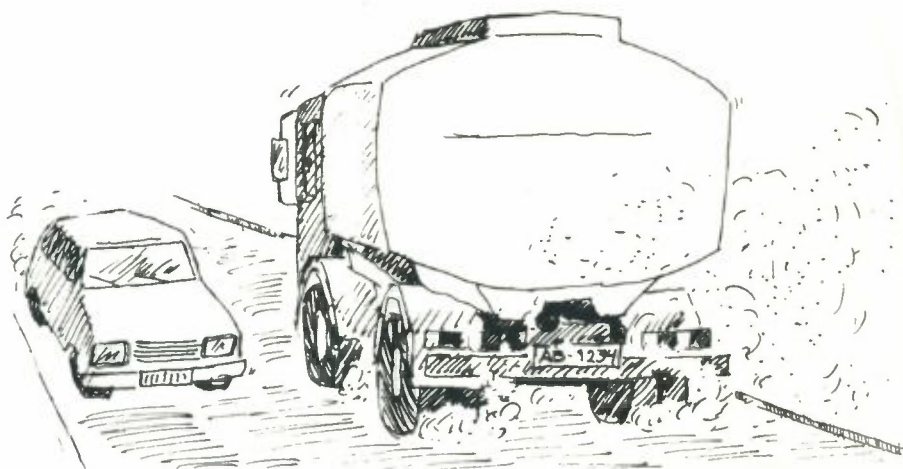




NILU OR : 53/87
REFERANSE: O-8431
DATO : AUGUST 1987
ISBN : 82-7247-845-5

STØV FRA ASFALTVEIER
Karakterisering av luftbåret veistøv
FASE 1: MÅLINGER I OSLO, VÅREN 1985

Steinar Larssen



FORORD

Veglaboratoriet ga i 1985 Norsk institutt for Luftforskning (NILU) i oppdrag å koordinere et forskningsprosjekt for å vurdere den helse-
risiko som kan være knyttet til forekomsten av støv fra asfaltdekker i
luft ved veier. Følgende institusjoner har hatt disse oppgaver i pro-
sjektet:

- Norsk institutt for luftforskning (NILU): Prosjektledelse:
Prøvetaking av støv i luft,
analyse av mengde, bly og
organiske stoffer.
Utarbeidelse av samlerap-
port.
- Senter for industriforskning (SI) : Bestemmelse av støvets
mutagenitet.
- Institutt for miljø- og yrkesbetinget : Bestemmelse av støvets
kreft (LAMYK), Radiumhospitalet celletransformerende evne.
- Institutet för Vatten- och Luftvårds- : Størrelsesfraksjonering
forskning (IVL), Göteborg (sikting) av partiklene
i veistøvdepot-prøver.

Den foreliggende rapport beskriver prøvetakingen og resultatene av
analysene av støvet.

På grunnlag av dette skal Toksikologisk avdeling ved Statens institutt
for folkehelse (SIFF), i samarbeid med LAMYK, foreta en vurdering av
den helserisiko som kan være knyttet til asfaltstøv.

SAMMENDRAG

På oppdrag fra Veglaboratoriet har Norsk institutt for luftforskning (NILU) foretatt en undersøkelse av luftbåret støv ved veier, med hovedvekt på slitasjestøv fra asfalt. Spesielt viktig var det å undersøke bidraget som veistøvdepotet gir til luftbåret støv. Undersøkelsen danner en del av bakgrunnen for å foreta en vurdering av om det er en helserisiko knyttet til eksponering til slitasjestøv fra asfaltveier. I undersøkelsen har vi konsentrert oss om den delen av luftbåret støv som er inhalerbart, dvs med diameter mindre enn ca 10 μm .

Målingene ble foretatt ved Ringveien ved Ullevål stadion i Oslo. Fire målestasjoner ble satt i drift, to på hver side av veien, en for eksponering til veistøv, og en bakgrunnstasjon. Målingene pågikk i perioden mars-juni 1985. Erfaringsmessig er veistøvdepotet størst og støvplagene størst tidlig på våren, ved slutten av piggdekkesesongen.

Følgende grunnleggende metodikk ble brukt:

Det ble tatt separate prøver når veidekket var henholdsvis vått og tørt. Ved våt vei dominerer eksospartiklene støvforurensningen. Ved tørr vei kommer veistøvbidraget i tillegg. Støvprøvene ble analysert på mengde (vekt) og innhold av bly, organiske stoffer (PAH) og kvarts. Dessuten ble støvets mutagene og celletransformerende egenskaper testet i biologiske tester (Ames-test og hamstercelle-transformasjonstest).

I det følgende beskrives hovedresultater:

Analyse av prøver av veistøvdepotet, tatt fra vei- og fortauskant ved veier i Oslo i desember 1984, indikerer at ca 2% av støvvekten utgjøres av partikler mindre enn 36 μm , og bare ca 0.1% partikler mindre enn 10 μm . Hovedvekten er på partikler større enn 100 μm (fra grus og sandkorn og nedover i størrelse).

Konsentrasjonen av inhalerbart støv (IP) i luft økte med mer enn en faktor 10 når veien var tørr i forhold til våt vei. Målingene ga ca 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ved våt vei og ca 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ved tørr vei. Veistøvet dominerer altså IP-støvet helt når veien er tørr. Også konsentrasjonen av respi-

rabelt støv økte, fra ca $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ved våt vei til ca $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ved tørr vei.

Inhalerbar blykonsentrasjon økte bare beskjedent fra våt til tørr vei. Dette indikerer at eksospartiklene (direkte fra eksosrøret) gir det dominerende blybidraget, og at oppvirvlet veistøv inneholder lite bly.

Konsentrasjonen av organiske stoffer (PAH) i inhalerbart støv økte med ca en faktor 3 fra våt til tørr vei. Innholdet av PAH i veistøvet er mindre enn i eksosen, men stort nok til å gi et dominerende bidrag til PAH-konsentrasjonen i luft når veien er tørr. Sammensetningen av PAH-stoffene (PAH-profilen) i støvprøvene indikerer at PAH-innholdet i veistøvdepotet dels skyldes PAH fra bitumen og dels skyldes bileksospartikler som er deponert.

Støvets mutagene egenskaper ble undersøkt ved hjelp av to ulike biologiske tester: Ames-test og hamstercelle-transformasjonstest.

I Ames-test var det svært liten forskjell på støvprøver ved våt og tørr vei. Veistøvet synes derved å gi lite bidrag til partiklenes mutagenitet utover det som bileksosen gir.

I celletransformasjonstesten ga prøven ved tørr vei noe større utslag enn prøven ved våt vei. Den økte transformasjonshyppigheten var knyttet til de største inhalerbare partikler ($2-10 \mu\text{m}$). Disse testene indikerer derved at denne støvfraksjonen fra veistøv gir et visst tilskudd til samlet celletransformasjonshyppighet i luftbåret støv ved veier. Veistøvet hadde imidlertid langt mindre evne til å indusere morfologisk transformasjon av hamster-celler enn bileksospartikler.

I disse testene ble aceton benyttet som løsningsmiddel for å ekstrahere mutagene stoffer fra partiklene. Aceton løser bitumen bare i liten grad. I en etterundersøkelse ble derfor acetonekstrakter sammenlignet med ekstrakter fra løsningsmidlene cycloheksan og diklormetan, som i større grad løser bitumen. I Ames-test ga acetonekstraktet størst mutagenitet, mens cycloheksanekstraktet var toksisk overfor testbakteriene. I SHE-testen var det liten forskjell mellom de ulike ekstraktene, bortsett fra at diklormetanekestret var noe mer toksisk overfor cellene.

Inhalerbart støv ved Ringveien inneholdt ca 5% α -kvarts. I Oslo brukes tilslagsmateriale med svært lite kvartsinnhold (basalt). α -kvarts innholdet i støv ved Ringveien skyldes sannsynligvis strøsand og annet tilbrakt materiale med α -kvartsinnhold. I andre deler av landet kan tilslagsmaterialet inneholde opptil 30% α -kvarts. Dette vil gi α -kvarts partikler i luft ved veien. På denne bakgrunn anbefales at en undersøkelse av α -kvartsinnholdet i inhalerbart støv ved veier i Norge utføres.

I sammendrag: Veistøvdepotet gir et dominerende bidrag til støvforurensningen ved veier, også til inhalerbart støv, når det er tørt. Dette inhalerbare støvet inneholder lite bly, men en del organiske stoffer (PAH) som gir hovedbidraget til PAH i luft ved veien når det er tørt. PAH-stoffene stammer både fra bitumen og fra deponerte bileksospartikler. Oppvirvlet veistøv synes imidlertid å gi et relativt lite bidrag til støvets mutagene egenskaper og evne til celletransformasjon utover det som bileksosen gir. Luftbåret støv ved veier kan i enkelte deler av landet inneholde endel α -kvarts.

Basert på måleresultatene fra Ringveien kan en anslå at oppvirvlet veistøv totalt sett gir et bidrag til inhalerbart partikkelutslipp som kan være av opptil samme størrelse som samlet utslipp fra eksospartikler. Konsentrasjonen av inhalerbart støv kan i spesielle situasjoner i tettsteder overskride grenseverdier for luftkvalitet. Ved sterkt trafikkerte veier er imidlertid konsentrasjonene til tider svært høye. Ved Ullevål ble det målt opptil $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ inhalerbar støvkonsentrasjon. Det var ikke mulig i denne undersøkelsen å angi hvor mange mennesker som eksponeres for høye støvkonsentrasjoner langs veier. Intervju-undersøkelser utført i Oslo og Drammen viser imidlertid at 25-30% av befolkningen føler seg plaget av nedsmussing fra veistøv ved sin bolig. En egen kartlegging må gjennomføres av boligens plassering i forhold til veier og av ferdseien langs veier for å komme nærmere et estimat av befolkningseksponeringen til høye veistøvkonsentrasjoner.

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
FORORD	1
SAMMENDRAG	3
1 INNLEDNING	9
2 METODER	10
2.1 Fraksjonering av støvet etter partikkelstørrelse	11
2.2 Prøvetakingsutstyr	12
2.3 Analysemetoder	13
3 MÅLEPROGRAM	14
3.1 Målested	14
3.2 Måleprogram	14
4 RESULTATER OG DISKUSJON	17
4.1 Veistøvdepot-prøver	17
4.2 Konsentrasjoner av luftbåret støv	19
4.3 Partikkeltyper (mikroskopering)	20
4.4 Blyinnhold i støvet	21
4.5 PAH i støvet	23
4.6 Mutagenitet	27
4.7 Celle-transformasjon	30
4.8 Sammenligning av ulike løsningsmidler	32
4.9 Kvarts	33
5 SAMMENSTILLING AV RESULTATER	36
6 VEISTØVETS BIDRAG TIL SVEVESTØV I TETTSTEDER	47
7 BEFOLKNINGSEKSPONERING TIL VEISTØV	49
8 REFERANSER	50
VEDLEGG A: Konsentrasjon av støv og PAH i enkeltprøver ...	51
VEDEGG B: Mutagenitetstesting av partikkelbundet materiale innsamlet ved Ringveien/Ullevål station. Rapport fra SI	57
VEDLEGG C: Celle-transformasjonstesting. Rapport fra LAMYK	69
VEDLLEGG D: Mineralogisk sammensetning av asfaltdekker. Notat fra Veglaboratoriet	89
VEDLEGG E: Sammenhenger mellom støv og bly, PAH, mutagenitet og celle-transformasjon	95
VEDLEGG F: Test av ulike løsningsmidler. Rapporter fra SI og LAMYK	101
VEDLEGG G: Plan for undersøkelsen	113

STØV FRA ASFALTVEIER

KARAKTERISERING AV LUFTBÅRET VEISTØV

FASE 1: MÅLINGER I OSLO, VÅREN 1985

1 INNLEDNING

Veglaboratoriet ba i 1984 Norsk institutt for luftforskning (NILU) om assistanse til å undersøke om støv fra piggdekkslitasje av asfaltdekker kan innebære noen form for helserisiko for mennesker som ferdes langs veier eller bor nær veier.

Det er to hovedkilder til partikler i luft ved veier, og det er eksosutslippet fra bilene og veistøvet. Ved en sterkt trafikkert vei har partikler fra andre kilder i nærheten oftest liten betydning.

Eksosutslippet består hovedsakelig av svært små partikler (i hovedsak mindre enn 1 μm i diameter) som ved pusting følger luften inn i de indre deler av lungene. Det er kjent at partiklene i eksosutslipp fra biler innebærer en viss helserisiko. Veistøvet består hovedsakelig av store partikler, men en del av veistøvet er små partikler, med diameter mindre enn 10-20 μm . Disse partiklene og også partikler større enn dette virvles opp når veien er tørr, på grunn av turbulensen fra trafikken, og blir luftbårne. Mengden av veistøv på veien er størst om våren, etter at piggdekk har slitt på veidekket gjennom vinteren. Veistøvdepotet bygger seg opp gjennom vinteren, og frigjøres under tørre perioder om våren. Konsentrasjonen av støv i luft ved veien kan være svært stor. Dette støvet inneholder blant annet bly, organiske komponenter fra asfalt (bitumen) og fra bileksos, og ofte også kvarts fra tilslagsmaterialet. Det er ikke kjent om veistøvet kan innebære en helserisiko.

Formålet med undersøkelsen er, ved hjelp av prøver av støv i luft på ett målested og kjemisk og biologisk karakterisering av dette, å gi grunnlag for en vurdering av den helserisiko som kan være knyttet til den del av støvet som kommer fra veistøvdepotet.

Detaljplan for undersøkelsen ble fastlagt i februar 1985 (Vedlegg G) på grunnlag av en prosjektramme skissert av Veglaboratoriet i august 1984, etter at flere utkast var lagt fram. Synspunkter fra overlege E. Dybing ved Statens institutt for folkehelse (SIFF) og fra forskningssjef T. Sanner ved Institutt for miljø- og yrkesbetinget kreft (LAMYK) ble innarbeidet.

Detaljplanen omfatter, foruten måling av samlet luftbåret støv ved veien (fase 1) også spesifikk prøvetaking og karakterisering av partikler fra de ulike støvkilder ved veien: bileksos, oppvirvlet støv fra veistøvdepotet og momentan veidekkeslitasje. Økonomiske begrensninger førte til en prioritering av oppgavene, slik at kildeprøvene måtte utsettes til en senere prosjektfase.

Denne rapporten omhandler Fase 1.

2 METODER

For å kunne gjøre en vurdering av helserisikoen knyttet til luftbåret veistøv, må en blant annet ha følgende kunnskap om støvet:

1. Konsentrasjonen av luftbåret veistøv ($\mu\text{g støv}/\text{m}^3$ luft).
2. Støvets størrelsesfordeling.
3. Støvets innhold av helseskadelige stoffer.
4. Støvets evne til å påvirke levende celler.

Disse parametre varierer med faktorer som:

- veidekkeforhold (type, vått/tørt, nytt/gammelt).
- årstid (piggdekk/sommerdekk).
- veirengjøring.
- kjørehastighet, trafikksammensetning (andel tungtrafikk).

Andre kilder til partikler ved veier er i første rekke bileksosen fra trafikken på veien. Partikler fra kilder i større avstand fra veien (oljeforurensning, industri etc. fra lokale kilder, samt langtransportert forurensning) gir et visst bakgrunnsnivå.

Den grunnleggende metodikk i denne del av undersøkelsen var følgende:

Ved et valgt målested tas prøver av luftbåret støv med prøvetakere som gir konsentrasjon av støv i ulike størrelsesklasser og muligheter for videre kjemisk og biologisk analyse. Prøvene tas om våren når veistøvdepotet er størst. Prøver tas både ved vått og tørt veidekke. Når veidekket er vått er bileksosen hovedkilden til luftbårne partikler. Når veidekket er tørt kommer veistøvets bidrag i tillegg. Helserisikoene til luftbåret veistøv kan vurderes ut fra forskjellen på støvprøvene ved vått og tørt veidekke. Bileksosprøvene (vått veidekke) danner en referanse for vurderingen av veistøvbidraget.

For å få kunnskap om fysisk og kjemisk sammensetning av partiklene i veistøvdepotet, ble det også tatt prøver av veistøvdepotet i en del veier i Oslo som på det tidspunkt hadde relativt nylagt asfaltdekke (ca. 2 mndr. gammelt).

2.1 FRAKSJONERING AV STØVET ETTER PARTIKKELSTØRRELSE

Størrelsen og formen til partikler avgjør om de vil følge med luften inn i åndedrettsystemet, og hvor i åndedrettssystemet det er sannsynligvis at de vil avsette seg. I dette prosjektet ble følgende partikkelstørrelsesfraksjoner bestemt (d - partikkeldiameter):

$d < 10 \mu\text{m}$ Denne fraksjonen kalles "inhalerbare partikler (IP)" fordi de ved neseputing trenger forbi nesen og kan avsettes i svelg/luftrør/bronkier/lunger.

$d < 2.5 \mu\text{m}$ Denne fraksjonen kalles finfraksjonen (FP) og er en god tilnærmelse til "respirable partikler". Disse følger i stor grad luftstrømmen forbi bronkiene og kan avsettes i lungene.

$2.5 < d < 10 \mu\text{m}$ Denne fraksjonen er differansen mellom inhalerbare partikler og finfraksjonen, og kalles "grovfraksjonen (GP)". Disse partikler avsettes i stor grad i svelg og luftrør.

2.2 PRØVETAKINGSUTSTYR

Følgende to typer støvprøvetakere ble brukt:

- "Dichotomous virtual impactor (DICHO)". Amerikansk støvprøvetaker som tar prøver av inhalerbart støv og fraksjonerer dette i fin- og grovfraksjon. Prøvetakingsvolum: 1 m³ luft/h.
- "High volume sampler w/size selective inlet (HIVOL-SSI)". Amerikansk prøvetakertype som tar prøver av inhalerbart støv. Vi benyttet en modifisert utgave (MHIVOL-SSI) der det er montert inn en ekstra separasjonsenhet for å skille støvet i fin- og grovfraksjon. Prøvetakingsvolum: 40 m³ luft/h.

HIVOL-prøvetakeren gir store støvmengder (1-10 mg støv/h ved sterkt trafikkert vei) som er nødvendig for å bestemme innholdet i støvet av organiske stoffer og for å kunne teste støvet for aktivitet i biologiske testsystemer. DICHO-prøvetakeren gir mindre støvmengder (20-200 µg støv/h ved sterkt trafikkert vei) på filtertyper som egner seg for videre analyse av grunnelementer i støvet.

Det er tidligere vist at separasjonen i fin- og grovfraksjon i den modifiserte HIVOL-prøvetakeren ikke er fullstendig. En ikke ubetydelig del av de partiklene som skulle vært separert ut i grovfraksjonen, følger luftstrømmen videre til finfraksjonen. Denne prøvetakeren var likevel den eneste tilgjengelige som gir de store støvmengder som er nødvendig, og hvor en viss separasjon av fin- og grovfraksjon er mulig.

2.3 ANALYSEMETODER

Kjemisk analyse

Stoff	Prøvetaker/filtertype	Metode
Bly	DICHO/Selectron	Atomabsorpsjonsspektrofotometri etter utlaking av filteret i 1:1 HNO ₃ .
Polysykliske aromatiske hydrokarboner	HVS/glassfiber	Gasskromatografi etter utlaking av filtre i cyclo-hexan

Mutagenitetstesting (se Vedlegg B)

Mutagenitetstester benyttes til orienterende undersøkelse av stoffers mutagene (arvestoffskadende), eventuelt kreftfremkallende virkning. Den metoden som ble benyttet kalles Ames' test (Salmonella-testen). Metoden er en korttidstest der spesielle typer av Salmonella-bakterier utsettes for et ekstrakt av den innsamlete partikkelprøven.

Denne analysen ble utført av Senter for industriforskning (SI), avdeling for miljøtoksikologi.

Celle-transformasjonstesting (se Vedlegg C)

Dette er også en test som benyttes til orienterende undersøkelse av stoffers kreftfremkallende egenskaper. Den metoden som ble benyttet er SHE (syrisk hamster embryo) celle-transformasjonstest, der celler fra hamster-embryo utsettes for et ekstrakt av den innsamlete partikkelprøven.

Denne testen er utviklet ved Laboratorium for miljø- og yrkesbetinget kreft (LAMYK) ved Radiumhospitalet, og testene for denne undersøkelsen ble også utført der.

3 MÅLEPROGRAM

3.1 MÅLESTED

I samråd ved Veglaboratoriet ble et område langs Store Ringvei i Oslo, ved Ullevål station, valgt som målested (figur 1). Området er horisontalt. Veistrekningen er et forsøksfelt for Veglaboratoriet og det er lagt forskjellige typer asfalt på ulike delstrekninger, som vist i figur 1. Målestasjonene var plassert ved felt 2/5, der det var vanlig asfaltbetong, type Ab 16 t, B60 (referansemasse) på nordsiden og Ab 16 t, B85 på sørsiden.

Trafikkparametrene var som følger (målt i 1984):

Trafikkmengde	ca 37.000 ÅDT
Retningsfordeling	ca 50% i hver retning
Kjørehastighet	60-65 km/h
Kjøretøys sammensetning	ca 85% personbiler
	ca 7% varebiler
	ca 6.5% lastebiler
	ca 1% busser
	ca 1% trailere

3.2 MÅLEPROGRAM

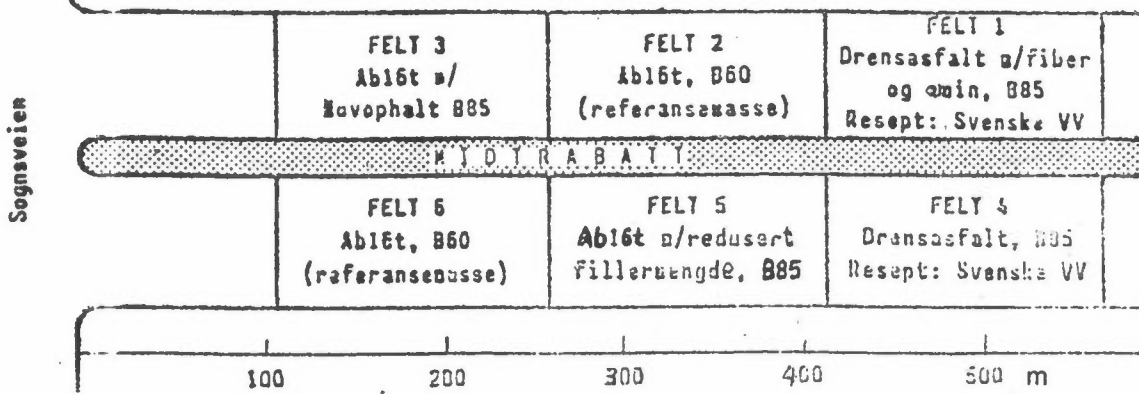
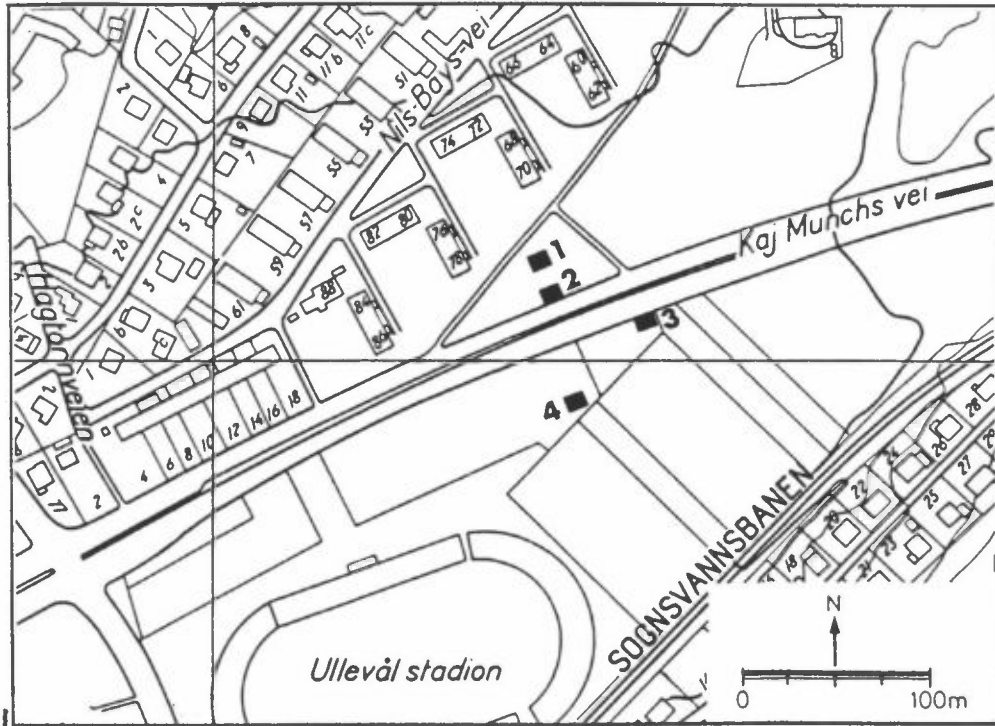
Målingene ble utført i perioden mars-juni 1985. Plasseringen av måleinstrumentene er vist i figur 2. Det ble plassert instrumenter på begge sider av veien, slik at vi uansett vindretning fikk tatt prøver av luft med partikler fra veien og trafikken. Målestasjonen ble styrt av vindretning slik:

Sønnvind: Målestasjoner 2 og 4.

Nordavind: Målestasjoner 1 og 3.

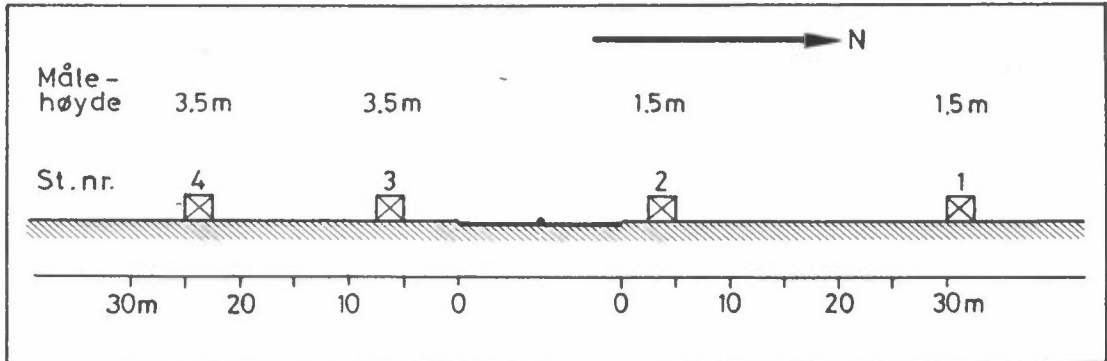
Stasjonene 1 og 4 var "bakgrunnstasjoner" for måling av partikkelkonsentrasjonen i luft som kom inn i området.

På hver målestasjon var montert en DICH0- og en HIVOL-SSI-prøvetaker.



Forsøksfelt, Store Ringvei, 1984

Figur 1: Skisse av målestedet ved Ullevål stadion. Oversikt over veidekketyper.



Figur 2: Plassering av måleinstrumenter.

Prøvetakingen ble også styrt av om veidekket var tørt eller vått.

Prøvetakerne ble kjørt bare mellom klokkeslettene 0600-2200, dvs i tiden med mest trafikk. Tabell 1 gir en oversikt over de innsamlete prøver, inndelt i kategoriene tørt/vått veidekke.

Tabell 1: Oversikt over støvprøvene og vei- og værforhold under prøveperioden.

Periode	Antall timer	Vei/værforhold	Vindforhold	Målestasjoner
<u>Tørr vei, virkedag</u> 18-20 mars	43	Tørt, sol	Nordøst, ca 10 kn relativt jevn hastighet	3 og 1
20 mars 21 mars 28-29 mars	45	Tørt, overskyet	Nord og nordvest skiftende vindstyrke, gjennomsnitt ca 10 k n	3 og 1
1 april	11.5	Tørt	Sør, sørvest og nord- vest, ca 2 kn	2
10 april	11.5	Tørt, sol	Sørvest, 7 kn	2 og 4
11 april	11.5	Tørt, sol	Sørvest, 7 kn	2 og 4
12 april	12.5	Tørt, overskyet	Vest-sørvest (langs veien), 5 kn	3 og 1
<u>Tørr vei, helg</u> 30-31 mars	22.5	Tørt	Vest-sørvest (langs veien), 7.5 kn (varierende vindstyrke)	3
<u>Våt vei, virkedag</u> 27 mars	12.5	Stort sett vått, litt opp- tørkende	Nordøst, 2-15 kn, gjennomsnitt 10 kn	3
7 juni	12	Stort sett vått, litt opp- tørkende	Nordøst og øst, mye vind langs veien, 5 kn, jevn vindhastighet	2 og 3
14 juni	9	Stort sett vått, litt opp- tørkende	Nordøst og øst, mye vind langs veien, 5 kn, jevn vindhastighet	3 og 1
<u>Våt vei, helg</u> 23-24 mars	23	Vått, snøslaps	Nordøst, ca 7 kn, relativt jevn vind- hastighet	3 og 1
1 mai	7.5	Vått, regn	Nordøst, 9-20 kn, gjennomsnitt 16 kn	3 og 1

4 RESULTATER OG DISKUSJON

4.1 VEISTØVDEPOT-PRØVER

Prøver av veistøvdepotet på en del veier i Oslo-området ble tatt 11.12.1984. Hensikten var å ta prøver for fysisk og kjemisk karakterisering samt biologisk testing av støvet, ikke å måle veistøvdepotets størrelse. Støvprøvene ble tatt med skje. Prøvene ble tatt ut mot rennestein/veikant.

Det var klarvær og stille, tørt og ca +5⁰C den dagen prøvene ble tatt. Det var mye dis i lufta over Oslo-området som ble antatt i stor grad å skyldes trafikkens oppvirvling av veistøv. Det var karakteristisk at biler som kjørte litt til siden for den mest brukte traséen virvlet opp mye støv.

Prøvene ble tatt på følgende steder:

1. Trondheimsveien litt sør for Linderud. Innfartsåre fra nord.
80-90 km/h.
ÅDT: ca 37000 (samlet begge retninger).
2. Store Ringvei v/Ullevål stadion. 60-70 km/h. ÅDT: ca 35.000.
 - a) Ved målestasjonen for luftbåret støv.
 - b) Ca 200 m øst for målestasjonen, der det var et annet, mer porøst veidekke.
3. Bygdøy allé vest for Olav Kyrres plass. Innfartsgate fra vest.
40-50 km/h.
ÅDT: ca 25000.
4. Hausmanns gate v/Ankertorget. Sentrumsgate. 30-40 km/h.
ÅDT: ca 16000.
5. Strømsveien v/Etterstad. Innfartsåre fra nord. Prøvene tatt på utfartssiden. 50 km/h.
ÅDT: ca 50000.

