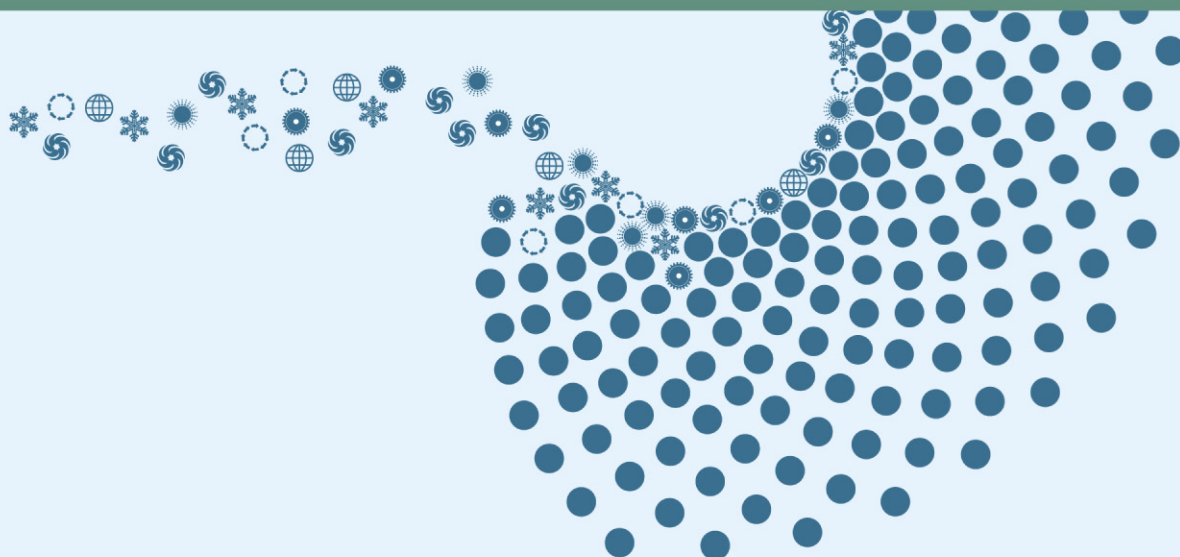


SUPPLERENDE TILTAKSOVERVÅKING I INDRE  
OSLOFJORD – MILJØGIFTER I BLÅSKJELL.  
ÅRSRAPPORT 2008

2536

2009



**NIVA**

Norsk institutt  
for vannforskning

**Supplerende tiltaksovervåking i indre Oslofjord -  
miljøgifter i blåskjell.**

**Årsrapport 2008**

---

## Forord

Det gjennomføres nå tiltak for å bedre miljøtilstanden i indre Oslofjord. Disse arbeidene innebærer blant annet mudring av rene og forurensede masser. I denne sammenheng har NIVA siden juni 2006 gjennomført en overvåking av organismer (blåskjell, fisk og reker) på oppdrag for SFT.

Kontaktperson hos SFT har vært Marit Ruge Bjærke og Ingvild Marthinsen  
Prosjektleder hos NIVA har vært John Arthur Berge.

Feltarbeidet og opparbeiding av prøver er i hovedsak gjennomført av Merete Schøyen og Sigurd Øxnevad. Alle analyser er utført ved NIVAs laboratorium.

I denne rapporten er fokus å presentere resultatene fra overvåking av miljøgifter i blåskjell innsamlet i forbindelse med den intensive overvåkingen i 2008. En viser også til resultater fra miljøgiftanalyser av blåskjell innsamlet i 2006 og 2007, som ble presentert i fjordårets årsrapport, fordi dette gir et mer helhetlig bilde av den intensive overvåkingen. Resultatene fra prøver fra fisk innsamlet i 2006 og 2007 i forbindelse med den langsiktige overvåkingene av fisk er presentert i et eget notat (Berge 2009c).

Oslo, 10. juli 2009

John Arthur Berge

---

## Innhold

	<b>Sammendrag .....</b>	<b>6</b>
<b>1.</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>8</b>
<b>2.</b>	<b>Metoder .....</b>	<b>10</b>
2.1	Intensiv overvåking ved analyse av blåskjell.....	10
2.1.1	Innsamlingsområdene .....	10
2.1.2	Analyseparametere .....	12
<b>3.</b>	<b>Resultater og diskusjon .....</b>	<b>13</b>
3.1	Intensiv overvåking ved analyse av blåskjell.....	13
3.1.1	Metaller .....	13
3.1.2	Klororganiske forbindelser .....	18
3.1.3	PAH.....	21
3.1.4	Tinnorganiske forbindelser .....	23
3.1.5	Konsentrasjonsvariasjoner og styrende faktorer .....	26
<b>4.</b>	<b>Konklusjoner .....</b>	<b>30</b>
<b>5.</b>	<b>Referanser.....</b>	<b>33</b>

---

## Sammendrag

### Målsetting og omfang

Det er gjennomført tiltak for å bedre miljøtilstanden i indre Oslofjord og Oslo havn. Tiltakene som startet våren 2006, innebar at forurensede sedimenter er fjernet i traseen til Bjørvika tunnelen, langs noen av kaiområdene og fra en del småbåthavner ved mudring. De forurensede massene er fraktet i lekter til deponiområdet ved Malmøykalven der de er pumpet over i et rør som munner ut noen få meter over bunnen. Arbeidene innebar også mudring av rene masser. De rene massene er i størst mulig grad brukt til tildekking av forurensede sedimenter. Siden oppstarten i februar 2006, er det mudret og deponert anslagsvis 440.000 kubikkmeter forurenset sjøbunn.

I sammenheng med tiltakene som gjennomføres, har NIVA på oppdrag fra SFT siden juni 2006 gjennomført overvåking av miljøgiftinnholdet i organismer (blåskjell, fisk og reker). I forbindelse med denne overvåkingen er det to aspekter en ønsker informasjon om. Det ene er knyttet til spredning av forurensing under utføringen av selve anleggsarbeidet (kortsiktig). Det andre er å dokumentere i hvilken grad de gjennomførte tiltakene fører til en bedring av miljøet på lenger sikt (frem til 2012). Overvåkingen av forekomst av miljøgifter i biota er et supplement til annen overvåking som gjennomføres av blant annet NGI og NIVA.

I denne rapporten er hovedfokus å presentere resultatene fra den kortsiktige overvåkingen av miljøgifter i blåskjell innfanget i 2008 fra tiltaks-/mudringsområdet, deponiområdet og fra et mellomliggende område (Gressholmen). Denne overvåkingen ble avsluttet i desember 2008. På dette tidspunkt var selve mudrings- og deponeringsarbeidene ferdigstilt (avsluttet i slutten av oktober 2008), mens mesteparten av overdekkingsarbeidene i deponiområdet som startet i november 2008 gjenstod. Overdekkingsarbeidene planlegges å ferdigstilles sommeren 2009.

De viktigste kjemiske parametrene i rapporten er kvikksølv (Hg), kadmium (Cd), bly (Pb), kobber (Cu), arsen (As), krom (Cr), tributyltinn (TBT) og trifenylytinn (TPhT), polyklorerte bifenyler ( $\Sigma\text{PCB}_7$ ), polysykliske aromatiske hydrokarboner ( $\Sigma\text{PAH}$ ) og antatt kreftfremkallende polysykliske aromatiske hydrokarboner ( $\Sigma\text{KPAH}$ ). I tillegg har en også analysert for diklordifenyldikloretan (DDE) og diklordifenyldikloretan (DDD) som begge er nedbrytningsprodukter av insektmidlet diklordifenyiltrikloretan (DDT).

### Kortsiktig overvåking med blåskjell

Dersom konsentrasjonen av noen av forbindelsene nevnt over øker i forhold til tidligere målinger (og utover det som må påregnes som følge av naturlige svingninger), tyder dette på at blåskjellene har vært eksponert for økte konsentrasjoner av oppløste eller partikkelbundne miljøgifter i overflatevannet. Målinger av miljøgiftkonsentrasjonen i blåskjell belyser en eventuell spredning av miljøgifter i øvre deler av vannsøylen (0 til ca. 2 m dyp). Slike målinger kan imidlertid ikke si noe direkte om hva som er kilden til miljøgiftkonsentrasjonene hvis en ikke observerer klare avstandsgradienter.

I hele 2008 ble det observert lave metallkonsentrasjoner (klasse I-II) i blåskjell fra alle stasjonene. Konsentrasjonen av kobber i blåskjell fra mudringsområdet var likevel med unntak av en observasjon i juni 2008 klart høyere enn i blåskjell fra de to andre hovedområdene. Gjennomsnittskonsentrasjonen av Cu for hele observasjonsperioden var også signifikant høyere i tiltaks-/mudringsområdet enn i de to andre områdene som hadde tilnærmet helt like middelkonsentrasjoner. For de øvrige metallene (Cd, Hg, As, Cr og Pb) var

det imidlertid ingen signifikant forskjell mellom gjennomsnittskonsentrasjonene i de 3 områdene.

Konsentrasjonene av organiske miljøgifter ( $\Sigma\text{PCB}_7$ ,  $\Sigma\text{DDE}+\text{DDD}$ ,  $\Sigma\text{PAH}$ ,  $\Sigma\text{KPAH}$  og TBT) var i 2008 generelt lave i blåskjell fra deponiområdet (klasse I-II) og Gressholmen (i hovedsak i klasse I-II), mens de i selve tiltaks-/mudringsområdet lå klart høyere (klasse II-III).

De noe høyere konsentrasjonene av organiske miljøgifter i blåskjell fra tiltaks-/mudringsområdet viser at det i hele 2008 (som i 2007) var et potensial for en viss netto transport av miljøgifter via overflatevann fra tiltaks-/mudringsområdet til områdene utenfor, mens det i hovedsak ikke var et potensial for transport den motsatte veien. Transport av oppløste og partikkelbundne miljøgifter, via overflatevann fra mudringsområdet til de to andre områdene, kan derfor ha forekommet. Overvåkingen har imidlertid vist at en slik transport i så fall ikke har ført til vesentlig forhøyede miljøgiftkonsentrasjoner i blåskjellene rundt deponiområdet ved Malmøykalven og på Gressholmen. Dette tyder på at en transport av partikkelbundne miljøgifter fra mudringsområdet til de to andre områdene er lite sannsynlig.

Vi har for 2008 ingen holdepunkter for at selve deponeringen eller eventuelle ureglementerte utslipp har gitt vesentlig forhøyede konsentrasjoner av miljøgifter (dvs. klasse III eller høyere) i blåskjell innsamlet i deponiområdet.

For hele observasjonsperioden fra juni 2006 til desember 2008 var det en tendens til at metallkonsentrasjonen i de tre hovedområdene varierte i takt. Dette tyder på at det er de samme faktorer som påvirker metallinnholdet i de 3 områdene. For de organiske miljøgiftene fulgte konsentrasjonene fra Gressholmen og deponiet hverandre også tett, mens konsentrasjonene i blåskjell fra mudringsområdet viste et litt annet forløp.

Naturlige biologiske forhold (årstidsvariasjoner i vekst og metabolisme (stoffskifte), reproduksjonssyklus) spiller trolig en viss rolle for å forklare samvariasjonen i miljøgiftinnhold i prøvene fra spesielt Malmøykalven og Gressholmen.

De analyserte blåskjellprøvene fra desember 2008 ble innsamlet ca. en måned etter at mudringsarbeidene var avsluttet. I utgangspunktet burde opphør av mudringsarbeidene ha gitt mulighet for en viss utskillelse/depurering av eventuelle akkumulerte miljøgifter i skjellene fra tiltaks-/mudringsområdet, dersom de litt høye konsentrasjonene som er observert der skyldes mudringsarbeidene. Dette ser imidlertid ikke ut til å ha funnet sted i betydelig grad selv om det for  $\Sigma\text{PCB}_7$ ,  $\text{DDE}+\text{DDD}$ , sum PAH og TBT antydes at konsentrasjonen i skjellene fra tiltaks-/deponiområdet fra desember 2008 har lavere konsentrasjoner enn 2 måneder tidligere, men likevel høyere enn ved deponiområdet og med unntak for TBT også høyere enn ved Gressholmen.

