




RAPPORT LNR 3131-1994

Trafikkforurenset snø i Oslo



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.:	Undernr.:
O-94047	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
3131	

Hovedkontor Postboks 173, Kjelsås 0411 Oslo Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00	Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47) 37 04 30 33 Telefax (47) 37 04 45 13	Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47) 62 57 64 00 Telefax (47) 62 57 66 53	Vestlandsavdelingen Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47) 55 32 56 40 Telefax (47) 55 32 88 33	Akvaplan-NIVA A/S Sendre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47) 77 68 52 80 Telefax (47) 77 68 05 09
--	---	--	---	--

Rapportens tittel: Trafikkforurenset snø i Oslo	Dato: 5/9-1994	Trykket: NIVA
	Faggruppe: Vassdrag	
Forfatter(e): Torleif Bækken	Geografisk område: Oslo	
	Antall sider: 60	Opplag:

Oppdragsgiver: Oslo Veivesen	Oppdragsg. ref.:
---------------------------------	------------------

Ekstrakt: På bakgrunn av snødumping i Bispevika ble det startet et prosjekt for å klarlegge forurensningen i veisnø. En referanse og 5 trafikkpåvirkede lokaliteter ble valgt. Tverrsnittet av brøytetekantene lang veier og gater i Oslo var betydelig forurenset av bl.a. partikler, nitrogen, fosfor, salt, tungmetaller, PAH og PCB. Forurensningene akkumulerte raskt i brøytetekanten. Allerede etter én uke var nybrøytet snø like forurenset som tverrsnittet av samme brøytetekant. Deponeringsraten ved den mest forurensete lokaliteten, Ringvei 3, var for kadmium, kobber, bly, sink og PAH henholdsvis 0.1, 5, 9, 16 og 1.7 mg/m²/uke. I Bispevika ble det i 1993/94 dumpet 43000 billass veisnø. Dette tilsvarer 1000 tonn partikler, 60kg sink, 29kg bly, 20kg kobber, 20kg krom, 0,4kg kadmium 8,3kg PAH og 21g PCB. Mengden forurensninger som tilføres havnebassenget via snødumping er liten i forhold til det som tilføres via avløpsanlegg og vassdrag. Snødumpingen øker ikke forurensningsgraden i sedimentene i Bispevika, men gir en tilvekst i sedimentene som vil øke behovet for mudring i fra før sterkt forurensete sedimentene.

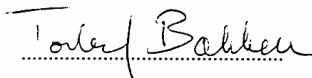
4 emneord, norske

1. Trafikkforurensning
2. Miljøgifter
3. Partikler
4. Snø

4 emneord, engelske

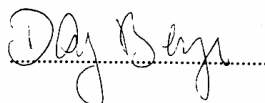
1. Traffic pollution
2. Toxic substances
3. Particles
4. Snø

Prosjektleder



Torleif Bækken

For administrasjonen



Dag Berge

ISBN82-577-2603-6

Norsk institutt for vannforskning

Trafikkforurenset snø i Oslo

Torleif Bækken

Forord

I perioder med kulde og mye snøvær vil det i byer og andre tettbygde strøk være et behov for å fjerne snø fra parkeringsplasser, gater og fortau. Denne snøen vil i større eller mindre grad være forurenset av veitrafikk. Resipienten der snøen dumpes vil derfor bli tilført til dels meget forurenset snø.

Undersøkelser i Bispevika i Oslo's indre havneområde har vist at sedimentene her er sterkt forurenset. Dette området brukes til dumping av snø fra gatene i Oslo. Det er antatt at snødumpingen bidrar til forurensningen.

Fylkesmannen har på den bakgrunn pålagt Oslo Veivesen å foreta en undersøkelse av forurensninger i snømassene som kjøres bort. Etter samtaler med Oslo Veivesen og Fylkesmannens Miljøvernavdeling, samt brev fra Miljøvernavdelingen til Veivesenet, ble det fra NIVA foreslått et undersøkelsesopplegg med målsetning å klarlegge omfanget av forurensninger i snø langs veiene i Oslo, og å klarlegge konsekvensene av snødumpingen i Bispevika.

De kjemiske analysene har vært utført ved NIVA, NILU og Bærum kommunes laboratorium.

NILU har blant annet stått for tungmetallanalysene. Marit Vadset har vært kontaktperson. Oljeanalysene ble utført ved Bærum kommunes laboratorium. Karin Ugland Sogn har vært kontaktperson. OMF-gruppen ved NIVA har opparbeidet de tildels meget kompliserte snøprøvene for PAH- og PCB-analyser. Ansvarlig for PAH- og PCB- analysene har vært henholdsvis Lasse Berglind og Einar M. Brevik.

Prosjektansvarlig i Oslo Veivesen har vært Ivar Strand.

NIVA, Oslo 5/9 - 1994

Torleif Bækken

Innholdsfortegnelse

0. Sammendrag	6
1. Innledning	8
2. Materiale og metoder	9
2.1 Stasjonsbeskrivelse	9
2.2 Prøvetaking, behandling og analyser.	14
2.3 Snø- og temperaturforhold	15
3. Resultater	18
3.1 Tverrsnitt av brøytekanal. Fase I.	18
3.1.1 Partikler	18
3.1.2 Generelle vannkvalitetsparametere	18
3.1.3 Tungmetaller	20
3.1.4 Olje og organiske mikroforurensninger	20
3.2 Akkumulering på brøytekanal. Fase II	23
3.2.1 Partikler	23
3.2.2 Generelle vannkvalitetsparametere	24
3.2.3 Tungmetaller	27
3.2.4 Olje og organiske mikroforurensninger	30
3.3 Forurensningsberegninger	33
3.3.1 Deponeringsrate	33
3.3.2 Konsentrasjonsendringer i snø.	35
3.3.3 Snødumping	37
4. Kildebetraktninger	40
5. Vurdering og konklusjoner	44
6. Referanser	46
7. Vedlegg	47
7.1 Fase I. Analysedata PAH og PCB	47
7.2 Fase II. Analysedata partikler, generelle vannkvalitetsparametere og tungmetaller Serie I-IV.	50
7.3 Fase II. Analysedata PAH og PCB Serie I-IV	55

Sammendrag

1. På bakgrunn av dumping av trafikkforurenset snø fra Oslo's gater i Bispevika, Oslo havn, ble det satt i gang en undersøkelse som hadde to formål: 1) Undersøke hvilke forurensninger som var tilstede i snøen, og hvor store mengder de ble dumpet. Dette skulle sees i sammenheng med trafikkmengden. 2) Forurensninginnholdet i snøen skulle kobles mot snøens alder og trafikkmengde.
2. En referanselokalitet samt fem trafikkpåvirkede lokaliteter med ulik trafikkmende ble valgt ut; Grefsenkollen, Grefsenkollveien, Kjelsåsveien, Ringvei 3, E 18 ved Lysaker og Tidemandsgate/Neuberggate på Majorstuen. Undersøkelsen ble utført i to faser. Fase I: Prøvetaking av et tverrsnitt av brøytekannten på hvert sted. Fase II. Prøvetaking av overflatesnø fra de samme brøytekanntene etter ca 1, 2, 3, og 4 uker.
3. For å få en grundig beskrivelse av forurensningene ble det målt et bredt spekter av parametere; Partikler, generelle vannkvalitetsparametere, tungmetaller, olje, polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og polyklorerte organiske forbindelser (PCB m.fl.).
4. Analysene fra tverrsnittet av brøytekanntene viste at det var en stort innhold av uorganiske partikler. For de mest trafikkerte veiene besto dette av steinstøv. Ved de mindre trafikkerte vestrekningene var det en stor andel småstein fra grusing. Bruk av veisalt medførte meget høye verdier av klorid og natriumioner ved de fleste veikantene. Også nitrogen og fosfor ble funnet i høye konsentrasjoner. Tungmetallene ble som forventet funnet i høye konsentrasjoner i brøytekanntene. I forhold til verdier ved referansestasjonen ble det registrert overkonsentrasjoner på mer enn 300X for bly og nesten 700X for kobber. Oljeinnholdet og PAH var også høyt. For PAH var det en overkonsentrasjon i forhold til bakgrunn på ca 500X. PCB ble målt ved E 18 og funnet i overraskende høye konsentrasjoner (SumPCB ca 32 ng/l). Forurensningene var bare delvis korrelert med trafikkmengdene. Det skyldes delvis trafikkavhengige faktorer slik som grusing og salting. For typiske trafikkparametere som tungmetaller og PAH var det forårsaket av ulike trafikkmønstre som kjøring, aksellerasjon o.s.v. på de ulike stasjonene.
5. Forurensningene fra trafikken akkumulerte raskt i brøytekanntene. Allerede etter én uke var den nybrøytede snøen like forurenset som tverrsnittet av samme brøytekannt. Deretter var det en stadig økning i konsentrasjonene av de fleste stoffene. Konsentrasjonsnivået i overflatesnø etter 3-4 ukers deponering var meget høyt. Mengden partikler var opptil ca 73 g/l, funnet både ved Ringvei 3 og E 18. For salt ble det funnet konsentrasjoner opptil 11,5 g/l, for bly og sink henholdsvis 2,8 og 6,1 mg/l og for PAH ble det registrert 1,6 mg/l ved E 18. Innholdet av PCB var høyt i de mest trafikkpåvirkede lokalitetene. Størst konsentrasjon ble funnet ved Ringvei 3 etter 4 uker med 387 ng/l. Andre klorerte organiske forbindelser som 5 og 6 klorerte benzener ble også funnet i høye konsentrasjoner.
6. På basis av resultater fra overflatesnøen på brøytekanntene, ble det beregnet en deponeringsrate. Deponeringsraten varierte i forhold til trafikkale faktorer nevnt over. Med unntak av partikler og PAH var deponeringen størst for alle stoffer/elementer ved Ringvei 3. Den gjennomsnittlige deponeringsraten av partikler, fosfor, kadmium, kobber, bly, sink og sumPAH ved Ringvei 3 ble estimert til henholdsvis omkring 164 g/m²/uke, samt 121, 0,1, 5, 9, 16 og 1,7 mg/m²/uke. For PCB var deponeringen ca 1 µg/m²/uke. Deponeringsraten og nedbørmengde ble brukt til å utføre en enkel modellering av forurensningskonsentrasjonen i brøytekannten i forhold til nedbørmengden. Estimerte verdier for Ringvei 3 viste godt samsvar med målt verdier.
7. I varierende grad er kildene til forurensningene kjente. Partikler kommer fra grusing og asfaltlitasje, natrium og kloridioner fra salting av veibanen, bly fra forbrenning av blyholdig

drivstoff, andre tungmetaller fra diverse bildelslitasje/forbrenning, PAH fra bitumen, oljesøl, forbrenning. PCB kilden er ukjent, men mye tyder på at den er knyttet til veitrafikk.

8. Antall billass med snø som ble dumpet i Bispevika vinteren 1993/94 var ca 43000. Dette gir et forurensningsinput på 1000 tonn partikler hvorav 52 tonn er organisk. Av de miljøfarlige tungmetallene ble det dumpet 60 kg sink, 29 kg bly, 20 kg kobber, 20 kg krom, 5 kg nikkel og 0,4 kg kadmium. Tilsvarende beregninger for PAH, KPAH og PCB var 8,3 kg, 0,8 kg og 21 g. Av olje ble det tilført 7,5 tonn.

9. Mengden forurensninger som tilføres Bispevika og havnebassenget via snødumping er lav i forhold til det som tilføres via avløpsanlegg og vassdrag i løpet av et år. En ukjent andel av dette kommer også fra veitrafikken. Fordi mye av forurensningene i snøen er bundet til partikler, vil de i stor grad sedimentere. Snødumpingen synes imidlertid ikke å øke forurensningsgraden i sedimentene. Sedimenter bygd opp utelukkende på partiklene fra snødumpingen ville vært betydelig mindre forurenset enn nåværende sedimenter i Bispevika/Bjørsvika. Partikkelmengden som tilføres via snødumpingen en snørik vinter, slik som i 1993/94, medfører en tilvekst i sedimentene på 1-1,5cm dersom den fordeles jevnt over hele vika. Et problem er derfor at tilført partikkelmengde gir en tilvekst i sedimentene og derved øker behovet for mudring i fra før sterk forurensete sedimenter.

Innledning

Veitrafikken har økt betydelig de siste 30-40 årene og må i dag ansees som en av de store forurensningskildene. Særlig i og omkring de store byene er de lokale virkningene av høy trafikk et problem. Forurensninger kommer fra bruk og forbrenning av drivstoff, og fra slitasje av asfalt, dekk og forskjellige bilkomponenter. De forurensende stoffene er av flere typer slik som veisalt, tungmetaller og organiske mikroforurensninger. I tillegg kommer en stor mengde organiske og uorganiske partikler (Bækken 1993).

Det har alltid vært en sterk fokusering på bly, men også andre tungmetaller som for eksempel kadmium, kobber, krom, nikkel, sink og vanadium er funnet i høye konsentrasjoner og etter hvert blitt viet større oppmerksomhet. I veinære områder er det observert forhøyde verdier av en lang rekke kjemiske elementer som en funksjon av trafikkmengden (Gjessing et al. 1984, Ward 1990, Benfenati et al 1992, Bækken 1994, Bækken et al.1994). En stor del av forurensningene er bundet til partikler. Det aller meste av disse deponeres på og i nærheten av veien. Mengden avtar eksponentielt fra veien og utover de nærmeste 10 m. Det aller meste avsettes innenfor 20m på hver side av veien .

I perioder med snø vil forurensningene fra veitrafikken akkumulere i snøen langs veiene. Når forurensninger avsettes i snødekket, forhindres i stor grad adsorpsjon av forbindelsene til jordsmonnet. Snøen bidrar på den måten til å gjøre forurensningene mer mobile slik at de lettere når fram til vannforekomster. Under snøsmeltingen blir stoffene frigitt over en kort periode, og en stor del av forurensningene vil følge smeltevannet. Dette kan gi et kraftig forurensningsstøt i resipientene.

Et spesialtilfelle av dette er dumping av til dels sterkt forurenset snø hentet fra veier i byer og andre tettbygde strøk. Et stort innhold av partikkelbundne forurensninger vil akkumulere i resipienten og det bygges opp en potensiell framtidig forurensningskilde.

Undersøkelser i Bispevika i Oslo's indre havneområde har vist at sedimentene her er sterkt forurenset av tungmetaller, PAH og PCB. Dette området brukes til dumping av snø fra gatene i Oslo. Snødumpingen antas å bidra vesentlig til forurensningen av sedimentene. I den forbindelse har Oslo Veivesen forespurt NIVA om å gjøre en undersøkelse med målsetting å klarlegge omfanget av forurensninger i snø langs veiene i Oslo.

Fra samtaler med Oslo Veivesen og Fylkesmannens Miljøvernnavdeling, samt brev fra Miljøvernnavdelingen til Veivesenet, har det kommet fram to forhold angående snødumpingen:

- 1) Det eksisterer et pålegg om å foreta en undersøkelse av miljøgifter i snømassene som kjøres bort. Dette skal sees i forhold til trafikkmengden.
- 2) Forurensninginnholdet i snøen ønskes koblet mot snøens alder og trafikkmengden.

På denne bakgrunn ble undersøkelsene utført i to faser:

Fase I. Innledende undersøkelser

5 lokaliteter med ulik trafikkmengde ble valgt ut. Disse omfattet både sterkt trafikkerte og mindre trafikkerte veistrekninger. En snøprofil fra veikanten på hvert sted analyseres på bred basis for å få et godt bilde av ulike typer forurensninger i snøen. Analysene inkluderte partikler,

vanlige vannkvalitetsparametere, tungmetaller, polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), polyklorerte bifenyler (PCB) og olje.

Fase II. Oppfølgende undersøkelser

Målsetningen var å klarlegge hvor raskt snøen forurenses ved ulike trafikkmengde og forurensningssituasjon. De samme lokalitetene som under Fase I ble prøvetatt med bestemte intervaller etter snøfall, fortrinnsvis fra ca 1, 2, 3 og 4 uker gammel snø.

Det ble i utgangspunktet analysert på de samme parametrene som i Fase I. Resultatene fra Fase I medførte imidlertid justeringer av analyseprogrammet med større vekt på PCB i Fase II.

Materiale og metoder

0.1 Stasjonsbeskrivelse

Etter samråd og befaring sammen med Oslo Veivesen, ble det valgt ut 5 steder i Oslo med ulike trafikkbelastning. Hver av lokalitetene representerer en type veistrekning som det i større eller mindre grad blir fjernet snø fra. I tillegg ble det valgt ut en referansestasjon uten vesentlig trafikkbelastning. De til sammen 6 stasjonene ble plassert fra Grefsenkollen via Grefsenkollveien og Kjelsåsveien til Ringvei 3, Majorstuen og E 18 ved Lysaker (figur 1).

St1 - Grefsenkollen

En lokalitet på Grefsenkollen ble valgt til referansestasjon. Den var beliggende ved innkjørselen til Trolltjern. Prøvene ble tatt fra snø ca 50m fra parkeringsplass og ca 100m fra vei. Snø herfra ble bare hentet under Fase I av prosjektet.

St2 - Grefsenkollveien

Stasjon 2 ble plassert i nederste delen av Grefsenkollveien, like før den går over i Kjelsåsveien (figur 2). Prøver ble tatt fra veikanten på vestsiden av veien. Denne siden av veien er uten fortau og snøkanten lå brøytet inntil et hagegjerde. Veien har en årlig gjennomsnittlig trafikkmengde omkring 2000 kjøretøy/døgn (ÅDT). Bebyggelsen i området domineres av eneboliger. I følge tall estimert av Oslo Veivesen kommer ca 8% av snøen som kjøres vekk og dumpes fra denne type lokaliteter.

Deler av snøkanten ble fjernet med snøfreser og kjørt bort mellom 1. og 2. prøvetaking i Fase II (mellom 9. februar og 24. februar 1994). 2., 3. og 4. prøvetaking på denne stasjonen ble derfor tatt ca 1 m fra veikanten og bare på toppen av den gjenværende, loddrette, snøkanten.