I Trondheimsveien, Bygdøy allé og Hausmanns gate var asfalten relativt ny, dvs den ble lagt i september 1984, to måneder før prøvetakingen av veistøvdepotet.

Tabell 2: Veistøvdepotprøver. Partikkelstørrelsesfordeling.

Målested	Andel, % vekt				Samlet vekt, g
	<36 µm		36-100 µm	>100 µm	
	<10 µm	10-36 µm			
Trondheimsveien I	v/ytre veikant	1.13	45.03	53.84	106.04
Trondheimsveien II	v/midtrabatt	1.45	47.09	51.54	89.05
Store Ringvei I	v/ytre rennestein	0.08	4.08	31.75	64.09
v/målested					
Store Ringvei II	på fortau	0.06	1.54	24.00	74.40
v/målested					
Store Ringvei III	på fortau	1.93	19.32	78.75	136.41
200 m øst for målested					
Bygdøy allé I	v/midtrabatt	1.54	18.82	79.64	88.34
Bygdøy allé II	v/ytre rennestein				12.93
Hausmanns gate I	v/vestre rennestein	0.17	2.37	20.15	77.31
nord for Ankertorget					
Hausmanns gate II	v/østre rennestein	1.78	49.27	48.96	133.88
sør for Ankertorget					
Strømsveien I	v/østre rennestein	1.89	18.04	80.06	93.00
v/Etterstad-krysset					
Strømsveien II	v/østre rennestein	2.17	20.55	77.28	58.06
v/ Etterstad-krysset					
Gjennomsnitt, 4 fraksjoner		0.10	2.66	25.30	71.93
Gjennomsnitt, 3 fraksjoner		2.0	29.4	68.6	

Størrelsesfordelingen av partiklene i veistøvprøvene ble bestemt ved Institutet för Vatten och Luftvårdsforskning (IVL) i Gøteborg, v/forsker Bengt Steen. Grovsiktingen ble foretatt med standard metodikk, og finsiktingen (sikting av fraksjoner mindre enn 36 µm) ble foretatt med Bacho vindsikt. Resultatene av siktingen er vist i tabell 2.

Ca 2% av partikkelvekten i veistøvdepotet var partikler mindre enn 36 µm i diameter. Dette er gjennomsnitt for alle 10 prøver. Det er denne fraksjonen som kan bli luftbåret og bidra til totalt svevestøv (TSP) og inhalerbart støv.

Finsikting ble gjort på 3 prøver, to fra Ringveien og en fra Hausmanns gate. I disse prøvene var ca 2.7% vekt % i fraksjonen <36 μm , og 0.1% var i fraksjonen <10 μm , dvs den inhalerbare fraksjonen.

I gjennomsnitt for alle 10 prøvene var ca 30% av partiklene i fraksjonen 36-100 μm , og knapt 70% var >100 μm . Disse to fraksjoner har relativt kort levetid i luft ved veier, og bidrar i første rekke til støvnedfall og nedsmussing i de nærmeste 10-20 meter fra veien.

4.2 KONSENTRASJONER AV LUFTBÅRET STØV

Konsentrasjonen av støv i luft (vekt pr m^3 luft) ble bestemt ved å veie filtrene før og etter prøvetaking, og bestemme volumet av luft som har gått gjennom filteret. I vedlegg A er gitt konsentrasjonen av fin- og grovfraksjonen av partikler i hver prøve. Summen av disse gir inhalerbart støv.

Tabell 3 gir et sammendrag av resultatene.

Tabellen viser at resultatene fra de to prøvetakerne avviker fra hverandre, men hovedtrekkene i resultatene er følgende:

- Konsentrasjonen av inhalerbart støv (IP) ved våt vei var 20-30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Når det gjelder separasjon i fin- og grovfraksjon er DICHOPrøvetakeren best. Finfraksjonen utgjør knapt 50% av IP.
- Ved tørt veidekke økte IP-konsentrasjonen med en faktor ca 10 til 370 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i gjennomsnitt. Finfraksjonen utgjorde ca 15% av dette.
- Finfraksjonen økte fra 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ved våt vei til 57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ved tørr vei (gjennomsnitt).
- Grovfraksjonen økte fra 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ved våt vei til ca 310 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ved tørr vei (gjennomsnitt).

og, når det gjelder sammenligning mellom prøvetakerne:

- HIVOL-prøvetakeren ga en vesentlig større finfraksjon enn DICHOPrøvetakeren. Dette innebærer at det på finfilteret på HIVOL avsettes en betydelig del partikler som er større enn 2.5 µm.

Økningen i støvkonsentrasjonen fra våt vei til tørr vei skyldes bidraget fra veistøvet. Veistøvet gir altså et helt dominerende bidrag til grovfraksjonen (2.5-10 µm) og også et stort bidrag til finfraksjonen (<2.5 µm). Ca 80% av partikkelvekten i finfraksjonen synes å komme fra veistøvet.

Tabell 3: Støvkonsentrasjonen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) i luft ved Store Ringvei, Oslo. Sammendrag av resultater.

	Finfraksjon		Grovfraksjon		Inhalerbart støv	
	HIVOL	DICHO	HIVOL	DICHO	HIVOL	DICHO
<u>Våt vei, virkedag</u>						
Gjennomsnitt, 3 prøver over 3 dager, 33 timer	26	11	10	13	36	24
<u>Våt vei, helg</u>						
Gjennomsnitt, 2 prøver over 3 dager, 30 timer	17	-	3	-	20	-
<u>Tørr vei, virkedag</u>						
Gjennomsnitt, 4 prøver over 4 dager, 40 timer	169	57	208	307	377	364

4.3 PARTIKKELTYPER (MIKROSKOPERING)

Ved undersøkelse av en del filtre i optisk mikroskop kunne en fastslå at DICHOPrøvetakeren fungerer godt når det gjelder å skille partikkelprøven i to fraksjoner, <2.5 µm og 2.5-10 µm. HIVOL-prøvetakeren derimot fungerte ikke godt. På våt prøve var det i hovedsak partikler mindre enn 1-2 µm på finfilteret, mens det på tørr prøve var betydelige mengder av partikler med større diameter. En fant partikler med diameter helt helt opp til 20-25 µm.

Følgende partikkeltyper ble identifisert:

Størrelses- fraksjon	På prøver ved:	
	Våt vei	Tørr vei
<u>>10 µm:</u>		
DICHO	Agglomerert sot, litt bitumen	Sot (agglomerert og flak), litt bitumen.
HIVOL	Agglomerert sot, litt bitumen	Bitumen, aske, uidentifiserte lyse partikler.
<u>2-10 µm:</u>		
DICHO	Sot, mineraler (lite), aske	Sot.
HIVOL	Sot	Mineraler, hygroskopiske salter, bitumen, aske, sot.

Resultatene tyder på at partikkelspektret domineres av sot og forbrenningsprodukter fra bileksos, men at partikler av bitumen, mineraler og hygroskopiske salter opptrer i støvprøvene ved tørr vei i partikkelfraksjonen 2-10 µm.

4.4. BLYINNHold I STØVET

Blyanalysene er utført på filtrene (Selectron) fra DICHO-prøvetakerne. Tabell 4 gir resultatene for blyanalysene.

Tabell 4: Blykonsentrasjon i luft ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) og blyandelen (%) av samlet støv i luft og i veistøvprøver.

Dato	Stasjonsnummer	Finfraksjon		Grovfraksjon		Inhalerbart støv		Vindstyrke, knop
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	% av støv	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	% av støv	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	% av støv	
<u>Våt vei, virkedag</u>								
27 mars	3	0.17	1.1	0.07	1.0	0.24	1.1	~10
7 juni	2	0.29	2.9	0.12	0.8	0.41	1.6	~ 5
	3	0.42	4.2	0.16	1.3	0.58	2.6	~ 5
14 juni	2	0.45	5.6	0.18	0.7	0.63	1.9	~11
	3	0.40	3.1	0.15	0.8	0.55	1.7	~11
Gjennomsnitt		0.35	3.4	0.14	0.9	0.49	1.8	
<u>Tørr vei, virkedag</u>								
1 april	2	0.58	0.8	0.35	0.09	0.93	0.19	~2
10 april	2	0.58	1.3	0.41	0.12	0.99	0.26	~7
11 april	2	0.53	1.6	0.31	0.08	0.84	0.19	~7
Gjennomsnitt		0.56	1.2	0.36	0.1	0.92	0.21	
<u>Prøver fra veistøvdepotet</u>								
Desember 1984 Prøve I							0.17	
Prøve II							0.08	

På grunnlag av dette, kan en beregne blyinnholdet i det oppvirvlete veistøv som bidrar til finstøv og grovstøv i luft, når veien er tørr. Dette er gitt i tabell 5.

Tabell 5: Blyinnhold i støv (%) fra ulike kilder ved veier. Målinger, Store Ringvei, Oslo, våren 1985.

Støvtype	Finfraksjon	Grovfraksjon	Inhalerbart støv
Bileksos	3.4	0.9	1.8
Oppvirvlet veistøv	0.1	0.04	
Støv fra veistøvdepot			0.13

Finstøvet fra bileksosen inneholdt ifølge dette ca 3% bly og grovstøvet ca 1% bly, mens blyinnholdet i oppvirvlet veistøv var mye lavere, ca 0.1% og 0.04% i henholdsvis finstøv og grovstøv. Dette siste er av samme størrelse som analysert blyinnhold i inhalerbar støvfraksjon i veistøvdepotet.

4.5 PAH I STØVET

PAH-analysene ble utført på glassfiberfiltrene fra HIVOL-prøvetakerne. Enkeltresultatene er gitt i Vedlegg 2. Analysen dekket 34 PAH-komponenter fra naftalen til koronen. Tabell 6 gir et sammendrag.

PAH-konsentrasjonen i finfraksjonen var ca 3 ganger høyere ved tørr vei enn ved våt. I grovfraksjonen var forholdet som 1:4. Prøvene fra 27 mars og 1 april var spesielle, idet de hadde svært lite PAH i finfraksjonen.

Økningen i PAH-konsentrasjon ved tørr vei skjer hovedsakelig på PAH lettere enn benz(e)pyren, og spesielt var konsentrasjonen av fluoranten og pyren høy ved tørr vei.

Tabell 7 viser at PAH-andelen i støvet var størst i finfraksjonen ved våt vei.

Tabell 6: Sammendrag av PAH-resultater. Sum PAH i partikler (ng/m^3).

	Finfraksjon ng/m^3	Grovfraksjon ng/m^3	Inhalerbart støv ng/m^3
<u>Våt vei</u>			
27 mars	≈0	} 0.75	
7 juni	17.1		
14 juni	16.8		
Gjennomsnitt	≈11	0.75	≈12
<u>Tørr vei</u>			
1 april	8.8	2.4	11.2
10 april	42.3	4.2	46.5
11 april	43.7	2.4	46.1
Gjennomsnitt	31.6	3.0	34.6
Veistøvdepot ng/mg			6.0

Tabell 7: Andel PAH (ppm vekt) i støvet.

	Finfraksjon	Grovfraksjon	Inhalerbart støv
Våt vei	420	75	330
Tørr vei	160	11	75
Veistøvdepot			6

Som omtalt tidligere skiller ikke HIVOL-prøvetakeren godt mellom fin- og grovfraksjon, slik at finfraksjonen inneholder et betydelig bidrag av grovfraksjonpartikler. Det er mulig å korrigere for dette ved å benytte seg av resultatene fra DICHOPRØVENE, når det gjelder støvkonsentrasjon (tabell 3). På grunnlag av DICHOPRØVENE er det også mulig å estimere PAH-innholdet i bileksosen (basert på resultatene ved våt vei) og derved også i oppvirvlet veistøv ved tørr vei. Slike beregnede PAH-innhold er gitt i tabell 8.

Tabell 8: Estimert andel PAH (ppm vekt) i bileksos, oppvirvlet veistøv og veistøvdepot. Store Ringvei, Ullevål stadion, Oslo, våren 1985.

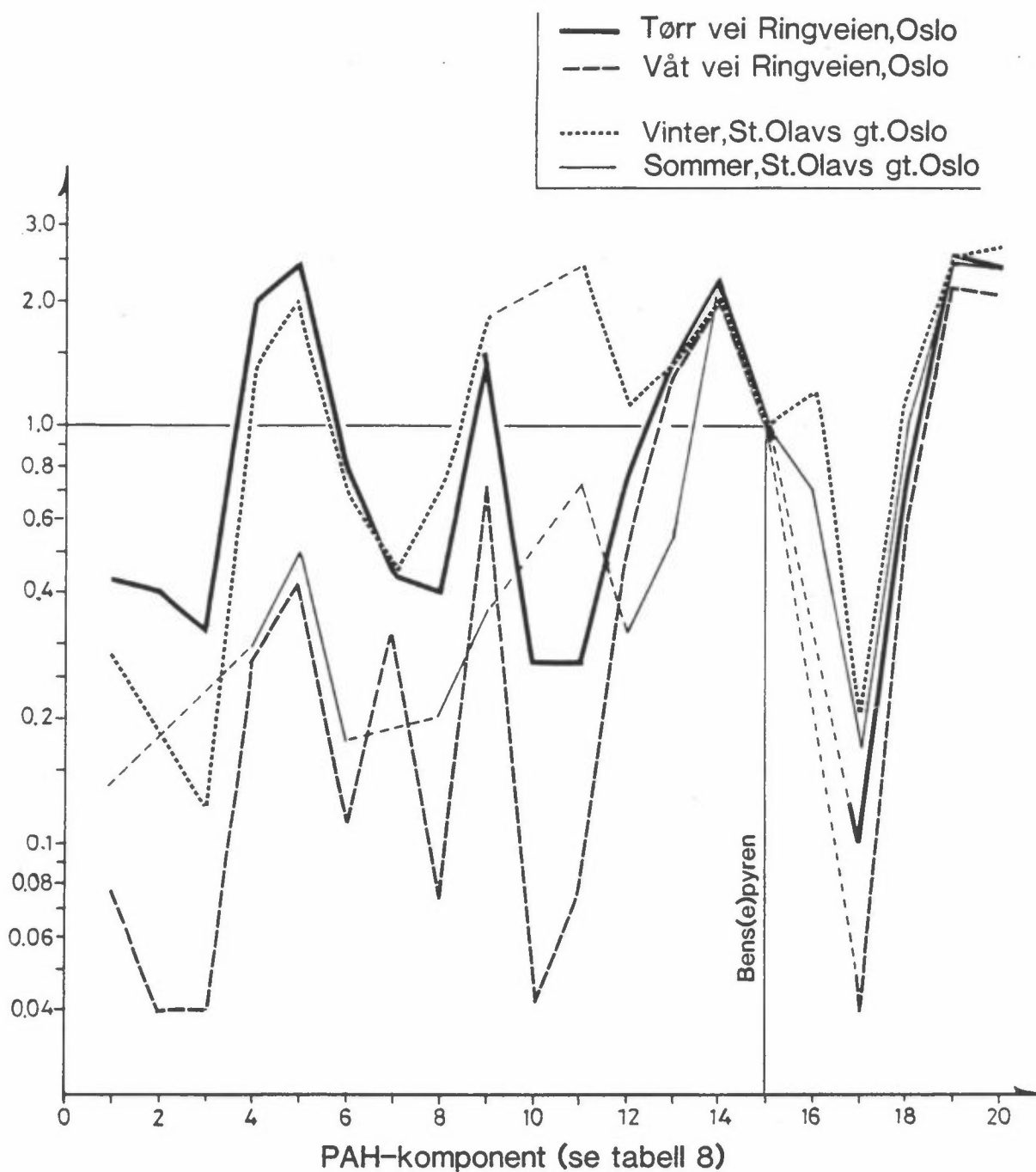
	Finfraksjon	Grovfraksjon
Bileksos (våt vei)	890	75
Oppvirvlet veistøv	350	8
Veistøvdepot		6

PAH-innholdet i oppvirvlet finstøv fra veien er nesten halvparten så stort som i bileksosen. Kildene til PAH i det oppvirvlete støvet må antas dels å være bileksospartikler avsatt på veibanen, dels asfaltpartikler.

Tabell 9 gir gjennomsnittlig konsentrasjon av hver enkelt PAH-komponent i de ulike prøver. PAH-profilene for finfraksjon for våt og tørr vei (relativ konsentrasjon av enkelt-PAH i forhold til benzo(e)pyren (BeP)) er tegnet i figur 3. Til sammenligning er vist tilsvarende profiler fra St. Olavs gate i Oslo, sommer og vinter.

Tabell 9: Gjennomsnittlig konsentrasjon av PAH-stoffer i finfraksjon og grovfraksjon (ng/m^3) og i inhalerbar fraksjon av veistøvdepotet (ng/mg) (blank: ikke detekterbar mengde).

Nr	PAH-komponent	Finfraksjon ng/m^3		Grovfraksjon ng/m^3		Veistøvdepotet ng/mg
		Våt	Tørr	Våt	Tørr	Inhalerbart
	Naphthalene					
	2-methylnaphthalene					
	1-methylnaphthalene					
	Biphenyl					
	Acenaphthylene					
	Acenaphthene					
	Dibenzofuran					
	Fluorene					
	Dibenzothiophene					
1	Phenanthrene	0.1	0.65	0.4	0.5	2.0
	Anthracene					0.5
2	2-methylphenanthrene	0.05	0.6		0.25	0.7
	2-methylanthracene					
3	1-methylphenanthrene	0.05	0.35		0.1	
4	Fluoranthene	0.35	2.9	0.1	0.6	0.8
5	Pyrene	0.55	3.7	0.1	0.7	0.6
6	Benzo(a)fluorene	0.15	1.05			
7	Retene	0.4	0.65		0.5	
8	Benzo(b)fluorene	0.1	0.6			
9	Benzo(g,h,i)fluoranthene	0.95	1.85			
10	Benzo(a)fluoranthene	0.05	0.35			
11	Cyklopenta(cd)pyrene	0.1	0.35			
12	Benz(a)anthracene	0.6	1.1			
13	Chrysene/Thriphenylene	1.7	2.1	0.05	0.15	
14	Benzo(b/j/k)fluoranthenes	2.6	3.3		0.2	
15	Benzo(e)pyrene	1.3	1.5			
16	Benzo(a)pyrene	≈1.5	≈2			
17	Perylene	0.05	0.15			
18	Inden-(1,2,3-c,d)pyrene	0.7	1.0			0.9
	Dibenzo(ac/ah)anthracenes					
19	Benzo(g,h,i)perylene	2.9	3.9		0.1	0.5
	Anthanthrene		0.15			
20	Coronene	2.7	3.6			
	1,2,4,5-dibenzopyrene					
	Sum	16.9	31.6	0.75	3.1	6.0



Figur 3: PAH-profiler relativt til benzo(e)pyren, for finpartikkel-fraksjon, Store Ringvei, Oslo, våt og tørr vei, samt for sommer- og vinterprøver fra St. Olavs gate, Oslo.

En ser det er stor forskjell på profilene for våt og tørr vei, når det gjelder komponenter lettere enn bens(a)antracen. Det er mye større mengder av disse PAH-komponentene relativt til BeP ved tørr vei enn ved våt vei.

Profilen for våt vei minner en del om sommerprofilen for St. Olavs gate, mens profilen for tørr vei minner mest om vinterprofilen fra St. Olavs gate. Et unntak er cyklopenta(cd)pyren (komponent nr. 11) som det relativt til BeP var mye mere av i St. Olavs gate enn ved Ringveien. Forskjellen mellom trafikken på disse to steder er blant annet at tungtrafikken i St. Olavs gate er svært liten, mot ca 10% på Ringveien, og at hastigheten i St. Olavs gate er ca 30 km/h, mot 60-70 km/h på Ringveien.

Forskjellen mellom profiler for partikulært PAH ved veier sommer og vinter skyldes blant annet den høyere temperaturen om sommeren, som fører til at en større del av PAH-komponenter mellom fluoren og krysen foreligger i gassfasen, og derved ikke avsettes på filtrene.

En kan ikke av dette si hvor store relative bidrag PAH for bitumen og PAH i eksospartikler avsatt på veien gir til PAH-innholdet i oppvirvlet veistøv. Begge kilder bidrar utvilsomt. Bidraget fra bitumen indikeres av den økte konsentrasjonen av fraksjonen rundt pyren når det er tørt.

4.6 MUTAGENITET

Mutagenitetstesting er utført av SI på HIVOL-filtrene. SIs rapport om resultatene er vedlagt (Inger Hagen 1986, Vedlegg B).

Aceton ble brukt som ekstraksjonsmiddel for å løse eventuelle mutagene stoffer fra partiklene, og resultatene av testingen av aceton-ekstraktene er vist nedenfor. Aceton er imidlertid ikke et godt løsningsmiddel for bitumen. Senere ble derfor aceton, cykloheksan og diklormetan sammenlignet som løsemidler. Resultatene av dette er gitt i kapittel 4.8.

Et utdrag av resultatene fra aceton-ekstraktene er gitt i tabell 10. Analysene er utført både uten og med metabolsk aktivering (uten/med tilsats av homogenat fra rottelever, kalt S9). Resultatene viser at målt mutagenitet (antall revertanter) var noe høyere med aktivering enn uten. Dette er karakteristisk f.eks. for bileksos fra bensindrevne biler, mens dieseleksos inneholder mest direkte-virkende mutagener. I tabell 10 er bare gjengitt resultatene med aktivering.

Det var svært liten forskjell i mutagenitet i partikler fra våt og tørr vei, regnet pr m^3 luft. Dette understøtter at mutageniteten i oppvirvlet finstøv fra veistøvdepotet er liten, slik mutagenitetsanalysen av veistøvet antyder. Til sammenligning økte PAH-innholdet med en faktor 2 fra våt til tørr vei, og økningen skjedde på komponenter lettere enn benzo(a)antracen. Dette ga seg altså ikke utslag i økt mutagenitet.

Mutageniteten var svært lav i våt veiprøve fra 27. mars. Også PAH-konstrasjonen var svært lav i denne prøven.

Mutageniteten i grovfraksjonen var svært liten, både ved våt og tørr vei.

Den spesifikke mutagenitet (revertanter pr mg støv) var vesentlig høyere ved våt vei enn ved tørr vei, dvs vesentlig høyere i bileksos enn i partikler virvlet opp fra veistøvdepotet.

Veistøvdepotet synes derved ikke å gi en merkbar økning i mutageniteten av luftbåret støv ved veier, utover det som partikler i bileksosen gir direkte.

Tabell 10: Mutagen aktivitet (antall revertanter) av partikkel-ekstrakter av prøver innsamlet ved Store Ringvei, Oslo, våren 1986. Prøvene er metabolsk aktivert ved tilsetning av leverenzymmer.

	Revertanter/m ³ luft		Revertanter/mg støv	
	Finfraksjon	Grovfraksjon	Finfraksjon	Grovfraksjon
<u>Våt vei</u>				
27 mars	≤ 3	} ≤ 0.45	≤ 249	} ≤ 43
7 juni	18		660	
14 juni	17		389	
23-24 mars (helg)	18		1039	
<u>Tørr vei</u>				
1 april	20	} ≤ 0.9	129	} ≤ 4
10 april	19		95	
11 april	20		87	
<u>Veistøvdepot</u>				
Inhalerbar fraksjon			≤ 6	

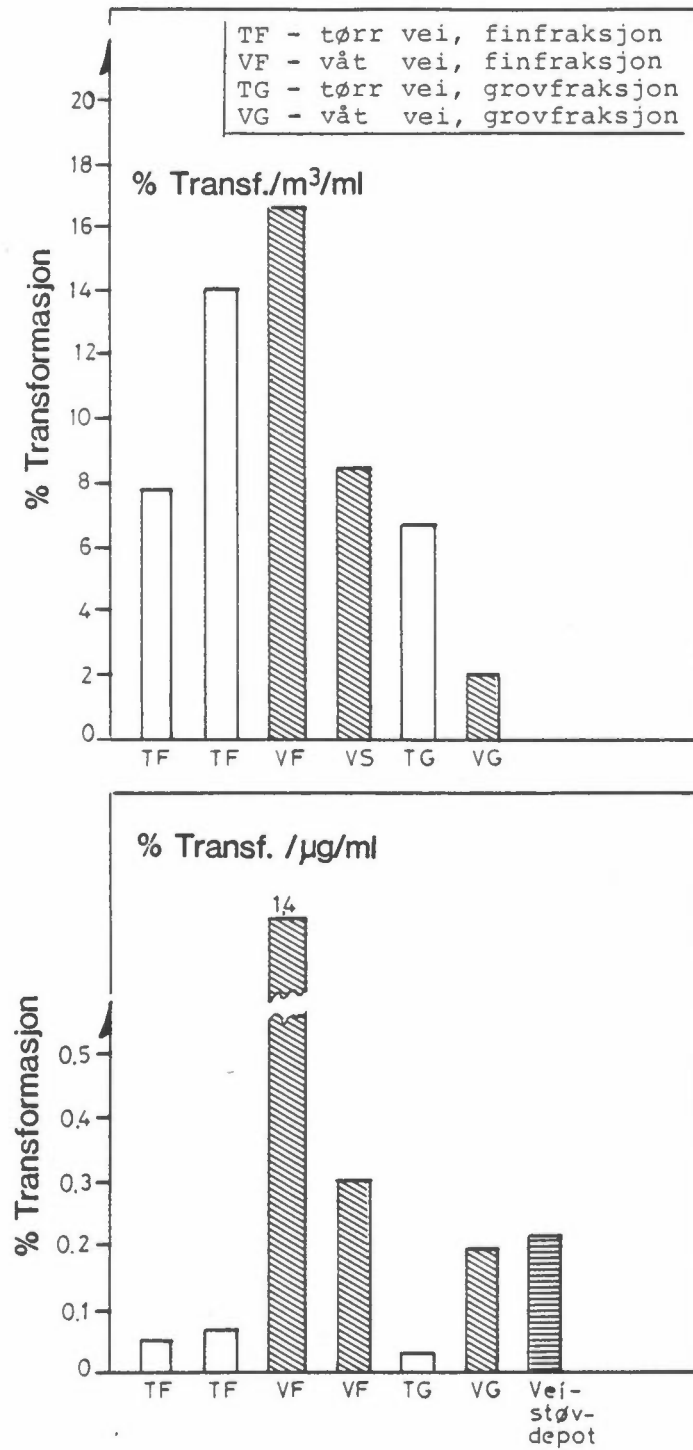
4.7 CELLE-TRANSFORMASJON

Celle-transformasjonstestene er utført ved Laboratorium for miljø- og yrkesbetinget kreft (LAMYK) ved Radiumhospitalet. Testene er utført på aceton-ekstraktene fra glassfiberfiltre fra HIVOL-prøvetakeren, de samme som gikk til mutagenitetstesting. LAMYKs rapport er vedlagt (Edgar Rivedal og Tore Sanner 1986, Vedlegg C). Resultatene er gjengitt i tabell 11 og figur 4. Resultater av sammenligning av ulike ekstraksjonsmidler er gitt i kapittel 4.8.

Tabell 11: Resultater av celle-transformasjonstest (SHE-test, % transformasjon) på ekstrakter av støv fra Store Ringvei, Oslo, våren 1985.

	Transformasjoner/m ³ luft		Transformasjoner/mg støv	
	Finfraksjon	Grovfraksjon	Finfraksjon	Grovfraksjon
<u>Våt vei</u>				
27 mars	17	}	1.4	}
7 juni	8		0.3	
14 juni	-		-	
<u>Tørr vei</u>				
1 april	8	}	0.05	}
10 april	14		0.07	
12 april	-		-	
Veistøvdepot Inhalerbar fraksjon			0.2	

Som for mutageniteten var det for finfraksjonen liten forskjell i transformasjonshyppighet ved våt og tørr vei. Grovfraksjonen ga imidlertid mer transformasjon ved tørr vei enn ved våt vei. Dette kan tyde på at grovstøvet kan ha en viss betydning for samlet transformasjonshyppighet i luftbåret støv ved veier.



Figur 4: Resultater fra celle-transformasjonstesting.

Prøven fra 27. mars ga høy transformasjonshyppighet i forhold til de øvrige. I motsetning til dette var det lite støv, bly, PAH og mutagenitet i denne prøven.

Den spesifikke transformasjonen (% trans/mg støv) var langt høyere ved våt vei enn ved tørr vei. Dette svarer til langt høyere spesifikk transformasjonshyppighet i partikler fra bileksos enn i partikler fra veistøvdepotet.

Partikler oppvirvlet fra veistøvdepotet synes derved ikke å gi en merkbar økning i transformasjonshyppigheten i ekstrakter fra støv ved veien, utover den hyppighet som partikler i bileksos gir direkte.

4.8 SAMMENLIKNING AV ULIKE LØSNINGSMIDLER

Aceton er det løsningsmiddel som vanligvis brukes ved biologisk testing av partikkelprøver. Bitumen er imidlertid ikke særlig løselig i aceton (Rahimian og Zenke, 1986). Ved å bruke aceton er det derfor et spørsmål om man får løst ut de stoffer fra bitumen i partikkelprøven som kan tenkes å bidra til mutagenitet og andre virkninger på de testceller som brukes for å teste partikkelekstraktet.

I en tilleggsundersøkelse ble en partikkelprøve delt i tre, og hver del ekstrahert med et av de tre følgende løsningsmidler:

- aceton
- cykloheksan
- diklormetan

Cykloheksan og diklormetan løser bitumen vesentlig bedre enn aceton.

I Vedlegg F er gitt rapportene for mutagenitetstestingen av disse ekstraktene ved SI (Inger Hagen, 1987) og celle-transformasjonstestingen ved LAMYK (Tore Sanner, 1987).

Fra mutagenitetstestingen konkluderes med følgende:

- Den mutagene aktiviteten var høyest i aceton-ekstraktene. Cykloheksan-ekstraktet var toksisk overfor bakteriene.

Fra celletransformasjonstestingen konkluderes slik:

- Ekstraksjon med cykloheksan og diklormetan gir ikke høyere utslag enn ekstraksjon med aceton. Diklormetan er noe mer toksisk overfor cellene enn aceton og cykloheksan.

Resultatet var derved at ifall de andre løsningsmidlene tok ut mer biologisk aktive stoffer fra partiklene, så ga det enten ikke høyere utslag i testen enn acetonekstraktene, eller så var ekstraktet toksisk overfor bakteriene eller cellene.

Det synes derfor som om resultatene fra analysene av den biologiske aktivitet i acetonekstrakt fra partikkelprøver med bileksos og veistøv, som beskrevet i kapittel 4.6 og 4.7, gir et rimelig korrekt bilde av forholdene. Etter dette synes ikke veistøvet å bidra nevneverdig til biologisk aktive partikler i svevestøv ved vei utover det som bileksosen allerede gir. Noen av ekstraktene var imidlertid toksiske overfor bakteriene eller cellene.

