

# Forekomst av organiske miljøgifter i overvann.

Av Tor Gunnar Jantsch, Oddvar Lindholm,  
Frode Hult og Kristian R. Strand

Tor Gunnar Jantsch er ansatt som forsker ved Norsk institutt for vannforskning NIVA.  
Oddvar Lindholm er professor ved Institutt for matematiske realfag  
og teknologi IMT ved Universitetet for miljø og biovitenskap.  
Frode Hult og Kristian R. Strand er ansatt i Oslo VAV.

## Sammendrag

Artikkelen oppsummerer noen relevante målinger fra litteraturen på organiske miljøgifter, med vekt på PCB og PAH, i overvann fra urbane områder. Videre refereres nyere målinger på konsentrasjoner av PCB og PAH i overvann i Sandefjord og Oslo utført av NIVA i samarbeid med kommunene. Konsentrasjonene av PAH og PCB i overløpsvannet Sandefjord ligger i nærheten av de verdiene det er normalt å bruke som sjablonverdier på tilførselsberegninger av miljøgifter. PCB-konsentrasjonene i overvannet i Vestlifeltet og Vika-feltet i Oslo ligger nærmere 10 ganger høyere enn det man ofte bruker som sjablonverdier i Norge, men konsentrasjonene ligger i samme område som rapportert i andre vestlige land. PAH-konsentrasjonene i Vika-feltet er flere ganger høyere enn sjablonverdier som normalt brukes. Dette kan muligens dels forklares med at Vika er ekstremt urbant med 97 % tette flater. PAH-konsentrasjonene i Vestli er meget høye. Disse høye verdiene kan

skyldes punktkilder som lekkende oljetanker eller lignende. Prøvene av overvannet fra feltene i Oslo ble tatt tidlig i nedbørforløpet og representerer til dels "first flush" prøver.

## Summary

Based on literature studies, this article presents some relevant measurements of organic micro pollutants like PAH and PCB in storm water runoff from urban areas. Some recent measurements performed by NIVA and Sandefjord and Oslo municipalities are also reported. In the city of Sandefjord we found concentrations of PAH and PCB in quite good agreement with the standard values we use in Norway for calculations of annual discharge to recipients. In Oslo we found much higher concentrations of PCB than commonly used as standard values in Norway. However, these PCB-concentrations were quite close to measurements performed in other western countries. The PAH-concentrations in Oslo were very high in one of the catchments, which could partly

be explained by its high degree of urbanization. However in the other catchment in Oslo the PAH-concentrations were so high that we believe a point source like a leaking tank must be the main source. The storm water runoff samples from Oslo were taken early in rain events and represents, as such, "first flush" samples.

## Problemorientering

Miljøgifter bygges opp som avsetninger på dekte flater i tørrværsperioder. Kildene er atmosfærisk nedfall, avgasser fra kjøretøy og maskiner, fyring og forbrenning av organisk stoff, nedslitning og korrosjon av produkter fra kjøretøy, bygninger, vegdekker og andre konstruksjoner, samt rester fra produkter. Biltrafikken representerer en særlig stor kilde og bidragene herfra kommer fra forbrenning av drivstoffet, slitasje av bremsebelegget, slitasje av dekk og veibane og korrosjon av komponenter på bilen. Konsentrasjonen av en enkelt parameter kan være sterkt preget av den lokale situasjonen i det aktuelle feltet. Dersom man for eksempel har en stor andel takflater av kobber, vil innholdet av kobber bli større enn normalt, o.s.v.

Transport av de avsatte miljøgiftene fra overflatene skjer p.g.a. nedbør eller snøsmelting, hvor stoffene spyles ned i overvannsledninger eller kombinerte fellesavløpssystemledninger.

Bidraget av tungmetaller og organiske miljøgifter fra tette flater i urbane områder er ganske betydelig. Som et grovt anslag har det vært vanlig å anta at ca. 1/3 av tungmetallene i avløpsslam fra avløpsrenseanlegg har stammet fra overvann som er tilført til fellesav-

løpssystemledningene. Når det gjelder organiske miljøgifter kan overvann transportere en svært stor mengde av enkelte organiske miljøgifter til steder hvor miljøgiftene deponeres/akkumuleres, for eksempel sjøsedimenter. Hele 47 % av PCB tilførselen til San Fransisco Bay i 2002 ble transportert med overvann fra tette flater (University of California, 2003). Miljøgiftene fra de tette flatene når vannforekomstene i hovedsak via tre veier:

- direkte utløp fra overvannsledningene i separatavløpssystemene
- utslipp fra overløp i felles avløpssystemer
- utslipp fra avløpsrenseanleggene når disse også betjener fellesavløpssystemer

For å finne de totale miljøgiftutslippene som er generert av de tette flater må derfor alle tre bidragene regnes med. Fra overløp og renseanlegg kommer det imidlertid også bidrag fra spillvann innblandet i overflatebidraget.

De miljøgiftene som spyles ned i overvannsledninger og det som går i overløp i fellesavløpssystemet går direkte til vannforekomstene utenom avløpsrenseanleggene. I de fleste norske byer er mer enn halvparten av de tette flatene knyttet til et overvannssystem som ikke leder til avløpsrenseanlegg. I avløpsrenseanlegg varierer renseseffekten for miljøgifter, men kan ligge mellom 0 % og 99 % avhengig av stoff, rensesprosess etc.

Når det gjelder innholdet av organiske miljøgifter i overvann er det forholdsvis lite materiale publisert. Vi vil her gå gjennom tilgjengelig mate-

riale rundt stoffene PAH, PCB og BrF og sammenligner med nye data fra 2 områder i Oslo.


## PAH

Den stoffgruppe som det ofte fokuseres mest på i forbindelse med organiske miljøgifter i overvann er PAH-forbindelser. Det finnes flere hundre PAH-forbindelser. Ikke alle er like farlig. Det er mest vanlig å måle innholdet av de 16 av disse forbindelsene som det amerikanske miljødirektoratet US EPA har pekt ut. Det kalles ofte for total-PAH. SUM PAH<sub>16</sub> omfatter følgende forbindelser: naftalen, acenaftalen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benz(a)antracen, chrysen+trifenylen, benzo(b)fluoranten, benzo(j,k)fluoranten, benzo

(a)pyren (BaP), indeno (1,2,3cd) pyren, dibenz(a,c/a,h)antracen, benzo(ghi)perylen.