Vi har tidligere ment at de høye konsentrasjonene av enkelte miljøgifter i tiltaks-/mudringsområdet skyldes selve mudringen og forholdene i havneområdet forøvrig (dvs. havneaktivitet og nærheten til en storby). Det forhold at konsentrasjonene ikke har gått betydelig ned i tiltaks-/mudringsområdet i løpet av en måned uten mudring kan indikere at forholdene i havneområdet (dvs. havneaktivitet og nærheten til en storby) kan være en vel så viktig forklaring på de noe høye miljøgiftkonsentrasjonene som er registret som selve mudringen.

## 1. Innledning

Som en del av helhetlig tiltaksplan (Oslo kommune, rapport juni 2005) mot forurensede sedimenter i Oslo havn foretas det mudrings- og deponeringsarbeider. Dette medfører blant annet at forurensede sedimenter fra i traseen til Bjørvika tunnelen, langs kaiene og fra småbåthavner deponeres i et undervannsdeponi på ca 70 m dyp ved Malmøykalven i Bekkelagsbassenget, indre Oslofjord. De forurensede sedimentene fraktes i lekter til deponiområdet ved Malmøykalven der de pumpes over i et rør som i form av en diffusor munner ut noen få meter over bunnen. Arbeidene innebærer også mudring av rene masser. De rene massene brukes i størst mulig grad til tildekking av forurensede sedimenter. Slik tildekking er eksempelvis gjennomført i ytre Bjørvika, samt i Bekkelagsbassenget i januar og februar 2007 (Berge et al., 2007, 2008).

Arbeidet med nedføring av forurensede sedimenter fra Oslo havn ble startet i 2006. Selve mudrings og deponeringsarbeidene ble ferdigstilt i slutten av oktober 2008. Siden oppstarten i februar 2006, er det mudret og deponert anslagsvis 440.000 kubikkmeter forurenset sjøbunn (<http://www.renoslofjord.no/pressemedinger/siste-grab/>). Det siste halvåret før avslutningen har mudringsarbeidene hovedsaklig foregått i småbåthavnene. En oversikt over mudringssted og volum på ulike tidspunkt finnes i månedsrapporter fra NGI (<http://www.renoslofjord.no/forsiden/>). Overdekkingsarbeidet ble startet i november 2008 og planlegges å være ferdig i april 2009.

Under normale forhold og forutsatt at deponeringen av de forurensede massene foretas som planlagt er det lite sannsynlig at store mengder forurenset materiale skal nå overflatevannet som følge av selve deponeringen. Selve mudringsarbeidene i havnebassenget foretas med grabb. I forbindelse med dette arbeidet er det forventet at forurensede partikler vil bli tilført overflatevannet.

For å påse at anleggsarbeidene ikke påfører miljøet mer belastning enn det som følger med den metoden som er valgt, og for å kunne dokumentere hvilken påvirkning som finner sted, foretas det ulike former for overvåking. Norges Geotekniske Institutt (NGI) har på oppdrag fra Oslo Havn KF den løpende kontrollen med at arbeidene foregår i henhold til utslippstillatelsen fra Statens forurensningstilsyn (SFT). I deponiområdet omfatter dette kontrollprogrammet bl.a. målinger av strøm, turbiditet, sedimentasjon og konsentrasjon av miljøgifter i vannsøylen og sedimenterende materiale ([www.renoslofjord.no](http://www.renoslofjord.no)). SFT finansierer egne undersøkelser av miljøtilstand i mudrings- og deponiområdet. Disse utføres av bl.a. NIVA og NGI. I tillegg har stiftelsen Neptun finansiert en undersøkelse av miljøgifter i vannmassene i Indre Oslofjord høsten 2006.

Det er også foretatt mer tidsavgrenset supplerende overvåking ved bruk av passive prøvetakere i vannmassene og forekomst av små encellede dyr (foraminiferer) på bunnen (Schaanning et al., 2007).

Det foretas også supplerende overvåking av miljøgifter i biota (blåskjell, fisk og dypvannsreker). I forbindelse med denne overvåkingen er det to aspekter en ønsker informasjon om. Det ene er knyttet til utføringen av selve anleggsarbeidet og det andre er av mer langsiktig karakter.

Den supplerende overvåkingen ved bruk av miljøgifter i biota har dermed to mål/tilnæringer:

- Intensiv (kortvarig) overvåking av miljøtilstanden (med fokus på miljøgifter i blåskjell) med tidsramme innenfor anleggsperioden i Oslo havn (anslagsvis 2 år). Fokuset her er å avklare i hvilken grad anleggsarbeidet foregår uten unødvendig belastning på miljøet.
- Langsiktig overvåking (innenfor 6-7 år) av miljøtilstanden i indre Oslofjord med fokus på miljøgifter i blåskjell, reker og fisk. Prøveinnsamling skjer ved oppstart av arbeidene og umiddelbart etter (høsten 2009) og noen år etter at miljøtiltakene er avsluttet. Hovedfokus her er å dokumentere i hvilken grad de gjennomførte tiltakene fører til en bedring av miljøet på sikt).

I den første tilnærmingen ser man etter et signal på økt belastning av miljøgifter i blåskjell som prøvetas hver annen måned i anleggsperioden. I den andre tilnærmingen undersøker man eventuelle endringer i miljøgiftinnholdet i blåskjell, fisk og reker, over et lengre tidsperspektiv og med mindre hyppig prøvetaking.

Oppsummeringer av resultatene fra den intensive overvåkingen foretatt i 2006, 2007 og 2008 er tidligere overlevert SFT i form 12 notater (Ruus 2007, Berge 2007a og b, Berge 2008a-g, Berge 2009a og b) og en rapport (Berge et al., 2008). Noen resultater knyttet til den langsiktige overvåkingen fra 2006/7 er presentert i et eget notat (Berge 2009c)

I denne rapporten presenteres resultatene fra undersøkelsene som er gjennomført i 2008. En viser også resultater fra miljøgiftanalyser av blåskjell innsamlet i 2006 og 2007 som ble presentert i fjordårets årsrapport (Berge et al 2008), fordi dette gir et mer helhetlig bilde av den intensive overvåkingen som ble avsluttet med siste prøveinnsamling i desember 2008. Hovedfokus i denne rapporten er altså den intensive, kortvarige overvåkingen av miljøgifter i blåskjell.



## 2. Metoder

### 2.1 Intensiv overvåking ved analyse av blåskjell

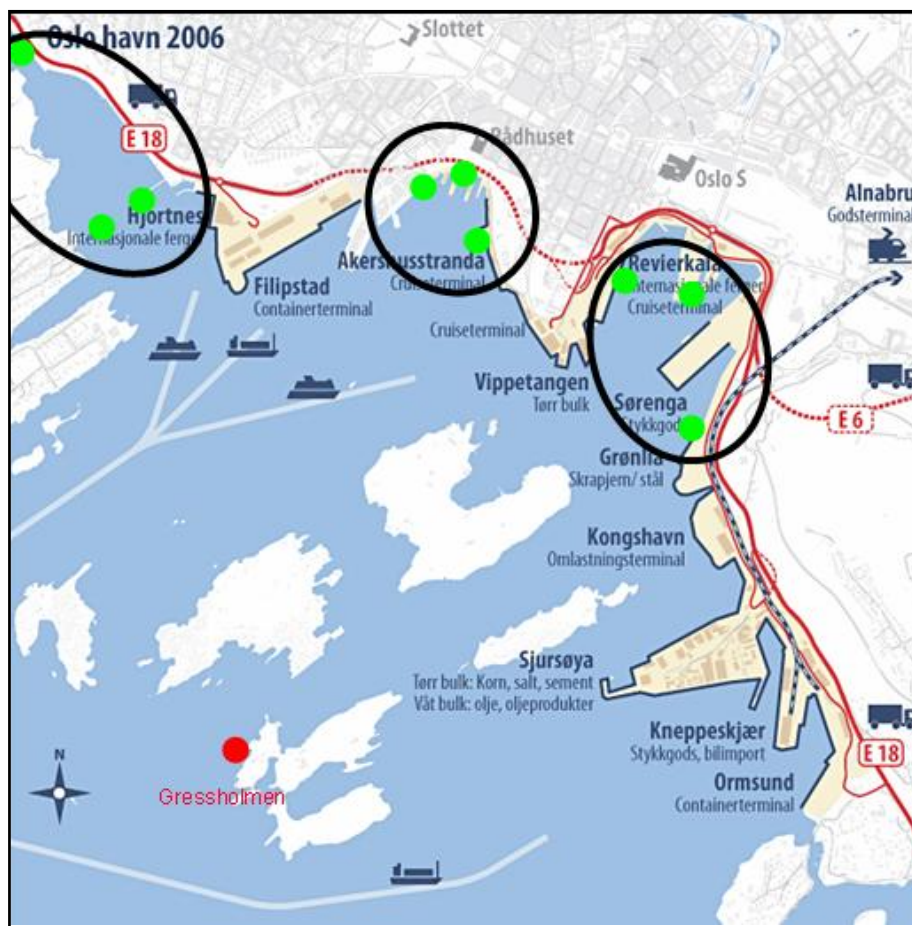
#### 2.1.1 Innsamlingsområdene

Blåskjell samles fra naturlige populasjoner i nærheten av tiltaks-/mudrings- og deponiområdene annenhver måned i anleggsperioden (2 år).

I mudringsområdet samles blåskjell fra 3 områder (som samsvarer med stasjonene i en større undersøkelse i 1997-1998; Knutzen et al. 1999):

- Rådhuskaia/Pipervika
- Frognerkilen
- Bispevika/Bjørvika

Innenfor hvert av disse områdene samles blåskjell fra 3 punkter. Punktene plassering ses i **Figur 1**, deres geografiske koordinater og foto av punktene ble presentert i årsrapporten for 2007 (Berge et al 2008).



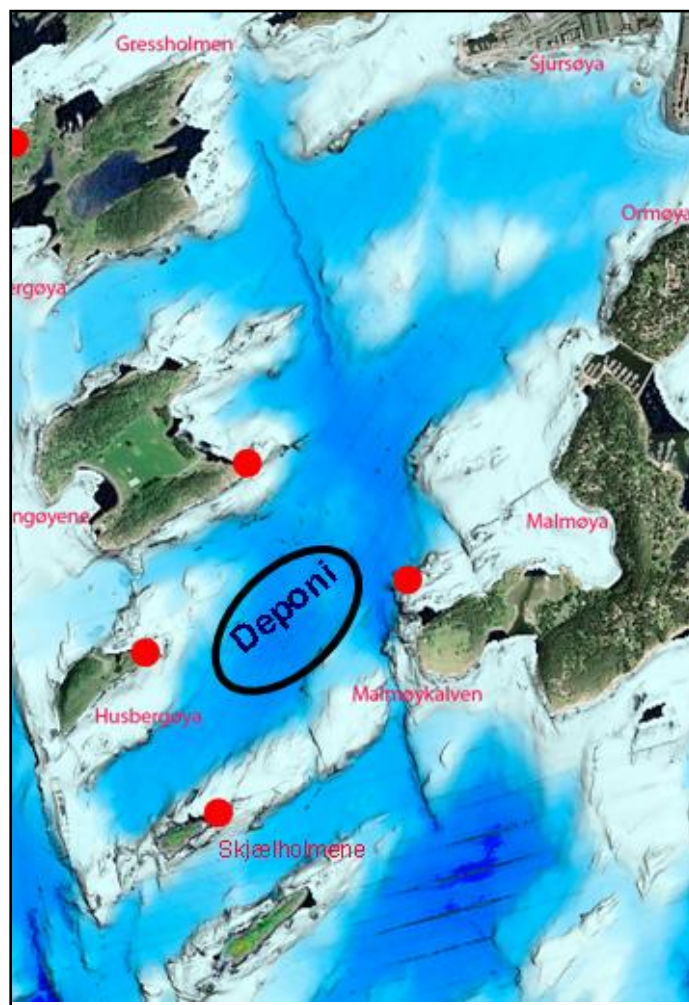
**Figur 1.** Kart som viser områder/stasjoner for innsamling av blåskjell i tiltaks-/mudringsområdene i indre havn og på Gressholmen. Innsamlingspunktene i indre havn ligger i 3 områder (innringet). Innenfor hvert av disse 3 områdene innsamles blåskjell fra 3 nærliggende lokaliteter. Innsamlingspunktet på Gressholmen er markert med en rød prikk.

