraksjoner:

	Fraksjon (μm partikkeldiameter)
1	>38 μm
2	7-38 μm
3	3-7 μm
4	1,5-3 μm
5	1-1,5 μm
6	0,5-1 μm
7	<0,5 μm

Med det tilgjengelige fraksjoneringsutstyr (kaskadeimpaktoren) var det ikke mulig å oppnå en avskillingsdiameter på 10 μm på et av trinnene, slik at en kunne måle PM_{10} eksakt. Trinnene 3-7 gir tilsammen PM_7 , som i denne sammenheng regnes som en god nok tilnærming til PM_{10} . Som nevnt tidligere er ikke partikkelfraksjoneringen ideell. På trinn 2 (trinn 1 i impaktoren) ble det brukt fett på avsetningssubstratet. Likevel inneholder trinnene 3-7 en del partikkelmasse med diameter >7 μm .

Utprøvingen viste at støvsugererheten fungerte bra i praksis, at metodikken med støvsuging langs striper, hjulpet av en rettholt, fungerte bra, og at prøvene kunne tas i løpet av overkommelig tid (15-30 minutter pr. prøve).

6.3 Målinger av veistøv-depotet

6.3.1 Utvikling i veistøv-depot over tid

Perioden med rengjøring og støvsuging av veien startet i slutten av februar, da det ble noe mildere i været, og det ble tørre bakke-forhold. Følgende felt-perioder ble gjennomført, se tabell 7.

Tabell 7: Oversikt over veirengjørings/støvsugings-perioder.

	Rengjøring/temperatur	Støvsuging av vei
1.	28.02. ca. kl 0100/ca. 0°C	29.02.-03.03. ca. kl 21-23
2.	06.03. ca. kl 0100/ca. -8°C	06.03.-11.03. ca. kl 11-13
3.	26.03. ca. kl 0000/ca. -1-2°C	26.03.-29.03. ca. kl 12-13

Veien ble rengjort med Oslo kommunes støvsugerbil, type BEAM S9000. Veien støvsuges med bruk av vann. Det meste av vannet støvsuges opp sammen med støvet. Den delen av veien som ble rengjort gikk fra nær midten av området mellom målestasjonene, og sørover forbi Klemetsrud-stasjonen og ned til broen over Ljabruveien (se figur 2).

Instruksen var at hele veibredden, inklusive veiskulderen skulle rengjøres. I periode 1 ble ikke veiskulderen rengjort. I de øvrige periodene ble dette gjort.

Effektiviteten av veirengjøringen ble kontrollert ved at første støvsugerprøve ble tatt så tidlig som mulig etter rengjøringen. Veirengjøringen måtte imidlertid gjøres om natten, og første prøve kunne først tas etter at veien tørket godt opp etter rengjøringen, dvs. først ca. kl 10-11 dagen etterpå. Støvdepotprøvetakingen (Figur 13) antyder at det var mye støv første dag etter rengjøringen. Dette innebærer i så fall at rengjøringsbilen ikke får med seg alt, og at det som ligger igjen er “rusket opp” og lett tilgjengelig for støvsugeren, og for oppvirvling.

Støvsugingen av veien, etter at den var rengjort, foregikk til tider som gitt i tabell 7. I 1. periode ble støvsugingen foretatt på kveldstid. I 2. og 3. periode ble det besluttet å støvsuge på dagtid, for å være sikker på at veien var helt tørr.

I 1. periode viste det seg at støvsugeren ikke fungerte tilfredsstillende. Luftvolumet var stilt for lavt i forhold til instruks (se kapittel 6.1). Resultater fra denne perioden er derfor ikke videre bearbeidet. Etter gjennomgang og justering på NILU fungerte støvsugeren etter forutsetningen i 2. og 3. periode.

Figur 2 viser hvordan støvsugingen av veien ble foretatt. Det ble støvsuget i et antall profiler på tvers av begge kjørebanelene i hver retning, mellom hvit-stripene (dvs. ikke skulderen og de nærmeste 20 cm mot midtdeleren).

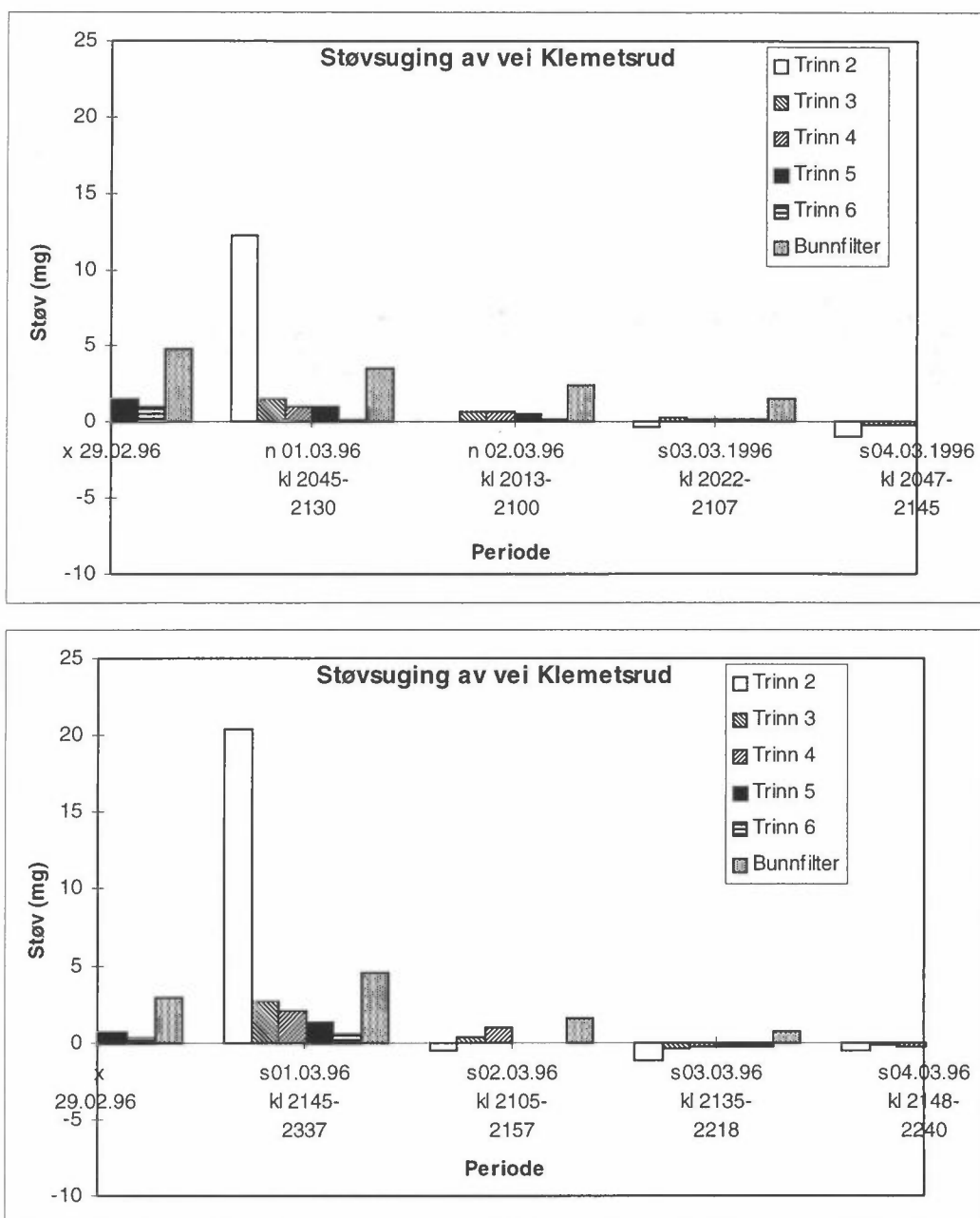
I utgangspunktet skulle det tas prøver i begge kjøreretninger. I løpet av 1. periode og begynnelsen av 2. periode, da det ble støvsugd på dagtid, ble det oppdaget at det var betydelig anleggstrafikk i området, med lastebiler med sølete hjul som kom inn på Europaveien i nordgående felt ved Klemetsrud. Sølen fra hjulene førte nedstøving av veien i nordgående felt nordover fra Klemetsrud-påramper. Det ble da besluttet å støvsuge i sørgående felt. Det ble tatt 2 prøver hver dag i sørgående felt, hver med 6-12 “profiler” på tvers av veien.

Figur 13 viser støvmengden i de 6 størrelsesfraksjonene under 38 μm diameter, for hver av prøvene. Veiedataene er gitt i vedlegg D.

Hovedvekten av støvet er på trinn 2 (7-38 μm) og på bunnfilteret (trinn 7, <0,5 μm) som beskrevet i kap. 6.2 er mye av støvet på bunnfilteret større partikler som har “vandret” gjennom impaktoren. På trinnene 3-6 er det gjennomgående lite støv, av og til så lite at nettovekten av partikler på filteret (som framkommer som differansen av vekten av filtersubstrat før og etter prøvetaking) blir negativ, som for eksempel den 28. mars (figur 13). Dette indikerer at usikkerheten i vektbestemmelsen av partikler på filtrene er omtrent $\pm 1-2$ mg.

I figur 14 er et sammendrag av alle dataene vist, for bedre å få fram variasjon og utvikling over tid i løpet av hver periode. Her er følgende plottet:

- trinn 1 alene (partikler med diameter >38 μm)
- trinn 2 alene (partikler med diameter 7-38 μm)
- trinn 3-6 samlet (partikler med diameter 0,5-7 μm)
- trinn 3-7 samlet (partikler med diameter <7 μm , dvs. PM₇)
- trinn 7 alene (partikler med diameter <0,5 μm , dvs. bileksospartikler).



Figur 13: Støvvækt på de enkelte impaktor-trinn, for hver av prøvene.