St3 - Kjelsåsveien

Denne stasjonen ble plassert i nedre del av Kjelsåsveien, langs en trebevokst strekning ca 150 m fra krysset Ringvei 3 - Kjelsåsveien (figur 3). Prøvene ble tatt i veikanten på vestsiden av veien i et område mellom veibanen og gangveien. Trafikkmengden på denne veien er ca 7000 kjøretøy/døgn (ÅDT). Det er i perioder kødannelse fra lyskrysset ved Ringvei 3 og forbi prøvetakingsstasjonen. Den nærmeste bebyggelsen består av lavblokker. Ca 18% av snø som kjøres vekk fra Oslo's gater kommer fra denne type lokaliteter.



Figur 1. Oversiktskart over Oslo som viser plassering av prøvetakingssteder.



Figur 2. Grefsenkollveien etter fresing av brøytekanten.



Figur 3. Kjelsåsveien.



Figur 4. Ringvei 3.



Figur 5. E 18 ved Lysaker.



Figur 6. Neuberggaten på Majorstuen.

Deler av snøkanten ble fjernet med snøfreser og kjørt bort mellom 1. og 2. prøvetaking i Fase II (mellom 9.februar og 24.februar 1994). 2., 3. og 4. prøvetaking på denne stasjonen ble derfor tatt ca 1 m fra veikanten og bare på toppen av den gjenværende, loddrette, snøkanten.

St4 - Ringvei 3

Stasjon 4 ble lagt til Ringvei 3 ved veibru mellom Ullevål stadion og bomstasjonen (figur 4). Prøvene ble tatt fra veikanten på sørsiden av veien. Trafikkmengden på denne strekningen er ca 38000 kjøretøy/døgn (ÅDT). Veien har to filer i hver retning. Det er i perioder kødannelse fra lyskrysset ved Ullevål stadion og forbi stasjonen. Det kan i perioder også være kødannelse motsatt retning. Stasjonens nærområde er åpent og uten bebyggelse eller høye trær. Ca 8% av snø som kjøres vekk kommer fra denne type lokaliteter.

St5 - E18 ved Lysaker

Stasjon 5 ble lagt til E18 ved Lysaker, ca 200 m vest for tunnellåpning (figur 5). Prøvene ble tatt i veikanten på nordsiden av veien. Trafikkmengden er ca 88000 kjøretøy/døgn (ÅDT). Veien har to filer i hver retning. Ved 4. prøvetakingrunde var nedsmeltingen her så markert at det ikke ble tatt prøver. Mindre enn 1% av snø kjørt vekk fra Oslo's gater kommer fra denne type lokaliteter. Stasjonen ble valgt fordi den representerer en ekstrem situasjon når det gjelder trafikk tetthet i Oslo.

St6 - Tidemandsgate/Neuberggate

På grunn av mulighetene til å skaffe representativ snø på riktig tidspunkt ble det nødvendig med plassering av st6 på ulike steder i Fase I og Fase II.

Fase I: Tidemandsgate, Majorstuen, trafikkmengde ikke kjent, men antas å være 1000-2000 kjøretøy/døgn. Snøprøve hentet fra snøhaug sammenkjørt/skrapt fra gate og fortau for å kjøres vekk.

Fase II: Neuberggate, Majorstuen (figur 6). Gaten er en forlengelse av Tidemandsgaten, men har større trafikk med ca 2500 kjøretøy/døgn. Ved 4. prøvetakingrunde var nedsmeltingen så markert at det ikke

ble tatt prøver. Den største delen, ca 65%, av snø som kjøres vekk og dumpes kommer fra denne typen lokaliteter.

0.2 Prøvetaking, behandling og analyser.

I Fase I ble snøprøvene tatt i et tverrsnitt av brøytekanten. Snøprofilen ble tatt fra oversiden og ned til bakkenivå og 1m innover i snøkanten. Prøvene til Fase II ble tatt fra overflaten av snøkanten fra de samme lokalitetene som under Fase I (unntatt st 6). Det ble ikke tatt ytterligere referanseprøver.

Snøprøver til Fase I ble samlet inn 7. og 8. februar 1994. Prøvene til Fase II ble samlet inn i 4 omganger. Tidspunkt for innsamling ble vurdert underveis i forhold til snø og temperaturforhold. Prøveseriene i Fase II ble nummerert Serie I, Serie II, Serie III, Serie IV, og prøvetatt henholdsvis 9. og 24. februar samt 2. og 10. mars.

Prøvene ble samlet inn og behandlet slik at mulighetene for uønskede endringer i den kjemiske sammensetningen samt forurensning av prøvene ble minimalisert.

Partikler.

Snøprøver for bestemmelse av mengden organiske og uorganiske partikler ble tatt med spade over i 12L plastbøtter. Innholdet ble bestemt ved å måle det totale tørrstoffinnholdet i prøven (totalt suspendert tørrstoff, STS), gløderest (uorganisk, SGR) og glødetap (organisk, GT).

På grunn av prøvenes inhomogene karakter ble hele prøven filtrert, tørket, veid og glødet. Den glødete prøven ble soldet gjennom netting med 1mm åpninger og andelen store og små steinpartikler bestemt. Analysene ble utført ved NIVA.

Generelle vannkvalitetsparametere.

Snø for analyse av vanlige vannkvalitetsparametere ble tatt fra prøver innhentet spesielt for analyse av tungmetaller eller PCB/PAH. Innsamlingsprosedyrer for disse er nærmere spesifisert nedenfor.

Følgende parametere ble analysert:

Etter innsamlingsprosedyrer for tungmetaller:

En delprøve ble tatt ut og analysert for surhet (pH), spesifikk ledningsevne, kalsium (Ca), magnesium (Mg), kalium (K), natrium (Na), klorid (Cl), nitrat (NO₃), sulfat (SO₄). Analyser ble utført ved NILU.

Etter innsamlingsprosedyrer for PCB/PAH:

En delprøve ble tatt ut og analysert for alkalitet (Alk, pH=4,5), total nitrogen (Tot N) og total fosfor (Tot P). Analysene ble utført ved NIVA.

Tungmetaller.

Prøver til tungmetallanalyser ble tatt med syrevasket rørhenter av plast og overført til syrevaskede spesialbeholdere av plast (14L). Følgende tungmetaller (analysepakke) ble analysert på ICPMS ved NILU: kadmium (Cd), kobolt (Co), krom (Cr), kobber (Cu), jern (Fe), mangan (Mn), nikkel (Ni), bly (Pb), vanadium (V) og sink (Zn).

Analyser av kvikksølv (Hg) ble utført ved NIVA på en delprøve hentet fra PCB/PAH-flaskene.

Unntak fra dette var kvikksølvprøver fra referansestasjonen (Grefsenkollen). Disse prøvene ble tatt direkte på spesialflasker for kvikksølvanalyser.

Olje og organiske mikroforurensninger.

Prøver til polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), polyklorerte bifenyler (PCB) og oljeanalyser i Fase I ble tatt med rørhenter i rustfritt stål og overført direkte på spesialbehandlede 10L glassflasker i felt. Under Fase II ble disse prøvene tatt med stålspade og overført til 40L spann i rustfritt stål.

Stålspannene ble deretter oppbevart i fryserom fram til analysetidspunktet. Snøen ble da overført på 10L glassflasker med rørhenter i rustfritt stål.

I PAH analysene inngår også naftalener og andre disykliske forbindelser som strengt tatt ikke er PAH forbindelser. Disse forbindelsene samt grupperingen NPD (naftalener, fenantrener, dibenzotiofener samt deres alkylsubstituerte homologer) er summert for seg. Det samme gjelder en PAH-gruppe av potensielt kreftfremkallende stoffer, KPAH. Analysene er utført ved NIVA.

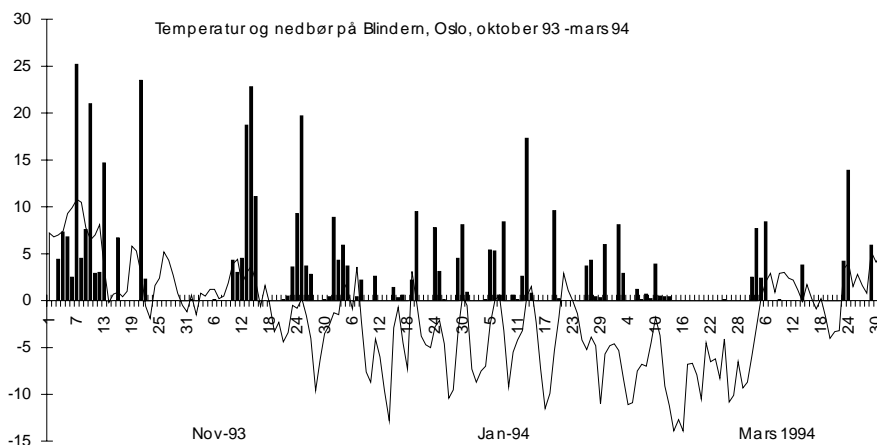
Ved analyser av PCB tas det også med endel andre klororganiske stoffer som fem- og seksklorerte benzener, α og γ (Lindan) hexaklorsyklohexan, oktoklorstyren samt derivater av DDT som p,p-DDE og p,p-DDD. Det analyseres på de 7 vanligste PCB forbindelsene (seven dutch) (av 209). Vanligvis utgjør disse 40-60% av PCB blandingen som finnes igjen i miljøet. De omfatter PCB med IUPAC nr 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180. I tillegg analyseres 3 PCB forbindelser med IUPAC nr 105, 156 og 209. Analysene er utført ved NIVA.

Oljefraksjonene er bestemt ved Bærum Kommune's laboratorium. Det ble bestemt tre fraksjoner:

- 1) Total olje: De organiske forbindelsene som lar seg ekstrahere med TTE (triklor trifluoretan) og som kvantitativt kan bestemmes med IR (infrarødt)
- 2) Upolar del: De organiske forbindelsene som lar seg eluere gjennom en aluminiumoksid-kolonne. Dette gjelder i hovedsak mineraloljedelen i smørefett, petroleumsbaserte vokser etc.
- 3) Polar del: Humus, overflateaktive stoffer, animalsk og vegetabilsk fett, fete oljer, den forsåpede delen av smørefett, melkefett, glykoler og mange organiske løsningsmidler.

0.3 Snø- og temperaturforhold

Temperatur og nedbørdata fra Blindern viste perioder med snøfall fra slutten av november 1993 fram til prøvetakingstidspunktet for Fase I, 7.- 8. februar, og antyder at den eldste snøen i snøprofilene var anslagsvis 2,5 måneder gammel og den yngste omkring én uke. Temperaturen har bare i korte perioder ligget over 0°C (figur 7). I disse periodene har det imidlertid foregått en viss grad av snøsmelting. Dette ble registrert som innslag av is i brøytekantene. Særlig på bunnen av snøprofilene var det tildels kraftige islag. Noe av isdannelsen må imidlertid også tilskrives periodevis bruk av veisalt med etterfølgende snøsmelting som igjen medfører isdannelse i kuldeperioder.



Figur 7. Temperatur (°C) og nedbør (mm) på Blindern i Oslo fra oktober 1993 til og med mars 1994.

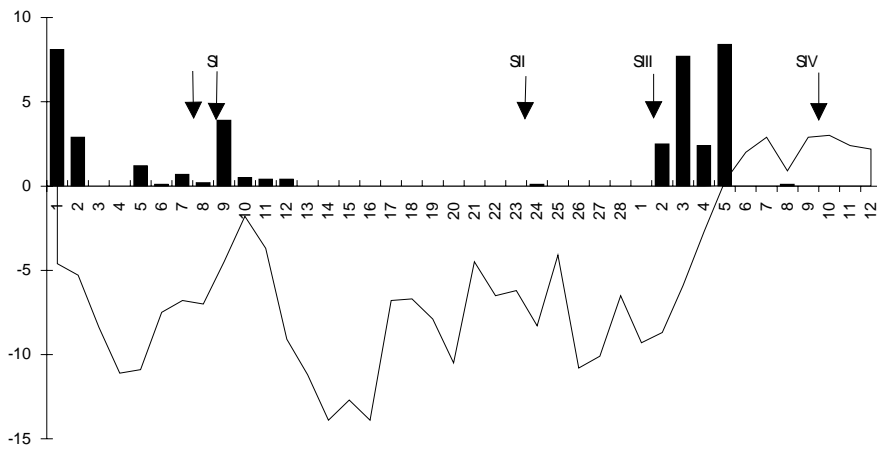
Prøvene av overflatesnø til Fase II ble samlet inn i 4 omganger, fra 9. februar til 10. mars (figur 8). Perioden fra 1. februar til 4. mars var preget av kaldt vær uten smelteperioder. De siste 5 dagene før siste prøvetaking var det imidlertid varmegrader (1-3 grader C i gjennomsnitt på Blindern), og det foregikk en betydelig snøsmelting i denne perioden.

Prøve til Serie I (9. februar) ble samlet inn ca én uke etter et kraftig snøfall. Denne snøen var sammensatt av snø falt direkte på brøytekanten og av snø/snøslaps brøytet opp fra veibanen. På Neberggaten (st6) var det forut for dette snøfallet fjernet gammel snø. Dette ble konstatert ved en befaring sammen med veivesenet den 2. februar. Serie I fra denne stasjonen ble tatt som et gjennomsnitt gjennom en brøytekant av nysnø.

Prøvene til Serie II (24. februar) ble tatt ca 2 uker etter forrige snøfall. Ved Grefsenkollveien (st2) og Kjelsåsveien (st3) var deler av snøkanten fjernet med snøfreser og kjørt bort siden forrige prøvetaking. Serie II, III og IV på disse stasjonene ble derfor tatt ca 1 m fra veikanten og bare på toppen av den loddrette snøkanten. Høyden på snøkanten Grefsenkollveien var ca 0,8m og ved Kjelsåsveien ca 0,5m, uten den skrånende kanten mot veibanen.

Prøvene til Serie III (2. mars) ble tatt ca 3 uker etter forrige snøfall av særlig størrelse. Solvarmen ble absorbert i den skitne snøen og medførte noe snøsmelting på overflaten i løpet av ettermiddagen etterfulgt av isdannelse i løpet av natten. Dette medførte en isete overflate og var først og fremst påtagelig ved E18 (st5) som hadde en sørvendt snøkant, men ble også registrert ved Ringvei 3 (st4).

Prøvene fra Serie IV ble tatt 10. mars. I perioden fra forrige prøvetaking kom det mye nedbør (snø/sludd/regn) etterfulgt av varmt vær (figur 8). Det ble registrert en betydelig nedsmelting av snøkantene på alle stasjoner. Ved E18 og Neberggaten var nedsmeltingen så markert at det ikke ble tatt prøver.



Figur 8. Temperatur (°C) og nedbør (mm) på Blindern, Oslo, i februar og første halvdel av mars 1994. Pilene viser prøvetakingstidspunkt. SI-SIV angir prøvetakingsserier under Fase II.

1. Resultater

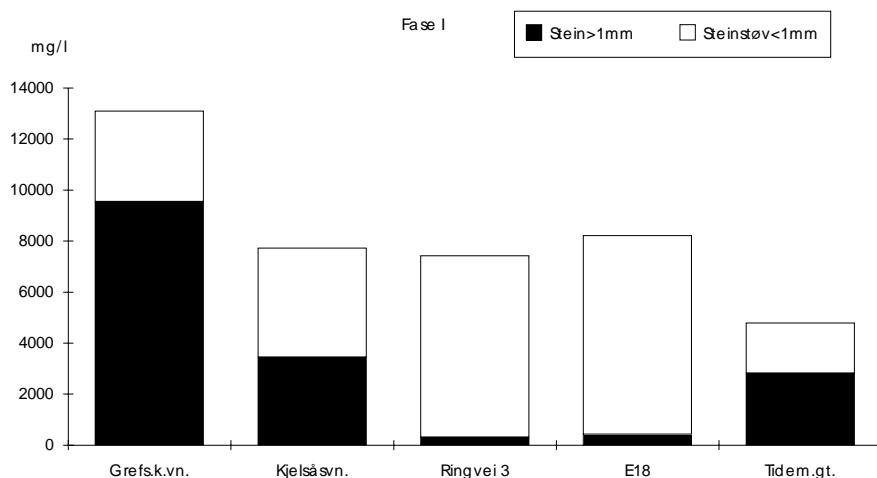
1.1 Tverrsnitt av brøytekant. Fase I.

Alle analysedata fra Fase I er presentert i tabell 1 og 2 samt i vedlegg 1.

1.1.1 Partikler

Mengden partikler i referanseprøven fra Grefsenkollen var lav og den hadde en stor andel organisk materiale (tabell 1). Det organiske materialet (glødetap = GT) var dominert av plantemateriale, som f.eks bjørkefrø, fra trærne omkring. På de trafikkpåvirkede stasjonene var innholdet av partikler (suspendert tørrstoff = STS) flere tusen ganger høyere (tabell 1). Det aller meste besto av uorganiske partikler som småstein og steinstøv (suspendert gløderest = SGR). Mengden varierte mellom ca 5 og 13 g/l smeltevann.

Det ble skilt mellom to typer uorganiske partikler: partikler større enn 1mm (småstein) og partikler mindre enn 1mm (steinstøv). Sammensetningen av partikler viste to hovedgrupper av stasjoner: 1) De med stor andel småstein 2) De med stor andel steinstøv (figur 9). I førstnevnte gruppe var Grefsenkollveien, Kjelsåsveien og Tidemandsgate (Majorstuen). Disse veiene har i perioder vært gruset. Ved Ringvei 3 og E 18 var det nesten utelukkende steinstøv fra veislitasjen (ca 95%). Den organiske delen (GT) i de trafikkpåvirkede lokalitetene varierte fra 1,7% til 7,0%. På de mest trafikkerte veiene var dette sannsynligvis i stor grad bitumen fra veislitasje, men også med innsalg av bilgummi.



Figur 9. Fordeling av stein (>1mm) og steinstøv (<1mm) i et tverrsnitt av brøytekantene (Fase I).

1.1.2 Generelle vannkvalitetsparametere

Referansesnøen viste en normal situasjon med noe sur snø med lav bufferevne (alkalitet), lavt ioneinnhold og lave konsentrasjoner av de øvrige stoffene (tabell 1). I veikantene var snøen fra nøytral til svakt basisk og med til dels meget høy bufferevne. Dette skyldes blant annet tilførsler av steinstøv med høyt innhold av kalsium og magnesiumkarbonater fra veislitasjen.

