**Kartlegging av bromerte flammehemmere og klorerte parafiner**

| | |
|---|---|
| Rapport: | NILU 62/2002 |
| TA-nummer: | (TA-1924/2002) |
| ISBN-nummer | 82-425-1411-9 |
| Oppdragsgiver: | Statens forurensningstilsyn |
| Utførende institusjon: | Norsk institutt for luftforskning (NILU) |
| Forfattere: | Martin Schlabach, Espen Mariussen, Anders Borgen, Christian Dye, Ellen-Katrin Enge (alle NILU), Eiliv Steinnes (NTNU), Norman Green (NIVA) og Henning Mohn (NIVA) |


# Kartlegging av bromerte flammehemmere og klorerte parafiner

Rapport 866/02

Statlig program for forurensningsovervåking

# Forord

NILU har på oppdrag fra SFT gjennomført en screening-undersøkelse av bromerte flammehemmere (BFR) og klorerte parafiner (CP eller PCA) fra utvalgte deler av det norske miljøet.

Det ble fokusert på risiko for utlekking fra avfallsdeponier, på lufttransportpotensiale og på nivåene i marine biologiske prøver fra høyt, diffus og mindre belastede områder.

Noen bromerte flammehemmere og klorerte parafiner har i de senere årene kommet i søkelyset på grunn av at de er lite nedbrytbare i miljøet. De kan oppkonsentreres i næringskjeden og er påvist i levende organismer og i morsmelk. En del av stoffene har vist helse- og miljøskadelige effekter. Spesielt har det vært fokus på stoffgruppene polybromerte difenyletere (PBDE) og polybromerte bifenyler (PBB). Andre bromerte flammehemmere som det fokuseres på er heksabromsyklododekan (HBCD) og tetrabrombisfenol A (TBBPA).

En lang rekke personer har bidratt å få dette prosjektet gjennomført:

NILU:
Espen Mariussen: Metodeutvikling og GC/MS analyse av BFR
Anders Borgen: GC/MS analyse av CP
Christian Dye: LC/MS analyse av HBCD
Hans Gundersen: GC/MS analyse av TBBPA
Ellen Katrin Enge: Ansvarlig for prøveopparbeidelse
Martin Schlabach: Prosjektledelse og rapportering

NTNU:
Eiliv Steinnes: Prøvetaking og håndtering av moseprøver

NIVA:
Norman Green: Prøvetaking og håndtering av marine biologiske prøver
Henning Mohn: Prøvetaking og håndtering av sigevannsprøver fra avfallsdeponier

Jon L. Fuglestad har vært prosjektkoordinator hos SFT.

Kjeller, 07.01.2003

Martin Schlabach

# Innhold

**Forord** ..... **3**

**Sammendrag** ..... **7**

**1. Bakgrunn og formål** ..... **11**
1.1 Bakgrunn ..... 11
1.2 Formål ..... 12

**2. Prøvetaking** ..... **13**
2.1 Avfallsdeponier ..... 13
2.2 Mose ..... 13
2.3 Marine biologiske prøver ..... 14

**3. Kjemisk analyse** ..... **15**
3.1 Analyserte forbindelser ..... 15
3.2 Opparbeidelse ..... 17
3.3 Kvantifisering ..... 18

**4. Resultater** ..... **19**
4.1 Konsentrasjon av BFR og CP i sigevannssystemer fra avfallsdeponier ..... 19
4.2 Konsentrasjon av BFR og SCCP i etasjemose fra Norge ..... 20
4.3 Konsentrasjon av BFR og SCCP i blåskjell og torskelever ..... 21

**5. Diskusjon og konklusjon (miljørelevans)** ..... **22**
5.1 Polybromerte bifenyler ..... 22
5.2 Polybromerte difenyletere ..... 22
5.3 Heksabromsyklododekan ..... 24
5.4 Tetrabrombisfenol A ..... 24
5.5 Klorerte parafiner ..... 25
5.6 Tribromanisol ..... 26
5.7 Utslipp til vann og vanntransport ..... 26
5.8 Utslipp til luft og lufttransport ..... 27

**6. Referanser** ..... **28**

**Vedlegg A Feltrapport fra prøvetaking avfallsdeponier** ..... **31**

**Vedlegg B Spørreskjema utfylt av avfallsdeponiene** ..... **39**

**Vedlegg C Feltrapport fra prøvetaking av mose** ..... **57**

**Vedlegg D Feltrapport fra prøvetaking av blåskjell og torskelever** ..... **61**

**Vedlegg E Prøveopparbeidelse og analyse** ..... **67**

# Sammendrag

På oppdrag av Statens forurensningstilsyn har Norsk institutt for luftforskning (NILU) gjennomført en første gangs kartlegging (screening-undersøkelse) av bromerte flammehemmere (BFR) og klorerte parafiner (CP eller PCA) i det norske miljøet. Målsetting med prosjektet er å få en overordnet oversikt over nivåene av bromerte flammehemmere og klorerte parafiner i utvalgte deler av miljøet i Norge. I en første runde er det blitt fokusert på risiko for utlekking fra avfallsdeponier, på lufttransportpotensiale og på nivåene i marine biologiske prøver fra høyt, diffust og mindre belastede områder.

Det dreier seg om en innledende undersøkelse med et meget begrenset prøveantall og prøveutvalg. Analysemetodikken er fortsatt under utvikling og måleusikkerheten er noe høyere enn for eksempel for PCB-analyser. Man må derfor være litt tilbakeholden ved fortolkning av resultatene.

**Polybromerte bifenyler (PBB)**
PBB ble ikke funnet i sediment fra avfallsdeponier og bare sporadisk i de andre undersøkte prøvetypene. Siden 1973 er den globale produksjonen av PBB blitt gradvis redusert og den opphørte høsten 2000. Siden stoffgruppen heller ikke lenger blir påvist i høye konsentrasjoner, er det blitt mindre relevant å ha sterkt fokus på denne. På den andre siden er ikke mange prøver blitt undersøkt og i tillegg kan PBB uten særlige ekstrakostnader analyseres sammen med PBDE, slik at PBB fortsatt bør inkluderes i nye kartleggingsprosjekter for BFR.

**Polybromerte difenyletere (PBDE)**
PBDE er blitt påvist i alle prøver i denne undersøkelsen. I sedimenter fra avfallsdeponier var PBDE-209 mest framtredende. Høyest konsentrasjon ble funnet ved Grinda, Larvik. Også i moseprøver var PBDE-209 mest framtredene. Moseprøvene er de første luftrelaterte prøver hvor det er påvist PBDE-209. I luftprøver fra bakgrunnsområder har man tidligere funnet PBDE-47, 99 og 100 samt HBCD. Dette viser at alle PBDE, også PBDE-209 (dekaBDE), kan transporteres med luft. Dette er vesentlig for vurdering av miljørisikoen av dekaBDE. I de biologiske prøver var PBDE-47 mest framtredende. Høyest i denne undersøkelsen var nivået i torskelever fra indre Oslofjord. Det var ikke mulig å påvise en tidstrend. Tidligere undersøkelser viser imidlertid enda høyere verdier i ferskvannsfisk (lakelever) fra Mjøsa og Hurdalsjøen .

Denne og andre undersøkelser dokumenterer at særlig ”pentaBDE”-blandingen (med bl.a. indikatorforbindelsen 2,2’,4,4’-tetrabromdifenyleter, eller PBDE-47), men også ”oktaBDE”-blandingen finnes i miljøet og i organismer høyt oppe i næringskjeden, samt i morsmelk. Dette gjelder også i områder langt fra typiske kilder. De toksiske effektene av PBDE regnes for å være lavere en for PCB, men vil komme som en tilleggsbelastning for biota sammen med annen type forurensning. En additiv toksisk effekt vil kunne forventes av disse stoffene. SFT har foreslått at det utarbeides forslag til forbud mot bruk av ”pentaBDE” fra 1.1.2003 i tråd med et foreslått EU-direktiv.

De relativt høye nivåene som ble funnet av BDE-209 i mose og sediment viser at teknisk dekaBDE både spres via luftmassene og kan akkumuleres i miljøet. BDE-209 kan relativt lett brytes ned til lavere bromerte bifenyletere av sollys. Det har derfor blitt foreslått at teknisk dekaBDE er en av bidragsyterne til økningen av nivåene av de lavere bromerte komponentene. I og med at lavere bromerte difenyleterne er mer toksiske enn BDE-209, må

man ta dette i betraktning i forbindelse med reguleringen av bruken. Ettersom dekaBDE fortsatt er i utstrakt bruk bør man være oppmerksom på denne i overvåkningen av miljøgifter.

**Heksabromsyklododekan (HBCD)**
I nesten alle sedimentprøvene fra avfallsdeponier var det mulig å påvise alle 3 HBCD-isomerer som finns i den tekniske blandingen (α-, β- og γ-HBCD). γ-HBCD viste gjennomgående høyest konsentrasjon. I mer en 50 % av alle moseprøvene var det mulig å påvise α-HBCD, i noen få γ-HBCD. Dette viser at HBCD kan langtransporteres via luft. I de marine prøvene ble det bare påvist α-HBCD. Det opprinnelige tekniske mønsteret forandres og de tre isomerene viser dermed forskjellige miljøegenskaper (bioakkumulering og persistens). Dette er, så langt vi vet, aldri tidligere blitt påvist for HBCD, men er kjent fra både PCB, dioksiner og andre miljøgifter og bør i framtiden studeres nærmere.

Denne og andre studier viser at HBCD kan anrikes i miljøet og på forskjellige nivåer i næringskjeden. Dette må det tas hensyn til ved vurdering av reguleringer av HBCD, som foreløpig ikke er forbudt hverken i Norge eller EU.

**Tetrabrombisfenol A (TBBPA)**
TBBPA og metabolitten dimetyl-TBBPA er påvist i alle prøvene fra avfallsdeponier. Hverken i mose eller blåskjell og torskelever ble det funnet signifikante nivåer av TBBPA. Dette kan skyldes at TBBPA har en fenolisk struktur som gjør at den sannsynligvis lettere kan metaboliseres og dermed ikke har det samme bioakkumuleringspotensialet som de andre flammehemmerne.

TBBPA er, i motsetning til de ovennevnte, benyttet som en kjemisk bundet flammehemmer. Det betyr at man vil kunne forvente mindre utslipp til miljøet av denne stoffgruppen. Denne og andre studier viser imidlertid at TBBPA spres i miljøet. TBBPA er bl. a. påvist i blod hos befolkningen i Norge. Det faktum at TBBPA ikke kunne påvises i signifikante konsentrasjoner i de få miljøprøvene fra denne studien kan gi en viss indikasjon på at miljøkontaminerte matvarer som opptaksvei er mindre relevant enn for eksempel direkte kontaminerte matvarer, det vil si kontaminert under videreforedling eller lagring, og opptak gjennom luft eller hud i et kontaminert innemiljø.

På bakgrunn av dens utstrakte bruk, dens påviste toksiske effekter og det begrensete antallet undersøkte prøver er det vanskelig å fastslå hvilken relevans TBBPA har for vårt ytre miljø.

**Klorerte parafiner (CP)**
CP ble funnet i til dels store konsentrasjoner i de fleste prøvene som ble analysert. SCCP ble påvist i alle undersøkte prøver fra avfallsdeponier. Høyest konsentrasjon ble funnet i sediment fra Lindum, Drammen. MCCP ble påvist i alle undersøkte prøver fra avfallsdeponier. Også for MCCP var konsentrasjonen høyest i prøven fra Lindum. Nivåene var høyest for de kortkjedede som også anses som de mest toksiske og miljøfarlige. Alle tre analyserte moseprøver viste høye SCCP-konsentrasjoner som bekrefter at SCCP har et betydelig langtransportpotensiale. Det var mulig å påvise SCCP i alle undersøkte prøver av blåskjell og torskelever. Høyest konsentrasjon ble funnet i torskelever fra indre Oslofjord.

Denne studien viser at opptak via mat er meget relevant for human eksponering. I denne sammenheng er det også vesentlig å nevne at EUs ”worst case” scenario for humant opptak overstiger WHOs veiledene grenseverdi (WHO 1996 og WHO-ECEH 2002). Til tross for relativt få publiserte studier vurderes CP som mindre toksiske enn de andre halogenerte

organiske miljøgiftene. De høye nivåer man finner i naturen gjør imidlertid at man bør være oppmerksom på denne stoffgruppen som en viktig miljøgift.

**Tribromanisol (TBA)**
TBA er blitt påvist i alle marine prøver. Nivået er høyest i torskelever fra ytre Oslofjord med en konsentrasjon tilsvarende sum PBDE. Det er imidlertid vanskelig å vurdere miljørelevans av TBA. Det foreligger svært få andre resultater av TBA i miljøprøver. Man antar at TBA i all hovedsak er en naturlig bromert forbindelse som har sin opprinnelse i marine mikro-organismer, men den kan også oppstå via metabolisering av antropogene bromfenoler. Siden TBA oppfører seg som en persistent organisk forbindelse og har strukturelle likhetstrekk med andre bromerte miljøgifter, bør man holde øye med denne forbindelsen.

**Utslipp til vann og vanntransport**
Det var mulig å påvise de fleste bromerte flammehemmere og SCCP i sigevannssystemer fra avfallsdeponier. Lindum i Drammen viste høyest SCCP konsentrasjon. Det kan ikke utelukkes at de ekstremt høye SCCP-konsentrasjoner målt ved Lindum, Drammen, skyldes deponering av avfall fra mekanisk industri eller verftsindustri. Estimert årlig utslipp fra et større deponi kan komme opp i ca 1 – 10 g pr. enkeltforbindelse av PBDE, HBCD og TBBPA. CP utslipp derimot kan ligge i størrelsesorden 1 til 10 kg pr. år.

Konsentrasjonene som ble funnet i denne studien ligger på samme nivå eller er lavere enn konsentrasjonene som er funnet i kloakkslam fra andre land. Siden vannstrøm fra kloakk-renseanlegg i en del tilfeller er mye større enn sigevannsstrøm fra avfallsdeponier, kan det antas at avrenning fra kloakkrenseanlegg kan ha et høyere forurensningspotensiale enn sigevann fra avfallsdeponier. Imidlertid er ca. 40% av norske avfallsdeponier koblet på kommunalt renseanlegg slik at de også kan være kilde til utslipp fra renseanlegg. I de undersøkte biologiske prøver var det mulig å identifisere en tydelig nedadgående trend fra indre Oslofjord og utover som tyder på at lokale kilder dominerer over langtransport og deposisjon. Det anbefales derfor å prioritere kartlegging av mulige lokale kilder og her først og fremst forurensningspotensiale fra norske kloakkrenseanlegg.

**Utslipp til luft og lufttransport**
Resultatene fra moseundersøkelser viser ingen klar regional trend. Derimot er det entydige indikasjoner på at både PBDE, HBCD og SCCP transporteres gjennom atmosfæren.

Det anbefales at man går videre med kartlegging av potensielle store enkeltkilder av BFR og CP til luft som for eksempel destruksjonsanlegg for elektronisk utstyr og andre former for avfallshåndtering. Imidlertid må man også regne med at mye av utslippene til luft også er av diffus karakter og skjer under daglig bruk. Avgassing fra materialer er påvist, men det er foreløpig ikke mulig å beregne den totale emisjonen for Norge. En måte å vurdere betydningen av atmosfærisk langtransport kontra lokale kilder, er å kople luftmålinger med episoder av høye BFR/CP-konsentrasjoner til vindretning eller beregnete trajektorieplott som viser hvor luftmassene har sin opprinnelse.

# 1. Bakgrunn og formål

## 1.1 Bakgrunn

Bromerte flammehemmere (ofte forkortet som BFH eller BFR = brominated flame retardants) er en fellesbetegnelsen for en større gruppe organiske stoffer. Stoffene har forskjellige strukturer, men alle inneholder brom. Under sterk varmepåvirkning frigis bromradikaler som stopper kjedereaksjonen i forbrenningsprosessen og som dermed virker hemmende på utvikling av brann. Noen bromerte flammehemmere har i de senere årene kommet i søkelyset på grunn av at de er lite nedbrytbare i miljøet. De kan oppkonsentreres i næringskjeden og er påvist i levende organismer og i morsmelk. En del av stoffene har vist helse- og miljø-skadelige effekter. Spesielt har det vært fokus på stoffgruppene polybromerte difenyletere (PBDE) og polybromerte bifenyler (PBB). Den globale produksjonen av PBB opphørte høsten 2000. Andre bromerte flammehemmere som det fokuseres på er heksabrom-syklododekan (HBCD) og tetrabrombisfenol A (TBBPA).

Polyklorerte alkaner(PCA) eller klorerte parafiner (CP), som de også kalles, er en gruppe forbindelser som er blitt brukt i stor utstrekning som tilsetningsstoffer i ekstremsmøremidler, spesielt til metallbearbeiding og i skipsindustrien. De er også benyttet som sekundærmyknere og flammehemmere i plast-, maling- og lærindustrien. Man skiller ofte mellom kortkjedede (SCCP, $C_{10}$-$C_{13}$), mellomkjedede (MCCP, $C_{14}$-$C_{17}$) og langkjedede (LCCP, $C_{18}$-$C_{30}$) klorerte parafiner.

**Forbruk**
SFT anslår at den totale mengden bromerte flammehemmere som brukes i Norge er mellom 270 og 340 tonn i 2001. Bruk omfatter her både som kjemikalium, i plastråvare og -halvfabrikata og i de ferdige produktene. Elektriske og elektroniske produkter er den største produktgruppen og da spesielt kretskort. Andre produktgrupper er isolasjonsmaterialer, plast og tekstiler i transportmidler og noe i møbelstoffer. TBBPA er den mest brukte bromerte flammehemmerne i Norge i dag, mens bruken av HBCD og dekabromdifenyleter (dekaBDE) er betydelig mindre.

De kommersielt produserte flammehemmere inneholder ikke rene stoffer, men er en blanding av flere. Således inneholder produktet som selges som oktabromdifenyleter (oktaBDE) også ca 45 % heptabromdifenyleter heptaBDE (se også Tabell 2).

