

Tilførsel av miljøgifter til Nordsjøen

Av Mona Weideborg

Forfatteren er seniorforsker ved Aquateam – Norsk vannteknologisk senter AS

Innlegg på seminaret 17. november 2004.

Sammendrag

Landbasert tilførsel av miljøgifter til havområdene utenfor Norge overvåkes via SFT's elvetilførselsprogram. Aquateam har hatt ansvar for gjennomføringen av dette programmet i perioden 1999-2003. Programmet omfatter tilførsler fra elver, samt direkte tilførsler fra industriavløp og kloakkavløp. De miljøgiftene som måles er tungmetaller (As, Cd, Hg, Pb, Cu, Cr, Ni og Zn) og lindan (gamma-HCH). Et fast analyseprogram er etablert og Norge er forpliktet til å følge dette. I 2002 ble norskekysten tilført i størrelsesorden 24 tonn As, 43 tonn Pb, 3 tonn Cd, 180 tonn Cu, 38 tonn Cr-tot, 140 tonn Ni, 550 tonn Zn, ca. 1,7 tonn kvikksølv og ca. 40 kg lindan fra landbasert aktivitet. Det er funnet et betydelig avtak i tilførsler av tungmetaller og lindan fra 1990 til i dag. Dette gjelder for alle de undersøkte stoffene med unntak av kvikksølv, arsen og nikkel.

Oljeindustriens landsforening utarbeider oversikter over tilførsler av miljøgifter som blir tilført fra offshore-aktiviteten på norsk sektor. De

miljøgiftene som er inkludert her er tungmetaller, organiske syrer, BTEX, fenoler, alkylfenoler og PAH fra produsert vann og tungmetaller, samt hormonforstyrrende kjemikalier, organohalogener og organo-tinn fra kjemikalier som benyttes offshore. Tilførsler av tungmetaller fra offshore-aktiviteter er relativt lave mens tilførslene av organiske miljøgifter er mer betydelige. I 2003 ble det sluppet ut 33577 tonn organiske syrer, 961 tonn BTEX, 184 tonn fenoler, 46 tonn PAH, 381 tonn lavere alkylfenoler og 11 tonn høyere alkylfenoler.

I framtidig arbeid bør det fokuseres mer på biotilgjengeligheten av miljøgifter. I mange elver er største delen av tungmetaller partikulært bundet og har naturlig opprinnelse. Denne delen er i mindre grad biotilgjengelig for vannlevende organismer. Aquateam har sett på slike forhold i Glomma og Drammenselva. Man bør fokusere på metodikk som kan måle den løste delen av miljøgifter i meget lave konsentrasjoner, f. eks. passive prøvetakere. Passive prøvetakere er enheter som ligger i vannet i en viss periode og som akkumulerer miljøgifter løst i vannet. Ved å ekstrahere den akkumulerende enheten og analysere ekstrak-

tet vil man ved å bruke kalibreringsdata kunne finne gjennomsnittskonsentrasjonen i den tiden prøvetakeren har ligget i vannet. Aquateam har funnet god korrelasjon mellom konsentrasjon i prøvetaker og gjennomsnittskonsentrasjon i vannet i Glomma og Drammenselva.

Andre kilder til tilførsel av miljøgifter til Nordsjøen bør undersøkes systematisk. Tilførsler av "nye" landbaserte miljøgifter, slik som bromerte flammehemmere, PFAS/PFOS (perfluoralkyl-stoffer), alkylfenoler, hormonhermere og antibiotika og andre medikamenter og personlige pleieprodukter bør beregnes. Det faktum at de største elvene våre som drenerer til Nordsjøen benyttes som resipient for en lang rekke avløp, etc. og at vannmengdene er betydelige, tilsier at mesteparten av miljøgifter forventes å komme via elvene.

1. Innledning

Statlige programmer for forurensningsovervåking omfatter overvåking av forurensnings-forholdene i luft, nedbør, skog, grunnvann, vassdrag, fjorder og havområdene. SFT er ansvarlig for gjennomføringen av disse programmene. Det programmet som først og fremst omhandler tilførsel av miljøgifter til Nordsjøen er Elvetilførselsprogrammet: Langtids-overvåking av elvetilførsler og direkte utslipp til norske havområder