Den spesifikke ledningsevnen var meget høy i den trafikkpåvirkete snøen. Høyest verdi ble målt i brøytekanten ved Ringvei 3 med 726 mS/m. Det meste av dette kan forklares utfra tilførselen av veisalt.

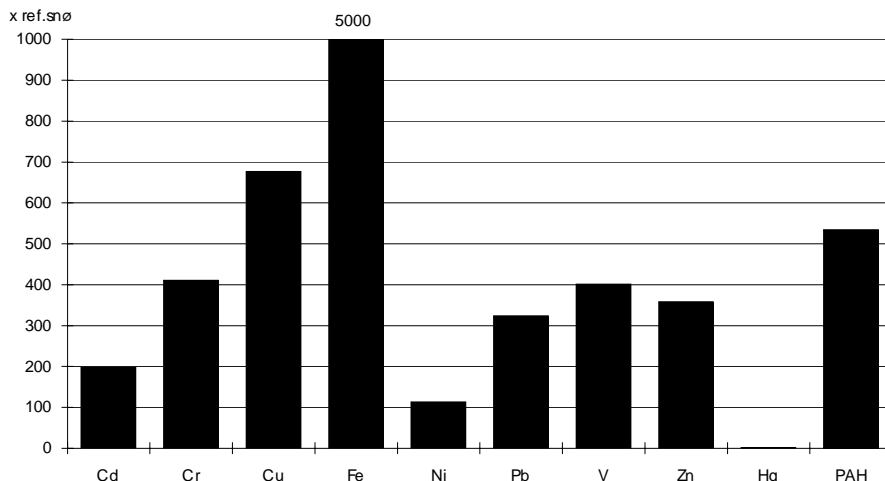
Bruk av veisalt reflekteres tydelig som høye verdier av klorid (Cl⁻) og natrium (Na⁺). Den gjennomsnittlige mengden natriumklorid ved Ringvei 3 var ca 4g/l smeltevann. Det var flere tusen ganger høyere enn i referansesnøen. Magnesium (Mg), kalium (K), nitrat (NO₃) og sulfat (SO₄) viste en mer eller mindre tydelig tendens til økte konsentrasjoner med økt trafikk. Av disse økte nitratkonsentrasjonene bare ubetydelig i forhold til referansen. Innholdet av totalnitrogen (Tot N) var imidlertid høyt med opptil 6,8 mg/l. Trolig var det meste av dette organisk bundet nitrogen. Konsentrasjonene av totalfosfor (Tot P) var også høye med verdier på 4,8 og 3,7 mg/l langs henholdsvis Ringveien og E18. Sannsynligvis var en stor del av dette partikkelbundet.

Tabell 1. Kjemisk sammensetning av snø fra veikanter langs ulikt trafikkerte veistrekninger i Oslo 7-8 februar 1994. Partikler og generelle vannkvalitetsparametere. Angitt som konsentrasjoner i vann. Tallene representerer gjennomsnittsverdier i et tverrsnitt av snøen fra veikanten og 1m innover i snøkanten.

Sted		Grefsen- kollen, Ref.	Grefsen kollen- veien	Kjelsås- veien	Ringvei3 Sognsv.- bomst.	E18, Lysaker	Tidemand's gate, Majorstuen
Stasjonskode		st1	st2	st3	st4	st5	st6
Trafikk		0	2000	7000	38000	88000	1-2000
STS	mg/l	9,69	13320	8098	7968	8840	5107
SGR	mg/l	2,6	13100	7730	7423	8218	4794
Glødetap	mg/l	7,09	220	368	545	622	313
Glødetap	%	73,2	1,7	4,5	6,8	7,0	6,1
Stein > 1mm	mg/l	0	9549	3447	311	427	2824
Stein/SGR	%	0	73	45	4	5	59
pH		4,45	8,34	7,97	8,2	8,31	7,06
ALK	mmol/l	0,009	2	3,354	4	4,378	1,268
Ledningsevne	mS/m	1,54	400	393	726	362	89,8
Ca	mg/l	0,05	74,6	40,1	36,6	26,4	21
Mg	mg/l	0,03	1,81	2,17	3,52	2,1	0,87
K	mg/l	0,04	3,3	4,53	6,67	3,86	2,25
Na	mg/l	0,27	870	820	1720	740	159
Cl	mg/l	0,45	1250	1200	2340	1100	235
NO ₃	mg/l	0,32	0,38	0,46	0,42	0,32	0,24
SO ₄	mg/l	0,22	3,26	3,07	5,68	3,26	1,42
Tot N	mg/l	0,6	6,8	3,7	4,3	6,5	2,7
Tot P	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	4,8	3,7	<0,1

1.1.3 Tungmetaller

Konsentrasjonene av tungmetaller i snøkantene var tildels meget høye sett i forhold til normale konsentrasjoner i snø og overflatevann. For eksempel var konsentrasjonen av bly (Pb) og kobber (Cu) opptil ca 380 µg/l og 250 µg/l ved Ringveien, og for jern (Fe) var konsentrasjonen nesten 50000 µg/l (tabell 2). I forhold til referansesnøen økte konsentrasjonen i brøytekantene ved Ringvei 3 fra 113 ganger for nikkel (Ni) til nesten 5000 ganger for jern. For de øvrige tungmetallene som kadmium (Cd), kobolt (Co), krom (Cr), kobber (Cu), bly (Pb) og sink (Zn) økte konsentrasjonene med henholdsvis ca 200, 550, 400, 700, 300 og 350 ganger (figur 10). Konsentrasjonene økte med trafikkmengden med unntak av st5 ved E18 der konsentrasjonene var noe lavere enn ved Ringvei 3. Kvikksølvkonsentrasjonene var tilnærmet like i alle prøvene og viser at kvikksølv (Hg) ikke, eller i liten grad, er knyttet til veitrafikk, men kommer som lang-transportert forurensning som deponeres med støv og nedbør.



Figur 10. Overkonsentrasjon av enkelte tungmetaller og PAH i brøytekanten ved Ringvei 3 i forhold til referansesnøen.

1.1.4 Olje og organiske mikroforurensninger

Total oljemengde i brøytekanten varierte fra 37,5 til 125 mg/l smeltevann (tabell 2). Størst mengde ble observert ved Ringveien. Upolare oljekomponenter hadde størst konsentrasjon ved Grefsenkollveien, mens fettaktige oljer var dominerende på de mest trafikkbelastede stasjonene.

Referanseverdien for PAH lå i normalområdet for bakgrunnsverdier. Konsentrasjonen av PAH økte betydelig med økt trafikk. De høyeste verdiene ble funnet ved E18 med 200 µgPAH/l, ca 1000 ganger høyere konsentrasjon enn i referansen (tabell 2).

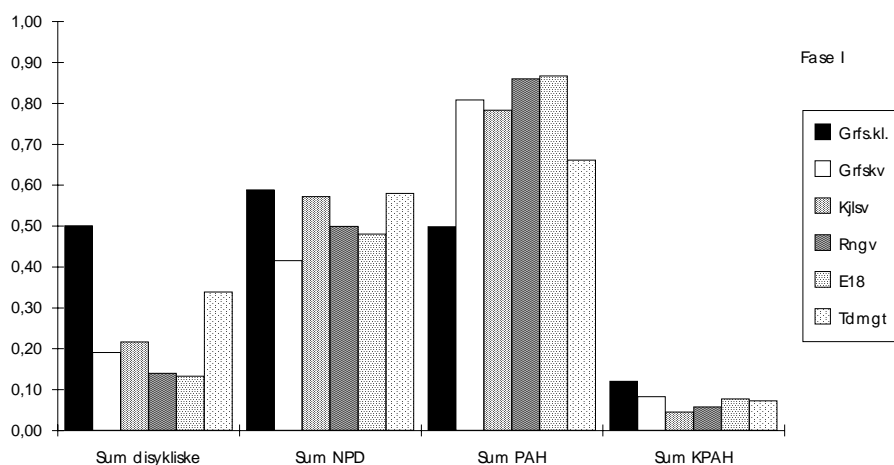
De potensielt kreftfremkallende PAH-stoffene, KPAH, utgjorde størst andel i referansen med ca 24%. I de trafikkpåvirkede lokalitetene varierte KPAH mellom ca 6 og 11 %. Mengdemessig er imidlertid KPAH av langt større betydning på de trafikkbelastede lokalitetene.

Tabell 2. Kjemisk sammensetning av snø fra veikanter langs ulikt trafikkerte veistreknings i Oslo 7-8 februar 1994. Tungmetaller, olje, polysykliske aromatiske hydrokarboner og polyklorerte bifenyler. Angitt som konsentrasjoner i vann. Tallene representerer gjennomsnittsverdier i et tverrsnitt av snøen fra veikanten og 1m innover i snøkanten.

Sted		Grefsen- kollen, Ref.	Grefsen kollen- veien	Kjelsås- veien	Ringvei3 Sognsv.- bomst.	E18, Lysaker	Tidemands gate, Majorstuen
Stasjonskode		st1	st2	st3	st4	st5	st6
Trafikk		0	2000	7000	38000	88000	1-2000
Cd	µg/l	0,03	0,84	2,29	5,94	2,76	2,11
Co	µg/l	<0,10	21,11	34,48	55,52	50,86	16,61
Cr	µg/l	<0,5	101,06	108,89	205,62	114,46	134,06
Cu	µg/l	0,37	93,88	160,62	250,45	177,4	108,41
Fe	µg/l	<10	22245,9	43456,7	48073,8	33377,5	19516,1
Mn	µg/l	2,8	868,9	1145,2	1843,1	1186,8	462,9
Ni	µg/l	<0,5	33,33	49,23	56,74	47,71	25,21
Pb	µg/l	1,17	128,92	226,25	379,37	275,84	159,1
V	µg/l	0,33	52,47	68,66	132,41	78,1	61,09
Zn	µg/l	2,46	258,86	512,88	881,05	764,02	316,81
Hg	µg/l	0,15	0,1	0,12	0,12	0,11	0,1
Olje total	mg/l		63,9	37,5	125	101	38,7
upolar del	mg/l		44,7	14,9	34	28	13,4
polar del	mg/l		19,2	22,6	91	73	25,3
Sum PAH	µg/l	0,20	24,4	77,2	106,9	200,7	35,1
Sum KPAH	µg/l	0,05	2,5	4,5	7,2	17,9	3,9
Sum PCB ¹⁾	ng/l		21 ²⁾	7 ²⁾	60	32,5	90
total PCB ¹⁾	ng/l		40	14	120	60	180
5-CB + HCB ¹⁾	ng/l		55	21	55	54	67

1) Verdiene for Ringvei 3 og Tidemandsgt er estimert fra Serie II-III Fase II data. 2) Grefsenkollenv og Kjelsåsveien estimert fra Serie I-data Fase II.

NPD (se kap 2.2) utgjorde ca halvparten av total di- og polysykliske aromatiske forbindelser (figur 11). Dette antyder at kilden er oljerelatert og i mindre grad forbrenningsprodukter. Referansestasjonen skilte seg mest ut med hensyn til fordelingen av stoffer med stor andel av disykliske- og KPAH forbindelser. Det meste av PAH kommer trolig fra bitumen fra veislitasjen. I tillegg kommer det PAH fra oljesøl, bildekk og forbrenning av bensin og diesel.



Figur 11. Fordelingen av di- og polisykliske aromatiske grupperinger på hver stasjon i forhold til totalkonsentrasjonen av stoffer i snøen.

PCB og andre klorerte organiske forbindelser ble funnet i høyere konsentrasjoner enn forventet. Med Sum PCB på 32,5 ng/l samt penta- og heksaklorbenzen på henholdsvis 35,7 og 18,2 ng/l er verdiene over forventede bakgrunnsverdier. I Fase I ble bare snø fra brøytekanten ved E18 analysert for klororganiske forbindelser. På bakgrunn av resultatene fra Fase II ble det estimert verdier for de øvrige veilokalitetene i Fase I (tabell 2). Disse viser at en kan forvente høye konsentrasjoner av klororganiske stoffer også ved Ringvei 3 og Tidemandsgate.

1.2 Akkumulering på brøytekant. Fase II

Alle analysedata fra Fase II er gitt i vedlegg 2 og 3.

1.2.1 Partikler

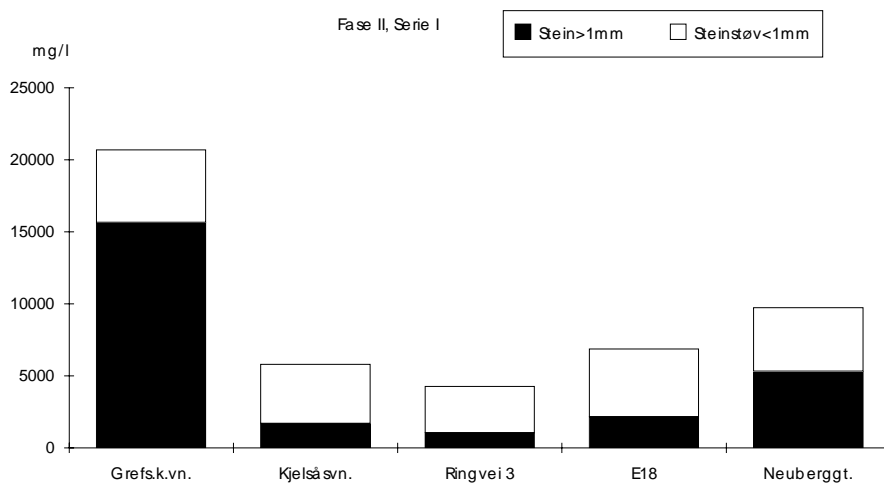
Ved Grefsenkollveien ble det i løpet av én uke (prøveserie I) tilført store mengder partikler til brøytekanten. Av ca 21g/l viste en nærmere undersøkelse at 75% av partiklene var steinpartikler større enn 1mm (figur 12). For en stor del var dette grus etter grusing av veibanen. Fordi selve brøytekanten ble frest vekk, ble de øvrige prøvene fra denne stasjonen tatt lengre unna veibanen og høyere oppe i snøen (1m fra 0,8m opp, se kap.2.1). Det totale innholdet av partikler var derfor svært mye lavere i prøveserier II- IV enn i Serie I og Fase I (vedlegg 2).

Ved Kjelsåsveien var innholdet av uorganiske partikler etter én uke lavere enn det som ble registrert ved Grefsenkollveien. Dette skyldtes først og fremst færre småstein i prøvene. Konsentrasjonen var ca 6 g/l. På grunn av snøfresing ble prøvserie II-IV også fra denne stasjonen tatt lengre unna veibanen og høyere oppe i snøen (ca 1m fra og 0,5m opp, se kap.2.1). Det totale innholdet av partikler sank derfor betydelig fra prøveserie I til II. Etter tre uker var imidlertid partikkelmengden i denne snøen like stor som i brøytekanten etter 1. uke, og nesten like stor som i tverrsnittet av snøkanten funnet i Fase I. I løpet av den siste uken (Serie III-IV) økte innholdet partikler kraftig. Dette skyldtes for det ene akkumulering av partikler over tid, men også at partikler i snøen ble liggende igjen på oversiden etter hvert som snøen smeltet. Innholdet av stein større enn 1mm i prøvene varierte mellom ca 16 og 32%, med et gjennomsnitt på ca 27%. Dette var noe høyere enn for de mer trafikkbelastede (og mindre grusede) veiene.

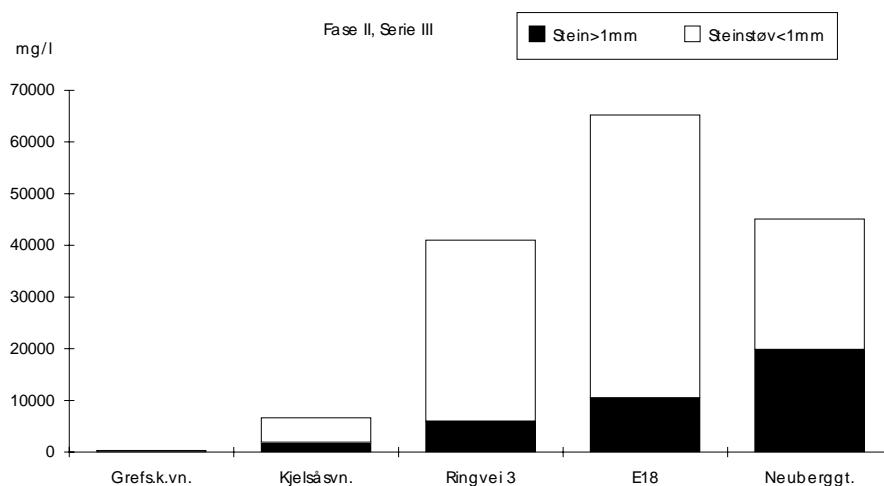
Mengden partikler i snøkanten ved Ringvei 3 økte fra prøveserie I til IV fra ca 4,5 til 73 g/l smeltevann. Det aller meste av dette, mellom 75 og 86%, var steinstøv mindre enn 1mm avslitt fra veibanen (figur 13). Enda større mengder ble registrert i prøvene fra E18. Fra Serie I til Serie III økte innholdet i disse prøvene fra ca 7 til 74 g/l. Mellom 68 og 84 % av dette var steinstøv fra veislitasjen. Allerede i første prøveserie (1 uke) var innholdet av partikler i overflatesnøen både ved Ringveien og ved E18 like høyt som i tverrsnittet av snøkanten. I tre uker gammel overflate-snø var konsentrasjonen ca 6 og 8 ganger høyere enn i tverrsnittet av snøkanten ved henholdsvis Ringveien og E18.

Også i Neberggaten ble det registrert høyt innhold av partikler i snø fra første prøveserie. Av totalt ca 10 g/l var omkring halvparten av partiklene grus. I prøveserie II var partikkelinnholdet omtrent det samme som i serie I, men innholdet av grus var noe lavere. Etter tre uker ble det funnet langt høyere konsentrasjoner. Innholdet i disse prøvene var like stort som etter tre uker ved Ringvei 3. Imidlertid var hele 44 % grus. Sett i forhold til mengden partikler observert i snø fra Fase I (Tidemandsgate), var konsentrasjonen allerede etter en uke det dobbelte i Neberggaten, og etter tre uker hadde overflatesnøen i Neberggaten nesten 10 ganger høyere innhold av partikler enn snø fra Fase I.