PAH dannes i hovedsak ved ufullstendig forbrenning og oppvarming av organisk stoff som kull, olje, søppel og tobakk. I Stockholm er det antatt at 95 % av utslippene av PAH til luft kommer fra personbiler (Amundsen og Roseth, 2004). Gamle biler slipper ut ca 200 µg/PAH pr. kjørt kilometer, mens nye biler slipper ut ca 1 µg/km. Slitasje av asfalt fører til 1 µg og slitasje av dekk til 6 – 30 µg PAH<sub>16</sub> per kjørt kilometer (Sivertsen, 1999).

Tabell 1 oppsummerer rapporterte konsentrasjoner av PAH og nonylfenol i ulike overvannstyper og nedbør i Norge.

|   |   |   |  |  |   |
|---|---|---|--|--|---|
| <p>Norconsult leverer tverrfaglige tekniske, økonomiske og samfunnsmessige tjenester nasjonalt og internasjonalt. Selskapet har ca. 975 medarbeidere, med hovedkontor i Sandvika og 27 andre faste kontorer i Norge og i utlandet. Vi har betydelig kompetanse i miljø- og kommunaltekniske fag, og er idag en ledende aktør med over 85 medarbeidere innenfor fagfeltet.</p> | <p>Norconsult dekker bl.a. følgende fagområder og tjenester:</p> <table border="0"><tr><td data-bbox="403 909 649 1093"><p><b>Vannforsyning og avløp</b></p><ul style="list-style-type: none"><li>• Kilder og nedbørfelt</li><li>• Hoved- og beredskapsplaner</li><li>• Transportsystemer</li><li>• Prosessanlegg</li><li>• Driftsassistanse</li></ul></td><td data-bbox="672 909 907 1093"><p><b>Teknisk infrastruktur</b></p><ul style="list-style-type: none"><li>• Gassrørledninger</li><li>• Fellesanlegg</li><li>• Ledningsanlegg</li><li>• Tekniske kulverter</li><li>• Fjernvarme/-kjøling</li><li>• Prosess/piping</li></ul></td></tr><tr><td data-bbox="403 1109 649 1316"><p><b>Avfall og renovasjon</b></p><ul style="list-style-type: none"><li>• Avfallsplaner</li><li>• Innsamling og transport</li><li>• Behandling og deponering</li><li>• Deponigass</li><li>• Sortering og gjenvinning</li><li>• Slamhåndtering</li><li>• Farlig avfall</li></ul></td><td data-bbox="672 1109 907 1316"><p><b>Miljø</b></p><ul style="list-style-type: none"><li>• Konsekvensutredninger</li><li>• Risikoplaner</li><li>• Miljøoppfølgingsprogram</li><li>• Miljøsaneringsplaner</li><li>• Hydrogeologi</li><li>• Forurenset grunn og sedimenter</li></ul></td></tr></table> | <p><b>Vannforsyning og avløp</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Kilder og nedbørfelt</li><li>• Hoved- og beredskapsplaner</li><li>• Transportsystemer</li><li>• Prosessanlegg</li><li>• Driftsassistanse</li></ul> | <p><b>Teknisk infrastruktur</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Gassrørledninger</li><li>• Fellesanlegg</li><li>• Ledningsanlegg</li><li>• Tekniske kulverter</li><li>• Fjernvarme/-kjøling</li><li>• Prosess/piping</li></ul> | <p><b>Avfall og renovasjon</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Avfallsplaner</li><li>• Innsamling og transport</li><li>• Behandling og deponering</li><li>• Deponigass</li><li>• Sortering og gjenvinning</li><li>• Slamhåndtering</li><li>• Farlig avfall</li></ul> | <p><b>Miljø</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Konsekvensutredninger</li><li>• Risikoplaner</li><li>• Miljøoppfølgingsprogram</li><li>• Miljøsaneringsplaner</li><li>• Hydrogeologi</li><li>• Forurenset grunn og sedimenter</li></ul> |
| <p><b>Vannforsyning og avløp</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Kilder og nedbørfelt</li><li>• Hoved- og beredskapsplaner</li><li>• Transportsystemer</li><li>• Prosessanlegg</li><li>• Driftsassistanse</li></ul>   | <p><b>Teknisk infrastruktur</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Gassrørledninger</li><li>• Fellesanlegg</li><li>• Ledningsanlegg</li><li>• Tekniske kulverter</li><li>• Fjernvarme/-kjøling</li><li>• Prosess/piping</li></ul>  |   |  |  |   |
| <p><b>Avfall og renovasjon</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Avfallsplaner</li><li>• Innsamling og transport</li><li>• Behandling og deponering</li><li>• Deponigass</li><li>• Sortering og gjenvinning</li><li>• Slamhåndtering</li><li>• Farlig avfall</li></ul>  | <p><b>Miljø</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Konsekvensutredninger</li><li>• Risikoplaner</li><li>• Miljøoppfølgingsprogram</li><li>• Miljøsaneringsplaner</li><li>• Hydrogeologi</li><li>• Forurenset grunn og sedimenter</li></ul>   |   |  |  |   |
| <p><a href="http://www.norconsult.no">www.norconsult.no</a></p> <p>Askim, Bergen, Bodø, Farsund, Hamar, Harstad, Haugesund, Horten, Hønefoss, Larvik, Lillehammer, Mo i Rana, Molde, Narvik, Sogndal, Stathelle, Stavanger, Tromsø, Trondheim, Årdalstangen</p>   | <p><b>Norconsult</b> </p> <p>Norconsult AS, Vestfjordgaten 4, 1338 Sandvika, Tel 67 57 10 00</p>   |   |  |  |   |

Tabell 1. Konsentrasjoner av PAH, B(a)P og nonylfenol i ulike overvannstyper.