**Utslipp og spredning i miljøet**
Utslipp kan forekomme under produksjon og bruk av produkter samt ved deponering eller destruksjon etter bruk. Bromerte flammehemmere kan tilføres jord, vann og luft. Det er bl.a. funnet bromerte flammehemmere i inneluften i kontorlokaler med store mengder datautstyr. Bromerte flammehemmere blir også tilført miljøet via langtransporterte luftstrømmer. I tillegg kan bromholdige dioksiner dannes ved forbrenning av avfall som inneholder bromerte flammehemmere.

Det er i tidligere undersøkelser funnet polybromerte difenyletere i fisk fra Frierfjorden, Hordaland, Lofoten, Mjøsa og i fisk fra Bjørnøya. Bromerte flammehemmere er påvist i blodprøver fra den norske befolkningen og konsentrasjonene har økt i perioden fra 1977 til 1999. I en svensk undersøkelse av PBDE i morsmelk ble det funnet en markert økning fra 1972 til 1997. Enkelte svenske undersøkelser kan tyde på at nivåene av de lavere bromerte PBDE i miljøet nå er i ferd med å stabiliseres.

**Effekter**
Stoffene er lite akutt giftige for mennesker, men enkelte bromerte flammehemmere er akutt giftige for akvatiske organismer. Ved langvarig eksponering er det påvist at de kan føre til leverskade. Det er mistanke om at enkelte bromerte flammehemmere kan gi hormoneffekter og at de kan gi skader på nervesystemet. Generelt er kunnskapen om stoffenes langtids-effekter på helse og miljø mangelfull. Pentabromdifenyleter (pentaBDE) er meget giftig for vannlevende organismer, persistent og bioakkumuleres. PentaBDE er klassifisert som miljøskadelig og som helseskadelig ved kronisk påvirkning. Oktabromdifenyleter (oktaBDE) og dekabromdifenyleter (dekaBDE) er lite nedbrytbare og er til dels også påvist høyt oppe i næringskjeden. OktaBDE er foreslått klassifisert som reproduksjonsskadelig (fruktbarhets-reduserende og fosterskadelig). Det antas også at deka- og oktaBDE kan omdannes til pentaBDE og andre homologer med tilsvarende egenskaper i naturen.

Både TBBPA og HBCD er meget giftig for vannlevende organismer, stoffene er ikke lett nedbrytbare, og de kan forårsake langtidsvirkninger i vannmiljøet. TBBPA er påvist i blod hos den generelle befolkningen i Norge. HBCD kan gi leverskader hos pattedyr. Det er svært bioakkumulerende og kan derfor oppkonsentreres i miljøet og i organismer på forskjellige nivåer i næringskjeden.

Kortkjedede ($C_{10}$–$C_{13}$) og høyklorerte (>50 % klor) parafiner (SCCP), som nylig er blitt forbudt brukt i Norge, har utvist toksiske egenskaper hos mus. Dose-respons forsøk med mus, foretatt ved institutt for oral biologi ved universitetet i Oslo, viser at eksponering av SCCP fører til betydelig økt levervekt relativt sett. SCCP er meget giftig for vannlevende organismer. Stoffet er persistent og bioakkumuleres og er klassifisert som miljøskadelig og kreftfremkallende (mulig fare for kreft). Mellomkjedede klorparafiner (MCCP) er også foreslått klassifisert som miljøskadelige basert på at de er giftige for akvatiske organismer, lite nedbrytbare og bioakkumulerende.

**Tiltak**
Norske miljøvernmyndigheter har vedtatt en målsetning om at utslippene skal reduseres vesentlig, senest innen 2010, og bromerte flammehemmere er oppført på myndighetenes prioritetsliste og OBS-liste. SFT har utarbeidet en handlingsplan for reduksjon av utslippene. Nordsjølandene har forpliktet seg til arbeide for å erstatte bromerte flammehemmere der det er tilgjengelige erstatningsstoffer. Bromerte flammehemmere er en gruppe stoffer som inngår i OSPARs utfasingsmål (2020).

## 1.2 Formål

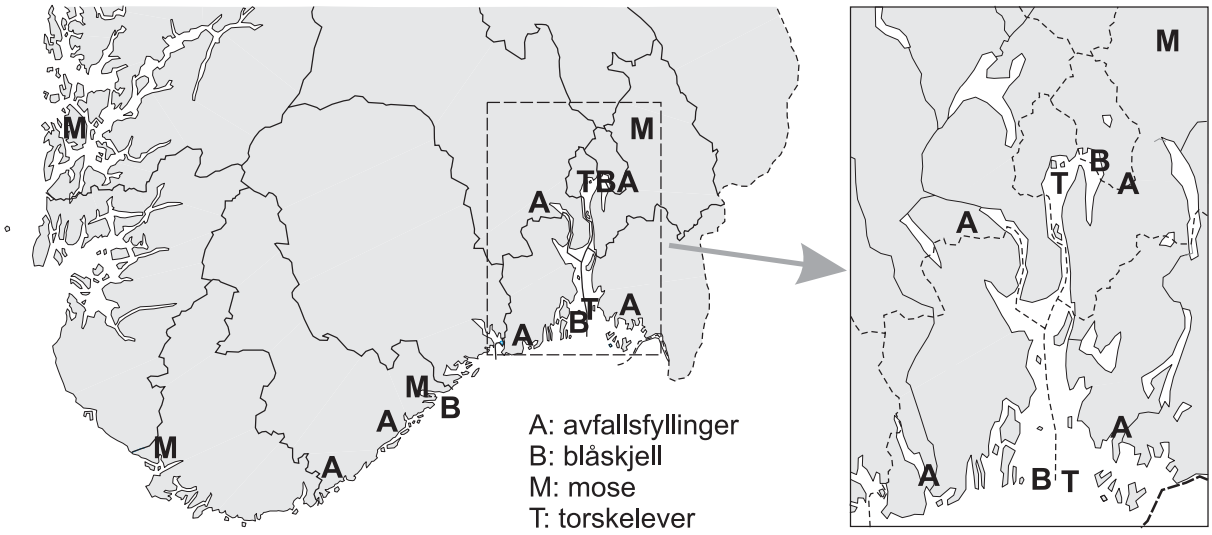
Målsetting med prosjektet er å få en overordnet oversikt over nivåene av bromerte flamme-hemmere og klorerte parafiner i utvalgte deler av miljøet i Norge. I en første runde er det blitt fokusert på risiko for utlekking fra avfallsdeponier, på lufttransportpotensiale og på nivåene i marine biologiske prøver fra høyt, diffust og mindre belastede områder.

Følgende prøver er derfor blitt valgt ut: 1. sedimenter i sigevannsrør fra store avfallsdeponier, 2. moseprøver fra bakgrunnsområder fra hele Norge og 3. blåskjell og torskelever fra indre og ytre Oslofjord og blåskjell fra Risøy ved Risør .

# 2. Prøvetaking

## 2.1 Avfallsdeponier

Prøvetaking ble utført i perioden 11.–13.09.2002 på 6 deponier som ligger enten i tilknytning til Oslofjord-systemet eller Skagerrak. Deponiene ble valgt ut i samarbeid med SFT etter nærmere definerte kriterier (de viktigste kriteriene er at deponiene skal ha en viss minste-størrelse, skal være i drift eller nylig avsluttet, skal ha sigevannskontroll og de skal drenere direkte eller indirekte til det såkalte JAMP-området). Følgende deponier ble prøvetatt: Støleheia i Kristiansand, Heftingsdalen i Arendal, Grinda i Larvik, Lindum i Drammen, Grønmo i Oslo og Øra i Fredrikstad. Stasjonene er vist i Figur 1.




*Figur 1: Prøvetakingsstasjoner i Sør-Norge.*

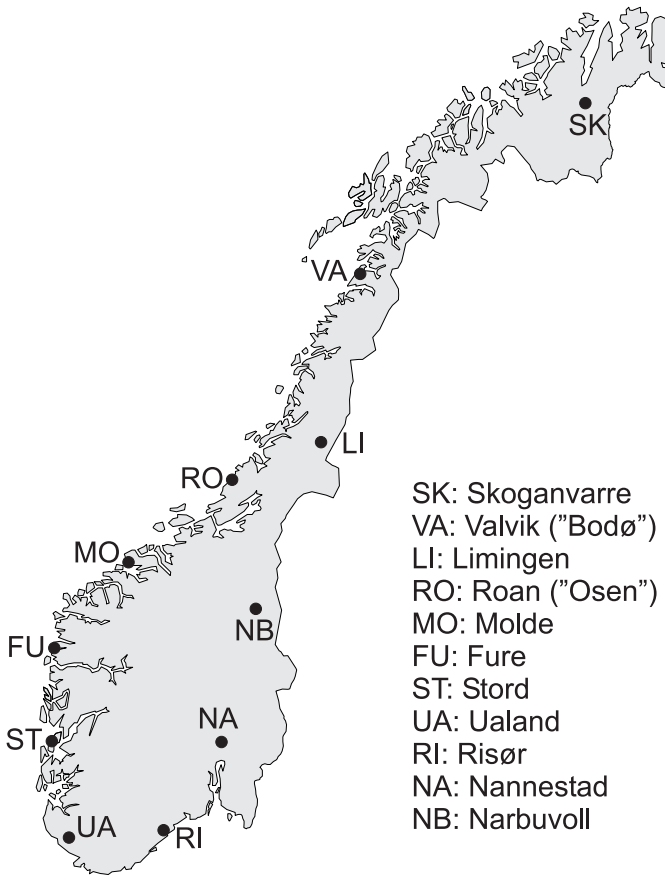
For nærmere beskrivelse av prøvetakingen og stasjonene se også Vedlegg A og B.

## 2.2 Mose

Tidligere undersøkelser i Norge har vist at mose er meget vel egnet til å bestemme nedfall av tungmetaller fra atmosfæren (e.g. Steinnes et al., 1992; Berg et al., 1995). Metoden har også vært forsøkt for PCB og andre persistente organoklorforbindelser (Lead et al., 1996). Dette studiet, som ble utført på arkiverte moseprøver, tydet på at mose kan gi nyttig informasjon om tilførsel av disse stoffene. Studiet viste også at stor forsiktighet må utvises under prøvetaking, transport og lagring av prøvene for å unngå kontaminering.

Så vidt bekjent er det ikke tidligere forsøkt å analysere mose med hensyn på persistente organobrom-forbindelser. Det ble derfor i perioden 01.07.–06.07.2002 samlet inn prøver av etasjemose (*Hylocomium splendens*) for dette formål fra 11 lokaliteter spredt ut over landet. En oversikt over lokalitetene er gitt i Figur 1 og Figur 2.

For nærmere beskrivelse av prøvetakingen og stasjonene se Vedlegg C.




*Figur 2: Stasjoner for moseprøvetaking.*

## 2.3 Marine biologiske prøver

Prøvetaking av blåskjell (*Mytilus edulis*) og torskelever (*Gadus morhua*) er i regi av det norske bidrag til OSPAR-kommissjonens Joint Assessment and Monitoring Programme (JAMP). JAMP har fulgt retningslinjene fra OSPAR (1990, 1997) så langt det har latt seg gjøre. Blåskjell ble innsamlet fra hver av tre stasjoner: Indre Oslofjord (st. 30A), ytre Oslofjord (st. 36A) og på Risøy (st. 76A) utenfor Risør (Tabell 1 og Figur 1). Torskelever ble tatt på to stasjoner: indre Oslofjord (st.30B) og ytre Oslofjord (36B). Alle prøvene ble innsamlet i september/oktober 2001. For nærmere beskrivelse av prøvetakingen og stasjonene se også Vedlegg D.

*Tabell 1: JAMP-stasjoner for prøvetaking av blåskjell og torskelever.*

| JAMP Stasjonsnummer | Stasjonsnavn | Bredde | Lengde | Art |
|---|---|---|---|---|
| 30A | Gressholmen | 59° 52.75 | 10° 43.0 | Mytilus edulis |
| 30B | Oslo City area | 59° 49.0 | 10° 33.0 | Gadus morhua |
| 36A | Færder | 59° 1.60 | 10° 31.70 | Mytilus edulis |
| 36B | Færder | 59° 2.0 | 10° 32.0 | Gadus morhua |
| 76A | Risøy | 58° 43.60 | 9° 17.0 | Mytilus edulis |

# 3. Kjemisk analyse

Analysemetodikken som ble benyttet i dette prosjektet er basert på kompetanse og metodikk som er utviklet gjennom et strategisk instituttprogram, utvikling finansiert av NILU og prosjekter finansiert av Norges forskningsråd (NFR).

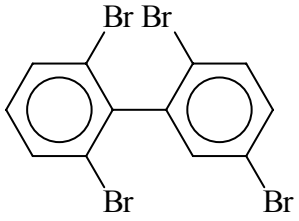
## 3.1 Analyserte forbindelser

Følgende forbindelser ble analysert og påvist i denne undersøkelse:

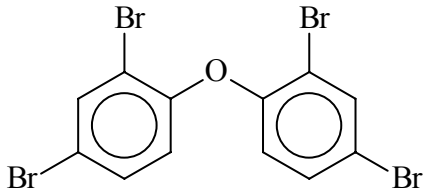
*Tabell 2: Analyserte forbindelser i denne undersøkelsen med forkortelse, fult navn og CAS-nummer.*

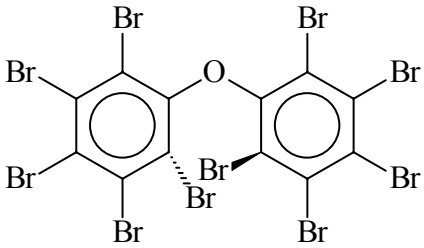
| Forkortelse | Kjemisk navn | CAS-nummer |
|---|---|---|
| PBB-15 | 4,4'-dibrombifenyl | 92-86-4 |
| PBB-49 | 2,2',4,5'-tetrabrombifenyl | 60044-24-8 |
| PBB-52 | 2,2',5,5'-tetrabrombifenyl | 60044-24-8 |
| PBDE-28 | 2,4,4'-tribromdifenyleter | 46690-94-0 |
| PBDE-47 | 2,2',4,4'-tetrabromdifenyleter | 40088-49-9 |
| PBDE-99 | 2,2',4,4',5-pentabromdifenyleter | 32534-81-9 |
| PBDE-100 | 2,2',4,4',6-pentabromdifenyleter | 32534-81-9 |
| PBDE-138 | 2,2',3,4,4',5'-heksabromdifenyleter | 36483-60-0 |
| PBDE-153 | 2,2',4,4',5,5'-heksabromdifenyleter | 36483-60-0 |
| PBDE-154 | 2,2',4,4',5,6'-heksabromdifenyleter | 36483-60-0 |
| PBDE-183 | 2,2',3,4,4',5',6-heptabromdifenyleter | 68928-80-3 |
| PBDE-209 | Dekabromdifenyleter | 13654-09-6 |
| α-HBCD | α-heksabromsyklododekan | 25637-99-4 |
| β-HBCD | β- heksabromsyklododekan | 25637-99-4 |
| γ-HBCD | γ- heksabromsyklododekan | 25637-99-4 |
| m-TBBPA | Dimetyltetrabrombisfenol A | |
| TBBPA | Tetrabrombisfenol A | 79-94-7 |
| SCCP | Kortkjedede klorerte parafiner | 85535-84-8 |
| MCCP | Mellomkjedede klorerte parafiner | 85535-85-9 |
| TBA | 2,4,6-tribromanisol | 607-99-8 |

Polybromerte bifenyler (PBB)



Polybromerte difenyletere (PBDE)





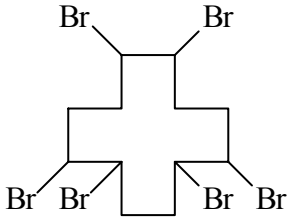
De 209 forskjellige kongenerene er nummerert i henhold til IUPAC-systemet for PCB basert på posisjonen av bromatomene på de to benzenringene.

De tekniske blandingene ”pentaBDE”, ”oktaBDE” og ”dekaBDE” inneholder blandinger av flere kongenerer og bromeringsgrader som vist i Tabell 3.