Andelen organiske partikler var i samme størrelsesorden i de fleste prøvene fra overflatesnøen (Fase II) og i tverrsnittet av brøytekantene (Fase I). Prosentandelen varierte fra 1,9% ved Grefsenkollveien til 11,3% ved E18. Sannsynligvis er det aller meste av dette bitumen fra asfaltslitasjen i tillegg til noe gummi fra bildekkene.



Figur 12. Mengde og fordeling av stein (>1mm) og steinstøv (<1mm) på brøytekanter etter 1 uke (Serie I).

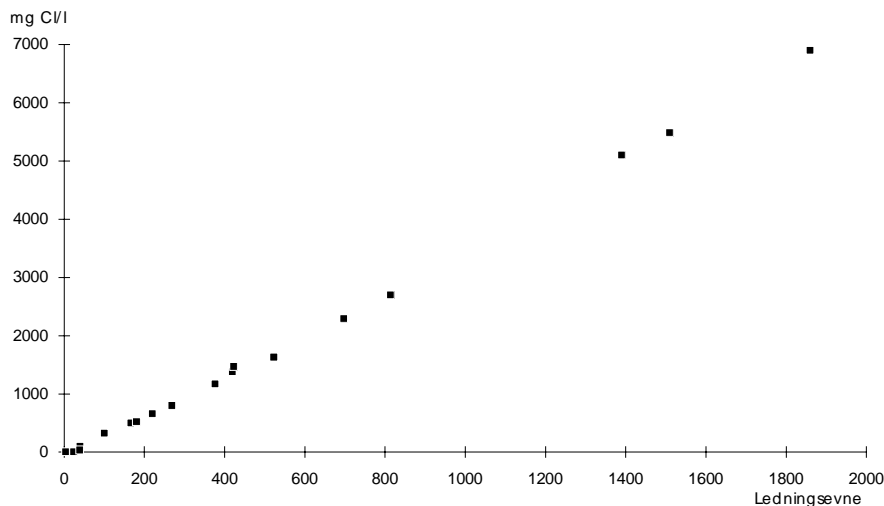


Figur 13. Mengde og fordeling av stein (>1mm) og steinstøv (<1mm) på brøytekanter etter 3 uker (Serie III).

1.2.2 Generelle vannkvalitetsparametere

pH verdiene i brøytekanter på alle stasjonene og prøveserier viste nesten utelukkende nøytrale eller svakt basiske forhold. Tilsvarende forhold ble også funnet i tverrsnittet av brøytekanter. Alkaliteten, som bare ble målt i snøkanten ved Ringvei 3, viste høye verdier og god bufferkapasitet. Den høyeste verdien i Serie III med 13,9 mmol/l.

Den spesifikke ledningsevnen var tildels meget høy i brøytekanter og viste en klar korrelasjon med innholdet av kloridioner (figur 14). De store mengdene salt i prøvene tilsier at natrium og kloridionene er helt avgjørende for ledningsevnen.



Figur 14. Korrelasjon mellom spesifikk ledningsevne (mS/m) og konsentrasjonen av kloridioner.

I overflatesnøen ved Grefsenkollveien var konsentrasjonen av salt i ukegammel snø betydelig større enn i tverrsnittet av den samme brøytekanten funnet i Fase I med verdier på henholdsvis ca 3,8 og 2 g salt/l (tabell 3). På samme stasjon gikk innholdet av salt betydelig ned fra serie I til II-III på grunn av nytt prøvetakingssted etter snøfresingen (se kap.2.1). I den siste prøveserien var det ytterligere en stor reduksjon som viser at klorid og natrium er meget mobile ioner og følger vannfasen ut av snøen allerede ved starten av nedsmeltingen.

For de andre ionene, magnesium (Mg), kalium (K), nitrat (NO_3) og sulfat (SO_4), var konsentrasjonene noe høyere i den ukegamle snøen enn det som ble funnet i tverrsnittet av snøkanten. Unntaket her var kalsium (Ca) som etter en uke bare hadde halvparten av konsentrasjonen funnet i Fase I. Ellers ble det også for disse ionene (med unntak av nitrat) registrert en betydelig nedgang i konsentrasjonene på grunn av flytting av prøvetakingssted etter Serie I. Ved starten av smeltingen sank konsentrasjonen også av disse ionene, men i langt mindre grad enn for natrium og kloridioner.

Ved Kjelsåsveien var saltinnholdet i snøen omtrent det samme i én uke gammel overflatesnø som i tverrsnittet av brøytekanten; ca 2 g/l. Etter at snøkanten ble frest vekk ble det observert lavere ioneinnhold i den bakenforliggende snøkanten (unntatt for nitrat). Da snøsmeltingen startet, ble det også her registrert en kraftig lekkasje av ioner, særlig av natrium og kloridioner. Innholdet av kalsium var imidlertid omtrent som før.

I snøkanten ved Ringvei 3 var innholdet av veisalt meget høyt allerede i den ukegamle snøen med ca 9 g salt/l smeltevann. Dette var mer enn det dobbelte av det som ble funnet i tverrsnittet av den samme brøytekanten. Omtrent samme situasjon ble observert for de andre ionene. Konsentrasjonen av veisalt (NaCl), samt de andre ionene, holdt seg på omtrent det samme nivået eller litt høyere i prøveserie II og III. Under smelteperioden ble det også her observert en betydelig reduksjon av de fleste ionene. Igjen ble det demonstrert at natrium og kloridioner går raskt ut med smeltevannet. For kalsium var reduksjonen lang mindre enn for de andre ionene og antyder at kalsium i større grad er partikkel- og/eller kompleksbundet og derfor "henger igjen" i snøen.

Tabell 3. Konsentrasjoner av natrium og kloridioner i brøytekantene ved ulike stasjoner og prøvetakingsserier I-IV. Angitt pr liter vann.

	mgNa/l	mgCl/l
Grefsenkollveien		
SI	1590	2290
SII	240	320
SIII	70	100
SIV	3,3	4,8
Kjelsåsveien		
SI	800	1170
SII	350	500
SIII	470	660
SIV	6,2	4,6
Ringvei 3		
SI	3700	5490
SII	3550	5100
SIII	4710	6900
SIV	47	37
E18		
SI	1870	2700
SII	380	520
SIII	590	800
Neuberggaten		
SI	857	1380
SII	1140	1630
SIII	980	1470

Totalt innhold av nitrogen og fosfor ved Ringveien viste høye konsentrasjoner allerede etter en uke med verdier på henholdsvis 2,2 og 9,2 mg/l. For nitrogen var konsentrasjonen ca halvparten og for fosfor ca det dobbelte i den ukegammel snøen i forhold til snø fra tverrsnittet av brøytekanten. Maksimalverdiene ble målt til 7,1 og 65,4 mg/l av henholdsvis totN og totP.

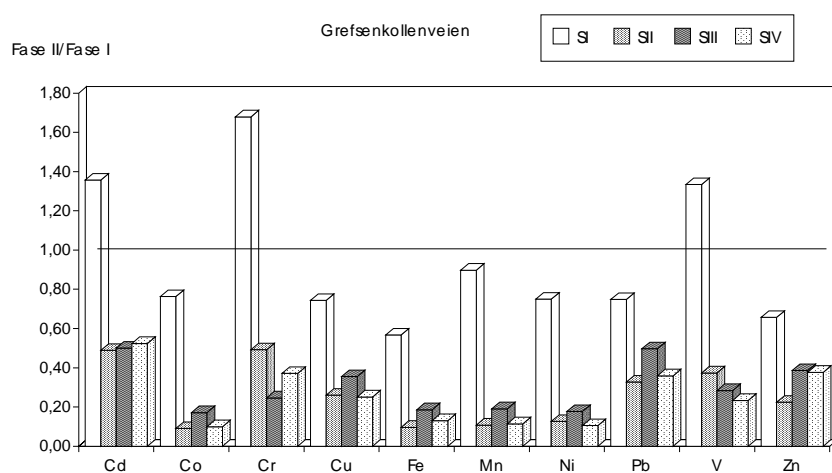
I snøkanten ved E18 var også innholdet av veisalt høyt med ca 4,5g salt/l. I én uke gammel snø var konsentrasjonen mer enn dobbelt så høy som det i tverrsnittet av samme snøkant. Tilsvarende situasjon ble registrert for de andre ionene. Det ble ikke tatt prøver fra denne stasjonen i smelteperioden (Serie IV).

Snø fra prøveserie I i Neuberggaten hadde ca samme innhold av salt som tilsvarende i Kjelsåsveien; ca 2 g salt/l. Konsentrasjonene var imidlertid mer enn fem ganger høyere i snø fra prøveserie I i Neuberggaten enn i snøhaugen fra Fase I i Tidemandsgaten. For de andre ionene ble det også funnet høyere verdier i ukegammel snø fra Neuberggaten enn i snø fra Tidemandsgaten.

Saltinnholdet og konsentrasjonene av de andre ionene i prøveserie II og III holdt seg på omtrent samme nivå eller litt høyere enn i Serie I.

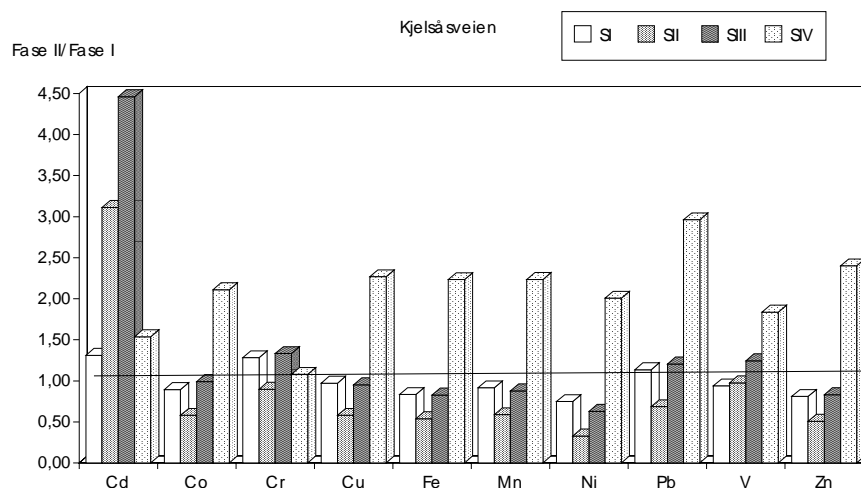
1.2.3 Tungmetaller

I Grefsenkollveien var konsentrasjonen av tungmetaller i én uke gammel snø stort sett noe lavere enn i tverrsnittet av samme brøytekant. Bare kadmium, krom og vanadium hadde høyere verdier (figur 15). I forhold til bakgrunnsverdier var likevel konsentrasjonene høye med verdier for kadmium, krom, kobber, bly og sink på henholdsvis 1,1, 170, 70, 96 og 170 $\mu\text{g/l}$ etter én uke (tabell 4). Etter fresing av brøytekannten ble det funnet langt lavere konsentrasjoner i snøkanten bakenfor. Det kunne ikke påvises spesielle endringer i metallsammensetningen som følge av snøsmeltingen. Imidlertid uteble den forventede konsentrasjonsøkningen.



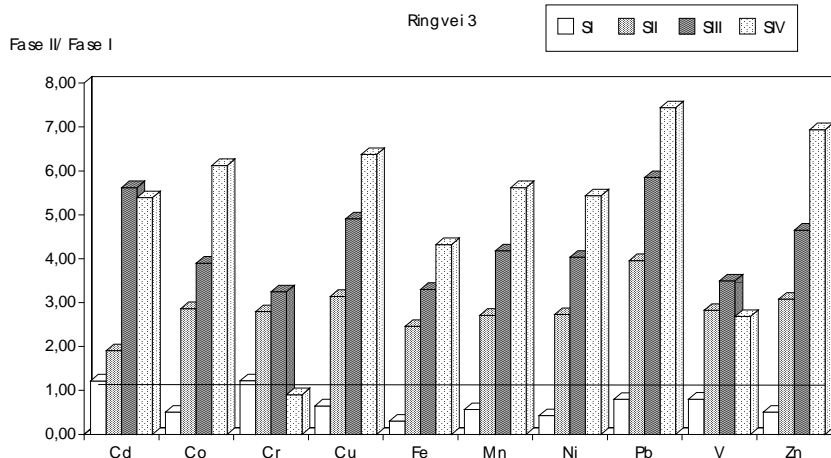
Figur 15. Forholdet mellom konsentrasjoner av tungmetaller i overflatesnø ved ulike prøveserier i Fase II og i tverrsnittet av brøytekannten i Fase I. 1 angir lik forurensning. Grefsenkollveien.

Ved Kjelsåsveien var konsentrasjonene av tungmetaller i én uke gammel snø omtrent de samme eller litt lavere enn i tverrsnittet av samme snøkant (figur 16). For kadmium, krom og bly var konsentrasjonene litt høyere. Konsentrasjonene av kadmium, krom, kobber, bly og sink var henholdsvis 3, 140, 156, 257 og 415 $\mu\text{g/l}$ (tabell 4). Etter at snøkanten ble frest vekk, ble det observert lavere konsentrasjoner av alle metallene, unntatt kadmium, i den bakenforliggende snøkanten. For kadmium ble det registrert mer enn en fordobling av konsentrasjonen. Fra prøveserie II til III ble observert en betydelig konsentrasjonsøkning for alle metallene opptil ca samme nivå som overflatesnøen i prøveserie I. Etter at snøsmeltingen hadde startet fortsatte konsentrasjonsøkningen for de fleste metallene. Unntak her var kadmium og krom som fikk reduserte konsentrasjoner. Dette indikerer at disse metallene er mer mobile enn de øvrige metallene og lettere følger smeltevannet. Tungmetaller og særlig kadmium kan sammen med klorider danne vannløslige kloridkomplekser og derved lettere følge smeltevannet ut av snøen.



Figur 16. Forholdet mellom konsentrasjoner av tungmetaller i overflatesnø ved ulike prøveserier i Fase II og i tverrsnittet av brøytekanten i Fase I. 1 angir lik forurensning. Kjelsåsveien.

I brøytekanten ved Ringvei 3 var metallinnholdet etter første uke stort sett noe lavere enn i tverrsnittet av samme snøkant (figur 16). Konsentrasjoner for metallene kadmium, krom, kobber, bly og sink var henholdsvis ca 7, 250, 162, 303 og 445 µg/l (tabell 4). Deretter ble det registrert en jevn konsentrasjonsøkning fra serie II-IV for de fleste metallene. Unntakene var igjen kadmium, som viste en svak nedgang i prøveserie IV, og krom, som var betydelig redusert i samme prøveserie. Denne gangen var det også en nedgang i konsentrasjonen av vanadium. Igjen kan dannelse av vannløslig kloridkomplekser være med på å forklare nedgangen/manglende økning.

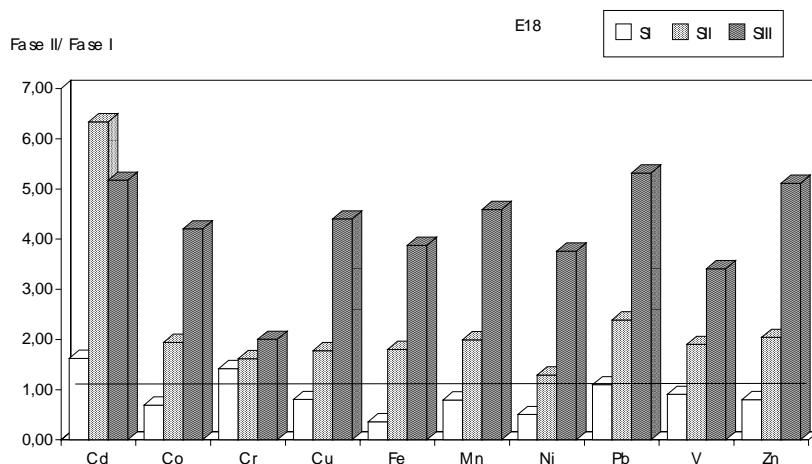


Figur 17. Forholdet mellom konsentrasjoner av tungmetaller i overflatesnø ved ulike prøveserier i Fase II og i tverrsnittet av brøytekanten i Fase I. 1 angir lik forurensning. Ringvei 3.

De høyeste tungmetallkonsentrasjonene i undersøkelsen ble funnet ved Ringvei 3. Med unntak av kadmium, krom og vanadium, ble maksimalverdiene observert i den siste prøveserien. De høyeste verdiene for kadmium, krom, kobber, bly og sink var henholdsvis ca 30, 670, 1600, 2800 og 6100 µg/l. Den høyeste konsentrasjonen ble imidlertid funnet for jern med maksimalverdi på ca 208 mg/l.

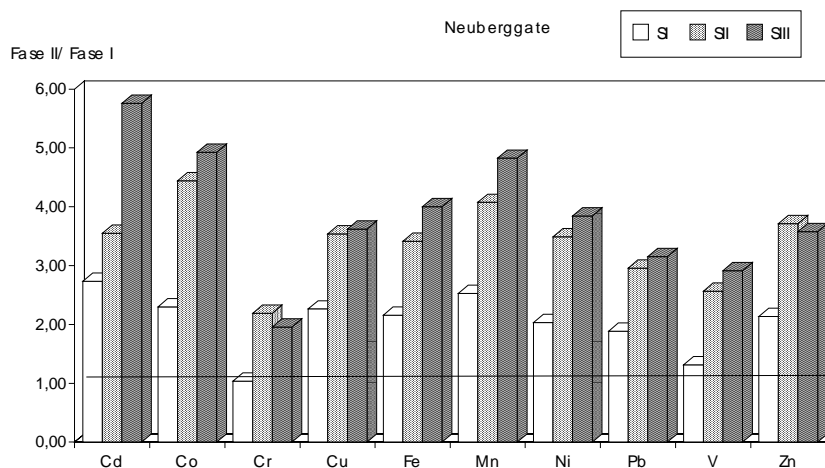
Ved E18 var metallinnholdet etter første prøveserie omtrent det samme eller noe lavere enn i tverrsnittet av snøen i samme snøkant (figur 18). Igjen var det unntak for kadmium, krom og bly som lå noe høyere. Konsentrasjonene av kadmium, krom, kobber, bly og sink var henholdsvis ca 4,5, 162,

143, 303 og 610 $\mu\text{g/l}$ (tabell 4). Deretter ble det registrert en jevn konsentrasjonsøkning fra serie II-III. Unntak var kadmium som viste en svak nedgang i serie III.