|  | PAH, µg/l                                       | B(a)P, µg/l | Nonylfenol, µg/l                   | Referanse  |
|--|---|-------------|------------------------------------|--|
| Overvann fra 7 ulike tettsteder i Norge<br>Sentrumsområder<br>Boligområder<br>Næringsområder | 0,1 – 2,7<br>0,1 – 0,8<br>0,01 – 0,3            |             | 0,1 – 0,9<br>0,4 – 3<br>0,04 – 0,8 | Storhaug, 1996   |
| Snøsmelting  | 1,5 – 11,6                                      |             |                                    | Kolbenstvedt <i>et al.</i> , 2000                      |
| Regn   | 1,4 – 3,9                                       |             |                                    | Kolbenstvedt <i>et al.</i> , 2000                      |
| Innløpet til rensedam for vegavrenning fra E6 ved Skullerud, middelverdi mai 03 – april 04   | PAH <sub>16</sub> 1,77<br>PAH <sub>4</sub> 0,43 |             |                                    | Åstebøl og Coward, 2004                                |
| Vegavrenning fra E6 ved Smihagan,  | PAH <sub>16</sub> 0,87<br>B(a)P 0,03            |             |                                    | Amundsen og Roseth, 2004                               |
| Vika (City område i Oslo)  | 0,1 – 0,6                                       |             |                                    | Stene Johansen og Samdahl, 1995                        |
| Veg m. 23000 kjøretøy, /døgn, Danmark  | 7,0   | 0,17        |                                    | Miljøstyrelsen, 1997                                   |
| Villaområde, Danmark   | 2,9   | 0,1         | 2,1                                | Miljøstyrelsen 1997                                    |
| Boligområder,  | 0,24 - 13                                       | 0,003 - 10  |                                    | Makepeace, 1995  |
| 10 000 kjøretøy/døgn E6, Norge   | 3,7<br>min 1,7<br>maks 11,6                     |             |                                    | Gjessing <i>et al.</i> , 1983                          |
| E18 v. Asker   | 0,5<br>min 0,04<br>maks 1,5                     |             |                                    | Gjessing <i>et al.</i> , 1983                          |
| Stor trafikk, Bayreuth, Tyskland   | 3,0   | 0,4         |                                    | Wüst <i>et al.</i> , 1994<br>Kern <i>et al.</i> , 1992 |
| Tre motorveger (40000 kjøretøy/døgn), Tyskland   | 2,7   |             |                                    | Stotz, 1987  |
| >30000 kjøretøu/døgn, Stockholm  | 0,9 – 15,5                                      |             |                                    | Ekvall, 2001   |

Thomas Larm i SWECO i Sverige har utviklet og vedlikeholder en database for miljøgifter og stoffer i overvann (Larm, 2006). Denne er anerkjent fordi den er en oppsummering av

kvalitetssikrede data fra den vestlige verden, og spesielt fra Sverige. Verdiene for PAH og B(a)P fra StormTac er vist i tabell 2.

Tabell 2. Sjablonverdier (lave, middels og høye verdier) for PAH og BaP i overvann fra ulike typer landarealer (Larm, 2006).

| Type landareal                | PAH ( $\mu\text{g/l}$ ) |         |     | BaP ( $\mu\text{g/l}$ ) |         |      |
|-------------------------------|-------------------------|---------|-----|-------------------------|---------|------|
|                               | Lav                     | Middels | Høy | Lav                     | Middels | Høy  |
| Veger (5 000 kjøretøy/døgn)   | 0,8                     |         |     | 0,007                   |         |      |
| Veger (30 000 kjøretøy/døgn)  |                         | 1,5     |     |                         | 0,04    |      |
| Veger (100 000 kjøretøy/døgn) |                         |         | 2,0 |                         |         | 0,14 |
| Parkering                     | 0,4                     | 1,7     | 2,1 | 0,04                    | 0,06    | 0,08 |
| Villa                         | 0,5                     | 0,6     | 0,8 | 0,03                    | 0,1     | 0,2  |
| Rekkehus                      | 0,5                     | 0,6     | 0,8 | 0,03                    | 0,1     | 0,2  |
| Leiligheter                   | 0,5                     | 0,6     | 0,8 | 0,03                    | 0,1     | 0,2  |
| Fritidshus                    | 0,25                    | 0,3     | 0,4 | 0,015                   | 0,05    | 0,1  |
| Næringsområde                 | 0,5                     | 0,6     | 0,8 | 0,03                    | 0,1     | 0,2  |
| Industri                      | 0,55                    | 1       | 3   | 0,04                    | 0,15    | 0,3  |

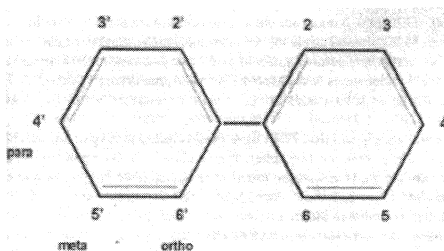
Som vist i tabell 1 og 2 kan det være relativt store variasjoner i konsentrasjonene i overvann mellom like områder. Det kan imidlertid se ut til fra tabellene at norske målinger av PAH ligger lavere i konsentrasjon enn de utenlandske.

## PCB

En annen gruppe av forbindelser som det har vært målt forholdsvis høye konsentrasjoner av i overvann er PCB (polyklorinerte bifenyler). PCB er en samlebetegnelse på 209 likeartede kjemikalier (kongenerer) og har vært forbudt brukt i Norge siden slutten av 1970-årene.

PCB ble produsert fra 1929 til slutten av 1970-tallet og ble bl.a. brukt i transformatorer som elektriske isolatorer, i kondensatorer i lysarmatur, i sement som tilsatzmiddel, i maling, i kjølevæsker, i smøremidler, i isolerglasslim m.m.

Figur 1. Strukturen til et PCB-molekyl med et carbonatom (C) i alle hjørner.



PCB er ekstremt vanskelig nedbrytbart i miljøet og bygger seg opp i næringskjedene og akkumulerer seg bl.a. i lever og i fettcellene i mennesker. PCB kan gi leverproblemer, økt kreftrisiko, effekter på sentralnervesystemet, reproduksjonsskader, fosterskader, immunsykdommer, hudsykdommer, m.m. PCB kan også forårsake store skader i miljøet på fugler, fisk og pattedyr.

PCB-innholdet i sedimenter på

bunnen av en rekke fjorder i Norge er fremdeles en viktig årsak til kostholdsråd fra Mattilsynet som råder til begrenset inntak av marine organismer fra disse fjordene.