I elvetilførselsprogrammet følger SFT opp noen av de landbaserte tilførsler til kystområdene utenfor Norge. Dette omfatter beregning av årlig tilførsel av en rekke stoffer (både næringsalter, partikler, organisk stoff

og miljøgifter) fra elver og direkte tilførsler til kystområdene utenfor Norge (både Nordsjøen og de øvrige havområdene utenfor Norskekysten, Norskehavet og Barentshavet). Aquateam har hatt ansvar for gjennomføringen av elveovervåkingprogrammet i perioden 1999-2003. Aquateam har gjennomført statistisk beregning av usikkerheter og trendanalyser fra 1990 til 2003 (Weideborg *et al.*, 2003; Vik *et al.*, 2002). De miljøgiftene som måles er tungmetaller (As, Cd, Hg, Pb, Cu, Cr, Ni og Zn) og lindan (gamma-HCH). PAH måles avløp fra noen avløpsanlegg, men ikke i de øvrige tilførslene. Et fast analyseprogram er etablert og Norge er forpliktet til å følge dette, og det har hittil ikke vært mulig å få inkludert flere "mer moderne" parametre. Den eneste organiske miljøgiften i programmet, plantevernmiddelet lindan, ble forbudt i 1980-årene. Stoffet ble i sin tid valgt som en indikator på hvor lenge en persistent miljøgift kan detekteres i miljøet.

Oljeindustriens landsforening utarbeider oversikter over tilførsler av miljøgifter som blir tilført fra offshore-aktiviteten på norsk sektor (OLF, 2004). De miljøgiftene som er inkludert her er tungmetaller, organiske syrer, BTEX, fenoler, alkylfenoler og PAH fra produsert vann og tungmetaller, samt hormonforstyrrende kjemikalier, organohalogener og organotinn fra kjemikalier som benyttes offshore. Tilførslene fra produsert vann beregnes på bakgrunn av konsentrasjonen i produsert vann og mengden produsert vann sluppet til sjø.

I regi av Oslo og Pariskommisjonen (OSPAR) registreres tilførsler av

næringssalter og miljøgifter årlig i de ulike land som grenser til havområdene og resultatene sendes inn til OSPARs sekretariat som har ansvar for å sammenstille disse data. Den siste sammenstillingen er en rapport fra 2000 (OSPAR, 2000) og omhandler data fram til og med 1996.

Ingen andre av øvrige de statlige programmene for forurensningsovervåking omfatter tilførsler av miljøgifter til havområdene. Programmet JAMP: Overvåking av miljøgifter i marine sedimenter og organismer omfatter overvåking av tungmetaller, PCB, DDT, lindan (gamma-HCH, heksaklor-sykloheksan) og HCB (heksaklor-bensen) i sediment, blåskjell, lever av torsk og flyndre, samt kvikksølv i

fiskefilet. Programmet omfatter ingen tilførselsberegninger. Kystovervåkingsprogrammet omfatter ikke miljøgifter. Overvåkingsprogram for langtransporterte forurensninger har angitt relativ betydning av nasjonale metallutslipp i forhold til avsetning fra atmosfærisk langtransport og naturlige kilder (Berg og andre, 2003), men omfatter ikke avsetning i kystområdene.

2. Mulige kilder til miljøgifter

Det finnes en lang rekke kilder til miljøgifter i Nordsjøen og de øvrige havområdene utenfor Norskekysten. Tilførselene er imidlertid kun kartlagt for noen av kildene, og tall for de fleste "nye" miljøgifter foreligger ikke (tabell 1).

Tabell 1. Oversikt over tilgjengelig informasjon fra ulike kilder til miljøgifter til Nordsjøen.

Tilførsler	Tungmetaller	Organiske stoffer
Landbaserte:		
• Elvetilførsler	Tungmetaller (++)	Lindan (++) , andre organiske stoffer måles ikke, PCB måles i andre land
• Industriavløp	Tungmetaller (++)	Organiske stoffer måles ikke (-)
• Kloakkavløp	Tungmetaller (++, +)	Organiske stoffer måles ikke (-), med unntak av noen PAH-målinger
• Avrenning fra grunnen (naturlig og jordbruk)	(-)	(-)
• Sige vann fra deponier	(-)	(-)
Akvakultur	(-)	(-)
Båttrafikk	(-)	(-)
Offshore-aktiviteter:		
• Tilførsel fra produsert vann	Tungmetaller (++)	Organiske syrer, BTEX, alkylfenoler (C1-C3) og alkylfenoler (C4-C9), PAH (++)
• Tilførsel fra kjemikalier	Tungmetaller (++)	Hormonforstyrrende stoffer, organotinn, organohalogener (++)
Mudring:		
• Havneområder	(-), data fra andre land	(-)
• Estuarier	(-), data fra andre land	(-)

(++): tilførselsdata basert på målinger, (+): stipulerte tilførselsdata, (-): sammenstilte tilførselsdata mangler

Denne artikkelen omhandler i hovedsak resultater fra elvetilførselsprogrammet samt fra offshore aktiviteter.