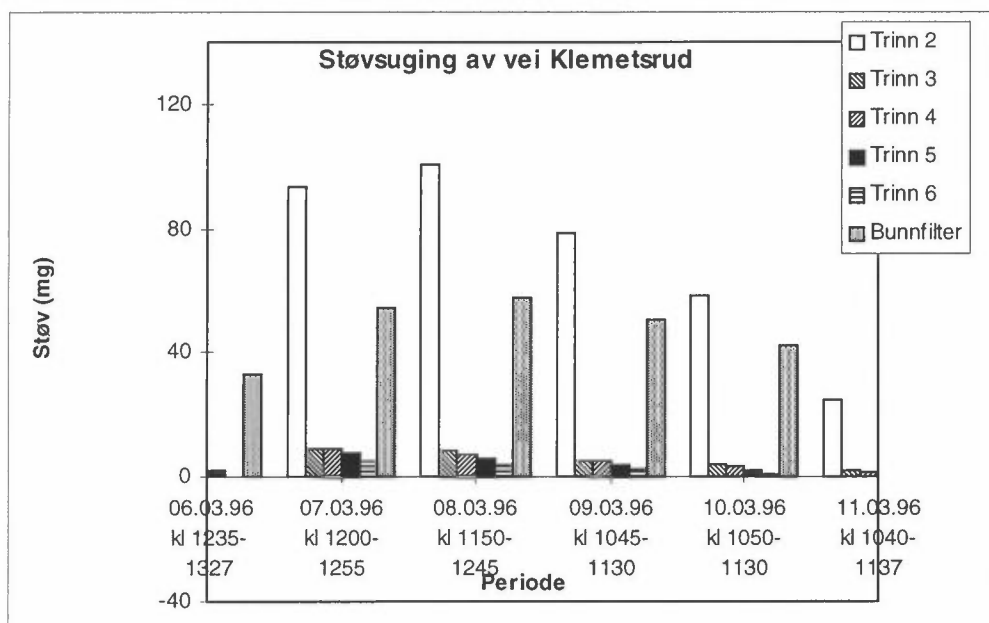
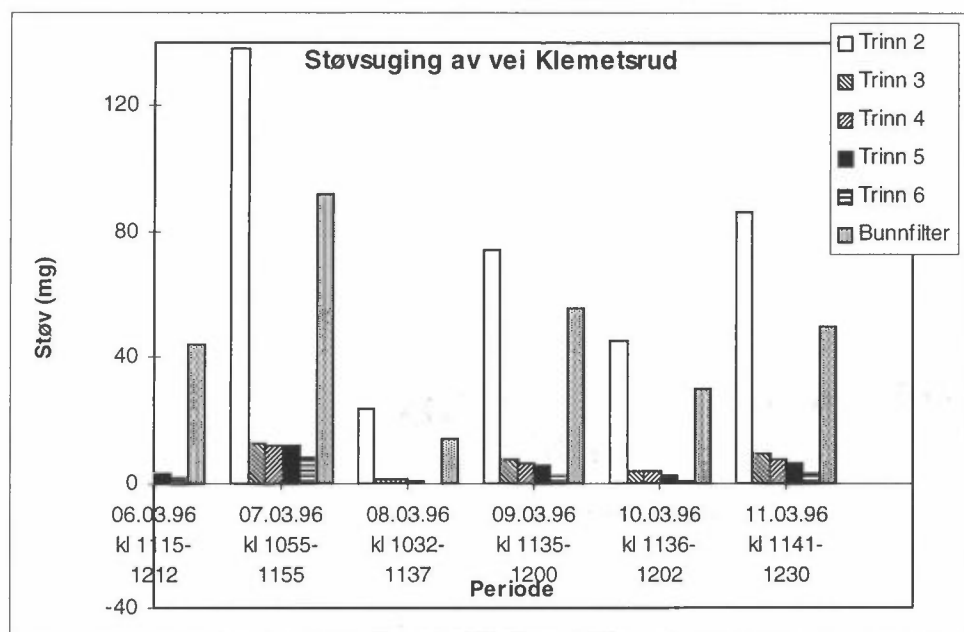
Periode 1 (29.2.-3.3.)

Negativ vekt kan opptre på enkelte av trinnene med svært lite partikler, fordi nøyaktigheten i veianalysen samlet sett er av størrelse 1-2 mg.

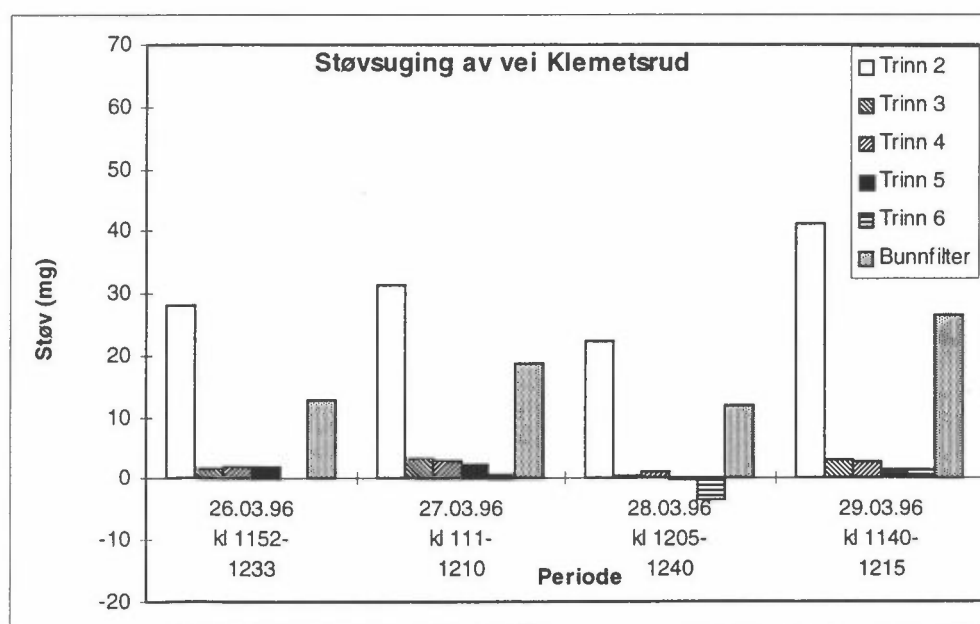
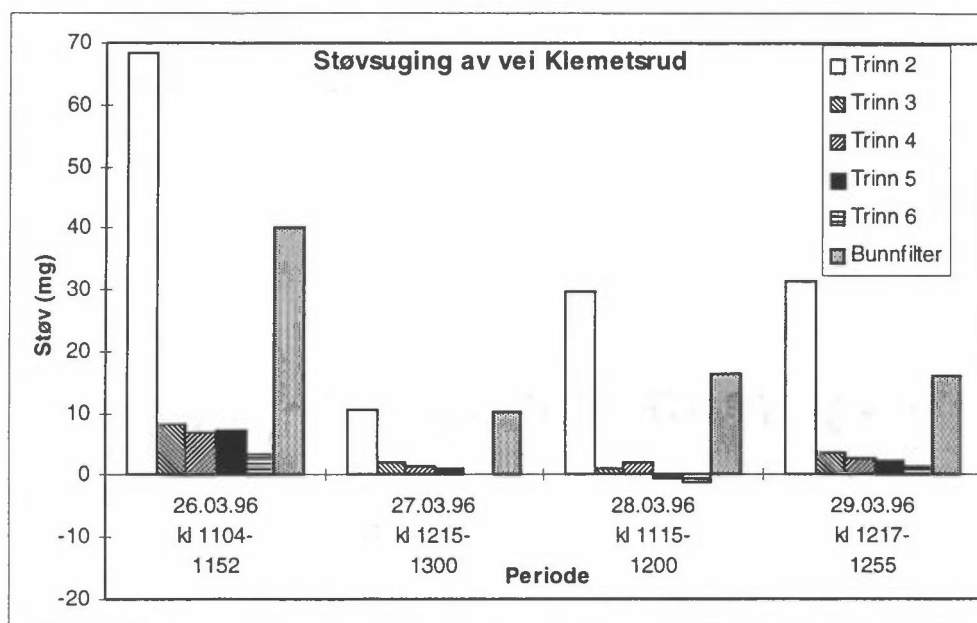
n - nordgående felt

s - sørgående felt

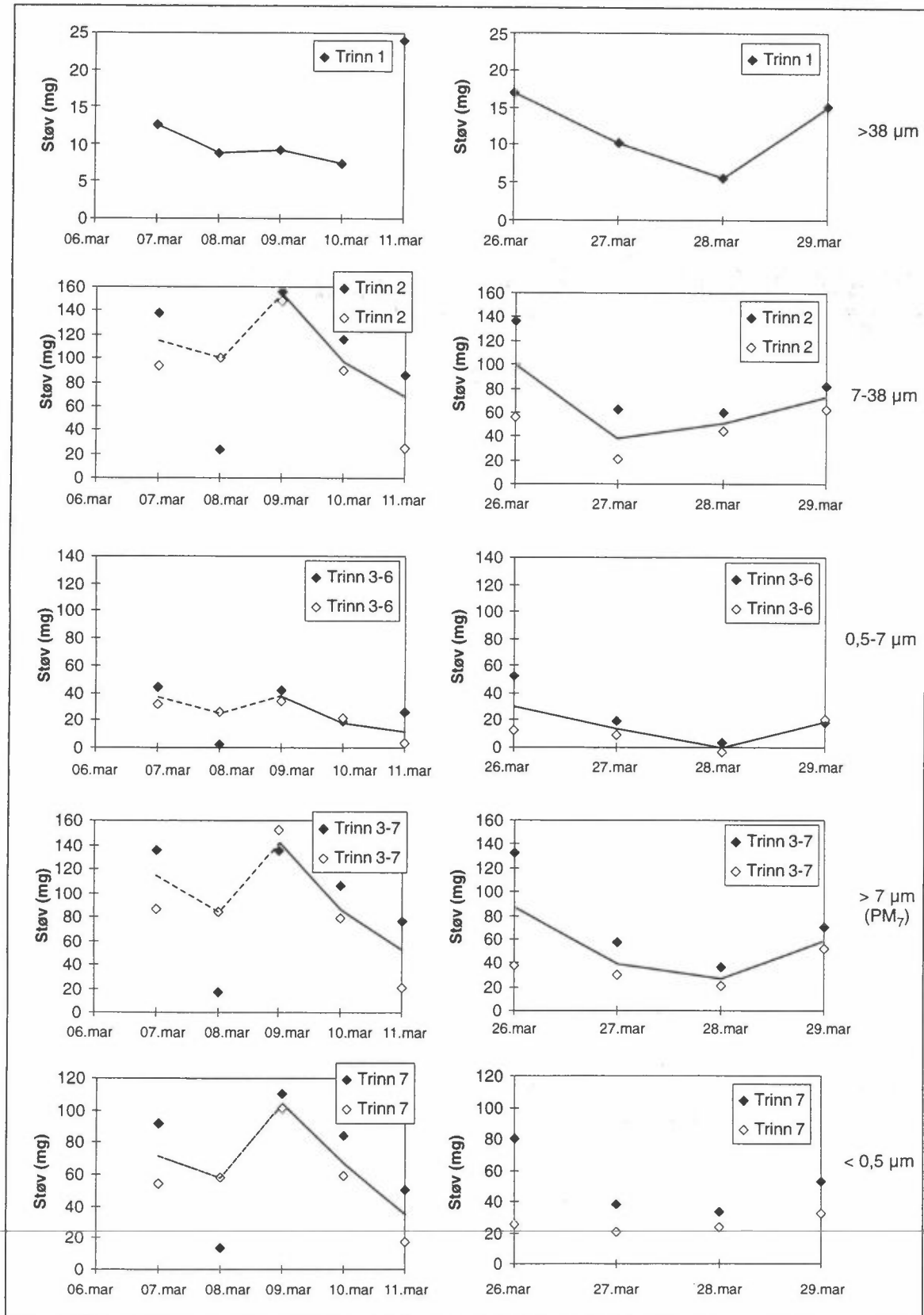
x - uavklart hvilket felt.



Figur 13: forts. Periode 2 (6.-11.3.)
Alle prøver i sørgående felt bortsett fra en prøve merket "n".



Figur 13: *forts. Periode 3 (26.-29.3.)
Alle prøver i sørgående felt.*



Figur 14: Sammendrag av støvvekt i ulike størrelsesfraksjoner. Data for 6. mars er utelatt, fordi støvsugeren da gikk på for lav luftmengde.

I figur 14 er alle støvmengder justert opp til 12 "profiler" pr. prøve, slik at de er sammenlignbare. Prøvene den 6. mars, som ble tatt første dag etter rengjøring, er utelatt, fordi støvsugeren gikk med for lav luftmengde.