I følge SFT (2005) har mengden av PCB som fortsatt ligger i produkter i bruk sunket fra 416 tonn i 1995 til 280 tonn i 2002.

Tabell 3 oppsummerer rapporterte konsentrasjoner av PCB i overvann, regn og snø fra ulike områder.

Tabell 3. PCB i overvann, regn og snø fra ulike kilder.

| Kilde   | PCB, µg/l                        | Referanse                          |
|---|----------------------------------|------------------------------------|
| Overvann fra et separatsystem på 75 ha med 25 % næringsområder og 75 % flerfamiliehus. Créteil (by 10 km sydøst for Paris)<br>Antall tørrværsdager før regnet og mm nedbør (Regndato)<br>1 dag 3,8 mm (13.01.1988)<br>3 dager 9,6 mm (15.05.1988)<br>22 dager 8,0 mm (27.06.1989) | 0,130<br>0,633<br>0,625          | Granier <i>et al.</i> , 1990       |
| Overvann, USA (nationwide)  | 0,03                             | Cole <i>et al.</i> , 1984          |
| Overvann, Canada (Great lakes)  | 0,014                            | Marsalek og Schroeter, 1988        |
| Overvann, Canada (3 byer)   | 0,027-0,179                      | Marsalek og Ng, 1989               |
| Overvann, Sveits  | 0,027-0,29                       | de Alencastro og Tarradellas, 1988 |
| Vegavrenning fra E6 ved Smihagan, 5 prøver i 2004   | PCB < 0,01<br>Klorbenzen er* 4,0 | Amundsen og Roseth, 2004           |
| Snø   | 0,36(PCB <sub>10</sub> )         | Bækken og Jørgensen, 1994          |
| Nedbør på 11 prøvetakingssteder, Skåne  | 0,0012<br>-0,0814**              | Backe <i>et al.</i> , 2002         |
| Nedbør tre steder ved Green Bay i Lake Michigan. 18. april 1989 til 15. mai 1990  | 0,0022                           | Franz og Eisenreich, 1993          |

| Kilde   | PCB, µg/l  | Referanse                         |
|---|--|-----------------------------------|
| Sveits (tre felter i Lausanne og to felter i Geneve), et år<br>Overvann | Middelverdi<br>fra under<br>deteksjons-<br>grensen på<br>0,00011 /<br>0,00024 til<br>0,403 | Rossi <i>et al.</i> , 2004        |
| Regnvann  | 0,035  |                                   |
| Overvann, Vika (city område i Oslo)                                     | 0,004 – 0,04   | Stene Johansen<br>og Samdal, 1995 |
| Overvann, Vestli (blokker i Oslo)                                       | 0 – 0,001  | Stene Johansen<br>og Samdal, 1995 |
| Overvann, USA, boligområder   | 0,027 – 1,12   | Makepeace, 1995                   |

\* Klorbenzener er her lik 1,4 diklorbenzen, 1,2,4-triklorbenzen, 1,3,5-triklorbenzen, pentaklorbenzen, og heksaklorbenzen.

\*\* To av prøvetakingsstedene hadde konsentrasjoner på ca. 30 ganger av det de resterende stedene hadde.

Granier *et al.* (1990) fant at det for konsentrasjonen av PCB i overvann var en sterk “first flush” effekt og konsentrasjonen var derfor høy til å begynne med og avtok raskt utover i løpet av regnforløpet. PCB foreligger i stor grad bundet til partikulært materiale, og de mest klorinerte PCBéne var sterkest knyttet til partikler. Granier *et al.* fant videre at bare 27 % av PCB i overvann stammer fra atmosfærisk nedfall.

NILU har funnet at hovedkildene til PCB i overvann fra veger er slitasje fra bildekk og asfalt (Sivertsen, 1999).

Bækken og Jørgensen (1994) fant uventet høye konsentrasjoner av PCB, HCB (Heksaklorbenzen) og 5CB (Pentaklorbenzen) i snøen langs veier. PCB var relatert til vegtrafikken.

Som mange andre persistente organiske forurensninger (POP) fins PCB fortsatt i miljøet på tross av et nesten verdensomspennende forbud i mange år. Basert på en beregning av massebalanse i Sveits fant man at PCB-tilførslene til avløpssystemene i hovedsak var fra overvannet. Denne lå i fellesavløpssystemene i Sveits på 110-125 kg/år og i separatavløpssystemene på 75-94 kg/år (Rossi *et al.*, 2004).

Det amerikanske miljødirektoratet US EPA formulerte i mai 2000 vannkvalitetskrav til San Francisco Bay for PCB. Dette ble av helsemessige årsaker satt til 0,00017 µg/l, noe som i stor grad var vanskelig å overholde. Den største kilden for PCB til denne bukten er overvann fra tette

flater (San Francisco Estuary Institute, 2000).

Utslippet av PCB til San Fransisco Bay var i 2002 totalt på 73 kg pr. år. Av dette kom 32 kg via elver som hadde et meget stort oppland, 1,9 kg fra industri og avløpsrensaneanlegg, 12 kg fra mudringsarbeider for fjerning av sedimenter og hele 34 kg fra overvann fra tette flater.

(University of California, 2003).

## **Bromerte flammehemmere i overvann.**

Bromerte flammehemmere er en gruppe kjemikalier som tilsettes ulike produkter for å gjøre dem mindre brennbare. De er blant annet brukt i elektronikk, isolasjonsmaterialer og tekstiler. Flere av stoffene har vist seg å ha alvorlige skadevirkninger for miljø og helse. Stoffene er vanskelige å bryte ned, og samler seg opp i både mennesker og natur.

Vi har ikke funnet noen referanser på bromerte flammehemmere i overvann. Schure og Larson (2002) har imidlertid gjort noen målinger i Skåne i Sverige over 2 uker i nedbør. Midlere konsentrasjon av PBDE (polybromerte difenyl ether) (9 congeners) i regn var 209 picogram per liter regn. Atmosfærisk nedfall var på 2 nanogram per m<sup>2</sup> og dag. Av PBDE-mengden var 65 % knyttet til partikler.

## **NIVAs nyere målinger fra Norge på PCB og PAH i overvann**

### **Sandefjord**

Fordi man har svært lite målinger på PCB i overvann ble det besluttet å ta ut prøver fra avløpssystemet i Sandefjord (Bakke et al., 2005).