Fra hvert område som er innringet i **Figur 1** samles 30 blåskjell ved hver prøvetaking. En delprøve fra hver av de 3 områdene tas ut til en blandprøve som analyseres. Det resterende av prøvene lagres for eventuelt senere analyse av blåskjell fra individuelle stasjoner.

Videre samles blåskjell inn på fire stasjoner rundt deponiområdet:

- Langøya
- Husbergøya
- Malmøykalven
- Skjælholmene

Disse samsvarer med stasjoner som ble benyttet i en undersøkelse i 2001 (Berge, 2001, se også **Figur 2**).



**Figur 2.** Kart som viser stasjoner for innsamling av blåskjell rundt deponiet og på Gressholmen (Illustrasjonsgrunnlag: NGU).

På samme måte som i mudringsområdet samles 30 blåskjell fra hver stasjon rundt deponiet ved Malmøykalven ved hver prøvetaking. En delprøve fra hver av de 4 stasjonene tas ut til en blandprøve som analyseres. Det resterende av prøvene lagres for eventuelt senere analyse av blåskjell fra individuelle stasjoner.

Det samles også blåskjell fra et område (Gressholmen) som ligger mellom tiltaks/mudringsområdene og deponiområdet (se **Figur 1**, **Figur 2**). Blåskjell fra Gressholmen har i annen sammenheng vært overvåket over lang tid (JAMP-stasjon 30A). Blåskjell fra Gressholmen analyseres som én prøve.

Innsamlingsstrategien gjør at en for hvert innsamlingstidspunkt får data fra 3 prøver:

1. Tiltaks-/mudringsområdet (Rådhuskaia/Pipervika, Frognerkilen, Bispevika/Bjørvika)
2. Gressholmen
3. Deponiet (Langøya, Husbergøya, Skjælholmene, Malmøykalven)

### 2.1.2 Analyseparametere

De kjemiske parametrene som analyseres/rapporteres er følgende:

- Metaller: Kvikksølv (Hg), kadmium (Cd), bly (Pb), kobber (Cu), arsen (As), krom (Cr)
- Tinnorganiske forbindelser: Tributyltinn (TBT) med nedbrytningsprodukter (DBT, MBT) og trifenyttinn (TPhT) med nedbrytningsprodukter (DPhT, MPhT)
- Polyklorerte bifenyler ( $\Sigma$  PCB<sub>7</sub>) (og andre klororganiske forbindelser, se vedlegg)
- Polysykliske aromatiske hydrokarboner ( $\Sigma$ PAH,  $\Sigma$ KPAH)

I bergning av  $\Sigma$ PCB<sub>7</sub> inngår følgende polyklorerte bifenyler: 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180.

I beregning av  $\Sigma$ PAH inngår her følgende komponenter: Acenaftilen, acenaften, fluoren, dibenzotiofen, fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benzo(a)antracen, benzo(k)fluoranten, benzo(e)pyren, benzo(a)pyren, perylen, indeno(1,2,3cd)pyren, dibenzo(ac+ah)antracen, benzo(ghi)perylene, benzo(b+j)fluoranten og chrysen.

I beregningen av  $\Sigma$ KPAH inngår summen av benzo(a)antracen, benzo(b+j+k)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren og dibenzo(a,c+a,h)antracen. Disse har potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter International Agency for Research on Cancer (IARC) (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A + 2B (sannsynlige + trolige carcinogene).

Alle analyser er gjort ved NIVAs laboratorium etter standard metoder.

### 3. Resultater og diskusjon

#### 3.1 Intensiv overvåking ved analyse av blåskjell

Hovedhensikten med denne delen av rapporten er å gi en oversikt over i hvilken grad oppryddingsaktiviteten i Oslo havnedistrikt har påvirket miljøgiftinnholdet i blåskjell i 2007.

Dersom forhøyede nivåer observeres i blåskjell, og målingene viser en økning i forhold til tidligere målinger (og det som må påregnes i forbindelse med naturlige svingninger), viser dette at disse har vært eksponert for økte konsentrasjoner av miljøgifter via overflatevannet. Målinger av miljøgiftkonsentrasjonen i blåskjell kan imidlertid alene ikke si noe om hva som er kilden, og vil uansett ikke kunne belyse en eventuell spredning av miljøgifter i dypere deler av vannsøylen. På basis av at det antas å være en sammenheng mellom konsentrasjonene av de ulike miljøgifter i vannet, og det som observeres i blåskjellene, kan romlige konsentrasjonsgradienter også gi en pekepinn på muligheten for transport av vannbårne miljøgifter i området.

##### 3.1.1 Metaller

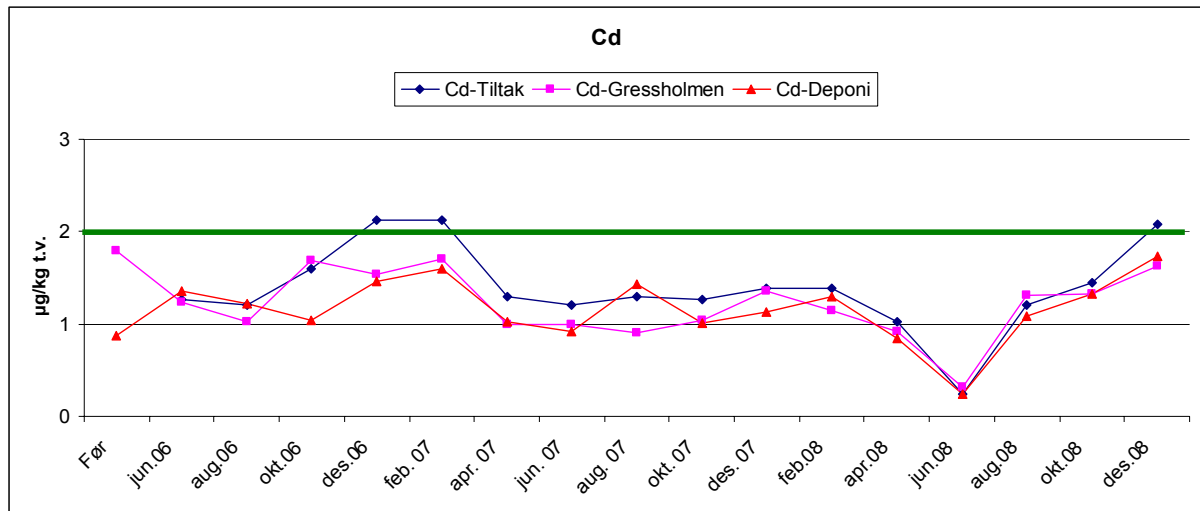
Enkeltresultater av innholdet av metaller i blåskjell fra tiltaks-/mudringsområdet, Gressholmen og deponiområdet ved Malmøykalven ses i **Figur 3** til **Figur 8** og gjennomsnittskonsentrasjonene for de 3 hovedområdene i **Figur 9**.

For hele observasjonsperioden fra juni 2006 til desember 2008 er det en tendens til at konsentrasjonen på de 3 hovedområdene følger hverandre. Dette tyder på at det er de samme faktorer (muligens årstidsvariasjoner i vekst, metabolisme og reproduksjon) som påvirker metallinnholdet på de 3 hovedområdene.

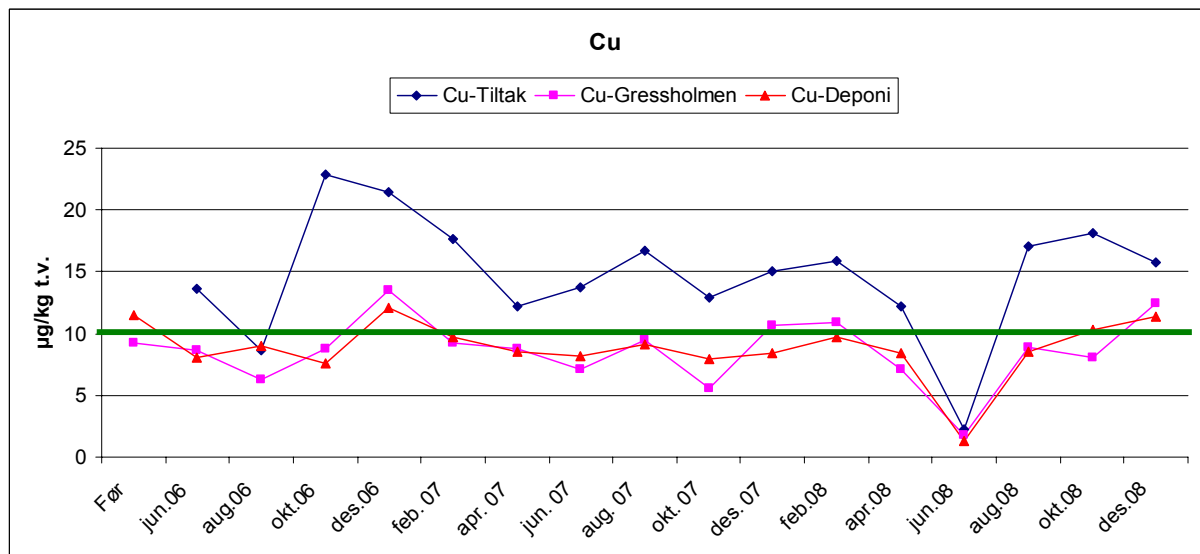
For alle tre områder ble det i 2008 observert svært lave konsentrasjoner av Cd, Cu, Pb og As i juni. På dette tidspunkt var konsentrasjonen av kobber i skjell fra tiltaks-/mudringsområdet svært lik det som ble observert i de andre to hovedområdene (**Figur 4**) og konsentrasjonene var lavere enn det som ble observert før arbeidene tok til. I så godt som i hele observasjonsperioden har imidlertid konsentrasjonen av kobber ligget høyest i tiltaks-/mudringsområdet. Middelkonsentrasjonen av Cu for hele observasjonsperioden var også signifikant høyere i tiltaks-/mudringsområdet enn i de to andre områdene som hadde tilnærmet helt like middelkonsentrasjoner (**Figur 9B**). For alle de øvrige metallene var det ingen signifikant forskjell mellom middelkonsentrasjonen i de 3 hovedområdene (**Figur 9A, C, D, E, F, G**). I hele 2008 har det generelt også blitt observert lave metallkonsentrasjoner (klasse I-II) i all 3 hovedområder (**Tabell 1**).

De høyeste konsentrasjoner av alle metaller i hele observasjonsperioden ble med unntak av arsen observert høsten 2006 og vinteren 2007 (se **Figur 3** til **Figur 6** og **Figur 8**). For arsen derimot ble de høyeste konsentrasjonene observert i oktober 2007 (**Figur 7**).

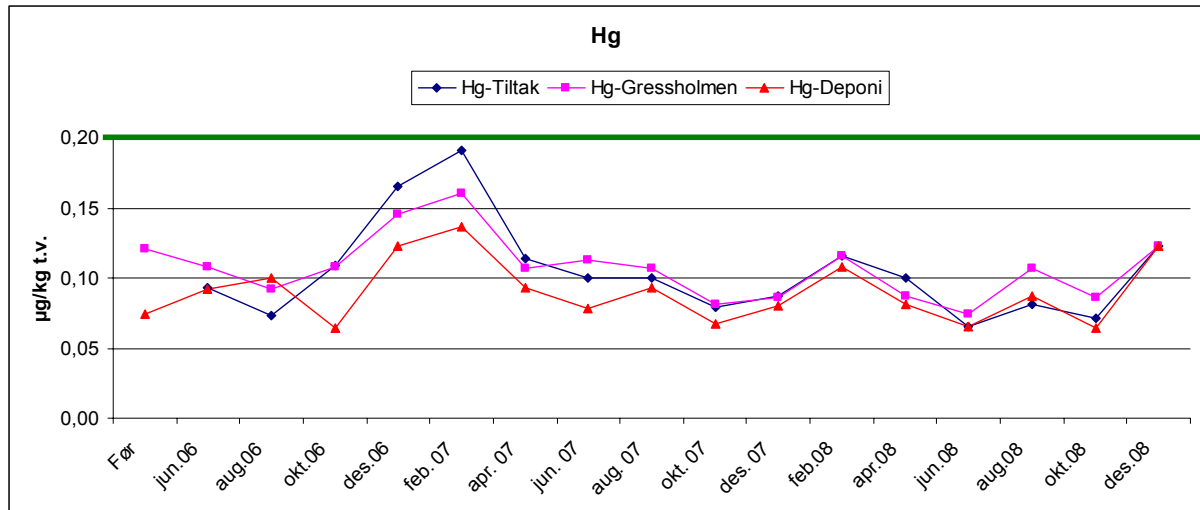
Selv om det var en tendens til noe høyere metallkonsentrasjoner i blåskjell innsamlet høsten 2006 og vinteren 2007 så var nivåene generelt sett lave (klasse I-II) selv i tiltaks-/mudringsområdet i hele perioden (**Tabell 1**).