Figur 14 gir følgende hovedresultater:

1. Det var oftest god overensstemmelse mellom de to prøvene tatt på samme dag, 30-60 minutter etter hverandre. Dette viser at metodikken ga god reproduserbarhet.

Unntak er 8. mars da det var frost i bakken ved den ene av prøvene (som ga lite støv) og 11. mars, da det var ganske sterk vind. Dette kan ha ført til at støvet ble omfordelt på veien av vind-virvler. Under støvsugingen ble det observert at vinden ga støvansamlinger langs (nedvinds av) rettholten som ble brukt som anlegg for støvsugermunnstykket.

2. Det var vesentlig mer støv på veien i perioden 6.-11. mars enn 26.-29. mars. Vi regner med at piggdekkandelen var en god del lavere 26.-29. mars, som var siste uke før påske (se om piggdekketellinger, kapittel 7.3). Dette understøttes av observasjoner på veien under støvsuger-prøvetakingen (dekk-lyd). Mannskapet merket seg en merkbart lavere andel piggdekk i siste periode (26.-29. mars) enn tidligere.

3. Det er omtrent samme utvikling fra dag til dag for alle støvfraksjonene. Dette gjelder også trinn 7 ($<0,5 \mu\text{m}$), som i hovedsak skulle være bileksospartikler. Dette resultatet underbygger ren visuell observasjon av filteret, samt mikroskopering, at mye av støvvekten på trinn 7 kommer fra grovstøv som har vandret gjennom impaktoren fra høyere trinn, og endt opp på bunnfilteret.

Fra resultatene av $\text{PM}_{2,5}$ -målingene i luft (kapittel 5.3) kan estimeres at vekten av bileksospartikler på bunnfilteret, etter 30 minutters prøvetaking er høyst 2-4 mg, dvs. bare en mindre del av partikkelvekten på filteret.

4. Det er ingen entydig utvikling i støvmengden på veien, fra første dag etter vask/rengjøring og videre fra dag til dag.

Målingene 26. mars antyder at depotet er relativt stort første dag etter rengjøringen om natten (målingene 6. mars falt desverre bort). Deretter varierer depotet en del fra dag til dag, uten noen entydig trend. Målingene 27.-29. mars antyder en viss oppbygging, mens målingene 7.-11. mars antyder oppbygging først, og deretter reduksjon.

Disse variasjonene kan skyldes andre forhold enn faktisk støvoppbygging. Både 8. og 11. mars, da målt depot var lavt, var det kuldegrader under prøvetakingen.

5. Spesielt for PM_{10} , som best tilsvares av trinn 3-6 ($0,5\text{-}7 \mu\text{m}$ diameter) var det liten utvikling/variasjon over tid av støvmengden på veien.

Disse resultatene tyder på at veistøvdepotet ikke bygges opp over tid (fra dag til dag) etter vask/rengjøring, og at det til enhver tid er balanse mellom generert veistøv fra piggdekkenes slitasje av veibanen, og oppvirvlet/bortvirvlet støv fra selve kjørebanelen.

Forhold som vind, fuktighet og spesielt frost i bakken betyr mye for hvor stor del av depotet som er tilgjengelig for oppvirvling.

6.3.2 Størrelsesfordelingen av veistøvdepot-partikler

Den teoretiske oppdelingen i størrelsesfraksjoner som støvsugeren gir er beskrevet i kap. 6.2. Som beskrevet tidligere er ikke utskillingen ideell. Skillet mellom trinn 1 og 2 (ved 38 μm , den fineste sikten) regnes nær ideell. Få partikler med typisk tverrsnittsmål større enn 38 μm slipper gjennom.

I kaskadeimpaktoren derimot vil noen av partiklene løsne fra det trinnet der de er avsatt, og vandre videre ned gjennom impaktoren, noen helt ned til bunnfilteret. Det meste av partikkelmassen på bunnfilteret er derfor partikler større enn 1 μm .

Målingene kan derved kvantitativt gi andelen av partikler i depotet med diameter mindre enn 38 μm . Den videre fordelingen i fraksjoner mindre enn 38 μm er mer usikker.

Tabell 8 gir vektandelen av partikler med diameter <38 μm . Denne andelen varierte mellom 0,9% og 7,1%, med gjennomsnitt 3,1% (9 prøver).

Tabell 8: Partikkelfraksjon (vekt - %) av veistøvet med diameter mindre enn 38 μm .

Prøve (dag)	Andel (%) <38 μm
6.3.	3,8
7.3.	2,7
8.3.	2,5
9.3.	7,1
10.3.	5,1
11.3.	0,9
-	
26.3.	2,1
27.3.	1,6
28.3.	
29.3.	1,7

Størrelsesfordelingen av partikler i veistøvdepot er tidligere undersøkt av NILU i 1987 (Larssen, 1987) og av SINTEF i 1994 (Hedalen, 1994). I disse undersøkelsene ble veistøvet ved veikant/skulder samlet opp ved å skrape det sammen opp i plastposer. Størrelsesfordelingen ble bestemt ved tørrsiktning, samt med sedigraf for partikler <74 μm i SINTEFs undersøkelse.

NILU fant at ca. 2% av støvvekten var på partikler <36 μm (middelverdi av 7 prøver fra veier i Oslo). SINTEF fant ca. 12% på partikler <40 μm (middelverdi av 11 prøver fra Oslo, Bergen og Trondheim).

Resultatene fra Klemetsrud (ca. 3 vekt% <38 μm) stemmer bra overens med NILUs målinger i 1987 (ca. 2 vekt% <36 μm). SINTEFs resultater ligger betydelig høyere.

Forskjellene i resultater kan skyldes både forskjeller i innsamlingsmetode og analysemetoder. Videre målinger der ulike metoder benyttes bør utføres for å avklare situasjonen.

7. Øvrige målinger

7.1 Meteorologi

Det ble målt vind, temperatur, fuktighet og nedbør kontinuerlig (rapportert som timesmiddelverdier) ved Mortensrud i hele perioden, for å gi grunnlag for, sammen med trafikk målinger, å forklare tidsvariasjoner i støvmålingene over tid.

Resultatene av disse målingene er beskrevet detaljert i vedlegg B. Et sammendrag gis i det følgende.

Målingene dokumenterer at perioden var preget av mye svak vind, kulde, stabil luftsjiktning (inversjon), med andre ord dårlige spredningsforhold for forurensninger. Dette innebærer at konsentrasjonen av bileksosforurensning var høyere i måleperioden enn normalt.

Det var lite nedbør og derved muligheter for mye tørr veibane og veistøvforurensning. Imidlertid førte den sterke kulden til høy luftfuktighet og fuktig veibane i lange perioder, spesielt i januar og februar. I november, desember og mars var det imidlertid tørt i lange perioder, og derved forhold som ga mye veistøv.

Vindforhold

Hovedvindretningssektorene i området er nord og nordøst, og sør og sørøst, som vist i figur 15, dvs. i hovedsak langs veien. Vindstyrken var generelt nokså lav i perioden, med gjennomsnitt 1,2 m/s. Dette er svakere vind enn normalt. Det var vindstille (<0,4 m/s) i hele 27% av tiden.

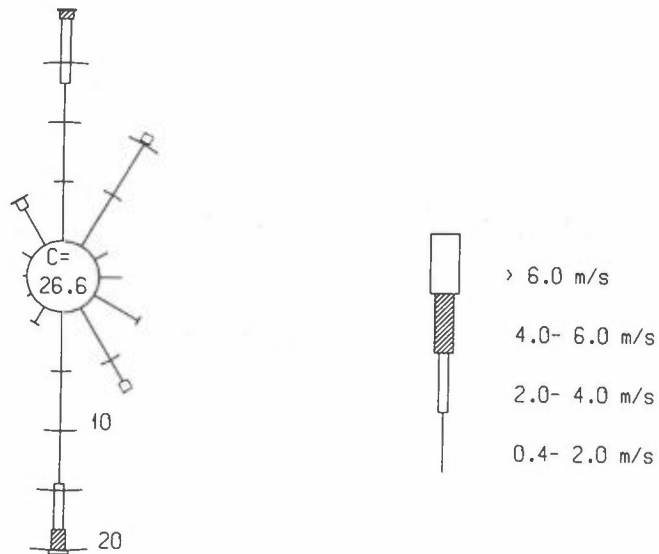
Figur 16 gir midlere vindstyrke i hver retningssektor. Den var størst i hovedvindretningene (nord og sør), 1,8 m/s i middel, og mye svakere i andre retninger.

Temperatur og luftstabilitet

Det var i lange perioder svært kaldt i perioden. I desember-februar var middeltemperaturen $-7,5^{\circ}\text{C}$, som er nesten 4°C kaldere enn normalt.

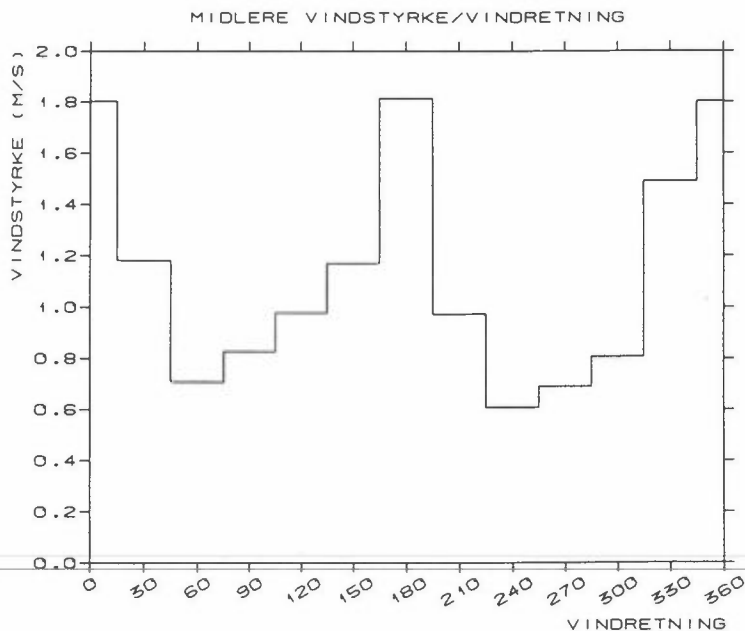
Svak vind og kulde i kombinasjon gir ofte stabil luftsjiktning (inversjon) og dårlige spredningsforhold. Målingene viste at dette var tilfellet. Figur 17 viser hyppig stabile forhold ved vind i hovedvindretningene (samlet sett stabilt i ca.