Nedbøren i Sandefjord er i måneden før prøveuttaket målt og gjennomgått. Det var tørt i hele perioden bortsett fra 12. mars da det falt 8,2 mm og til sammen ca. 9 mm fra 13. mars til 17. mars. Etter det var det tørt fram til 7. april hvor det falt 9,5 mm nedbør. Prøveuttaket skjedde 7. april 2005. Det var med andre ord tørt i tre uker før prøveuttaket. Dette betyr at deponiene på overflatene har rukket å bygge seg opp på et høyt nivå. Man bør derfor kunne vente seg høye konsentrasjoner.

Det ble tatt uttak i en overløpskum i Fjellvik sør for Kamfjordkilen og i overløpet til Sentrum pumpestasjon. Oppstrøms den sistnevnte stasjonen er det betydelig mer urbanisert og mer trafikk, og konsentrasjonene her vil derfor være høyere. Tabell 4 viser de målte verdiene sammenlignet med sjablonverdier som ofte brukes i teoretiske analyser (tilførselsberegninger).



19/12

Tabell 4. Overløpsvann fra overløp i Sandeffjord i ~~1994~~. (Prøver innhentet 07.04.05).

| Prøvepunkt                      | PCB               | PAH                                   | BaP                                    |
|---------------------------------|-------------------|---------------------------------------|--|
| Sandeffjord Fjellvik (kum 4016) | 0,003             | 0,6                                   | 0,02                                   |
| Sandeffjord sentrum (kum 67)    | 0,006             | 2,0                                   | 0,07                                   |
| Sjablonverdier                  | 0,01 <sup>a</sup> | 0,4 <sup>b</sup> til 2,1 <sup>c</sup> | 0,03 <sup>d</sup> til 0,2 <sup>e</sup> |

<sup>a</sup> Bakke *et al.*, 2005

<sup>b</sup> Parkeringsområde, lav, StormTac

<sup>c</sup> Parkeringsområde høy StormTac

<sup>d</sup> Nærings-, villa-, rekkehus-, leilighetområde, lav, StormTac

<sup>e</sup> Nærings-, villa-, rekkehus-, leilighetområde, høy, StormTac

Verdiene fra Sentrum pumpestasjon (kum 67) er mest representative for den største mengden av overløpsvann som kommer til Kilen.

Man ser at PAH og BaP-verdiene (benzo(a)pyren) synes å ligge i nærheten av normale verdier i StormTac-tabellen.

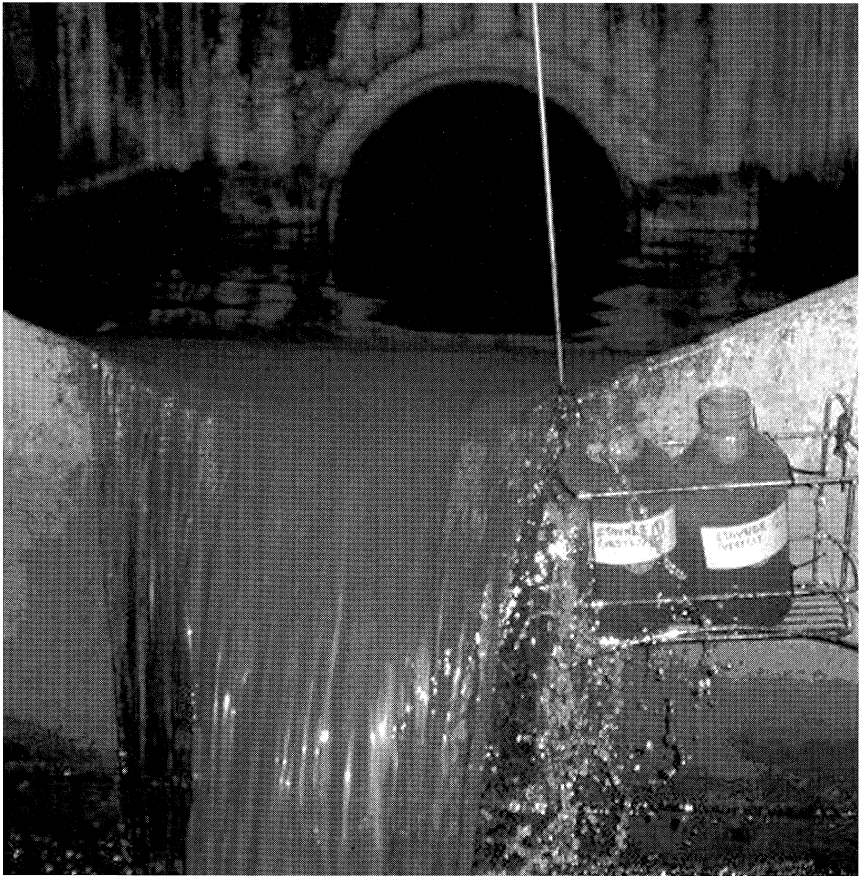
### Vestli og Vika, Oslo

Høsten 2005 ble tatt prøver av overvann fra Vestli og Vika i Oslo. Prosjektet har vært et samarbeid med Oslo Vann- og avløpsverk VAV og NIVA.

Vestlifeltet ligger på Tokerud Nord-Øst i Oslo inn mot Gjelleråsen. Dette er et boligområde med en barneskole og en dagligvarebutikk. Bebyggelsen består av boligblokker og rekkehus. Vestlifeltet har et avrenningsareal på 36,6 ha med 33 % tette flater. Det bor ca. 120 personer pr. ha i feltet. Midlere fall i ledningsnett er på ca. 9,3 %. Feltet har separate overvanns- og spillvannsledninger.

Vika-feltet er lokalisert ved den tidligere Vestbanestasjonen vest for Rådhusplassen i Oslo. Dette er et city-område og består nesten bare av tette flater. De permeable flatene er blomsterrabatter og lignende. Feltet er i sin helhet bebygd med foretnings- og servicebygg. Feltet er på 9,9 ha hvorav 97 % er tette flater. Takflatene står for 39,5 %, gater og fortauer, 52 % parkeringsplasser 1,3 % og gangveier etc. 3 %. Feltet har separate overvanns- og spillvannsledninger. Midlere fall på ledningsnett er 5,3 %.