4.9 KVARTS

Innholdet av α -kvarts i luftbåret veistøv er avhengig av kvartsinnholdet i mineralene som brukes som tilslagsmateriale i asfaltbetongen. I det følgende beskrives opplysninger som er samlet om kvartsinnhold i mineraler.

De mest benyttede steinmaterialer i veidekke i Norge består hovedsakelig av følgende bergarter med følgende omtrentlige innhold av α -kvarts:

Kvartsitt	~100%
Granitt	~30% \pm 15%
Gneis	Som granitt, men har gjerne enda større variasjon
Dioritt	0-15% (kvarts-dioritt)
Basalt	0-10%
Syenitt	0-5%
Hornfels	0
Gabbro	0

I hovedsak er det altså først og fremst ved veier med kvartsitt, granitt og gneis en vil vente å finne særlig mye kvarts i veistøvet,

I Vedlegg D er vist en oversikt over tilslagsmaterialer og kvartsinnhold som benyttes i asfaltverkene i Norge. Oversikten er utarbeidet av Torbjørn Jørgensen ved Veglaboratoriet. Den gir eksempler på kvartsinnhold i tilslagsmateriale i blandinger som ble benyttet på ulike veistreknings i 1985. Kvartsinnholdet i asfaltblandinger varierer fra år til år. På strekningene i oversikten fra 1985 varierte kvartsinnholdet innen 0-30%.

I Oslo brukes kun basalt fra Huken materialtak. Kvartsinnholdet i tilslagsmaterialet på veier i Oslo, f.eks. ved målestedet på Ringveien, er derfor lavt.

Fra Yrkeshygienisk institutt v/Erik Bye har vi innhentet opplysninger om resultater fra måling av kvartsinnhold i støv i pukkverk. I Østlandsområdet ble det i 1984-1985 utført målinger av kvartsinnholdet i luftbåret støv ved 6 pukkverk. Kvartsinnholdet i støvet varierte innen 11-26%. Gjennomsnittelig kvartsinnhold i støvet i de seks pukkverkene var 11%, 14%, 19%, 23%, 25% og 26%.

Disse opplysninger tyder på at kvartsinnholdet i veidekker varierer mye avhengig av fylke og asfaltverk. I flere tilfeller kan det ligge på 25-30%.

Dette gjelder α -kvartsinnholdet i selve asfaltblandingen. Ved asfalt-

utlegging avstrøs imidlertid ofte asfalten med finpukk av kvartsitt for å få lysere veidekke og bedre sikt. Dette pukklaget slites oftest av i løpet av 1-2 vintre på sterkt trafikkerte veier.

I tillegg til dette vil strøing med kvarts-sand også kunne gi et bidrag til kvartsinnholdet i luftbåret støv ved veier.

α -kvartsinnholdet i veistøvprøver innsamlet fra veier i Oslo i desember 1984 (se kapittel 4.1) ble bestemt ved SINTEF, avd. for bergteknikk. Tabell 12 viser resultatene.

Tabell 12: α -kvartsinnhold i veistøvprøver, Oslo, tatt i desember 1984.

Sted	Prøve nr.	Innhold α -kvarts, %		
		< 36 μm	36-100 μm	> 100 μm
Ringveien v/Ullevål Stadion	I	-	12	12
" " "	II	-	11	11
" " "	III	6	6.5	10
Trondheimsveien v/Linderud	I	15	8	9
" " "	II	10	13.5	8
Hausmannsgt. v/Akertorget	II	5	-	-
Bygdøy Allé v/Skarpsno	I	14	-	-
Strømsveien v/Etterstad	I	6	-	-

α -kvartsinnholdet varierte innenfor ca 5-15%. I gjennomsnitt var det ca 10% i hver av de tre størrelsesfraksjonene (< 36 μm , 36-100 μm , >100 μm). Dette kvartsinnholdet skulle i Oslo ikke stamme fra tilslagsmaterialet i veidekket. Strøsand og andre kilder er mer sannsynlig årsak.

Resultatene fra målingene av luftbåret støv ved Store Ringvei viser at ved tørr vei gir veistøvet et dominerende bidrag til inhalerbart støv ved veier. Konsentrasjoner av inhalerbart støv ble målt opp til 400-500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ på målestedet, der det kjørte ca 35.000 biler/døgn med hastighet 60-70 km/h. Det er sannsynlig at støvbelastningen ved de

flESTE norske veier vil være mindre enn dette, men at en ved sterkere trafikkbelastede veier med større hastighet også vil kunne få større konsentrasjoner enn $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ved tørr vei.

Alt støv i veistøvdepotet skyldes ikke slitasje av veidekket. En del skyldes inntransportert støv med kjøretøyer og spill fra lastebiler og støv fra omgivelsene, og en del skyldes slitasje av pigger og dekk.

Om en antar at 50% av oppvirvlet veistøv stammer fra veidekkeslitasjen, vil en ved en vei med 30% kvarts i tilslagsmaterialet og trafikk tilsvarende Store Ringvei følgelig kunne få inhalerbare kvartskonsentrasjoner under tørre forhold om vinteren/våren på opp mot $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I tillegg kommer et eventuelt bidrag fra kvarts i avstrøings-pukken.

Yrkeshygienisk grenseverdi for α -kvarts er $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og gjelder partikler mindre enn $5 \mu\text{m}$. Kvartskonsentrasjonen kan ved noen veier i Norge komme opp mot halvparten av yrkeshygienisk grenseverdi under tørre perioder vinter og vår. I tillegg kommer bidrag fra avstrøings-pukk. Ved de fleste veier vil gjennomsnittsbelastningen sannsynligvis være betydelig mindre. Det bør vurderes å foreta en orienterende kartlegging av kvartsinholdet i luftbåret støv ved veier i Norge.

5 SAMMENSTILLING AV RESULTATER

Resultatene av analyser av støv, bly, PAH, Mutagenitet og celle-transformasjon er sammenstilt i tabell 13. Det er skilt om våt og tørr vei, og finfraksjon og grovfraksjon. Veistøvdepotanalysene er også inkludert.

Variasjonene er forsøkt anskueliggjort i figur 5. Der er plottet gjennomsnittsverdier for finfraksjon og grovfraksjon ved tørr og våt vei. Når det gjelder finfraksjon, våt vei, er prøven fra 27. mars

utelatt i figur 5. Den prøven skilte seg ut fra de to andre. Støvkonsentrasjonen i den prøven var lav, og det er vel årsaken til at det ikke ble funnet detekterbare PAH-mengder og mutagenitet. Prøven ga imidlertid svært høy celle-transformasjonsfrekvens.

Sammenstillingen viser at konsentrasjonen av alle komponenter i finfraksjonen økte fra våt til tørr vei, og derved at oppvirvlet veistøv ga noe økning i bly, PAH, mutagenitet og celle-transformasjonsfrekvens. Konsentrasjonen av bly og PAH, mutageniteten og transformasjonsfrekvensen var mindre i grovfraksjonen, men også her økte bly, PAH og transformasjonsfrekvensen noe fra våt til tørr vei.

Andelen av bly og PAH i støvet, samt spesifikk mutagenitet og transformasjonsfrekvens (regnet pr μg støv) var desidert høyest i finfraksjonen ved våt vei. I grovfraksjonen var andelen bly og PAH og spesifikk aktivitet svært liten. Dette viser at partiklene i eksosutslippet, som dominerer finfraksjonen ved våt vei, representerer det aktive partikkelbidraget når det gjelder de analyser som er gjort. Veistøvet gir store vektmessige bidrag til luftbåret støv ved tørr vei, men dette støvet har lite bly og PAH og er lite aktivt når det gjelder mutagenitet og celle-transformasjoner.

Når det gjelder kvarts, er det formodentlig veistøvet som vil representere den største belastningen.

Sammenhengen mellom alle parvise kombinasjoner av parametrene i tabell 13 er vist på figurer. Parvise sammenhenger mellom støvkonsentrasjon, bly og PAH, mutagenitet og celle-transformasjon er vist i Vedlegg E. I figurene 6-11 er vist de parvise sammenhengene mellom bly, PAH, mutagenitet og celle-transformasjon både pr m^3 luft og pr μg partikler.

Tabell 13: Sammenstilling av analyseresultater.

	Pr m ³ luft						Pr µg støv			
	Støv µg		Pb µg	PAH ng	Rev.*	Trans %	Pb µg	PAH ng	Rev*	Trans %
	HIVOL	DICHO	HIVOL	DICHO	HIVOL	DICHO	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻³	
FINFRAKSJON (< 2.5 µm)										
<u>Våt vei</u>										
23-24 mars (helg)	17	-	0.28	-	18	-	-	-	1039	-
27 mars	12	15	0.17	i.d.	< 3	17	1.1	i.d.	< 249	1.4
7 juni	28	10	0.42	15.6	18	8	4.2	0.56	660	0.3
14 juni	44	8	0.40	15.3	17	-	5.0	0.35	389	-
<u>Tørr vei</u>										
1 april	154	71	0.58	8.2	20	8	0.8	0.053	129	0.05
10 april	205	44	0.58	39.8	19	14	1.3	0.19	95	0.07
11 april	231	34	0.53	41.2	20	-	1.6	0.18	87	-
GROVFRAKSJON										
<u>Våt vei</u>										
27 mars	7	7	0.07	0.7	<0.5	2	1.0	0.07	<43	0.2
7 juni	11	14	0.14							
14 juni	12	23	0.18							
<u>Tørr vei</u>										
1 april	ca 350	412	0.35	2.4	<0.9	7	0.085	0.0083	<4	0.03
10 april	194	330	0.41	4.2						
11 april	234	407	0.31	2.7						
VEISTØVDEPOT										
Inhalerbar fraksjon	-	-	-	-	-	-	0.13	i.d.	< 6	0.2

* Metabolsk aktiverte prøver.

i.d. Ikke detekterbare mengder.

Figur 6 viser bly mot PAH. Pr m³ luft er det stor forskjell på finfraksjon og grovfraksjon. Pr µg støv får man imidlertid en relativt god lineær sammenheng mellom bly og PAH. Dette viser at den samme kilden, bileksosen, dominerer både bly og PAH i begge støvfraksjoner.

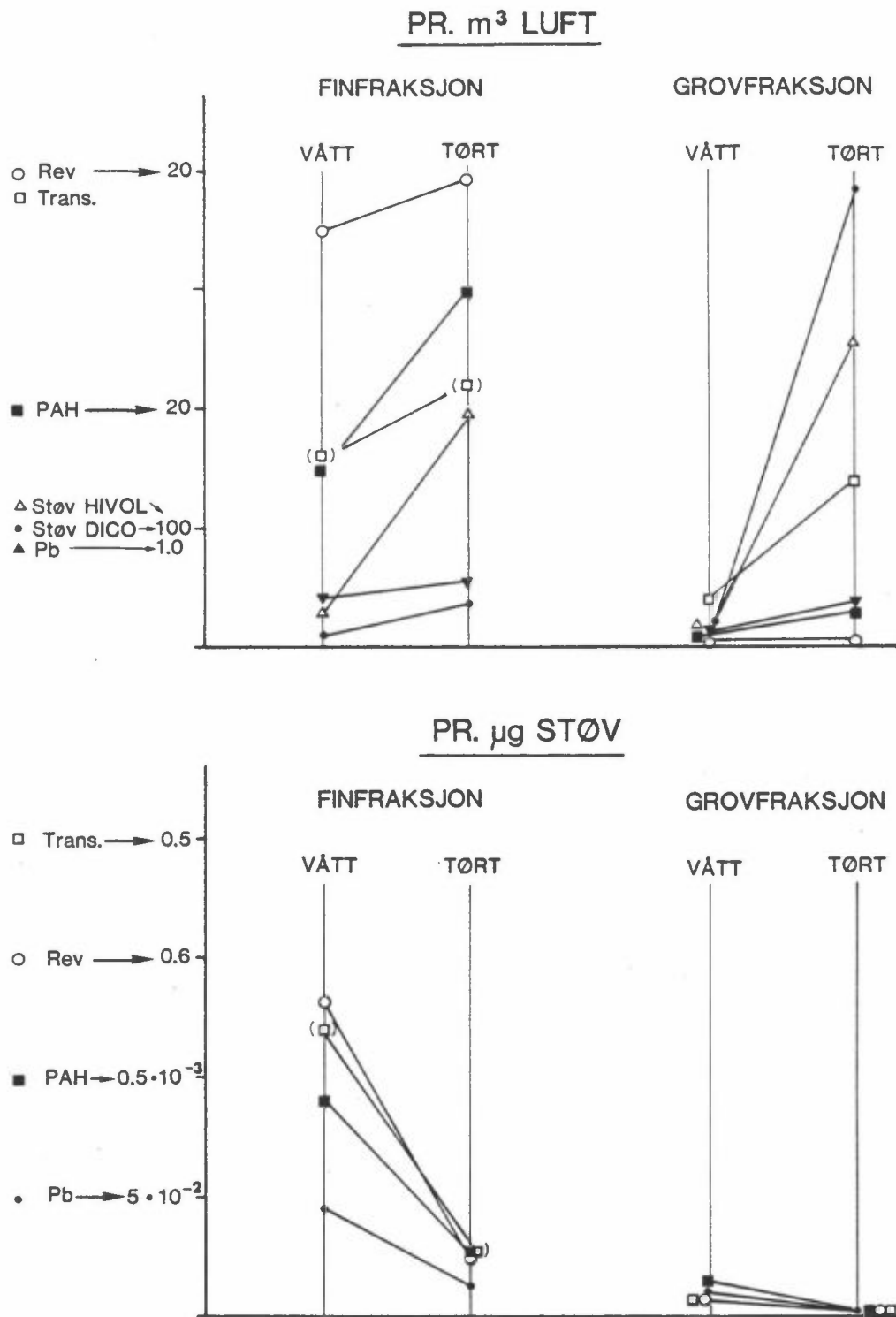
Figur 7 viser bly mot mutagenitet. Pr m^3 luft er det også her stor forskjell på fin- og grovfraksjon, mens det er rimelig god lineær sammenheng pr μg støv. Dette underbygger at bileksosen dominerer mutageniteten i partiklene.

Figur 8 viser mutagenitet mot PAH. Det er en rimelig god lineær sammenheng mellom PAH og mutagenitet, regnet pr μg støv.

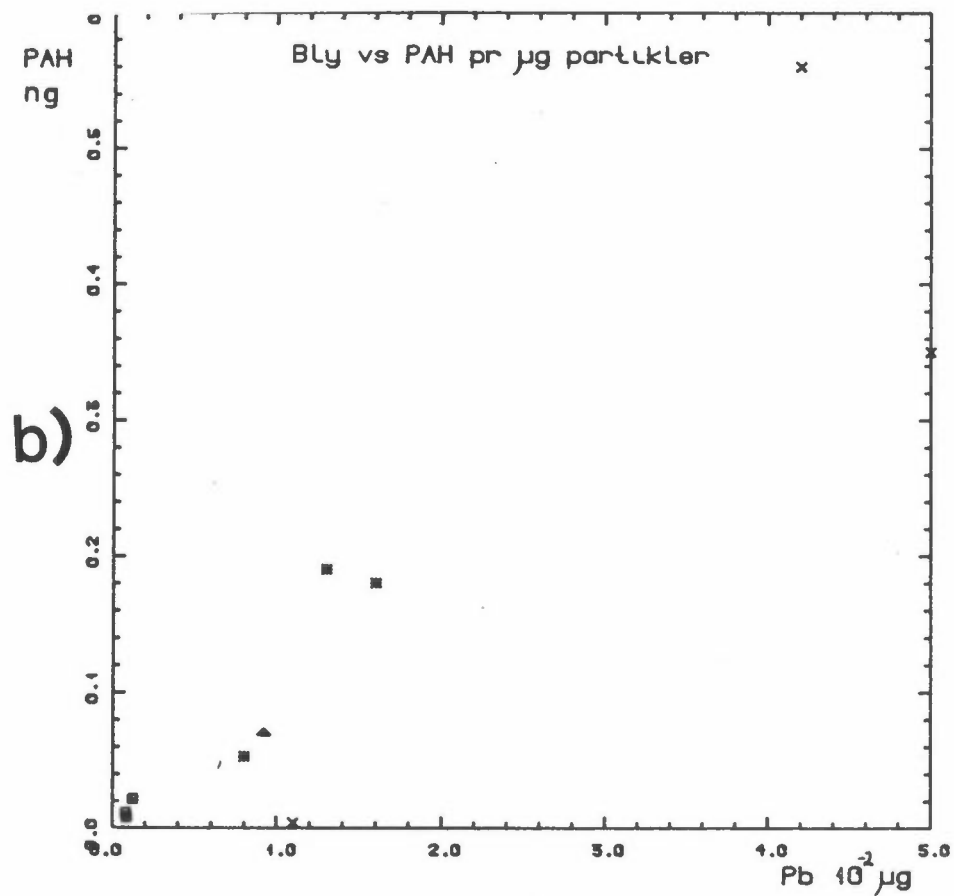
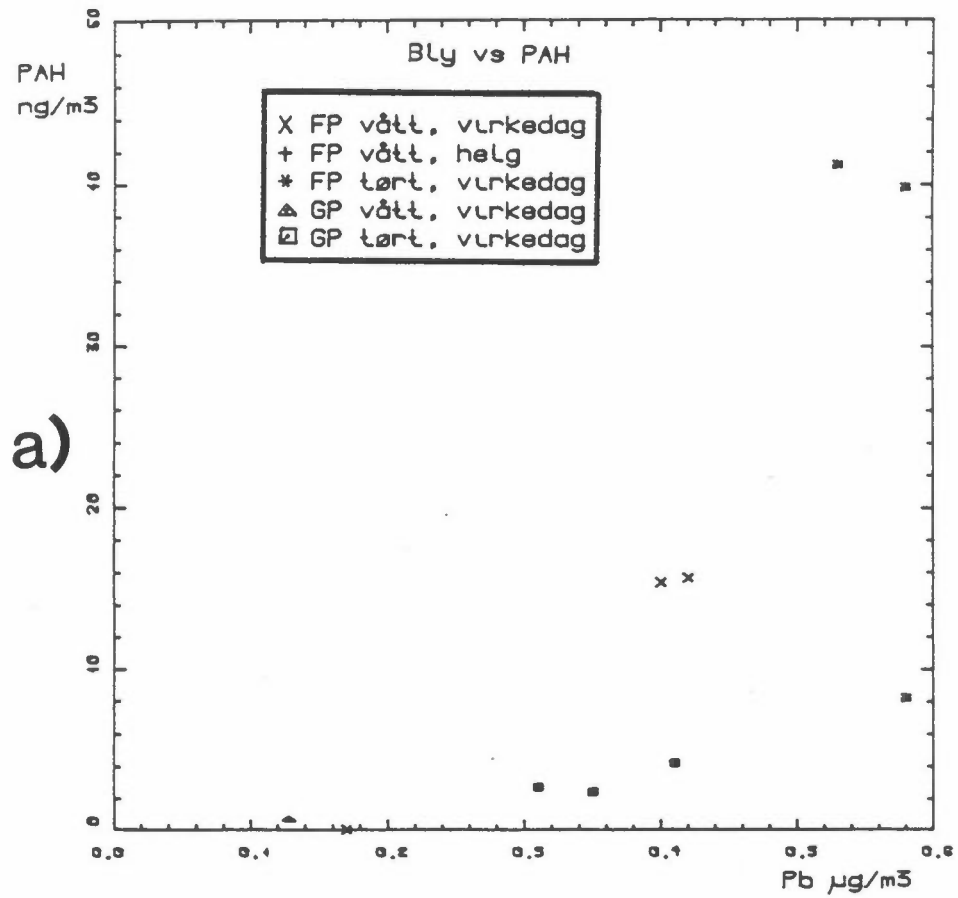
Figur 9 viser celle-transformasjon mot bly. Her skiller prøven fra 27. mars seg ut, med høy transformasjonsfrekvens ved relativt lite bly. Bortsett fra denne prøven antas det en sammenheng med økende spesifikk transformasjonsfrekvens (pr μg støv) ved økende blyinnhold i støvet.

Figur 10 viser PAH mot celle-transformasjon. Datamaterialet er lite, men det antydes en sammenheng med økende spesifikk transformasjonsfrekvens ved økende PAH-innhold.

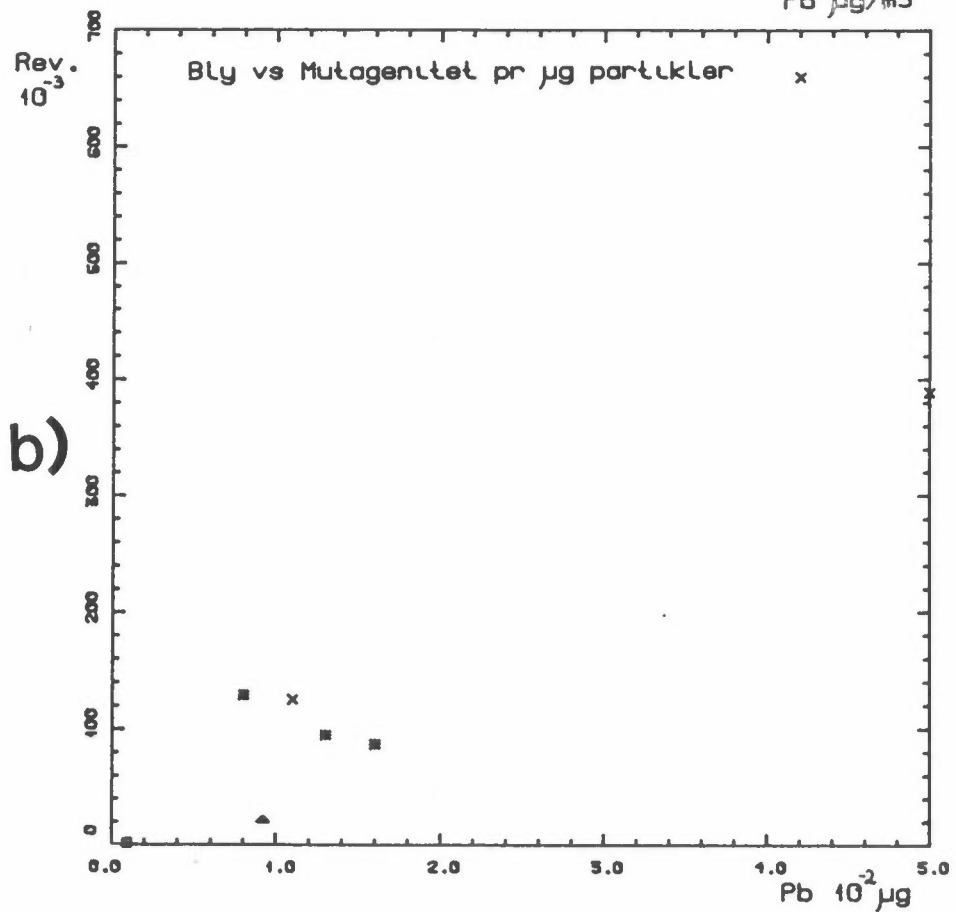
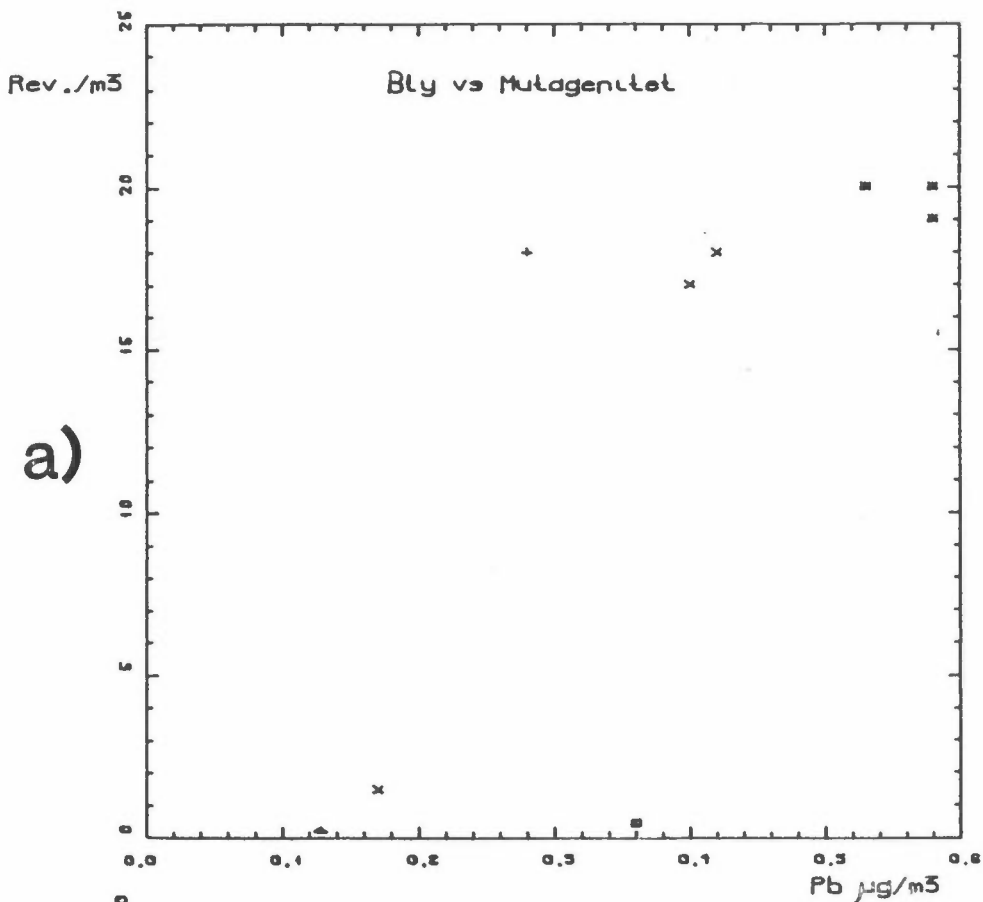
Figur 11 viser mutagenitet mot celle-transformasjon. Sammenhengen her er ikke så god. Prøven fra 27. mars skiller seg spesielt ut med høy celle-transformasjonsfrekvens og relativt lav mutagenitet.



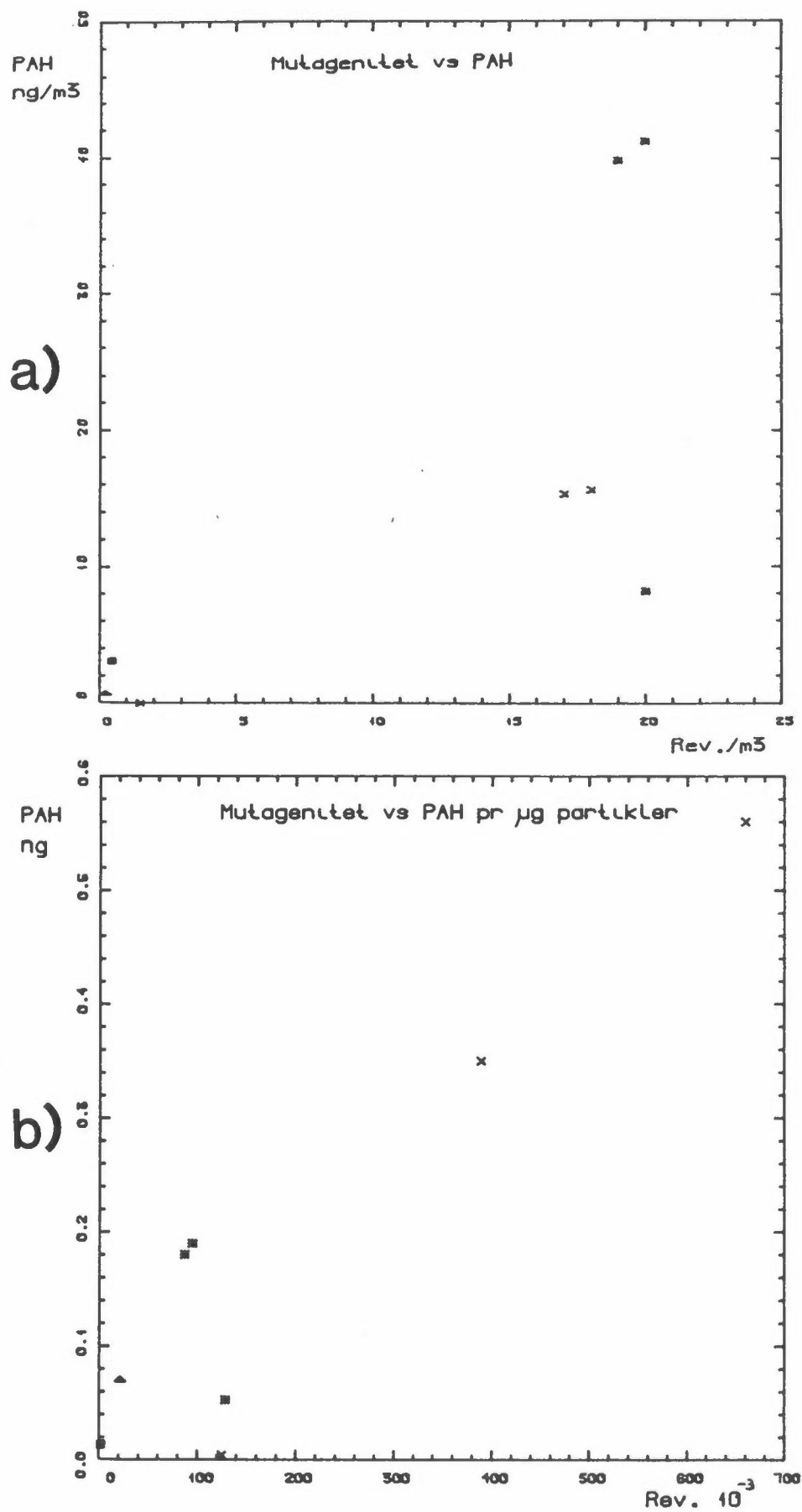
Figur 5: Gjennomsnittsverdier av støv, bly, PAH, mutagenitet og celletransformasjon for fin- og grovfraksjon, våt og tørr vei.