Figur 18. Forholdet mellom konsentrasjoner av tungmetaller i overflatesnø ved ulike prøveserier i Fase II og i tverrsnittet av brøytekanten i Fase I. 1 angir lik forurensning. E 18 ved Lysaker.

I brøytekanten ved Neuberggaten var konsentrasjonene etter første prøveserie vesentlig høyere enn snøhaugen i Tidemandsgate (figur 19). Konsentrasjonene av kadmium, krom, kobber, bly og sink var her henholdsvis ca 5,8, 139, 246, 300 og 676 $\mu\text{g/l}$. Deretter ble det registrert økende konsentrasjoner for de fleste metallene fram til prøveserie III (tabell 4).



Figur 19. Forholdet mellom konsentrasjoner av tungmetaller i overflatesnø ved ulike prøveserier i Fase II og i tverrsnittet av brøytekanten i Fase I. 1 angir lik forurensning. Neuberggaten.

Tabell 4. Konsentrasjoner av utvalgte tungmetaller i brøytekanter ved ulike lokaliteter og prøvetakingsserier I-IV. Angitt pr liter vann.

	Cd µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Fe µg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	V µg/l	Zn µg/l
Grefs.k.vn.								
SI	1,1	170	70	12608	25	96	70	170
SII	0,4	50	24	2126	4,2	42	20	58
SIII	0,4	25	33	4132	5,9	64	15	100
SIV	0,4	38	24	2889	3,5	46	12	97
Kjelsåsvn.								
SI	3,0	140	156	36236	37	257	64	415
SII	7,1	98	93	23402	16	155	67	260
SIII	10	145	153	35973	31	273	86	426
SIV	3,5	117	364	97064	99	671	126	1231
Ringvei 3								
SI	7,2	251	162	14545	24	303	106	445
SII	11	575	787	118127	155	1501	374	2712
SIII	33	667	1230	158679	229	2219	462	4098
SIV	32	186	1596	207800	308	2822	355	6114
E18								
SI	4,5	162	143	12126	24	303	71	611
SII	17	185	316	60268	62	659	149	1560
SIII	14	229	781	129404	179	1467	266	3908
Neuberggt.								
SI	5,8	139	246	42064	51	300	80	676
SII	7,5	293	384	66678	88	470	157	1176
SIII	12	262	393	78070	97	502	178	1134

1.2.4 Olje og organiske mikroforurensninger

Konsentrasjonen av olje ble bare registrert ved Ringvei 3. Etter første prøvetaking var konsentrasjonen ca 86 mg/l og utgjorde ca 70 % av konsentrasjonen funnet i tverrsnittet av samme brøytekanter. Deretter ble det registrert en økning til 219 mg/l i Serie III (tabell 5). Ved siste prøvetaking ble det funnet lavere konsentrasjoner noe som indikerer at oljekomponenter renner av fra brøytekanter i en tidlig smeltefase.

Mengden PAH var jevnt over noe høyere i den uegamle snøen enn det som ble funnet i snøen fra Fase I. Ved Grefsenkollveien ble det på grunn av snøfresningen registrert betydelig lavere konsentrasjoner i Serie II og III enn i Serie I. I prøveserie IV ble det imidlertid observert en kraftig økning i konsentrasjonen. Dette kan være et resultat av at PAH holdige partikler i snøen blir akkumulert på overflaten når snøen smelter. Andelen KPAH var stort sett høyere og NPD lavere enn på de andre mer trafikkbelastede stasjonene. Dette indikerer at PAH på denne stasjonen i større grad kommer fra forbrenningsprosesser enn ved de andre stasjonene.

Tabell 5. Konsentrasjoner av olje samt disykliske og polysykliske aromatiske grupperinger i brøytekanter ved ulike lokaliteter og prøvetakingsserier I-IV. Angitt pr.liter vann.

	Total olje mg/l	Sum disykliske ng/l	Sum NPD ng/l	Sum PAH ng/l	Sum KPAH ng/l	% KPAH %
Grefsenkollveien						
SI		7540	44340	54248	2085	3,8
SII		385	2479	3273	270	8,2
SIII		247	1327	2970	464	15,6
SIV		7163	37011	177649	21290	12,0
Kjelsåsveien						
SI		17798	88064	108936	3858	3,5
SII						
SIII		9745	58523	76939	3674	4,8
SIV						
Ringvei 3						
SI	86	16082	107657	140077	4383	3,1
SII	175	54050	229090	318115	12510	3,9
SIII	219	58868	266747	361983	30082	8,3
SIV	152	45036	847030	806511	1523	0,2
E18						
SI		20466	151260	192882	5645	2,9
SII		184130	1300000	1600000	45690	2,9
SIII		68123	183879	307288	12462	4,1
Neuberggaten						
SI		8572	78331	108604	5876	5,4
SII		65370	405380	483610	16260	3,4
SIII		28067	174380	261529	12128	4,6

PAH konsentrasjonene i prøveserie I økte stort sett med økende trafikk tetthet. Ved Neuberggaten ble det imidlertid funnet høyere verdier enn forventet ut fra trafikken. I prøveserie II var konsentrasjon av PAH her betydelig høyere enn ved Ringvei 3. Ved Ringvei 3 ble det observert økende konsentrasjoner gjennom hele prøveperioden fra Serie I-IV. De høyeste verdiene ble påvist i Serie II ved E 18 med ca 1,6 mg sum PAH.

Konsentrasjonen av sum PCB var lav i en uke gammel snø fra denne stasjonen. Grefsenkollveien hadde naturlig nok, grunnet liten trafikk, det laveste innholdet av miljøgifter av de undersøkte veistrekningene.

Tabell 6. Konsentrasjoner av utvalgte polyklorerte benzener (5-CB og HCB) og bifenyler (PCB) i brøytekanterne ved ulike lokaliteter og prøvetakingsserier I-IV. Angitt pr.liter vann.

	5-CB ng/l	HCB ng/l	SUM PCB ng/l
Grefsenkollveien			
SI	16,2	12,9	11
SII	<0,5	0,6	6
SIII	1,1	1,7	4,3
SIV	0,7	1,3	9,4
Kjelsåsveien			
SI	8,5	2,7	8,7
Ringvei 3			
SI	66,1	26,9	61,6
SII	116	55,2	211,6
SIII	138	66	179,7
SIV	206	139	386,6
E 18			
SI	58,5	18,6	41
SII	188	94,2	236,1
SIII	46	23,8	57,3
Neuberggaten			
SI	36	13,6	55,5
SII	132	47,4	232,9
SIII	59,2	28,7	122,1

I brøytekanteren ved Grefsenveien ble det bare påvist små til moderate konsentrasjoner klororganiske forbindelser i første prøveserie. Konsentrasjonene av Sum PCB, 5-CB og HCB var henholdsvis 11, 16,2 og 12,9 ng/l (tabell 6). Etter fresing av brøytekanteren ble det funnet langt lavere konsentrasjoner i snøkanteren bakenfor.

Ved Kjelsåsveien ble klororganiske forbindelser analysert på i Serie I. Konsentrasjonene både av PCB, 5-CB og HCB var lavere enn tilsvarende ved Grefsenkollveien.

Ved Ringvei 3 var konsentrasjonene av klororganiske forbindelser høy allerede i uke gammel overflatesnø med ca 62,66, og 27 ng/l av henholdsvis Sum PCB, 5-CB og HCB. Deretter økte konsentrasjonene for hver prøveserie (unntak: Sum PCB, Serie III), og nådde høyeste konsentrasjon for Sum PCB på ca 387 ng/l i Serie IV.

Ved E 18 var konsentrasjonen av klororganiske forbindelser allerede etter første prøveserie større enn det som ble funnet i tverrsnittet av samme brøytekanter. Det ble deretter registrert en kraftig økning fram til Serie II. Den observerte nedgangen i Serie III er antagelig for stor. Denne prøven var ekstra problematisk å opparbeide og analysere. Mengdeangivelsen er derfor usikker. De presenterte verdiene representerer minimumsverdier.

I snøkanten ved Neberggaten ble det også funnet høye konsentrasjoner med Sum PCB-verdi på 55 ng/l i Serie I. Deretter økte konsentrasjonen til over det firedoble i prøveserie II med 233 ng/l. I den siste prøveserien ble det igjen registrert en lavere konsentrasjon.

1.3 Forurensningsberegninger

1.3.1 Deponeringsrate

Trafikkforurensninger akkumulerer i snøen langs veiene. Basert på målingene foretatt under den stabile værperioden Serie II- Serie III, ble en deponeringsrate av forurensninger på snøen estimert. Estimaten er først og fremst anvendbare for brøytekantene ved Ringvei 3, E18 og Neberggaten. Ved Grefsenkollveien og Kjelsåsveien ble brøytekanten frest bort og resultatene herfra gjelder snø som ligger 1 m bakenfor normal brøytekant.

Partikkelmengden som ble deponert hver uke var ca 350g/m² ved E18 og omkring halparten av dette ved Ringveien og Neberggaten. Det organiske innholdet (GT) utgjorde 5-10 % av dette (tabell 7).

Salt ble avsatt i størst mengde ved Ringvei 3 med ca 30 g/m²/uke. Også for de andre ionene og tungmetallene ble det avsatt størst mengder ved denne stasjonen. For tungmetallene kadmium, krom, kobber, bly og sink ble det estimert en deponeringsrate ved Ringvei 3 på henholdsvis ca 0,1, 3, 5, 9 og 16 mg/m²/uke. Sett i forhold til trafikkmengden var det overraskende høye verdier ved Neberggaten.

Deponeringsraten av oljeforbindelser ble bare estimert for Ringvei 3 og var ca 1g/m²/uke. PAH komponenter ble deponert i størst mengder ved E 18 der deponeringsraten var omkring 5,5 mg/m²/uke. For Sum PCB og summen av 5-CB og HCB lå deponeringsraten omkring 1-1,5 µg/m²/uke på de mest trafikkbetalte lokalitetene samt Neberggaten.

Snø fra veibanen som brøytes ut på veikanten er mer eller mindre forurenset av trafikken og gir et forurensningsinput til snøkanten i tillegg til forurensninger som deponeres direkte fra lufta. Dersom denne snøen inneholder høyere konsentrasjoner enn den snøen som allerede er der vil den øke forurensningsgraden i veikanten. I denne undersøkelsen var det først og fremst etter snøfallet forut for prøvetaking av Serie I at brøytingen kan ha hatt betydning. I tabell 8 er det vist hvor mange ganger større beregnet avsetningen pr kvadratmeter var etter første ukens prøvetaking enn for gjennomsnittet av de andre periodene. Ved Ringveien hadde brøytingen ingen betydning for deponeringsraten av partikler. Ved E18 syntes brøytingen å ha en fortynnende effekt, mens det ved Neberggaten ble avsatt langt større mengder partikler i den nybrøytede snøkanten enn senere. I Neberggaten skyldtes dette i stor grad småstein fra grusing.

For de fleste parameterene i gruppen "generelle vannkvalitetsparametere" var det forhøyede deponeringsverdier i brøytet snø på alle stasjonene, men aller mest ved E18. Dette indikerer at stoffene i stor grad blir avsatt i veibanen for deretter å bli brøytet/sprutet inn på veikanten. For salt har dette selvsagt også sammenheng med hvorvidt veien saltes samt tidspunktet for salting av veibanen i forhold til prøvetakingen.

For tungmetallene var det små forskjeller mellom den gjennomsnittlige avsetningen og avsetningen via brøyting langs Ringveien og E18. Det var først og fremst kadmium og krom som hadde noe høyere avsetning via brøyting noe som indikerer at disse metallene i større grad enn de øvrige først avsettes i veibanen. Ved Neberggaten var det også for tungmetallene en betydelig større avsetning i den første brøytekanten enn i senere avsetninger. Det var bare ubetydelige forskjeller mellom de enkelte metallene.

Både for olje, PAH og PCB syntes noe mer å ha kommet via brøyting enn ved direkte deponering fra luften.

Tabell 7. Estimert deponeringsrate av forurensninger. Angitt som mengde avsetninger pr. m² pr uke. Basert på prøver tatt inn i en kald og stabil værperiode uten snøvær.

		Grefsen- kollen- veien ¹⁾	Kjelsås- veien ¹⁾	Ringvei 3	E 18	Neuberg- gaten
		Gj.snitt SII-SIV	Gj.snitt SII-SIV	Gj.snitt SII-SIII	Gj.snitt SII-SIII	Gj.snitt SII-SIII
STS	mg/m ²	1404	29418	163500	357603	189000
SGR		1344	27495	151900	326290	173767
GT		60	1923	11600	31313	15233
Ca		22	136	400	165	462
Mg		1	5	58	12	35
K		2	11	146	25	68
Na		553	1440	20070	2527	8313
Cl		744	2036	29100	3440	12070
NO ₃		3	5	7	2	5
SO ₄		5	14	87	32	69
Tot N				15		
Tot P				121		
Cd	µg/m ²	2	33	101	86	70
Co		9	157	910	799	587
Cr		157	524	3059	1095	2165
Cu		103	743	4820	2782	2966
Fe		10911	187644	671739	484905	541576
Mn		438	5149	30399	19912	15387
Ni		17	167	922	606	698
Pb		189	1318	8942	5425	3688
V		65	417	2047	1071	1258
Zn		301	2605	16332	13865	8904
Hg				4		
Olje total	mg/m ²			963		
olje upolar del				563		
olje polar del				400		
SumPAH	µg/m ²	165		1678	5522	697
SumKPAH		20		98	166	32
SumPCB	ng/m ²	25		994	843	1490
5-CB, HCB		7		922	1011	1131

1) disse stasjonene er prøvetatt lengre fra veibanen og høyere oppe i snøkantene enn de øvrige stasjonene.

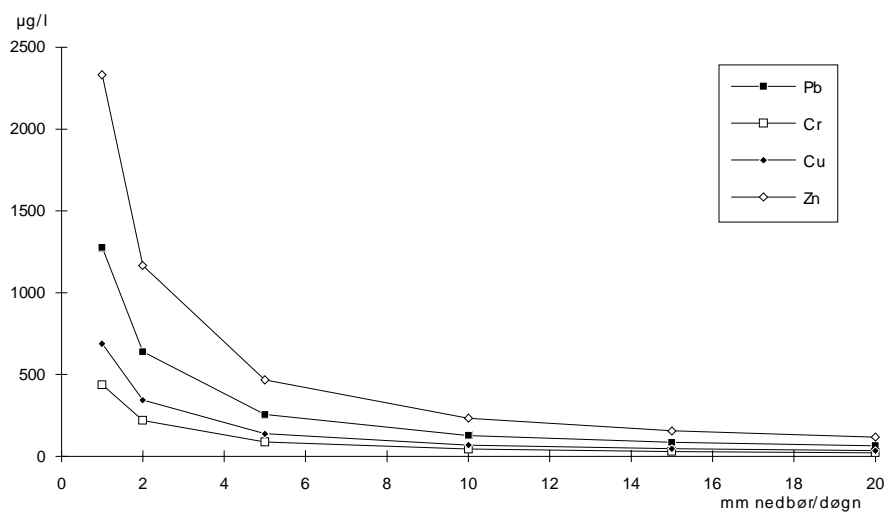
Tabell 8. Forholdet mellom beregnet nedfall etter 1. uke og gjennomsnitt for senere perioder.

	Ringvei 3	E 18	Neuberg- gaten
	SI/SII-SIII	SI/SII-SIII	SI/SII-SIII
STS	0,9	0,7	4,3
SGR	0,9	0,7	4,5
GT	1,0	0,5	2,4
Ca	5,4	12,4	9,5
Mg	4,5	14,2	6,8
K	3,3	11,9	8,3
Na	5,9	23,7	8,2
Cl	6,0	25,1	9,1
NO ₃	3,1	13,9	10,0
SO ₄	4,0	9,9	6,7
Tot N	4,7		
Tot P	2,4		
Cd	2,3	1,7	6,6
Co	1,0	1,4	5,2
Cr	2,6	4,7	5,1
Cu	1,1	1,6	6,6
Fe	0,7	0,8	6,2
Mn	1,1	1,5	6,1
Ni	0,8	1,3	5,9
Pb	1,1	1,8	6,5
V	1,7	2,1	5,1
Zn	0,9	1,4	6,1
Hg	1,6		
Olje	2,9		
SumPAH	2,7	1,1	12,5
SumPCB	2,0	1,6	3,0
5-CB, HCB	3,2	2,4	3,5

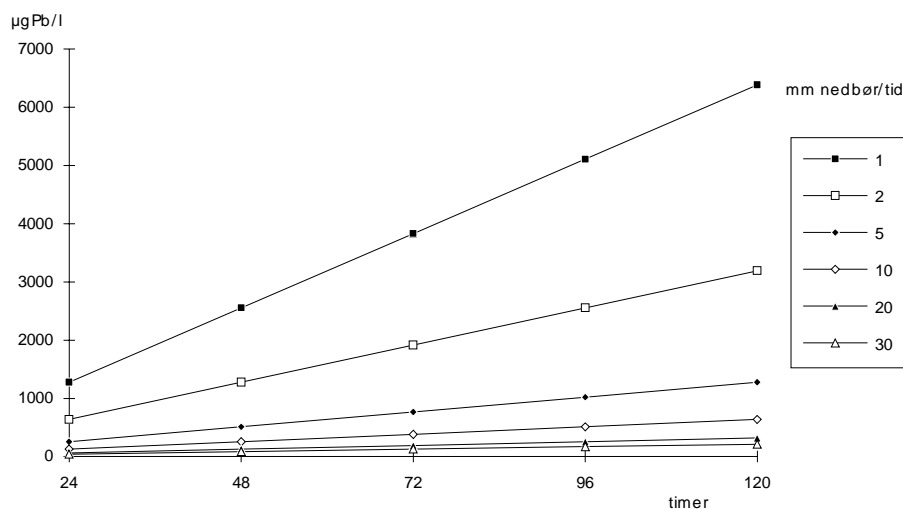
1.3.2 Konsentrasjonsendringer i snø.