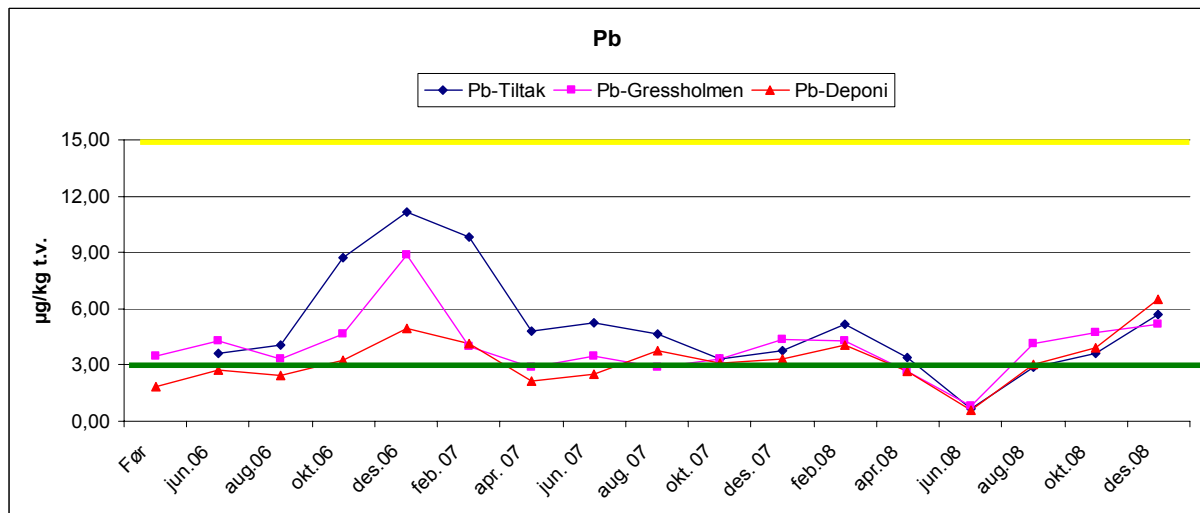
**Figur 3.** Kadmium (Cd) i blåskjell fra tiltaks-/mudringsområdet, Gressholmen og deponi.  
Under grønn strek: Kl. I, Ubetydelig/lite forurenset  
Over grønn strek: Kl. II, Moderat forurenset



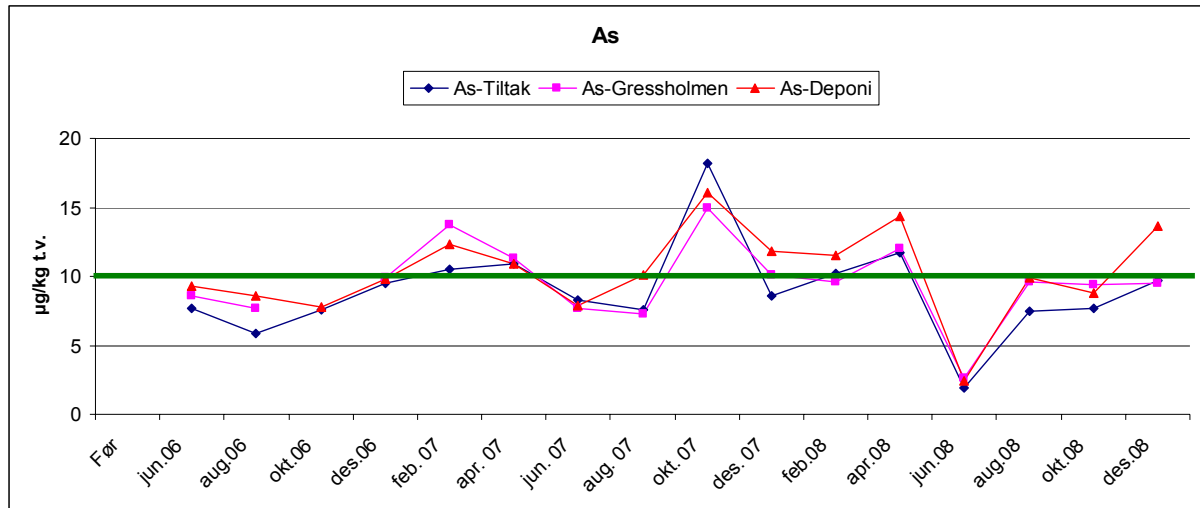
**Figur 4.** Kobber (Cu) i blåskjell fra tiltaks-/mudringsområdet, Gressholmen og deponi.  
Under grønn strek: Kl. I, Ubetydelig/lite forurenset  
Over grønn strek: Kl. II, Moderat forurenset



**Figur 5.** Kvikk sølv (Hg) i blåskjell fra tiltaks-/mudringsområdet, Gressholmen og deponi.  
Under grønn strek: Kl. I, Ubetydelig/lite forurenset  
Over grønn strek: Kl. II, Moderat forurenset



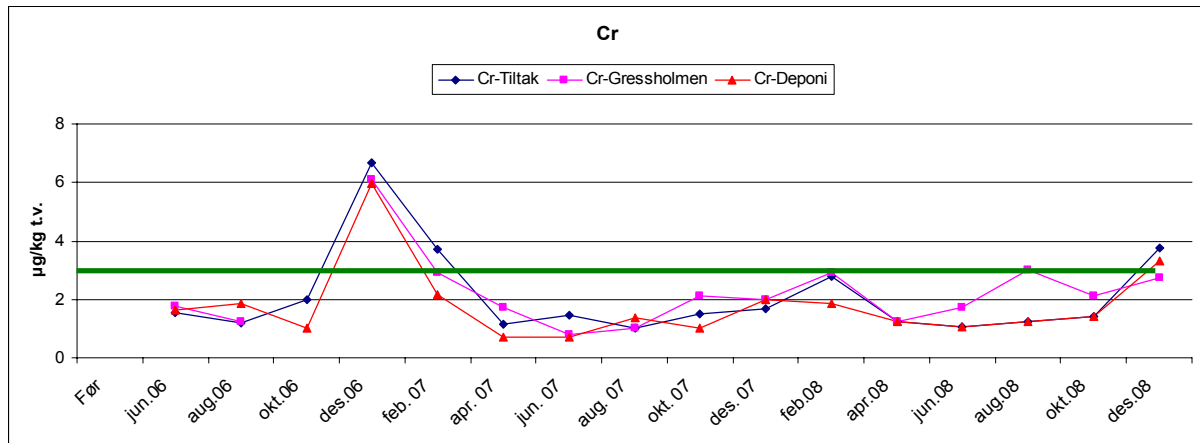
**Figur 6.** Bly (Pb) i blåskjell fra tiltaks-/mudringsområdet, Gressholmen og deponi.  
Under grønn strek: Kl. I, Ubetydelig/lite forurenset  
Over grønn strek: Kl. II, Moderat forurenset



**Figur 7.** Arsen (As) i blåskjell fra tiltaks-/mudringsområdet, Gressholmen og deponi.

Under grønn strek: Kl. I, Ubetydelig/lite forurenset

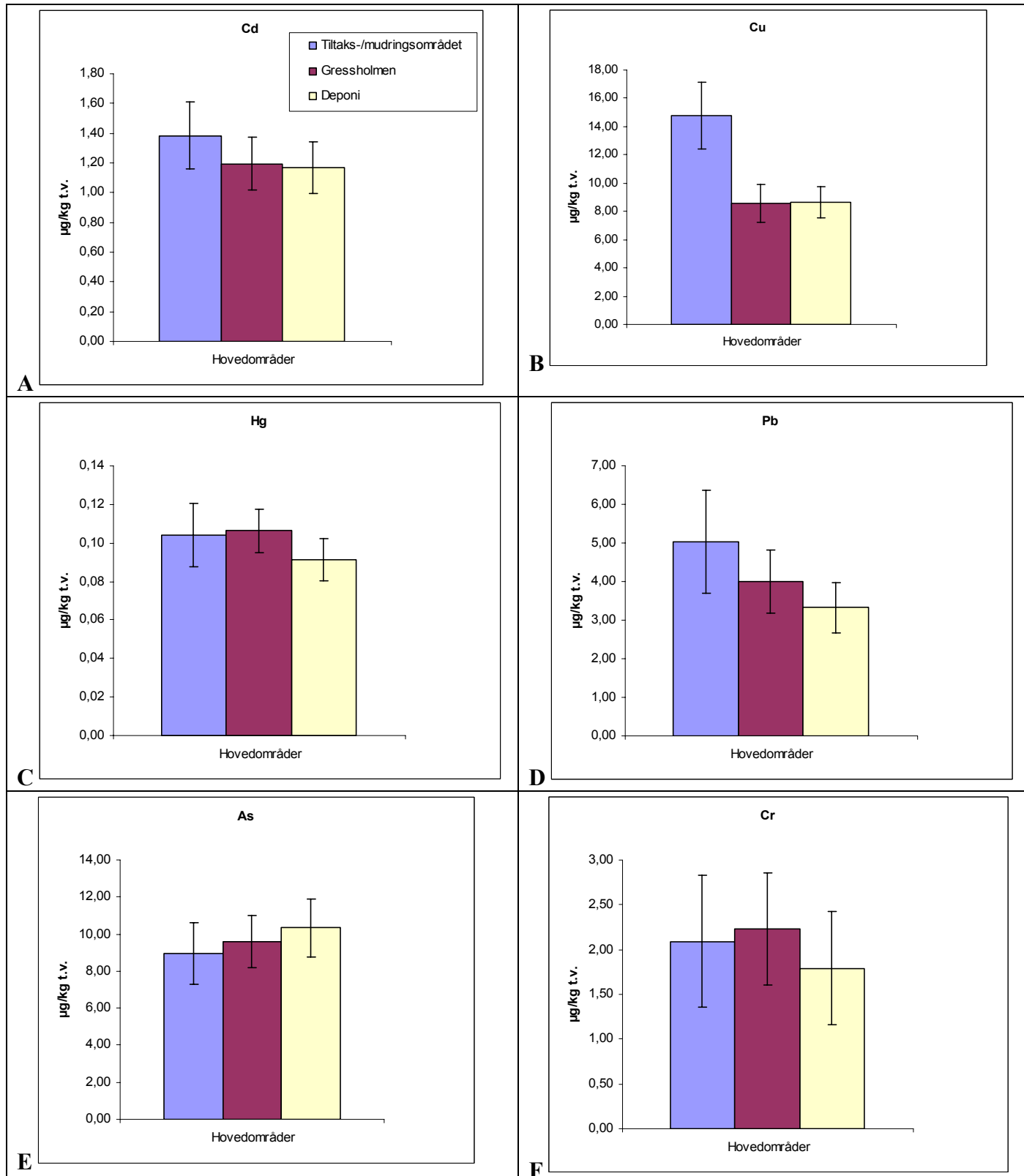
Over grønn strek: Kl. II, Moderat forurenset



**Figur 8.** Krom (Cr) i blåskjell fra tiltaks-/mudringsområdet, Gressholmen og deponi.

Under grønn strek: Kl. I, Ubetydelig/lite forurenset

Over grønn strek: Kl. II, Moderat forurenset



**Figur 9.** Gjennomsnittskonsentrasjon av kadmium (Cd), kobber (Cu), Kvikksølv (Hg), bly (Pb) arsen (As) og krom (Cr) i blåskjell fra tiltaks-/mudringsområdet, Gressholmen og deponi for hele observasjonsperioden (juni 2006- desember 2008). For hvert metall er 95 % konfidensintervall inntegnet



En av hensiktene med overvåkingen har vært å se i hvilken grad miljøgiftkonsentrasjonene har økt i skjellene under selve deponeringen. Resultatene fra overvåkingen viser at metallinnholdet varierer relativt mye slik at en sammenligning med enkeltverdi fra før arbeidet startet er problematisk. Fra deponiområdet og for alle metallene unntatt Cr og As foreligger det analyser fra før mudrings- og deponeringsarbeidene startet (**Figur 3** til **Figur 8**). For metallene Cd, Hg og Pb var de observerte konsentrasjonene ved deponiet relativt lave før tiltaket startet (dvs. verdien lå under nedre grense for 95% konfidensintervall beregnet på grunnlag av alle observasjonene fra juni 2006 til desember 2008). Dette kan være tegn på at gjennomsnittskonsentrasjonen av disse 3 metaller har hatt en svak økning ved deponiet, men det statistiske grunnlaget for å hevde dette er spinkelt og har uansett ikke gitt opphav til konsentrasjoner utover tilstandsklasse II (**Tabell 1**). Vi konkluderer dermed med at deponeringen ikke har ført til vesentlig spredning av metaller til overflatevannet.