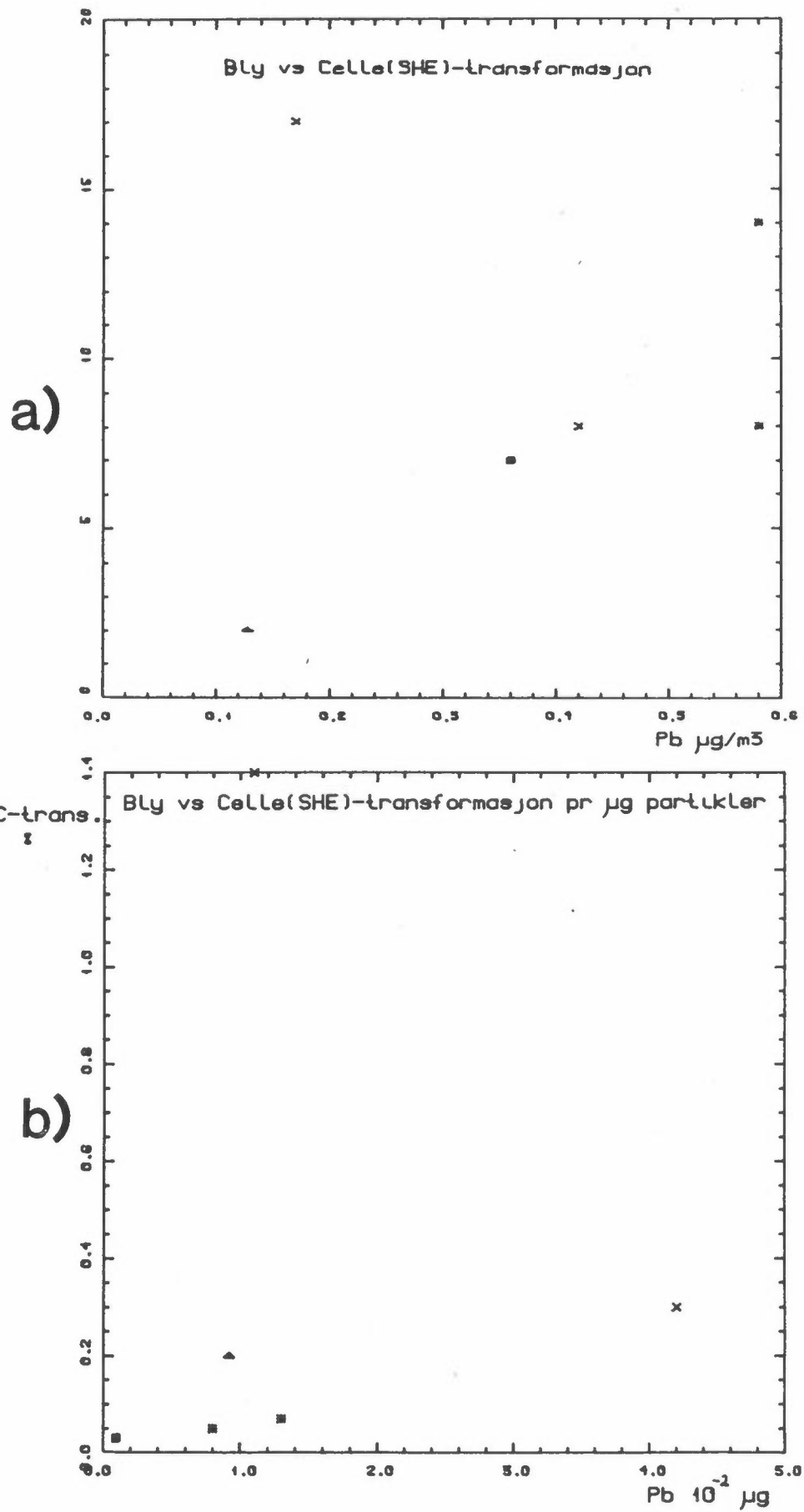
Figur 6: Sammenheng mellom bly og PAH.



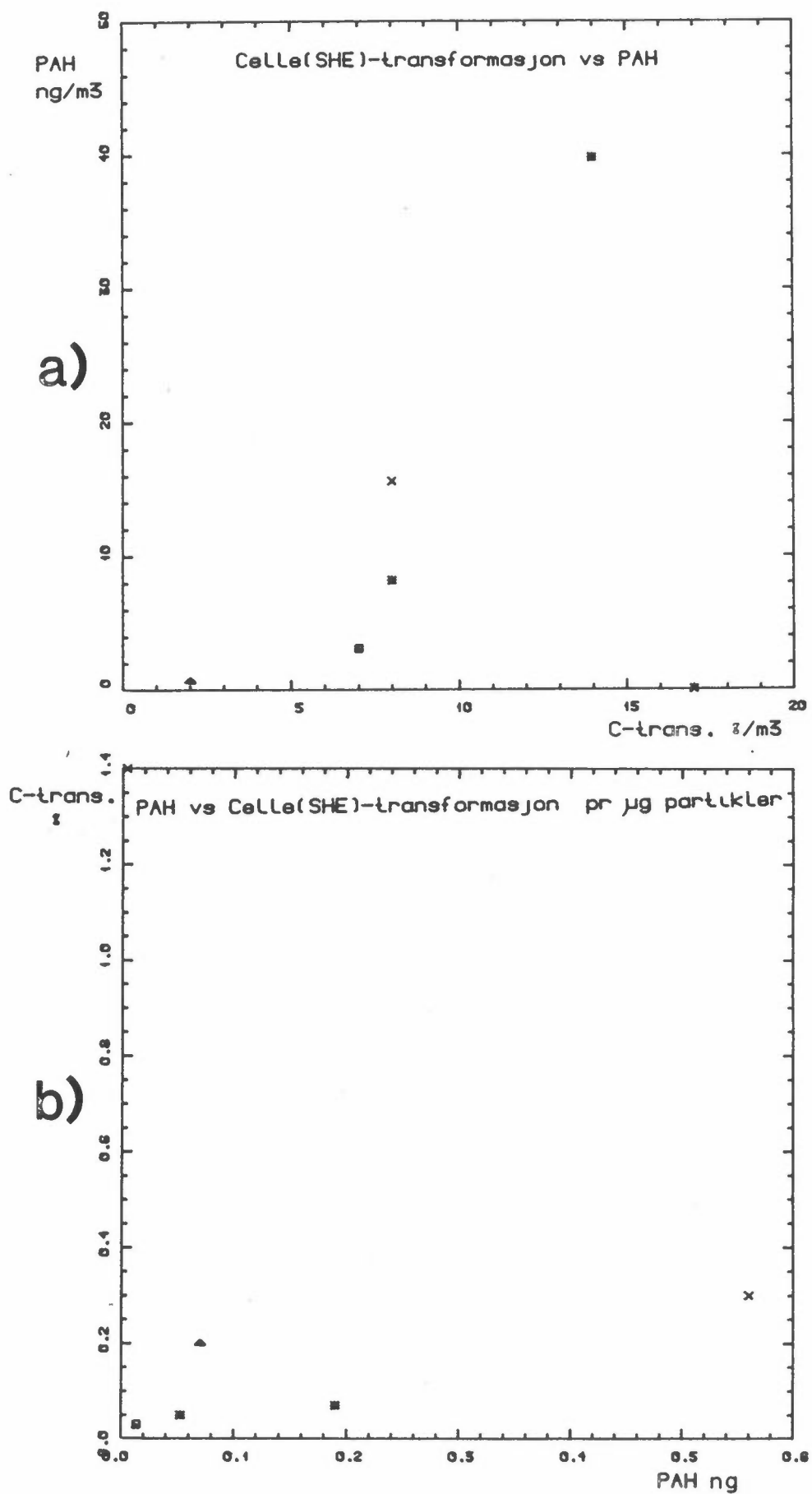
Figur 7: Sammenheng mellom bly og mutagenitet.



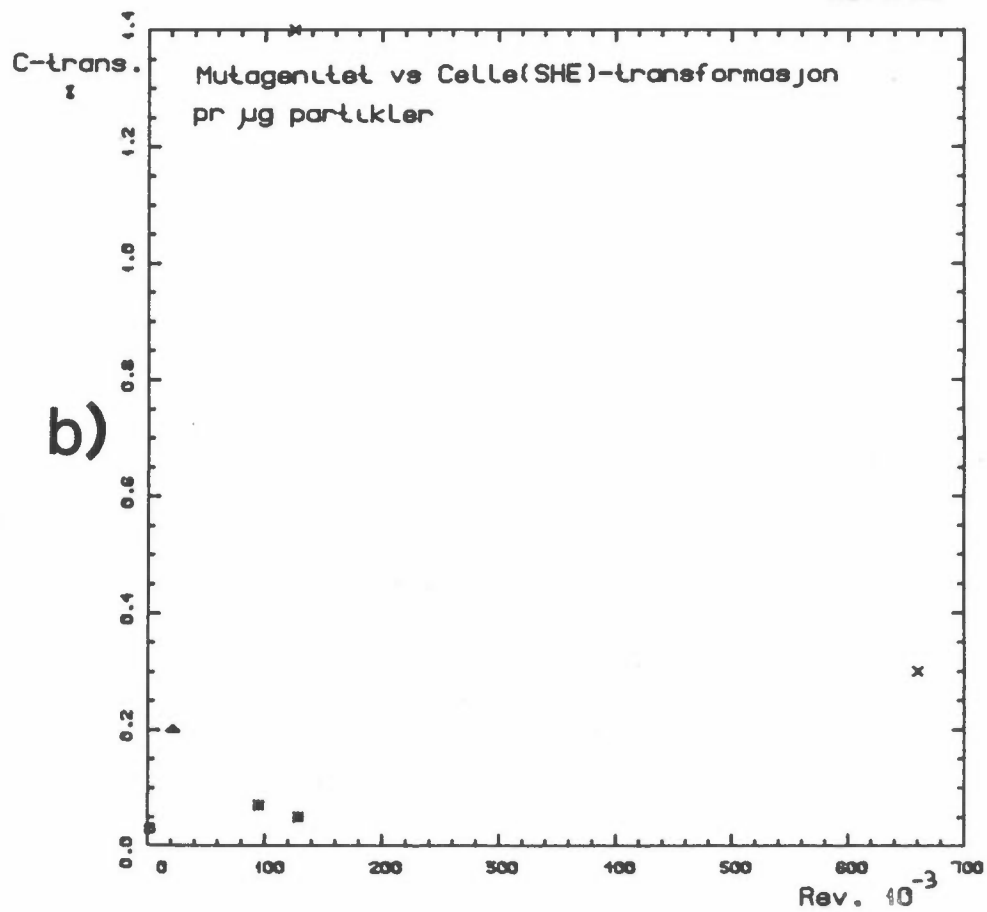
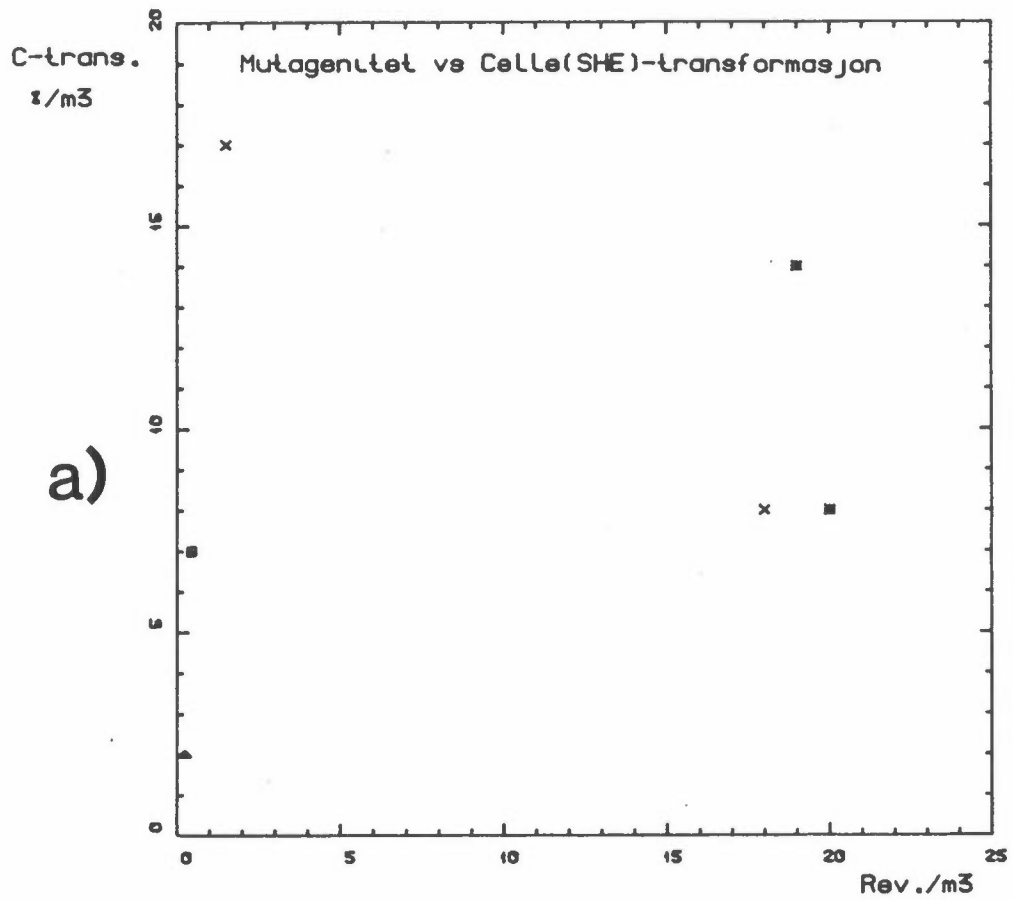
Figur 8: Sammenheng mellom PAH og mutagenitet.



Figur 9: Sammenheng mellom bly og celle-transformasjon.



Figur 10: Sammenheng mellom PAH og celle-transformasjon.



Figur 11: Sammenheng mellom mutagenitet og celle-transformasjon.

6 VEISTØVETS BIDRAG TIL SVEVESTØV I TETTSTEDER

NILU har tidligere kartlagt utslippet av partikler fra bileksos og fyringsanlegg (olje, parafin, ved, kull/koks, avfall) i noen byområder i Norge. Tabell 14 viser utslippsmengder i tonn/år i Oslo, Bergen og Drammen. Dette er stort sett partikler i den inhalerbare fraksjonen, dvs partikler med diameter mindre enn ca 10 μm .

Bileksos er beregnet å stå for 36% av partikkelutslippet i Oslo, 56% i Bergen og 72% i Drammen.

Tabell 14: Utslipp (tonn/år) av partikler fra bileksos og fyringsanlegg.

Utslippsmengde	Oslo ¹ 1985	Bergen ² 1983	Drammen ³ 1984
Biltrafikk, bensin	122	85	} 116
diesel	200	69	
Fyringsanlegg	570	120	45

1 Referanse: Statens forurensningstilsyn, 1987.

2 Referanse: Hoem, Gram og Larssen, 1986.

3 Referanse: Haugsbakk, 1987.

Veistøvkilden totalt representerer mye større "partikkelutslipp" til luft enn dette. Største delen er imidlertid store partikler som utfelles og gir nedsmussing nær veien.

Veistøvkildens vektmessige bidrag til inhalerbart støv har ikke blitt kartlagt. Fullføring av prosjektet etter den opprinnelige prosjektplan vil gi ytterligere data som kan benyttes til å si mer om veistøvkilden.

På nåværende tidspunkt kan to ulike estimater av veistøvkildens størrelse gjøres:

Totalt slites det av anslagsvis 250.000 tonn asfaltdekke på landsbasis. Ca. 5% av dette, dvs. ca 12.500 tonn, er bitumen. (Denne slitasjen skjer alt vesentlig i piggdekk sesongen.) Våre prøver fra Oslo

antyder at ca 0.1% av dette er inhalerbare partikler (tabell 2). Dette er et underestimat, fordi partikler tapes i sikte-analysen. 0.1% utgjør ca 250 tonn. Til sammenligning er utslippet av partikler med bileksos ca. 3.500 tonn, og omtrent halvparten av dette, ca 1.800 tonn i piggdekkseasonen. Dette estimatet baserer seg på et trafikkarbeide på $17 \cdot 10^9$ bilkm/år, og en utslippsfaktor for partikler for biltrafikk (bensin og diesel samlet) på 0.2 g/km.

Ifølge dette gir veistøvkilden om vinteren et gjennomsnittlig bidrag til inhalerbart støv som er større enn ca 15% av eksospartikkelbidraget.

Resultatene fra de målinger som er utført ved Ullevål stadion vinter/vår 1985 (denne rapport) og sommeren 1984 (Larssen og Tønnesen, 1986) danner et annet utgangspunkt for et estimat av veistøvkildens betydning for inhalerbar partikkelkonsentrasjon i luft i tettsteder.

Målingene viste følgende forhold mellom inhalerbar partikkel (IP)-konsentrasjon ved tørt og vått veidekke:

Vinter: ca 14
Sommer: ca 1.3

Ringveien ved Ullevål stadion har relativt høy kjørehastighet (60-70 km/h) og stor tungtrafikkandel (ca 10%). Ved sentrumsgater med lavere hastighet og mindre tungtrafikk vil mengden oppvirvlet veistøv være en god del mindre.

Basert på følgende antakelser:

- 50% av samlet trafikkarbeid i et tettsted kan representeres av Ringveien, og 50% er sentrumstrafikk med lite veistøvforurensning.
- det er tørt veidekke i 50% av tiden,

kan det estimeres at veistøvdepotet gir en vektmenge inhalerbare partikler som i piggdekkseasonen kan være av omtrent samme størrelse som samlet bileksosutslipp. I så fall er veistøvdepotet en betydelig IP-kilde som bør kartlegges bedre.

Bedre fastleggelse av størrelsen av veistøvbidraget krever videre undersøkelser, bl.a. ifølge den opprinnelige prosjektplanen (vedlegg G).

7 BEFOLKNINGSEKSPONERING TIL VEISTØV

Som bakgrunn for en vurdering av mulig helserisiko i befolkningen knyttet til inhalasjon av veistøv, er det nødvendig med et estimat av hvor stor del av befolkningen som eksponeres for veistøv. I lys av estimatet fra kapittel 6 av veistøvkildens størrelse i forhold til bileksos, kan en si at største delen av befolkningen i tettsteder der piggdekkbruk er vanlig om vinteren eksponeres for inhalerbart veistøv. Det generelle forurensningsnivå av veistøvpertikler i luft i tettsteder kan bli høyt i spesielle episoder. De som bor ganske nær og ferdes langs sterkt trafikkerte veier utsettes imidlertid tidvis for svært høye konsentrasjoner av inhalerbart støv som hovedsakelig skriver seg fra veistøv. Ved Ullevål ble det målt opp til $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Også gjennomsnittsnivået av inhalerbart støv vil være relativt høyt ved veier, proporsjonalt med trafikkmengden på veien.

Vi har ikke tall for hvor stor del av befolkningen som bor innenfor f.eks. 25, 50, 75 meter fra veinettet. Resultater av intervju-undersøkelser som er gjennomført om plager og ubehag knyttet til luftforurensning, bl.a. nedsmussing av veier, kan være til hjelp for å estimere hvor stor andel av befolkningen som eksponeres til høye veistøvkonsentrasjoner.

Tabell 15 viser resultater av slike intervju-undersøkelser foretatt i Drammen (Hjorthol og Kolbenstvedt, 1987) og i Oslo (Statens forurensningstilsyn, 1987).

Resultatene tyder på at veitrafikken representerer den viktigste kilde til nedsmussing i tettsteder uten dominerende forurensende industri, og at 25-30% av befolkningen føler seg plaget av nedsmussing fra veistøv.

Dette kan være et øvre estimat for hvor stor del av befolkningen som bor i områder med relativt høy veistøvkonsentrasjon i luft. Nærmere

kommer man ikke uten å gjennomføre en omfattende kartlegging av bostedenes avstand fra hovedveinettet.

Tabell 15: Andel (%) av befolkningen som plages av nedsmussing og lukt ved sin bolig.

Kilde	Nedsmussing		Lukt	
	Oslo	Drammen	Oslo	Drammen
Vegtrafikk	32	24	15	23
Industri	11	8	7	3
Boligoppvarming	12	5	5	5
Bråtebrenning	4	-	3	7
Kloakk	-	-	-	14
Søppelbrenning	4	-	10	-

8 REFERANSER

Haugsbakk, I. (1987) Basisundersøkelse av luftkvaliteten i Drammen 1984-1986. Delrapport C: Utslippsdata. Rapport under utarbeidelse. Lillestrøm.

Hjorthol, R. og Kolbenstvedt M. (1987) Virkninger av luftforurensninger på folks dagligliv, helse og trivsel. Resultater fra en intervju-undersøkelse i Drammen. Oslo, SFT.

Hoem, K., Gram, F. og Larssen, S. (1986) Basisundersøkelse av luftkvaliteten i Bergen, 1983-86. Delrapport D: Utslippskartlegging. Lillestrøm (NILU OR 57/86).

Larssen, S. og Tønnesen, D.A. (1986) Støyskjermers- og vegetasjonshekkers virkning på støvforurensningen langs veier. Målinger ved Store Ringvei i Oslo, sommeren 1984. Lillestrøm (NILU OR 65/86).

Rahimian, I. og Zenke, G. (1986) Verhalten organischer Lösemittel gegenüber Bitumen. Bitumen, 48, 2-8.

SFT (1987) Forurensningsprognose i år 2000 for Oslo og hele landet. Oslo.

Vegdirektoratet (1986) Ytterligere reduksjon av luftforurensningen i Oslo. Tiltakstype 11 "Vegetasjonsskjermer". Oslo.

VEDLEGG A

MÅLERESULTATER

Konsentrasjon av støv og PAH i enkeltprøver.

Tabell A1: Resultater av målinger av støvkonsentrasjoner ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Den 23. mars 1984 ble det smurt fett på luftinntakene til støvprøvetakerne. Dette reduserer muligheten for ikke-inhalerbare partikler ($>10 \mu\text{m}$) til å komme inn på filtrene. Før den 23. mars ble fett ikke brukt, og disse prøver inneholder ikke ubetydelige mengder av ikke-inhalerbare partikler. De er inkludert i tabellen for fullstendighetens skyld.

Stasjon	Periode	Vindforhold (Blindern)	Veiforhold	HIVOL			DICH0		
				Volym m	FP	GP	Volym m	FP	GP
<u>Vått, virkedag</u>									
3	27 mars	Nordøst, 2-15 kn, gjennomsnitt 10 kn	Stort sett vått, litt opptørkende	810	12	7	12.5	15	7
3	7 juni	Nordøst og øst. Mye vind langs veien. 5 kn, relativt jevn hastighet	Stort sett vått, litt opptørkende	790	28	11	12	10	12
2	7 juni			740	23	11	12	10	15
3	14 juni			600	37	9	9	13	20
2	14 juni		Stort sett vått, litt opptørkende	575	44	14	9	8	26
<u>Våt helg</u>									
3	23-24 mars	Nordøst, ca 7 kn, relativt jevn hastighet	Vått, snøslaps	1550	17	3	23	2	-
1	23-24 mars	" " "		1550	12	1	23	12	8
3	1 mai	Nordøst, 9-20 kn, gjennomsnitt 16 kn	Vått, regn	500	16	3	7.5	15	27
<u>Tørr, virkedag</u>									
3	18-20 mars	Nordøst, ca 10 kn, relativt jevn hastighet	Tørr, sol	2200	127 ²	87 ³	43	17	121
1 ¹	18-20 mars			260	8	14	45	10	16
3 ¹	20-21 mars 28-29 mars	Nord og nordvest, skiftende vindstyrke, gjennomsnitt 10 kn	Tørr, over-skyet	2700	153	74	45	10	124
1 ¹	20-21 mars 28-29 mars	" " "		1700	15	2		≈0	≈0
2	1 april	Sør, sørvest og nord-vest, ca 2 kn	Tørr	800	154	289 ¹	11.5	71	412
2	10 april	Sørvest, 7 kn	Tørr, sol	625	205	194	10.5	44	330
4	10 april	" "		710	28	20	11	-	-
2	11 april	Sørvest, 7 kn	Tørr, sol	590	231	234	9.5	34	407
4	11 april	" "		600	28	17	10	-	-
3	12 april	Vest-sørvest, langs veien, 5 kn	Tørr, over-skyet	600	87	55	9	-	80
1	12 april	" " "		600	77	62	9.5	76	86
<u>Tørr, helg</u>									
3	30-31 mars	Vest-sørvest, langs veien, ca 7.5 kn (varierende vindstyrke)	Tørr	1500	52	62	22.5	7.5	72

¹ Ikke fett på luftinntakene.

² Rift i filter

³ Mye støv på filteret, noe drysset av før veieing.

Tabell A2: PAH-konsentrasjon i støvet (ng/m^3). Våt vei. i - interfe-
rens fra andre stoffer.

PAH-komponent	Finfraksjon			Grovfraksjon
	27 mars R4	7 juni R25	14 juni R29	27 mars, 7 juni, 14 juni R4, 24, 25, 29, 30
Naphthalene				
2-methylnaphthalene				
1-methylnaphthalene				
Biphenyl				
Acenaphthylene				
Acenaphthene				
Dibenzofuran				
Fluorene				
Dibenzothiophene				
Phenanthrene		0.1	0.1	0.4
Anthracene				
2-methylphenanthrene		0.05	0.05	
2-methylanthracene				
1-methylphenanthrene		0.05	0.05	
Fluoranthene		0.3	0.4	0.1
Pyrene		0.5	0.6	0.1
Benzo(a)fluorene		0.2	0.1	
Retene		0.3	0.5	
Benzo(b)fluorene		0.2	0.05	
Benzo(g,h,i)fluoranthene		0.8	1.1	
Benzo(a)fluoranthene		0.1		
Cyklopenta(cd)pyrene		0.1	0.1	
Benz(a)anthracene		0.7	0.5	
Chrysene/Thriphenylene		1.6	1.8	0.05
Benzo(b/j/k)fluoranthenes		2.5	2.7	
Benzo(e)pyrene		1.4	1.2	
Benzo(a)pyrene		(4.8)i	(6.5)i	
Perylene		0.1		
Inden-(1,2,3-c,d)pyrene		0.8	0.6	
Dibenzo(ac/ah)anthracenes				
Benzo(g,h,i)perylene		3.1	2.7	
Anthanthrene				
Coronene		2.7	2.7	
1,2,4,5-dibenzopyrene				
Sum, ekskl. BaP	≈0	15.6	15.3	0.75

Tabell A3: PAH-konsentrasjon i støvet (ng/m^3). Tørr vei og veistøv-depot. i - interferens fra andre stoffer.

PAH-komponent	Finfraksjon, ng/m^3			Grovsfraksjon, ng/m^3			Veistøvdepot
	1 april R3	10 april R17	11 april R21	1 april R3	10 april R17	11 april R21	Inhalerbar fraksjon ng/mg
Naphthalene							
2-methylnaphthalene							
1-methylnaphthalene							
Biphenyl							
Acenaphthylene							
Acenaphthene							
Dibenzofuran							
Fluorene							
Dibenzothiophene							
Phenanthrene	0.2	0.9	0.8	0.5	0.6	0.4	2.0
Anthracene							0.5
2-methylphenanthrene	0.1	0.9	0.8	0.3	0.2	0.2	0.7
2-methylanthracene							
1-methylphenanthrene	0.05	0.5	0.5	0.05	0.1	0.1	
Fluoranthene	0.5	4.0	4.2	0.5	0.6	0.6	0.8
Pyrene	0.7	5.0	5.3	0.7	0.7	0.7	0.6
Benzo(a)fluorene	0.2	1.4	1.5				
Retene	0.2	0.8	0.9	0.2	1.0	0.3	
Benzo(b)fluorene	0.1	1.1	0.7				
Benzo(g,h,i)fluoranthene	0.5	2.5	2.5				
Benzo(a)fluoranthene	0.1	0.5	0.5				
Cyklopenta(cd)pyrene	0.2	0.6	0.3				
Benz(a)anthracene	0.3	1.5	1.5		~0.1		
Chrysene/Thriphenylene	0.6	2.8	2.9	0.1	0.3	0.1	
Benzo(b/j/k)fluoranthenes	1.0	4.5	4.3		0.4	~0.2	
Benzo(e)pyrene	0.5	2.0	2.1				
Benzo(a)pyrene	(1.1)i	(6.0)i	(6.4)i				
Perylene	0.05	0.2	0.2				
Inden-(1,2,3-c,d)pyrene	0.4	1.1	1.4				(0.9)
Dibenzo(ac/ah)anthracenes							
Benzo(g,h,i)perylene	1.1	5.1	5.4		0.2	0.1	0.5
Anthanthrene	0.05	0.2	0.1				
Coronene	1.3	4.2	5.3				
1,2,4,5-dibenzopyrene							
Sum	8.2	39.8	41.2	2.4	4.2	2.7	

VEDLEGG B

Mutagenitetstesting av partikkelbundet
materiale innsamlet ved
Ringveien/Ullevål station.
Rapport fra SI.

Rapport nr. 850908

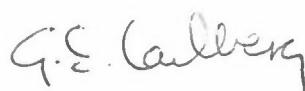
NILU

STØV FRA ASFALTDEKKER

Mutagenitetstesting av partikkelbundet
materiale innsamlet ved Ringveien/
Ullevål Stadion

12. desember 1985

R A P P O R T

Oppdrag nr.	Rapport nr.	Rapporttype
850908	850908	Fagrapport
Oppdragets tittel	Rapportens tittel	
Støv fra asfaltdekker	Mutagenitetstesting av ekstrakter av partikkelbundet materiale innsamlet ved Ringveien/Ullevål Stadion	
Prosjektleder/Prosjektansvarlig	Forfatter(e)	
Svein Johansen/Inger Hagen	Inger Hagen	
Avdeling/Program	4 emneord, norsk	4 emneord, engelsk
Miljøtoksikologi	Mutagenitet Salmonella Eksos Støv	Mutagenicity Salmonella Car exhaust Air particulates
Oppdragsgiver	Referat	
NILU	<p>Ekstrakter av veistøv og partikulært materiale samlet opp på filter er testet for mutagen aktivitet i <u>Salmonella</u> mikrosomtesten. Aktiviteten var høyest i ekstrakter av de minste partiklene (finfraksjonen), mens i samleprøver av større partikler (grovfraksjon) og støvdepot var aktiviteten under deteksjonsgrensen. Ekstrakter av finfraksjon tatt under vått og tørt veidekke viste lik mutagen aktivitet pr. m³ luft, mens aktiviteten var betydelig høyere i prøver tatt ved vått veidekke dersom det relateres til mg partikler. Dette viser at under tørre forhold samles det opp partikler på filteret som har lav/ingen mutagen aktivitet.</p>	
Oppdragsgivers ref.	SIs ref.	Dato
Steinar Larsen	Inger Hagen	12.12.85
		Godkjent
		
		G. Carlberg (Sign.)
Tilgjengelighet for denne rapport/denne side	Antall blad inkl. bilag	
Konfidensiell/åpen		

INNLEDNING

Partikkelforurensning som skyldes slitasje av veidekket kan tenkes å ha helse-skadelige effekter. I denne undersøkelsen har man tatt prøver av partikkel-bundet materiale i gatenivå på virkedager og helligdager, og under ulike værforhold (vått/tørt veidekke). Veistøv er også samlet inn og størrelses-fraksjonert. På bakgrunn av kjemisk analyse og utslag i biologiske testsystemer vil man vurdere prøvematerialets mulige helsefare. Denne rapporten omhandler resultater av mutagenitetstesting i Salmonella/mikrosom-testen.