STASJON : Klemetsrud
 PERIODE : 1.11.95 - 31.3.96

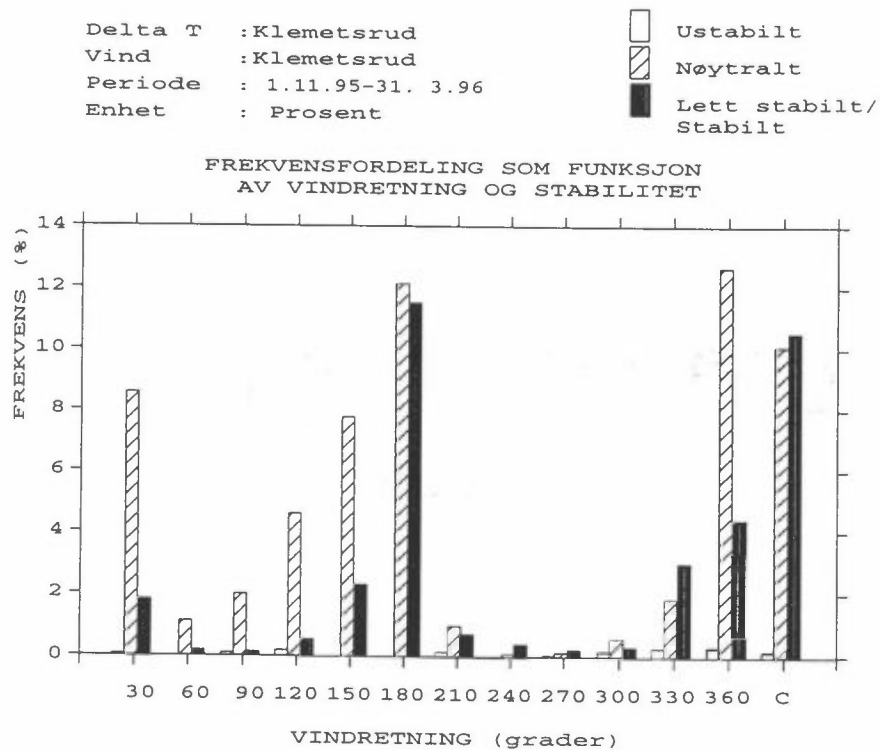


Figur 15: Vindrose fra Mortensrud i perioden november 1995-mars 1996. Vindrosene viser hvor ofte det blåser fra de ulike vindretningene. C = vindstille. Enhet: prosent.

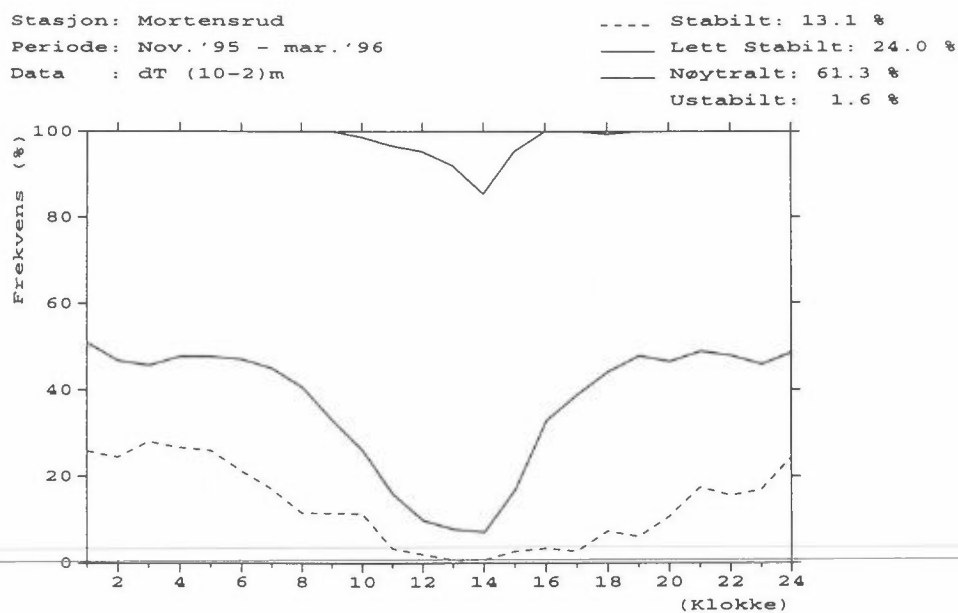
STASJON : Klemetsrud
 PERIODE : 1.11.95 - 31.3.96



Figur 16: Middelvindstyrke for 12 vindretningssektorer (30° sektorer), for hele måleperioden.



Figur 17: Forekomst av luftstabilitet i ulike klasser (stabil, lett stabil, nøytral, ustabil) som funksjon av vindretning, Mortensrud, november 1995-mars 1996.



Figur 18: Fordeling av stabilitetsklasser over døgnet for hele måleperioden.

55% av tiden i hele perioden). Stabile forhold opptrer hyppigst om natten (figur 18), men selv midt på dagen var det stabilt, svak vind og dårlig spredning i vel 20% av tiden, f.eks. hele perioden november-mars.

Luffuktighet og nedbør

Det var svært lite nedbør i perioden, spesielt i november og mars. Totalt 74 mm, mot normalt 260 mm.

Relativ luffuktighet var imidlertid jevnt over høy, på grunn av den strenge kulden. I gjennomsnitt lå fuktigheten på mellom 85% og 90% i november-februar, mens det i mars var lavere fuktighet, i snitt 66%.

Det ga fuktige forhold på veibanen det meste av tiden, og lite veistøv i luften, bortsett fra i mars måned.

7.2 Trafikktellinger

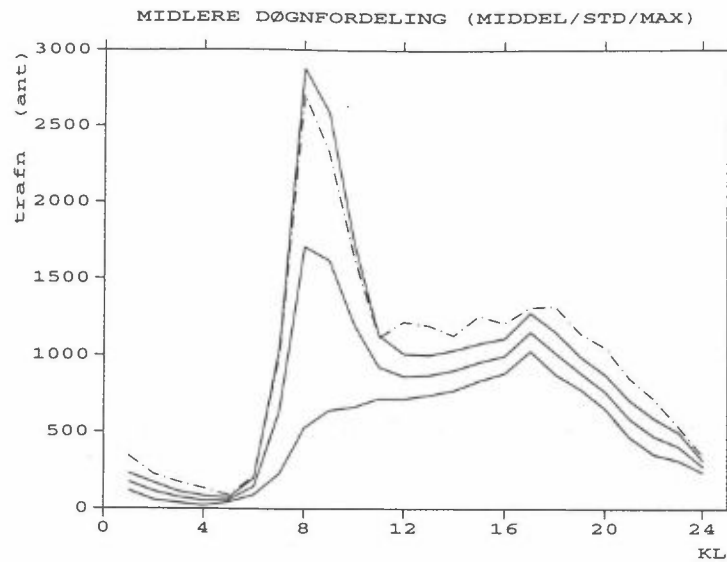
SVO har utført trafikktellinger i begge retninger forbi målestedene. Datamengden er overlevert NILU som timemidlete data for trafikkmengde (antall), hastighet (km/h) og dieselandel (%). Figur 19, 20 og 21 viser resultatene fra disse målingene i mars 1996. Se vedleggsrapport for mer informasjon.

Figur 20 viser at laveste hastighet ble målt i nordgående felt om morgenen (ca. kl 09), mens høyeste hastigheter ble målt om morgenen sørover (ca. kl 06). Dette er ikke målt som enkeltverdier, men som timemiddel.

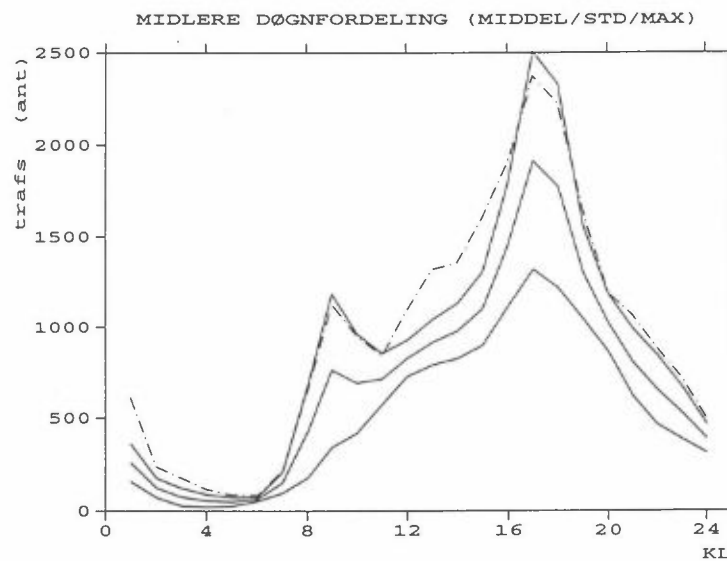
Figur 21 viser at tungtrafikkandelen nordover var størst om natta ca. kl 03-05. Tungtrafikkandelen sørover var størst om morgenen ca. kl 06 og på formiddagen ca. kl 11-13.

Tabell 9 gir et sammendrag av trafikktellingene på Klemetsrud i mars 1996.