3. Landbaserte tilførsler til kystområdene

Det er i elveovervåkingsprosjektet gjort sammenstilling av hvor store mengder tungmetaller og lindan som kommer ut i kystområdene utenfor Norge. I tillegg til Nordsjøen er også tilførslene til Norskehavet og Barentshavet beregnet. Man opererer med følgende kilder:

- Hovedelver (10 elver): godt analysemateriale (månedlige stikkprøver) fra prøvestasjon nær utslipp til sjø
- Bielver (145 elver). Minimum en stikkprøve pr. år, noe mer usikre resultater
- Direkte tilførsler (avløpsrenseanlegg og industriavløp nedstrøms prøvepunktene i elvene eller med direkte utløp i sjøen). Sammenstillinger via offentlige databaser (SFTs industridatabase INKOSYS og Statistisk Sentralbyrå's database KOSTRA) samt erfaringstall for tungmetaller i utslipp fra avløpsrenseanlegg (Nedland, 2000).

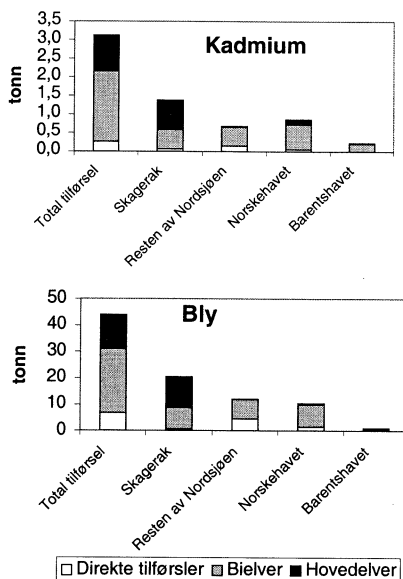
Tilførsler av næringssalter fra jordbruk og fra grunnen samt fra akvakultur beregnes i elvetilførselsprogrammet, men ikke miljøgifter.

3.1. Norge 2002

For alle tungmetallene gjelder at størstedelen av tungmetallene kommer via elvene og kun en liten del fra direkte tilførsler. Figur 1 viser en oversikt over

tilførsel av bly og kadmium i 2002 fordelt på kilder og kystområder. Elvetilførslene har her størst betydning.

Totalt ble det i 2002 til norskekysten tilført i størrelsesorden 24 tonn As, 43 tonn Pb, 3 tonn Cd, 180 tonn Cu, 38 tonn Cr-tot, 140 tonn Ni, 550 tonn Zn, 1,7 tonn kvikksølv og 40 kg lindan. Dette er øvre estimat. Det betyr at der det er målt konsentrasjoner lavere enn deteksjonsgrensen for kjemisk analysemetode, er deteksjonsgrense-verdien tatt med i beregningene. Dette betyr at spesielt kvikksølvverdiene i realiteten kan være noe lavere. Som vist i figur 1 har tilførslene fra elvene størst betydning for de totale tilførslene. Dette gjelder for alle metallene. Det kan imidlertid være noe underrapportering for utslipp fra renseanlegg.



Figur 1. Totalt landbasert utslipp av kadmium og bly i 2002 fra Norge til kystområdene. Bidrag fra hovedelver, bielver og direkte utslipp (industri- og kloakkavløp)

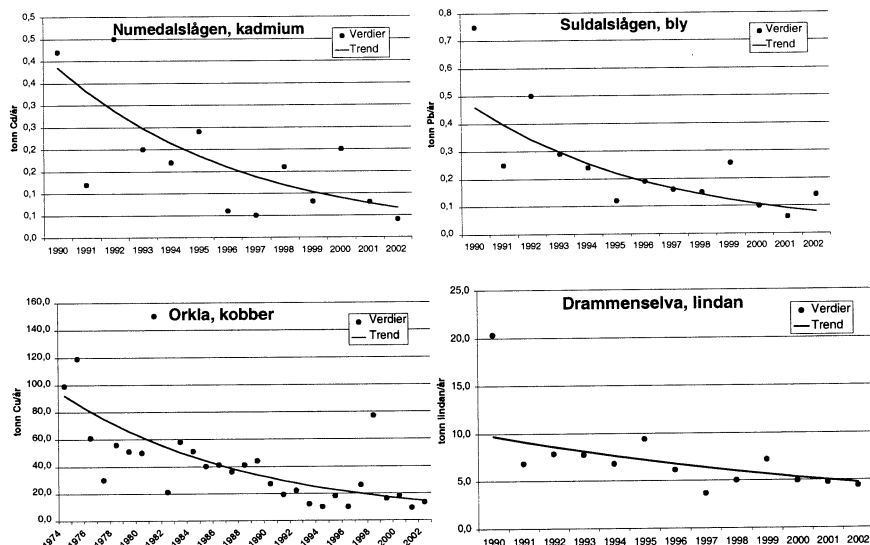
For lindan er det hittil kun tilgjengelig analysedata fra hovedelvene, da både prøvetaking og analyser har vært kostbart. Tilførsler fra bielvene er stipulert.