BESKRIVELSE AV PRØVEMATERIALET

Prøver ble tatt av NILU som angitt i Tabell 1. Filtere og veistøvprøver ble ekstrahert med aceton i Soxhlet i 24 timer og inndampet forsiktig i Rotavapor til ca. 5 ml. En innledende mutagenitetstesting ble foretatt direkte på utvalgte acetonekstrakter for å kartlegge nivået av mutagen aktivitet i de ulike prøver. Ut fra disse resultatene ble det valgt å gjennomføre full testing av følgende enkeltprøver.

Tørt virkedag, finfraksjon: R3, R17 og R21.

Vått virkedag, finfraksjon: R4, R25 og R29.

Vått helg, finfraksjon: R6.

I tillegg ble det laget en samleprøve av grovfraksjon, tørt virkedag, der ekstrakter av R3, R17 og R21 ble slått sammen, og tilsvarende for grovfraksjon, vått virkedag bestående av R4, R25, R24, R30 og R29. De to prøvene av støvdepot ble også slått sammen og testet som en prøve.

Acetonekstraktene ble dampet inn ytterligere til nesten tørrhet og overført til dimetylsulfoksyd (DMSO). DMSO-ekstraktene ble delt i to like deler, den ene halvparten ble sendt til Tore Sanner, LAMYK, for transformasjonstest mens den andre ble testet for mutagen aktivitet i Salmonella/mikrosomtesten.

Tabell 1. Støvprøver fra Ringveien v/Ullevål Stadion Mars-Juni 1985. Tallene angir verdiene for hele prøven. SI fikk 3/4 av filterprøvene og hhv. 41,7 og 29,0 mg av støvdepotprøvene til testing.

PRØVE		LUFTVOLUM m ³	PARTIKKELVEKT mg
Tørt, virkedag	R3 finfraksjon, 1.4	800	123
	R17 finfraksjon, 10.4	625	128
	R21 finfraksjon, 11.4	590	136
Vått, virkedag	R4 finfraksjon, 27.3	810	9,5
	R25 finfraksjon, 7.6	790	22
	R29 finfraksjon, 14.6	575	25,5
Vått, helg	R6 finfraksjon, 23-24.3	1550	27
Tørt, virkedag	R3 grovfraksjon, 1.4	800	213
	R17 grovfraksjon, 10.4	625	121
	R21 grovfraksjon, 11.4	590	138
Vått, virkedag	R4 grovfraksjon, 27.3	810	6
	R25 grovfraksjon, 7.6	790	8,5
	R24 grovfraksjon, 7.6	740	8,5
	R30 grovfraksjon, 14.6	600	5,5
	R29 grovfraksjon, 14.6	575	8
Støvdepot	Ullevål I		90
	Ullevål II		79

METODER

Mutagenitetstesting

Villstammer av Salmonella typhimerium kan vokse på medier uten histidin. I testen benyttes modifiserte bakterier som trenger histidin i mediet for å vokse. Etter eksponering for et mutagen vil bakteriene mutere tilbake (revertere) til histidinuavhengig vekst, og antall mutantkolonier (revertanter) kan telles fordi de kan vokse på histidinfritt medium. Antall mutantkolonier blir et mål på hvor potent mutagenet er. Et vanlig krav til positivt utslag er en dobling av antall mutantkolonier i forhold til bakgrunnen og/eller en klar lineær dose-respons sammenheng. En beskrivelse av testen er gitt i Vedlegg 1.

Visse forbindelser er mutagene bare etter omdanning i kroppen. Stoffer som krever slik metabolsk aktivering kalles indirekte mutagener. Aktivering kan induseres med enzymer fra leverceller. Testen utføres derfor både med og uten tilsats av et homogenat isolert fra rottelever (S9).

Bakteriene vil også undergå spontane mutasjoner, dvs. mutasjoner som ikke er induert av et tilsatt mutagen. Antall spontanmutasjoner er forskjellig for de ulike bakteriestammene. For TA98 ligger spontanmutasjonene mellom 25-50.

Bakteriestammene som benyttes i Salmonella/mikrosomttesten, har forskjellig følsomhet for mutagener som induserer base-par substitusjon og leseramme-forskyvning. TA98 er mest følsom for mutagener som induserer leserammeforskyvning. Ved vanlig platetest blandes prøve, bakterier, vekstmediet og eventuelt leverenzymekstrakt, og blandingen slås deretter ut på agarplatene direkte.

Bakteriene oppbevares ved -70°C og dyrkes opp for hvert forsøk. Dette impliserer en viss variasjon fra forsøk til forsøk, dvs. både antall spontanmutasjoner og antall induerte mutasjoner vil variere. Ved testingen inkluderes kontroller for spontanmutasjoner og for kjente mutagener (positive kontroller). I dette forsøket er benzo(a)pyren (BaP) og 1-nitropyren (1NP) benyttet som positive kontroller hhv. med og uten S9. Andre kilder til variasjon eller feil i testresultatene kan bl.a. være at S9-mengden som tilsettes, ikke er optimal. Ved testing av komplekse blandinger foreligger det også muligheter for synergetiske og antagonistiske effekter.

RESULTATER OG DISKUSJON

Resultatene av mutagenitetstesting er gitt i Tabell 2. Alle enkeltresultater er gitt i Vedlegg 2.

Tabell 2. Mutagen aktivitet av partikkel-ekstrakter samlet inn ved Ringveien.

PRØVE		Revertanter/m ³		Revertanter/mg støv	
		TA98		TA98	
		+ S9	- S9	+ S9	- S9
Tørt, virkedag	R3 finfraksjon	20	15	129	94
	R17 finfraksjon	19	15	95	74
	R21 finfraksjon	20	16	87	70
Vått, virkedag	R4 finfraksjon	≤ 3	≤ 6	≤ 249	≤ 533
	R25 finfraksjon	18	11	660	401
	R29 finfraksjon	17	14	389	315
Vått, helg	R6 finfraksjon	18	16	1039	914
Samleprøve, tørt, virkedag	R3+R17+R21 grovfraksjon	≤ 0,9	≤ 1	≤ 4	≤ 4
Samleprøve, vått, virkedag	R4+R25+R24+R30+R29 Grovfraksjon	≤ 0,45	≤ 0,7	≤ 43	≤ 71
	Støvdepot Ullevål I + Ullevål II			≤ 6	≤ 7

Aktiviteten i filterekstraktene er beregnet både pr. m^3 luft og mg partikkler på filteret. Aktiviteten var høyest i finfraksjonene, mens aktiviteten både i samleprøvene av grovfraksjonene og støvdepot var mindre enn deteksjonsgrensen. Dette bekrefter tidligere undersøkelser som viser at den mutagene aktiviteten i uteluft er knyttet til de minste partiklene (1).

Aktiviteten i en finfraksjonsprøve (R4) var også under deteksjonsgrensen. Noe av forklaringen er at denne prøven inneholdt vesentlig mindre mengde partikler enn de andre finfraksjonsprøvene tatt under lignende værforhold.

Aktiviteten var noe høyere med S9 enn uten aktivering for alle prøvene. Dette er karakteristisk f.eks. for bileksos fra bensindrevne biler, mens dieseleksos inneholder mest direkte-virkende mutagener (2). Aktiviteten i finfraksjonprøver tatt under ulike forhold (vått/tørt veidekke) var stort sett lik når den relateres til m^3 luft. Pr. mg partikler var aktiviteten betydelig høyere i prøvene tatt ved vått veidekke. Dette viser at under tørre værforhold samles det opp en betydelig mengde partikler på filteret som har lav/ingen mutagen aktivitet.

At aktiviteten i støvdepot-ekstraktene var under deteksjonsgrensen støtter dette ytterligere.

REFERANSER

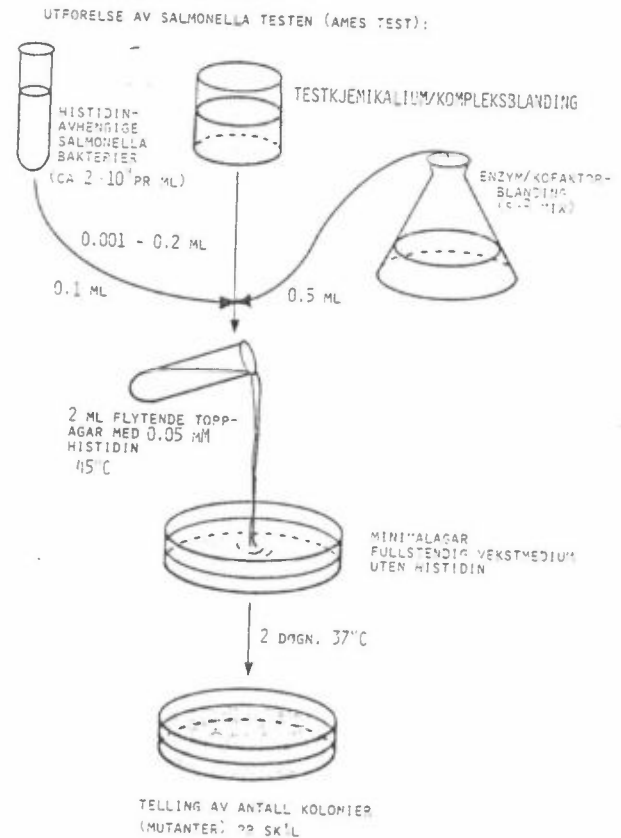
1. Pitts, J.N., Grosjean, D., Mischke, T.M., Simmon, V.F. og Poole, D. 1979. Mutagenic activity of airborne particulate organic pollutants. In "Assessing toxic effects of environmental pollutants" (S.D. Lee og J.B. Mudd, eds.), Ann Arbor Science, Michigan.
2. Rannug, U., Sundvall, A., Westerholm, R., Alsberg, T. og Stenberg, U. 1983. Some aspects of mutagenicity testing of the particulate phase and the gas phase of diluted and undiluted automobile exhaust. In "Short-Term bioassays in the analysis of complex environmental Mixtures III." (M.D. Waters, S.S. Sandhu, J. Zewtas, L. Claxton and N. Chernoff, eds.). Plenum Press, N.Y.

HVA ER AMES' TEST?

Ames' test (Salmonella-testen) benyttes til orienterende undersøkelser av stoffers mutagene (arvestoffskadende), eventuelt kreftfremkallende virkning. Ved forsøk er det funnet at 80-90% av de stoffer som er kreftfremkallende i dyreforsøk, også er mutagene i Ames' test. Metoden er en korttidstest med Salmonella-bakterier, utviklet av Bruce Ames, Berkeley, California.

Det anvendes spesielle Salmonella-bakterier, som mangler evnen til å gro uten aminosyren histidin, dvs bakteriene formerer seg ikke i fravær av histidin. For å vokse og danne kolonier på et histidin-fritt medium, må bakteriene gjennomgå en mutasjon. Et mutagent stoff vil føre til at et økt antall kolonier vokser opp.

Mange stoffer virker som aktive mutagener eller karsinogener først etter omdanning (metabolisering) i kroppen (indirekte mutagener). Bakterier, som har et meget enklere enzymsystem enn pattedyr, vil normalt ikke metabolisere indirekte mutagener. For å simulere betingelsene i pattedyr, aktiveres testsubstansen ved tilsetning av et leverenzympreparat fra rotter til testsystemet.



HVORDAN TESTES PRØVER I PRAKSIS?

Metoden utføres som beskrevet av Ames et al. (Mutation Research 31, 1975, 347).

Rent eksperimentelt gjøres følgende:

Til et reagensrør med 2 ml smeltet toppagar (45°C) tilsettes 0.1 ml bakteriekultur (ca 10^8 celler) og testsubstans. Det hele blandes raskt og helles over på vekstplater. (Minimalplater kun tilsatt spor av histidin for igangsettelse av vekst.) Til halvparten av skålene tilsettes leverenzymblanding (S9-mix), 25 mg protein/plate. Platene inkuberes ved 37°C, og etter 2 døgn telles antall kolonier (mutanter) på platene. Et vanlig krav til positivt resultat er en fordobling av antall revertanter i forhold til bakgrunnen, eller en lineær doseavhengighet. Prøvene testes i 3-5 doser, med to paralleller pr dose.

For å kontrollere antall spontanmutasjoner, inkluderes plater uten tilsatt av testsubstans. Som positive kontroller blir benzo(a)pyren (BaP) og 1-nitropyren (1NP) benyttet.

VEDLEGG 2

Mutagenitetstesting med Salmonella/mikrosomtesten av støvprøver fra Ringveien. Tallene i tabellen representerer antall netto revertanter pr. plate (gjennomsnitt av 2 plater, 5 plater av ubehandlede kontroller).

Prøve	Volum, µl	TA98			
		+ S9		- S9	
		Forsøk 1	Forsøk 2	Forsøk 1	Forsøk 2
R3 finfraksjon	20	62	54	58	18*
	50	153	152	117	75
	100	271	299	207	185
R17 finfraksjon	20	58	48	53	25
	50	97	110	95	40*
	100	198	199	138	157
R21 finfraksjon	20	37	44	55	28
	50	94	127	93	48*
	100	222	240	151	117
R4 finfraksjon	20	20	3	20	4
	50	37	3	47	14
	100	44	18	60	17
R 25 finfraksjon	20	52	48	60*	34
	50	99	161	102	79
	100	205	376	157	120
R29 finfraksjon	20	41	45	48	17*
	50	65	108	64	74
	100	140	195	117	119
R6 finfraksjon	20	68	137	95	123
	50	169	381	194	258
	100	359	594	378	345
R3+R17+R21 grov fraksjon	20	28		43	
	50	25	19	37	0
	100	44	34	39	7
	200		38		9
R4+R17+R21 grov fraksjon	20	20		29	
	50	22	4	36	0
	100	28	23	46	0
	200		23		19
Støvdepot Ullevål I + Ullevål II	20	11		22	
	50	19	0	26	0
	100	21		26	
	200		6		0
Spontanmutasjoner		49-67 $\bar{x} = 59$	18-26 $\bar{x} = 22$	33-44 $\bar{x} = 40$	19-25 $\bar{x} = 21$
1NP 100 ng				389	387
BaP 2,5 µg		212	585		

*

Ikke tatt med i beregningsgrunnlaget for antall revertanter/m³, fordi resultatene ligger utenfor doseresponskurven.

VEDLEGG C

Celle-transformasjonstesting.
Rapport fra LAMYK.

TS/TW rap.610



RAPPORT

for prosjektet

STØV FRA ASFALTDEKKER

fra

Lab for Miljø og Yrkesbetinget Kreft, Inst for Kreftforskning,

Radiumhospitalet, Montebello, 0310 OSLO 3.

SAMMENDRAG

Luftprøver innsamlet ved NILUs prøvestasjon ved Ringveien i perioden 27.03.85 til 14.06.85 er undersøkt i SHE celletransformasjonstest. Basert på transformasjonshyppighet pr volum innsugd luft var det relativt liten forskjell mellom de ulike prøvene. Den forskjellen som ble funnet syntes vesentlig å skyldes varierende støvmengde. Basert på transformasjonshyppighet pr μg svevestøv var aktiviteten langt større i prøver innsamlet på våt virkedag enn på tørr virkedag, både når det gjaldt små og større støvpartikler. Dersom man forutsetter at regnvær vil hindre at støv fra veibanen virvles opp til svevestøv, og bare påvirker svevestøvet fra bilavgasser i mindre grad, tyder resultatene på at støv fra asfaltdekker i omgivelsesluft har langt mindre evne til å indusere morfologisk transformasjon av SHE celler enn svevestøv fra bilavgasser.

Oslo, 7. april 1986

Edgar Rivedal
Edgar Rivedal

forskningsstipendiat

Tore Sanner
Tore Sanner

forskningsjef

INNLEDNING

Korttidstester for studier av kreftfremkallende egenskaper av kjemiske stoffer har i de senere år gjennomgått en betydelig utvikling og fått øket anvendelse. Dette skyldes det meget store antall stoffer som det er ønskelig å undersøke, og at undersøkelser av stoffers kreftfremkallende egenskaper i forsøksdyr tar lang tid (3-5 år) og er meget ressurskrevende. Det eksisterer i dag ingen enkelt korttidstest som kan benyttes til å fastslå om et stoff er kreftfremkallende eller ikke. Korttidstester kan imidlertid brukes som en "screening" av kjemikalier slik at stoffer som gir utslag i korttidstester kan undersøkes nærmere i dyreforsøk. Dessuten anvendes korttidstester for å studere virkningsmekanismer til kreftfremkallende stoffer. De fleste korttidstester måler skader på DNA eller såkalt gentoksisk effekt. Det kan være brudd på DNA-tråden, induksjon av såkalt DNA reparasjonssyntese eller mutasjoner og kromosomaberrasjoner. Andre tester måler mer uspesifikke effekter relatert til svulstutvikling. Blant disse testene inngår celletransformasjonstestene.

Transformasjon av pattedyrceller med kreftfremkallende kjemikalier ble første gang observert i 1963 i undersøkelser med syrisk hamster embryo (SHE) celler (Berwald og Sachs, 1963, 1965). Senere er det utviklet en rekke celletransformasjonstester. Mange mener at induksjon av transformerte celler er den korttidstesten som ligner mest på utvikling av kreftceller hos dyr eller menneske. De mange tekniske vanskelighetene ved transformasjonstestene er hovedsaken til at disse testene ennå ikke har fått noen alminnelig anvendelse ved undersøkelser av kjemiske stoffer. Imidlertid har en rekke transformasjonstester vist en imponerende spesifisitet i undersøkelser utført ved enkelte laboratorier.

De celletransformasjonstestene som i dag synes mest lovende og hvor det spesielt blir satset på videre utvikling, er tester som benytter seg av cellelinjene C3H10T1/2 og Balb c/3T3 fra mus og

tester som benytter seg av primære SHE celler, enten alene eller sammen med adenovirus.

Ved Laboratorium for Miljø- og Yrkesbetinget Kreft (LAMYK) har vi satset på SHE celletransformasjonstesten uten bruk av virus. Vi undersøker induksjon av forandringer i vekstmønsteret til kolonier av SHE celler etter tilsetning av kjemikalier. Denne testen har flere fordeler. Primære cellekulturer ansees å være så nær det normale som man kan komme, mens cellelinjer må betraktes som delvis transformerte. Videre har primær-celler intakt en rekke enzymsystemer som er nødvendig for å aktivere kjemiske karsinoger til det ultimate karsinogen. Mange av disse enzymsystemene har gått tapt eller er sterkt reduserte i cellelinjer. En annen fordel ved SHE celletransformasjonstesten er at den er rask. Resultatene kan avleses omkring 1 uke etter tilsetning av testkjemikaliet. I andre tester tar det vanligvis 1 mnd eller mer fra testsubstansen tilsettes til resultatet registreres. Cellene i SHE celletransformasjonstesten består av en blanding av mange forskjellige celletyper. Enkelte har betraktet denne celleheterogeniteten som en ulempe, mens andre mener det er en fordel at mange celletyper utsettes for et karsinogen samtidig, siden dette er mer likt det man finner ved eksponering av dyr og mennesker. En ulempe ved SHE testen er at scoringen av transformerte kolonier er betydelig vanskeligere enn ved andre tester, og at testen er meget følsom for variasjon i kvalitet av serum. Mange har derfor vanskeligheter med å få testen til å fungere, eller de finner meget lave transformasjonsfrekvenser.

SHE celletransformasjonstesten er først og fremst utviklet av DiPaolo (DiPaolo et al, 1969) og Pienta (Pienta et al, 1977). Testen er videreutviklet av Rivedal og Sanner (1982), idet disse har introdusert et nytt trinn hvor vekst-medium og prøvestoff skiftes 1-3 dager før koloniene farges. Dette øker sensitiviteten av testen. I en større undersøkelse som Pienta (1980) har gjort, fant han at blant 83 kreftfremkallende kjemikalier og 28 ikke-karsinogener ga 84% av karsinogenene utslag i testen, og alle ikke-karsinogenene med ett unntak ga negative resultater. I en undersøkelse som ble utført under "International Program on

Chemical Safety" (program under WHO) hvor også LAMYK deltok, ble de mest lovende resultater i forbindelse med celletransformasjon oppnådd med SHE celletransformasjonssystemet. Ved LAMYK har vi anvendt denne testen på rene substanser såvel som på komplekse blandinger som prøver av omgivelsesluft, prøver av dieseleksos, prøver av avgasser fra vedfyring, vannprøver, petroleumsprodukter o.l.

PRØVEMATERIALET

Støvprøver ble innsamlet ved NILUs prøvestasjon ved Ringveien. I vedlegg 1A og 1B er angitt dato for innsamling av prøver, samt størrelsen på de prøver som ble mottatt av LAMYK. De mottatte prøvene hadde et volum på 2.0 ml og var løst i DMSO. I tabell 1 er sammenfattet data vedrørende de prøver vi har mottatt.

TABELL 1. Beskrivelse av prøvene. De mottatte prøvene var løst i DMSO og veide 2.2 g (volum 2.0 ml).

Prøve	Innsamlet	Dato	Støvtype	Luftvolum m ³ /ml	Støvvekt mg/ml
891	Tørr virkedag	01.04.85	Fin	145.4	22.35
892	- " -	10.04.85	- " -	113.2	23.18
894	Våt virkedag	27.03.85	- " -	147.2	1.73
895	- " -	07.06.85	- " -	143.4	3.99
904	Tørr virkedag	01.04 - 12.04.85	Grov	391.7	91.75
905	Våt virkedag	27.03 - 14.06.85	- " -	617.1	6.41
906	Veistøv				36.41

UTFØRELSE AV TRANSFORMASJONSTESTEN

Cellekulturer. 14 dager gamle embryoer fra syriske hamstere ble benyttet for preparering av primære cellekulturer (Pienta et al, 1977). Cellekulturene ble nedfrosset i flytende nitrogen.

Transformasjonstest. Testen er vist skjematisk i fig 1. Prosedyren er nærmere beskrevet av Pienta et al (1977) og Sanner og Rivedal (1985).

4 dager før eksponeringen av cellene for prøvesubstansen, blir 1 ampulle med frosne celler tinet og dyrket opp. 2 dager senere blir cellene røntgen-bestrålt med 4.500 rad og 60.000 sådd ut som et "feeder layer" i 60 mm petri skåler. Dagen etter blir 200 målceller sådd ut på "feeder" cellene, og neste dag (dag 0) blir prøvesubstansen tilsatt. 5 dager senere fjernes mediet, skålene vaskes og nytt medium med prøvesubstans tilsettes. På dag 7 blir mediet på nytt fjernet, og koloniene fiksert med metanol og farget med Giemsa før de telles og undersøkes for morfologisk transformasjon.

Teststoffene var som nevnt løst i dimetylsulfoksyd. Den endelige konsentrasjonen av løsningsmiddelet ble alltid holdt lavere enn 0.2%.

Kvantifisering av resultatene. Morfologisk transformasjon defineres som en forandret cellemorfologi hvor cellene vokser med vilkårlig orientering i periferien av koloniene ("criss-crossing"), og hvor det ofte er en opphoping av celler ("piling up") i sentrum av kolonien. Transformasjonsfrekvens beregnes på grunnlag av det totale antall kolonier. I hvert forsøk er det normalt benyttet 9 skåler for hver konsentrasjon.

RESULTATER

Resultatene er sammenfattet i fig. 2 og 3. Råmaterialet er gitt i Vedlegg 2.

De fleste prøvene ble undersøkt etter fortynning av prøvesubstansen 500 x og 2.500 x. I et par tilfeller ble det benyttet ytterligere en fortynning. Ved at det ble benyttet faste fortynninger varierte mengden støvpartikler i de ulike forsøkene.

Ideelt sett skulle man finne lineære dose-responskurver. Imidlertid viser det seg i praksis at man får kurver som flater av ved høyere konsentrasjoner. I enkelte tilfeller finner man også at transformasjonsfrekvensen går ned ved høyere konsentrasjoner (se fig 2 (bemerk at x-aksen er logaritmisk)). For å få resultatene

mest mulig sammenlignbare har vi derfor i de videre beregningene benyttet de resultater som ble funnet ved 10 μg støv pr ml medium. I enkelte tilfeller er det benyttet gjennomsnittsverdien av en lavere og en høyere måling. Vi ser av fig. 2 at ideelt sett burde vi ha benyttet en enda lavere konsentrasjon da enkelte av kurvene ved 10 $\mu\text{g}/\text{ml}$ allerede viser en avbøyning eller en redusert transformasjonshyppighet. Imidlertid tror vi at den feilen vi innfører ved bruk av 10 $\mu\text{g}/\text{ml}$ er relativ liten i forhold til den spredning man normalt vil finne.

Fig. 3A viser aktiviteten av de ulike prøvene beregnet som % transformasjon pr m^3 innsamlet luftprøve pr ml medium. I fig. 3b er angitt % transformasjon pr μg støv pr ml medium. Sammenligner vi prøve 891 og 892 som ble innsamlet på 2 tørre virkedager med omkring 9 dagers mellomrom, er aktiviteten basert på volum høyere i prøve 892 enn i prøve 891. Imidlertid var den relative støvmengden noe større i prøve 892 og % transformasjon basert på vekt av støv var meget likt i de 2 prøvene. Prøve 894 og 895 representerer støv innsamlet på 2 våte virkedager. Her var aktiviteten høyest i prøve 894. Forskjellen blir ennå større når effekten blir utregnet basert på støvinnhold. Årsaken kan være at prøve 894 ble innsamlet på ettervinteren (27. mars), mens prøve 895 ble innsamlet på sommeren (7. juni), og det er vanlig å finne høyere aktivitet i vinterprøver enn i sommerprøver. Det skal også påpekes at i prøve 894 var det langt mindre støv pr m^3 enn i prøve 895. Det sees imidlertid klart at den spesifikke aktivitet basert på μg støv er langt høyere i prøvene innsamlet på våte virkedager enn på tørre virkedager. Prøve 904 representerer større støvpartikler innsamlet på 3 tørre virkedager i april og prøve 905 representerer større støvpartikler innsamlet på 3 våte virkedager i perioden mars til juni. Vi ser her at mens aktiviteten beregnet pr volumenhet innsamlet luft var større i prøven fra tørre virkedager, så blir aktiviteten beregnet pr μg støv langt høyere i prøvene innsamlet på våte virkedager. Dette er for så vidt i overensstemmelse med resultatene funnet for de små støvpartiklene. Veistøv i prøve 906 hadde like stor spesifikk aktivitet som de store partiklene innsamlet i svevestøv fra våt virkedag.

DISKUSJON

Alle de innsamlede prøvene hadde evne til å indusere morfologisk transformasjon av SHE celler. Transformasjonshyppigheten basert på innsamlet prøvevolum varierte ikke signifikant mellom prøvene innsamlet på tørr og våt virkedag. Variasjonen mellom de 2 prøvene på tørr virkedag var relativt stor, men dette skyldes sannsynligvis varierende støvmengder idet resultatene basert på støvmengdene de 2 dagene var relativt like. For de 2 prøvene innsamlet på våt virkedag ble det også funnet relativ stor variasjon og denne variasjonen ble ytterligere forsterket ved beregninger utført på mengde støv. Denne variasjonen skyldes sannsynligvis at den ene prøven var innsamlet sent på vinteren, og den andre på sommeren. Sammenlignes aktiviteten basert på mengde støv så er den betydelig høyere for prøvene innsamlet på våte virkedager enn for de innsamlet på tørre virkedager. Dette gjelder både undersøkelsene av fine og grove støvpartikler. En mulig forklaring på dette kan være at man på tørre dager vil måle den samlede aktivitet av avgasser og veistøv, mens man på de våte dagene bare vil måle aktiviteten av avgasser. Dette vil igjen bety at veistøvet har en lavere aktivitet enn avgasspartiklene og således fortynner effekten når det gjelder utslagene på tørre dager.

I en prøve av innsamlet veistøv ble det imidlertid funnet en spesifikk aktivitet som lå høyere enn den som ble funnet av svevestøv på tørre dager. Imidlertid kan disse 2 prøvene neppe sammenlignes direkte idet innholdet av svevestøv fra veidekket og de større støvpartiklene som ble innsamlet på veien sannsynligvis varierer meget og derfor kan ha forskjellig aktivitet i transformasjonssystemet.

Dersom vi kan anta at ved aktiviteten i målingene på våte dager skyldes avgasser, mens det på tørre virkedager skyldes både svevestøv fra asfaltdekket og avgasser fra motorkjøretøy, kan det konkluderes med at i celletransformasjonstesten synes svevestøv fra veibanen å ha mindre evne til å transformere SHE celler enn svevestøv fra bilavgasser.

REFERANSER

1. Berwald, Y. and Sachs, L. (1983), In vitro cell transformation with chemical carcinogens, *Nature*, 200: 1182-1184.
2. Berwald, Y. and Sachs, L. (1965), In vitro transformation of normal cells to tumor cells by carcinogenic hydrocarbons, *J. Natl. Cancer Inst.*, 35: 641-661.
3. DiPaolo, J.A. Donovan, P. and Nelson, R. (1969), Quantitative studies of in vitro transformation by chemical carcinogens, *J. Natl. Cancer Inst.*, 42: 867-874.
4. Pienta, R.J., Poiley, J.A. and Lebhertz, W.B., III (1977), Morphological transformation of early passage golden Syrian hamster embryo cells derived from cryopreserved primary cultures as a reliable in vitro bioassay for identifying diverse carcinogens, *Int. J. Cancer*, 19: 642-655.
5. Pienta, R.J. (1980), Evaluation and relevance of the Syrian hamster embryo cell system. In: *The Predictive Value of Short-Term Screening Tests in Carcinogenicity Evaluation. Applied Methods in Oncology, Vol 3*, pp 149-169. Editors: G.M. Williams et al. Elsevier/North Holland biomedical Press, Amsterdam.
6. Rivedal, E. and Sanner, T. (1982), Promotional effect of different phorbol esters on morphological transformation of hamster embryo cells, *Cancer Lett.*, 17: 1-8.
7. Sanner T, and Rivedal E. Tests with the Syrian hamster embryo (SHE) cell transformation assay. (1985), In: *Progress in Mutation Research, Vol 5*, WHO. (J. Ashby, F.J. deSerres, M. Draper, M. Ishidate, B. Margolin, B. Matter, B.D. Shelby, Eds.) pp 665-671, Elsevier Science Publishers, Amsterdam.

DAY -1
SEEDING OF 6×10^4
X-IRRADIATED (4500 R)
FEEDER CELLS.



DAY 0
SEEDING OF 200
TARGET CELLS.



DAY 1
ADDITION OF FIRST
TEST SUBSTANCE.



DAY 4
REMOVAL OF MEDIUM,
WASHING, ADDITION OF
SECOND TEST SUBSTANCE.



DAY 8
FIXING AND STAINING
OF CELL COLONIES.