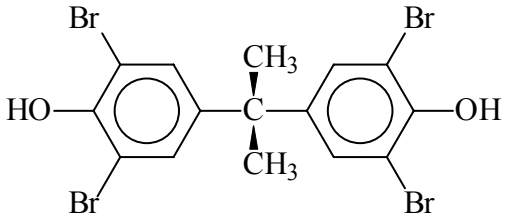
*Tabell 3: Kongener sammensetning av tekniske PBDE-blandinger*

| Kongenerer i % / Teknisk blanding | TetraBDE | PentaBDE | HeksaBDE | HeptaBDE | OktaBDE | NonaBDE | DekaBDE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ”PentaBDE” | 24 - 38 | 50 – 60 | 4 – 8 | | | | |
| ”OktaBDE” | | | 10 – 12 | 44 | 31 – 35 | 10 – 11 | < 1 |
| ”DekaBDE” | | | | | | < 3 | 97 – 98 |

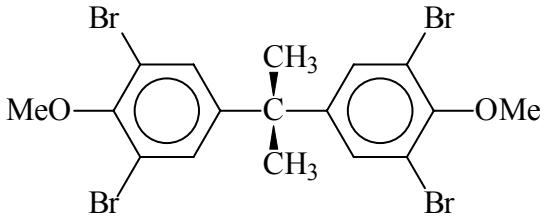
Heksabromsyklododekan (HBCD)



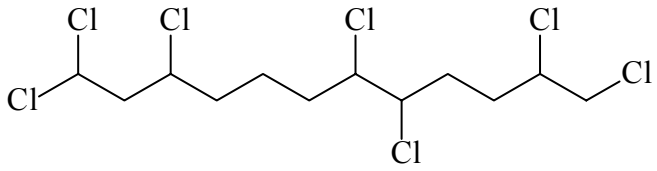
Tetrabrombisfenol A (TBBPA)



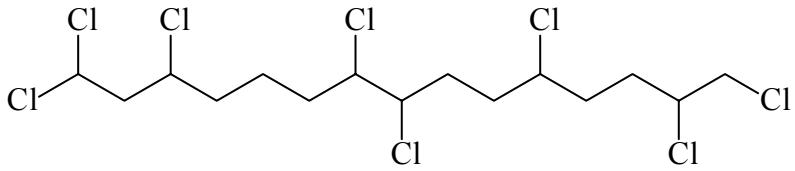
Dimetyl-tetrabrombisfenol A (m-TBBPA)



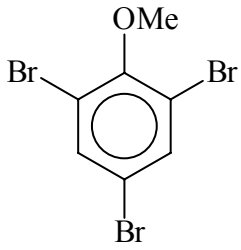

Kortkjedede polyklorerte alkaner eller klorerte parafiner (sPCA eller SCCP) (med kjedelengde C10 til C13)




Mellomkjedede polyklorerte alkaner eller klorerte parafiner (mPCA eller MCCP) (med kjedlengde C14 til C17)




Tribromanisol (TBA)




Det antas at TBA i all hovedsak produseres av marine alger. TBA er tidligere blitt påvist i luft og marin biota (Vetter, 2002)

## 3.2 Opparbeidelse

For å unngå analytiske problemer og for å begrense risiko for kontaminering mest mulig, ble prøvene ikke tørket før ekstraksjon. Prøveopparbeidelse og analyse ble gjennomført etter internstandardmetoden. Det betyr at til alle prøvetyper ble det tilsatt et sett av relevante internstandarder for å kontrollere utbytte av ekstraksjon og opparbeidelse. De samme forbindelser ble senere benyttet som intern standard ved kvantifiseringen. Dette medfører at

prøveresultatene automatisk blir korrigert for eventuelle tap under ekstraksjon og opparbeidelse. Etter ekstraksjon ble prøvene renset vha. gelpermeasjonskromatografi og svovelsyrebehandling. Før kvantifisering ble ekstraktet oppkonsentrert og tilsatt gjenvinningsstandard.

## 3.3 Kvantifisering

Bestemmelse av PBB, PBDE, HBCD, m-TBBPA, TBBPA og SCCP ble utført ved hjelp av gasskromatografi eller væskekromatografi kombinert med massespektrometri (GCMS eller LC/MS)-NCI).

I tillegg til de avtalte analyser gjorde NILU et forsøk på å bestemme mellomkjedede CP (MCCP) i noen få prøver og TBA i alle prøver. Også disse bestemmelser ble gjennomført ved hjelp av GC/MS.

Analysekvaliteten og analyseusikkerheten blir testet ved hjelp av deltakelse i inter-kalibreringer. I 2002 har NILUs laboratorium deltatt i to relevante interkalibreringer. Resultatene av sammenligningen kan betegnes som meget gode tatt i betraktning av at metoden hos alle deltakere fortsatt er i utviklingsfasen. Det estimeres at måleusikkerheten for TBA, PBB, PBDE og TBBPA ligger mellom 30 og 40%. For SCCP ligger måleusikkerheten mellom 40 og 50 %. Dette er noe høyere enn for PCB eller dioksiner hvor måleusikkerheten ligger rundt 20 %. Analyser av HBCD må betraktes som semikvantitative. Ved vurdering av tids- eller geografiske trender bør man ta hensyn til denne måleusikkerheten som er høyere enn for dioksin- eller PCB-analyser.

# 4. Resultater

## 4.1 Konsentrasjon av BFR og CP i sigevannssystemer fra avfallsdeponier

I denne screening-undersøkelsen ble det samlet inn og analysert total 12 sedimentprøver fra sigevannssystemer fra 6 avfallsdeponier. Stasjonene er beskrevet i kapittel 2.1 og i detalj i Vedlegg A-B. Resultater er i sin helhet vist i Tabell 4.

*Tabell 4: Analyseresultat av sedimenter fra sigevannssystemer fra avfallsdeponier. Konsentrasjonen er gitt i ng/g våtvekt.*

| Prøvetakings-sted / Komponent | Støleheia Kristiansand | Støleheia Kristiansand | Heftingsdalen Arendal | Heftingsdalen Arendal | Grinda Larvik | Grinda Larvik | Lindum Drammen | Lindum Drammen | Grønmo Oslo | Grønmo Oslo | Øra Fredrikstad | Øra Fredrikstad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PBB-15 | <0,05 | <0,1 | <0,05 | <0,1 | <0,05 | <0,1 | <0,05 | <0,1 | <0,05 | <0,1 | <0,05 | <0,1 |
| PBB-49 | <0,05 | <0,1 | <0,05 | <0,1 | <0,05 | <0,1 | <0,05 | <0,1 | <0,05 | <0,1 | <0,05 | <0,1 |
| PBB-52 | <0,05 | <0,1 | <0,05 | <0,1 | <0,05 | <0,1 | <0,05 | <0,1 | <0,05 | <0,1 | <0,05 | <0,1 |
| PBDE-28 | <0,1 | 0,12 | 0,18 | 0,13 | <0,05 | <0,1 | <0,05 | <0,1 | 0,20 | 0,61 | <0,05 | <0,1 |
| PBDE-47 | 1,80 | 3,18 | 9,36 | 5,86 | 0,74 | 1,16 | 2,51 | 1,11 | 1,40 | 4,05 | 0,22 | 0,28 |
| PBDE-99 | 1,73 | 2,81 | 14,5 | 9,69 | 1,03 | 1,62 | 3,11 | 1,16 | 1,43 | 5,07 | 0,22 | 0,22 |
| PBDE-100 | 0,52 | 0,89 | 2,65 | 1,67 | 0,18 | 0,32 | 0,55 | 0,22 | 0,19 | 0,76 | 0,05 | 0,04 |
| PBDE-138 | <0,05 | <0,1 | 1,30 | <0,1 | <0,05 | <0,1 | <0,05 | <0,1 | <0,05 | <0,1 | <0,05 | <0,1 |
| PBDE-153 | 0,39 | 0,59 | 1,35 | 1,14 | 0,13 | 0,20 | 0,54 | 0,20 | 1,23 | 3,48 | 0,05 | 0,10 |
| PBDE-154 | <0,05 | <0,1 | <0,05 | 0,82 | 0,09 | 0,13 | 0,36 | 0,11 | 0,33 | 0,83 | <0,05 | 0,01 |
| PBDE-183 | 0,47 | 0,49 | 1,63 | 0,81 | 0,17 | 0,26 | 0,63 | 0,14 | 4,80 | 13,2 | 0,07 | 0,02 |
| PBDE-209 | 12,5 | 26,8 | 10,1 | 41,9 | 33,5 | 91,0 | 35,4 | 2,37 | 34,2 | 62,3 | 0,49 | 0,50 |
| α-HBCD | 1,0 | 1,2 | i.a. | 4,0 | 3,6 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 1,7 | 9,1 | 0,0 | 0,1 |
| β-HBCD | 0,0 | 3,8 | i.a. | 0,9 | 0,1 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,7 | 2,6 | 0,0 | 0,0 |
| γ-HBCD | 33 | 79 | i.a. | 32 | 6,7 | 5,4 | 0,0 | 2,6 | 12 | 29 | 2,9 | 5,3 |
| m-TBBPA | 0,20 | 0,90 | 0,18 | 1,23 | 0,46 | 0,25 | 0,22 | 0,65 | 0,24 | 0,25 | 0,11 | <0,9 |
| TBBPA | 25,3 | 21,7 | 7,89 | 23,2 | 4,78 | 4,37 | 8,60 | 6,91 | 24,3 | 44,4 | 2,61 | 1,92 |
| SCCP | 860 | i.a. | 6 500 | i.a. | 660 | i.a. | 19 400 | i.a. | 1 190 | i.a. | 330 | i.a. |
| MCCP | i.a. | i.a. | 2 700 | i.a. | i.a. | i.a. | 11 400 | i.a. | i.a. | i.a. | i.a. | i.a. |
| TBA | <1 | <4 | <1 | <4 | <1 | <4 | <1 | <4 | <1 | <4 | <1 | <4 |

<: under deteksjonsgrensen; i.a.: ikke analysert; (i): interfererende forbindelse.

## 4.2 Konsentrasjon av BFR og SCCP i etasjemose fra Norge

I denne screening-undersøkelsen ble det samlet inn og analysert total 11 moseprøver fra hele Norge. Innsamling er beskrevet i kapittel 2.2 og vedlegg C Alle resultater er vist i Tabell 5.

*Tabell 5: Analyseresultatene av etasjemose. Konsentrasjonen er gitt i pg/g våtvekt.*

| Prøvetakings-sted / Komponent | Skoganvarre | Valvik | Limingen | Roan | Molde | Fure | Stord | Ualand | Risør | Nannestad | Narbuvoll |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PBB-15 | 11,5 | <4 | <0,50 | 7,32 | 22,3 | 23,2 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| PBB-49 | 11,4 | <4 | <0,50 | <0,50 | <2 | <3 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| PBB-52 | <5 | <4 | 2,23 | 1,01 | <2 | <3 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| PBDE-28 | 16,7 | <4 | 5,79 | 0,47 | 12,4 | <3 | 80,4(i) | 264(i) | <1 | <1 | 256(i) |
| PBDE-47 | 224 | 15,4 | 29,8 | 10,2 | 25,7 | 149 | 8,99 | 47,9 | 47,4 | 14,3 | 46,3 |
| PBDE-99 | 45,5 | 11,9 | 2,89 | 11,6 | <2 | 21,9 | 7,87 | <1 | <1 | <1 | 51,8(i) |
| PBDE-100 | 21,1 | <4 | <0,50 | <0,50 | <2 | <4 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| PBDE-138 | <10 | <5 | <0,6 | <0,6 | <2 | <4 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| PBDE-153 | <8 | <4 | <0,50 | <0,50 | <2 | <4 | 21,3 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| PBDE-154 | <8 | 1,06 | <0,50 | 0,91 | <2 | <4 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| PBDE-183 | <12 | 1,22 | <0,50 | 1,79 | <2 | <4 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| PBDE-209 | 25,3 | 123 | 660 | 157 | 165 | 552 | 78,7 | 237 | 416 | 260 | 59,3 |
| α-HBCD | < 1 | i.a. | 3 | < 1 | < 1 | 290 | 585 | 1532 | 1338 | 0 | 324 |
| β-HBCD | < 1 | i.a. | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| γ-HBCD | < 1 | i.a. | 23 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | 9582 | < 1 | < 1 | < 1 |
| m-TBBPA | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 |
| TBBPA | 19,4 | 140 | 887 | 91,6 | 79,7 | 420 | 127 | 651 | 67,2 | 37,4 | 106 |
| SCCP | i.a. | 35 000 | i.a. | i.a. | 100 000 | i.a. | i.a. | i.a. | i.a. | i.a. | 3 000 |
| MCCP | i.a. | i.a. | i.a. | i.a. | i.a. | i.a. | i.a. | i.a. | i.a. | i.a. | i.a. |
| TBA | 1 443 | <30 | <30 | <30 | <90 | <90 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 |

<: under deteksjonsgrensen; i.a.: ikke analysert; (i): interfererende forbindelse.

## 4.3 Konsentrasjon av BFR og SCCP i blåskjell og torskelever

Analyseresultatene av marine biologiske prøver fra indre og ytre Oslofjord og fra Skagerrak-kysten er vist i Tabell 6. Konsentrasjonen er gitt i ng/g våtvekt. I tillegg til analysene som er blitt gjennomført i regi av dette prosjektet er det gjengitt resultater av PCB-analysen og fettbestemmelse gjennomført ved NIVA i forbindelse med JAMP-programmet. Innsamlingen er beskrevet i kapittel 2.3 og vedlegg D.

*Tabell 6: Analyseresultatene av prøver av blåskjell og torskelever fra indre og ytre Oslofjord samt Risøy. Konsentrasjonen er gitt i ng/g våtvekt.*

| Prøve-takings-sted / Kompo-nent | Blåskjell Indre Oslofjord St. 30 A | Blåskjell Indre Oslofjord St. 30 A | Blåskjell Ytre Oslofjord St. 36 A | Blåskjell Ytre Oslofjord St. 36 A | Blåskjell Risøy St. 76A | Blåskjell Risøy St. 76A | Torskelever Indre Oslofjord St. 30 B | Torskelever Indre Oslofjord St. 30 B | Torskelever Indre Oslofjord St. 30 B | Torskelver Ytre Oslofjord St. 36 B | Torskelver Ytre Oslofjord St. 36 B | Torskelver Ytre Oslofjord St. 36 B |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PBB-15 | <0,01 | <0,01 | 0,10 | <0,01 | 0,07 | 0,01 | <0,20 | <0,20 | <0,20 | <0,20 | <0,20 | <0,20 |
| PBB-49 | <0,01 | <0,01 | 0,02 | <0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,21 | 0,32 | 0,36 | <0,20 | 0,14 | 0,23 |
| PBB-52 | <0,01 | <0,01 | 0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,08 | 0,13 | 0,09 | <0,20 | 0,04 | 0,13 |
| PBDE-28 | 0,05 | 0,01 | <0,01 | 0,01 | 0,06 | 0,02 | 1,35 | 1,54 | 1,42 | 0,32 | 0,44 | 0,64 |
| PBDE-47 | 0,31 | 0,32 | 0,13 | 0,14 | 0,11 | 0,22 | 43,1 | 97,9 | 62,2 | 10,3 | 13,0 | 17,5 |
| PBDE-99 | 0,18 | 0,13 | <0,01 | 0,04 | 0,06 | 0,05 | 1,89 | 2,96 | 2,23 | 0,20 | 0,14 | 0,22 |
| PBDE-100 | 0,05 | 0,08 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 20,0 | 36,8 | 28,7 | 1,90 | 2,65 | 3,53 |
| PBDE-138 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,20 | <0,20 | <0,20 | <0,20 | <0,20 | <0,20 |
| PBDE-153 | 0,01 | 0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,23 | <0,20 | 0,27 | <0,20 | <0,20 | <0,20 |
| PBDE-154 | 0,01 | 0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 4,03 | 7,88 | 4,13 | 0,49 | 0,54 | 0,93 |
| PBDE-183 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,13 | 0,13 | 0,16 | <0,20 | <0,20 | <0,20 |
| PBDE-209 | 0,16 | 0,04 | 0,11 | <0,50 | 0,03 | 0,03 | 0,16 | <0,50 | <0,50 | <0,50 | <0,50 | <0,50 |
| α-HBCD | 1,5 | i. a. | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,1 | 7,3 | i. a. | 9,9 | i. a. | 0,3 | 3,2 |
| β-HBCD | 0,0 | i. a. | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | i. a. | 0,0 | i. a. | 0,0 | 0,0 |
| γ-HBCD | 0,0 | i. a. | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | i. a. | 0,0 | i. a. | 0,0 | 0,0 |
| m-TBBPA | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,50 | <0,50 | <0,50 | <0,50 | <0,50 | <0,50 |
| TBBPA | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,09 | 0,16 | 0,10 | 0,16 | 0,08 | 0,09 |
| SCCP | 130 | i.a. | 80,0 | i.a. | 14,0 | i.a. | 750 | 370 | i.a. | 25,0 | 23,0 | i.a. |
| MCCP | i.a. | i.a. | i.a. | i.a. | i.a. | i.a. | i.a. | i.a. | i.a. | i.a. | i.a. | i.a. |
| 7-PCB | 7,7 | 7,4 | 1,4 | 1,1 | 1,4 | 1,1 | 2455,3 | 0,0 | 3483,0 | 457,5 | 423,7 | 451,7 |
| Fett i % | 1,6 | 1,4 | 3,1 | 2,9 | 1,7 | 1,5 | 35,5 | 32,8 | 35,8 | 31,4 | 31,1 | 28,2 |
| Fangstdato | 02.10.01 | 02.10.01 | 25.10.01 | 25.10.01 | 25.09.01 | 25.09.01 | 02.10.01 | 02.10.01 | 02.10.01 | 25.10.01 | 25.10.01 | 25.10.01 |
| TBA | 0,41 | 0,51 | 0,21 | 0,25 | 1,48 | 1,44 | 0,07 | 0,10 | 0,17 | 23,4 | 13,8 | 20,8 |

<: under deteksjonsgrensen; i.a.: ikke analysert; (i): interfererende forbindelse.

# 5. Diskusjon og konklusjon (miljørelevans)

Det gjøres oppmerksom på at det her dreier seg om en innledende undersøkelse (eller screening) med et meget begrenset prøveantall og prøveutvalg. Man må derfor være forsiktig med fortolkning av resultatene og man kan ikke trekke noen endelige konklusjoner.

## 5.1 Polybromerte bifenyler

PBB ble ikke funnet i sediment fra avfallsdeponier og bare sporadisk i de andre undersøkte prøvetypene. Om dette skyldes at PBB var mindre benyttet i Norge enn i andre land, kan denne studien ikke besvare.

PBB er homologer til PCB. De ansees som like toksiske og akkumuleres lett i miljøet. Etter at det, ved et uhell i Michigan i 1973, ble tilsatt PBB til dyrefôr, ble stoffgruppen etterhvert tatt ut av bruk. Da hadde man akkurat blitt oppmerksom på PCB som en global miljøgift. Den globale produksjonen av PBB opphørte høsten 2000. Siden stoffgruppen er utfaset og ikke lenger blir påvist i høye konsentrasjoner, er det blitt mindre relevant å ha veldig stor fokus på denne stoffgruppen. På den andre siden er ikke mange prøver blitt undersøkt og i tillegg kan denne stoffgruppen med letthet analyseres sammen med PBDE og uten særlige ekstra-kostnader, slik at de fortsatt bør inkluderes i nye kartleggingsprosjekter.

## 5.2 Polybromerte difenyletere

PBDE er blitt påvist i alle prøver i denne undersøkelsen. I sedimenter fra avfallsdeponier var PBDE-209 mest framtredende (0,49 – 91 ng/g våtvekt). Høyest konsentrasjon ble funnet ved Grinda, Larvik (91 ng/g våtvekt). I en undersøkelse ved 3 kloakkrenseanlegg i Stockholm ble det, når man tar hensyn til vanninnhold, funnet høyere eller tilsvarende konsentrasjoner av alle PBDE-forbindelser i kloakkslam (Tabell 7).