**Tabell 1.** *Klassifisering av miljøkvalitet basert på konsentrasjonen av metaller i blåskjell innsamlet i tiltaks-/mudringsområdet (T), Gressholmen (G) og deponiområdet (D) før mudringsoperasjonen startet og i 2006, 2007 og 2008.. Ved klassifiseringen er det benyttet grensene oppgitt i Molvær et al. 1997 til å avgrense de enkelte tilstandsklasser.*

*I=Ubetydelig/lite forurenset, II=Moderat forurenset, III=Markert forurenset, IV=Sterkt forurenset, V=Meget sterkt forurenset, i.a.=ikke analysert.*

	Før			2006			2007		
	T	G	D	T	G	D	T	G	D
<b>Cd</b>	i.a.	I	I	I-II	I	I	I-II	I	I
<b>Cu</b>	i.a.	I	II	I-II	I-II	I-II	II	I-II	I
<b>Hg</b>	i.a.	I	I	I	I	I	I	I	I
<b>Pb</b>	i.a.	II	I	II	II	I-II	II	I-II	I-II
<b>As</b>	i.a.	i.a.	i.a.	I	I	I	I-II	I-II	I-II
<b>Cr</b>	i.a.	i.a.	i.a.	I-II	I-II	I-II	I-II	I	I

	2008		
	T	G	D
<b>Cd</b>	I-II	I	I
<b>Cu</b>	I-II	I-II	I-II
<b>Hg</b>	I	I	I
<b>Pb</b>	I-II	I-II	I-II
<b>As</b>	I-II	I-II	I-II
<b>Cr</b>	I-II	I	I-II

### 3.1.2 Klororganiske forbindelser

Innholdet av  $\Sigma\text{PCB}_7$  i blåskjell fra tiltaks-/mudringsområdet, Gressholmen og deponiområdet ved Malmøykalven for hele observasjonsperioden ses i **Figur 10** og gjennomsnittskonsentrasjonene for de 3 hovedområdene i samme periode i **Figur 12**.

Konsentrasjonen av  $\Sigma\text{PCB}_7$  fra Gressholmen og deponiet var relativt like og fulgte hverandre delvis. For hele observasjonsperioden lå konsentrasjonen i blåskjell fra tiltaks-/mudringsområdet klart høyere enn i de to andre områdene (**Figur 10**).

Middelkonsentrasjonen av  $\Sigma\text{PCB}_7$  for hele observasjonsperioden var også signifikant høyere i tiltaks-/mudringsområdet enn i de to andre områdene (**Figur 12**).

Gjennomsnittskonsentrasjonen av  $\Sigma\text{PCB}_7$  ved deponiet var noe lavere enn ved Gressholmen og på grensen til å være signifikant lavere.

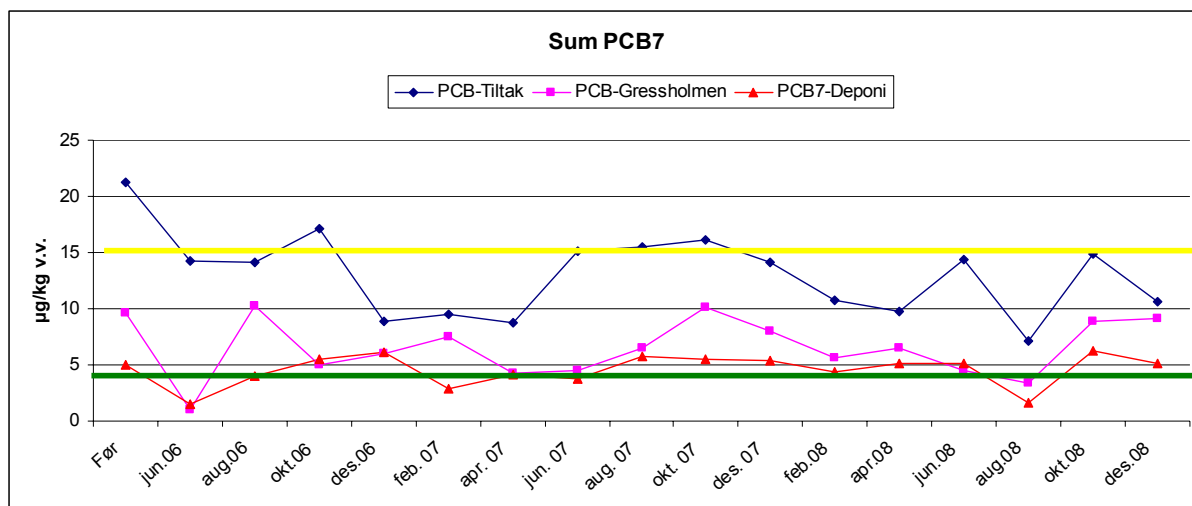
Noen tendens til økning i PCB-konsentrasjonen på høsten 2006 og vinteren 2007, slik som det ble observert for metaller, kunne ikke observeres for PCB.

Konsentrasjonen av  $\Sigma\text{PCB}_7$  i blåskjell fra Gressholmen og deponiet var generelt lave (klasse I-II) i hele observasjonsperioden, mens konsentrasjonen i tiltaks-/mudringsområdet lå omtrent en tilstandsklasse dårligere i 2006 og 2007 **Tabell 2**, mens forskjellen var noe mindre i 2008.

Som nevnt under kapitlet om metaller så er en av hensiktene med overvåkingen å se i hvilken grad miljøgiftkonsentrasjonene eventuelt har økt i skjellene under selve deponeringen. Konsentrasjonen av  $\Sigma\text{PCB}_7$  i skjell fra deponiet og Gressholmen var ikke noe vesentlig lavere eller høyere ved førsituasjonen enn under selve deponeringsarbeidet (dvs. verdien innefor grense for 95% konfidensintervall beregnet på grunnlag av alle observasjonene fra juni 2006 til desember 2008). Dette er et tegn på at gjennomsnittskonsentrasjonen ikke har økt verken ved deponiet eller ved Gressholmen i anleggsperioden, men også her må vi presisere at det statistiske grunnlaget for å hevde dette er spinkelt. Konsentrasjonsnivået har imidlertid hele tiden vært relativt lavt (Klasse I-II) i disse to områder. Når det gjelder tiltaks-/mudringsområdet så ble den absolutt høyeste konsentrasjonen observert ved førundersøkelsene (**Figur 10**) og nivået som da ble observert lå klart over øvre grense for 95% konfidensintervall. I forhold til førsituasjonen så kan det derfor ikke hevdes at PCB konsentrasjonen har blitt vesentlig høyere som et resultat av mudringsarbeidet.

Konsentrasjonen av summen av DDE og DDD (**Figur 11**) har i hele observasjonsperioden viste omtrent samme forløp som  $\Sigma\text{PCB}_7$  (**Figur 10**). Også for summen av DDE og DDD lå gjennomsnittskonsentrasjonen i blåskjell fra tiltaks-/mudringsområdet signifikant høyere enn i blåskjell fra Gressholmen og deponiet, mens det ikke var noen signifikant forskjell mellom konsentrasjonen i skjell fra Gressholmen og deponiet (**Figur 12**). Konsentrasjonen av sum DDE og DDD i blåskjellene fra Gressholmen og deponiet var relativt lave i forhold til klasse I-grensen for  $\Sigma\text{DDT}$  på 2  $\mu\text{g}/\text{kg}$  v.v.).

Konsentrasjonen av summen av DDE og DDD i skjell fra Gressholmen var ikke noe vesentlig lavere eller høyere ved førsituasjonen enn under selve deponeringsarbeidet (dvs. verdien lå innenfor grense for 95% konfidensintervall beregnet på grunnlag av alle observasjonene fra juni 2006 til desember 2008). I skjell fra deponiet under førsituasjonen var konsentrasjonen svært lik den som ble observert ved Gressholmen, men lå ubetydelig under nedre grense for 95% konfidensintervall. Dette kan bety at konsentrasjonen har økt litt ved deponiet, men også her må vi presisere at det statistiske grunnlaget for å hevde dette er ytterst spinkelt og konsentrasjonsnivået har hele tiden vært relativt lavt. Når det gjelder tiltaks-/mudringsområdet så ble den absolutt høyeste konsentrasjonen observert ved førundersøkelsen (**Figur 11**), og nivået som da ble observert lå klart over øvre grense for 95% konfidensintervall. I forhold til førsituasjonen kan det derfor ikke hevdes at konsentrasjonen av summen av DDE og DDD har blitt vesentlig høyere som et resultat av mudringsarbeidet, og det ser snarere ut til at det har vært en nedgang over tid (**Figur 11**).



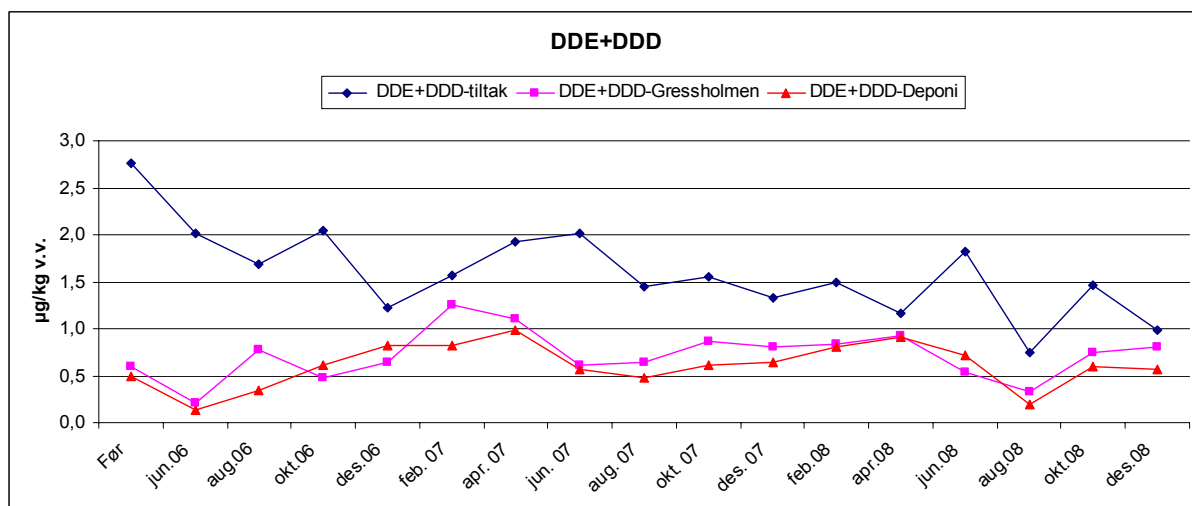
**Figur 10.** Summen av syv kongenerer av polyklorerte bifenyler ( $\Sigma\text{PCB}_7$ ) i blåskjell fra tiltaks-/mudringsområdet, Gressholmen og deponi. Før=prøve tatt september 2005.