Fig. 1. Skjematisk test-prosedyre.

Uvistar Kinguin.

- x 891
- o 892
- x 894
- o 895
- x 904
- o 905
- x 906

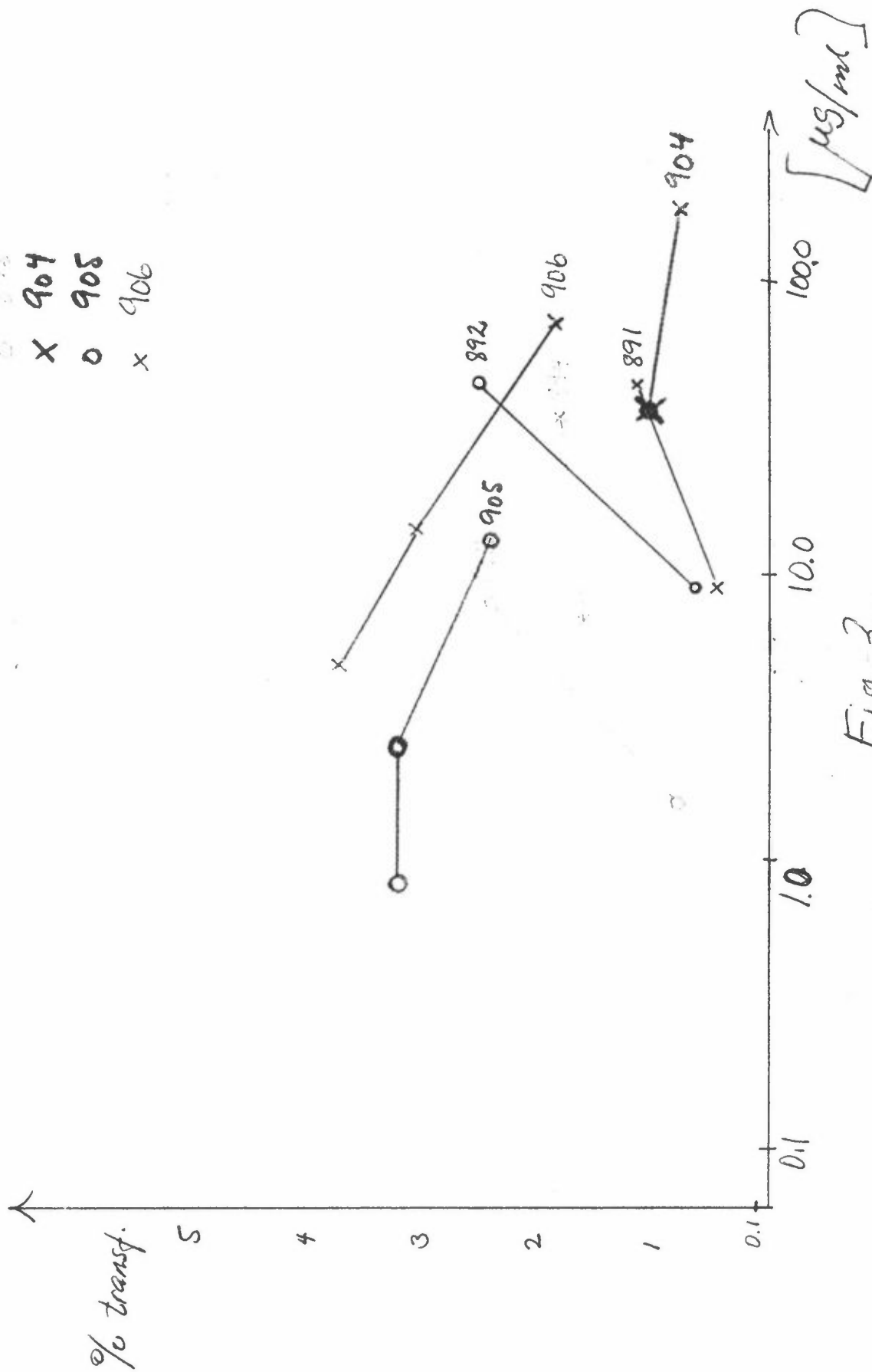


Fig. 2.

Veistos Lingveim.

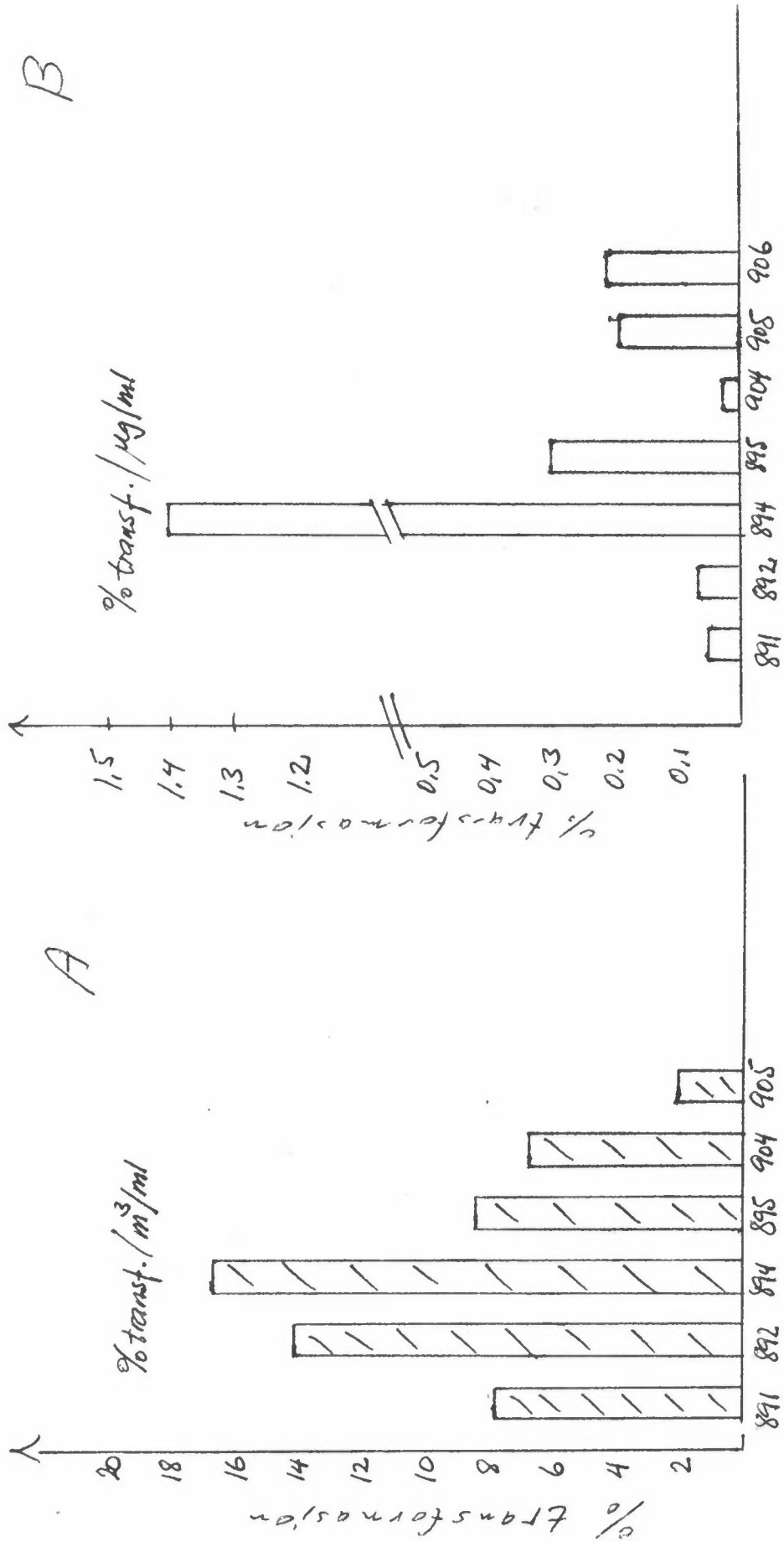


Fig 3

0-8431

5.9.95

PRØVER FRA RINGVEIEN V/ ULLEVÅL STADION MARS-JUNI

Inger Hagen

FILTRE FOR VIDERE ANALYSE VED SI

Dato	Filternr.	Luftvolum m ³	part. vedt mg		Forhold
			FIN	GROV	
1.4	R3	ca. 800	123	213	Tørt, virkede
10.4	R17	" 625	128	121	— " —
11.4	R21	" 590	136	138	— " —
27.3	R4 24	" 810	9.5	6	Vått, virkede
7.6	R25	" 790	22	8.5	— " —
"	R24	" 740	17	8.5	— " —
14.6	R30	" 600	≈ 27	5.5	— " —
"	R29	" 575	25.5	8	— " —
23-24.3	R6	" 1550	27	4.5	Vått, hele
1.5	R8	" 500	8	1.4	— " —

1. Ta både bunnfilter og spaltet
2. Ta 1/4 fra alle filter, og lagre demme ved NILV

totalt SI har fått
 Analys av bestandsdel: Ullevål I : 90 mg 41.72 mg
 — " — II : 79 mg 29.02 mg

Ta ca 1/2 parten av hver part og send til SI. Lagre resten på til

Vedlegg B. 84

SI 28.10.85.

$\rho = 1,1$

Prøver fra Ringveien:

Vekt prøve til Radium

- 891s = R3 bunnfilter	2.213 g
- 892s = R17 bunn	2.195 g
893s = R21 bunn	2.200 g
- 894s = R4 bunn	2.201 g
- 895s = R25 bunn	2,198 g
898s = R29 bunn	2,198 g
899s = R6 bunn	2,198 g
- 904s = R3 + R17 + R21 spalte filter	2.200 g
- 905s = R4 + R25 + R24 + R30 + R29 spalte filter	2.202 g
- 906s = Ullevål I + Ullevål II støvprøver	1.103 g

Prøvene er løst i DMSO.

Prøve konc:

891s -	132.2	m^3/g DMSO ekstr.	= 145.4	cm^3/ml
892s -	102.9		= 113.2	
893s -	97.0		= 106.7	
894s -	133.8		= 147.2	
895s -	130.4		= 143.4	
898s -	97.6		= 279.8	
899s -	254.4		= 391.7	
904s -	356.1		= 617.1	
905s -	561			
906s -	33.1 mg støv	/g DMSO ekstr.		

75/2 %

no. 10000 mg

Transformasjon
(gjen.sn., bakgrunn fratrukket)

Prove	500x	2500x	7500x	μ^3 / ml DMSO	mg/ml DMSO
891	1.15	0.45		145.4	22.3
892	2.5	0.65		113.2	23.13
894	1.8	1.6		147.2	1.73
895	2.4	0.8		143.4	4.0
904	0.75	1.05		391.7	91.76
905	2.4	3.2	3.2	617.1	6.42
906	1.85	3.05	3.7	-	36.51

VEDLEGG D

Mineralogisk sammensetning av asfaltdekker.
Notat fra Veglaboratoriet.

Veglaboratoriet
28. april 1986
T. Jørgensen

P-403 STØV FRA BITUMINØSE VEGDEKKER

MINERALOGISK SAMMENSETNING AV ASFALTDEKKER

Jeg har tatt utgangspunkt i en tett asfaltbetong (Ab 16t) som benyttes på høytraffikerte veger.

Det vil til enhver tid bli benyttet forskjellige dekketyper og forskjellig sammensetning i dekketypene (forskjellig resept).

Kornkurven i asfaltbetongen blir ofte satt sammen av forskjellige materialtak, noe denne oversikten skulle vise. I resepten for Ab 16t (eksempel er vedlagt) angis hvilke materialtak som inngår.

Jeg har forsøkt å finne den mineralogiske sammensetningen i disse aktuelle materialene i vårt arkiv.

I tillegg vedlegges en oversikt over hvilke mineraler som er vanligst forekommende i material- og grustak som leverer steinmaterialer for asfalt.

28.4.86
T. Jørgensen 92
Veglaboratoriet

OVERSIKT MINERALSK SAMMENSETNING I Ab 16t

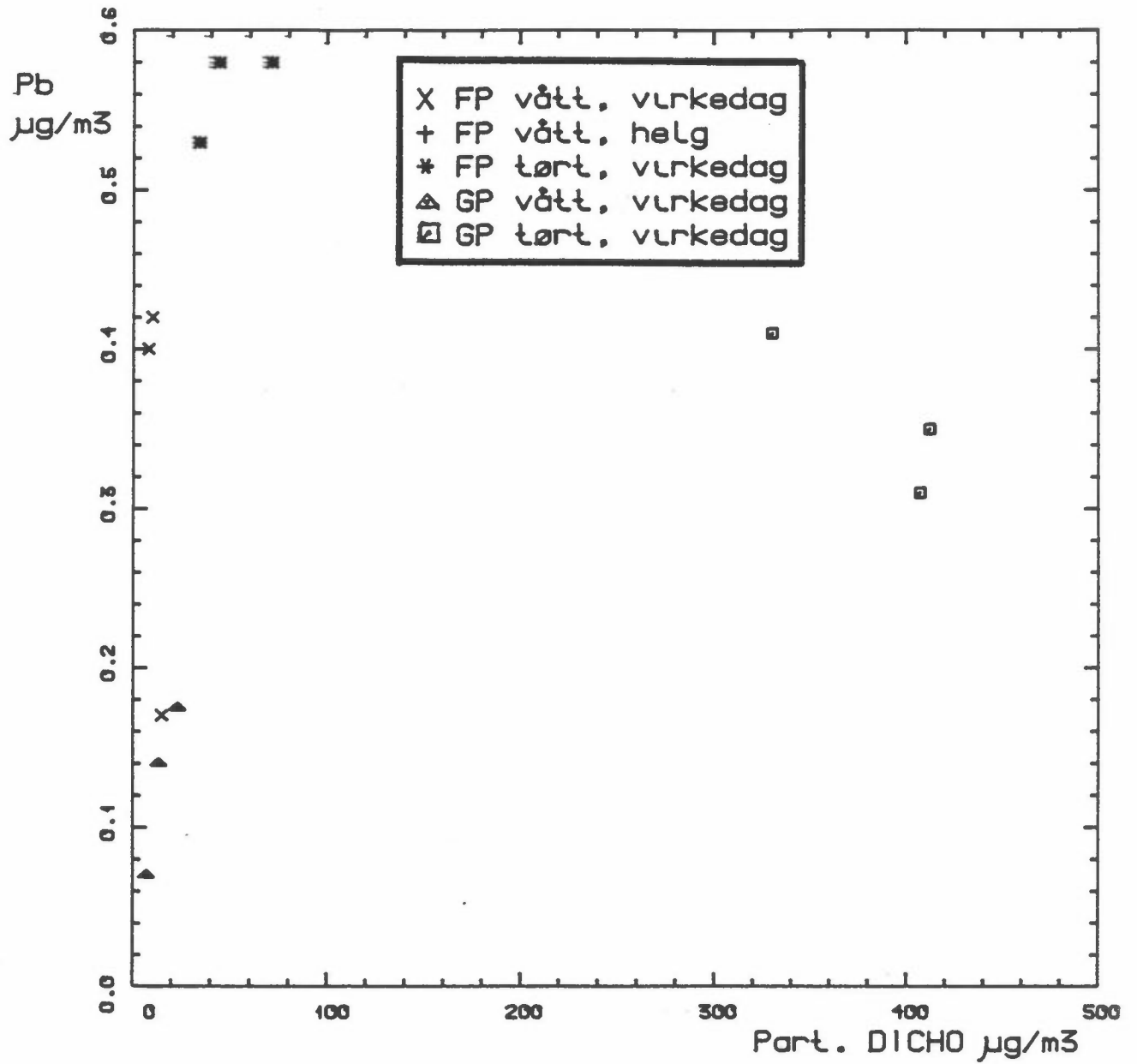
Fylke	Resept %	Materialtak	Mineral	Kvartsinnh. %
Oslo	90	Huken	Basalt	0
	10	Kalkfiller		0
Akershus E68 Kirkerud	10	Råsjø	Kvartsitt	100
	69	Steinshøgda	Basalt	0
	14	Myrvang	Amfibolitt?	0?
	7	Franzefoss filler	Kalkstein	0
Bærum	79	Steinshøgda	Basalt	0
	14	Myrvang	Amfibolitt?	0?
	7	Franzefoss filler	Kalkstein	0
Lillestrøm	95	Feiring	Granittisk gneis, amfibolitt, noe kvartsitt/glimmer- skifer	?
	5	Kalksteinsfiller		0
Buskerud E18 Kobbervik- dalen	75	Lierskogen	Hornfels, skifer noe kalkstein/marmor Granitt (?)	0
	19	Lyngås		~30%?
	6	Franzefoss filler	Kalkstein	0
E76 Vinnes- Herstrøm	98	Hokksund	83% finkr. amfibo- littisk gneis 17% amfibolitt	0
	2	Franzefoss filler		Kalkstein
Bremark E18 Skien/ Porsgrunn?	20	Havrøyna	Lys Anorthositt, noe glimmer Gabbro Hornfels	0
	25	Valberg		0
	50	Hornfels		0
	5	Kalksteinsfiller		0
Rogaland Rv. 14 Stavanger	20	Hellevik	Middelkr. Anorthositt 80% glimmerh. amfibo- litt 20% granittgneis	0
	74	Vølstad		~0
	6	Kalksteinsfiller		
	95	Tau	Kvartsitt(32%) Kloritt Plagioklas(63%) Glimmer	~30%
5	Kalksteinsfiller	0%		
Hordaland Bergen?	46	Eikefet	Granittisk og amfi- bolittisk gneis granittisk gneis	~25%
	46	Helle		~30%
	8	Risnes filler	?	

Fylke	Resept %	Materialtak	Mineral	Kvartsinnh. %
Sør-Trøndelag	20	Havrøyna	{ Lys Anorthositt, noe glimmer	0
Trondheim?	10	Vassfjell	{ ?	55-60
	50	Gaula	{ 40% kvartsitt, 40% gneis 10% grønnstein, 10% glimmerskifer	
	13	Gjesmo	{ ?	0
	17	Hylla filler	{ Kalkstein?	
Nordland	20	Rekefjord	{ Grov/middelkr. gabbro	0?
Rv. 80 Bodø?	75	Finneid	{ Amfibolitt, helle- skifrig gneis glimmerskifer	?
	5	Hammerfall filler	{ Kalkstein?	0

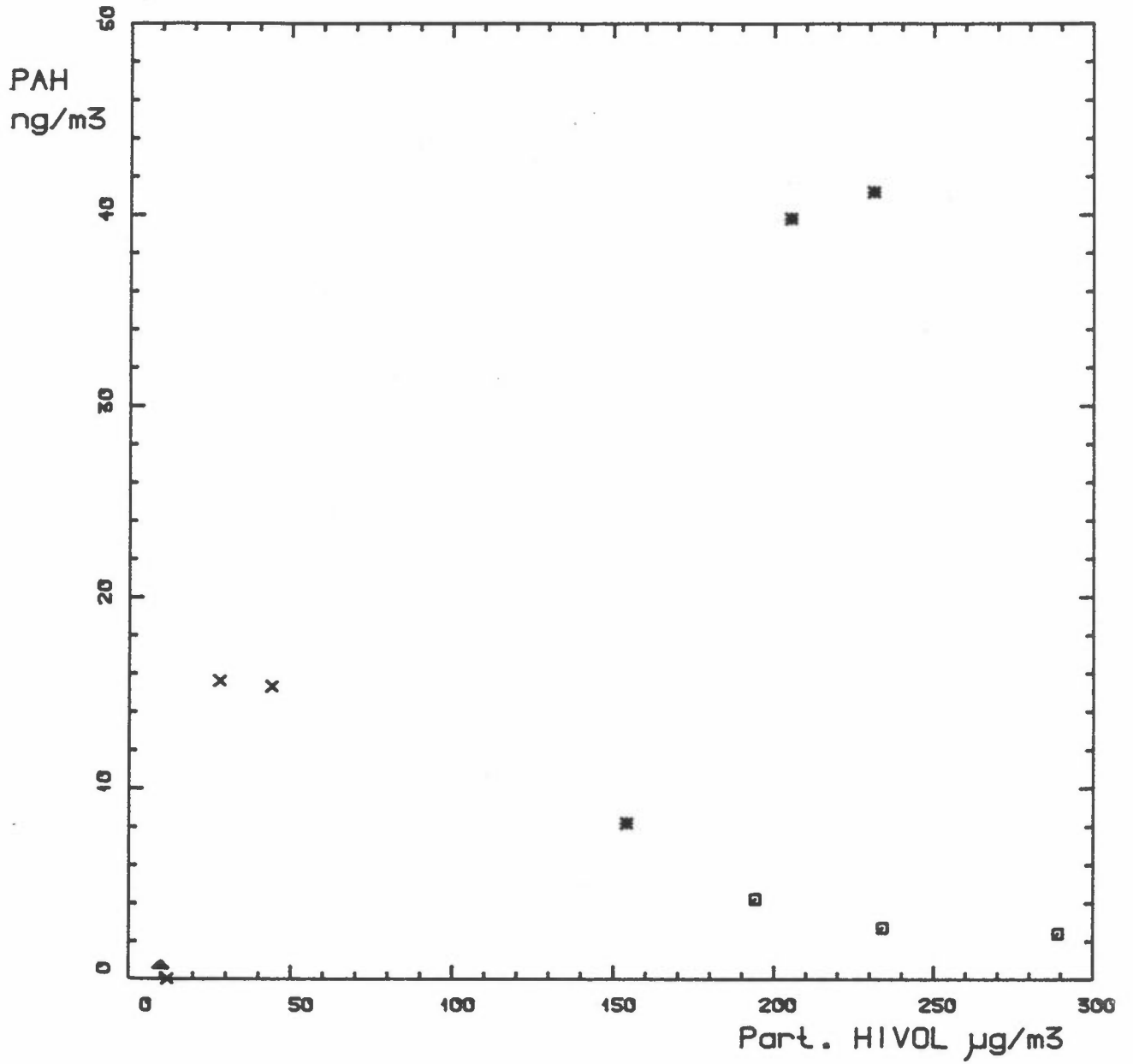
VEDLEGG E

Sammenhenger mellom
støv og bly, PAH, mutagenitet og celle-transformasjon

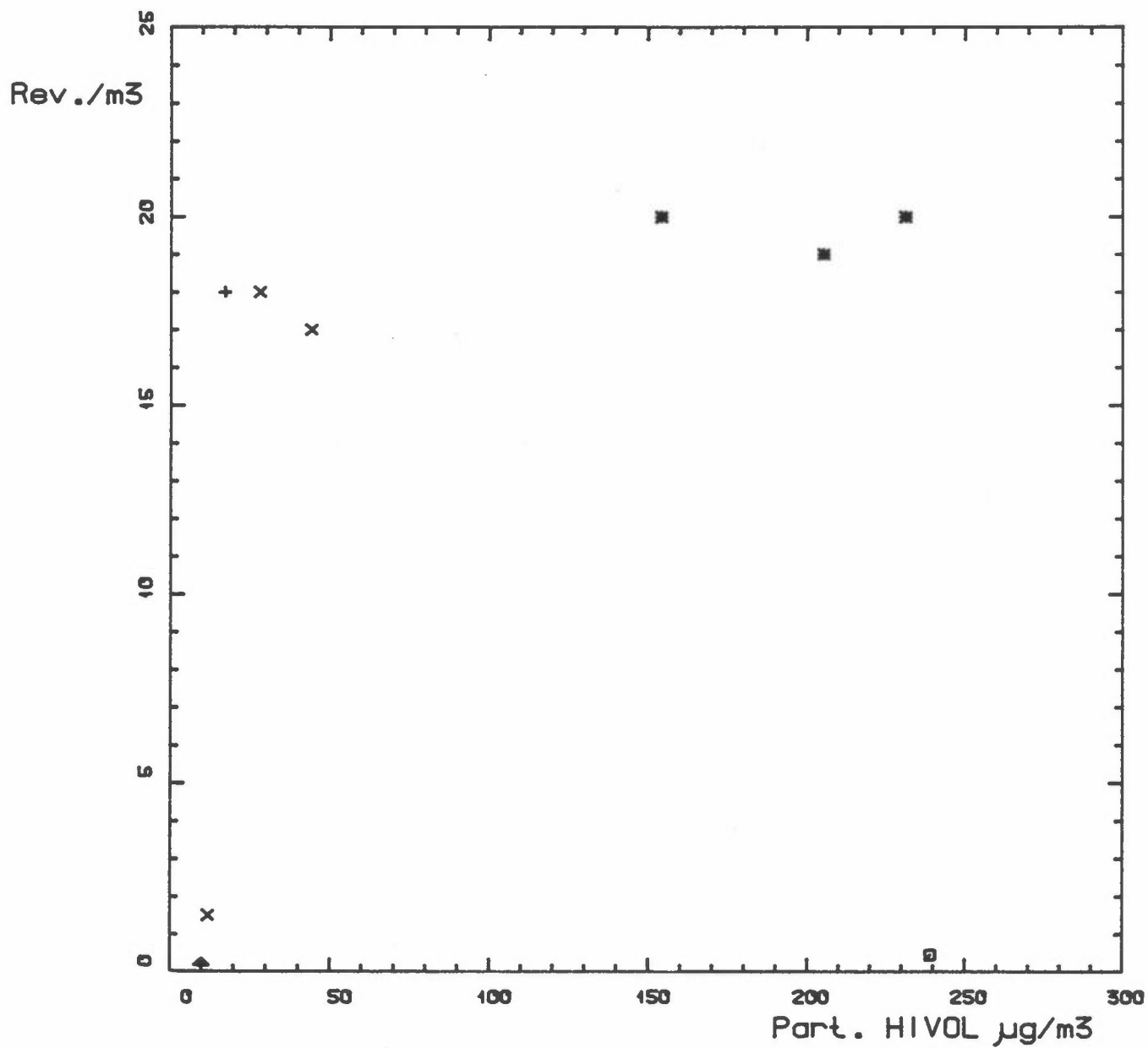
Partikler vs Bly



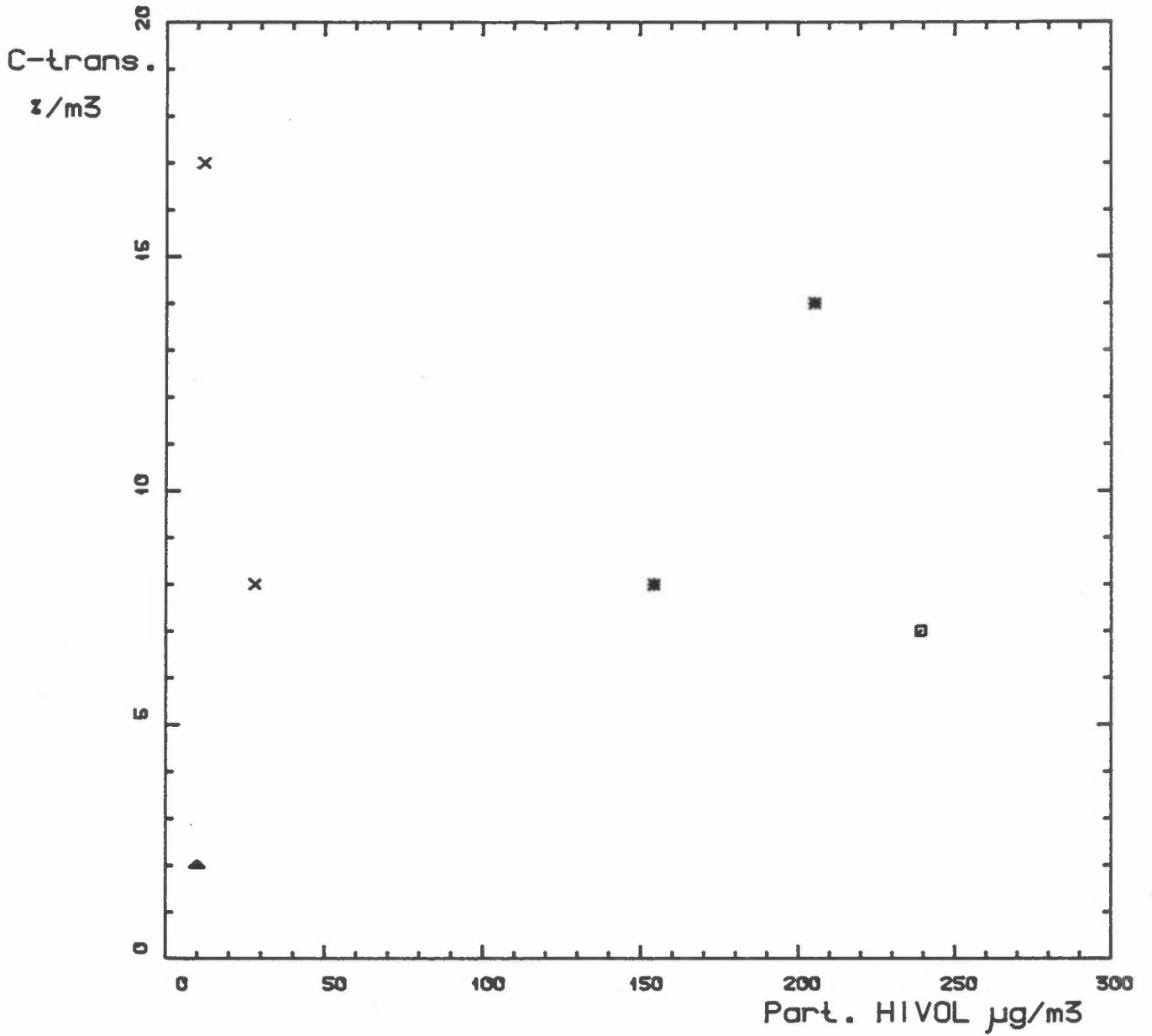
Partikler vs PAH



Partikler vs Mutagenitet



Partikler vs Celle(SHE)-transformasjon



VEDLEGG F

Test av ulike løsningsmidler.
Rapporter fra SI og LAMYK

Mottatt: 11.86	Sett: 80	Referanse: 08431
Åpne.: <i>SL</i>	Besvar:	
Sirkulerer til: <i>SL</i>		<i>Prøve</i>
Signatur: <i>Korn</i>		<i>svj</i>

103
103

**SENTER FOR
INDUSTRIFORSKNING**

Forskningsveien 1, Postboks 350 Blindern, 0314 Oslo 3, Tlf. (02) 45 20 10

NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING
V/ Steinar Larsen
Postboks 130
2001 Lillestrøm

R A P P O R T

Deres ref	Deres henv av	SI's saksbehandler SVJ/svj	Dato 031186
Oppdragets tittel	MUTAGENITETSTESTING AV PARTIKKELPRØVER, STORE RINGVEI. TILLEGGSUNDERSØKELSE VEDR. EFFEKTIVITET AV ULIKE LØSEMIDLER.		Oppdrag nr 440-4023

SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Hensikten med tilleggsundersøkelsen var å se om aceton er et egnet løsemiddel for asfalt-partikler eller om ekstrakter med cykloheksan og diklormetan gir høyere mutagenitet.