*Tabell 7: Konsentrasjon av bromerte flammehemmere i kloakkslam fra 3 kommunale renseanlegg i Stockholm (deWit 2002) og fra sedimenter fra avfallsdeponier fra denne studien.*

| Komponent | Kloakkslam, Stockholm Konsentrasjon i ng/g tørrv. | Sedimenter fra avfallsdeponier, Norge Konsentrasjon i ng/g våtv. |
|---|---|---|
| PBDE-47 | 36 – 80 | 0,22 – 9,4 |
| PBDE-99 | 56 – 100 | 0,22 – 15 |
| PBDE-100 | 13 – 25 | 0,04 – 2,7 |
| PBDE-209 | 170 – 270 | 0,5 – 91 |
| HBCD | 19 – 54 | < 0,1 – 84 |
| TBBPA | 3,6 – 8,6 | 1,9 - 44 |

Også i moseprøver var PBDE-209 mest framtredene av PBDE (59 – 660 pg/g våtvekt). Så langt vi vet er dette første gang mose er benyttet som middel for å påvise langtransport av bromerte flammehemmere. Moseprøver fra denne undersøkelsen er også de første luftrelaterte prøver hvor det er påvist PBDE-209. I luftprøver fra bakgrunnsområder (Ammernäs, Nord-Sverige; Hoburgen, Gotland) har man tidligere funnet PBDE-47, 99 og 100 samt HBCD.

Disse funnene i moseprøver viser at alle PBDE, også PBDE-209 (dekaBDE), kan transporteres med luft. Dette er vesentlig for vurdering av miljørisikoen av "dekaBDE"-blandingen.

I de biologiske prøver var PBDE-47 mest framtredende av alle PBDE. Høyest i denne undersøkelsen var nivået i torskelever fra indre Oslofjord (10 – 98 ng/g våtvekt). I en tidligere undersøkelse av torskelever fra stasjon 36B tatt i år 1996 (Tabell 8 og Green 2001) ble det funnet høyere konsentrasjoner av både PBDE-47 og 99. Siden dette bare er en prøve fra 1996 og forskjellen ikke er større enn de naturlige variasjonene i datasettet fra årets undersøkelse (f.eks St. 30B PBDE-47: 43,1, 97,2 og 62,2 ng/g), kan dette ikke brukes for å bevise at nivåene i ytre Oslofjord er avtakende. Tidligere undersøkelser i ferskvannsfisk viser imidlertid enda høyere verdier i lakelever fra Mjøsa og Hurdalsjøen (se Tabell 8 og Fjeld, 2001).

*Tabell 8: Resultater av PBDE-47 og 99 samt SCCP fra tidligere undersøkelser av biota.*

| Komponent | Torskelever St.36B, JAMP (Prøvet. 1996) (Green, 2001) | Torskelever Norge, JAMP (Prøvet. 1996) (Green, 2001) | Lakelever Ferskvann, Norge (Fjeld, 2001) | Torskelever, Nederland (deBoer, 1989 og 1995) | Blåskjell, Nederland (de Boer, 2000) |
|---|---|---|---|---|---|
| PBDE-47 | 32,3 | 15 – 49 | 9,7 – 1044 | 0,6 – 60 | 0,2 – 1,6 |
| PBDE-99 | 0,78 | 0,5 – 0,8 | 10,6 – 910 | | |
| SCCP | | | 86 – 1480 | | |

Denne og andre undersøkelser dokumenterer at særlig "pentaBDE"-blandingen (med bl.a. indikatorforbindelsen 2,2',4,4'-tetrabromdifenyleter, eller PBDE-47), men også "oktaBDE"-blandingen finnes i miljøet og i organismer høyt oppe i næringskjeden, samt i morsmelk. Dette gjelder også i områder langt fra typiske kilder. Denne gruppen forbindelser er giftig for akvatiske organismer, de er svært lite nedbrytbare og kan forårsake langtidsvirkninger i vannmiljøet og i næringskjeden. PentaBDE kan videre gi kroniske helsevirkninger. De toksiske effektene av PBDE regnes for å være lavere en for PCB, men vil komme som en tilleggsbelastning for biotaen sammen med annen type forurensning. En additiv toksisk effekt vil kunne forventes av disse stoffene. SFT har foreslått at det utarbeides forslag til forbud mot bruk av "pentaBDE" fra 1.1.2003 i tråd med et foreslått EU-direktiv.

De relativt høye nivåene som ble funnet av BDE-209 (dekaBDE) i mose og sediment viser at teknisk "dekaBDE" både spres via luftmassene og kan akkumuleres i miljøet. dekaBDE kan relativt lett brytes ned til lavere bromerte bifenyletere av sollys. Det har derfor blitt foreslått at teknisk "dekaBDE" er en av bidragsyterne til økningen av nivåene av de lavere bromerte komponentene. I og med at lavere bromerte difenyleterne er mer toksiske enn dekaBDE, må man ta dette i betraktning i forbindelse med reguleringen av bruken. Ettersom dekaBDE fortsatt er i utstrakt bruk bør man være oppmerksom på denne i overvåkningen av miljøgifter.

## 5.3 Heksabromsyklododekan

I nesten alle sedimentprøvene fra avfallsdeponier var det mulig å påvise alle 3 HBCD-isomerer som finns i den tekniske blandingen (α-, β- og γ-HBCD). γ-HBCD viste gjennomgående høyest konsentrasjon (2,6 – 44 ng/g våtvekt). Målinger i kloakkslammet fra 3 kommunale renseanlegg i Stockholm (se Tabell 7) ligger i samme størrelsesorden.

I mer en 50 % av alle moseprøvene var det mulig å påvise α-HBCD, i noen få γ-HBCD, men aldri β-HBCD. Dette viser at HBCD kan langtransporteres via luft.

I de marine prøvene ble det bare påvist α-HBCD og ingen av de to andre isomerer (0,1 – 10 ng/g våtvekt). Det er tydelig at det opprinnelige tekniske mønsteret forandres og at de tre isomerene har forskjellige miljøegenskaper (bioakkumulering og persistens). Dette er, så langt vi vet, aldri tidligere blitt påvist for HBCD, men er kjent fra både PCB, dioksiner og andre miljøgifter og bør i framtiden studeres nærmere.

Foreløpige resultater fra risikovurderinger viser at HBCD har negative helse- og miljø-virkninger. Til tross for dette er HBCD svært utstrakt brukt og har til en viss grad erstattet bruken av de pentabromerte bifenyleterne. HBCD er en av de mest anvendte bromerte flammehemmere på verdensbasis. HBCD har vist seg som meget giftig for akvatiske organismer. Det er tungt nedbrytbart og kan dermed føre til langtidsvirkninger i det akvatiske miljøet. Det er videre vist at HBCD kan gi leverskader hos pattedyr.

Denne og andre studier viser at HBCD kan anrikes i miljøet og på forskjellige nivåer i næringskjeden. Dette må det tas hensyn til ved vurdering av reguleringer av HBCD, som foreløpig ikke er forbudt hverken i Norge eller EU.

## 5.4 Tetrabrombisfenol A

TBBPA og metabolitten dimetyl-TBBPA er påvist i alle prøvene fra avfallsdeponier (1,9 – 44 ng/g våtvekt og <0,9 – 1,2 ng/g våtvekt). Dette er konsentrasjonsnivåer i samme størrelsesorden som er påvist i kloakkslam fra Stockholm (se Tabell 7).

I moseprøvene ble det bare funnet utgangsproduktet TBBPA, men i konsentrasjoner som ikke skiller seg signifikant fra metodeblindverdier.

I blåskjell og torskelever ble det heller ikke funnet signifikante nivåer av TBBPA. Dette kan skyldes at TBBPA har en fenolisk struktur som gjør at den sannsynligvis lettere kan metabolisere i kroppen og dermed ikke har det samme bioakkumuleringspotensialet som de andre flammehemmerne.

Foreløpige resultater fra risikovurderinger tyder på at TBBPA kan ha negative helse- og miljøvirkninger. Likevel er TBBPA i svært utstrakt bruk og ansees å være den mest anvendte bromerte flammehemmer på verdensbasis. Som for PCB og hydroksylerte PCB har man vist at TBBPA påvirker thyroidhormonbinding. Det er også vist at homologen bisfenol A er en typisk hormonhermer. TBBPA er meget giftig for akvatiske organismer. Det er ikke lett nedbrytbart, og kan derfor føre til langtidsvirkninger i det akvatiske miljøet.

TBBPA er, i motsetning til de ovennevnte, benyttet som en kjemisk bundet flammehemmer. Det betyr at man vil kunne forvente mindre utslipp til miljøet av denne stoffgruppen.

Imidlertid viser denne og andre studier at TBBPA spres i miljøet, noe som sannsynligvis delvis skyldes utslipp av overskuddsmateriale under produksjonen og bruk.

TBBPA er påvist i blod hos befolkningen i Norge. Det faktum at TBBPA ikke kunne påvises i signifikante konsentrasjoner i de få miljøprøvene fra denne studien kan gi en viss indikasjon på at miljøkontaminerte matvarer som opptaksvei er mindre relevant enn for eksempel direkte kontaminert matvarer, det vil si kontaminert under videreforedling eller lagring, og opptak gjennom luft eller hud i et kontaminert innemiljø.

På bakgrunn av dens utstrakte bruk, dens påviste toksiske effekter og det begrensete antallet undersøkte prøver er det vanskelig å fastslå hvilken relevans TBBPA har for vårt ytre miljø.

## 5.5 Klorerte parafiner

CP ble funnet i til dels store konsentrasjoner i de fleste prøvene som ble analysert.

SCCP ble påvist i alle undersøkte prøver fra avfallsdeponier (330 – 19 400 ng/g våtvekt). Høyest konsentrasjon ble funnet i sediment fra Lindum, Drammen (19 400 ng/g våtvekt). MCCP ble påvist i alle undersøkte prøver fra avfallsdeponier (2 700 – 11 400 ng/g våtvekt). Også for MCCP var konsentrasjonen høyest i prøven fra Lindum (11 400 ng/g våtvekt). Nivåene var høyest for de kortkjedede som også anses som de mest toksiske og miljøfarlige.

I en større engelsk undersøkelse av elvesedimenter tatt nedstrøms fra kloakkrenseanlegg, fant man konsentrasjoner av SCCP og MCCP i størrelsesorden 200 – 63 000 ng/g tørrvekt. Dette tilsvarer resultater fra denne undersøkelsen når man tar hensyn til tørketap. Prøvene fra de norske avfallsdeponier er imidlertid tatt direkte i utslippet og ikke i miljøprøver i nærheten av utslippskilden.

Alle tre analyserte moseprøver viste høye SCCP-konsentrasjoner som bekrefter at SCCP har et betydelig langtransportpotensiale.

Det var mulig å påvise SCCP i alle undersøkte prøver av blåskjell og torskelever. Høyest konsentrasjon ble funnet i torskelever fra indre Oslofjord.

Til tross for relativt få publiserte studier konkluderer Tomy (1998) som følger i sin oversikt av miljøegenskaper og toksikologi av SCCP: Sammenlignet med andre halogenerte organiske forbindelser som f.eks. PCB og klorerte pesticider, viser SCCP færre akutt og kronisk toksiske effekter. SCCP har lavere reproduksjons- og embryotoksisk virkning på pattedyr og fugler. SCCP induserer ikke CYP450 1A1 type MFO enzym systemet. SCCP og mulige oksidative nedbrytningsprodukter (OH- or COOH-substituerte klor parafiner) viser ingen strukturell likhet med stoffer som virker forstyrrende på de endokrine eller thyroide hormon-systemer som for eksempel hydroxy-PCB eller alkylfenoler. I motsetning til andre klorerte alifatiske eller aromatiske forbindelser så har man foreløpig ikke funnet immunotoksiske eller nevrotoksiske effekter. For å vurdere subletale toksiske effekter trenger man mer informasjon som ideelt sett burde tatt hensyn til strukturforskjellene i de mange tusen enkelforbindelser i den komplekse SCCP blandingen. SCCP er klassifisert som kreftfremkallende (mulig fare for kreft).

I EUs Risk assessment report (European Commission, 2000) konkluderes det med at SCCP (med hensyn på visse bruksområder) utgjør en risiko for det akvatiske miljøet og gir effekter

via næringskjeden (secondary poisoning). Det konkluderes videre at SCCP-nivået i miljøet ikke utgjør noe signifikant risiko for human helse. Denne risikovurderingen er under revisjon. Atmosfærisk langtransport ansees som vesentlig for den globale spredningen av SCCP og er ansvarlig for forekomsten av SCCP i den arktiske næringskjeden. Bruken av SCCP har gått betydelig ned de siste årene. Det at man finner fortsatt SCCP i miljøet styrker antagelsen om at stoffene er persistente, bioakkumulerende og/eller tilføres ved langtransport. Her pågår det utredningsarbeid i EU av UK som er koordinert med OSPAR. Det er mye som tilsier at SCCP blir klassifisert som PBT stoff utfra EUs kriterier.

Også denne studien viser at opptak via mat er meget relevant for human eksponering. I denne sammenheng er det også vesentlig å nevne at EUs "worst case" scenario for human opptak overstiger WHOs veiledene grenseverdi (WHO 1996 og WHO-ECEH 2002).

Til tross for relativt få publiserte studier vurderes CP som mindre toksiske enn de andre halogenerte organiske miljøgiftene. De høye nivåer man finner i naturen gjør imidlertid at man bør være oppmerksom på denne stoffgruppen som en viktig miljøgift.

## 5.6 Tribromanisol

TBA er blitt påvist i alle marine prøver (0,07 – 23 ng/g våtvekt). Nivået er høyest i torskelever fra ytre Oslofjord med en konsentrasjon tilsvarende sum PBDE. Det er imidlertid vanskelig å vurdere miljørelevans av TBA. Det foreligger veldig få andre resultater av TBA i miljøprøver. TBA finner man stort sett i prøver som er direkte knyttet til det marine miljøet og forbindelsen viser store sesongvariasjoner. Man antar at TBA i all hovedsak er en naturlig bromert forbindelse som har sin opprinnelse i marine mikroorganismer (Führer, 1998). Det er påvist at marine rødalger (*Polysiphonia sphaerocarpa*) produserer TBA og andre bromerte fenoler, anisoler og benzaldehyder (Flodin, 2000). Man har også sett at mikroorganismer metylerer bromerte fenoler som ble brukt som coating i en drikkevannstank til anisoler (Malleret, 2002). Siden TBA oppfører seg som en persistent organisk forbindelse og har strukturelle likhetstrekk med andre bromerte miljøgifter, bør man holde øye med denne forbindelsen.

## 5.7 Utslipp til vann og vanntransport

Når man diskuterer utslipp til vann og vanntransport av BFR og CP er det viktig å vite at disse stoffer, med unntak av TBBPA, er ekstremt lipofile og ekstremt lite løslig i vann. Dette gjør at BFR og CP stort sett vil være bundet til partikler. Dette vil redusere mobiliteten av disse stoffene i deponier.

Ut i fra disse egenskaper er det blitt vurdert som mest hensiktsmessig å analysere partikulære prøver (sedimenter) og ikke sigevann fra avfallsdeponier for å kunne overvinne de analytiske begrensninger og for overhodet å kunne detektere BFR og CP i utslipp til vann.

Det var mulig å påvise de fleste bromerte flammehemmere og SCCP i sigevannssystemer fra avfallsdeponier.

PBB ble ikke påvist i noen deponi. De andre forbindelser ble påvist i alle deponier:

- Heftingsdalen, Arendal viste høyeste pentaBDE-konsentrasjon (6 – 9 ng/g våtvekt).
- Grinda, Larvik viste høyeste decaBDE-konsentrasjon (33 – 91 ng/g våtvekt).
- Grønmo, Oslo viste høyeste TBBPA-konsentrasjon (24 – 44 ng/g våtvekt).
- Stølsheia, Kristiansand viste høyeste γ-HBCD-konsentrasjon (33 – 79 ng/g våtvekt).
- Lindum i Drammen viste høyeste SCCP konsentrasjon (19 400 ng/g våtvekt).

Siden de forskjellige substansgrupper hver for seg kan knyttes til bestemte bruksområder, kan denne informasjonen eventuelt relateres til den tilgjengelige informasjonen om deponerte stoffer.

Det kan for eksempel ikke utelukkes at de ekstremt høye SCCP-konsentrasjoner målt ved Lindum, Drammen, skyldes deponering av avfall fra mekanisk industri eller verftsindustri. Det er også blitt rapportert at det er blitt deponert avfall fra mekanisk industri i dette deponiet selv om det blir karakterisert som lite (se vedlegg B).

Når man tar et grovt estimat for partikkelinnhold i sigevann (10 – 100 mg/l suspendert materiale) og total vannmengde per år ($10^9$ l; 100 da areal og 1000 mm årsmiddelnedbør) blir partikkelutslippet ca 100 t (=$10^8$ g). Beregnet årlig utslipp fra et større deponi kan dermed komme opp i ca 1 – 10 g pr. enkeltforbindelse av PBDE, HBCD og TBBPA. CP utslipp derimot kan ligge i størrelsesorden 1 til 10 kg pr. år.

Konsentrasjonene som ble funnet i denne studien ligger på samme nivå eller er lavere enn konsentrasjonene som er funnet i kloakkslam, eller i tilfellet SCCP sedimenter tatt rett nedstrøms fra kloakkrenseanlegg, fra andre land. Siden masse/vannstrøm fra kloakkrense-anlegg er flere størrelsesordener større enn sigevannsstrøm fra avfallsdeponier, må det antas at avrenning fra kloakkrenseanlegg har et signifikant høyere forurensningspotensiale enn sigevann fra avfallsdeponier. Det må imidlertid tas hensyn til at vannføring fra avfalls-deponier varierer med sesong, alder og så videre og at man i denne undersøkelsen kun har fått et korttidsbilde av utslippene. Videre er ca. 40% av norske avfallsdeponier koblet på kommunale renseanlegg og avrenning fra deponier vil dermed også kunne være en kilde til utslipp i avløpssystemet.