Under grønn strek: Kl. I, Ubetydelig/lite forurenset

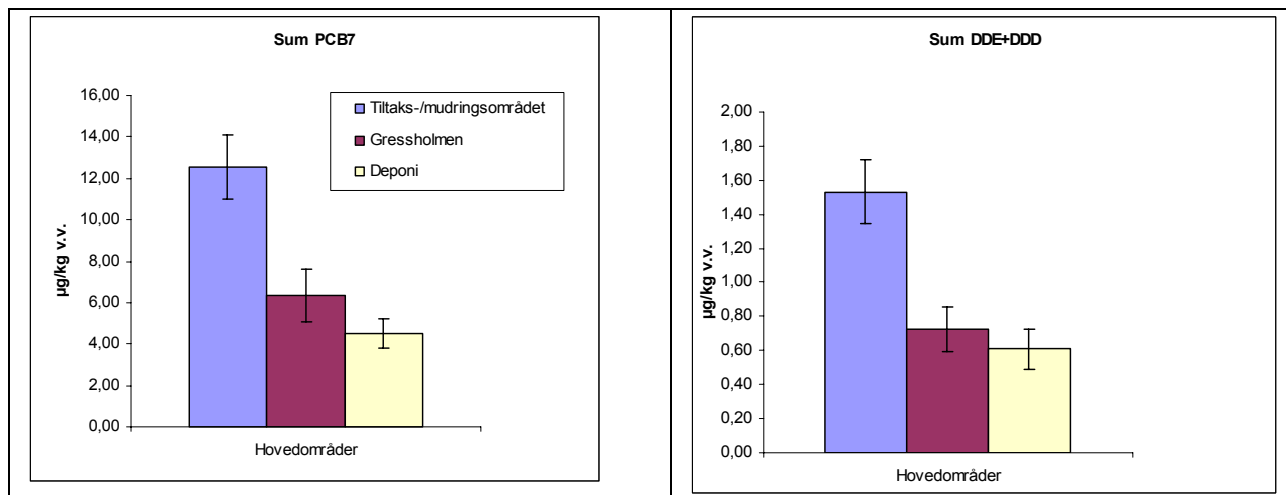
Over grønn strek/under gul strek: Kl. II, Moderat forurenset

Over gul strek: Kl. III, Markert forurenset

I beregning av  $\Sigma\text{PCB}_7$  inngår følgende polyklorerte bifenyler: 28,52,101,118,138,153 og 180.



**Figur 11.** Summen av DDD og DDE i blåskjell fra tiltaks-/mudringsområdet, Gressholmen og deponi.



**Figur 12.** Gjennomsnittskonsentrasjon av  $\Sigma\text{PCB}_7$  og summen av DDE og DDD i blåskjell fra tiltaks-/mudringsområdet, Gressholmen og deponi for hele observasjonsperioden (juni 2006- desember 2008). 95 % konfidensintervall er inntegnet.

### 3.1.3 PAH

Innholdet av  $\Sigma\text{PAH}$  i blåskjell fra tiltaks-/mudringsområdet, Gressholmen og deponiområdet ved Malmøykalven ses i **Figur 13** og gjennomsnittskonsentrasjonene for de 3 hovedområdene i samme periode i **Figur 15**. Konsentrasjonen av PAH i blåskjell fra Gressholmen og deponiet var svært like og fulgte hverandre svært tett. For hele observasjonsperioden med unntak av desember 2006 lå gjennomsnittskonsentrasjonen i blåskjell fra tiltaks-/mudringsområdet klart høyere enn i de to andre områdene (**Figur 13**). En økning i PAH-konsentrasjonen kunne observeres i blåskjell fra Gressholmen og deponiet i to perioder (desember 2006/februar 2007 og desember 2007-april 2008) (**Figur 13**).

I blåskjell fra tiltaksområdet ble det observert relativt høye verdier i oktober 2006, februar 2007 og april 2008. Prøven fra desember 2006 og juni 2008 var ned mot samme nivå som ved Gressholmen og deponiet. Delprøven fra Bjørvika/Bispevika bidro trolig i betydelig grad til den høye PAH-verdien som ble observert i tiltaksområdet i april 2008 (se Berge, 2008e).

Også for  $\Sigma\text{PAH}$  lå gjennomsnittskonsentrasjonen i blåskjell fra tiltaks-/mudringsområdet signifikant høyere enn i blåskjell fra Gressholmen og deponiet, mens det ikke var noen signifikant forskjell mellom konsentrasjonen i skjell fra Gressholmen og deponiet (**Figur 15**).

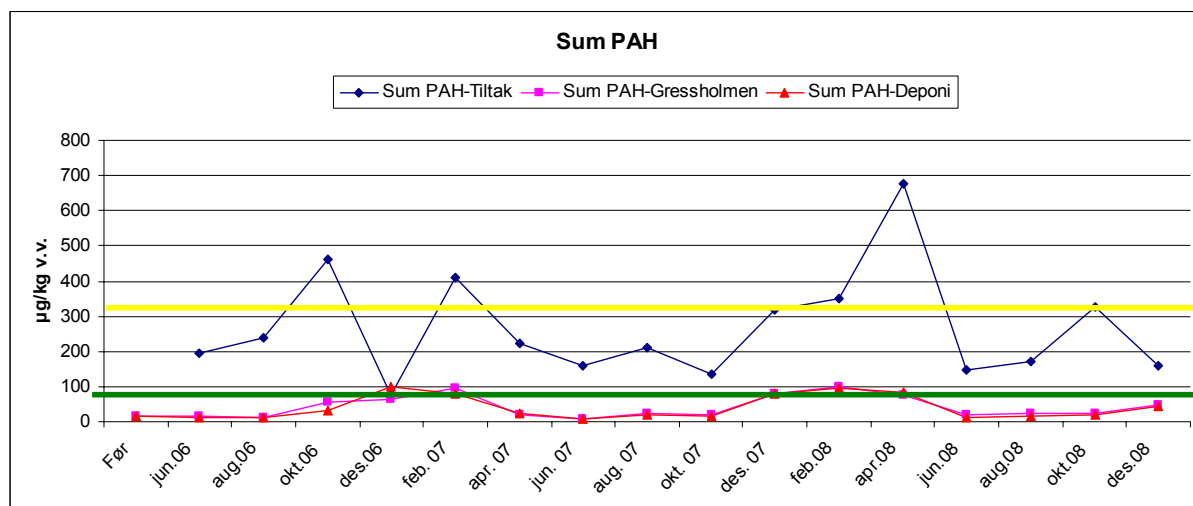
Konsentrasjonen av  $\Sigma\text{PAH}$  i skjell fra Gressholmen og deponiet var relativt lav ved den ene målingen som representerer førsituasjonen (**Figur 13**). Tilsvarende lave konsentrasjoner ble også observert under selve anleggsarbeidene, men enkeltobservasjonen fra førsituasjonen lå likevel under nedre grense for 95 % konfidensintervall (beregnet på grunnlag av alle observasjonene fra juni 2006 til desember 2008). Dette kunne være et tegn på at gjennomsnittskonsentrasjonen har økt ved deponiet og Gressholmen i anleggsperioden, men det statistiske grunnlaget for å hevde dette er spinkelt, og PAH-nivåene som er observert ved Gressholmen og deponiet er uansett lave (Klasse I og II) (**Tabell 2**). Det foreligger ikke analyseresultater fra tiltaks-/mudringsområdet under førsituasjonen.

Konsentrasjonen av  $\Sigma\text{KPAH}$  (**Figur 14**) hadde omtrent samme forløpet som  $\Sigma\text{PAH}$  (**Figur 13**). Tilsvarende som for  $\Sigma\text{PAH}$  var også konsentrasjonen av  $\Sigma\text{KPAH}$  i blåskjell fra Gressholmen og deponiet svært like. For hele observasjonsperioden med unntak av desember

2006 lå konsentrasjonen i blåskjell fra tiltaks-/mudringsområdet klart høyere enn i de to andre områdene (**Figur 14**). Gjennomsnittskonsentrasjonen av  $\Sigma$ KPAH i blåskjell fra tiltaks-/mudringsområdet var signifikant høyere enn i blåskjell fra Gressholmen og deponiet, mens det ikke var noen signifikant forskjell mellom konsentrasjonen i skjell fra Gressholmen og deponiet (**Figur 15**).

Også konsentrasjonen  $\Sigma$ KPAH i skjell fra Gressholmen og deponiet var relativt lav ved den ene målingen som representerer førsituasjonen (**Figur 14**). Tilsvarende lave konsentrasjoner ble også observert under selve anleggsarbeidene, men enkeltobservasjonen fra før situasjonen lå likevel under nedre grense for 95 % konfidensintervall beregnet på grunnlag av alle observasjonene fra juni 2006 til desember 2008. Dette kunne være et tegn på at gjennomsnittskonsentrasjonen har økt ved deponiet og Gressholmen i anleggsperioden, men det statistiske grunnlaget for å hevde dette er spinkelt, og  $\Sigma$ KPAH nivåene som er observert ved Gressholmen og deponiet er uansett lave (**Tabell 2**). Det foreligger ikke analyseresultater fra tiltaks-/mudringsområdet under førsituasjonen.

Konsentrasjonene av  $\Sigma$ PAH og  $\Sigma$ KPAH i blåskjell fra Gressholmen og deponiet var generelt lave (klasse I-II), mens konsentrasjonen i tiltaks-/mudringsområdet lå omtent en tilstandsklasse høyere (**Tabell 2**).



**Figur 13.**  $\Sigma$ PAH i blåskjell fra tiltaks-/mudringsområdet, Gressholmen og deponi.

Under grønn strek:

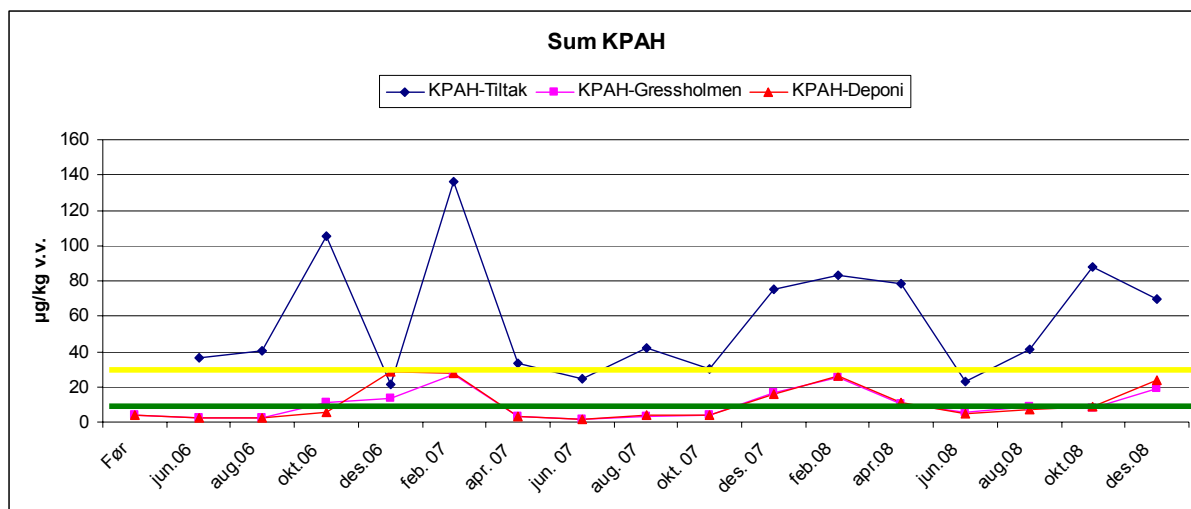
*Kl. I, Ubetydelig/lite forurenset*

Over grønn strek/under gul strek:

*Kl. II, Moderat forurenset*

Over gul strek:

*Kl. III, Markert forurenset*

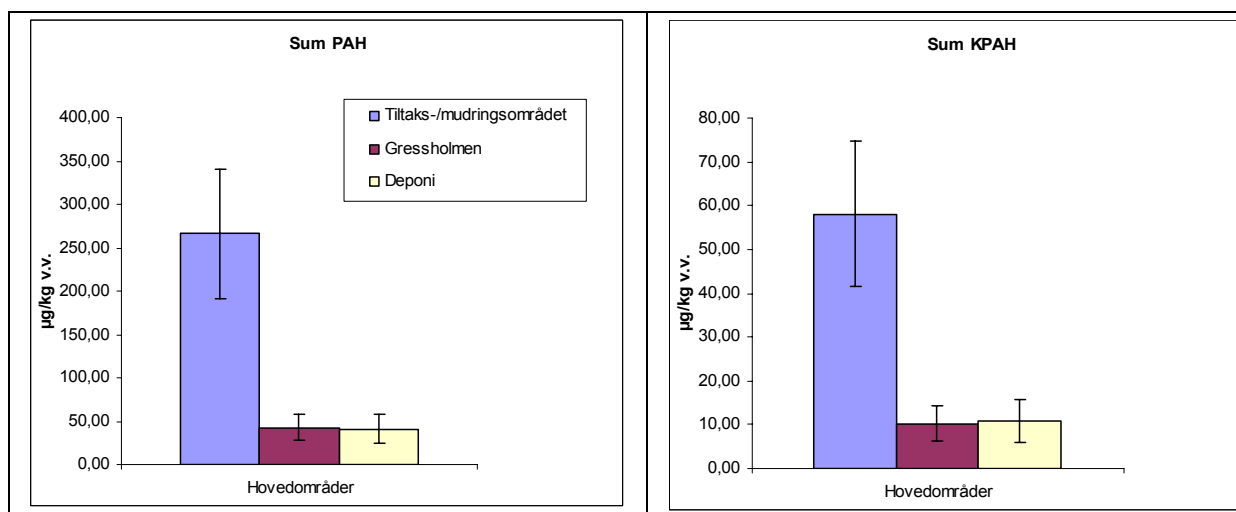


**Figur 14.**  $\Sigma$ KPAH i blåskjell fra tiltaks-/mudringsområdet, Gressholmen og deponi.

Under grønn strek: Kl. I, Ubetydelig/lite forurenset

Over grønn strek/under gul strek: Kl. II, Moderat forurenset

Over gul strek: Kl. III, Markert forurenset



**Figur 15.** Gjennomsnittskonsentrasjon av  $\Sigma$ PAH og  $\Sigma$ KPAH i blåskjell fra tiltaks-/mudringsområdet, Gressholmen og deponi for hele observasjonsperioden (juni 2006- desember 2008). 95 % konfidensintervall er inntegnet.