Prøver av partikler i luft fra Ringveien er ekstrahert med aceton, cykloheksan og diklormetan. Ekstraktene er testet for mutagen aktivitet i Salmonella/mikrosomtesten med bakteriestammen TA 98 med og uten leverenzym aktivering (S9). Prøvene er tatt i mars 1986. Fin og grov fraksjon er slått sammen før ekstrahering.

Den mutagene aktiviteten var høyest i aceton ekstraktene, hvor aktiviteten var på 11 og 12 revertanter/m³ hhv. i prøve R5 og R11. Aktiviteten var tilnærmet lik både med og uten leverenzymaktivering.

Aktiviteten i diklormetan ekstraktene var tilnærmet lik acetonekstraktene med S9, men lavere uten S9. Cykloheksan ekstraktene viste klart lavest mutagen aktivitet og var toksisk overfor bakteriene uten S9.

Aceton er derfor bedre enn diklormetan og cykloheksan for ekstraksjon av veistøvprøver for mutagenitetstesting.

OPPARBEIDING

To filterprøver med partikler i luft fra Ringveien tatt mars 1986, ble ekstrahert i Soxhlet-apparatur i 24 timer med hhv. aceton, cykloheksan og diklormetan.

Prøvene var delt i fin og grov-fraksjon som ble slått sammen før ekstraksjon.

Prøvene ble deretter inndampet under N₂-atmosfære til nær tørrhet og overført til 1 ml dimetylsulfoksyd (DMSO).

MUTAGENITETSTESTING

Villstammer av Salmonella typhimurium kan vokse på medier uten histidin. I testen benyttes modifiserte bakterier som trenger histidin i mediet for å vokse. Etter eksponering for et mutagen vil bakteriene mutere tilbake (revertere) til histidinuavhengig vekst, og antall mutantkolonier (revertanter) kan telles fordi de kan vokse på histidinfritt medium. Antall mutantkolonier blir et mål på hvor potent mutagenet er. Et vanlig krav til positivt utslag er en dobling av antall mutantkolonier i forhold til bakgrunnen og/eller en klar lineær dose-respons sammenheng.

Visse forbindelser er mutagene bare etter omdanning i kroppen. Stoffene som krever slik metabolsk aktivering, kalles indirekte mutagener. Aktivering kan induseres med enzymer fra leverceller. Testen utføres derfor ofte både med og uten tilsats av et homogenat fra rottelever (S9). En beskrivelse av testen er gitt i vedlegg 1.

Bakteriene vil også undergå spontane mutasjoner, dvs. mutasjoner som ikke er induert av et tilsatt mutagen. Antall spontanmutasjoner er forskjellig for de ulike bakteriestammene. For TA 98 er spontanmutasjonene mellom 20-50.

Bakteriестammene som benyttes i Salmonella/mikrosomttesten, har forskjellig følsomhet for mutagener som inducerer base-par subsitusjon og leseramme-forskyvning. TA 98 er følsom for mutagener som inducerer leseramme-forskyvning.

RESULTATER

Resultatene av mutagenitetstesting er gitt i tabell 1. Alle testresultatene er gitt i vedlegg 2 og vedlegg 3. Den mutagene aktiviteten var høyest i acetonekstraktene. Aktiviteten var på 11 og 12 revertanter/m³ i acetonekstraktene av hhv. R5 og R11.

Sammenlignet med acetonekstraktene viste diklormetaneekstraktene lik eller lavere mutagen aktivitet ved nærvær av leverenzym, mens aktiviteten var halvert ved testing uten aktivering med leverenzym.

Cykloheksaneekstraktene viste lavest mutagen aktivitet, og ingen mutagen aktivitet ble påvist uten leverenzym aktivering. Mikroskopiering av testplatene med cykloheksaneekstraktene uten leverenzym aktivering, stadfestet toksiske effekter på bakteriene ved de høyeste prøvekonstrasjonene.

Tabell 1.

Mutagen aktivitet i ekstrakter av partikkelprøver, store Ringvei.
Verdiene i tabellen representerer antall revertanter/m³.

Prøve	Løsemiddel	TA 98	
		+ S9	- S9
R5	Aceton	11	11
R5	Cykloheksan	7	toxisk
R5	Diklormetan	11	6
R11	Aceton	12	12
R11	Cykloheksan	5	toxisk
R11	Diklormetan	9	7

Med hilsen
SENTER FOR INDUSTRIFORSKNING

Inger Hagen

Inger Hagen
Dr. philos

Svein Johansen

Svein Johansen
Ing.



VEDLEGG 1

HVA ER AMES' TEST?

Ames' test (Salmonella-testen) benyttes til orienterende undersøkelser av stoffers mutagene (arvestoffskadende), eventuelt kreftfremkallende virkning. Ved forsøk er det funnet at 80-90% av de stoffer som er kreftfremkallende i dyreforsøk, også er mutagene i Ames' test. Metoden er en korttidstest med Salmonella-bakterier, utviklet av Bruce Ames, Berkeley, California.

Det anvendes spesielle Salmonella-bakterier, som mangler evnen til å gro uten aminosyren histidin, dvs bakteriene formerer seg ikke i fravær av histidin. For å vokse og danne kolonier på et histidin-fritt medium, må bakteriene gjennomgå en mutasjon. Et mutagent stoff vil føre til at et økt antall kolonier vokser opp.

Mange stoffer virker som aktive mutagener eller karsinogener først etter omdanning (metabolisering) i kroppen (indirekte mutagener). Bakterier, som har et meget enklere enzymsystem enn pattedyr, vil normalt ikke metabolisere indirekte mutagener. For å simulere betingelsene i pattedyr, aktiveres testsubstansen ved tilsetning av et leverenzympreparat fra rotter til testsystemet.

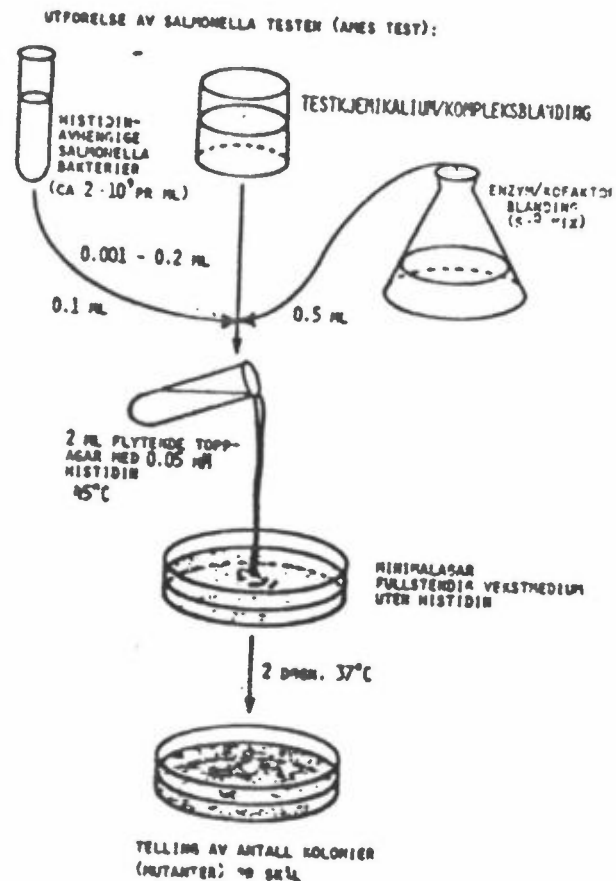
HVORDAN TESTES PRØVER I PRAKSIS?

Metoden utføres som beskrevet av Ames et al. (Mutation Research 31, 1975, 347).

Rent eksperimentelt gjøres følgende:

Til et reagensrør med 2 ml smeltet toppagar (45°C) tilsettes 0.1 ml bakteriekultur (ca 10^8 celler) og testsubstans. Det hele blandes raskt og helles over på vekstplater. (Minimalplater kun tilsatt spor av histidin for igangsettelse av vekst.) Til halvparten av skålene tilsettes leverenzymblanding (S9-mix), 25 mg protein/plate. Platene inkuberes ved 37°C, og etter 2 døgn telles antall kolonier (mutanter) på platene. Et vanlig krav til positivt resultat er en fordobling av antall revertanter i forhold til bakgrunnen, eller en lineær doseavhengighet. Prøvene testes i 3-5 doser, med to paralleller pr dose.

For å kontrollere antall spontanmutasjoner, inkluderes plater uten tilsatt av testsubstans. Som positive kontroller blir benzo(a)pyren (BaP) og 1-nitropyren (1NP) benyttet.



Vedlegg 2:

Mutagenitetstesting av partikkelprøver, store Ringvei v/Ullevål stadion.

Ekstraktene er testet med 2 paralleller per dose; Fem paralleller av ubehandlede kontroller.

Prøve	Løse middel	SI kode	Volum μ l	Netto revertanter pr. plate			
				TA 98 - S9			
				Fors. 1	Fors. 2	Fors. 3	x
R5	A	45v	10	0*	17		17
			20		31	23	27
			50	40	48	56	48
			100			63	63
R5	C	46v	10	0*	6		6
			20		9	10	10
			50	6*	19	23	21
			100			27	27
R5	D	47v	10	0*	7		7
			20		17	16	17
			50	22	29	32	28
			100			29	29
R11	A	48v	10	31	31	37	33
			20		54	49	52
			50	99	126	105	110
R11	C	49v	10	0	3	0	1
			20		17	20	19
			50	0*	15	22	19
R11	D	50v	10	10	10	14	11
			20		44	37	41
			50	62	60	74	65
Spontanmutasjoner				24	26	29	
1 Nitropyrene 100 ng				420	333	352	

* Ikke tatt med i beregningsgrunnlaget for antall revertanter/ m^3 , fordi resultatet ligger utenfor dose-respons kurven.

Vedlegg 3:

Mutagenitetstesting av partikkelprøver, store Ringvei v/Ullevål stadion.

Ekstraktene er testet med 2 paralleller per dose; Fem paralleller av ubehandlede kontroller.

Prøve	Løse middel	SI kode	Volum μ l	Netto revertanter pr. plate			
				TA 98 + S9			
				Fors. 1	Fors. 2	Fors. 3	x
R5	A	45v	10	0*	11		11
			20		7	26	17
			50	56*	86	100	93
			100			146	146
R5	C	46v	10	0*	9		9
			20		24	21	23
			50	0*	27	40	34
			100			59	59
R5	D	47v	10	7	7		7
			20		29	25	27
			50	41*	81	74	78
			100			127	127
R11	A	48v	10	23	23	36	27
			20		41	51	46
			50	102	109	149	120
R11	C	49v	10	0*	7	13	10
			20		11	20	16
			50	0*	65	81	73
R11	D	50v	10	0*	21	8	15
			20		47	55	51
			50	80	87	117	95
Spontanmutasjoner				38	29	22	
B (a) P 2.5 μ g					417	346	

* Ikke tatt med i beregningsgrunnlaget for antall revertanter/ m^3 , fordi resultatet ligger utenfor dose-respons kurven.



Oslo, 25. februar 1987
TS/TW lab.716

Forsker Steinar Larssen
Norsk Institutt for Luftforskning
P.O. Boks 64
2001 LILLESTRØM

STØV FRA ASFALTDEKKER. CELLETRANSFORMASJON. EFFEKT AV EKSTRAKT-SJCNSMIDLER.

To prøver av veistøv har blitt ekstrahert med aceton, cyclohexan eller diklormetan. Prøvene har blitt testet i to forsøk med hamster embryo celletransformasjonstesten. Resultatene er sammenfattet i tabellen.

Prøve	Fortynning	Forsøk 86-15		Forsøk 86-16	
		Over- levelse (%)	Trans- formasjon (%)	Over- levelse (%)	Trans- formasjon (%)
Kontroll		100	1.7	100	0.4
45V (Aceton)	2500 x 500 x	85 69	0 2.5	93 87	0.9 0
46V (Cyclohexan)	2500 x 500 x	85 92	0 0.9	93 100	0.7 1.3
47V (Diklormetan)	2500 x 500 x	77 69	0 0.6		
48V (Aceton)	2500 x 500 x	92 85	0 2.5	93 87	0 0.8
49V (Cyclohexan)	2500 x 500 x	100 85	0.4 0.5	113 87	0 0.4
50V (Diklormetan)	2500 x 500 x	69 69	0.8 0		
Diklormetan	500 x			80	0

Forsøkene er utført som angitt i hovedrapporten av 07.04.86. Bakgrunnsdataene er gitt i vedlagte tabell.

Institutt for Kreftforskning
Avdeling for miljø- og yrkesbetinget kreft

Postadresse: Montebello 0310 Oslo 3
Gateadresse: Ullernchausséen 70 Telefon (02) 50 60 50
Telegramadresse: Radhosp Telefax (02) 576539

I det første forsøk 86-15 fant vi en langt høyere hyppighet av transformerte kolonier i kontrollen enn vi normalt har. Vi antar at det har vært en feil her uten at vi kan påvise noe. Kontrollverdien i det andre forsøket er normal idet vi i gjennomsnitt har omkring 0.2% transformasjonshyppighet i kontrollene.

De opprinnelige prøvene ble ekstrahert med aceton. Resultatene viser at ekstraksjon med cyclohexan og diklormetan ikke gir høyere utslag enn ekstraksjon med aceton. Diklormetan er noe mer toksisk ovenfor cellene enn de to andre løsemidlene. På grunn av at disse mer preliminare forsøkene ikke ga høyere utslag med cyclohexan og diklormetan enn med aceton, har vi ikke gjort flere forsøk.

Med vennlig hilsen



Tore Sanner
forskningssjef
professor, dr.philos

uppe	n. jernnummer	tygform	80-10										← w. væner / smax					
1	Kontroll	fort.	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	13	234	4	1,7
2	Veistør Ringveien 45V	2500x	28	30	30	18	0	0	0	0	0	0	0	0	11	198	0	0
3	— " — (acetone)	500x	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	9	162	4	2,5	
4	Veistør Ringveien 46V	2500x	22	14	20	0	0	0	0	0	0	0	0	11	198	0	0	
5	— " — (Cyclohexan)	500x	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	216	2	0,9	
6	Veistør Ringveien 47V	2500x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	180	0	0	
7	— " — (Diklormetan)	500x	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	162	1	0,6	
8	Veistør Ringveien 48V	2500x	16	18	20	24	0	0	0	0	0	0	0	12	216	0	0	
9	— " — (Acetone)	500x	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	11	198	5	2,5	
10	Veistør Ringveien 49V	2500x	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	234	1	0,4	
11	— " — (Cyclohexan)	500x	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	198	1	0,5	
12	Veistør Ringveien 50V	2500x	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	126	1	0,8	
13	— " — (Diklormetan)	500x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	90	0	0	
7	: Diklormetan lager store gropes i plastene, men det ser egentlig ikke ut til å påvirke kolonidannelsen																	
17																		111

VEDLEGG G

Plan for undersøkelsen.

NILU
REFERANSE: O-8431
DATO : FEBRUAR 1985

STØV FRA ASFALTDEKKER
(Veglaboratoriets prosjekt P-403)
Prosjektplan

Steinar Larssen

1 INNLEDNING

Veglaboratoriet har bedt om NILUs assistanse til å undersøke om støv fra piggdekkslitasje av asfaltdekker kan innebære noen form for helserisiko for mennesker som ferdes langs veien eller bor i veiens nærhet. Etter et første møte om prosjektet i februar 1984, utarbeidet Veglaboratoriet et forslag til framdriftsplan for undersøkelsen (vedlegg 1). Detaljplan for undersøkelsen skulle fastlegges i oktober 1984, feltmålinger utføres i februar-april 1985 og prosjektet avsluttes med rapport i desember 1985.

NILU utarbeidet i august en første prosjektskisse (vedlegg 2). I høst er også opprettet samarbeide med det svenske Naturvårdsverket og andre svenske institusjoner, som er i planleggingsfasen av et prosjekt for utvikling av en spredningsmodell for partikler i luft ved veier. Vårt prosjekt og det svenske har mange likhetspunkter. I november ble holdt et møte i Stockholm der S. Larssen var tilstede, for å diskutere felles problemstillinger og mulig samarbeide (møtereferat, vedlegg 3).

Her framlegges forslag til detaljplan for undersøkelsen for Veglaboratoriet.

På nåværende tidspunkt omfatter planen vurdering av helse-risiko basert på den respons som partikkelprøver gir i biologiske testsystemer. Det bør vurderes i hvilken grad en også skal vurdere mulige virkninger av asbest som kommer fra slitasje av bremses, kvarts fra steinmaterialet i veidekket, og evt. andre stoffer. Dette er nå ikke inkludert i prosjektplanen.

2 ANDRE RELEVANTE UNDERSØKELSER

NILU har tidligere, på oppdrag fra Statens forurensnings-tilsyn, utført en litteraturundersøkelse på temaet "luftforurensning fra slitasje av veidekke, bildekk og bremsebånd", samt en forundersøkelse av støvforurensning ved veier i Norge

(1). Litteratursøkingen ga ingen nevneverdige referanser som behandlet helserisiko-aspektet av støvforurensning ved vei.

Forundersøkelsen besto av analyse av støvprøver tatt ved veier i Oslo, Bergen og Trondheim. Hovedvekten var lagt på mengde og størrelsesfordeling av støvet, men noen analyser av støvets innhold av bly og helseskadelige organiske stoffer ble også utført. Undersøkelsen ga ingen avklaring på helserisiko-spørsmålet.

Naturvårdsverket i Sverige har utarbeidet en sammenstilling (2) av litteratur rundt emnet "spredning av partikler fra veier", som blant annet behandler veidekke-slitasje og resulterende partikkelforurensning. Dette arbeidet videreføres nå med et prosjekt for utvikling av en partikkelspredningsmodell for veier (3). I dette svenske prosjektet vil ikke helserisiko-spørsmålet bli behandlet spesifikt i første omgang. En del av de data som er nødvendig for en helserisiko-vurdering er imidlertid også nødvendig input i en partikkelspredningsmodell.

3 OVERSIKT OVER UNDERSØKELSEN

Undersøkelsen skal søke å besvare spørsmålet om den partikkelforurensning som skyldes trafikkens slitasje av veidekket kan tenkes å ha en negativ helse-effekt på den som utsettes for den. For å besvare spørsmålet, kan to hovedoppgaver defineres:

1. Karakterisering (størrelse, kjemisk sammensetning) av støvet som skyldes veidekkeslitasjen, og støvet fra andre hovedkilder til svevestøv i luften ved veier.
 2. Bestemmelse av veistøvets bidrag til samlet svevestøvforurensning ved veier, og bidraget fra veistøvet til svevestøvets respons i biologiske testsystemer.
-

Prosjektskisse 1 (vedlegg 2) gir en oversikt over de kilder som bidrar til støvforurensningen ved veier, og hvilke forhold som i størst grad avgjør hvor stor støvbelastningen kan bli.

De viktigste kildene er:

1. Bileksos (fra bensin- og dieseldrevne biler)
2. Direkte (momentan) veidekkeslitasje
3. Resuspensjon (oppvirvling) av veistøvdepotet
4. Bakgrunnstøv (som bringes inn til lufta ved veien fra omgivelsene, og inkluderer bakkestøv og partikler fra fyring, bileksos og andre kilder utenfor veien).

En vurdering av slitasjestøvet og resuspensjonens eventuelle helse-effekt krever følgende kunnskap om støvet:

1. Støvkonsentrasjonen i luft (g/m^3) i forhold til fra andre hovedkilder.
2. Støvbelastningens tidsvariasjon.
3. Støvetts størrelsesfordeling (respirable/inhalerbare partikler).
4. Kjemisk sammensetning i hver størrelsesfraksjon.
5. Støvetts respons i biologiske testsystemer, som bakgrunn for en vurdering av helse-effekt.

Alle disse støv-parametre varierer med faktorer som

- veidekkeforhold (type, vått/tørt, nytt/gammelt)
- årstid (piggdekk/sommerdekk)
- vegstøvdepotets størrelse (rengjøring)
- vindstyrke, -retning og turbulens
- kjørehastighet, trafikksammensetning (andel tungtrafikk)

Helserisiko-aspektet er satt i fokus i dette prosjektet. I lys av at lite er kjent om dette på nåværende tidspunkt, synes det rimelig å foreslå en trinnvis oppbygging av prosjektet:

Fase 1: Avklaring av om helse-risikoen knyttet til veistøv kan være av betydning.

Dette innebærer å skaffe tilveie noen prøver av oppvirvlet veistøv, støv fra momentan veidekkeslitasje og fra samlet svevestøv ved veier, tatt under forhold som gir stor støv-belastning.

Kjemisk analyse og biologisk testing av prøvene bør både kunne avklare om støvet kan ha helsemessig betydning, og hvor stort bidrag veistøvet gir til samlet svevestøv ved veier.

Fase 2: Dersom trinn 1 gir som resultat at helse- og risikoen fra veistøv bør tas hensyn til, bør en gå videre i prosjektet med en bredere kartlegging.

Fase 1 foreslås å følge opplegget i prosjektskissen. Det innebærer at følgende to hovedoppgaver i fase 1 kan defineres:

1. Karakterisering av de partikler som kommer fra kildene definert ovenfor.

Dette innebærer:

- prøvetaking av partikler fra momentan veidekkeslitasje, oppvirvlet støv fra veistøvdepotet, bilekso og bakgrunnstøv ved de valgte målesteder. Prøvetakingen skal klassifisere støvet i definerte størrelsesfraksjoner.
- kjøp og modifisering av prøvetakingsutstyr for å tilfredsstille de krav en setter til prøvene.
- analyse (kjemiske og i biologiske testsystemer) av partikkelprøvene.

Prøvene av veistøv bør tas under ulike forhold:

- tørt/vått veidekke
- dårlig/god rengjøring (tilsvarende stort/lite veistøvdepot)
- sterk/svak vind
- piggdekk/sommerdekk

I første omgang legges hovedvekt på prøver under forhold som gir maksimalt bidrag fra veistøvdepotet: tørt veidekke om våren. For å minimalisere bidraget fra andre kilder tas prøver om natten, når det er svak vind og relativt mildt.

Prøvene av momentan veidekke-slitasje tas slik at bidragene fra andre kilder minimaliseres. Dette oppnås ved å ta prøver i en sommerperiode når veistøvdepotet er lite, om natten ved svak vind og tørt veidekke.

Prøvene av bileksos tas om sommeren, om dagen ved vått veidekke og svak vind.

2. Bestemmelse av samlet støvforurensning ved veier, og veistøvet bidrag til dette.

Her bør bidraget til følgende forhold bestemmes:

- bidraget til støvbelastningen
- bidraget til støvets innhold av helseskadelige stoffer
- bidraget til støvets respons i biologiske testsystemer

Dette innebærer at prøver av totalt svevestøv i luft tas ved de veier som velges ut. Disse prøver gjennomgår samme analyseprogram som kilde-prøvene (kjemisk analyse og biologisk respons).

Veistøvet bidrag til svevestøvet målt ved veien beregnes ved hjelp av massebalanse-analyse, basert på resultatene av de kjemiske analyser.

Denne metoden er vanlig brukt for å bestemme kilder til støvforurensning. Metodens suksess avhenger av at en, basert på den kjemiske analysen, finner grunnelementer som er typiske for de ulike kilder. I utgangspunktet vil vi se bl.a. på følgende grunnelementer:

Bileksos : Pb, evt. elementært C
Oppvirvlet støv: Si, Pb, Fe, S, Na, K
Bakgrunnstøv : V, Ni

I første omgang legges hovedvekt på prøver under forhold som gir maksimalt bidrag fra veistøvdepotet: tørt veidekke om våren, med turbulent vind.

Svevestøvprøvene bør tas under definerte vind- og trafikkforhold, slik at bidraget fra veitrafikken (veistøv+eksos) blir betydelig i forhold til bakgrunnen, og slik at bakgrunnen kan defineres. Følgende forhold bør tilstrebes:

- prøver tas innenfor tiden 07-18
- vindretning vesentlig på tvers av veien

Prøver bør tas på to avstander: ved fortau og 15-20 meter fra veien.

4 HELSE- og RISIKO-VURDERING

Vurderingen av helserisikoen knyttet til veidekkets bidrag til svevestøvforurensningen ved veier utføres av Statens institutt for folkehelse, toksikologisk avdeling og Norsk Hydro's institutt for kreftforskning, laboratorium for miljø- og yrkesbetinget kreft.

Helserisikovurderingen foretas på basis av resultatene fra de prøver og analyser som foreslås i prosjektet. Vurderingen vil hovedsakelig være knyttet til mengden støv, støvets respons i biologiske testsystemer, og støvets innhold av stoffer som PAH, bly og kvarts.

Mutagenitetstester og celle-transformasjonstester ansees som akseptable biologiske tester for undersøkelsens formål.

For helserisikovurderingen ansees det viktigst først å se på den samlede svevestøvforurensning som en i praksis har ved en sterkt trafikkert asfaltvei (dvs. fase 1, hovedoppgave 2, side 6) og deretter å se på kildeprøver for veidekke-slitasje, etc. (fase 1, hovedoppgave 1, side 5).

5 DETALJPLAN

5.1 Målesteder/måleperioder

Veistrekninger for å ta prøver av partikler i veistøvdepotet velges ut i samråd med Veglaboratoriet, og med basis i kriteriene beskrevet under. Det etablerte målestед ved Ullevål stadion ansees å kunne benyttes til å ta svevestøvprøver ved vei. En regner ikke med at Novoasfalt-belegget der endrer veidekke-slitasjonen i forhold til det som er vanlig. Prøvetakingen bør i hovedsak utføres på sen vinteren/tidlig vår, mens veistøvdepotet er stort og piggdekk ennå er i bruk.

Ved kartlegging av svevestøv-forurensning og dens variasjon ved veier i tettsteder, må målesteder og måleperioder velges slik at følgende forhold dekkes:

Dekktype : piggdekk (vinter)/vanlige dekk (sommer)
 Kjørehastighet : ringveier med relativ høy hastighet (60-80 km/h)/sentrumsgater med lav hastighet (20-30 km/h)
 Vegdekkets alder : gammelt (slitt, sprukket)/nytt (nyere enn noen måneder)
 Renhold : dårlig/godt
 Andel tungtrafikk: >10-15%/<5%

En har da sett bort fra at det finnes ulike veidekke-typer. Det legges i dag i hovedsak én type asfaltdekke på veier i tettsteder, og en vil konsentrere seg om dette.

Formålet i undersøkelsens fase 1 er å søke å klarlegge om helse-effekt av støvet er sannsynlig, og å få en idé om størrelsen av den eventuelle helse-risiko. I denne fasen bør en konsentrere undersøkelsen om et sted og periode der veistøvforurensningen er stor, slik at risikoen ved høy, med dog typisk, støvforurensning kan vurderes.

Støvforurensningen øker med økende kjørehastighet, økende tungtrafikkandel, sannsynligvis også ved økende alder på veidekket. Støvbelastningen vil være høy ved ringveier med gammelt veidekke på ettervinteren.

Valg av veistrekninger for å ta prøver av støv fra veistøvdepot og momentan slitasje gjøres i samråd med Veglaboratoriet, basert på kriteriene over.

Måling av svevestøv ved veier krever at det etableres stasjonære anlegg for drift av de aktuelle prøvetakere. På Store Ringvei i Oslo, ved Ullevål stadion, ble det sommeren 1984 etablert et målested for veistøvforurensning, i forbindelse med en undersøkelse av støy-skjermers innvirkning på spredningen av støv ved veier. Det ble nedlagt et stort arbeid for å få et målested som skulle fungere godt rent teknisk.

Stedet svarer i rimelig grad til de kriterier som er satt opp som gir høy støvbelastning, og bruk av dette målestedet betyr en betydelig økonomisk innsparing. Et ugunstig forhold er at veistrekningen forbi målestedet høsten 1984 ble belagt med veidekket Novophalt. I denne dekke-typen er tilsatt polyethylen (ca 5% av bitumenmengden, svarende til ca 0.25% av samlet masse) for å gjøre veidekket mindre deformerbart. Veglaboratoriet regner ikke med at slitasjen endres vesentlig av denne tilsetningen, og tilsetningen har heller ingen nevneverdig betydning når det gjelder kjemisk analyse og biologisk testing av partiklene.

En mener dette målested bør brukes også i denne undersøkelsen.

5.2 Måleprogram

5.2.1 Prøver fra veistøvdepot/oppvirvlet støv

5.2.1.1 Prøvetakingsprogram

Til denne prøvetakingen benyttes Veglaboratoriets biler, påmontert støvsuger og strømaggregat. Effektbehovet for NILUs prøvetakere vil være 1.5-2 kW.

Prøver foreslås tatt ved å suge luft/støv-blanding gjennom slange fra virvelsonen rundt bilen der støv virvles opp. Om nødvendig må kjøres med to biler, slik at støvsuger-bilen kjører i virvelsonen bak en første bil. Prøvetakingen må gjennomføres ved svært liten trafikk, dvs., om natten, for å minimalisere bidraget i prøven fra bileksos. Det er en fordel om dekk uten pigger benyttes.

Fra støvsugerslangen suges prøver inn i prøvetakingsutstyr for fraksjonering av partiklene i størrelsesklasser. Utstyret er beskrevet i kapittel 5.2.1.2.

Foreslått program:

<u>Forhold</u>	<u>Antall prøver</u>
Tørr asfalt, svak vind	2 prøver på hvert målested
Våt asfalt	2 prøver på hvert målested

Fortesting av utstyr og metodikk er nødvendig for å avgjøre hvor stor kjørelengde som er nødvendig for å få nok prøvemateriale.

5.2.1.2 Utstyr for prøvetaking

Prøver for biologisk testing og organisk analyse

- a) Prøvetaker av type "high volume sampler" (HVS) med syklon for størrelsesfraksjonering av partikler. Luftmengde $0.7-1 \text{ m}^3/\text{min}$ (se figur 1). Glassfiber-filter.

Støvfraksjoner: $d > 10 \text{ } \mu\text{m}$ (d: diameter)
 $d < 10 \text{ } \mu\text{m}$ (inhalerbart støv)
 Eventuelt også $d < 2,5 \text{ } \mu\text{m}$ (respirabelt støv)

Prøvetakerutstyret må modifiseres og tilpasses denne spesielle anvendelsen.

- b) En kan også vurdere å ta prøver direkte av veistøvdepotet som ligger på veien, og sikt-klassifisere støvet etter størrelse. Minste størrelsesklasse blir ca $< 40 \text{ } \mu\text{m}$. Denne fraksjonen kan testes for respons i biologiske testsystemer.