Med bakgrunn i deponeringsraten er det mulig å gjøre en enkel modellering (nomogrammer) av konsentrasjonen i snøen i forhold til nedbørmengden. Dette er vist for enkelte av metallene ved Ringvei 3 (figur 20, figur 21). Det er antatt at forurensningstilførslene er konstante. Konsentrasjonene i snøen vil da naturlig nok avta med økende nedbørmengde. For sink vil konsentrasjonen i løpet av et døgn komme opp i 2300 µg/l dersom nedbøren er 1 mm/døgn. Tilsvarende for bly vil være omkring 1300 µg/l. Dersom den gjennomsnittlige nedbørmengden er 2 mm/døgn over en lengre periode, vil brøytekanter ved type Ringvei 3 lokalitet inneholde omkring 6-700 µgPb/l.

En prøve på modellens anvendbarhet viste gode resultater. Konsentrasjonene i tverrsnittet av brøytekanterne ble estimert og sammenlignet med de målte verdiene. Det var stort sett meget god overensstemmelse mellom estimerte og målte verdier (tabell 9).



Figur 20. Beregnet konsentrasjon av enkelte metaller i snøkanten ved Ringvei 3 i forhold til nedbørmengden.



Figur 21. Beregnet konsentrasjon av bly i snøkanten ved Ringvei 3 i forhold til tid og nedbørmengden.

Tabell 9. Forholdet mellom estimerte konsentrasjoner i brøytekanterne og målte verdier ved Ringvei 3. µg/l.

	Pb	Cr	Fe	Cd	Cu	Zn
Estimert	532	182	39984	6,0	287	972
Målt	380	206	48074	5,9	250	882
Estimat/målt	1,40	0,88	0,83	1,02	1,15	1,10

1.3.3 Snødumping

Vannmengden som avgis fra snøen når den smelter varierer etter hvor hardt pakket den er og etter innholdet av is. I de foreliggende prøvene fra Fase I vil snøen gi ca 30 - 50% vann. Dersom 40% brukes som et gjennomsnitt, vil den gjennomsnittlig konsentrasjonen av forurensninger i snø være 2.5 ganger lavere per volum enn for tilsvarende volum vann. Denne faktoren er brukt ved mengdeberegningene nedenfor.

I følge opplysninger fra Oslo Veivesen inneholder et gjennomsnittlig billass ca 9 m³ snø. Hvert billass kan inneholde mye eller lite forurensninger alt etter hvor det kommer fra. Oslo Veivesen kjørte vinteren 1993/94 totalt vekk ca 57000 billass hvorav 43000 ble dumpet i Bispevika. Dersom en legger ekstremverdiene fra Fase I til grunn, ble det dumpet mellom 800 og 2000 tonn partikler sammen med snøen i dette området hvorav 30 til 100 tonn er organisk materiale. Det meste av snøen som ble dumpet kom imidlertid fra gater tilsvarende Tidemandsgate-Neumannsgate på Majorstuen. I følge Oslo Veivesen kommer ca 65% fra denne type lokaliteter. For de øvrige er fordelingen ca 8% fra lokaliteter som Grefsenkollveien og Ringvei 3, ca 18% fra lokaliteter som Kjelsåsveien og 1% eller mindre fra lokaliteter som E 18 ved Lysaker. Beregnet ut fra denne fordelingen ble tilførselene fra snødumpingen ca 1000 tonn partikler hvorav ca 52 tonn er organisk (tabell 10). Av tungmetallene dominerte jern med en gjennomsnittlig tilførsel på nærmere 4 tonn. Av de mer miljøfarlige tungmetallene har det vært en tilførsel av ca 60 kg sink, 29 kg bly, 20 kg kobber, 20 kg krom, 5 kg nikkel og 0,4 kg kadmium. Tilsvarende beregninger for PAH gir et gjennomsnitt på ca 8,3 kg Sum PAH og ca 0,8 kg av de karsinogene komponentene. For PCB og polyklorert benzener var det lite datagrunnlag fra Fase I. Estimerer fra konsentrasjoner målt i Fase II, antyder imidlertid at ca 21 g PCB og 9 g 5-CB + HCB ble dumpet i sjøen. Av oljeprodukter har det vært en tilførsel på ca 7,5 tonn.

Bispevika har et areal på ca 50 000 m². Dersom partiklene fordeles jevnt utover denne flaten blir det en deponert mengde på gjennomsnittlig 20 kg/m². Tilsvarende for sink, bly, kobber og kadmium blir 1,2, 0,6, 0,4 og 0,007 g/m². For PAH blir den gjennomsnittlige deponeringen ca 0,2 g/m² for total PAH og ca 0,02 g KPAH per m². En tilførsel på 21 g PCB og 5-CB+HCB vil gi ca 0,4 mg/m² og 0,18 mg/m² fordelt på 50000m².

Tabell 10. Mengde av ulike stoffer kjørt bort ved fjerning av snø fra ulike typer lokaliteter. Beregningene er basert på totalt 43000 billass à 9m³. Enheten er kg unntatt for PCB, 5-CB og HCB som er oppgitt i gram. Fordelingen av snølass fra ulike typer lokaliteter er estimert av Oslo Veivesen.

Sted	Grefsen kollen- veien	Kjelsås- veien	Ringvei3 Sognsv.- bomst.	E18, Lysaker	Tidemands gate, Majorstuen	SUM
ÅDT	2000	7000	38000	88000	1-2000	
% type lokalitet	8	18	8	<1	65	100
Antall lass/type lokalitet	3440	7740	3440	430	27950	43000
STS	164955	225643	98676	13684	513866	1016824
SGR	162230	215389	91926	12721	482372	964639
GT	2724	10254	6749	963	31494	52185
Ca	924	1117	453	41	2113	4648
Mg	22	60	44	3	88	217
K	41	126	83	6	226	482
Na	10774	22848	21300	1146	15999	72067
Cl	15480	33437	28979	1703	23646	103244
NO ₃	5	13	5	0	24	47
SO ₄	40	86	70	5	143	344
Tot N	84	103	53	10	272	522
Tot P	1	3	59	6	10	79
Cd	0,01	0,06	0,07	0,00	0,21	0,36
Co	0,26	0,96	0,69	0,08	1,67	3,66
Cr	1,25	3,03	2,55	0,18	13,49	20,50
Cu	1,16	4,48	3,10	0,27	10,91	19,92
Fe	275,49	1210,88	595,35	51,67	1963,71	4097,10
Mn	10,76	31,91	22,82	1,84	46,58	113,91
Ni	0,41	1,37	0,70	0,07	2,54	5,10
Pb	1,60	6,30	4,70	0,43	16,01	29,03
V	0,65	1,91	1,64	0,12	6,15	10,47
Zn	3,21	14,29	10,91	1,18	31,88	61,47
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02
Olje total	791	1045	1548	156	3894	7435
olje upolar del	554	415	421	43	1348	2781
olje polar del	238	630	1127	113	2546	4653
SumPAH kg	0,35	2,18	1,24	0,29	4,22	8,28
SumKPAH kg	0,04	0,15	0,10	0,03	0,53	0,84
Tot.PBC ¹⁾ g	0,50	0,40	1,49	0,09	18,11	21,40
5-CB,HCB ¹⁾ g	0,68	0,59	0,68	0,08	6,74	8,77

1) Basert på estimerte verdier fra Fase II.

Partiklene i snøen antas å ha en gjennomsnittlig tetthet på omkring 2. Snødumpingen vinteren 1993/94 vil derfor medføre at sedimentene i Bispevika gjennomsnittlig øker med ca 1 - 1,5 cm. En kvadratmeter har da en vekt på ca 20 kg. Det betyr at et sediment dannet utelukkende på grunn av snødumpingen vil ha konsentrasjoner på omkring 60 mgZn/kg, 30 mgPb/kg og 0,35 mgCd/kg (tabell 11). Observerte konsentrasjoner av tungmetaller i overflatesedimentene i Bispevika er stort sett mer enn 5X høyere (Konieczny 1991). Dersom det reelle deponeringsarealet er mindre vil selvsagt sedimentlaget få en større tilvekst.

Dersom all PAH, KPAH, PCB og 5-CB + HCB sedimenterer jevnt på 50000 m² vil det gi henholdsvis 10, 1, 0,02 og 0,009 mg/kg. Overflatesedimentene i Bispevika har fra før en konsentrasjon for sumPAH som ligger ca 2-5X høyere og for sumKPAH 7-18X høyere. PCB ble undersøkt i overflatesedimenter i Bjørvika i 1991 og utenfor Bjørvika/Bispevika i 1992 (Konieczny 1992, Konieczny 1994). Disse undersøkelser viste fra 7 til 17X høyere konsentrasjoner av PCB enn det en kan anta kommer fra snødumping. Prøvene hadde imidlertid bare fra ikke påvisbart (<1) til 6 µg/kg 5-CB+HCB noe som er lavere enn det en kan anta kommer fra snødumpingen.

Tilsvarende beregninger for olje gir 7,5 g/kg. En vesentlig del av oljen vil sannsynligvis flyte vekk og ikke sedimentere på bunnen.

Tabell. Observerte konsentrasjoner i overflatesedimenter i Bispevika/Bjørvika (etter Konieczny 1991,1992 og 1994) og estimerte konsentrasjoner som følge av snødumping.

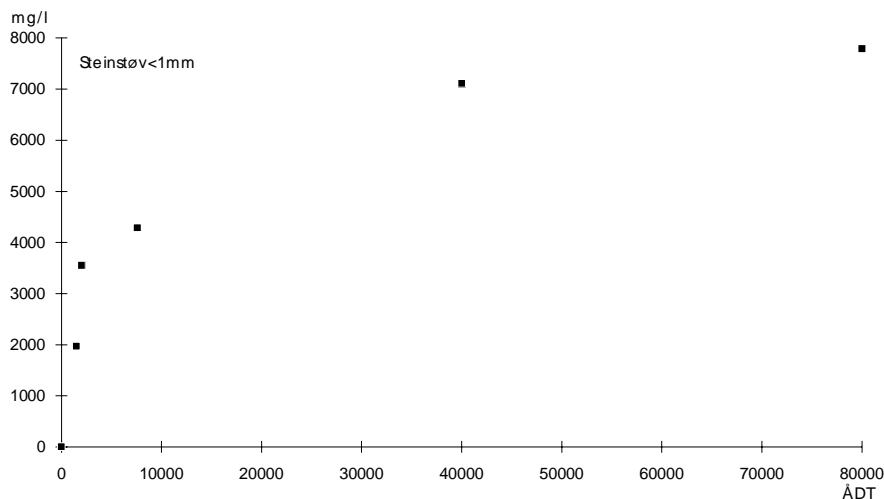
		Observert i sedimentene	Estimert fra snødumping	Observert/estimert
Cd	mg/kg	1,6 - 5,5	0,35	4,6-15,7
Cr	mg/kg	55,8 - 142	20	2,8-7,1
Cu	mg/kg	110 - 570	20	5,5-28,5
Ni	mg/kg	27,5 - 55,2	5	5,5-11,1
Pb	mg/kg	200 - 430	30	6,7-14,3
Zn	mg/kg	460 -1200	60	7,7-20
PAH	mg/kg	17 - 50	10	1,7-5,0
KPAH	mg/kg	7 - 18	1	7-18
PCB	µg/kg	137 -338	20	6,9-16,9
5-CB+HCB	µg/kg	<1 - 6	9	<0,1-0,7

Sett i forhold til den totale tilførselen av miljøgifter til Indre Oslofjord via avløpsanlegg i løpet av ett år er tilførselen fra snødumpingen lav. Bare for bly utgjør den en vesentlig andel med ca 20% av det som kommer via avløpsanleggene (Stene-Johansen 1994). Tar en i tillegg med tilførsler fra vassdragene utgjør snødumpingen bare 4% av den totale tilførselen av bly.

En vesentlig andel av forurensningene er partikkelbundne. I Oslo's sentrale deler vil de tildels "saltes ned" i overvannsnettet og havne i havnebassenget, og dels havne andre steder som f.eks i jordsmonn, bekker eller via koste/vaskemaskiner til andre deponeringsplasser. Hvor stor del av trafikkforurensningene som havner andre steder enn i fjorden finnes det lite kunnskap om.

2. Kildebetraktninger

For mange av parameterene er kildene selvsagte; småstein kommer stort sett fra grus brukt til grusing av veibanen. Stein støv kommer fra den kraftige veislitasjen ved bruk av piggedekk. Konsentrasjonen av steinstøv har sammenheng med trafikkmengden. Det var imidlertid ingen lineær sammenheng. Det indikerer at andre faktorer enn trafikkmengden har betydning (figur 22). Blant annet vil det komme mye støv <1mm ved grusing. Ulike veier kan også ha ulik slitasje-motstand og derved slites ulikt med samme trafikkmengde. Fra veislitasjen kommer også det meste av de organiske partiklene som utgjorde i underkant av 10% av totalt partikkelinnhold. Mellom 5-10% av slitelaget på asfaltveier består av bitumen. I tillegg vil gummi fra bildekkene utgjøre en viss andel. Tidligere overslag antyder at bilgummi kan være av størrelseorden 1% av veislitasjepartikler (Bækken 1993).



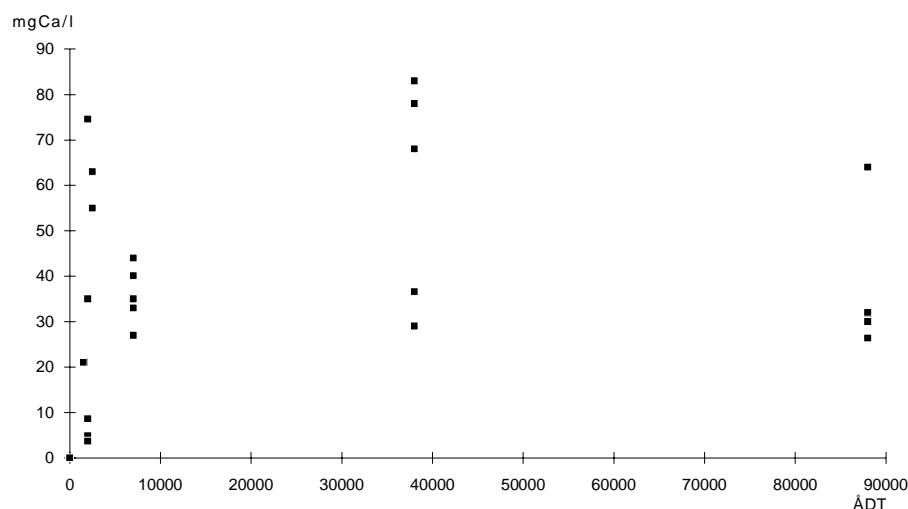
Figur 22. Sammenheng mellom trafikkmengde og mengden veistøv mindre enn 1mm. Data fra tverrsnitt av brøytekanten, Fase I.

Innholdet av natrium og kloridioner kommer nesten utelukkende fra veisalt. Over 99% av dette saltet er natriumklorid (tabell 12). Selv om de andre ionene i veisaltet utgjør små andeler, vil den store bruken medføre at de tilføres i målbare mengder. Med utgangspunkt i forholdstall mellom klorider og de andre ionene i veisalt, kan det anskueliggjøres i hvor stor grad de andre ionene også kommer fra veisaltet. Tabell 13 viser at nesten alt natrium i snøkanten kan forklares fra veisaltet. En får her også en demonstrasjon på at også natrium "henger igjen" i snøen under snøsmeltingen ved Kjelsåsveien og Ringvei 3.

Tabell 12. Typisk sammensetning av veisalt (S.E.Engebretsen, A/S Schram & Co.).

Salter	NaCl	CaSO ₄	MgCl ₂	MgSO ₄	Uløslige
Vektprosent	99,2	0,23	0,15	0,1	0,2

Kalsiuminnholdet i snøen kunne bare i liten grad forklares med saltbruk. I endel veier brukes kalkstein som "filler" i asfalten. Det er imidlertid heller ingen entydig sammenheng mellom trafikk tetthet (slitasje) og kalsiuminnholdet (figur 23). Derfor må det også være andre kilder.



Figur 23. Konsentrasjoner av kalsium i brøytekantene sett i forhold til trafikkmengden (ÅDT). Alle prøver tatt med.

Både magnesium og sulfater kunne i overraskende stor grad tilskrives bruken av veisalt. Overraskende fordi den før omtalte kalksteinen også vil inneholde magnesium og at både forbrenningsprosesser samt asfalt og dekkslitasje vil bidra med svovel. Trolig er disse svovelforbindingene ikke sulfater. For alle disse ionene/elementene ble det vist at de i langt større grad enn klorider holdes tilbake i snøkanten under smeltingen.

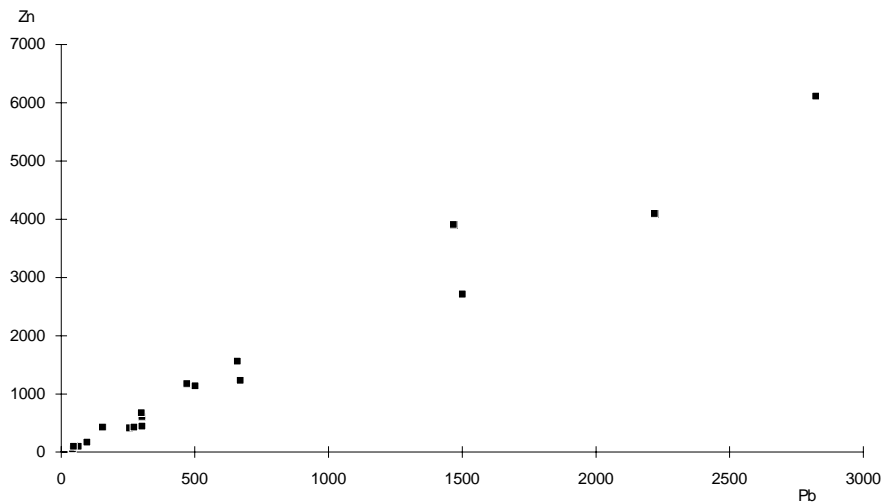
Veisalt tilsettes antibakemiddel. Dette inneholder kalium, jern og cyanid (kaliumferrocyanid). Selv om det tilføres i relativt små konsentrasjoner (ca 0,01-0,03%) kan det store forbruket gi målbare konsentrasjoner i snøen.