I de undersøkte biologiske prøver var det mulig å identifisere en tydelig nedadgående trend fra indre Oslofjord og utover som tyder på at lokale kilder dominerer over langtransport og deposisjon. Det anbefales derfor at man gir en høyere prioritet til kartlegging av mulige lokale kilder og her først og fremst forurensningspotensiale fra norske kloakkrenseanlegg før man eventuelt går videre med en grundigere kartlegging av risikoen som utgår fra avrenning fra avfallsdeponier.

## 5.8 Utslipp til luft og lufttransport

Resultatene fra moseundersøkelser viser ingen klar regional trend. Dette skyldes mest sannsynlig metodiske problemer med kalibrering av mose som indikator for deposisjon siden det var mulig å identifisere en tydelig nord-sør-gradient for PBDE i ferskvannsfisk fra innsjøer uten direkte lokal påvirkning (Fjeld, 2001). Derimot er det entydige indikasjoner på at både PBDE, HBCD og SCCP transporteres gjennom atmosfæren.

Det anbefales at man går videre med kartlegging av potensielle store enkeltkilder av BFR og CP til luft som for eksempel destruksjonsanlegg for elektronisk utstyr og andre former av avfallshåndtering. Man må imidlertid regne med at mye av emisjon til luft er av diffus karakter og skjer under daglig bruk av materiale som er tilsatt bromerte flammehemmere. Avgassing fra materialer er påvist, men datagrunnlaget er foreløpig altfor spinkelt til at man kan beregne eller modellere den totale emisjonen for Norge.

En måte å vurdere betydningen av atmosfærisk langtransport kontra lokale kilder er å kople luftmålinger med episoder av høye BFR/CP-konsentrasjoner til vindretning eller beregnete trajektorieplott som viser hvor luftmassene har sin opprinnelse.

# 6. Referanser

Berg, T., Røyset, O. and Steinnes, E. (1995) Moss (*Hylocomium splendens* ) used as biomonitor of atmospheric trace element deposition: Estimation of uptake efficiencies. *Atmos. Environ., 29*, 353-360.

de Wit, C. A. (2000) Brominated Flame Retardants. Stockholm (Swedish Environmental Protection Agency report 5065).

European Commission (2000) European Union Risk Assessment Report. Vol. 4: Alkanes, $C_{10–13}$, chloro-. Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities (EUR 19010).

European Commission (2001) European Union Risk Assessment Report. Vol. 5: Diphenyl ether, pentabromo derivative (pentabromodiphenyl ether). Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities (EUR 19730).

Fjeld, E., Knutzen, J., Brevik, E.M., Schlabach, M., Skotvold, T., Borgen, A.R. og Wiborg, M.I. (2001) Halogenerte organiske miljøgifter og kvikksølv i norsk ferskvannsfisk 1995-1999. Oslo (NIVA Rapport 4402-01) (Statlig program for forurensningsovervåking Rapport 827/01).

Flodin,C. og Whitfield, F.B. (2000) Brominated anisoles and cresols in the Red Alga Polysiphonia Sphaerocarpa. *Phytochemistry*, *53*, 77-80.

Führer,U. og Ballschmiter, K. (1998) Bromochloromethoxybenzenes in the marine troposphere of the Atlantic Ocean - a group of organohalogens with mixed biogenic and anthropogenic origin. *Environ.Sci.Techn.* , 32, 2208-2215.

Green, N.W., Helland, A., Hylland, K., Knutzen, J. og Walday, M. (2001) Overvåking av miljøgifter i marine sedimenter og organismer 1981-1999 : Joint Assessment and Monitoring Programme (JAMP). Oslo (NIVA Rapport 4358-2001) (Statlig program for forurensningsovervåking Rapport 819/01).

Lead, W.A., Steinnes, E. and Jones K.C. (1996) Atmospheric deposition of PCBs to moss (*Hylocomium splendens* ) in Norway between 1977 and 1990. *Environ. Sci. Technol., 30,* 524-530.

Malleret,L. og Bruchet, A. (2002) A taste and odor episode caused by 2,4,6-tribromoanisole. *J. Am. Water Works Ass.*, *94*, 84-95.

Steinnes, E., Rambæk, J.P. and Hanssen, J.E. (1992) Large scale multi-element survey of atmospheric deposition using naturally growing moss as biomonitor. *Chemosphere, 35,* 735-752.

Tomy, G.T., Fisk, A.T., Westmore, J.B. and Muir, D.C.G. (1998): Environmental chemistry and toxicology of polychlorinated n-alkanes. *Rev. Environ. Contam. Toxicol., 158*, 53-128.

Vetter,W., Schlabach, M. og Kallenborn, R. (2002) Evidence for the presence of natural halogenated hydrocarbons in Southern Norwegian and polar air. *Fresenius Environ. Bull.*, *11,* 170-175.

World Health Organization (1994) Brominated diphenyl ethers. Genève (Environmental Health Criteria 162).

World Health Organization (1996) Chlorinated paraffins. Genève (Environmental Health Criteria 181).

World Health Organization (1997) Flame retardants. A general introduction. Genève (Environmental Health Criteria 192).

World Health Organization (1995) Tetrabromobisphenol A and derivatives. Genève (Environmental Health Criteria 172).

# Vedlegg A

# Feltrapport fra prøvetaking avfallsdeponier

# NOTAT

26. september 2002

Til: Martin Schlabach/NILU

Fra: Henning Mohn/NIVA

Kopi: Jon Fuglestad og Gro Andersen/SFT

## Sak: Feltrapport fra prøvetaking for bromerte flammehemmere i sigevannsystemer fra deponier.

NIVA ved undertegnede er engasjert av NILU for prøvetaking av sigevann og sedimenter i sigevannsystemer. Oppdraget gjennomføres som en følge av NILUs engasjement av SFT ved J. Fuglestad og G. Andersen.

Prøvetaking ble utført på 6 deponier som ligger enten i tilknytning til Oslofjord-systemet eller Skagerrak. Deponiene ble valgt ut i samarbeid med SFT etter nærmere definerte kriterier (de viktigste er at deponiene skal ha en viss minstestørrelse, skal være i drift eller nylig avsluttet, skal ha sigevannskontroll og de skal drenere direkte eller indirekte til det såkalte JAMP-området). Følgende deponier ble prøvetatt: Øra i Fredrikstad, Grønmo i Oslo, Lindum i Drammen, Grinda i Larvik, Heftingsdalen i Arendal og Støleheia i Kristiansand.

For å unngå kontaminering av prøvetakingsutstyr og emballasje, ble stor fokus lagt på grundig rengjøring og atskillelse (gløding av glassvarer, vask med aceton og pentan av alt som kommer i kontakt med prøvematerialet). Prøvene ble uttatt i tidsrommet 10 t.o.m. 13 september 2002. Under transport ble prøveene oppbevart mørkt og kjølig inntil ankomst på NIVA i Oslo. Der ble sedimentprøvene frosset ned. Prøvene ble overlevert NILU den 24 september då.

En oversikt over prøvene fremgår fra det følgende:

**Prøver av sigevann/bunnfall:**

| Type prøve | Lokalitet | Tilhørende by | Uttakssted | Dato | Type emballasje | Ant. delprøver |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Sigevann | Støleheia | Kristiansand | Samlekum | 12.09.2002 | Glødet 1 liter | 1 |
| Bunnfall i rør | Støleheia | Kristiansand | Samlekum | 12.09.2002 | 200 ml glødet glass | 2 |
| Sigevann | Heftingsdalen | Arendal | Fangdam | 11.09.2002 | Glødet 1 liter | 1 |
| Sigevann | Grinda | Larvik | Samlekum | 11.09.2002 | Glødet 1 liter | 1 |
| Sigevann | Lindum | Drammen | Samlekum | 12.09.2002 | Glødet 2 liter | 1 |
| Sigevann | Grønmo, fagdam A | Oslo | Fangdam | 13.09.2002 | Glødet 1 liter | 1 |
| Sediment | Grønmo, fagdam B | Oslo | Fangdam | 13.09.2002 | Glødet 1 liter | 1 |
| Sediment | Øra, kum 615 | Fredrikstad | Samlekum | 13.09.2002 | Glødet 1 liter | 1 |
| Sigevann | Øra, kum 611 | Fredrikstad | Samlekum | 13.09.2002 | 200 ml glødet glass | 2 |
| Bunnfall i kum | Øra, kum 611 | Fredrikstad | Samlekum | 13.09.2002 | 200 ml glødet glass | 2 |

| **Prøver av sediment:** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Type prøve | Lokalitet | Tilhørende by | Uttakssted | Dato | Type emballasje | Ant. delprøver |
| Sediment | Støleheia | Kristiansand | Fangdam | 12.09.2002 | 200 ml glødet glass | 2 |
| Sediment | Heftingsdalen | Arendal | Fangdam | 11.09.2002 | 200 ml glødet glass | 3 |
| Sediment | Grinda | Larvik | Samlekum | 11.09.2002 | 200 ml glødet glass | 2 |
| Sediment | Lindum | Drammen | Samlekum | 12.09.2002 | 200 ml glødet glass | 3 |
| Sediment | Grønmo, fagdam A | Oslo | Fangdam | 13.09.2002 | 200 ml glødet glass | 3 |
| Sediment | Øra, kum 615 | Fredrikstad | Samlekum | 13.09.2002 | 200 ml glødet glass | 3 |

På hver lokaltet ble det uttatt utført noen feltanalyser, samt fotografering. Resultatene er vist i det nedenstående:

## Lokalitet: Øra, Fredrikstad

| | |
|---|---|
| Kontaktperson: | Knut Lilleng |
| Dato for befaring og prøvetaking: | 13.09.02 |
| Kort beskrivelse av deponiet: | Stort overdekket nedlagt deponi for blandet kommunalt avfall anlagt på flatt område. Nå forbrennes avfallet. Opereres av FREVAR |
| Beskrivelse av prøvetakingsstedet: | Prøver ble tatt ut fra kum 611 og 615. Kum 611 er mest påvirket av sigevann fra nyere fylling, kum 615 er sterkt påvirket av sigevann fra den eldste deponidelen. |
| Ledningsevne: | 850 mS/m (kum 611), 326 mS/m (kum 615) |
| pH: | 6,73 (kum 611), 6,65 (kum 615) |
| Temperatur: | 17,8 °C (kum 611), 20,6 °C (kum 615) |

Foto av huset til kum 615:



## Lokalitet: Grønmo, fagdam A og B, Oslo

| | |
|---|---|
| Kontaktperson: | Åslie |
| Dato for befaring og prøvetaking: | 13.09.02 |
| Kort beskrivelse av deponiet: | Hoveddeponi for Oslo fram til midten av 90-tallet. Nå foregår det mottak av byggeavfall og spesialavfall på lokaliteten, det er også er miljøstasjon der. |
| Beskrivelse av prøvetakingsstedet: | Fangdam A: Mottar drenering fra eldste og det aller yngste deponiområdet. Fangdam B mottar drenering fra et deponi som ble anlagt i en mellomfase (tidlig 90-tallet) |
| Ledningsevne: | 515 mS/m (dam A), 419 mS/m (dam B) |
| pH: | 7,40 (dam A), 7,52 (dam B) |
| Temperatur: | 15,7 °C (dam A), 16,1 °C (dam B) |





Fotos fra Grønmo:
Fangdam A til venstre,
Fangdam B til høyre

## Lokalitet: Lindum, Drammen

| | |
|---|---|
| Kontaktperson: | Thomas Henriksen |
| Dato for befaring og prøvetaking: | 12.09.02 |
| Kort beskrivelse av deponiet: | Hovedmottaker for avfall fra Drammens-regionen. Det foregår sortering og kompostering på anlegget. Deponiet mottar mye fremmedvann, og genererer dermed store sigevannsvolumer. |
| Beskrivelse av prøvetakingsstedet: | Kum for samlet sigevannsavløp, som går til kommunalt nett. |
| Ledningsevne: | 260 mS/m |
| pH: | 6,75 |
| Temperatur: | 18,2 °C |

Foto av bunn av samlekum, Lindum:



## Lokalitet: Grinda, Larvik

| | |
|---|---|
| Kontaktperson: | Oddvar Pedersen |
| Dato for befaring og prøvetaking: | 11.09.02 |
| Kort beskrivelse av deponiet: | Mottar blandet avfall fra Larvikregionen, men det meste av hva som mottas er sorterte fraksjoner. Stort deponi som opereres av Norsk Gjenvinning |
| Beskrivelse av prøvetakingsstedet: | Samlekum for sigevann fra hele området. |
| Ledningsevne: | 168 mS/m |
| pH: | 7,05 |
| Temperatur: | 14,0 °C |

Foto av samlekum:



## Lokalitet: Heftingsdalen, Arendal

| | |
|---|---|
| Kontaktperson: | Kjell Aaberg |
| Dato for befaring og prøvetaking: | 11.09.02 |
| Kort beskrivelse av deponiet: | Deponi for samlet avfall fra Arendalsregionen, samt for sorterte fraksjoner fra et større geografisk område. Sigevannet drenerer til en felles fangdam. |
| Beskrivelse av prøvetakingsstedet: | Fra felles fangdam |
| Ledningsevne: | 480 mS/m |
| pH: | 7,57 |
| Temperatur: | 20,6 °C |

## Lokalitet: Støleheia, Kristiansand

| | |
|---|---|
| Kontaktperson: | Åsmund Homme |
| Dato for befaring og prøvetaking: | 12.09.02 |
| Kort beskrivelse av deponiet: | Stort, nyanlagt deponi (1996) for blandet avfall og sortert organisk avfall fra Kristiansandsregionen. Deponiet drenerer i en retning til en felles fangdam. |
| Beskrivelse av prøvetakingsstedet: | Prøver ble tatt både fra røret med samlet sigevann (både vannfase og bunnfall i røret), samt i fangdammen. |
| Ledningsevne: | 345 mS/m |
| pH: | 7,00 |
| Temperatur: | 22,4 °C |

Nærmest: Fangdam, Heftingsdalen

Helt til høyre: Sigevannrør i kum, Støleheia





# Vedlegg B

# Spørreskjema utfylt av avfallsdeponiene

# 1. OVERORDNET INFORMASJON © NIVA 1999

Utarbeidet av H. Mohn, O. Lindholm, E. Iversen 1999-2002

**1.1. NAVN**

| | |
|---|---|
| * Lokalitetens navn | **Støleheia Avfallsanlegg** |
| * Adresse | **Øvrebø** |
| * Postnummer og poststed | **Vennesla** |
| * Referansenr. i NGU-rapport | |

**1.2. EIERFORHOLD**

| | navn,adresse tlf |
|---|---|
| Deponieier | **Renovasjonsselskapet for Krist** |
| | **Postboks 393** |
| Grunneier | 4664 Kristiansand |
| | RKR |

**1.3. OMRÅDEBESKRIVELSE**

Områdetype rundt fyllingen: **5**

**1:dyrket mark, 2:industri/lager, 3:bebyggelse, 4:rekreasjon, 5:utmark, 6:sjø, 7:annet**

Avstand til nærmeste bebyggelse: **5**

**1: 0-50 m, 2: 50-200 m, 3: 200-500 m, 4: 500 - 1000 m, 5 > 1000 m**

Topografiske forhold rundt fyllingen **2**

**1: åpent og flatt terreng, 2: kupert men fremkommelig, 3: sterkt kupert terreng**

Bruk av tilgrensende områder: 1.6

**1: rekreasjon, 2: industri, 3: jordbruk, 4: bolig/hytte, 5: verneverdig naturomr, 6: annet**

Flora og fauna i området: 3

**1: mangfoldig og bevaringsverdig, 2: mindre rik men bevaringsverdig, 3: ingen verdi, 4: ukjent**

Menneskelig aktivitet i området: **2**

**1: mye aktivitet og mange tekniske anlegg, 2: liten aktivitet men vil øke, 3: avtagende, 4: ukjent**

Bruk av tilgrensende resipient: **3**

**1:drikkevann, 2:vanning, 3:rekreasjon, 4: beitemark, 5:annet**

**Kommentarer** **(F.eks spesielle dyre/fugle/plante-arter på stedet, kultur/fornminner, spesielle reguleringsbestemmelser, avtaler, hevd, annen virksomhet som vil ha innflytelse)**

**Har samarbeid med ornitologiskforening i Kristiansand.**
**Vi har prikkand som hekker i lokalt renseanlegg**

## 2. HISTORIE / AVFALLSTYPER © NIVA 1999

### 2.1. TIDSPERIODE

| | |
|---|---|
| Start på deponi / forurensning (periode/årstall) | **apr.96** |
| Opphøring av deponi / forurensning (periode/årstall) | |

### 2.2. DEPONERTE AVFALLSTYPER

| Aktiviteter, avfallskilder, aktivitetsperiode | sett **x** hvis deponert | Periode/år | Mengde / andel |
|---|---|---|---|
| Kommunalt, blandet avfall | **X** | apr.96 | **50 %** |
| Avfall fra mek.verksted | X | okt.96 | |
| Avfall fra plastindustri | X | okt.96 | |
| Avfall fra trebearbeiding | X | okt.96 | |
| Avfall fra transportbransjen | X | okt.96 | |
| Avfall fra overflatebearbeidende industri | X | okt.96 | |
| Avfall fra betong / asfaltbrukere | X | okt.96 | |
| Avfall fra smelteverk, metallurgisk ind. | X | okt.96 | |
| Avfall fra parker, spesielt organisk avfall | | | |
| Annet (spesifiser i egen rubrikk) | | | |

### 2.3. DEPONERING AV MILJØGIFTER

**Har du kunnskap om type miljøgift (sett x i rett rubrikk)?**

| | sikker | mulig |
|---|---|---|
| syre | | |
| base | | |
| olje | | |
| løsemiddel | | |
| uherdet plast | | |
| maling/lakk | | |
| metallholdig | | |
| annet | | |
| vet ikke | | |