Prøvene ble samlet inn fra kummer ikke langt fra overvannssystemets utløp til resipient. I kummene ble prøveflasker montert i et permanent V-overløp slik at vannhøyden i overløpet bestemmer direkte når prøveflaskene fyltes (se figur 2). Prøveflaskene innholdt et flytelegeme som fløt opp og sperret flaskehalsen når flasken. Denne sperringen forhindret fortykning av prøven med etterfølgende vann og sørget for at prøvene representerte first flush og ikke en middelvei av regnet. Flytelegemet var av gummi som var dekket med en film av teflon for å forhindre evt. forurensing fra og absorpsjon til gummien. Prøveflaskene var av glass. Prøvene ble analysert ved NIVAs laboratorium etter akkrediterte metoder.



*Figur 2. Oppsett for prøvetaking av overvann. Prøveflaske 1 til venstre, prøveflaske 2 til høyre.*

Eventuell kontaminering av prøvene fra prøvetakingsutstyret ble undersøkt ved å fylle prøvetakingssystemet med deionisert vann og la dette stå i prøvetakingsflaskene over en periode på 4 dager og flaskene ble 2 av dagene ris- tet tilfeldig 5 – 10 ganger. konsen- trasjonene lå under deteksjonsgrensen (0,0002  $\mu\text{g/l}$ ) for hver av PCG7-kon- genererene. Konsentrasjonen av PAH<sub>16</sub> ble funnet å være 0,036 –

0,130  $\mu\text{g/l}$ , dvs. mindre enn 7 % av de laveste verdiene funnet i de oppsam- lede prøvene.

Tabell 5 viser målinger fra 2005 i Vestli-feltet og Vika-feltet i Oslo. Konsentrasjonene av de enkelte bromerte flammehemmere var lavere enn deteksjonsgrensen (0,1 – 10  $\text{ng/l}$ ) i alle prøver foruten en. I den ene prøven var konsentrasjonen av PBDE47 0,31  $\text{ng/l}$ .

Tabell 5. Suspendert tørrstoff (STS), suspendert gløderest (SGR), organisk karbon (TOC), PCB7 og PAH16 i overvann. Målinger fra Vika og Vestli i Oslo i 2005.

| Om-<br>råde    | Regn-<br>dato | STS<br>mg/l                             | SGR<br>mg/l                            | TOC<br>mg/l C                          | PCB7<br>µg/l      | PAH16<br>µg/l                            | BaP<br>µg/l                               | mm<br>nedbør<br>i regnet | Antall<br>tørrværs-<br>dager før<br>regnet |
|----------------|---------------|---|--|--|-------------------|--|---|--------------------------|--|
| Vika           | 20.10.05      | 300                                     | 205                                    | 14                                     | 0,18              | 4,18                                     | 0,18                                      | 11,8                     | >150 timer                                 |
|                | 29.10.05      | 315                                     | 225                                    | 39                                     | 0,15              | 4,54                                     | 0,20                                      | 7,6                      | >48 timer                                  |
|                | 03.11.05      | 421                                     | 317                                    | 40                                     | 0,14              | 4,17                                     | 0,24                                      | 23,9                     | 28 timer                                   |
|                | 24.11.05      | 481                                     | 360                                    | 35                                     | 0,02              | 9,11                                     | 0,53                                      | 17,5                     | >150 timer                                 |
| Vestli         | 20.10.05      | 203                                     | 134                                    | 6                                      | 0,01              | 42,73a                                   | 2,10a                                     | 10,2                     | >150 timer                                 |
|                | 29.10.05      | 474                                     | 337,5                                  | 42                                     | 0,08              | 67,88a                                   | 3,60                                      | 9,9                      | >72 timer                                  |
|                | 03.11.05      | 810                                     | 653                                    | 36                                     | 0,08              | 33,25a                                   | >20                                       | 35                       | ca 20 timer                                |
|                | 24.11.05      | 374                                     | 293                                    | 32                                     | 0,08              | 4,30                                     | 0,27                                      | 28,1                     | >50 timer                                  |
| Sjablonverdier |               | 20 <sup>b</sup> til<br>840 <sup>f</sup> | 10 <sup>b</sup> til<br>47 <sup>a</sup> | 10 <sup>b</sup> til<br>47 <sup>a</sup> | 0,01 <sup>e</sup> | 0,4 <sup>f</sup> til<br>2,1 <sup>g</sup> | 0,03 <sup>b</sup> til<br>0,2 <sup>c</sup> |                          |  |

<sup>a</sup> Konsentrasjonene er så høye at det er knyttet høyere usikkerhet enn vanlig til bestemmelsen.

<sup>b</sup> Nærings-, villa-, rekkehus-, leilighetsområde, lav, StormTac.

<sup>c</sup> Nærings-, villa-, rekkehus-, leilighetsområde, høy, StormTac.

<sup>d</sup> Veger (100 000 ADT), høy, StormTac.

<sup>e</sup> Bakke et al., 2005.

<sup>f</sup> Parkeringsområde, lav, StormTac.

<sup>g</sup> Parkeringsområde, høy, StormTac.

Siden prøvene ble samlet på ulike tidspunkter i regnforløpet i to til tre flasker ved hvert regntilfelle ga dette en anledning til å se på variasjonen i

konsentrasjonene i overvannet i tidlig forløp av nedbørsepisoden. Tabell 6 viser de ulike konsentrasjonene i de ulike flaskene ved ulike innsamlingsdatoer og steder.