3.2. Trender

Tungmetallinnholdet avhenger av konsentrasjon og vannføring i elvene. Er det høy vannføring og høyt partikkelinnhold er gjerne konsentrasjonen

av tungmetaller høyere. For de fleste tungmetallene har vi imidlertid ved trendanalyse funnet en nedgang i løpet av de siste 10-20 årene i de enkelte elvene som følge av et avtak i konsentrasjon. Unntaket er Hg, As og Ni.

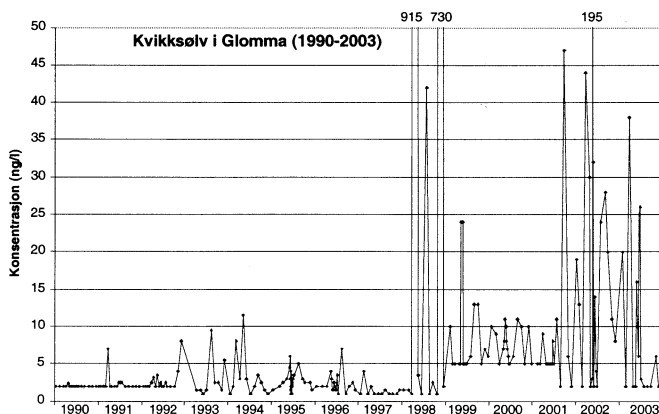
Figur 2 viser eksempler på noen tydelige trender i elver som drenerer til kystområdene.



Figur 2. Eksempler på trender for miljøgifter fra elver til norskekysten (Weideborg et al., 2003). Data fra Aquateam og NIVA.

For elva som har størst betydning, Glomma, er det imidlertid ikke funnet noen tydelig nedadgående trend. Et metall som er vanskelig å få noe mål på er kvikksølv. Man kan finne topper i enkelte prøver enten som følge av

reell forurensning eller kontaminering av prøve. Det kan imidlertid være skjedd en reell økning i Hg-konsentrasjonen i Glomma. Figur 3 viser utviklingen i konsentrasjon Glomma i løpet av de siste årene.

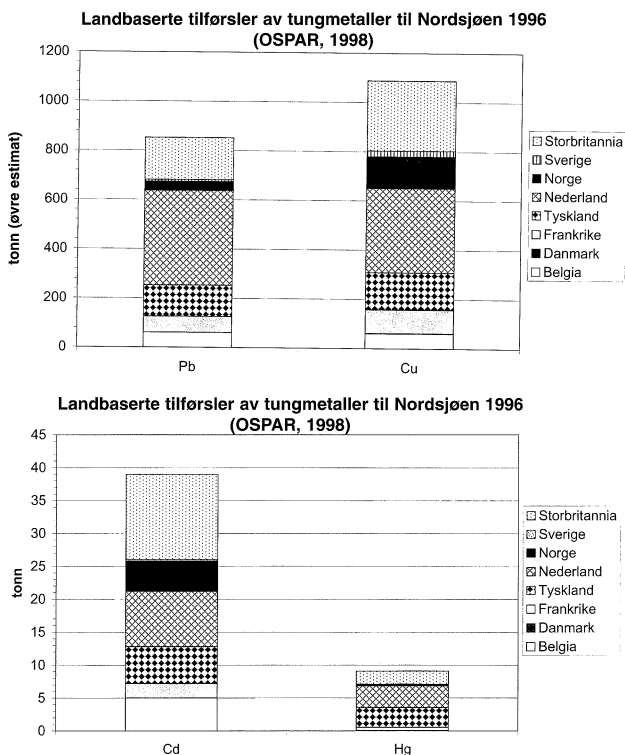


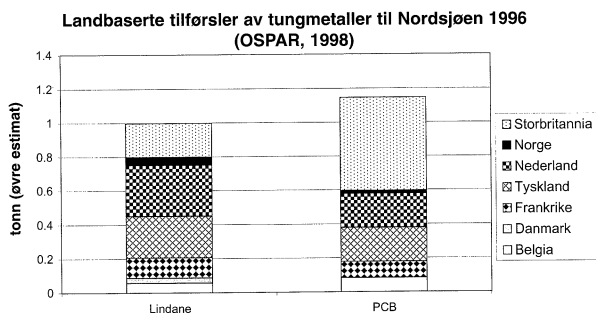
Figur 3. Utviklingen av kvikksølv i Glomma i perioden 1990-2003. Data fra Aquateam og NIVA.