### 3.1.4 Tinnorganiske forbindelser

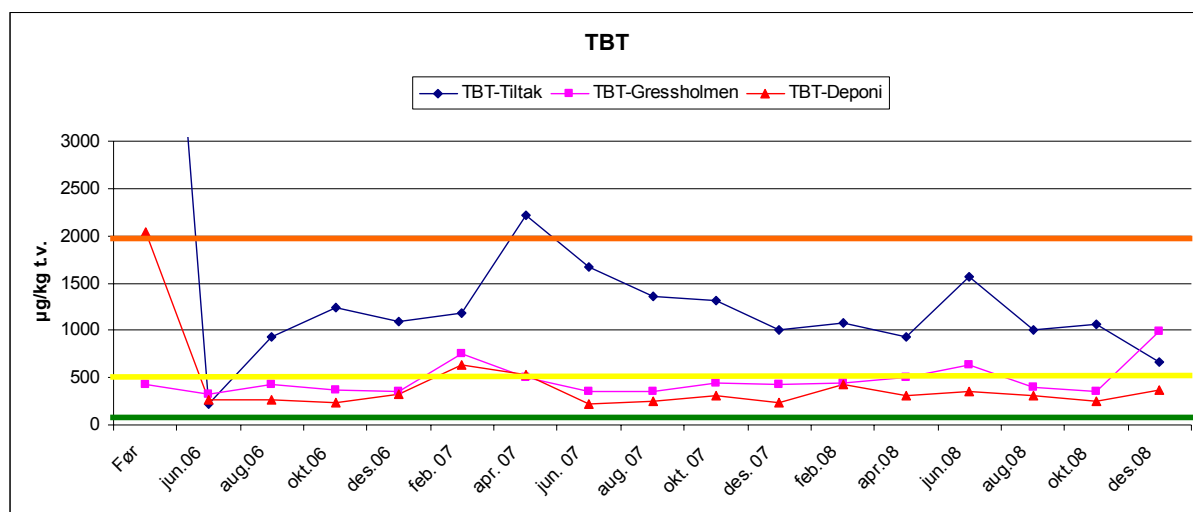
Innholdet av TBT i blåskjell fra tiltaks-/mudringsområdet, Gressholmen og deponiområdet ses i **Figur 16** og gjennomsnittskonsentrasjonene for de 3 hovedområdene i samme periode i **Figur 18**. Konsentrasjonen av TBT i blåskjell fra Gressholmen og deponiet var i hele observasjonsperioden relativt like og fulgte hverandre tett. Observasjonene for TBT i disse områdene lignet derfor mønsteret som ble observert for PCB og PAH. For flertallet av observasjonene var konsentrasjonen av TBT i skjell fra Gressholmen noe høyere enn ved deponiet. Gjennomsnittskonsentrasjonen fra disse to områdene var likevel ikke signifikant

forskjellig, mens TBT-nivået i skjell fra tiltaks-/mudringsområdet var signifikant høyere (**Figur 18**). For hele 2006 (unntatt juni), 2007 og 2008 (unntatt desember) lå konsentrasjonene i blåskjell fra tiltaks-/mudringsområdet klart høyere enn i de to andre områdene (**Figur 16**).

Konsentrasjonen av TBT i blåskjell fra i tiltaks-/mudringsområdet har i hele observasjonsperioden med unntak av juni 2006 ligget relativt høyt og for flertallet av observasjonene i tilstandsklasse III. Skjell fra deponiet og Gressholmen har hovedsakelig ligget omtrent en tilstandsklasse lavere (**Tabell 2**).

Skjellene som ble prøvetatt før anleggsarbeidene startet inneholdt mye høyere TBT-konsentrasjoner enn i 2006-2008, og var dessuten også svært forskjellige innbyrdes. Dette har trolig sammenheng med tidspunktet de er fanget (Tiltaksområdet 1997, Gressholmen: 2005, deponiområdet 2001), og at den generelle TBT-eksponeringen i marine områder har vært nedadgående (se også Berge et al. 2008). For skjell fra Gressholmen har en de mest relevante målinger for førsituasjonen (prøve tatt i 2005). Konsentrasjonen av TBT i skjell fra Gressholmen var ikke noe vesentlig lavere eller høyere ved førsituasjonen enn under selve deponeringsarbeidet (dvs. verdien lå innefor grense for 95% konfidensintervall beregnet på grunnlag av alle observasjonene fra juni 2006 til desember 2008). Dette er et tegn på at gjennomsnittskonsentrasjonen ved Gressholmen ikke har økt i anleggsperioden. Trolig har heller ikke konsentrasjonen ved deponiet økt særlig i anleggsperioden. Resultatene tyder heller på at konsentrasjonen er blitt redusert i forhold til førsituasjonen (**Figur 16**), men sammeligningsgrunnlaget for førsituasjonen ligger noe lenger tilbake i tid enn for Gressholmen og er dermed mer usikre med tanke på å vurdere konsekvenser av anleggsarbeidene.

Det var generelt ingen systematiske forskjeller mellom konsentrasjonen av TPhT i blåskjell fra Gressholmen og deponiet (**Figur 17**). Det var heller ikke så klare forskjeller i konsentrasjonene mellom tiltaks-/mudringsområdet og de to andre områdene slik en så for TBT (**Figur 16**). Med ett unntak (april 2007) var det likevel en tendens til at konsentrasjonen i perioden august 2006 til desember 2007 lå noe høyere i tiltaks-/mudringsområdet enn i de to andre områdene (**Figur 17**). Likevel var det ingen signifikant forskjell mellom gjennomsnittskonsentrasjonen av TPhT i de 3 undersøkelsesområdene for perioden juni 2006-desember 2008 (**Figur 18**).



**Figur 16.** Tributyltinn (TBT) i blåskjell fra tiltaks-/mudringsområdet, Gressholmen og deponi.

Under grønn strek:

Kl. I, Ubetydelig/lite forurenset

Over grønn strek/under gul strek:

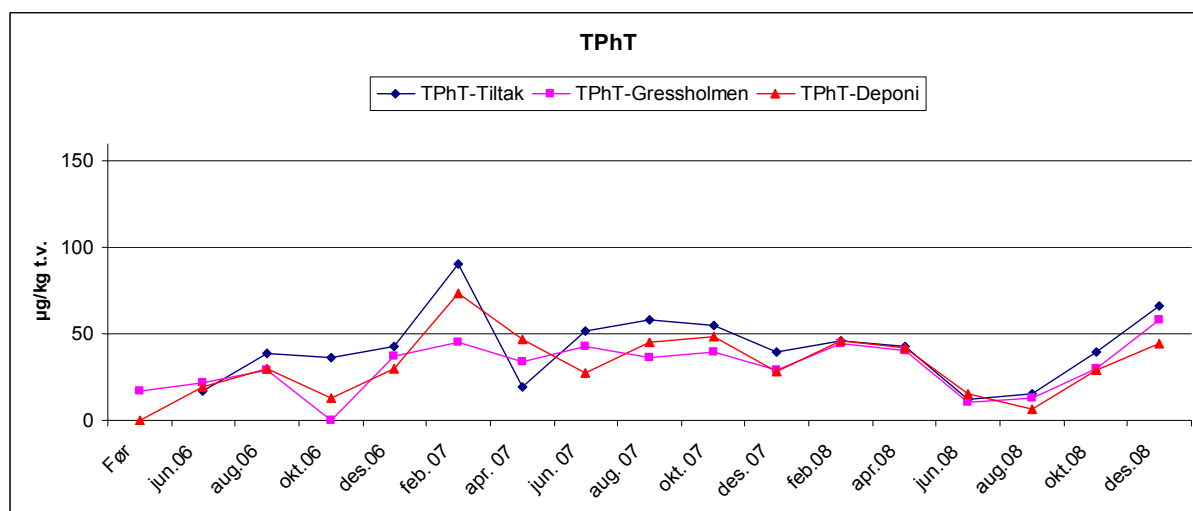
Kl. II, Moderat forurenset

Over gul strek:

Kl. III, Markert forurenset

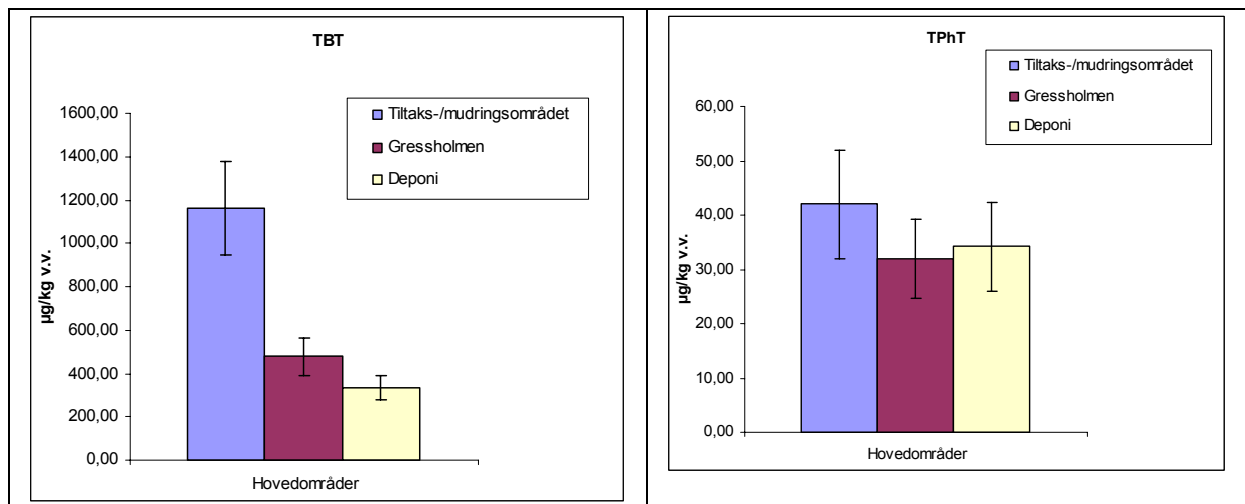
Over oransj strek:

Kl. IV, Sterkt forurenset



**Figur 17.** Trifenyltin (TPhT) i blåskjell fra tiltaks-/mudringsområdet, Gressholmen og deponi.





**Figur 18.** Gjennomsnittskonsentrasjon av TBT og TPhT i blåskjell fra tiltaks-/mudringsområdet, Gressholmen og deponi for hele observasjonsperioden (juni 2006- desember 2008). 95 % konfidensintervall er inntegnet.

**Tabell 2.** Klassifisering av miljøkvalitet basert på konsentrasjonen av organiske forbindelser i blåskjell innsamlet i tiltaks-/mudringsområdet (T), Gressholmen (G) og deponiområdet (D) før mudringsoperasjonen startet (Før) og i 2006, 200 og 2008. Ved klassifiseringen er det benyttet grensene oppgitt i Molvær et al. 1997 til å avgrense de enkelte tilstandsklasser.