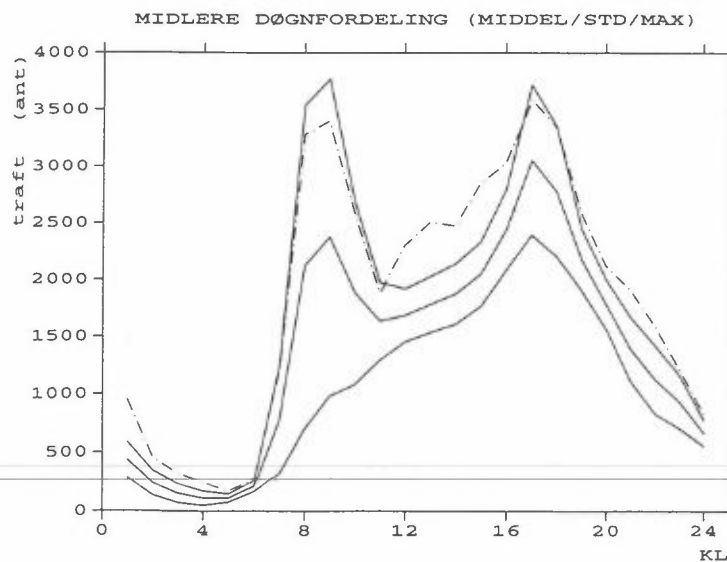
Nordgående



Sørgående



Begge retninger



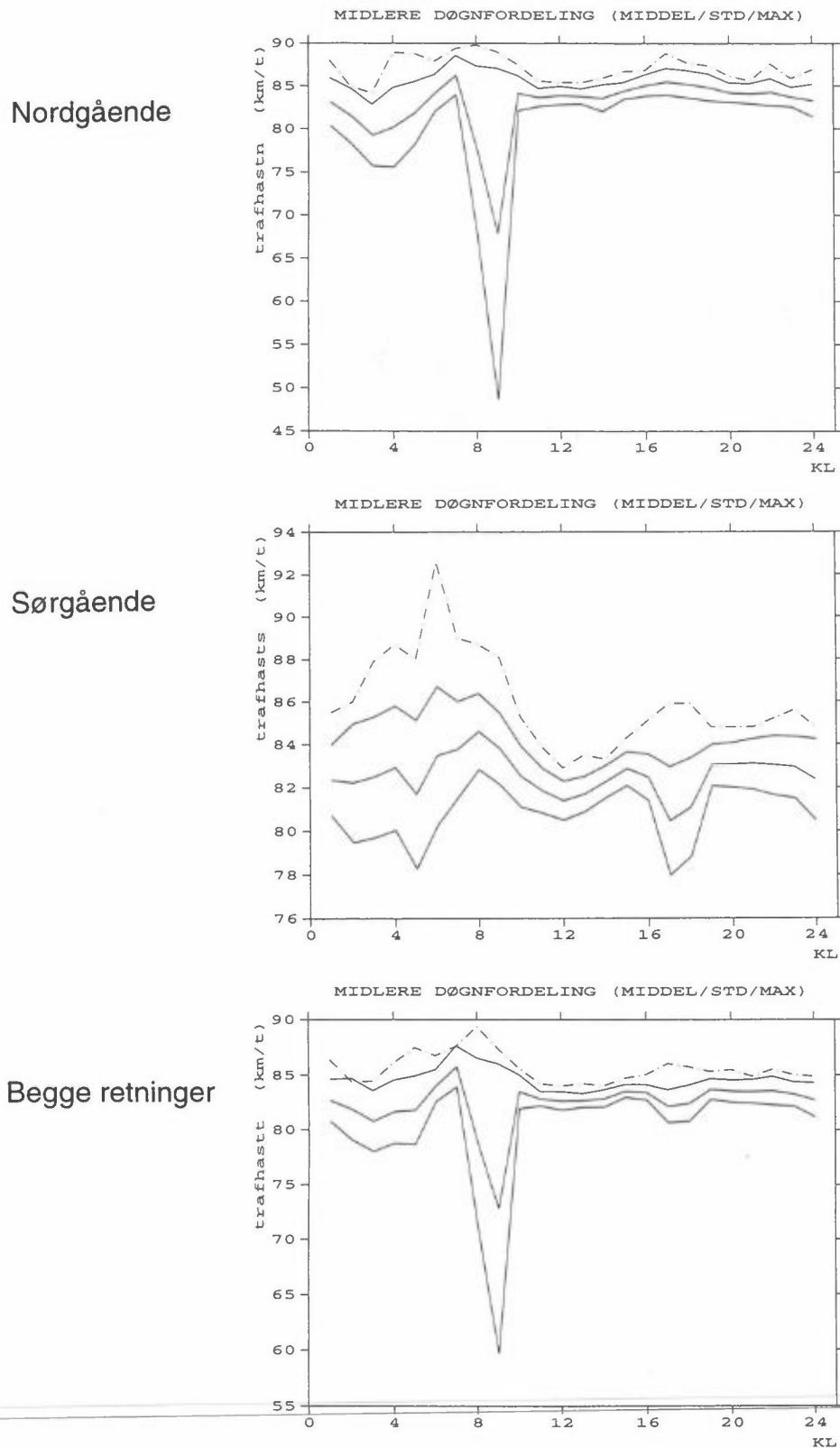
Figur 19: Trafikkintensitet som timemiddel over døgnet forbi målepunkter i mars 1996.

Stiplet linje viser maksimal intensitet.

trafn = trafikk nordover

trafs = trafikk sørover

traft = trafikk totalt.



Figur 20: Trafikkens hastighet som timemiddel over døgnet forbi målepunkter i mars 1996.

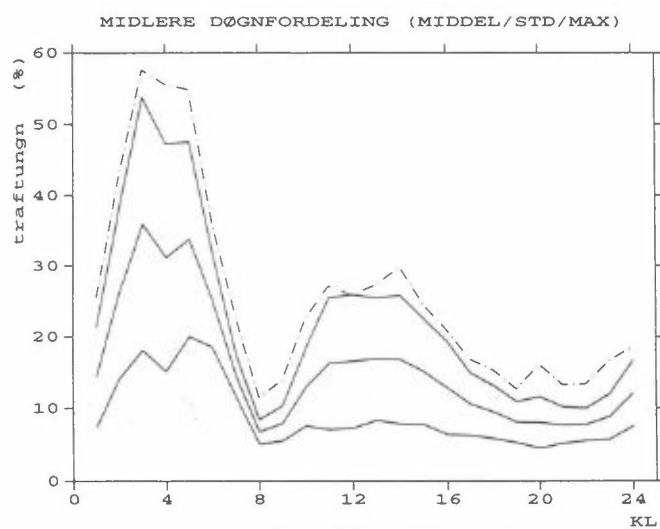
Stiplet linje viser maksimalhastighet.

trafhastn = trafikk nordover

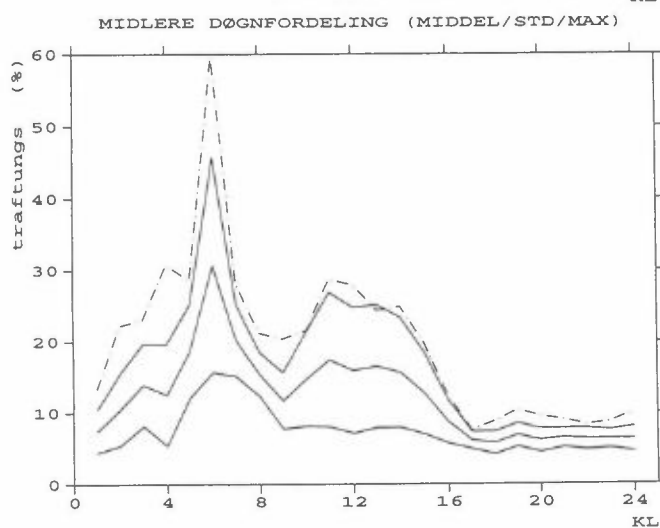
trafhasts = trafikk sørover

trafhastt = trafikk totalt.

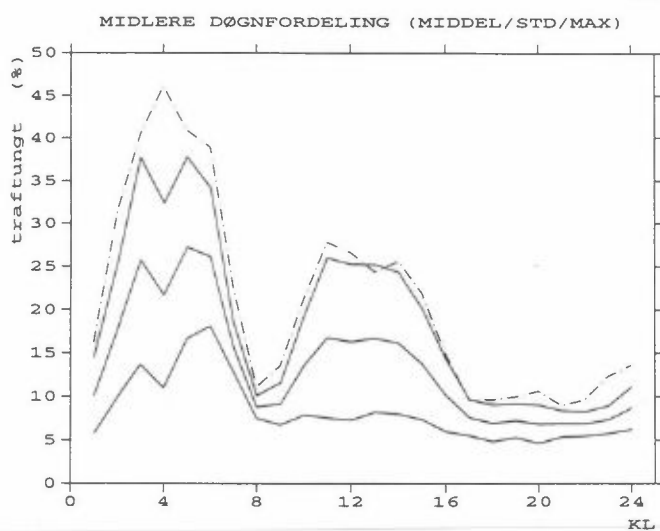
Nordgående



Sørgående



Begge retninger



Figur 21: Trafikkens tungtrafikkandel som timemiddel over døgnet.
 Stiplet linje viser maksimal tungtrafikkandel.
 traftungn = trafikk nordover
 traftungs = trafikk sørover
 traftungt = trafikk totalt.

Tabell 9: Trafikktellinger på Klemetsrud mars 1996.

	Nordgående	Sørgående	Totalt
Gjennomsnittlig døgntrafikk (biler/døgn)	8 488	8 681	17 167
Gjennomsnittlig hastighet (km/h)	82,8	82,6	82,4
Gjennomsnittlig tungtrafikkandel (%)	15,7	12,3	13,6

7.3 Piggdekkteellinger

Piggdekkteellinger ble utført av personell fra Oslo Vegvesen den 14. desember 1995 og 19. og 20. mars 1996. Tellingene ble foretatt på to bensinstasjoner i området (Shell, Mortensrud og Statoil, Abildsø), ved at biler som kom inn på stasjonen ble undersøkt for type dekk. Resultatene er gitt i tabell 10.

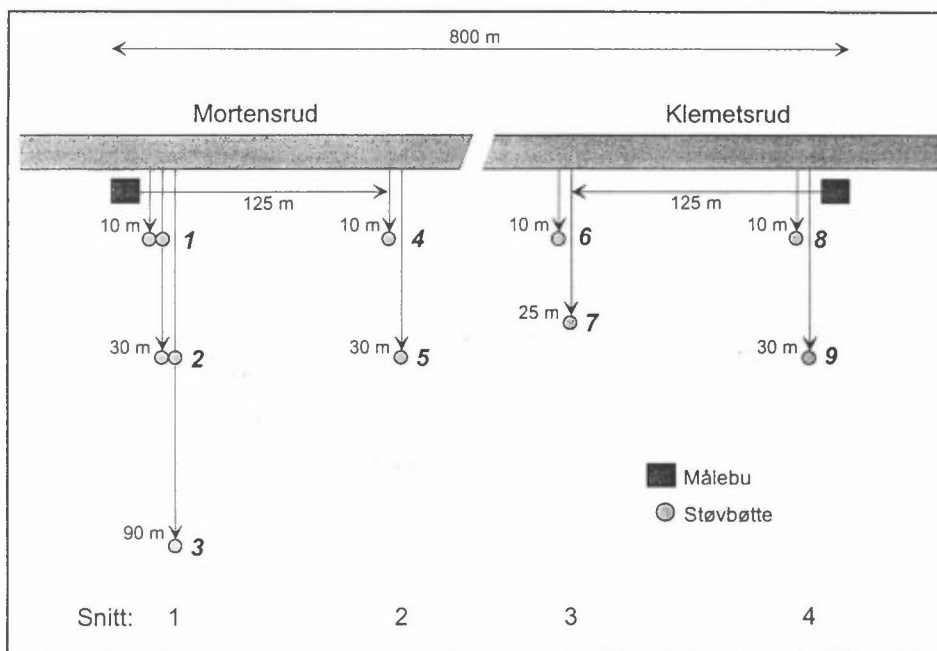
Tabell 10: Resultater av piggdekkteellinger.

Andel med piggdekk	Shell, Mortensrud Andel %/Ant. biler	Statoil, Abildsø Andel %/Ant. biler	Samlet Andel %/Ant. biler
14.12.95 kl 07-17			
Lette biler	75 / 743	77 / 394	76 / 1137
Tunge biler	14 / 51	41 / 29	24 / 80
19.-20.3.96 kl 07-17			
Lette biler	66 / 613	79 / 441	71 / 1053
Tunge biler	7 / 61	43 / 30	19 / 91

Piggdekkteellingene viser at fra 14. desember 1995 til 19.-20. mars 1996 gikk piggdekkandelen for lette biler noe ned, fra 76% til 71%, mens nedgangen for tunge biler var fra 24% til 19%. Tallmaterialet er lite og resultater fra den enkelte telling på Mortensrud og Abildsø varierer sterkt, spesielt for tunge biler. Tallene fra Abildsø alene viser faktisk en øket piggdekkandel for både lette og tunge biler fra 14. desember 1995 til 19.-20. mars 1996. Det er naturlig at piggdekkandelen går ned på vårparten, men tellingene gir såpass usikkert tallmateriale at det er vanskelig å tallfeste denne nedgangen i piggdekkbruk fra vinter og henimot påske (ca. 1 april).

7.4 Støvfallsmålinger

I perioden fra 29. februar til 22. mars 1996 ble det målt støvfall på målestasjonene vist i figur 22.