3.3. Sammenlikning med andre OSPAR-land

Figur 4 viser en sammenlikning av tilførsler av miljøgifter til Nordsjøen med

andre andre OSPAR-land. Dette er de siste sammenstilte dataene fra OSPAR (tall fra 1996). Neste sammenstilling er planlagt i 2010 ifølge SFT.





Figur 4. De enkelte lands bidrag til landbaserte tilførsler av tungmetaller, lindan og PCB til Nordsjøen, 1996. Bearbeidet på bakgrunn av data fra OSPAR (2000).

Som vist i figur 4 utgjorde Norges bidrag av tungmetaller, lindan og PCB i 1996 i underkant av 10% av totalen. Storbritannia og Nederland var de største forurenserne.

4. Offshore tilførsler

Tabell 2 viser en oversikt over tilførsler av miljøgifter fra produsert

vann og fra bruk av kjemikalier på norsk sokkel i 2003 (OLF, 2004). Utslippene av tungmetaller fra produsert vann er relativt lave, mens tilførsel av organiske miljøgifter er mer betydelige. I tillegg til produsert vann er utslipp av kjemikalier brukt offshore også av betydning.

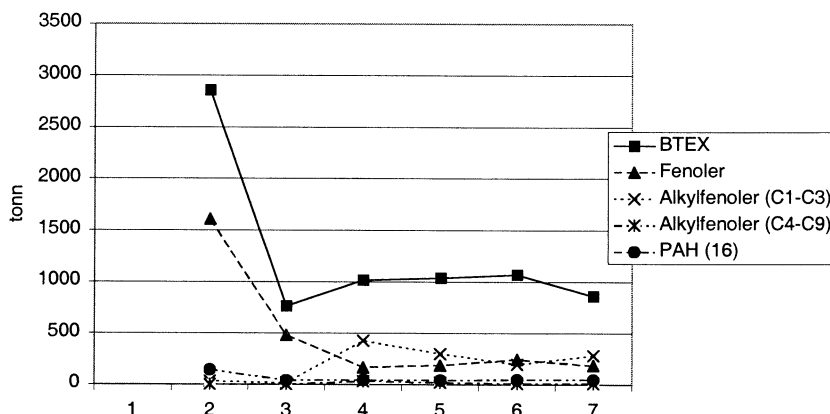
Tabell 2. Tilførsel av miljøgifter fra offshore aktiviteter på norsk sektor 2003 (OLF, 2004).

Stoff	Fra produsert vann (kg/år)	Fra kjemikalier (kg/år)
Hormonforstyrrende stoffer	-	200
Hg	7	8
Cd	32	12
Pb	524	1940
Cr	117	809
Ni	407	331
Cu	3991	3125
As	471	13
Organotinn	-	0,5
Organohalogener	-	316
Organiske syrer	33577 000	-
BTEX	861 000	-
Fenoler	184 000	-
Lavere alkylfenoler (C1-C3)	281 000	-
Høyere alkylfenoler (C4-C9)	11 000	-
PAH	46 000	-
Andre	-	3245

OLF har sammenstilt data fra perioden 1998-2003. Utslippene av tungmetaller er generelt lave, men deres innbyrdes fordeling viser en betydelig variasjon fra felt til felt og fra år til år. Den store variasjonen fra år til år er forklart med en generell overgang til å bruke feltspesifikke konsentrasjonsfaktorer i løpet av perioden samt at utslippene er nær eller under deteksjonsgrensen. Figur 5 viser utviklingen i utslipp av organiske miljøgifter i perioden 1998 – 2003. Mye av variasjonen i innholdet av alkylfenoler i produsert vann fra år til år er forklart med bruken av ikke-standardiserte laboriemetoder i tidligere år.

Erfaringer har vist at det kan være svært vanskelig å få representative prøver av samt å analysere overflateaktive stoffer. I en innledende kartlegging som Aquateam har gjennomført av petroleumsprodukter i fisk, produsert vann og resipientvann fra området nær en offshore-plattform (Bruås *et al.*, 2002 a,b; Bruås og Weideborg, 2002; Weideborg *et al.*, 2003), ble det undersøkt eventuelle kilder til kontaminering av nonylfenolanalyser. Både prøvebegere og laboratoriekjemikalier som i utgangspunktet ikke skulle inneholde nonylfenol, var kontaminert.