Tungmetallene kommer etter all sansynlighet først og fremst fra trafikken. Korrelasjonen med trafikk tettheten var imidlertid ikke entydig. For bly økte konsentrasjonene med økt trafikkmengde til og med Ringvei 3. Ved E18, som hadde over dobbelt så høy trafikk tetthet som Ringveien, var det alltid et lavere innhold av bly og andre tungmetaller i brøytekanten enn i brøytekanten ved Ringvei 3. Trolig kan dette forklares med de helt ulike trafikkbildene på disse lokalitetene. Ved lokaliteten Ringvei 3 er det mye køkjøring samt oppbremsing og aksellerasjon. Dette kan meget vel gi større utslipp av forbrenningsprodukter og øker slitasjen på bremses og hjul i forhold til normal kjøring.

Bly i veikanten kommer nesten utekukkende fra forbrenning av blyholdig bensin. Bly korrelerer relativt godt med de fleste andre tungmetallene. Det indikerer at disse metallene har samme kilde eller sammvarierende kilder (figur 24).

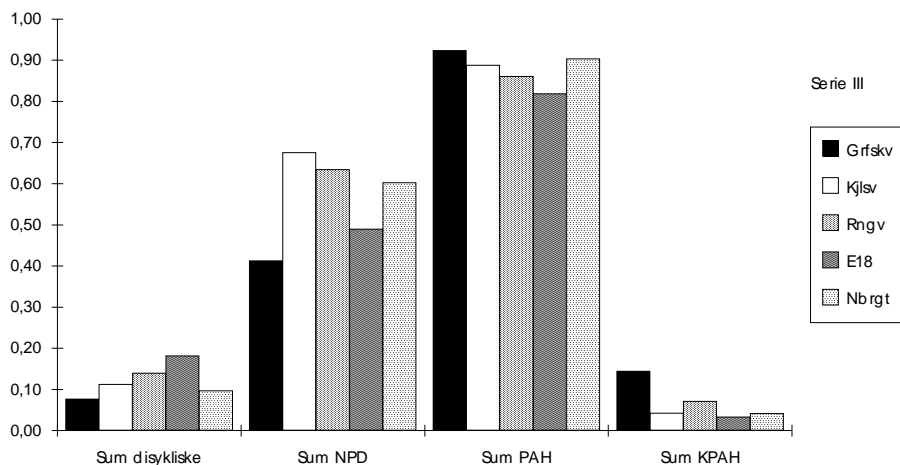
Tabell 13. Forholdet mellom kalsium, magnesium, natrium, sulfat og kalium og klorid i veisalt og brøytekanten.

	Ca/Cl	Mg/Cl	Na/Cl	SO ₄ /Cl	K/Cl
Veisalt	0,11	0,09	62,50	0,40	
Grefsenkollveien					
SI	1,53	0,14	69,43	0,24	0,26
SII	1,53	0,15	75,00	0,56	0,20
SIII	8,60	0,31	70,00	1,50	0,35
SIV	77,08	4,58	68,75	5,42	2,29
Kjelsåsveien					
SI	3,76	0,21	68,38	0,36	0,47
SII	5,40	0,24	70,00	0,68	0,46
SIII	5,00	0,23	71,21	0,71	0,48
SIV	760,87	14,57	134,78	7,83	43,48
Ringvei 3					
SI	1,24	0,15	67,40	0,20	0,27
SII	1,53	0,20	69,61	0,33	0,51
SIII	1,20	0,20	68,26	0,26	0,49
SIV	78,38	3,78	127,03	5,41	9,73
E18					
SI	2,37	0,19	69,26	0,37	0,34
SII	5,77	0,33	73,08	1,02	0,73
SIII	4,00	0,35	73,75	0,88	0,71
Neuberggaten					
SI	3,99	0,22	62,10	0,42	0,51
SII	3,87	0,29	69,94	0,55	0,56
SIII	3,74	0,29	66,67	0,63	0,56



Figur 24. Korrelasjon mellom bly og sink viser samme eller samvarierende kilder.

PAH kommer som forbrenningsprodukter fra bilmotoren, fra oljesøl, bilgummi og fra bitumen fra veislitasjen. Den lave andelen karsinogent PAH (KPAH) tilsier at PAH i liten grad har oppstått ved forbrenningsprosesser, og den store andelen NPD indikerer at kilden i stor grad er oljeprodukter (figur 25). Stor veislitasje i piggdekkseongen tilsier at den viktigste PAH-kilden i brøytekanterne er bitumen. Øvrige kilder er oljesøl fra motor og drivverk, bilgummi og forbrenningsprodukter.

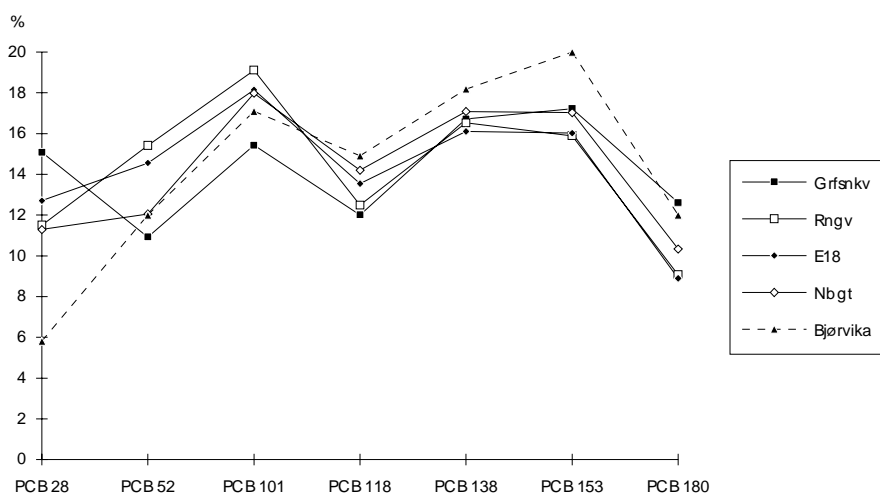


Figur 25. Fordelingen av forskjellige di- og polysykliske aromatiske grupperinger på hver stasjon i forhold til totalkonsentrasjonen av stoffer i snøen. Serie III Fase II.

PCB regnes ikke til vanlige trafikkforurensninger. Det var derfor overraskende å finne de relativt høye konsentrasjonene. I tillegg var det høye konsentrasjoner av fem og seksklorert benzen. Det er nærliggende å knytte en potensiell kilde til veitrafikken. I internasjonale tidsskrifter er det i et fåtall tilfeller nevnt PCB i samband med veier og trafikk. I en fransk undersøkelse ble det funnet overkonsentrasjoner av PCB i tunelluft i forhold til vanlig byluft (Granier & Chevreuil 1991). Benfenati et al (1992) undersøkte PCB i trafikkpåvirket jord. De fant den typiske konsentrasjonsgradienten for trafikkforurensninger med avtagende konsentrasjoner med økende avstand fra vei. Vi kjenner imidlertid lite til kildene; kan disse stoffene dannes ved forbrenning i

bilmotorer? Ingrediensene er tilstede, likedan temperatur og trykk? Kan PCB holdige oljer være innblandet i drivstoff, smøreljer, i bildekk eller bitumen?

Ved å sammenstille fordelingen av de sju vanligste PCB forbindelsene dannes et fordelings-mønster. I de foreliggende snøprøvene var andelen av de lavklorerte PCBene forholdsvis høye. Dette kan antyde "ferske" kilder der de lettest nedbrytbare forbindelsene fremdeles finnes i høye konsentrasjoner. Forøvrig er den typiske fordelingen bimodal med ca jevnstore topper for PCB101 og PCB153. Er dette et typisk trafikkgenerert PCB mønster? PCB har inngått som parameter i flere sedimentundersøkelser langs kysten (Konieczny 1992, 1994). Enkelte av disse mottar avrenningsvann fra vei. En aktuell lokalitet i Oslo er Bjørvika. PCB profilen herfra har et lignende bimodalt mønster som i veisnøen, men med lavere innhold av PCB28.



Tabell 26. Fordeling av 7 PCB forbindelser (seven dutch). Gjennomsnittsverdier for hver av fire veilokaliteter samt for sedimenter i Bjørvika.

3. Vurdering og konklusjoner

Trafikkforurenset snø fra Oslo må betegnes som betydelig forurenset av partikler, nitrogen, forfor, salt, tungmetaller og organiske miljøgifter. Konsentrasjonene i brøytekantene øker naturlig nok med tiden og avtar med økende snømengde. I denne undersøkelsen ble nybrøytet snø raskt forurenset. Allerede én uke gammel snø var like forurenset som tverrsnittet av snøkanten. Konsekvensene for miljøet når disse forurensningene tilføres en resipient i løpet av en kort periode vil være avhengig av typen og størrelsen på resipienten.

Sammenlignet med industriutslipp var konsentrasjonene i tverrsnittet av brøytekanten i 1993/94 for de fleste stoffene lavere enn typiske konsentrasjonskrav satt av forurensningsmyndighetene. Bare for sink er det høyere konsentrasjoner i tverrsnittet av brøytekanten enn krav gitt til enkeltbedrifter. Når det gjelder utslippsmengder, er utslippene fra store industribedrifter oftest langt over det som er tilført Bispevika via snødumping vinteren 1993/94. Registrerte utslippsnivåer fra flere viktige industrikilder viser likevel at biltrafikk fremdeles er den viktigste bidragsyteren til blyforurensning. Dette gjenspeiles i snøen som dumpes. Av ca 30 viktige blykilder har 6 et registrert utslipp høyere enn 100 kg/år, 3 ligger mellom 10 og 100 kg/år, mens de øvrige ligger lavere enn 10 kg/år. På denne listen vil

årets snødumping i Bispevika (med 30 kg bly) komme inn blant de 3 i området 10-100kg/år. Også for total krom vil snødumpingen komme høyt på listen over viktige industrikilder.

Ved snødumping transporteres forurensningene direkte til sjøen. Med de nåværende prosedyrer er snødumpingen i første rekke et problem for Bispevika og de nærmeste områdene. En viss spredning av forurensningen vil finne sted under selve dumpingene, som løste stoffer eller små partikler. Det vil være liten spredning fra uforstyrrede sedimenter. De vil bare i liten grad avgi miljøgifter direkte til vannmassene og prosessen er langsom. Spredning og biotilgjengelighet vil imidlertid øke ved mudring. Bunnslam og porevann vil da frigjøres i vannmassene. Det kan gi økt mobilisering av miljøgiftene og påvirke vannkvaliteten samt plante og dyrelivet utenfor Bispevika.

Mengden forurensninger som tilføres via snødumpingen er imidlertid lav i forhold til det som tilføres via avløpsanlegg og vassdrag i løpet av et år. En ukjent andel av dette kommer også fra veitrafikken. Fordi mye av forurensningene i snøen er bundet til partikler, vil de i stor grad sedimentere i Bispevika. Sedimenter som bygges opp utelukkende på partiklene fra snø-dumping vil være mindre forurenset enn nåværende sedimenter i Bispevika/Bjørvika. Partikkelmengden som tilføres via snødumpingen en snørik vinter, slik som i 1993/94, medfører en tilvekst i sedimentene på 1-1,5cm dersom den fordeles jevnt over hele vika. Et problem er derfor at tilført partikkelmengde gir en tilvekst i sedimentene og derved øker behovet for mudring i fra før sterk forurensede sedimenter.

4. Referanser

- Benfenati, E., Valzacchi, S., Mariani, G., Airoldi, L. & Fanelli, R. 1992. PCDD,PCDF, PCB, PAH, cadmium and lead in roadside soil: relationship between road distance and concentration. - *Chemosphere* 24 (8):1077-1083
- Bækken, T. 1993. Miljøvirkninger av vegtrafikkens asfalt og dekkslitasje. - NIVA-rapport 2874/ Nordiske Seminar og Arbejdsrapporter 1993: 628, Nordisk Ministerråd.
- Bækken,T. 1994. Effects of highway pollutants on a small Norwegian lake. - *Science of the Total Environ.* 146/147: 131-139.
- Bækken,T. & Jørgensen,T. 1994: Vannforurensning fra veg - langtidseffekter. - Publikasjon nr 73, Veglaboratoriet, Statens Vegdirektorat.
- Gjessing,E., Lygren,E., Berglind, L., Gulbrandsen,T. & Skaane,R. 1984. Effect of highway runoff on lake water quality. - *Science of the Total Environ.* 33: 245-257.
- Granier, L. & Chevreuril, M. 1991: Automobile traffic: A source of PCBs to the atmosphere. - *Chemosphere* 23 (6):785-788.
- Konieczny, R. M. 1991: Undersøkelse av tungmetall- og PAH-forurensede bunnsedimenter fra Bispevika, Indre Oslofjord, i forbindelse med snøtipping fra Bispekaia. - NIVA Rapport 2654.
- Konieczny, R. M. 1992: Kartlegging og vurdering av forurensningssituasjonen i bunnsedimentene fra Oslo havneområde. - NIVA Rapport 2696.
- Konieczny, R. M. 1994: Miljøgiftundersøkelser i Indre Oslofjord. Delrapport 4. Miljøgifter i sedimenter. - NIVA Rapport 3094, SFT TA-1074/1994.
- Stene-Johansen, S. & Samdal, J-E. 1994. Miljøgiftundersøkelser i Indre Oslofjord. Delrapport 5 Kartlegging av kilder. - NIVA (under arbeide)
- Ward, N.I. 1990: Multielement contamination of British motorway environments. - *Science of the Total Environ.* 93: 393-401.

5. Vedlegg

5.1 Fase I. Analysedata PAH og PCB

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : Vei/snø Reanalyse av NPD
 Oppdragsnr. : 94047
 Prøver mottatt : 8.2.94
 Lab.kode : BKL 1-6
 Jobb.nr. : 94/25
 Prøvetype : Smeltevann, snø
 Kons. i : Ng/l
 Dato : 16.3.94
 Analytiker : Brg

- 1: BKL 1 (ref.)
 2: BKL 2
 3: BKL 3
 4: BKL 4
 5: BKL 5
 6: BKL 6

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-----------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Disykliske:

Naftalen	106	1386	1473	839	1605	3173			
C1-Naftalener	51	2684	6454	3575	4226	5753			
Bifenyli	7	236	1435	951	1926	686			
C2-Naftalener	30	889	7716	8355	20200	7997			
C3-Naftalener	6	584	4308	3641	2783	352			

PAH:

Acenaftylen	5	106	1050	987	3467	300			
Acenaften	1	393	879	389	717	207			
Fluoren	5	302	4275	4204	12160	1172			
Fenantren	30	3042	20520	17170	21840	6685			
Antracen	1	389	93	4491	13590	519			
C1-Fenantrener	11	3000	15910	23920	46880	6276			
C2-Dibenzotiofen		301							
C2-Fenantrener		148							
Fluoranten	31	4273	10360	13710	23340	4629			
Pyren	19	5404	12620	17710	29100	6028			
C3-Dibenzotiofener									
Benz(a)antracen*	5	494	1059	1377	2807	697			
Chrysen	17	1672	2954	6925	10560	2160			
Benzo(b)fluoranten*	24	826	1471	2700	5788	1379			
Benzo(j,k)fluoranten*	x)	196	356	x)	1334	368			
Benzo(e)pyren	11	1115	1990	4482	8194	1470			
Benzo(a)pyren*	5	451	858	1598	3877	698			
Perylen	12	290	437	2188	3528	363			
Ind.(1,2,3cd)pyren*	7	397	518	901	2671	578			
Dibenz.(a,c/a,h)ant.* 1)	7	143	191	599	1439	134			
Benzo(ghi)perylene	8	1353	1706	3510	9419	1412			
Coronen									
Dibenzopyrener*									

Heterosykliske

Dibenzofuran
 Dibenzotiofen
 Carbazol

Sum disykliske	200	5779	21386	17361	30740	17961	0	0	0
Sum NPD	235	12564	56474	61991	111124	30755	0	0	0
Sum PAH	199	24436	77247	106861	200691	35075	0	0	0
Sum KPAH	48	2507	4453	7175	17896	3854	0	0	0
%KPAH	24.1	10.3	5.8	6.7	8.9	11.0	ERR	ERR	ERR
Sum heterosykliske									
TOT.SUM FORBINDELSER	399	30215	98633	124222	231431	53036	0	0	0

*Tørrstoff

Anm.: Deteksjonsgrense NPD 100 ng/L
 x)-inkludert i benzo(b)fluoranten

* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A+2B (sannsynlige+trolige cancerogene).
 Sum av * utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomeren.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : TRA-SNØ
 Oppdragsnr. : 94047
 Prøver mottatt : 8.02.94
 Lab.kode : BKL5
 Jobb.nr. : 94/25
 Prøvetype : Snø
 Kons. i : Ng/1
 Dato : 15.03.94
 Analytiker : EMB

1: St.5, 8.02.94, BKL5 4:
 2: 5:
 3: 6:

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
5-CB	35.7					
a-HCH	3.9					
HCB	18.2					
g-HCH	4.6					
PCB 28	3.3					
PCB 52	3.9					
OCS	0.1					
PCB 101	5.6					
p,p-DDE	<0.1					
PCB 118	4.3					
p,p-DDD	<0.1					
PCB 153	5					
PCB 105	1.7					
PCB 138	5.3					
PCB 156	0.8					
PCB 180	2.6					
PCB 209	<0.1					
SUM PCB	32.5					
SUM SEVEN DUTCH PCB	30					
%Fett						
%Tørrstoff						