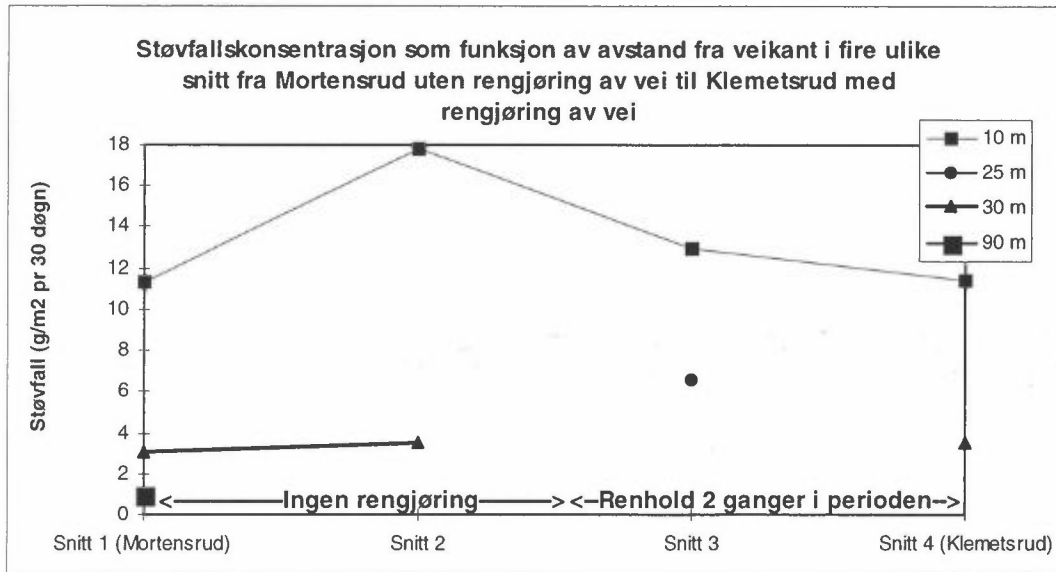


Figur 22: Stasjonsnett for måling av støvfall i perioden fra 29. februar til 22. mars 1996.

Tabell 11 gir resultater av målingene. Figur 23 viser konsentrasjon som funksjon av avstand fra veikant i fire ulike snitt fra Mortensrud (uten rengjøring av vei) til Klemetsrud (med rengjøring av vei). Figuren viser at det ikke ble målt noen effekt av renhold på veien. Støvfallsnivået var på samme nivå ved rengjort vei som ved ikke-rengjort vei.

Tabell 11: Støvfallsmålinger ved Europaveien (E6) mellom Mortensrud og Klemetsrud i perioden for 29. februar-22. mars 1996.
Enhet: g/m^2 pr. 30 døgn.

Avstand fra veikant (m)	Stasjonsnr.	Støvfallsmengde
10	4	17,8
10	6	12,9
10	1B	11,6
10	8	11,5
10	1A	11,1
25	7	6,5
30	9	3,5
30	5	3,5
30	2B	3,1
30	2A	3,0
90	3	1,0



Figur 23: Støvfall som funksjon av avstand fra veikant i fire ulike snitt fra Mortensrud til Klemetsrud.

I tabell 12 er gitt de verdier som NILU benytter i vurdering av støvfallsbelastning langs veier. I vedlegg I er grenseverdier for støvfall i en del land kort beskrevet.

Tabell 12: Vurderingsgrunnlag for vannløselig støvfall benyttet i denne undersøkelsen.

Støvfallsnivå	Enhet: g/m ² pr. 30 døgn
Meget høyt	>13
Høyt	8-13
Moderat	3- 8
Lavt	< 3

Tabell 9 viser at støvfallsmengden avtar med avstand fra veikant. Nivået var høyt, og til dels meget høyt mer enn 10 m fra veikant. For å komme ned på lave svevestøvmengder i måleperioden måtte en være over 30 m fra veikanten.

8. Sammenheng veistøvdepot - veirengjøring - svevestøv (PM_{10})

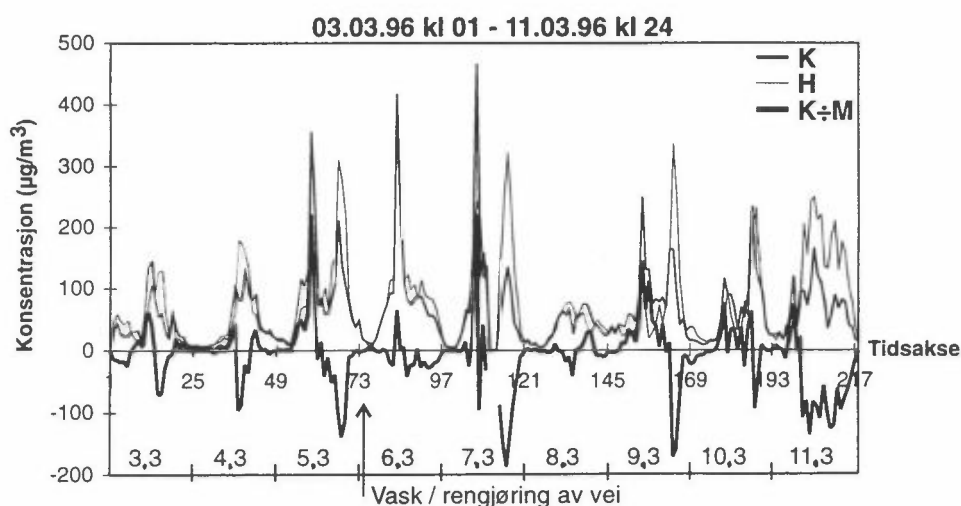
Resultatene av veistøvdepot-målingene (kap. 6.3.1) tyder på at veistøvdepotet ikke bygger seg opp over tid etter en rengjøring, men at det synes å være tilnærmet balanse til enhver tid mellom generert veistøv fra piggdekkens slitasje av veibanen og oppvirvlet/bortvirvlet støv fra selve veibanen. Når det gjelder veikantene, er det sannsynlig at støv kan samle seg og utgjøre et depot som samler seg opp over tid. Dette depotet ligger utenfor den mest intense turbulenssonen fra bilene, og inngår ikke i den øyeblikkelige balansen mellom generert veistøv og svevestøv i luften.

Sammenligning av PM_{10} ved rengjort vei (Klemetsrud) og ikke rengjort vei (Mortensrud) før og etter veirengjøring underbygger at generert (avslitt) veistøv virvles opp nokså momentant.

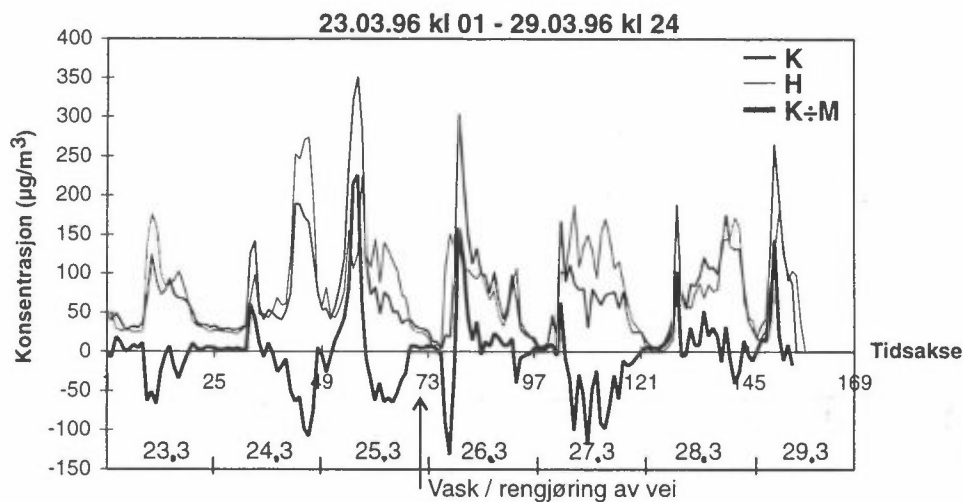
Forløpet av PM_{10} på de to målestasjonene Klemetsrud og Mortensrud kan studeres i figur 24 og 25, for støvsugingsperiodene, 3.-11. mars og 23.-29. mars. Figurene gir PM_{10} 3 døgn før vask, og videre døgnene etter vask.

Figurene viser at de to målestasjonene ofte ikke gir samme PM_{10} . Klemetsrud har ofte høyere PM_{10} enn Mortensrud tidlig på dagen, mens det ofte er omvendt på ettermiddagen. Dette vises også i figur 7, og i figur 26, der differansen i PM_{10} mellom Klemetsrud og Mortensrud er vist på månedsbasis.

Forløpet av PM_{10} , og differansen mellom stasjonene, er ikke vesentlig forskjellig etter rengjøringen i forhold til før rengjøringen. Dette innebærer at rengjøringen ikke har stor betydning for PM_{10} -konsentrasjonene ved veien i dagene rett etterpå.



Figur 24: PM_{10} i perioden 3.-11. mars 1996.
Klemetsrud (K), Mortensrud (M) og differansen (K-M).



Figur 25: PM_{10} i perioden 23.-29. mars 1996.
Klemetsrud (K), Mortensrud (M) og differansen (K-M).

Tidligere undersøkelser utført av NILU i Oslo og Trondheim på oppdrag fra Vegdirektoratet (Haugsbakk og Larssen, 1995 a og b) ga også som resultat at det var vanskelig å se noen effekt av veirengjøring på PM_{10} -konsentrasjonen ved veier. I disse undersøkelsene ble veiene rengjort med mindre effektivt utstyr enn nå.

Veirengjøringen synes altså ikke å påvirke PM_{10} -konsentrasjonen nevneverdig. Med andre ord kan en ikke med dagens veirengjøringsmetoder "vaske seg bort fra" PM_{10} -problemet som skyldes piggdekkslitasjen av veibanen.

Det støvdepotet som samler seg opp på veikant/skulder utgjør et eget domene og problem. Når dette tørker skikkelig opp utover våren, blir også det tilgjengelig for oppvirvling, spesielt når biler kommer litt ut mot veikanten. Det kan lett observeres at dette depotet gir støvproblemer utover våren, til langt ut i mai. Effektiv rengjøring/støvsuging av dette depotet på veikant/skulder etter piggdekkseongen vil korte ned den perioden da dette gir støvingsproblemer.

9. Konklusjon

Dette måleprogrammet har gitt følgende hovedkonklusjoner:

1. Resultatene av veistøvdepot-målingene tyder på at når det er tørt er det balanse til enhver tid mellom generert (avslitt) veistøv og oppvirvlet/bortvirvlet veistøv, slik at veistøvet ikke samlet seg opp til et depot på selve veibanen.

Dog er det variasjon i hvor stor del av den avslitte støvmengden som er tilgjengelig for oppvirvling til enhver tid, avhengig av fuktighet og temperatur, spesielt frost.

Når det er fuktig på veien vil støvet samle seg opp til et depot, men dette vil "tømmes" ganske raskt, når veien tørker opp.