Tabell 6. Suspendert tørrstoff (STS), suspendert gløderest (SGR), organisk karbon (TOC), PCB<sup>7</sup>, PAH<sup>16</sup>, BaP og vannføringen i rørene ved prøvetakingen av de ulike prøveflasker ved ulike innsamlingsdatoer og steder. Vannføring ved tørrvær for Vika og Vestli er henholdsvis 1,3 l/s og 4,3 l/s, men varierer en del.

| Regn-dato           |               | STS<br>mg/l | SGR<br>mg/l | TOC<br>mg/l C | PCB <sup>7</sup><br>µg/l | PAH <sup>16</sup><br>µg/l | BaP<br>µg/l | Vann-<br>føring i<br>rør ved<br>prøve-<br>taking<br>l/s |
|---------------------|---------------|-------------|-------------|---------------|--------------------------|---------------------------|-------------|---|
| 03.11.05,<br>Vika   | Første flaske | 766         | 572         | 76            | 0,27                     | 7,88                      | 0,42        | 30  |
|                     | Andre flaske  | 300         | 228         | 26            | 0,10                     | 2,90                      | 0,20        | 61  |
|                     | Tredje flaske | 196         | 150         | 17            | 0,05                     | 1,74                      | 0,11        | 107   |
| 03.11.05,<br>Vestli | Første flaske | 742         | 606         | 36            | 0,09                     | 33,1a                     | >20         | 23  |
|                     | Andre flaske  | 878         | 700         | 35            | 0,06                     | 33,4a                     | >20         | 50  |
| 24.11.05,<br>Vika   | Første flaske | 622         | 458         | 37            | 0,03                     | 11,20                     | 0,67        | 30  |
|                     | Andre flaske  | 340         | 262         | 33            | 0,02                     | 7,02                      | 0,39        | 61  |
| 24.11.05,<br>Vestli | Første flaske | 562         | 438         | 42            | 0,14                     | 6,66                      | 0,43        | 23  |
|                     | Andre flaske  | 186         | 148         | 22            | 0,03                     | 1,93                      | 0,11        | 50  |

<sup>a</sup> Konsentrasjonene er så høye at det er knyttet høyere usikkerhet enn vanlig til bestemmelsen.

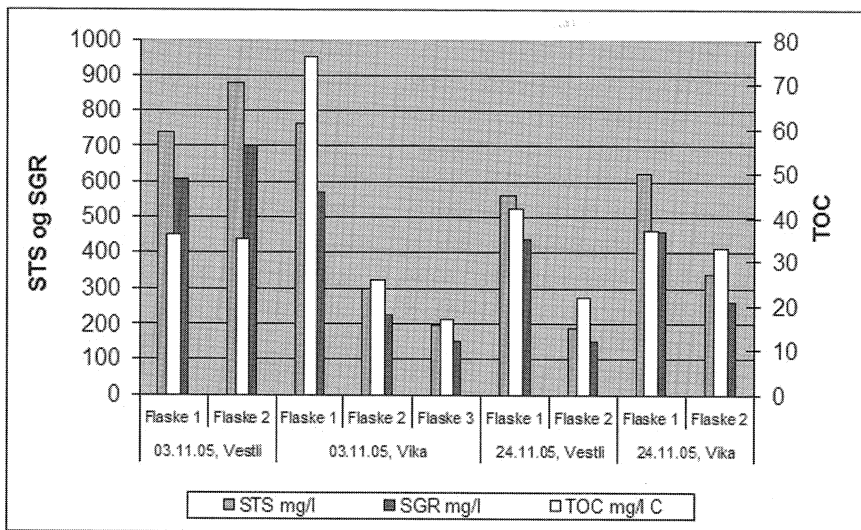
Dataene fra tabell 6 er også vist i figur 3 og 4.

I tre av tilfellene er det stor forskjell i konsentrasjon av de ulike parametrene målt i de ulike flaskene. Trenden er en tydelig nedgang i konsentrasjon fra det tidligst oppsamlede vannet (flaske 1) til det senere oppsamlede vannet (flaske 2/3). Dette gjelder ikke for 03.11.05, Vestli, men for de 3 andre regnene. Nedbørssituasjonen i regnet 03.11.05, Vestli var av en slik art at flaskene 1 og 2 fyltes med svært kort mellomrom til forskjell fra de andre

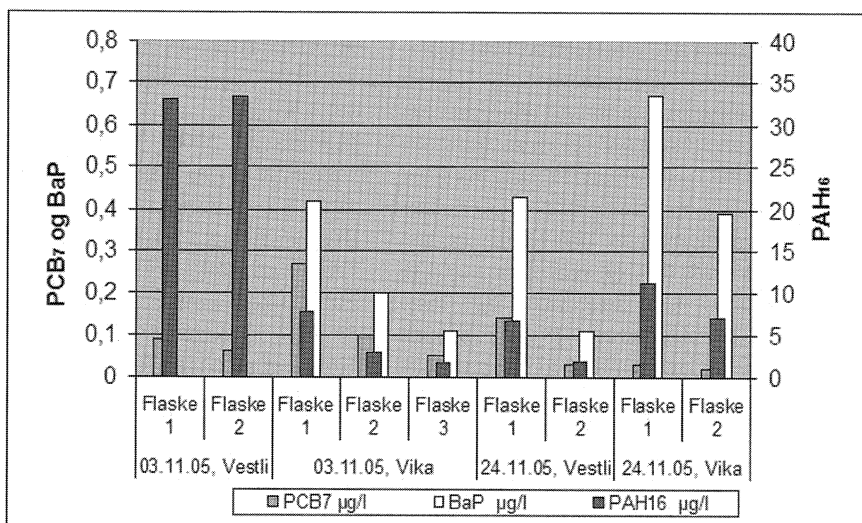
regnene. Trenden tyder på at det er en svært tydelig first flush effekt i regnvannet.

At det synes å være en så tydelig first flush effekt er interessant med tanke på de implikasjoner dette har for rensing av overvann i og med at miljøgiftene er i høye konsentrasjoner i de første vannmengdene som strømmer.

Overraskende høye verdier er funnet i overvannet for PAH, sammenlignet med tidligere rapporterte verdier. Dette kan tyde på at det finnes en sporadisk eller permanent kilde i



Figur 3. Suspendert tørrstoff (STS), suspendert gløderest (SGR) og organisk karbon (TOC) i de ulike prøvefraksjoner ved ulike innsamlingsdatoer og steder.



Figur 4. PCB<sub>7</sub>, PAH<sub>16</sub> og BaP i de ulike prøvefraksjoner ved ulike innsamlingsdatoer og steder.

feltene, for eksempel bensinstasjon, som i Vika, eller nedgravde oljetanker. For PCB er det også høye tall, men ikke overraskende høye i forhold til andre målinger fra utlandet. Dataene tyder på at det tidlig i regnforløpet er svært høye konsentrasjoner av PAH i overvannet, hvilket er fanget opp i prøvetagningen her, mens tidligere rapporterte verdier typisk er middelverdier fra regnene.