Tilførsel av organiske miljøgifter fra produsert vann norsk sokkel 2003 (OLF, 2004)



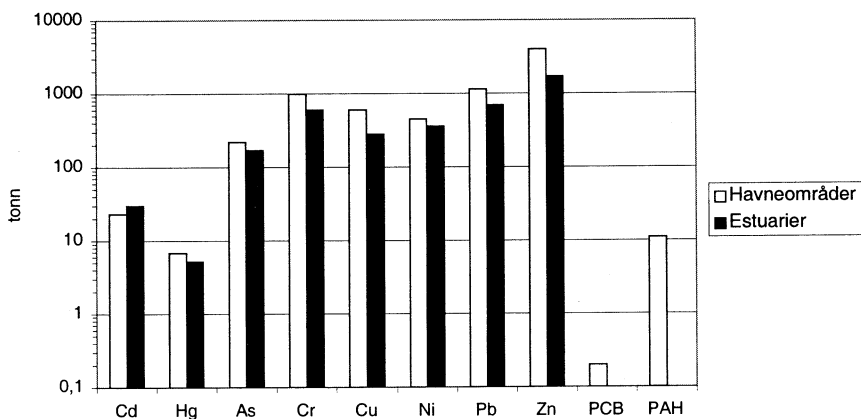
Figur 5. Tilførsler av organiske miljøgifter fra produsert vann på norsk sokkel fra 1998 til og med 2003 (OLF, 2004).

5. Mudring

OSPAR-sammenstillingen omfatter også mudring, men her er rapporteringen mangelfull. Det foreligger ingen data fra Norge. Figur 6 viser en oversikt over hva som i 1994 ble registrert som tilførsler til Nordsjøen

fra OSPAR-land. OSPAR har skilt mellom tilførsel fra mudring i forurenkede havneområder og fra estuarier (elveutløp og kanaler). Vi kan regne med at det også fra norsk side slippes ut betydelige mengder tungmetaller og organiske miljøgifter fra mudring.

Tilførsler av miljøgifter til Nordsjøen fra mudring i 1994

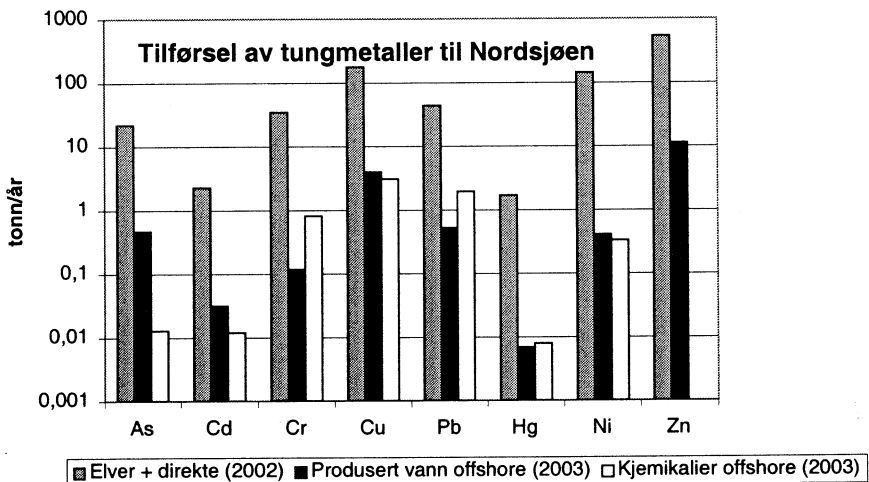


Figur 6. Tilførsler av miljøgifter til Nordsjøen fra mudring 1994 (OSPAR, 2000). Norge er ikke med i denne sammenstillingen. NB! Vertikal akse er logaritmisk.

6. Sammenstilling av de ulike kildene

Figur 7 viser en oversikt over norske

landbaserte tilførsler samt offshore-baserte tilførsler av tungmetaller til Nordsjøen.



Figur 7. Sammenstilling av registrerte landbaserte tilførsler og offshore-baserte tilførsler av tungmetaller fra Norge til Nordsjøen. NB! Vertikal akse er logaritmisk.

Som vist i figuren er hoveddelen av de registrerte tungmetallene landbaserte (elvetilførsler og direkte tilførsler). Men et viktig moment her er at man måler total konsentrasjon av tungmetaller, dvs. at man får med seg både løste stoffer og partikulært bundne stoffer, også den delen som naturlig finnes i berggrunnen.