### 2.4. DRIFT OG TILSTAND

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Deponiets areal og volum | 30 | da | 250.000 | $m^3$ |
| Hvordan er deponiet oppbyd | 1 | | | |

**1: avfall i celler med tett masse mellom, 2: utstrukturert deponering, 3: ukjent**

Kompaktering/komprimering: 1

**1: Komprimering ble utført med kompakteringsmaskin, 2: Ingen komprimering, 3: ukjent**

Deponiets toppdekke: 2

**1: Leire, 2: annet tett dekke, 3: uten tett dekke**

Metanproduksjon/biokjemisk tilstand: 2

**1: økende produkjon, 2: stabil høy produksjon, 3: avtagende, 4: avsluttet, 5: uvisst**

Er uttak av biogass etablert? 1

**1: ja, 2: nei, 3: planlegges, 4: uvisst**

Nylig utførte forurensningsbegrensende tiltak: 1.2 **Beskriv gjerne i kommentarfeltet**

**1: avskjærende grøft, mur etc, 2: oppsamling av sigevann, 3: forsterket overdekking, 4: annet (beskriv)**

**Kommentarer**

**3. VANNFORURENSNING** **© NIVA 1999**

**3.1. Hydrologiske/geologiske forhold**

| | | |
|---|---|---|
| Årsmiddelnedbøren i området (omtrent) | 1850MM | mm/år |
| Dybde til normal grunnvannstand | 30 | meter |
| Jordens mektighet til fjell | ?????? | |
| Beskriv type løsmasseavsetninger i området | 100% FJELL | |
| Fuktighet i fyllingen | 200 % | |

**1: fuktig hele året, 2: periodevis tørr, 3: ukjent**

| | |
|---|---|
| Resipienter for sigevann/avrenning: | 2 |

**1: elv/bekk, 2: innsjø, 3: fjord/kyst, 4: grunnvann, 9: annet**

| | | |
|---|---|---|
| Dominerende grunnforhold | - Under fylling: | 3 |
| | - Rundt fylling: | 3 |

**1: morene, 2: sand/grus, 3: fjell, 4: leire, 5: myr, 6: utfyllingsmasser, 9: ukjent**

**3.2. Drenering ut fra deponi**

| | (sett x) |
|---|---|
| Fangdam for sigevann er bygget | X |
| Deponi med bunntetting og oppsamling i rør | |
| Deponi uten bunntetting med oppsamling i rør | X |
| Overflateavrenning | |
| Drenerer diffust til grunnen | |
| Annet | |
| Ukjent dreneringsvei | |

**3.3. Sigevannsbehandling**

| | (sett x) | |
|---|---|---|
| Ledes i rør til komm. renseanlegg | | |
| Behandles lokalt i teknisk anlegg | | |
| Behandles lokalt i bygget infiltrasjonssystem | X | |
| Diffus, tilfeldig infiltrasjon | | |
| Returpumping tilbake til fylling | X | |
| Annen behandling (spesifiser) | X | LEDES I RØR TIL BYFJODEN PÅ 60 M DYBDE |

**3.4. Prøvetaking**

| | (ja,nei) |
|---|---|
| Er det nedstatt prøvetakingsbrønn(er)? | **J** |
| Prøvetaking av sigevann mulig ? | **J** |
| Utført vannmengdemålinger ? | **J** |

**3.5. Observasjoner knyttet til vannforurensning**

| | (sett x) |
|---|---|
| Olje | |
| Misfarging | |
| Lukt | |
| Skader på vegetasjon | |
| Fiskedød | |
| Annet | |

**Kommentarer**

# 1. OVERORDNET INFORMASJON © NIVA 1999

Utarbeidet av H. Mohn, O. Lindholm, E. Iversen 1999-2002

**1.1. NAVN**

| | |
|---|---|
| * Lokalitetens navn | **Norsk gjenvinning Telemark Vestfold** |
| * Adresse | **Grinda** |
| * Postnummer og poststed | **3270 Larvik** |
| * Referansenr. i NGU-rapport | |

**1.2. EIERFORHOLD**

| | navn,adresse | tlf |
|---|---|---|
| Deponieier | **NGTV** | |
| | **Grinda, 3270 Larvik** | |
| Grunneier | Miljøeiendommer as | |
| | c/o Norsk Gjenvinning | |

**1.3. OMRÅDEBESKRIVELSE**

Områdetype rundt fyllingen: **5**

**1:dyrket mark, 2:industri/lager, 3:bebyggelse, 4:rekreasjon, 5:utmark, 6:sjø, 7:annet**

Avstand til nærmeste bebyggelse: **2**

**1: 0-50 m, 2: 50-200 m, 3: 200-500 m, 4: 500 - 1000 m, 5 > 1000 m**

Topografiske forhold rundt fyllingen **2**

**1: åpent og flatt terreng, 2: kupert men fremkommelig, 3: sterkt kupert terreng**

Bruk av tilgrensende områder: **6**

**1: rekreasjon, 2: industri, 3: jordbruk, 4: bolig/hytte, 5: verneverdig naturomr, 6: annet**

Flora og fauna i området: **3**

**1: mangfoldig og bevaringsverdig, 2: mindre rik men bevaringsverdig, 3: ingen verdi, 4: ukjent**

Menneskelig aktivitet i området: **3**

**1: mye aktivitet og mange tekniske anlegg, 2: liten aktivitet men vil øke, 3: avtagende, 4: ukjent**

Bruk av tilgrensende resipient: **5**

**1:drikkevann, 2:vanning, 3:rekreasjon, 4: beitemark, 5:annet**

**Kommentarer** **(F.eks spesielle dyre/fugle/plante-arter på stedet, kultur/fornminner, spesielle reguleringsbestemmelser, avtaler, hevd, annen virksomhet som vil ha innflytelse)**

## 2. HISTORIE / AVFALLSTYPER © NIVA 1999

1976-2

### 2.1. TIDSPERIODE

| | |
|---|---|
| Start på deponi / forurensning (periode/årstall) | **1976** |
| Opphøring av deponi / forurensning (periode/årstall) | **2005** |

### 2.2. DEPONERTE AVFALLSTYPER

| Aktiviteter, avfallskilder, aktivitetsperiode | sett **x** hvis deponert | Periode/år | Mengde / andel |
|---|---|---|---|
| Kommunalt, blandet avfall | **x** | 1976-1996 | |
| Avfall fra mek.verksted | **x** | 1976-1992 | |
| Avfall fra plastindustri | **x** | 1976- dd | |
| Avfall fra trebearbeiding | | | |
| Avfall fra transportbransjen | | | |
| Avfall fra overflatebearbeidende industri | **x** | 1976-1992 | |
| Avfall fra betong / asfaltbrukere | **x** | 1976-1996 | |
| Avfall fra smelteverk, metallurgisk ind. | **x** | 1976-1992 | |
| Avfall fra parker, spesielt organisk avfall | **x** | 1976-1992 | |
| Annet (spesifiser i egen rubrikk) | | | |

### 2.3. DEPONERING AV MILJØGIFTER

**Har du kunnskap om type miljøgift (sett x i rett rubrikk)?**

| | sikker | mulig |
|---|---|---|
| syre | | **x** |
| base | | **x** |
| olje | | |
| løsemiddel | **x** | |
| uherdet plast | **x** | |
| maling/lakk | **x** | |
| metallholdig | **x** | |
| annet | | |
| vet ikke | | |

### 2.4. DRIFT OG TILSTAND

| | | | |
|---|---|---|---|
| Deponiets areal og volum | **95** | da | $m^3$ |
| Hvordan er deponiet oppbyd | **2** | | |

**1: avfall i celler med tett masse mellom, 2: utstrukturert deponering, 3: ukjent**

Kompaktering/komprimering: **1**

**1: Komprimering ble utført med kompakteringsmaskin, 2: Ingen komprimering, 3: ukjent**

Deponiets toppdekke: **1**

**1: Leire, 2: annet tett dekke, 3: uten tett dekke**

Metanproduksjon/biokjemisk tilstand: **2**

**1: økende produkjon, 2: stabil høy produksjon, 3: avtagende, 4: avsluttet, 5: uvisst**

Er uttak av biogass etablert? **1**

**1: ja, 2: nei, 3: planlegges, 4: uvisst**

Nylig utførte forurensningsbegrensende tiltak: **3** **Beskriv gjerne i kommentarfeltet**

**1: avskjærende grøft, mur etc, 2: oppsamling av sigevann, 3: forsterket overdekking, 4: annet (beskriv)**

**Kommentarer**

## 3. VANNFORURENSNING

© NIVA 1999

### 3.1. Hydrologiske/geologiske forhold

| | | |
|---|---|---|
| Årsmiddelnedbøren i området (omtrent) | | mm/år |
| Dybde til normal grunnvannstand | 08.okt | meter |
| Jordens mektighet til fjell | | |
| Beskriv type løsmasseavsetninger i området | Morene,leire, myr | |
| Fuktighet i fyllingen | 1 | |

**1: fuktig hele året, 2: periodevis tørr, 3: ukjent**

| | | |
|---|---|---|
| Resipienter for sigevann/avrenning: | 9 | |

**1: elv/bekk, 2: innsjø, 3: fjord/kyst, 4: grunnvann, 9: annet**

| | | |
|---|---|---|
| Dominerende grunnforhold | - Under fylling: | 3,4,5 |
| | - Rundt fylling: | 3.6 |

**1: morene, 2: sand/grus, 3: fjell, 4: leire, 5: myr, 6: utfyllingsmasser, 9: ukjent**

### 3.2. Drenering ut fra deponi

| | (sett x) |
|---|---|
| Fangdam for sigevann er bygget | |
| Deponi med bunntetting og oppsamling i rør | x |
| Deponi uten bunntetting med oppsamling i rør | x |
| Overflateavrenning | x |
| Drenerer diffust til grunnen | |
| Annet | |
| Ukjent dreneringsvei | |

### 3.3. Sigevannsbehandling

| | (sett x) |
|---|---|
| Ledes i rør til komm. renseanlegg | x |
| Behandles lokalt i teknisk anlegg | |
| Behandles lokalt i bygget infiltrasjonssystem | |
| Diffus, tilfeldig infiltrasjon | |
| Returpumping tilbake til fylling | |
| Annen behandling (spesifiser) | |

### 3.4. Prøvetaking

| | (ja,nei) |
|---|---|
| Er det nedstatt prøvetakingsbrønn(er)? | ja |
| Prøvetaking av sigevann mulig ? | ja |
| Utført vannmengdemålinger ? | ja |

### 3.5. Observasjoner knyttet til vannforurensning

| | (sett x) |
|---|---|
| Olje | |
| Misfarging | x |
| Lukt | x |
| Skader på vegetasjon | |
| Fiskedød | |
| Annet | |

**Kommentarer** **Pkt. 3.2: anlegget består av 2 deponier; det elste startet i 1976 og avsluttet i1992 er uten bunntetting,men har dreneringssystem for sigevann. Nyeste deponi startet 1992, og ikke avsluttet har bunntetting med leire, og rørsystem for sigevann.**

# 1. OVERORDNET INFORMASJON © NIVA 1999

Utarbeidet av H. Mohn, O. Lindholm, E. Iversen 1999-2002

**1.1. NAVN**

| | |
|---|---|
| * Lokalitetens navn | **Lindum Ressurs og Gjenvinning** |
| * Adresse | **Lerpeveien 155** |
| * Postnummer og poststed | **3036 Drammen** |
| * Referansenr. i NGU-rapport | |

**1.2. EIERFORHOLD**

| | navn,adresse | tlf |
|---|---|---|
| Deponieier | **Lindum Ressurs og Gjenv** | |
| | * | |
| Grunneier | Drammen kommur | |
| | Engene 1 3008 Dr | |

**1.3. OMRÅDEBESKRIVELSE**

Områdetype rundt fyllingen: **4**

**1:dyrket mark, 2:industri/lager, 3:bebyggelse, 4:rekreasjon, 5:utmark, 6:sjø, 7:annet**

Avstand til nærmeste bebyggelse: **1**

**1: 0-50 m, 2: 50-200 m, 3: 200-500 m, 4: 500 - 1000 m, 5 > 1000 m**

Topografiske forhold rundt fyllingen **2**

**1: åpent og flatt terreng, 2: kupert men fremkommelig, 3: sterkt kupert terreng**

Bruk av tilgrensende områder: 1 og 3

**1: rekreasjon, 2: industri, 3: jordbruk, 4: bolig/hytte, 5: verneverdig naturomr, 6: annet**

Flora og fauna i området: 3

**1: mangfoldig og bevaringsverdig, 2: mindre rik men bevaringsverdig, 3: ingen verdi, 4: ukjent**

Menneskelig aktivitet i området: **Liten akt**

**1: mye aktivitet og mange tekniske anlegg, 2: liten aktivitet men vil øke, 3: avtagende, 4: ukjent**

Bruk av tilgrensende resipient: **4**

**1:drikkevann, 2:vanning, 3:rekreasjon, 4: beitemark, 5:annet**

**Kommentarer** **(F.eks spesielle dyre/fugle/plante-arter på stedet, kultur/fornminner, spesielle reguleringsbestemmelser, avtaler, hevd, annen virksomhet som vil ha innflytelse)**

*** For avfall deponert før 1998 er Drammen kommune ansvarlig for eventuelle miljøsynder**

## 2. HISTORIE / AVFALLSTYPER © NIVA 1999

### 2.1. TIDSPERIODE

| | |
|---|---|
| Start på deponi / forurensning (periode/årstall) | **1964** |
| Opphøring av deponi / forurensning (periode/årstall) | **2023** |

### 2.2. DEPONERTE AVFALLSTYPER

| Aktiviteter, avfallskilder, aktivitetsperiode | sett **x** hvis deponert | Periode/år | Mengde / andel |
|---|---|---|---|
| Kommunalt, blandet avfall | **x** | 64-98 | **Mye** |
| Avfall fra mek.verksted | x | 64-75 | lite |
| Avfall fra plastindustri | | | |
| Avfall fra trebearbeiding | x | 64-90 | lite |
| Avfall fra transportbransjen | x | 64-97 | lite |
| Avfall fra overflatebearbeidende industri | x | 64==> | lite |
| Avfall fra betong / asfaltbrukere | x | 64-98 | lite |
| Avfall fra smelteverk, metallurgisk ind. | | | |
| Avfall fra parker, spesielt organisk avfall | x | 64-95 | lite |
| Annet (spesifiser i egen rubrikk) | | | |

### 2.3. DEPONERING AV MILJØGIFTER

**Har du kunnskap om type miljøgift (sett x i rett rubrikk)?**

| | sikker | mulig |
|---|---|---|
| syre | | x |
| base | x | |
| olje | x | |
| løsemiddel | x | |
| uherdet plast | x | |
| maling/lakk | x | |
| metallholdig | x | |
| annet | | |
| vet ikke | | |

### 2.4. DRIFT OG TILSTAND

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Deponiets areal og volum | 250 | da | 3,5 mill | $m^3$ |
| Hvordan er deponiet oppbyd | 1 | | | |

**1: avfall i celler med tett masse mellom, 2: utstrukturert deponering, 3: ukjent**

Kompaktering/komprimering: 1

**1: Komprimering ble utført med kompakteringsmaskin, 2: Ingen komprimering, 3: ukjent**

Deponiets toppdekke: 1

**1: Leire, 2: annet tett dekke, 3: uten tett dekke**

Metanproduksjon/biokjemisk tilstand: 2

**1: økende produkjon, 2: stabil høy produksjon, 3: avtagende, 4: avsluttet, 5: uvisst**

Er uttak av biogass etablert? 1

**1: ja, 2: nei, 3: planlegges, 4: uvisst**

Nylig utførte forurensningsbegrensende tiltak: 1 **Beskriv gjerne i kommentarfeltet**

**1: avskjærende grøft, mur etc, 2: oppsamling av sigevann, 3: forsterket overdekking, 4: annet (beskriv)**

**Kommentarer**

**Har også laget en avskjærende grøft for å begrense innsiget av**
i sigevannsnettet

## 3. VANNFORURENSNING © NIVA 1999

### 3.1. Hydrologiske/geologiske forhold

| | | |
|---|---|---|
| Årsmiddelnedbøren i området (omtrent) | 850 | mm/år |
| Dybde til normal grunnvannstand | 2-5 | meter |
| Jordens mektighet til fjell | 1-5 | |
| Beskriv type løsmasseavsetninger i området | Morene/leire | |
| Fuktighet i fyllingen | 2 | |

**1: fuktig hele året, 2: periodevis tørr, 3: ukjent**

| | |
|---|---|
| Resipienter for sigevann/avrenning: | 1* |

**1: elv/bekk, 2: innsjø, 3: fjord/kyst, 4: grunnvann, 9: annet**

| | | |
|---|---|---|
| Dominerende grunnforhold | - Under fylling: | 5/3 |
| | - Rundt fylling: | 1 |

**1: morene, 2: sand/grus, 3: fjell, 4: leire, 5: myr, 6: utfyllingsmasser, 9: ukjent**

### 3.2. Drenering ut fra deponi

| | (sett x) |
|---|---|
| Fangdam for sigevann er bygget | |
| Deponi med bunntetting og oppsamling i rør | |
| Deponi uten bunntetting med oppsamling i rør | x |
| Overflateavrenning | |
| Drenerer diffust til grunnen | |
| Annet | |
| Ukjent dreneringsvei | |

### 3.3. Sigevannsbehandling

| | (sett x) |
|---|---|
| Ledes i rør til komm. renseanlegg | |
| Behandles lokalt i teknisk anlegg | |
| Behandles lokalt i bygget infiltrasjonssystem | |
| Diffus, tilfeldig infiltrasjon | |
| Returpumping tilbake til fylling | |
| Annen behandling (spesifiser) | |

### 3.4. Prøvetaking

| | (ja,nei) |
|---|---|
| Er det nedstatt prøvetakingsbrønn(er)? | |
| Prøvetaking av sigevann mulig ? | |
| Utført vannmengdemålinger ? | |