Resultatene viser at det er relativt store usikkerheter forbundet med målinger av miljøgifter i overvann. Når man sammenligner data fra prosjekt til prosjekt eller fra felt til felt ser man at selv for områder av samme type er variasjonene meget store. Når man går inn i et enkelt prosjekt og ser på måleresultatene fra regn til regn i samme feltet, ser man også at middelkonsentrasjonene varierer mye. Dette beror på mange årsaker som f.eks. tilfeldigheter som et søl eller en tilfeldig aktivitet som slår sterkt ut i de aktuelle mikroforurensinger. Lengden på tørrværsperioden (tiden avsetningene kan bygge seg opp) før det regnet kommer vil også spille en rolle. Når i nedbørsforløpet prøven tas er viktig (first flush-effekt) ellers kan forurensingene ha blitt spylt ut før prøvene ble tatt, og feltet var kanskje renvasket når analysene ble tatt. Representativitet av prøven spiller stor rolle; en stor del av forurensingene er partikkelbundet, noe som betyr at hvis man ikke får med en representativ andel partikler, blir analysene feil. Det samme problemet oppstår når laboratoriet tar ut sin prøve fra prøveflasken.

## Referanser:

- Amundsen, C. E. og Roseth, R., 2004.** "Utslippsfaktorer fra veg til vann og jord i Norge". JORDFORSK-rapport 2004.
- Backe, C., Larsson, P. og Agrell, C., 2002.** "Spatial and temporal variations of PCB in precipitation in southern Sweden". The Science of the Total Environment. 285 (1-3), 117-132.
- Bakke, T., Kibsgaard, A., Lindholm, O., Molvær, J., Pettersen, A. og Skarbøvik, E., 2005.** "Oppfølgende undersøkelser knyttet til sedimenttiltak i Kamfjordkilen, Sandefjordsfjorden". NIVA-rapport 5072-2005. Oslo.
- Bækken, T. og Jørgensen, T., 1994.** "Vannforurensning fra veg – Langtidseffekter". Statens vegvesen 73. Vegdirektoratet, Oslo.
- Cole, R. H., Frederick, R. E., Healy, R. P. og Rolan, R. G., 1984.** Journal of the Water Pollution Control Federation. 56, 898–908
- de Alencastro, L. F. og Terradellas, J., 1988.** Gas – Wasser – Abwasser. 68, 120–130.
- Ekvall, J., 2001.** "Dagvattenundersøkingar i Stockholm 1992-2000". Stockholm Vatten AB.
- Franz, T. og Eisenreich, S., 1993.** "Wet deposition of PCBs to Green Bay, Lake Michigan". Chemosphere. 26 (10), 1767-1788.
- Gjessing et al. 1983.** "Effect of Highway Pollution on Lake Water Quality". NIVA rapport O- 79024. Oslo.
- Granier, L., Chevreuil, M. Carru, A.-M. og Létolle, R., 1990.** "Urban runoff pollution by PCB and heavy metals." Chemosphere. 21 (9), 1101-1107.

- Kern, U., Wüst, W., Daub, J., Striebel, T. og Herrmann, R., 1992.** "Abspülverhalten von Schwermetallen und organischen Mikro-schadstoffen im Strassenabfluss". Wasser-Abwasser 133 (11).
- Kolbenstvedt, M., Solheim, T. og Amundsen, A., 2000.** "Miljøhåndboken. Trafikk og miljøtiltak i byer og tettsteder". Transportøkonomisk institutt. Oslo.
- Larm, T., 2006.** "StormTac". <http://www.stormtac.com>, 16. januar 2006,
- Lindholm, O. 2004.** "Miljøgifter i overvann fra tette flater". NIVA-rapport 4775 – 2004.
- Makepeace, D. K., Smith, D.W. og Stanley, S.J., 1995.** "Urban Stormwater Quality: Summary of Contaminant Data". Critical Review in Environmental Science and Technology. 25 (2), 93-139.
- Marsalek, J. og Schroeter, H., 1988.** Water Pollution Research Journal of Canada. 23, 360–378.
- Maraslek, J. og Ng, H. Y. F., 1989.** Great Lakes Research. 15, 444–451.
- Miljøstyrelsen, 1997. "Miljøfremmede stoffer i overflateafstrømning fra befæstede arealer". Miljøprosjekt nr. 355. København.
- Rossi, L., de Alencastro, L., Kupper, T. og Tarradellas, J., 2004.** "Urban stormwater contamination by polychlorinated biphenyls (PCBs) and its importance for urban water systems in Switzerland". Science of the Total Environment. April 2004, 179-189.
- San Francisco Estuary Institute, 2000.** Pulse of the estuary. Monitoring and Managing Contamination in the San Francisco Estuary, Oakland CA.
- SFT, 2005.** "Nasjonale utslipp av prioriterte miljøgifter i 1995 og 2002". TA-2080/2005. Oslo.
- Sivertsen, B., 1999.** Pressemelding. Gamle biler forurensrer mye mer enn nye biler. <http://www.nilu.no/informasjon/pressemeldinger/presse09.html>
- Stene Johansen, S. og Samdal, J. E., 1995.** "Miljøgiftundersøkelser i Indre Oslofjord". NIVA-rapport 611/95. Oslo.
- Storhaug, R., 1996.** "Miljøgifter i overvann" TA 1373. 96:18. SFT. Oslo.
- Stotz, G. 1987.** Investigations of the properties of the surface water runoff from federal highways in Germany" The Science of the Total Environment, 59, 329-337.
- Schure, A. F. H. og Larsson, P., 2002.** PBDE in precipitation in Southern Sweden. Atmospheric Environment. 36 (25), 4015-4022.
- University of California, 2003.** "Analysis of Management Strategies for Stormwater Conveyance Systems to Control Input of PCB-Contaminated Sediments to San Francisco Bay". April 2003. Santa Barbara.
- Wüst, W., Kern, U. og Herrmann, R., 1994.** "Street wash-off behaviour of heavy metals, PAH and nitrophenols". Science of the Total Environment. 146/147, 457-463.
- Åstebøl, S. O. og Coward, J. E., 2004.** "Overvåking av rensesasseng for vegavrenning". Interconsult-rapport 102535. Oslo.