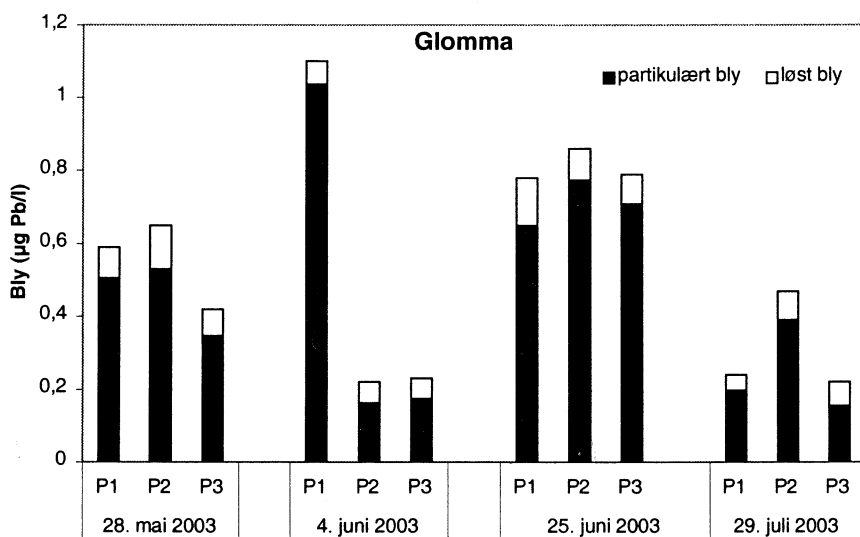
7. Forslag til framtidig arbeid

7.1. Metodikk for å bestemme biotilgjengelig del av miljøgifter

En lang rekke av miljøgifter er lite løselig i vann og er bundet til partikler. Noen er overflateaktive og andre er i partikulær form. Tungmetallene finnes også i naturlig i grunnen, slik at

en del av det som måles av tilførslene i elveprosjektet er naturgitt og ikke menneskeskapt.

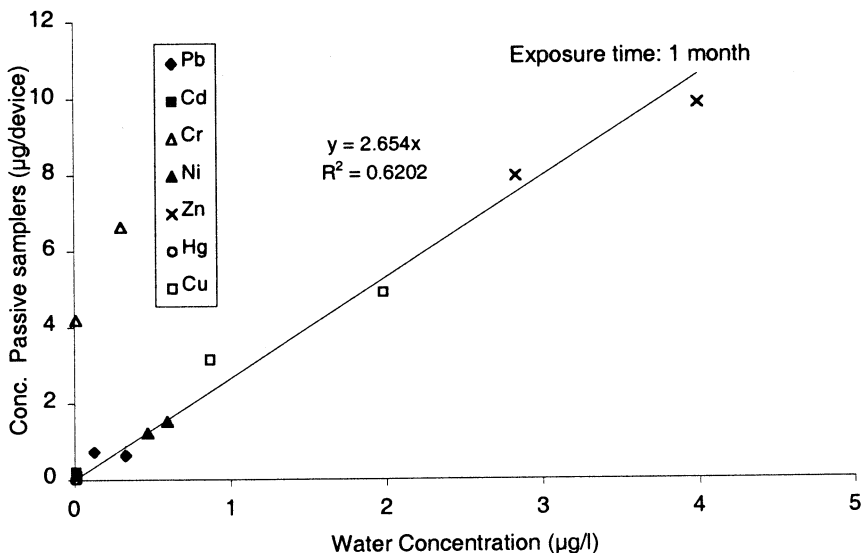
Et spesielt område som vi ønsker å fokusere på er biotilgjengeligheten av miljøgifter. I svært mange elver er største delen av tungmetaller partikulært bundet og skyldes naturlige forhold. Denne delen er i mindre grad biotilgjengelig for vannlevende organismer. Aquateam har sett på slike forhold i elveprosjektet (Glomma og Drammenselva) (se figur 8). Den løselige delen var tilnærmet konstant, mens den partikkelbundne varierte med nedbør, erosjon etc. Dette gjelder ikke alle tungmetallene, for eksempel er en relativt betydelig andel av kobber løst i vannet.



Figur 8. Partikulært og løst bly i Glomma våren 2003 (Weideborg et al., 2003).