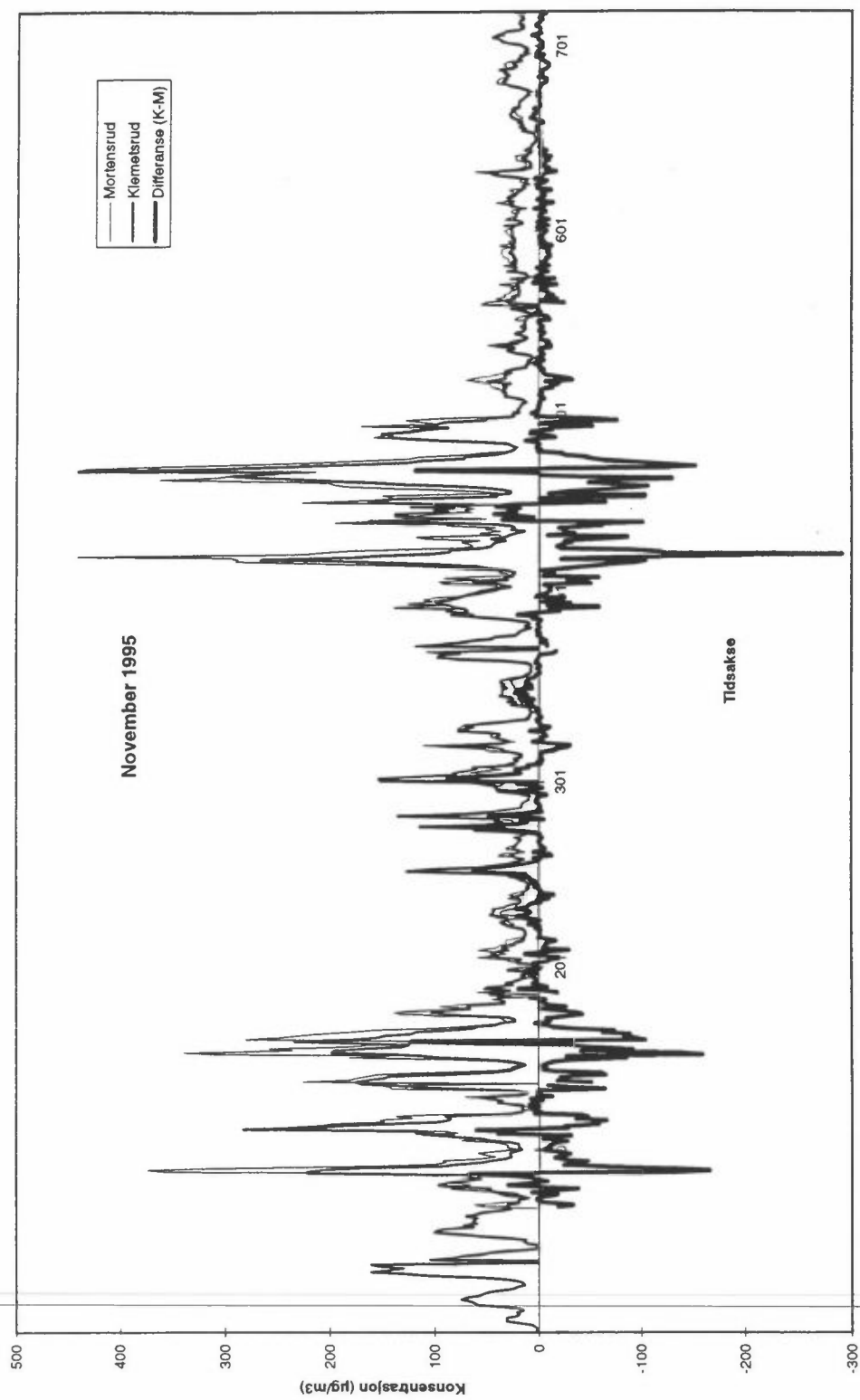
På veikant/skulder kan det bli et depot som kan bli ganske stort gjennom vinteren, og gi støvingsproblem om våren, når det tørker skikkelig opp.

2. Rengjøring av veibanen og -skulderen med den beste tilgjengelige rengjøringsmetodikk (støvsugerbil BEAM S9000) ga ikke redusert PM_{10} -konsentrasjon i luft ved veien. Dette underbygger resultatene fra veistøvdepotmålingene.
3. Disse observasjonene innebærer at en ikke kan "rengjøre seg ut av" problemet med høye PM_{10} -konsentrasjoner ved veier om vinteren. Rengjøring av veiene om våren, der spesielt depotet ved veikant/skulder tas bort, vil imidlertid redusere og forkorte støvingsproblemene utover våren.
4. Observasjonen av balanse mellom avslitt og bortvirvlet veistøv innebærer at tiltak som reduserer slitasjen av veidekket også vil gi reduksjon i PM_{10} -konsentrasjonen i luft ved veien.

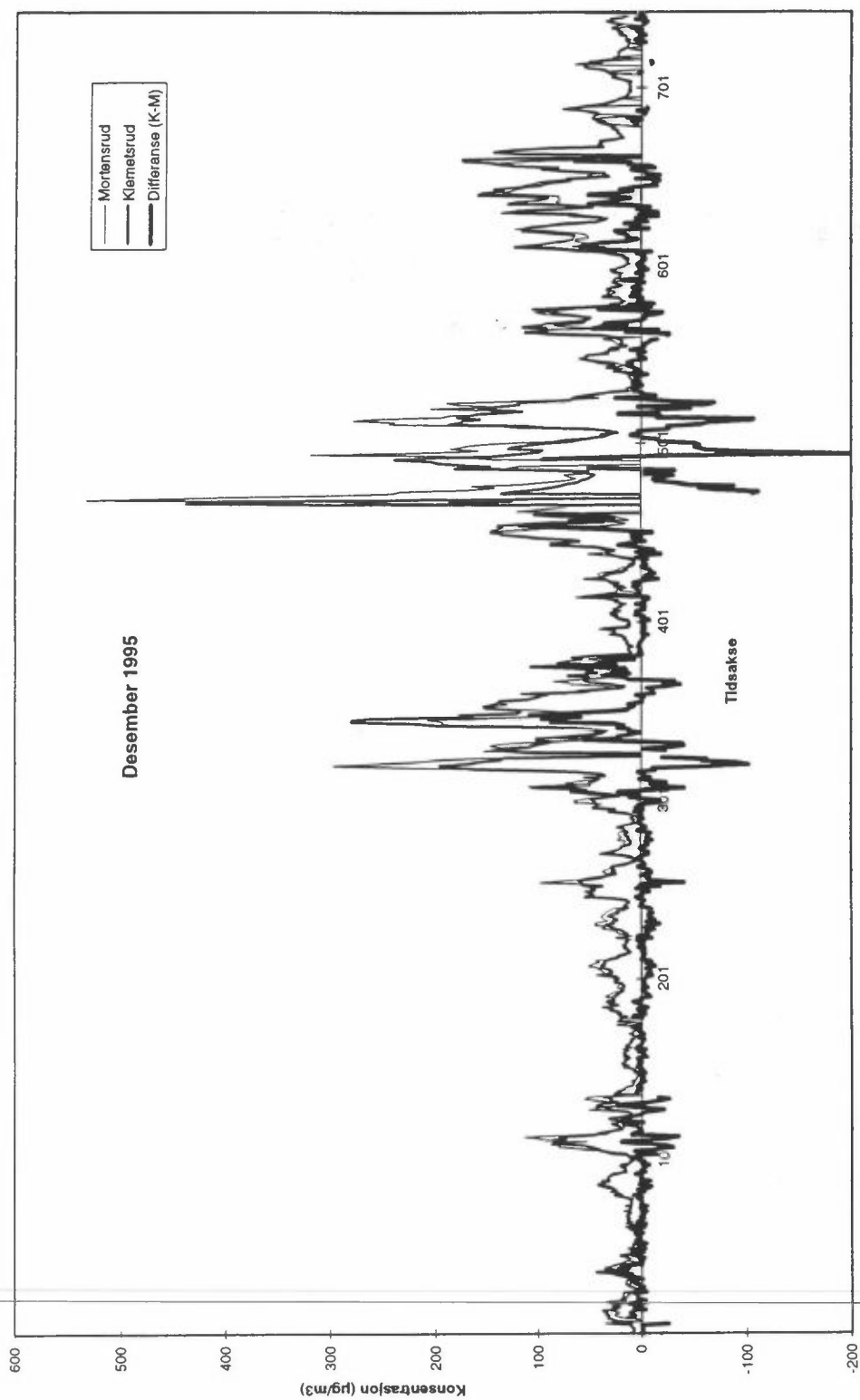
For eksempel innebærer dette at PM_{10} -konsentrasjonen vil reduseres proporsjonalt med andel piggdekk i trafikkstrømmen. Økning i andelen biler med **piggfrie dekk** vil derved redusere veistøvproblemet.

Det er sannsynlig at dette også innebærer at **lettere pigger** og redusert antall pigger vil redusere veistøvproblemet. Veidekke-slitasje er proporsjonalt med piggvekten.

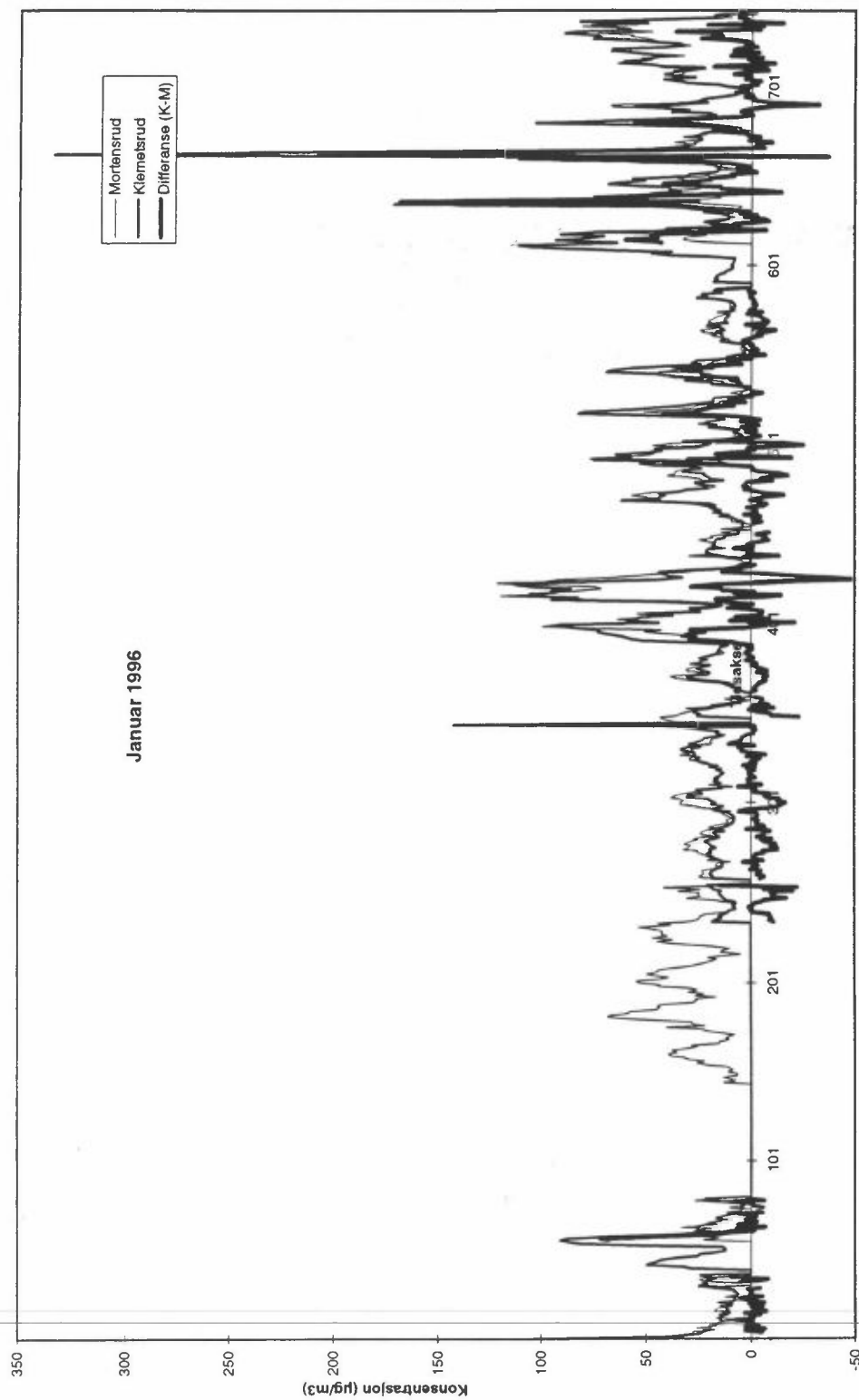
5. En begrenset undersøkelse av nedsmussing av støv, målt som støvnedfall med standard metodikk over en 3-ukers-periode, ga ikke redusert støvnedfall ved den delen av veien som ble rengjort 3 ganger i løpet av 3-ukersperioden, i forhold til ved veien som ikke ble rengjort, selv ikke så nær veien som 10 meter fra veikant.