5.2 Fase II. Analysedata partikler, generelle vannkvalitetsparametere og tungmetaller Serie I-IV.

Snøprøver 94.02.09, Serie I

		Grefsen- kollenveien	Kjelsås- veien	Ringvei 3	Drammens- veien	Neuberg- gaten
Trafikk, ÅDT		2000 st2	7000 st3	38000 st4	88000 st5	2500 st6
STS	mg/l	21100	6140	4650	7370	10200
SGR	mg/l	20700	5800	4283	6880	9740
sts-sgr		400	340	367	490	460
GT	%	1,9	5,5	7,9	6,6	4,5
Stein>1mm	mg/l	15660	1692	1045	2174	5319
Steinstøv<1mm		5040	4108	3238	4706	4421
Stein/SGR		75,6	29,2	24,4	31,6	54,6
pH		8,17	7,92	7,82	7,71	7,79
Ledning.	mS/m	697	376	1510	814	420
Ca	mg/l	35	44	68	64	55
Mg	mg/l	3,3	2,4	8,2	5,2	3
K	mg/l	5,9	5,5	15	9,2	7
Na	mg/l	1590	800	3700	1870	857
Cl	mg/l	2290	1170	5490	2700	1380
NO3	mg/l	0,63	0,76	0,71	0,77	0,58
SO4	mg/l	5,6	4,2	11	10	5,8
ALK	mmol/l			5,622		
Tot N	mg/l			2,23		
Tot P	mg/l			9,157		
Cd	µg/l	1,14	3	7,23	4,48	5,77
Co	µg/l	16,1	30,8	28,2	35,3	38,2
Cr	µg/l	169,7	139,7	250,7	162,3	139,2
Cu	µg/l	69,8	156,1	162,1	142,7	245,5
Fe	µg/l	12607,5	36235,6	14545,1	12125,8	42063,9
Mn	µg/l	779,7	1048,7	1037,6	946,1	1169,9
Ni	µg/l	25	36,8	24,1	24,1	51,2
Pb	µg/l	96,4	256,9	303,3	302,6	300,2
V	µg/l	70	64,4	106	70,9	80,3
Zn	µg/l	169,9	414,9	445	610,9	676,4
Hg	µg/l			0,2		
Olje total	mg/l			86		
olje upolar del	mg/l			48		
olje polar del	mg/l			38		
SumPAH	ng/l	54248	108936	140077	192882	108604
SumKPAH	ng/l	2085	3858	4383	5645	5876
SumPCB	ng/l	11	8,7	61,6	41	55,5

Snøprøver 94.02.24, Serie II

		Grefsen- kollenveien	Kjelsås- veien	Ringvei 3	Drammens- veien	Neuberg- gaten
Trafikk, ÅDT		2000	7000	38000	88000	2500
		st2	st3	st4	st5	st6
STS	mg/l	401	2200	25100	61626	11400
SGR	mg/l	389	2040	23300	57690	10700
sts-sgr		12	160	1800	3936	700
GT	%	3,0	7,3	7,2	6,4	6,1
Stein>1mm	mg/l	315	330	3153	11383	3818
Steinstøv<1mm		74	1710	20147	46307	6882
Stein/SGR	%	81,0	16,2	13,5	19,7	35,7
pH		6,72	8,26	7,92	8,23	7,98
Ledning.	mS/m	100,4	167	1390	181	523
Ca	mg/l	4,9	27	78	30	63
Mg	mg/l	0,48	1,2	10	1,7	4,8
K	mg/l	0,65	2,3	26	3,8	9,1
Na	mg/l	240	350	3550	380	1140
Cl	mg/l	320	500	5100	520	1630
NO3	mg/l	0,92	1,2	0,57	0,24	0,34
SO4	mg/l	1,8	3,4	17	5,3	8,9
ALK	mmol/l			7,550		
Tot N	mg/l			7,1		
Tot P	mg/l			21,5		
Cd	µg/l	0,41	7,13	11,33	17,49	7,49
Co	µg/l	1,9	20	159	98,9	73,8
Cr	µg/l	49,7	97,7	574,8	185,4	293,3
Cu	µg/l	24,4	93,3	786,5	315,7	383,7
Fe	µg/l	2125,8	23402,3	118127,4	60268,1	66678
Mn	µg/l	93	672,3	4996,3	2368	1886,1
Ni	µg/l	4,2	16,2	154,8	61,6	88
Pb	µg/l	42,2	154,7	1501,4	659,4	470,2
V	µg/l	19,6	85,5	373,9	148,5	156,8
Zn	µg/l	58	426,4	2711,9	1560,4	1175,9
Hg	µg/l			0,3		
Olje total	mg/l			175		
olje upolar del	mg/l			107		
olje polar del	mg/l			68		
SumPAH	ng/l	3273		318115	1600000	483610
SumKPAH	ng/l	270		12510	45690	16260
SumPCB	ng/l	6		211,6	236,1	232,9

Snøprøver 94.03.02, Serie III.

		Grefsen- kollenveien	Kjelsås- veien	Ringvei 3	Drammens- veien	Neuberg- gaten
Trafikk, ÅDT		2000	7000	38000	88000	2500
		st2	st3	st4	st5	st6
STS	mg/l	341	6990	44100	73500	49500
SGR	mg/l	332	6630	41000	65200	45100
sts-sgr		9	360	3100	8300	4400
GT	%	2,6	5,2	7,0	11,3	8,9
Stein>1mm	mg/l	0	1873	5970	10482	19859
Steinstøv<1mm		332	4757	35030	54718	25241
Stein/SGR	%	0,0	28,3	14,6	16,1	44,0
pH		8,49	8,63	8,4	8,56	8,41
Ledning.	mS/m	39,7	220	1860	269	423
Ca	mg/l	8,6	33	83	32	55
Mg	mg/l	0,31	1,5	14	2,8	4,2
K	mg/l	0,35	3,2	34	5,7	8,3
Na	mg/l	70	470	4710	590	980
Cl	mg/l	100	660	6900	800	1470
NO3	mg/l	0,95	1,5	2,8	0,45	1,1
SO4	mg/l	1,5	4,7	18	7	9,3
ALK	mmol/l			13,87		
Tot N	mg/l			3,82		
Tot P	mg/l			28,184		
Cd	µg/l	0,42	10,22	33,38	14,28	12,15
Co	µg/l	3,6	34,2	216,5	213,8	81,8
Cr	µg/l	24,9	145,1	667,1	229,4	261,9
Cu	µg/l	33,3	152,9	1230,1	780,9	392,7
Fe	µg/l	4131,6	35972,6	158678,5	129404,4	78069,6
Mn	µg/l	165,5	1005,2	7704,9	5450,1	2233,7
Ni	µg/l	5,9	30,9	228,9	179,4	96,9
Pb	µg/l	64	272,9	2218,9	1466,9	501,5
V	µg/l	14,9	85,5	462,4	266,3	177,9
Zn	µg/l	99,9	426,4	4098	3908,1	1134,1
Hg	µg/l			1,37		
Olje total	mg/l			219		
olje upolar del	mg/l			121		
olje polar del	mg/l			98		
SumPAH	ng/l	2970	76939	361983	307288	261529
SumKPAH	ng/l	464	3674	30082	12462	12128
SumPCB	ng/l	4,3		179,7	57,3	122,1

Snøprøver 94.03.10, Serie IV

		Grefsen- kollenveien	Kjelsås- veien	Ringvei 3	Drammens- veien	Neuberg- gaten
Trafikk, ÅDT		2000	7000	38000	88000	2500
		st2	st3	st4	st5	st6
STS	mg/l	298	16400	73100		
SGR	mg/l	267	15200	68200		
sts-sgr		31	1200	4900		
GT	%	10,4	7,3	6,7		
Stein>1mm	mg/l	14	4910	11778		
Steinstøv<1mm		253	10290	56422		
Stein/SGR	%	5,4	32,3	17,3		
pH		6,45	7,48	7,62		
Ledning.	mS/m	3,94	24,19	39,49		
Ca	mg/l	3,7	35	29		
Mg	mg/l	0,22	0,67	1,4		
K	mg/l	0,11	2	3,6		
Na	mg/l	3,3	6,2	47		
Cl	mg/l	4,8	4,6	37		
NO3	mg/l	0,32	0,01	0,01		
SO4	mg/l	0,26	0,36	2		
ALK	mmol/l			8,965		
Tot N	mg/l			2,6		
Tot P	mg/l			65,4		
Cd	µg/l	0,44	3,52	32,02		
Co	µg/l	2,1	72,8	339,9		
Cr	µg/l	37,5	117,4	185,9		
Cu	µg/l	23,6	364,4	1596,1		
Fe	µg/l	2889,1	97063,6	207799,8		
Mn	µg/l	98,7	2560,5	10360,7		
Ni	µg/l	3,5	98,8	308,3		
Pb	µg/l	46,2	670,5	2822,4		
V	µg/l	12,2	126,2	355,3		
Zn	µg/l	97,4	1230,9	6113,5		
Hg	µg/l			0,5		
Olje total	mg/l			152		
olje upolar del	mg/l			92		
olje polar del	mg/l			60		
SumPAH	ng/l	177649		806511		
SumKPAH	ng/l	21290		1523		
SumPCB	ng/l	9,4		386,6		

5.3 Fase II. Analysedata PAH og PCB Serie I-IV

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : TRASNØ
 Oppdragsnr. : 94047
 Prøver mottatt : 16.6.94
 Lab.kode : DGK 1-6
 Jobb.nr. : 94/112
 Prøvetype : Snø (smeltevann)
 Kons. i : Ng/l
 Dato : 25.8.94
 Analytiker : Brg

1: St 2. Serie II 24.2.94
 2: St.2. Serie II 24.2.94
 3: St.5. Serie II 24.2.94
 4: St.6. Serie II 24.2.94
 5: St.2. Serie IV 10.3.94
 6: St.4. Serie IV 10.3.94

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
-----------------	---	---	---	---	---	---

Disykliske:

Naftalen	78	4790	11890	5870	1590	240
C1-Naftalener	96	10700	37000	14000	4530	320
Bifenyl	25	1630	4540	1700	816	76
C2-Naftalener	133	19000	62900	23800	140	21800
C3-Naftalener	53	17930	67800	20000	87	22600

PAH:

Acenaftalen	17	2385	12200	7400	1040	59
Acenaften	11	1090	3630	1570	745	42
Fluoren	17	9510	35400	13400	8500	33
Fenantren	656	49700	137000	38300	30900	1370
Antracen	<10	7460	38500	8560	7780	<10
C1-Dibenzotiofener	36	9300	32500	8280	68	18340
C1-Fenantrener	372	8550	444000	84500	745	205700
C2-Dibenzotiofen	92	18980	32500	21500	226	42500
C2-Fenantrener	992	83950	430000	183900	185	517000
Fluoranten	365	34500	108000	28200	37700	1100
Pyren	166	41200	133700	34600	43300	750
C3-Dibenzotiofener	49	10980	54000	11100	130	17400
Benz(a)antracen*	15	2470	8730	3150	2730	92
Chrysen	82	11900	30200	10600	13300	317
Benzo(b)fluoranten*	86	3980	14300	4960	11400	865
Benzo(j,k)fluoranten*	45	800	3120	1320	2300	266
Benzo(e)pyren	49	5700	18200	5720	10000	377
Benzo(a)pyren*	55	2140	8200	3260	4860	300
Perylen	28	2350	5960	1950	1740	x)
Ind.(1,2,3cd)pyren*	69	2160	8400	2780	x)	x)
Dibenz.(a,c/a,h)ant.* 1	<10	960	2940	790	x)	x)
Benzo(ghi)perylene	71	8050	30500	7770	x)	x)
Coronen						
Dibenzopyrener*						

Heterosykliske

Dibenzofuran
 Dibenzotiofen
 Carbazol

Sum disykliske	385	54050	184130	65370	7163	45036
Sum NPd	2479	229090	1.3E+0	405380	37011	847030
Sum PAH	3273	318115	1.6E+0	483610	177649	806511
Sum KPAH	270	12510	45690	16260	21290	1523
%KPAH	8.2	3.9	2.9	3.4	12.0	0.2
Sum heterosykliske						

TOT.SUM FORBINDELSER 3658 372165 1.8E+0 548980 184812 851547

%Tørrstoff

x)-maskert

Anm.: benzo(b)fluoranten inkluderer benzo(j,k)fluoranten
 Det.grense 5 ug/kg tørrvekt
 * markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor
 mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier
 2A+2B (sannsynlige+trolige cancerogene).
 Sum av * utgjør KPAH.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : TRASNØ
 Oppdragsnr. : 94047
 Prøver mottatt : Mars-94
 Lab.kode : CDZ8-10
 Jobb.nr. : 94/66
 Prøvetype : Snøprøver
 Kons. i : Ng/l
 Dato : 10.08.94
 Analytiker : EMB

1: Ringv. v/Ullev.St.4,Serie3,2/3-94 4:
 2: E-18 v/Lysaker,St.5,Serie3,2/3-94 5:
 3: Majorstua,St.6,Serie3,2/3-94 6:

Parameter/prøve	1	2	3	4
5-CB	138	46	59.2	
a-HCH	43.5	7.1	10.6	
HCB	66	23.8	28.7	
g-HCH	25.1	5.8	11.9	
PCB 28	23.1	7.3	14	
PCB 52	23.8	7.4	12.7	
OCS	0.6	<0.5	<0.5	
PCB 101	29.1	9.8	20.2	
p,p-DDE	<0.5	<0.5	<0.5	
PCB 118	16.6	7.4	15.5	
p,p-DDD	<0.5	<0.5	<0.5	
PCB 153	30.7	8.8	18.5	
PCB 105	5.8	2.4	5.9	
PCB 138	26.9	8.3	19	
PCB 156	5.1	1.4	3.5	
PCB 180	18.6	4.5	12.8	
PCB 209	<0.5	<0.5	<0.5	
SUM PCB	179.7	57.3	122.1	0
SUM SEVEN DUTCH PCB	168.8	53.5	112.7	0
%Fett				
%Tørrstoff				

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : TRASNØ
 Oppdragsnr. : 94047
 Prøver mottatt : Mars-94
 Lab.kode : CDZ8-10
 Jobb.nr. : 94/66
 Prøvetype : Snøprøver
 Kons. i : Ng/l
 Dato : 10.08.94
 Analytiker : EMB

1: Ringv. v/Ullev.St.4,Serie3,2/3-94 4:
 2: E-18 v/Lysaker,St.5,Serie3,2/3-94 5:
 3: Majorstua,St.6,Serie3,2/3-94 6:

Parameter/prøve	1	2	3	4
5-CB	138	46	59.2	
a-HCH	43.5	7.1	10.6	
HCB	66	23.8	28.7	
g-HCH	25.1	5.8	11.9	
PCB 28	23.1	7.3	14	
PCB 52	23.8	7.4	12.7	
OCS	0.6	<0.5	<0.5	
PCB 101	29.1	9.8	20.2	
p,p-DDE	<0.5	<0.5	<0.5	
PCB 118	16.6	7.4	15.5	
p,p-DDD	<0.5	<0.5	<0.5	
PCB 153	30.7	8.8	18.5	
PCB 105	5.8	2.4	5.9	
PCB 138	26.9	8.3	19	
PCB 156	5.1	1.4	3.5	
PCB 180	18.6	4.5	12.8	
PCB 209	<0.5	<0.5	<0.5	
SUM PCB	179.7	57.3	122.1	0
SUM SEVEN DUTCH PCB	168.8	53.5	112.7	0
%Fett				
%Tørrstoff				

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : TRASNØ
 Oppdragsnr. : 94047
 Prøver mottatt : Juni-94
 Lab.kode : DGK1-6
 Jobb.nr. : 94/112
 Prøvetype : Snø
 Kons. i : Ng/l
 Dato : 17.08.94
 Analytiker : SIG

1:Grefsenk.St.2,S.2,24/2-94
 2:Ringvn.v/Ullev.St.4,S.2,24/2-94
 3:E-18v/Lysaker,St.5,S.2,24/2-94

4:Majorstua,St.6,S.2,24/2-94
 5:Grefsenk.St.2,S.4,10.03.94
 6:Ringv.v/Ull.St.4,S.4,10/3-94

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
5-CB	<0.5	116	188	132	0.7	206
a-HCH	<0.5	23.2	37.5	16.8	0.7	47.8
HCB	0.6	55.2	94.2	47.4	1.3	139
g-HCH	0.5	20	33.4	30	1	40.1
PCB 28	1.7	21.9	31.4	25.9	0.9	47.2
PCB 52	0.6	31.1	31.7	23.7	0.6	54.4
OCS	<0.5	<0.5	1.1	<0.5	<0.5	2
PCB 101	0.8	39.5	39.2	38.3	1.3	65.9
p,p-DDE	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
PCB 118	0.6	26.2	28.5	30.9	1.1	43.4
p,p-DDD	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
PCB 153	0.8	31.1	34.2	35.3	1.9	60.7
PCB 105	<0.5	9.3	10.1	12.1	<0.5	14.9
PCB 138	0.8	31.1	35	37	2	56.5
PCB 156	<0.5	5.4	5.9	6.8	<0.5	9.9
PCB 180	0.7	16	20.1	22.9	1.6	33.7
PCB 209	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
SUM PCB	6	211.6	236.1	232.9	9.4	386.6
SUM SEVEN DUTCH PCB	6	196.9	220.1	214	9.4	361.8
%Fett						
%Tørrstoff						

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : TRASNØ
 Oppdragsnr. : 94047
 Prøver mottatt : Mars-94
 Lab.kode : CDZ1-6
 Jobb.nr. : 94/66
 Prøvetype : Snøprøver
 Kons. i : Ng/l
 Dato : 18.05.94
 Analytiker : EMB

1: Grefsenk., St.2, Serie2, 9/2-94 4: E-18v/Lysaker, St5, S.2, 9/2-94
 2: Kjelsåsvn., St.3, Serie2, 9/2-94 5: Majorstua, St.6, S.2, 9/2-94
 3: Ringvn.v/Ullev. St.4, Serie2, 9/2-94 6: Grefsenk., St.2, S.3, 2/3-94

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
5-CB	16.2	8.5	66.1	58.5	36	1.1
a-HCH	1.7	1.3	13.1	4.4	2.1	1
HCB	12.9	2.7	26.9	18.6	13.6	1.7
g-HCH	1.8	0.8	12.9	4.2	3.1	0.9
PCB 28	1.1	0.4	4.7	3.9	4.8	0.5
PCB 52	1.6	1.1	9.6	5.9	7.1	0.5
OCS	<0.1	<0.1	0.5	<0.1	<0.1	<0.5
PCB 101	2.1	1.7	12	7	9.3	0.6
p,p-DDE	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5
PCB 118	1.5	1.4	8.5	5.3	7.4	0.5
p,p-DDD	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5
PCB 153	1.6	1.4	9.3	6.5	9.1	0.8
PCB 105	0.5	0.5	2.7	1.7	2.6	<0.5
PCB 138	1.5	1.4	8.8	6.1	9	0.8
PCB 156	0.3	<0.1	1.5	1.1	1.6	<0.5
PCB 180	0.8	0.8	4.5	3.5	4.6	0.6
PCB 209	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5
SUM PCB	11	8.7	61.6	41	55.5	4.3
SUM SEVEN DUTCH PCB	10.2	8.2	57.4	38.2	51.3	4.3
%Fett						
%Tørrstoff						