Prøver for elementanalyse

Prøvetaker av type "virtuell impaktor" (DVI). Luftmengde $1 \text{ m}^3/\text{min}$ (se figur 2, 3 og 4). Filtre av type Seletron.

Støvfraksjoner: $d > 10 \text{ } \mu\text{m}$
 $2 \text{ } \mu\text{m} < d < 10 \text{ } \mu\text{m}$ (inhalerbart støv)
 $d < 2,5 \text{ } \mu\text{m}$ (respirabelt støv)

5.2.2 Prøver av støv fra momentan slitasje av veidekket

5.2.2.1 Prøvetakingsprogram

Også her benyttes Veglaboratoriets "støvsugerbil". Støvsugerutstyret kjøres som når prøver tas for å bestemme slitasjefaktor, dvs. støv suges fra sonen rundt innkapslede hjul.

Prøver suges fra støvsugerslangen inn i prøvetakingsutstyr av samme type som under pkt. 5.2.1.2.

<u>Foreslått program</u>	<u>Antall prøver</u>
Tørr asfalt	2 pr. veistrekning
Våt asfalt	2 pr. veistrekning

5.2.2.2 Utstyr for prøvetaking

Her benyttes samme utstyr som for prøver av oppvirvlet støv fra veistøvdepotet: "high volume sampler" for å ta store prøver for biologisk testing og organisk analyse, og virtuell impaktor for kjemisk analyse av støvet (se pkt. 5.2.1.2).

5.2.3 Prøver av eksospartikler

5.2.3.1 Prøvetakingsprogram

Også her benyttes Vegdirektoratets bil med NILUs prøvetakingsutstyr påmontert. Prøvene tas om dagen når veidekket er vått. For å minimalisere bidrag fra bakgrunnen tas prøvene etter fyringssesongen, ved svak vind.

Disse prøver tas under forutsetning av at prøvene av oppvirvlet støv og momentan slitasje med våt asfalt viser at støvmengden fra disse kilder da er svært liten.

Prøvene tas ved at prøveluften suges rett inn i NILUs prøvetakere fra omgivelsesluften, mens bilen følger trafikkstrømmen.

Foreslått program

2 prøver under ovennevnte forhold

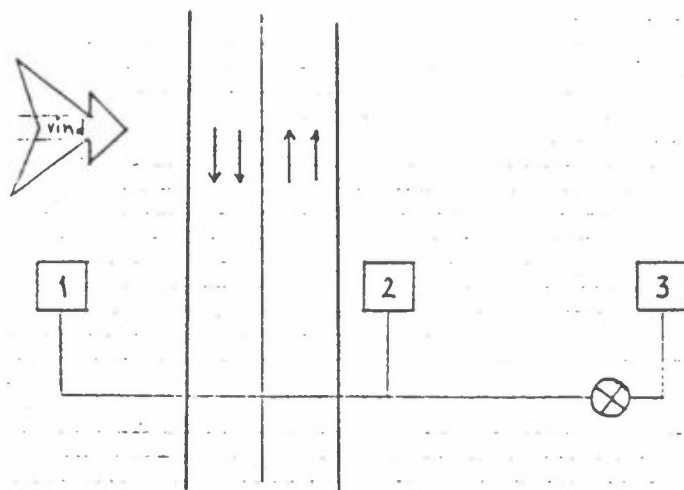
5.2.3.2 Utstyr for prøvetaking

Samme utstyr benyttes som under pkt 5.2.1.2 og 5.2.2.2, dvs. "high volume sampler" for prøver for biologisk testing og organisk analyse, og virtuell impaktor for elementanalyse.

5.2.4 Svevestøv ved vei, samt bakgrunnstøv

5.2.4.1 Prøvetakingsprogram

Nedenfor er det foreslåtte måleopplegg skissert.



- målested for
- 1 svevestøv-
bakgrunn
- målesteder for
- 2 svevestøv-
belastning fra
- 3 vei pluss bak-
grunn
- x Vindmåler med
utstyr for å
styre prøve-
takingen etter
vindforhold.

Ved dette opplegget kan bakgrunnstøvet måles spesifikt, og støvkonsentrasjonen ved pkt. 2 og 3 blir størst mulig i forhold til bakgrunnen. Prøvetakingen styres automatisk etter tid

(fra kl 07 til kl 18) og slik at prøvetakingen går ved en viss definert vindretning, og når vindstyrken er større enn en viss grense. En vil også skille mellom tørt og vått veidekke. Dette må gjøres manuelt, etter observasjon på stedet. En regner med at Veglaboratoriet vil kunne ta denne oppgaven.

Foreslått program

2 prøver på hvert målested ved tørt veidekke.
1-2 prøver på hvert målested ved vått veidekke.

Hver prøve representerer flere dager.

5.2.4.2 Utstyr for prøvetaking

Prøver for biologisk testing og organisk analyse

Samme prøvetaker og filtermateriale som i pkt. 5.2.1.2 (high volume sampler med glassfiber filter), men påmontert en annen type foravskiller av store partikler, i stedet for syklonen. Luftmengde: ca $1.4 \text{ m}^3/\text{min}$. (se figur 5).

Prøver for elementanalyse

Samme prøvetaker som under pkt. 5.2.1.2 (virtuell impaktor med Selekttron-filtre).

5.3 Analyser

5.3.1 Analysemetoder

Samme analysemetoder benyttes på alle støvprøver.

Støvmengde (vekt)

Vekten bestemmes av alle støvfraksjoner for alle prøvetakere.

Kjemisk analyseAnalyse av grunn-
elementsammen-
setning

Utfører på prøvene fra "virtuell impaktor"-prøvetakerne. Støvprøvenes innhold av de grunnelementer som inngår i massebalanseanalysen, bestemmes. Her vil sannsynligvis bli benyttet en analysemetode kalt Proton Induced X-ray Emission (PIXE), en automatisert metode som gir verdier for de fleste av de nevnte elementer: Si, Pb, V, Ni, Fe, S, Na, K, evt. C.

Analysene utføres i Danmark eller Sverige.

Analyse av
organiske stoffer

Resultater av analyse av organiske stoffer i prøvene kan både understøtte massebalanse-analysen, og understøtte helse-risiko-vurderingen. Analysen vil gi innholdet i prøvene av rene PAH-komponenter, en del utvalgte substituerte PAH-komponenter samt mengden ekstraherbart materiale. Lite er kjent om sammensetningen av organiske komponenter i veistøv. Utgangspunktet for arbeidet med organiske analyser på dette prosjektet er å søke å identifisere komponenter i veistøv som kan ha helsemessig betydning.

Biologisk testing

Utføres på ekstrakter av partikkelprøvene fra "high-volume"-prøvetakerne.

Flere typer biologiske tester som vanligvis utføres bl.a. på ekstrakter av partikler i luft, er aktuelle. Eksempler er:

Mutagenitets-test (Ames test/kvantitativ mutagenitetstest), celle-transformasjons-test.

Mutagenitetstestene utføres ved SI. Celle-transformasjonstesten utføres ved Laboratoriet for miljø- og yrkesbetinget kreft.

Prøvene, som vil foreligge som partikler på filter, må sannsynligvis opparbeides (ekstraheres) ved NILU. Ekstraktene brukes så i biologiske analyser ved de nevnte institutter.

5.4.2 Analyseprogram

Tabellen viser antall analyser, dersom det foreslåtte prøvetakingsprogram følges. En har da forutsatt at hver prøve gir to størrelsesfraksjoner. (Tallet i parentes er antall analyser, om en regner med alle 3 størrelsesfraksjoner).

	Støvmengde	Element-analyse	Biologisk testing/ organisk analyse
Oppvirvlet støv	16(24)	8(12)	2(3)
Momentan slitasje	16(24)	8(12)	2(3)
Eksospartikler	8(12)	4(6)	2(3)
Svevestøv i luft ved vei	24(36)	12(18)	6(8)

Når det gjelder organisk analyse/biologisk testing, er antallet analyser redusert pga kostnadene. Basert på støvmengder og resultater av kjemisk analyse, tas ut en prøve fra hver støvtype til biologisk testing. Hver prøve har 2-3 størrelsesfraksjoner.

6 FRAMDRIFTSPLAN OG KOSTNADSOVERSLAG

Omfanget av prosjektet kan bli betydelig. I lys av at svært lite nå er kjent om eventuell helserisiko fra veistøvet, kan det være ønskelig å starte prosjektet med å søke å besvare spørsmålet: Er den eventuelle helserisiko knyttet til veistøv av nevneverdig betydning? En kan ikke se bort fra at svaret er nei. En kan søke å komme fram til en slik avklaring med relativt små midler. Det er imidlertid ikke på forhånd klart om en slik avklaring kan oppnås på en enkel måte.

En mulighet til en slik avklaring, ligger i å ta prøver av veistøv fra veien, som nevnt i punkt 5.2.1.2, b (side 11), sikte støvet for å ta bort de store partikler, og analysere partiklene kjemisk og i de nevnte biologiske testsystemer.

En slik fortest (fase 0) kan gjennomføres i desember 1984 - april 1985.

Vekten vil i 1985 forøvrig bli lagt på prøvetakingen av svevestøv ved Ullevål stadion med organisk analyse og biologisk testing av prøvene, samt vurdering av helserisiko basert på dette.

Opplegget for den stasjonære prøvetakingen ved Ullevål foreslås endret noe i forhold til det som er beskrevet i pkt. 5.2.4.1. En vil foreslå at det tas prøver både ved sønnvind og nordvind. Dette krever 4 stasjoner, én stasjon på fortau på hver side av veien, og én bakgrunnsstasjon på hver side av veien, trukket tilbake fra veien. En foreslår dette på grunn av den korte prøvetakingstiden. En vil være sikker på å kunne ta prøver i de tørre perioder som oppstår, uansett vindretning.

Den økonomiske rammen det er lagt opp til i 1985 er knapp. Dette medfører at kildeprøvene samt analysen av disse og elementanalysen av prøvene fra den stasjonære prøvetakingen ved Ullevål må utsettes til 1986.

Kildeprøvene kan innhentes senere, uavhengig av den stasjonære prøvetakingen ved Ullevål.

Massebalanseanalysen kan utføres i 1986, når kildeprøvene er innhentet, og analyse av disse og full analyse av prøvene fra den stasjonære prøvetakingen ved Ullevål er utført.

OPPGAVE	PERIODE	KOSTNADER 1985
<u>FASE 0</u>		
1. Prøver av veistøvdepot direkte fra vei, sikting av prøven, kjemisk og biologisk analyse	desember '84 - april '85	kr 25.000,-
<u>FASE 1</u>		
2. Prøvetaking av svevestøv v/Ullevål stadion	mars - april '85	kr 125.000,-
3. Analyser	mai - september '85	kr 104.000,-
4. Innhenting av kildeprøver		
Kjøp, modifisering, tilpassing og testing av utstyr	1986	0
Prøvetaking	1986	0
5. Analyser av kildeprøver og svevestøvprøver i forbindelse med massebalanseanalyse	1986	0
6. Vurdering		
Helsevurdering	høsten 1985	opptil kr 20.000,-
Massebalanseanalyse	1986	0
7. Prosjektledelse	1985	kr 25.000,-
8. Rapport	høsten 1985	kr 30.000,-
9. Diverse uforutsatt	-	kr 6.000,-
SAMLET KOSTNAD 1985		kr 335.000,-

7 REFERANSER

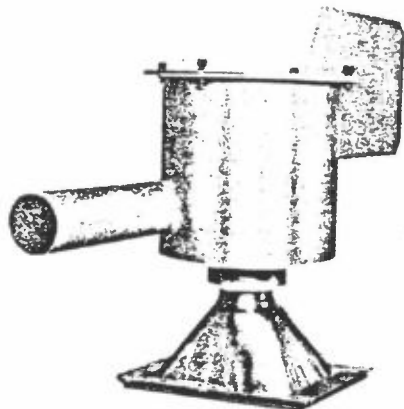
- (1) Larssen, S.
Anda, O. Luftforurensninger fra veitrafikk:
Slitasje av veidekke, bildekk og
bremsebånd. Lillestrøm, 1982.
(NILU OR 31/82.)
- (2) Persson, Bert. O. Stoftspredning från vägar och gator.
Statens Naturvårdsverk, Tekniska
Avdelningen, Industribyrå 2, Solna,
Sverige. (PM, 1983-08-31.)
- (3) Bringfelt, Bjørn Förstudie till stoftspredningsmodell
i gatumiljö. Sveriges Meteorologiska
och hydrologiska institution,
Meteorologiska avdelningen, Klimat-
byrån, Norrköping, Januar 1984.
(Rapport nr. 1984:2.)

CYCLONE PRESEPARATOR FOR HIGH VOLUME AIR SAMPLERS

FIGUR 1



BULLETIN NO. 477 - 230 CP



DESCRIPTION:

The Model 230CP Cyclone Preseparator attaches to the filter holder of standard high volume air samplers and collects all particles greater than approximately 5.5 microns in diameter. Particles less than 5.5 microns pass through the cyclone and are collected by the 8 in. x 10 in. filter paper in the hi vol sampler or, alternatively, are further size-fractionated by Sierra's Model 235 High Volume Cascade Impactor.

The Cyclone Preseparator is used for sampling wind-blown dust from coal and mineral storage piles, open plains, roadway construction sites, etc. The sampling of such reintrained, or fugitive, dust is becoming recognized as an important particulate air pollutant.

The Model 230 CP has another important use. Large suspended particles often bounce or roll through high volume cascade impactors, causing errors in determining the particle size distribution. The Cyclone Preseparator fits over Sierra's Model 235 High Volume Cascade Impactor and collects large particles before they enter the cascade impactor, greatly reducing such errors.

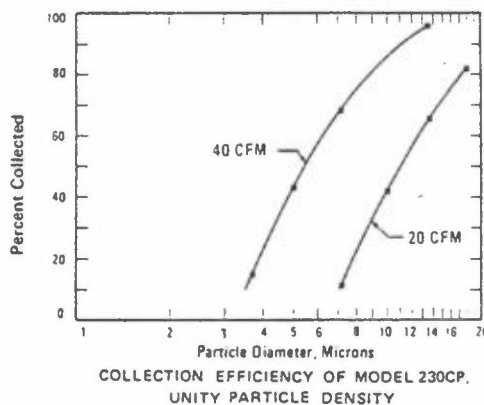
The cyclone mounts directly on Sierra and GMW hi vols. The truncated design (no conical section) enhances the sharpness of collection efficiency. A weather-proof bearing and wind vane (removable) allow the inlet tube to point directly into the wind. This greatly improves the sampling efficiency of large particles. Sampling is isokinetic at 10.4 mph (@40 SCFM). The wind-speed threshold for turning is about 2 mph. The top cover of the cyclone is removable to brush or wash out collected particles.

APPLICATIONS:

- Separating fine and coarse, respirable and non-respirable particles
- Sampling fugitive dust—coal and mineral storage piles, open plains, roadway construction
- Separating wind-blown particles from particles generated by man-made processes
- Collecting large particles before they enter Sierra's Model 235 High Volume Cascade Impactor

SPECIFICATIONS:

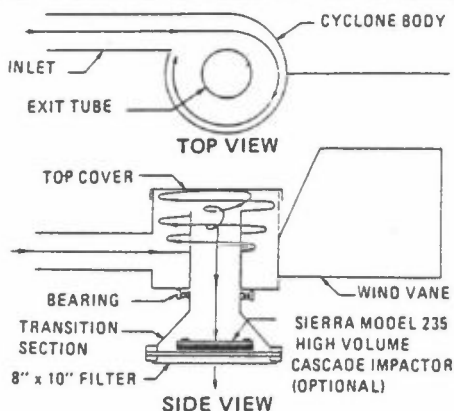
- Flow Rate 40 SCFM nominal; 20 to 60 SCFM range
- Particle Size Cut-Off 5.5 microns at 40 SCFM and 11 microns at 20 CFM for spherical particles with unity mass density at STP; particle size proportional to the inverse of flow rate; sigma "g" = 1.4; see collection efficiency curves below:



- Materials Anodized aluminum; 8 in. x 10 in. transition section is stainless steel
- Size Cyclone body: 10" O.D. x 8" H; Inlet: 3" O.D. x 2-27/32" I.D. x 10" L; Fully assembled: 40" L x 12-1/4" W x 17" H
- Net Weight/Shipping Weight. . . 15 lbs./17 lbs.

PRINCIPLE OF OPERATION:

The blower in the high volume air sampler draws the air and suspended particles (aerosol) into the wind-directional inlet. The aerosol enters the cyclone body tangentially and creates a vortex flow pattern. The centrifugal forces of the vortex cause particles larger than the cut-point of the cyclone (5.5 microns) to migrate radially to the outer wall of the cyclone body where they are collected. Some of the particles also are collected on the top cover. The larger collection surface area of the cyclone and the relatively gentle centrifugal forces result in no particle reintrainment or bounce. Particles smaller than the cut-point pass through the exit tube to Sierra's Model 235 High Volume Cascade Impactor (optional) for further size fractionation and thence to the 8" x 10" filter.



MODEL 230CP ON SIERRA'S
ULTRA VOL 3 FLOW CONTROLLED
HIGH VOLUME AIR SAMPLER

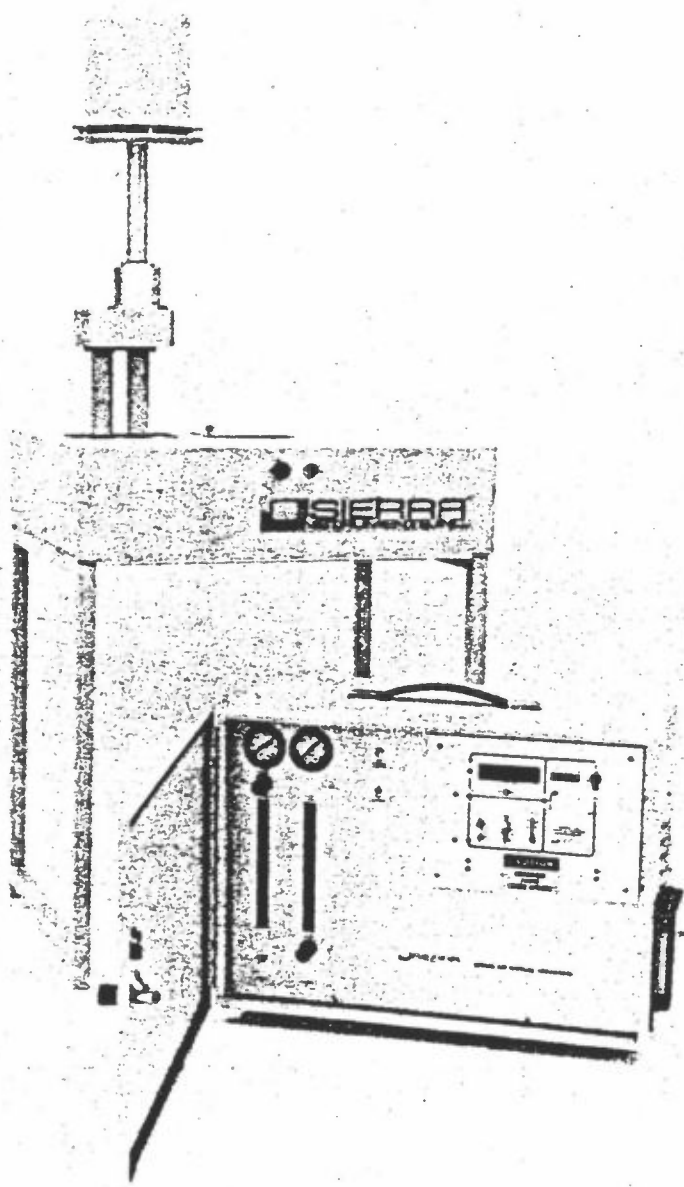
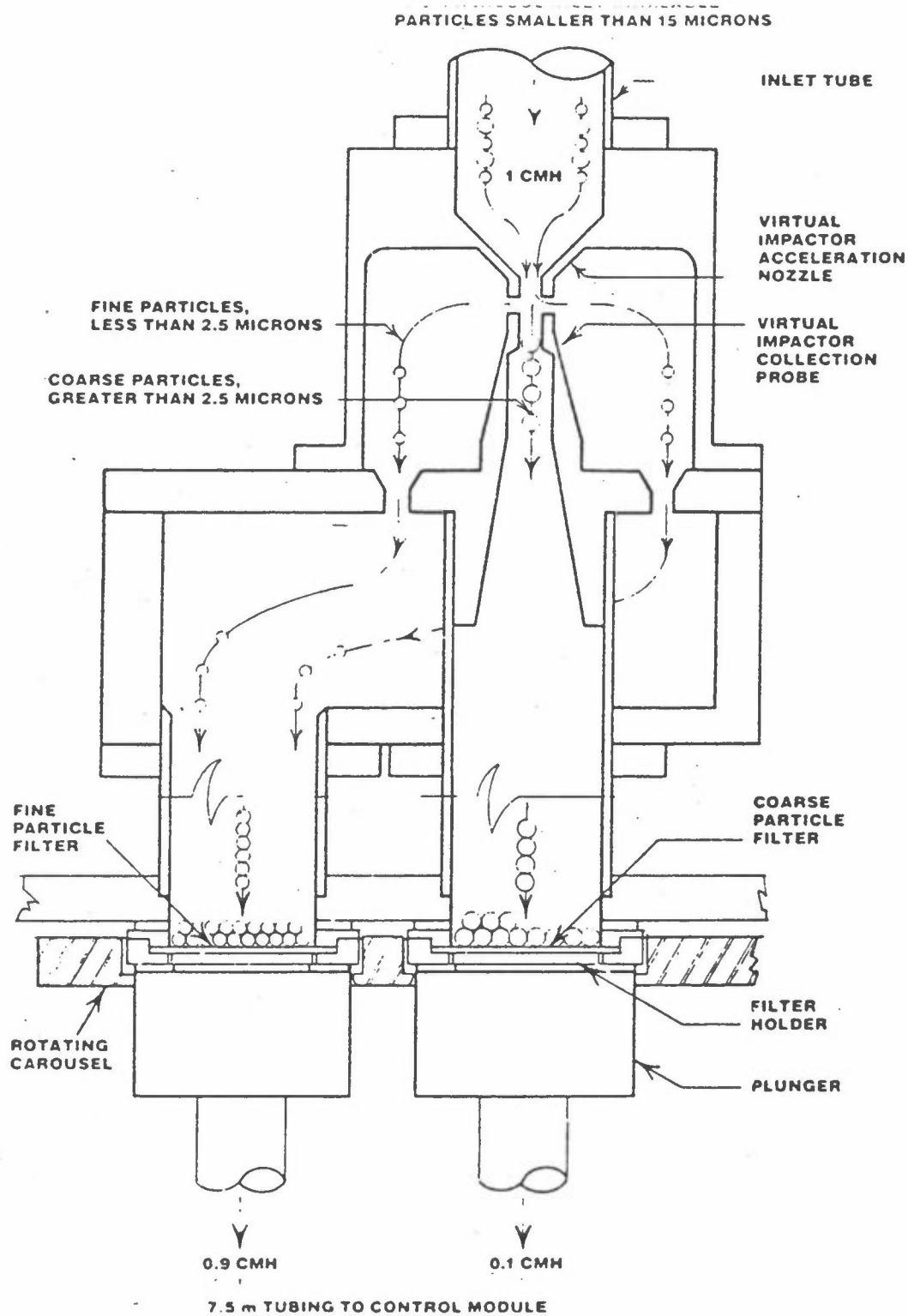
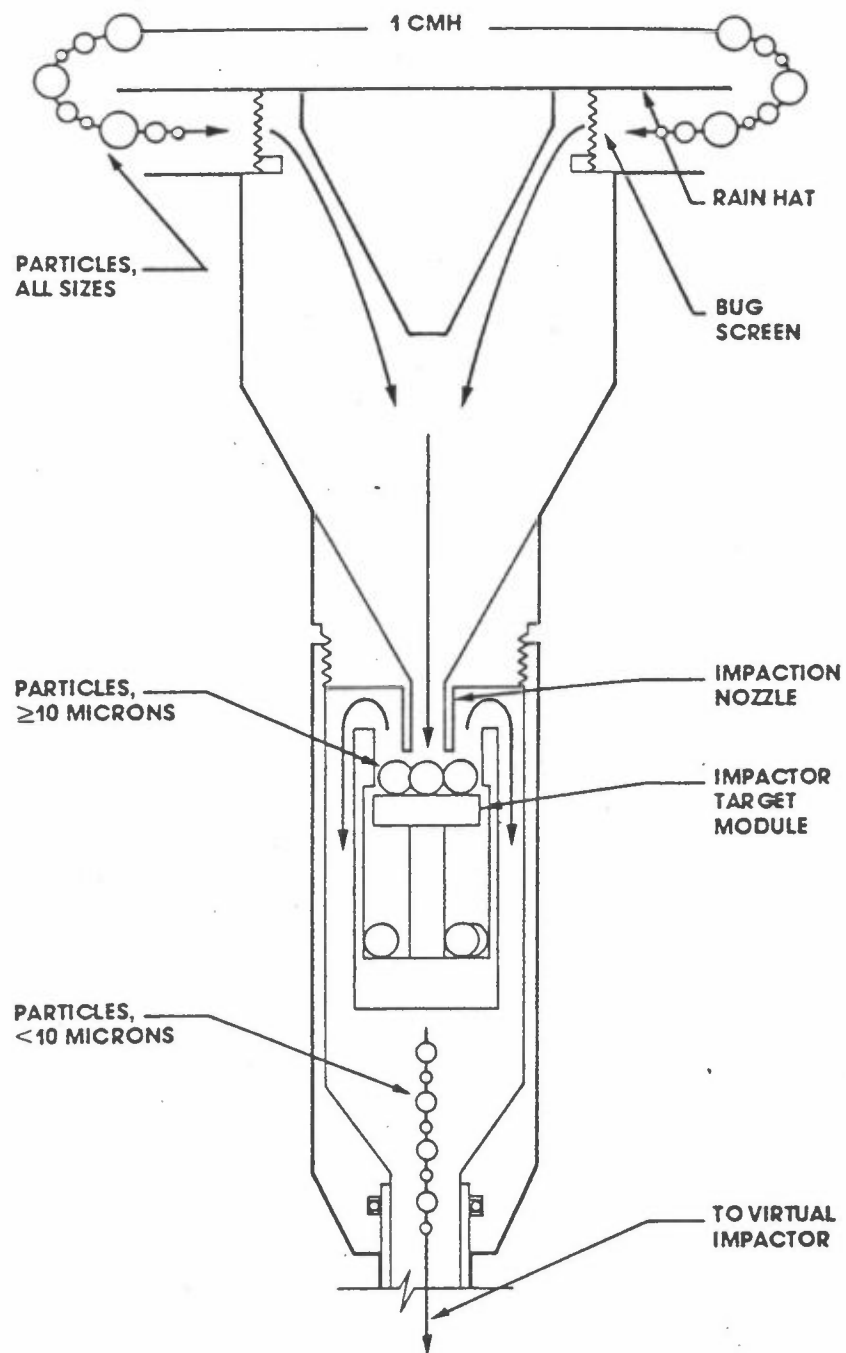


Figure 2. Automatic dichotomous sampler with separate sampling and control modules.



Figur 3: Skisse av luftinntak som skiller ut partikler større enn ca 10 μm i diameter.

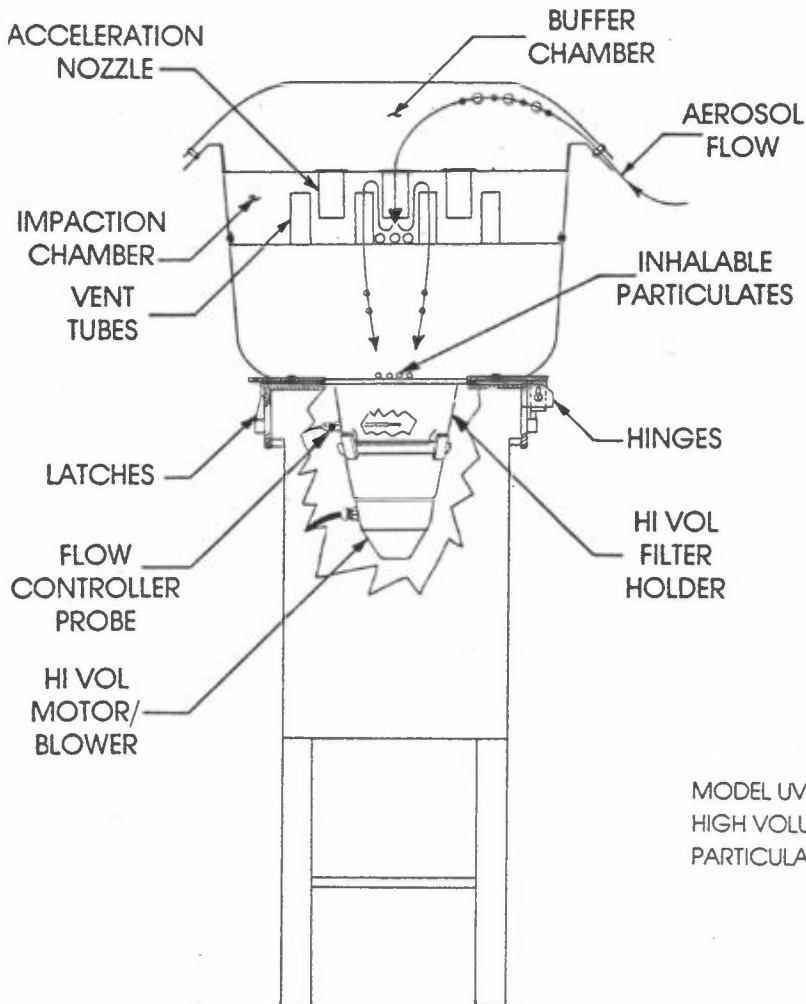


Figur 4: Skisse av virtuell impactor-enheten som skiller partikler større enn 2,5 μm fra partikler mindre enn 2,5 μm .

SPECIFICATIONS:

Meets EPA up-coming Federal Reference Method for Inhalable Particulates
 Sampling Flow Rate — 1.13 SCMM (40 SCFM)
 Particle Size Cut-Point — 15 microns nominal
 Wind-Speed Dependence — Insensitive up to 30 kilometers per hour
 Construction — Anodized aluminum
 Dimensions — Overall Diameter: 70.1 cm (27.6 in.); Overall Height: 48 cm (19 in.); Height of aerosol inlet mounted on 305-2000 Hi Vol is 1.4 m (56 in.); Overall Height of 320 mounted on 305-2000 Hi Vol is 155 cm (61 in.)
 Net Weight/Shipping Weight — 10 kg (23 lbs.)/12 kg (26 lbs.)

PRINCIPLE OF OPERATION
 MODEL 320



MODEL UV-5H
 HIGH VOLUME INHALABLE
 PARTICULATES SAMPLING SYSTEM