Erfaring viser også at stikkprøver ikke alltid er den beste metodikken for å få et mål på vannkvaliteten. Man er aldri sikker på å få et representativt bilde av vannkvaliteten. Passive prøvetakere er enheter som ligger i vannet i en viss periode og som akkumulerer miljøgifter løst i vannet. Ved å ekstrahere den akkumulerende enheten og analysere ekstraktet vil man ved å bruke kalibreringsdata kunne finne gjennomsnittskonsentrasjonen i den tiden prøvetakeren har ligget i vannet. Et viktig moment er at den delen som måles med passive prøvetakere er den

delen som er løst i vannet og som er biotilgjengelig for organismene i vannet. Det finnes flere typer av passive prøvetakere. Aquateam deltar i et EU-prosjekt (2003-2005) vedrørende utvikling og utprøving av en type passiv prøvetaker. Vi har prøvd ut denne typen passive prøvetakere i Glomma og Drammenselva i forbindelse med elveprosjektet (Figur 9). Det ble funnet god korrelasjon mellom konsentrasjon i prøvetaker og gjennomsnittskonsentrasjon i vannet, med unntak av krom.



Figur 9. Akkumulerte tungmetaller i passive prøvetakere i to elver sammenstilt med konsentrasjon i enkeltprøver (Weideborg et al., 2002).

7.2. Prøvetakings- og analysemetodikker for overflateaktive stoffer

Erfaringer har vist at det kan være svært vanskelig å få representative prøver samt å analysere overflateaktive stoffer (slik som nonylfenol). Arbeidet med metodikker for prøve-

taking og analyse bør intensiveres.

7.3. Andre kilder til miljøgifter og nye miljøgifter

Andre kilder til tilførsel av miljøgifter til Nordsjøen bør undersøkes systematisk:

- Tilførsel av "nye" landbaserte miljøgifter, slik som bromerte flammehemmere, PFAS/PFOS (perfluoralkyl-stoffer), alkylfenoler, hormonhemmere og antibiotika og andre medikamenter og personlige pleieprodukter bør beregnes. Det faktum at de største elvene våre som drenerer til Nordsjøen benyttes som resipient for en lang rekke avløp, etc. og at vannmengdene er betydelige, tilsier at mesteparten av miljøgifter forventes å komme via elvene.
- Skipstrafikk:TBT og andre organiske tinnforbindelser.
- Avrenning av sigevann fra depotier: PAH, PCB, bromerte flammehemmere, ftalater, etc
- Tilførsler av miljøgifter forurensete havneområder, f.eks ved mudring: TBT, PAH, PCB, etc.
- Tilførsler av miljøgifter fra fiskeoppdrettsanlegg slik som Cu, antibiotika etc.

8. Referanser

- Berg, T., Fjeld, E, Skjelkvåle, B.-L. og Steinnes, E. (2003): Relativ betydning av nasjonale metallutslipp i forhold til avsetning fra atmosfærisk langtransport og naturlige kilder. SFT TA-1950/2003.
- Bruås, L., Weideborg, M. og Roebuck, K. (2002a): Kartlegging av petroleumprodukter i fisk fra Draugenområdet. Aquateam-rapport 02-045 (Konfidensiell).
- Bruås, L., Weideborg, M. and Roebuck, K. (2002b): Results from parallel analysis of nonylphenol in Norwegian fish.
- Bruås, L. og Weideborg, M. (2002): Undersøkelser av mulige kilder til nonylfenol-kontaminering av fisk og passive prøvetakere. Aquateam-rapport 02-013 (Konfidensiell).
- Nedland K.T. (2000): Utslipp av tungmetaller og organiske miljøgifter med avløpsvann i 1999. Aquateam-rapport 00-56.
- Oljeindustriens landsforening (OLF) (2004): Utslipp fra olje- og gassvirksomheten 2003. OLF rapport, august 2004, Stavanger.
- OSPAR (2000): Quality status report 2000. Region II - Greater North Sea. OSPAR. Commission, London, 136 + xiii p.
- Vik, E.A., Stang, P. and Weideborg, M. (2002): Estimation of uncertainty in calculated riverine input to Norwegian coastal water – Statistical evaluation of riverine input data from 1999-2001.
- Weideborg, M., Vik, E.A. og Lyngstad, E. (2003): Riverine inputs and direct discharges to Norwegian coastal waters – 2002. A: Principles, Principles and discussions, B. Data report. Aquateam report 03-043. Norwegian State Pollution monitoring Programme, report no. 891/03. SFT report TA 1998/2003.
- Weideborg, M., Kelley, A.E. and Vik, E.A. (2002): Use of passive samplers in monitoring of trace metals and organic pollutants in freshwater bodies. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 28, 1121-1127.
- Weideborg, M., Vik, E.A., Bruås, L. and Roebuck, K. (2003): Methods for identifying endocrine disruptors in complex mixtures. *Proceedings, SETAC conference York* 31 March – 1 April 2003.