### 3.5. Observasjoner knyttet til vannforurensning

| | (sett x) |
|---|---|
| Olje | |
| Misfarging | |
| Lukt | |
| Skader på vegetasjon | |
| Fiskedød | |
| Annet | |

**Kommentarer**

*** Sigevannet går på kommunalt nett.**
**Overvannet går i bekk nedstrøms deponi. Det er gjort stor innsats for å hindre at sigevann går i bekk nedstrøms deponi**

# 1. OVERORDNET INFORMASJON © NIVA 1999

Utarbeidet av H. Mohn, O. Lindholm, E. Iversen 1999-2002

**1.1. NAVN**

| | |
|---|---|
| * Lokalitetens navn | **GRØNMO AVFALLSANLEGG** |
| * Adresse | **SØRLIVN** |
| * Postnummer og poststed | **1279 KLEMTESRUD** |
| * Referansenr. i NGU-rapport | **?** |

**1.2. EIERFORHOLD**

| | navn,adresse | tlf |
|---|---|---|
| Deponieier | **Oslo kommune** | |
| | **renovasjonsetaten** | |
| Grunneier | Oslo kommune | |
| | | |

**1.3. OMRÅDEBESKRIVELSE**

Områdetype rundt fyllingen: **4.5**

**1:dyrket mark, 2:industri/lager, 3:bebyggelse, 4:rekreasjon, 5:utmark, 6:sjø, 7:annet**

Avstand til nærmeste bebyggelse: **3**

**1: 0-50 m, 2: 50-200 m, 3: 200-500 m, 4: 500 - 1000 m, 5 > 1000 m**

Topografiske forhold rundt fyllingen **2**

**1: åpent og flatt terreng, 2: kupert men fremkommelig, 3: sterkt kupert terreng**

Bruk av tilgrensende områder: 1.4

**1: rekreasjon, 2: industri, 3: jordbruk, 4: bolig/hytte, 5: verneverdig naturomr, 6: annet**

Flora og fauna i området: 4

**1: mangfoldig og bevaringsverdig, 2: mindre rik men bevaringsverdig, 3: ingen verdi, 4: ukjent**

Menneskelig aktivitet i området: **2**

**1: mye aktivitet og mange tekniske anlegg, 2: liten aktivitet men vil øke, 3: avtagende, 4: ukjent**

Bruk av tilgrensende resipient: **5**

**1:drikkevann, 2:vanning, 3:rekreasjon, 4: beitemark, 5:annet**

**Kommentarer** **(F.eks spesielle dyre/fugle/plante-arter på stedet, kultur/fornminner, spesielle reguleringsbestemmelser, avtaler, hevd, annen virksomhet som vil ha innflytelse)**

## 2. HISTORIE / AVFALLSTYPER © NIVA 1999

### 2.1. TIDSPERIODE

| | |
|---|---|
| Start på deponi / forurensning (periode/årstall) | **1969** |
| Opphøring av deponi / forurensning (periode/årstall) | **2007** |

### 2.2. DEPONERTE AVFALLSTYPER

| Aktiviteter, avfallskilder, aktivitetsperiode | sett **x** hvis deponert | Periode/år | Mengde / andel |
|---|---|---|---|
| Kommunalt, blandet avfall | | **DETTE KREVER FOR LANG TID** | |
| Avfall fra mek.verksted | | | |
| Avfall fra plastindustri | | | |
| Avfall fra trebearbeiding | | | |
| Avfall fra transportbransjen | | | |
| Avfall fra overflatebearbeidende industri | | | |
| Avfall fra betong / asfaltbrukere | | | |
| Avfall fra smelteverk, metallurgisk ind. | | | |
| Avfall fra parker, spesielt organisk avfall | | | |
| Annet (spesifiser i egen rubrikk) | | | |

### 2.3. DEPONERING AV MILJØGIFTER

**Har du kunnskap om type miljøgift (sett x i rett rubrikk)?**

| | sikker | mulig |
|---|---|---|
| syre | | X |
| base | | X |
| olje | | X |
| løsemiddel | | X |
| uherdet plast | | X |
| maling/lakk | | X |
| metallholdig | | X |
| annet | | X |
| vet ikke | | X |

### 2.4. DRIFT OG TILSTAND

| | | | |
|---|---|---|---|
| Deponiets areal og volum | 580 | da | 5 MILL $m^3$ |
| Hvordan er deponiet oppbyd | 1.2 | | |

**1: avfall i celler med tett masse mellom, 2: utstrukturert deponering, 3: ukjent**

Kompaktering/komprimering: 1

**1: Komprimering ble utført med kompakteringsmaskin, 2: Ingen komprimering, 3: ukjent**

Deponiets toppdekke: 1

**1: Leire, 2: annet tett dekke, 3: uten tett dekke**

Metanproduksjon/biokjemisk tilstand: 2.3

**1: økende produkjon, 2: stabil høy produksjon, 3: avtagende, 4: avsluttet, 5: uvisst**

Er uttak av biogass etablert? 1

**1: ja, 2: nei, 3: planlegges, 4: uvisst**

Nylig utførte forurensningsbegrensende tiltak: 1,2,3 **Beskriv gjerne i kommentarfeltet**

**1: avskjærende grøft, mur etc, 2: oppsamling av sigevann, 3: forsterket overdekking, 4: annet (beskriv)**

**Kommentarer** **i TILLEGG BENYTTES VEKSTLAG**

## 3. VANNFORURENSNING

© NIVA 1999

### 3.1. Hydrologiske/geologiske forhold

| | | |
|---|---|---|
| Årsmiddelnedbøren i området (omtrent) | 750 | mm/år |
| Dybde til normal grunnvannstand | ca | meter |
| Jordens mektighet til fjell | 01.okt | |
| Beskriv type løsmasseavsetninger i området | mar. leirer | |
| Fuktighet i fyllingen | 2 | |

**1: fuktig hele året, 2: periodevis tørr, 3: ukjent**

| | | |
|---|---|---|
| Resipienter for sigevann/avrenning: | 9 | |

**1: elv/bekk, 2: innsjø, 3: fjord/kyst, 4: grunnvann, 9: annet**

| | | |
|---|---|---|
| Dominerende grunnforhold | - Under fylling: | 4 |
| | - Rundt fylling: | 3 |

**1: morene, 2: sand/grus, 3: fjell, 4: leire, 5: myr, 6: utfyllingsmasser, 9: ukjent**

### 3.2. Drenering ut fra deponi

| | (sett x) |
|---|---|
| Fangdam for sigevann er bygget | x |
| Deponi med bunntetting og oppsamling i rør | leire |
| Deponi uten bunntetting med oppsamling i rør | |
| Overflateavrenning | sep. |
| Drenerer diffust til grunnen | |
| Annet | kloakk |
| Ukjent dreneringsvei | |

### 3.3. Sigevannsbehandling

| | (sett x) |
|---|---|
| Ledes i rør til komm. renseanlegg | x |
| Behandles lokalt i teknisk anlegg | |
| Behandles lokalt i bygget infiltrasjonssystem | |
| Diffus, tilfeldig infiltrasjon | |
| Returpumping tilbake til fylling | delvis |
| Annen behandling (spesifiser) | luft/sed |

### 3.4. Prøvetaking

| | (ja,nei) |
|---|---|
| Er det nedstatt prøvetakingsbrønn(er)? | **ja** |
| Prøvetaking av sigevann mulig ? | **ja** |
| Utført vannmengdemålinger ? | **ja** |

### 3.5. Observasjoner knyttet til vannforurensning

| | (sett x) |
|---|---|
| Olje | |
| Misfarging | |
| Lukt | |
| Skader på vegetasjon | |
| Fiskedød | |
| Annet | |

**Kommentarer**

**3.5 ikke registrert dersom det dreier seg om forur. fra sigevann. Svak antydning i en gr.vannsbrønn**
**Anlegget har biologisk lufting med sedimentering-**
**Drenering fra gammelt med byggavfall, betong.**
**I dag med dreneringslag av spr.stein og pukk med** selvfall

# 1. OVERORDNET INFORMASJON © NIVA 1999

Utarbeidet av H. Mohn, O. Lindholm, E. Iversen 1999-2002

**1.1. NAVN**

| | |
|---|---|
| * Lokalitetens navn | **FREVAR KF** |
| * Adresse | **Habornveien 61** |
| * Postnummer og poststed | **1630 Gamle Fredrikstad** |
| * Referansenr. i NGU-rapport | |

**1.2. EIERFORHOLD**

| | navn,adresse | tlf |
|---|---|---|
| Deponieier | **Fredrikstad Kommune** | |
| | **Eiendomsavdelingen** | |
| Grunneier | Nygårdsgata 16 - F | |
| | pb 1405 | |

**1.3. OMRÅDEBESKRIVELSE**

Områdetype rundt fyllingen: **2**

**1:dyrket mark, 2:industri/lager, 3:bebyggelse, 4:rekreasjon, 5:utmark, 6:sjø, 7:annet**

Avstand til nærmeste bebyggelse: **3**

**1: 0-50 m, 2: 50-200 m, 3: 200-500 m, 4: 500 - 1000 m, 5 > 1000 m**

Topografiske forhold rundt fyllingen **1**

**1: åpent og flatt terreng, 2: kupert men fremkommelig, 3: sterkt kupert terreng**

Bruk av tilgrensende områder: 1, 2, 5.

**1: rekreasjon, 2: industri, 3: jordbruk, 4: bolig/hytte, 5: verneverdig naturomr, 6: annet**

Flora og fauna i området: 4

**1: mangfoldig og bevaringsverdig, 2: mindre rik men bevaringsverdig, 3: ingen verdi, 4: ukjent**

Menneskelig aktivitet i området: **1**

**1: mye aktivitet og mange tekniske anlegg, 2: liten aktivitet men vil øke, 3: avtagende, 4: ukjent**

Bruk av tilgrensende resipient: **5**

**1:drikkevann, 2:vanning, 3:rekreasjon, 4: beitemark, 5:annet**

**Kommentarer** **(F.eks spesielle dyre/fugle/plante-arter på stedet, kultur/fornminner, spesielle reguleringsbestemmelser, avtaler, hevd, annen virksomhet som vil ha innflytelse)**

## 2. HISTORIE / AVFALLSTYPER © NIVA 1999

### 2.1. TIDSPERIODE

| | |
|---|---|
| Start på deponi / forurensning (periode/årstall) | |
| Opphøring av deponi / forurensning (periode/årstall) | |

### 2.2. DEPONERTE AVFALLSTYPER

| Aktiviteter, avfallskilder, aktivitetsperiode | sett **x** hvis deponert | Periode/år | Mengde / andel |
|---|---|---|---|
| Kommunalt, blandet avfall | | | |
| Avfall fra mek.verksted | | | |
| Avfall fra plastindustri | | | |
| Avfall fra trebearbeiding | | | |
| Avfall fra transportbransjen | | | |
| Avfall fra overflatebearbeidende industri | | | |
| Avfall fra betong / asfaltbrukere | | | |
| Avfall fra smelteverk, metallurgisk ind. | | | |
| Avfall fra parker, spesielt organisk avfall | | | |
| Annet (spesifiser i egen rubrikk) | | | |

### 2.3. DEPONERING AV MILJØGIFTER

**Har du kunnskap om type miljøgift (sett x i rett rubrikk)?**

| | sikker | mulig |
|---|---|---|
| syre | | |
| base | | |
| olje | | |
| løsemiddel | | |
| uherdet plast | | |
| maling/lakk | | |
| metallholdig | | |
| annet | | |
| vet ikke | | |

### 2.4. DRIFT OG TILSTAND

Deponiets areal og volum: da $m^3$

Hvordan er deponiet oppbyd

**1: avfall i celler med tett masse mellom, 2: utstrukturert deponering, 3: ukjent**

Kompaktering/komprimering: Kontinuerlig på aktiv deponi.

**1: Komprimering ble utført med kompakteringsmaskin, 2: Ingen komprimering, 3: ukjent**

Deponiets toppdekke:

**1: Leire, 2: annet tett dekke, 3: uten tett dekke**

Metanproduksjon/biokjemisk tilstand: 5

**1: økende produkjon, 2: stabil høy produksjon, 3: avtagende, 4: avsluttet, 5: uvisst**

Er uttak av biogass etablert? Delvis gjennom bioceller.

**1: ja, 2: nei, 3: planlegges, 4: uvisst**

Nylig utførte forurensningsbegrensende tiltak: **Beskriv gjerne i kommentarfeltet**

**1: avskjærende grøft, mur etc, 2: oppsamling av sigevann, 3: forsterket overdekking, 4: annet (beskriv)**

**Kommentarer**

**3. VANNFORURENSNING** **© NIVA 1999**

**3.1. Hydrologiske/geologiske forhold**

| | | |
|---|---|---|
| Årsmiddelnedbøren i området (omtrent) | 750 | mm/år |
| Dybde til normal grunnvannstand | 2.0 | meter |
| Jordens mektighet til fjell | 3.4 | |
| Beskriv type løsmasseavsetninger i området | silt, sand, leire , grus. | |
| Fuktighet i fyllingen | | |

**1: fuktig hele året, 2: periodevis tørr, 3: ukjent**

| | | |
|---|---|---|
| Resipienter for sigevann/avrenning: | 1 | |

**1: elv/bekk, 2: innsjø, 3: fjord/kyst, 4: grunnvann, 9: annet**

| | | |
|---|---|---|
| Dominerende grunnforhold | - Under fylling: | Gammel sjøbunn, siltig leire og fast leire. |
| | - Rundt fylling: | |

**1: morene, 2: sand/grus, 3: fjell, 4: leire, 5: myr, 6: utfyllingsmasser, 9: ukjent**

**3.2. Drenering ut fra deponi**

| | (sett x) |
|---|---|
| Fangdam for sigevann er bygget | |
| Deponi med bunntetting og oppsamling i rør | x- Vi har ikke noen bunntettning utover at bunn i deponi er av leire. |
| Deponi uten bunntetting med oppsamling i rør | |
| Overflateavrenning | |
| Drenerer diffust til grunnen | |
| Annet | |
| Ukjent dreneringsvei | |

**3.3. Sigevannsbehandling**

| | (sett x) |
|---|---|
| Ledes i rør til komm. renseanlegg | X |
| Behandles lokalt i teknisk anlegg | |
| Behandles lokalt i bygget infiltrasjonssystem | |
| Diffus, tilfeldig infiltrasjon | |
| Returpumping tilbake til fylling | X* ligger i deponi som er ferdig og tilbakeført Fredrikstad kommune. |
| Annen behandling (spesifiser) | |

**3.4. Prøvetaking**

| | (ja,nei) |
|---|---|
| Er det nedstatt prøvetakingsbrønn(er)? | **Ja** |
| Prøvetaking av sigevann mulig ? | **Ja** |
| Utført vannmengdemålinger ? | **Ja** |

**3.5. Observasjoner knyttet til vannforurensning**

| | (sett x) |
|---|---|
| Olje | X |
| Misfarging | X |
| Lukt | X |
| Skader på vegetasjon | |
| Fiskedød | |
| Annet | |

**Kommentarer**

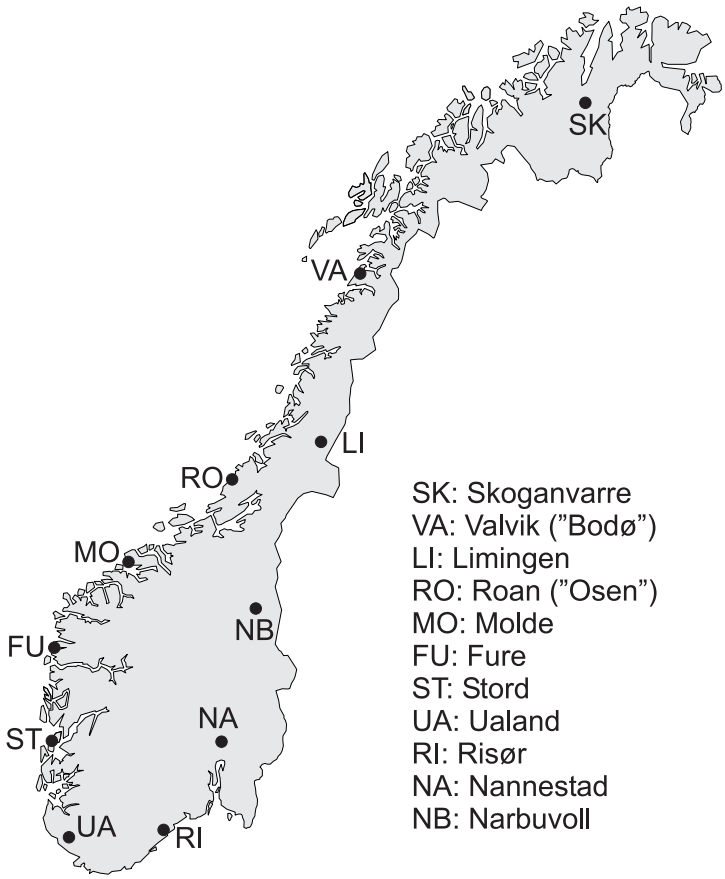
***Gjelder sigevann fra avsluttet deponi for spesialavfall (elektrofilterstøv og posefilterstøv.**

# Vedlegg C

# Feltrapport fra prøvetaking av mose

Tidligere undersøkelser i Norge har vist at mose er meget vel egnet til å bestemme nedfall av tungmetaller fra atmosfæren (e.g. Steinnes et al., 1992; Berg et al., 1995). Metoden har også vært forsøkt for PCB og andre persistente organoklorforbindelser (Lead et al., 1996). Dette studiet, som ble utført på arkiverte moseprøver, tydet på at mose kan gi nyttig informasjon om tilførsel av disse stoffene. Studiet viste også at stor forsiktighet må utvises under prøvetaking, transport og lagring av prøvene for å unngå kontaminering.