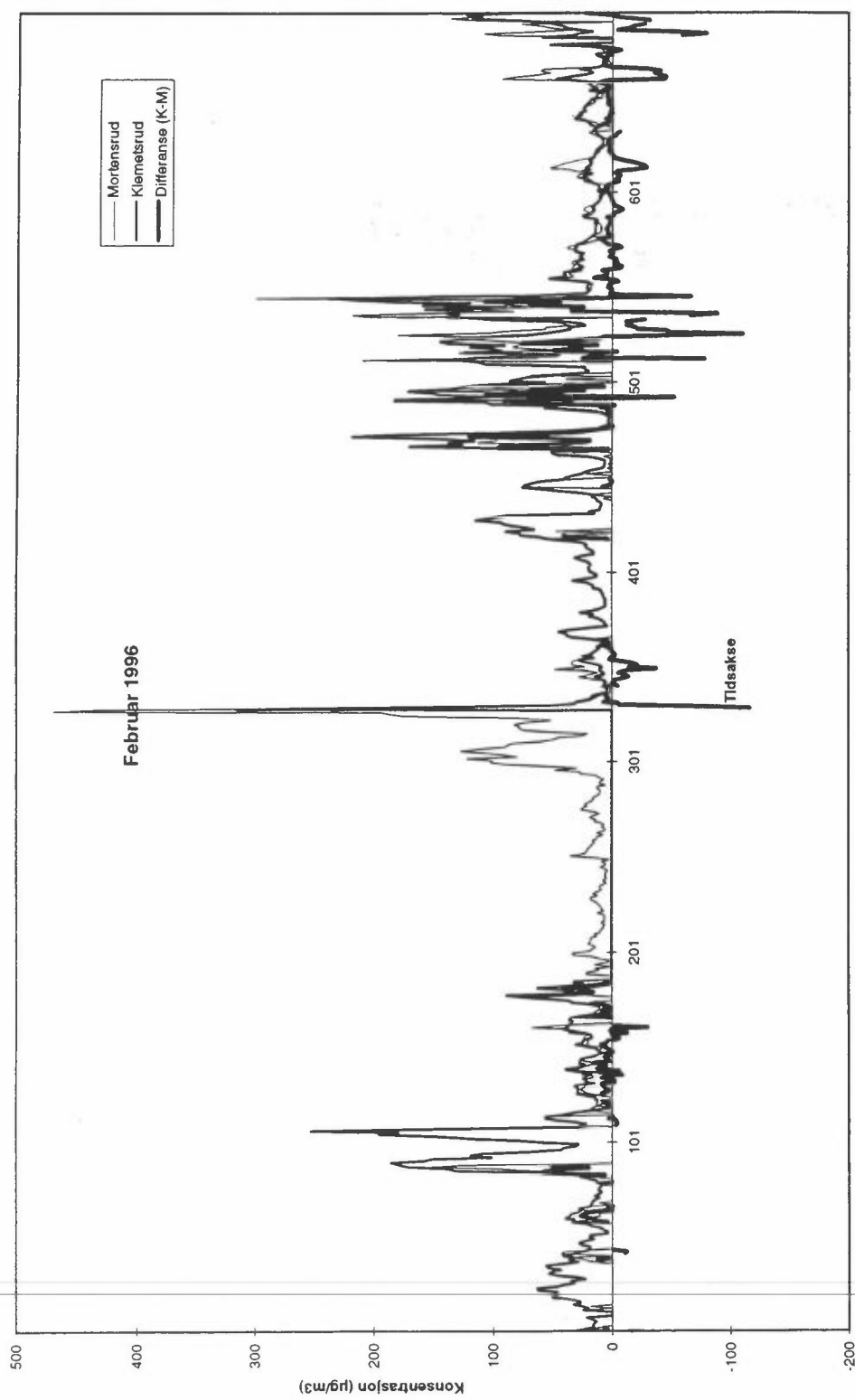
Figur 26: PM_{10} , Klemetsrud, Mortensrud og differanse, november 1995.



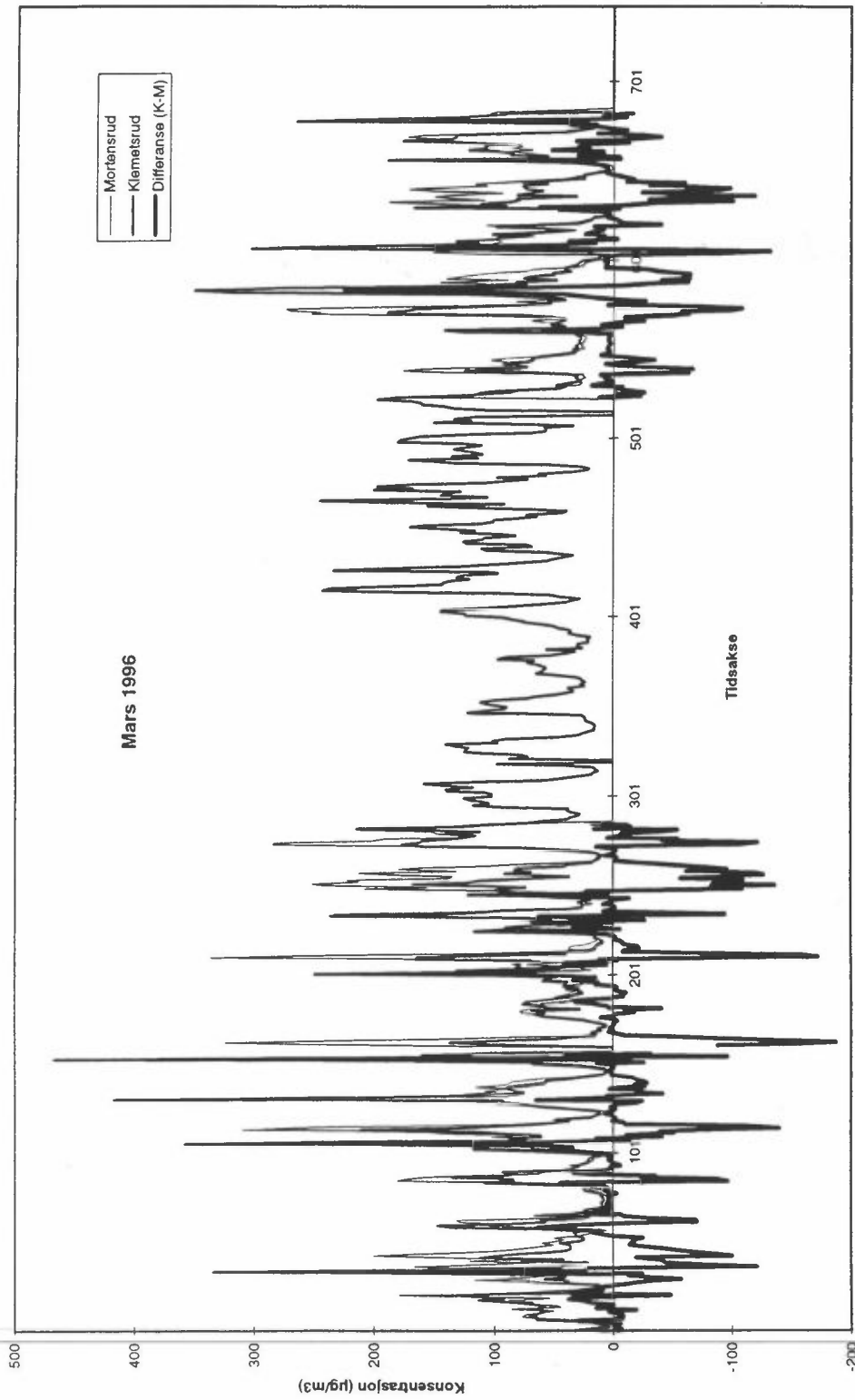
Figur 26: forts. Desember 1995.



Figur26: forts. Januar 1996.



Figur 26: forts. Februar 1996.



Figur 26: forts. Mars 1996.

10. Referanser

- Haugsbakk, I. og Larssen, S. (1994) Effekt av veirenhold på PM₁₀-forurensning. Utvikling av PM₁₀-modell. Måleprosjekt 5, Oslo 1994/95. Kjeller (NILU OR 39/94).
- Haugsbakk, I. og Larssen, S. (1995) Effekt av veirenhold på PM₁₀-forurensning. Utvikling av PM₁₀-modell. Måleprosjekt 5, Trondheim 1994. Kjeller (NILU OR 5/95).
- Hedalen, T. (1994) Vegslitasje - Partikkelstørrelsesfordeling. Trondheim (SINTEF rapport STF 36 A94011).
- Laamanen, A. (1969) Particulates in the outdoor air of Finland. *Work, Environ. Health*, 6, 1-50.
- Larssen, S. (1987) Støv fra asfaltveier. Karakterisering av luftbåret veistøv. Fase 1: Målinger i Oslo, våren 1985. Lillestrøm (NILU OR 53/87).
- Statens forurensningstilsyn (1992) Virkninger av luftforurensninger på helse og miljø. Anbefalte luftkvalitetskriterier. Oslo (SFT-rapport nr. 92:16).
- TA-Luft (1976) Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft, 2. ergänzte Auflage. Kissing, Weka-Verlag.



Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2007 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAKS RAPPORT	RAPPORT NR. OR 53/96	ISBN-82-425-0814-3	
DATO 20. 9. 96	ANSV. SIGN. <i>Gy Steinthor</i>	ANT. SIDER 53	PRIS NOK 90,-
TITTEL Veistøvdepot og svevestøvkonsentrasjon Målinger på Europaveien (E6), Mortensrud-Klemetsrud Vinteren 1995/96		PROSJEKTLEDER	NILU PROSJEKT NR. O-95108
FORFATTER(E) Steinar Larssen og Ivar Haugsbakk		TILGJENGELIGHET * A	OPPDRAKSGIVERS REF.
OPPDRAKSGIVER Statens Vegvesen Vegdirektoratet Postboks 8142 Dep 0033 OSLO			
STIKKORD Svevestøv	Veistøv	Meteorol.data	
REFERAT Rapporten beskriver undersøkelse av sammenhengen mellom størrelsen på veistøvdepot på vei og støvkonsentrasjoner i luft i samband med rengjøring av vei med det beste utstyr som er tilgjengelig i Norge.			
TITLE Road dust depot and dust concentrations based upon measurements at the E6 road at Mortensrud/ Klemetsrud winter 1995/96.			
ABSTRACT			

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