Så vidt bekjent er det ikke tidligere forsøkt å analysere mose med hensyn på persistente organobrom-forbindelser. Det ble derfor i perioden 1.7-6.7 2002 samlet inn prøver av etasjemose (*Hylocomium splendens*) for dette formål fra 11 lokaliteter spredt ut over landet. En oversikt over lokalitetene er gitt i Tabell C.1 og Figur C.1. Prøver på ca. 1 liter ble tatt fra skog og andre naturtyper i en avstand på minst 300 meter fra vei eller bebyggelse. Ingen av lokalitetene lå mindre enn 10 km fra nærmeste by eller tettbebyggelse. Prøven "Molde" ble tatt på en topografisk skjermet lokalitet ca. 10 km vest for sentrum av byen. Prøvene ble pakket inn i aluminiumsfolie, og "pakken" ble deretter plassert i en lukket polyeten lynlåspose og transportert til NTNU i en kjølebag med fryseelementer. Der ble prøvene renset for barnåler og annet fremmed materiale så langt det var mulig uten oppvarming, og de rensede prøvene ble igjen innpakket på samme måte som før og frosset ned. Transporten til analyselaboratoriet ved NILU skjedde nedfrosset i kjølebag. All berøring med mosen i felt og lab foregikk med engangshansker av polyeten.




*Figur C.1: Stasjoner for moseprøvetaking.*

Tørrvekt av mosen ble bestemt på separate paralleller av prøvene, og resultatene er gitt i Tabell C.1.

*Tabell C.1: Lokaliteter for prøvetaking av mose (koordinatene er gitt i desimalform).*

| Lokalitet | °N | °E | Tørrrvekt (% av friskvekt) |
|---|---|---|---|
| Skoganvarre | 69.83 | 25.18 | 19.6 |
| Valvik (”Bodø”) | 67.38 | 14.64 | - |
| Limingen | 64.97 | 13.58 | - |
| Roan (”Osen”) | 64.15 | 10.25 | - |
| Molde | 62.73 | 07.00 | - |
| Fure | 61.33 | 05.30 | - |
| Stord | 59.88 | 05.32 | 25.0 |
| Ualand | 58.55 | 06.37 | 20.1 |
| Risør | 58.75 | 09.13 | 17.1 |
| Nannestad | 60.19 | 10.77 | 34.1 |
| Narbuvoll | 62.38 | 11.47 | 21.0 |

# Vedlegg D

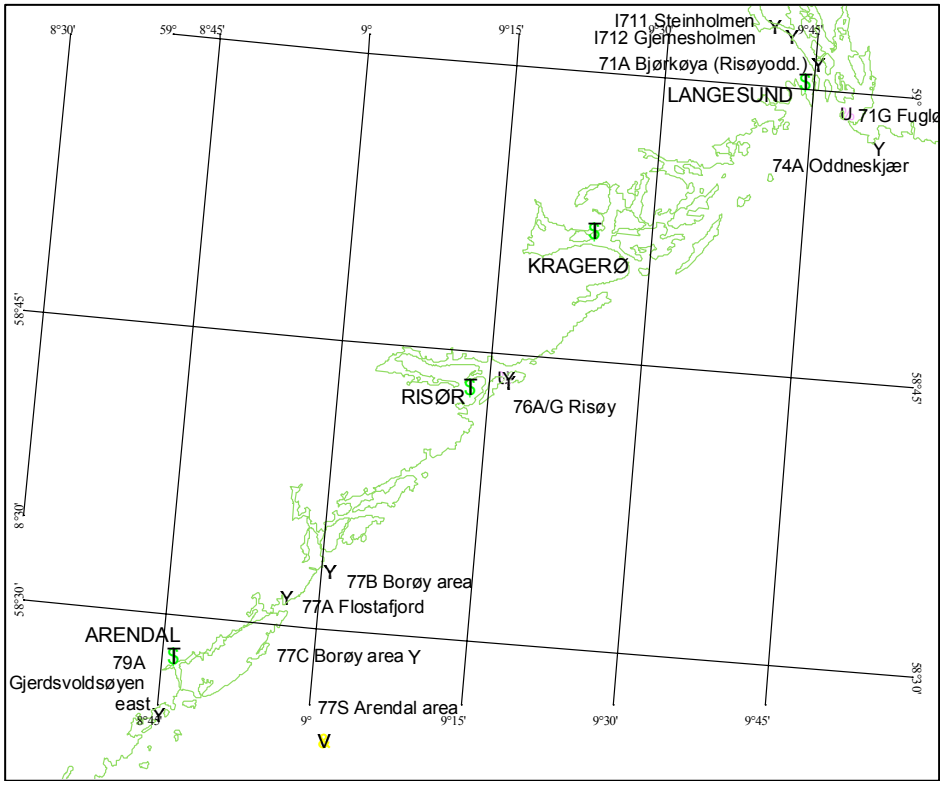
# Feltrapport fra prøvetaking av blåskjell og torskelever

Undersøkelse av blåskjell (*Mytilus edulis*) og torsk (*Gadus morhua*) er i regi av det norske bidrag til OSPAR-kommissjonens Joint Assessment and Monitoring Programme (JAMP). JAMP har fulgt retningslinjene fra OSPAR (1990, 1997) så langt det har latt seg gjøre. Tre størrelsesgrupper av blåskjell ble innsamlet fra hver av tre stasjoner: Indre Oslofjord (st. 30A), ytre Oslofjord (st. 36A) og på Risøy (st. 76A) utenfor Risør (Tabell D.1 og Figur D.1). De tre størrelsesgruppene er 20-30, 30-40 og 40-50 mm. For hver gruppe ble det innsamlet femti individer til en blandprøve. Hundre individer fra 2-3 cm gruppen ble innsamlet dersom det var for lite materiale i femti individer. Etter retningslinjene ble skjellene "tarmrenset" ved at de holdes levende 12-24 timer i et akvarium med sjøvann fra innsamlingsstedet. Under denne tømmingen av tarm skal temperaturen holdes konstant ved ca. 8°C. Deretter blir skjellene renset og frosset.

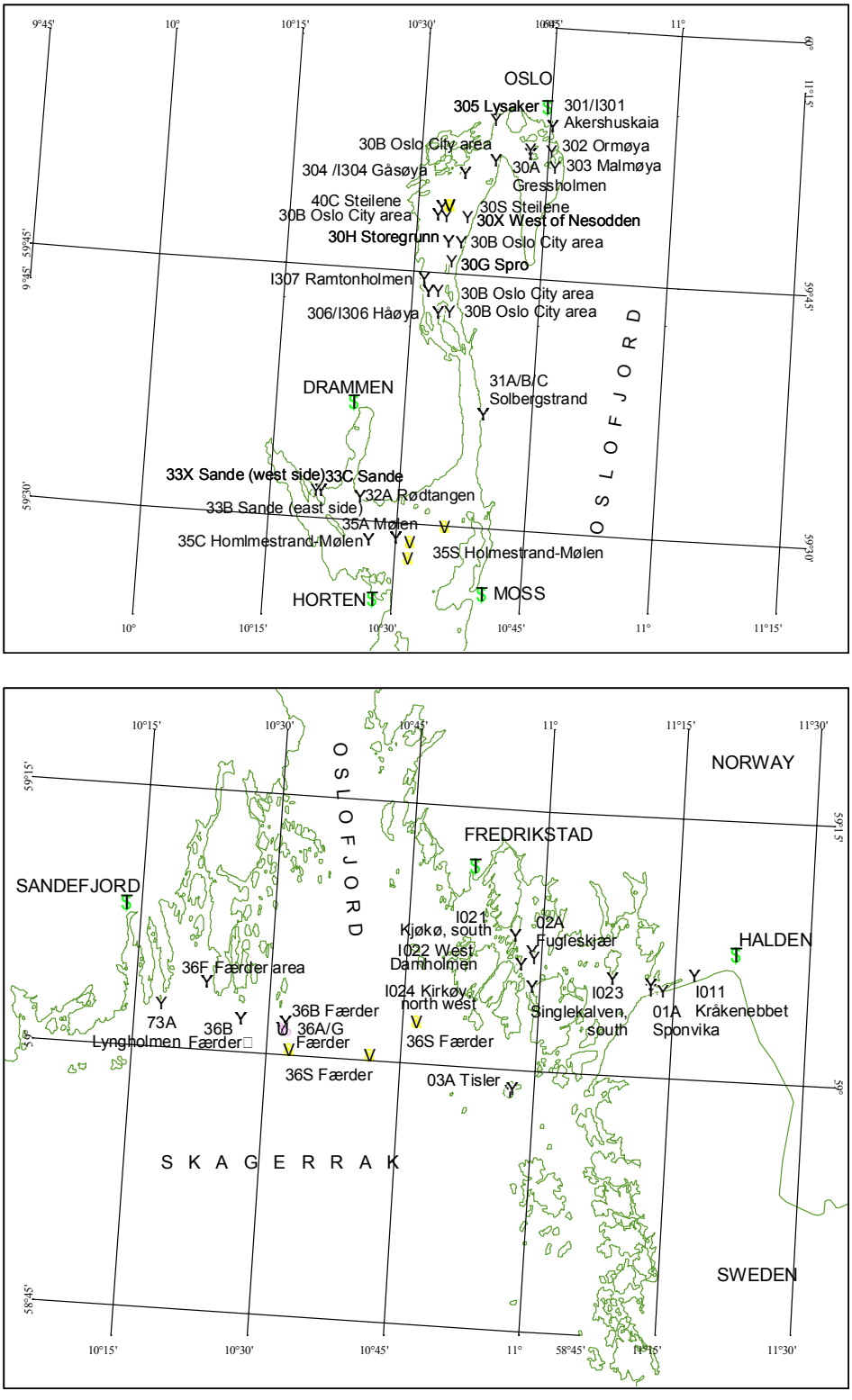
Analyse av torskelever ble gjort på tre blandprøver av fem individer etter de omtrentlig størrelsesintervallene: 475-540, 540-615, og 615-700 mm. Torskelever ble undersøkt på to stasjoner: indre Oslofjord (st.30B) og ytre Oslofjord (36B).

*Tabell D.1: JAMP-stasjoner for prøvetaking av blåskjell og torskelever.*

| JAMP Stasjonsnummer | Stasjonsnavn | Bredde | Lengde | Art |
|---|---|---|---|---|
| 30A | Gressholmen | 59° 52.75 | 10° 43.0 | Mytilus edulis |
| 30B | Oslo City area | 59° 49.0 | 10° 33.0 | Gadus morhua |
| 36A | Færder | 59° 1.60 | 10° 31.70 | Mytilus edulis |
| 36B | Færder | 59° 2.0 | 10° 32.0 | Gadus morhua |
| 76A | Risøy | 58° 43.60 | 9° 17.0 | Mytilus edulis |




*Figur D.1: JAMP-stasjoner.*




*Figur D.1, forts.*

# Vedlegg E

# Prøveopparbeidelse og analyse

## Opparbeidelse

Til alle prøvetyper ble det tilsatt et sett av intern standarder (PBDE-71 og 77og $^{13}$C-TBBPA) for å kontrollere utbytte av ekstraksjon og opparbeidelse. De samme forbindelser ble senere benyttet som intern standard ved kvantifiseringen. Dette medfører at prøveresultatene automatisk blir korrigert for eventuelle tap under ekstraksjon og opparbeidelse.

Før opparbeidelse ble prøvene forbehandlet på følgende måte:

| Prøvetype | Forbehandling | Ekstraksjon |
|---|---|---|
| Sediment | Vannet er filtrert av | Soxhlet a)aceton (4 t)<br>b) heksan/aceton (12 t) |
| Mose | Homogenisering med $Na_2SO_4$ | Kald kolonneekstraksjon med heksan/aceton |
| Biologiske prøver | Homogenisering med $Na_2SO_4$ | Kald kolonneekstraksjon etylacetat/sykloheksan |

Etter ekstraksjon ble prøvene renset vha. gelpermeasjonskromatografi (GPC) og ble behandlet med 90 % svovelsyre. Før separasjon og kvantifisering vha. GC/MS eller LC/MS blir ekstraktet oppkonsentrert og tilsatt gjenvinningsstandard.

## Analyse

Bestemmelse av TBA, PBB og PBDE ble utført ved hjelp av gasskromatografi kombinert med lavoppløsende negativt ion kjemisk ionisasjon massespektrometri (GC/LRMS-NCI). Bestemmelse av m-TBBPA og TBBPA ble utført ved hjelp av gasskromatografi kombinert med høyoppløsende massespektrometri i elektronstøt-modus (GC/HRMS). Bestemmelse av SCCP og MCCP ble utført ved hjelp av gasskromatografi kombinert med høyoppløsende negativt ion kjemisk ionisasjon massespektrometri (GC/HRMS-NCI).

HBCD er vanskelige å analysere med GC/MS på grunn av termolabilitet. Derfor ble det utviklet en mer skånsom analysemetode basert på høytrykks væskekromatografi koplet til høytoppløsende massespektrometri (HPLC/HRMS). Før prøvene kunne analyseres med HPLC/HRMS ble løsemiddelet byttet til acetonitril. Deretter ble det benyttet negativ elektrospray-ionisering og omvendt fase væskekromatografi.

Følgende kvalitetskriterier ble kontrollert:

- Rene uforstyrrete massefragmentogrammer
- Korrekt intensitetsforhold for M- og (M+2)-massefragmentogrammene
- Signal/støyforhold > 3:1

Analysekvaliteten og analyseusikkerheten blir testet ved hjelp av deltakelse i interkalibreringer. I 2002 har NILUs laboratoriet deltatt i to relevante interkalibreringer. Resultatene av sammenligningen kan betegnes som meget gode tatt i betraktning av at metoden hos alle deltakere fortsatt er i utviklingsfasen. Det estimeres at måleusikkerheten for TBA, PBB, PBDE og TBBPA ligger mellom 30 og 40%. For SCCP ligger måleusikkerheten mellom 40 og 50 %. Dette er noe høyere enn for PCB eller dioksiner hvor måleusikkerheten ligger rundt 20 %. Analyser av HBCD må betraktes som semikvantitative.

**Norsk institutt for luftforskning (NILU)**
Postboks 100, N-2027 Kjeller

| RAPPORTTYPE<br>OPPDRAGSRAPPORT | RAPPORT NR. NILU 62/2002 | ISBN 82-425-1411-9<br>ISSN 0807-7207 | |
|---|---|---|---|
| DATO | ANSV. SIGN. | ANT. SIDER<br>69 | PRIS<br>NOK 150,- |

| TITTEL<br>Kartlegging av bromerte flammehemmere og klorerte parafiner | PROSJEKTLEDER<br>Martin Schlabach |
|---|---|
| | NILU PROSJEKT NR.<br>O-102116 |
| FORFATTER(E)<br>Martin Schlabach, Espen Mariussen, Anders Borgen, Christian Dye, Ellen-Katrin Enge (alle NILU), Eiliv Steinnes (NTNU), Norman Green (NIVA) og Henning Mohn (NIVA) | TILGJENGELIGHET *<br>A |
| | OPPDRAGSGIVERS REF.<br>SFT rapport nr. 866/02 (TA-1924/2002) |

OPPDRAGSGIVER
Statens forurensningstilsyn
Postboks 8100 Dep.
0032 OSLO

| STIKKORD<br>Bromerte flammehemmere | Klorerte parafiner | POP |
|---|---|---|

REFERAT
NILU har på oppdrag fra SFT gjennomført en screening-undersøkelse av de mest relevante bromerte flammehemmere (BFR) og klorerte parafiner (CP) fra utvalgte deler av det norske miljøet. Det ble fokusert på utlekking fra avfallsdeponier, på lufttransportpotensiale og på nivåene i marine biologiske prøver.
Det var mulig å påvise de fleste BFR og CP i sedimenter i sigevann fra avfallsdeponier. Det var klare indikasjoner på at CP og de fleste BFR, inklusive dekabromdifenyleter, kan transporteres gjennom atmosfæren. Det ble funnet BFR og CP i alle undersøkte marine biologiske prøver. Blåskjell og torskelever fra indre Oslofjord er hadde høyest nivåer i denne studien og er tydelig påvirket av lokale kilder.
Resultatene fra denne studien er meget relevant for videre risikovurderinger.

TITLE
Screening of brominated flame retardants and chlorinated paraffins

ABSTRACT
NILU has, on behalf of Norwegian Pollution Control Authority (SFT), performed a screening study on the most relevant brominated flame retardants (BFRs) and chlorinated paraffins (CP). The study focused on aquatic emissions from waste dumps, atmospheric long-range transport potential and contamination levels in marine biota.
Several BFRs and CP were found in sediments from aquatic emissions of waste dumps. There are clear indications for atmospheric long range transport of several BFR and CP. BFR and CP were found in all marine biological samples. Blue mussel and cod liver from the Inner Oslofjord are highest contaminated in this study and are clearly contaminated by local sources.
The results from this study are highly relevant for further risk assessment of CP and a number of BFRs.

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

Statlig program for forurensningsovervåking omfatter overvåking av forurensningsforholdene i luft og nedbør, skog, grunnvann, vassdrag, fjorder og havområder.

Overvåkingsprogrammet dekker langsiktige undersøkelser av:

- overgjødsling av ferskvann og kystområder
- forsuring (sur nedbør)
- ozon (ved bakken og i stratosfæren)
- klimagasser
- miljøgifter

Overvåkingsprogrammet skal gi informasjon om tilstanden og utviklingen av forurensningssituasjonen, og påvise eventuell uheldig utvikling på et tidlig tidspunkt. Programmet skal dekke myndighetenes informasjonsbehov om forurensningsforholdene, registrere virkningen av iverksatte tiltak for å redusere forurensningen, og danne grunnlag for vurdering av nye tiltak. SFT er ansvarlig for gjennomføringen av overvåkingsprogrammet.

**Statens forurensningstilsyn**
Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo
*Besøksadresse*: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00
Telefaks: 22 67 67 06
E-post: postmottakft.no
Internett: www.sft.no
Bestilling: http://www.sft.no/skjema.html

**Norsk institutt for luftforskning**
Postboks 100, 2027 Kjeller
*Besøksadresse*: Instituttveien 18

Telefon: 63 89 80 00
Telefaks: 63 89 80 50
E-post: niluilu.no
Internett: www.nilu.no