Kl. I=Ubetydelig/lite forurenset, Kl. II=Moderat forurenset, Kl. III=Markert forurenset, Kl. IV=Sterkt forurenset, Kl. V=Meget sterkt forurenset, i.a.=ikke analysert.

Tidsperiode	Før			2006			2007		
	T	G	D	T	G	D	T	G	D
∑ PCB <sub>7</sub>	III	II	II	II-III	I-II	I-II	II-III	I-II	I-II
∑ PAH	i.a.	I	I	II-III	I-II	I-II	II-III	I-II	I-II
∑ KPAH	i.a.	I	I	II-III	I-II	I-II	II-III	I-II	I-II
TBT	V (1997)	II (2005)	IV (2001)	II-III	II	II	III-IV	II-III	II-III

Tidsperiode	2008		
Forbindelse/område	T	G	D
∑ PCB <sub>7</sub>	II	I-II	I-II
∑ PAH	II-III	I-II	I-II
∑ KPAH	II-III	I-II	I-II
TBT	III	II-III	II

### 3.1.5 Konsentrasjonsvariasjoner og styrende faktorer

I årsrapporten for 2007 (Berge et al. 2008) ble det observert at det var en stor grad av samvariasjon mellom konsentrasjonen av miljøgifter på 2 eller 3 av stasjonene. En slik samvariasjon er også observert for 2008. Når konsentrasjonen i blåskjell fra to eller flere stasjoner følger hverandre i tid, slik som vi her har sett for metaller på alle tre stasjoner og for

organiske miljøgifter i blåskjell fra Gressholmen og deponiområdet, så tyder dette på at det er en eller flere felles faktorer som styrer dette. Slike faktorer kan i teorien være:

- Deponering
- Mudringsoperasjoner
- Ujevn avrenning fra land/elv
- Naturlige biologiske forhold (årstidsvariasjoner, reproduksjonssyklus)
- Ukjente storskala-hendelser

Siden det for de fleste forbindelser jevnt over er lavere konsentrasjoner i blåskjell fra Gressholmen og deponiet enn fra tiltaks-/mudringsområdet, er det liten mulighet for at selve deponeringen ved Malmøykalven er styrende. Det er mer sannsynlig at gravearbeidene som sådan sprer partikler som kan inneholde noe miljøgifter. Ujevn avrenning fra Akerselva kan også potensielt være en kilde. Vannføringen i Akerselva varierer betydelig fra år til år og gjennom året (**Figur 19**). Eksempelvis hadde vi en stor topp i desember 2006, juli 2007 og april –mai 2008.

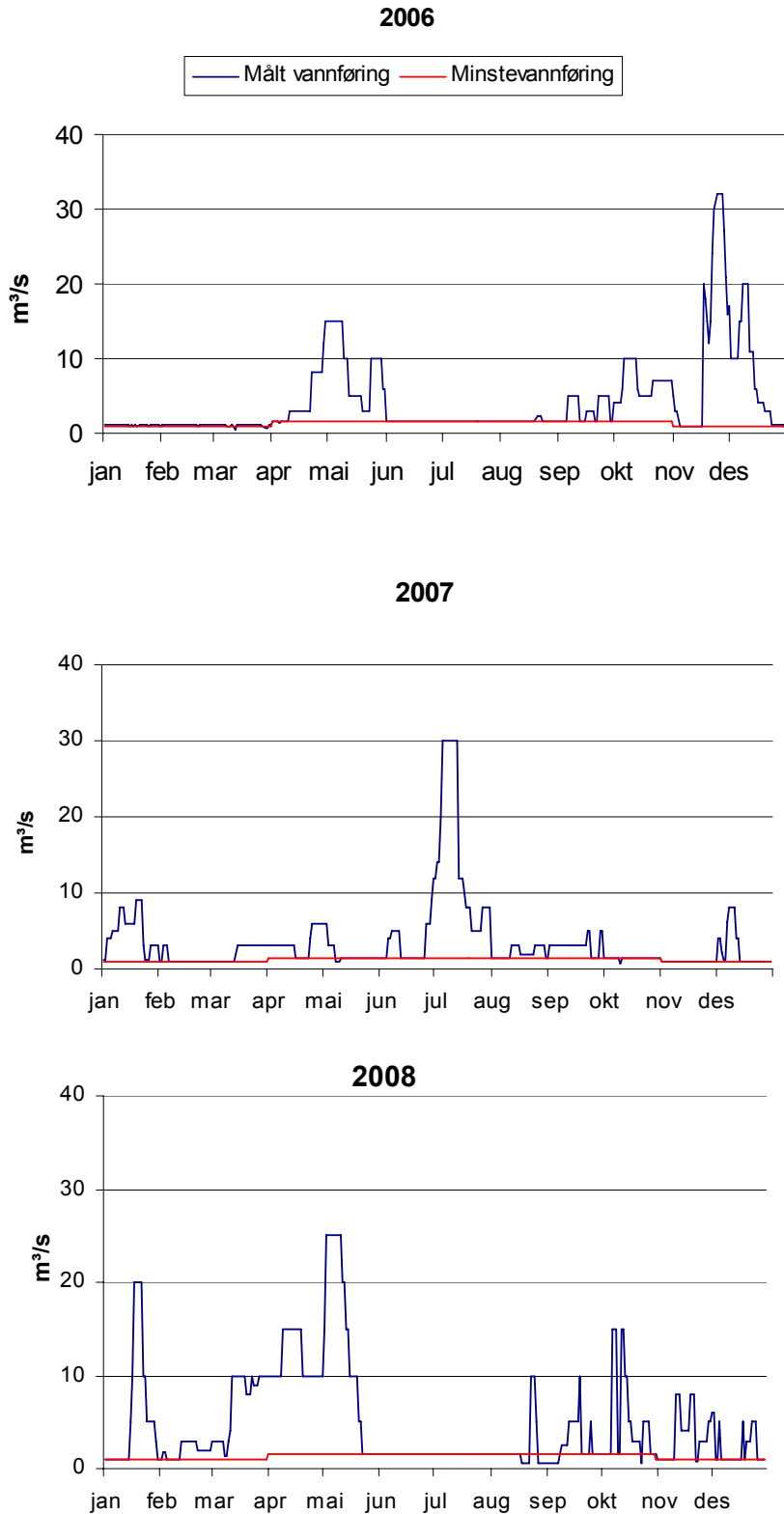
Første prøvetaking etter desembertoppen i 2006 var februarprøven fra 2007. For enkelte av de analyserte komponentene (Hg, Pb, Cd, TPhT) ble det observert en topp eller relativt sett litt høye konsentrasjoner i februar 2007, mens det etter julitoppen i 2007 (dvs. skjellprøven fra august 2007) kun kunne antydes noe høyere konsentrasjoner for kobber og TPhT. I 2008 hadde en relativt mye nedbør i april og mai og lite i sommermånedene (**Figur 19**). Det betyr at april prøven (tatt 16. april 2008) ble tatt i en periode med relativt stor vannføring i Akerselva, mens juni prøven (tatt 17/6-2008) ble tatt etter en periode med 1 måned med relativt lite vannføring. For flere av metallene (Cd, Cu, Hg, Pb, As) ble det i alle 3 områder observert en minimums-konsentrasjon i juni 2008 med klart høyere konsentrasjoner i april med relativt betydelig høyere vannføring. Isolert sett kunne dette være et tegn på at vannføringen i Akerselva hadde betydning. Dette harmonerer i tilfelle ikke med august prøvene fra 2006, som også ble tatt etter en svært lang periode med minimumsvannføring, men viste ikke samme lave metallkonsentrasjon. Ser vi på PAH så ble det i april 2008 observert en ekstremverdi (**Figur 13**). Denne verdien skyldes spesielt høye konsentrasjoner fra Bjørvika/Bispevika (Berge 2008e) hvor Akerselva munner ut. En kan derfor ikke utelukke at tilførsler fra elva har bidratt til den høye verdien. Totalt sett kan vi ikke utelukke at ujevn avrenning fra land har betydning for de miljøgiftkonsentrasjonene som er observert i overvåkingsperioden, men dette er trolig kun i unntakstilfeller en betydelig styrende faktor for den variasjonen vi har observert.

Naturlige biologiske forhold slik som næringstilgang og gyting kan også ha betydning for miljøgiftkonsentrasjonen. Tilførsel av kontaminert næring vil kunne øke konsentrasjonen og tilførsel av ”ren” næring vil ved vekstfortynning på sikt kunne redusere konsentrasjonen. Normalt lever blåskjell av plante- og dyreplankton som de filtrerer fra sjøvannet, men kan også ernære seg av annet organisk materiale knyttet til suspenderte partikler. Blåskjell er også selektive med hensyn til hvilke partikler som går inn i tarmen. Normalt er tilgangen på plante- og dyreplankton lav senhøstes og på vinteren og høy på våren. Siden vi ikke har noen oversikt over miljøgiftkonsentrasjonen i de partiklene som blåskjellene tar til seg og fordøyer er det vanskelig å si i hvilken grad miljøgifter i dyrenes næring er styrende for de miljøgiftfluktasjoner som vi har observert. For mange av de analyserte forbindelsene (Hg, Pb, Cr, Cd, Cu, PAH) ble det imidlertid i 2007 observert en klar nedgang i konsentrasjon fra februar til april og i 2008 fra februar til juni (Cd, Cu, Hg, Pb, Cr). Dette er en periode hvor næringstilgangen normalt vil øke. Det er dermed mulig at konsentrasjonsnedgangen for disse stoffene delvis skyldes vekstfortynning. En slik nedgang ble ikke observert for TBT i blåskjell

fra tiltaks-/mudringsområdet og heller ikke for PCB. For disse forbindelsene er antagelig andre forhold styrende, eksempelvis relativt sett høyere innhold i næringen.

Ved gyting (normalt i april-juni, når vanntemperatur er over ca 10 °C) vil kjønnsproduktene til blåskjellene slippes ut i vannet. Skjellprøver tatt før og etter gyting vil dermed ikke ha lik sammensetning og vil dermed også kunne variere noe i konsentrasjon avhengig av fordelingen av den enkelte miljøgift i kjønnsprodukter og øvrig vev. For enkelte av metallene som vi har analysert (såkalte "essensielle metaller"; kobber) har blåskjellene også fysiologiske mekanismer som gjør at de kan regulere konsentrasjonen. Siden konsentrasjonen av kobber er signifikant høyere i blåskjell fra tiltaks-/mudringsområdet i forhold til Gressholmen og deponiområdet, tyder det på at kobbereksponeringen der er høyere enn det reguleringsmekanismen kan ta hånd om. Årsaken til den høyere kobberkonsentrasjonen kan ha sammenheng med bruken av kobber som aktiv begroingshindrende substans i bunnstoff, enten i form av direkte utlekking fra skip og fritidsbåter i havneområdet til vannet, eller indirekte i form av oppvirling av Cu-forurenset sediment.

Som vi har diskutert ovenfor så er det mange faktorer som kan være styrende for at miljøgiftkonsentrasjonene følger hverandre relativt tett på flere av stasjonene. Siden metallkonsentrasjonene så tydelig følger hverandre på alle tre stasjonene, og dessuten er relativt lave, så mistenker vi at naturlige biologiske forhold spiller en viss rolle for å forklare samvariasjonen. For de tilfellene der en har høyere miljøgiftkonsentrasjoner i tiltaks-/mudringsområdet (Cu, Pb, PAH, KPAH, PCB, TBT), så skyldes dette trolig i betydelig grad selve mudringen og forholdene i havneområdet forøvrig (dvs. havneaktivitet og nærheten til en storby), men også for disse stoffene spiller de naturlige forhold trolig inn.



**Figur 19.** Vannføringen i Akerselva i 2006, 2007 og 2008 (data fra Vann- og avløpsetaten, Oslo kommune).

Selve mudrings- og deponeringsarbeidene ble ferdigstilt i slutten av oktober 2008, og overdekkingsarbeidet ved deponiet ble startet i november 2008. Dette vil si at prøvene fra

desember (innsamlet 2. desember) ble innsamlet ca. en måned etter at mudringsarbeidene var avsluttet. I utgangspunktet burde opphør av mudringsarbeidene ha gitt mulighet for en viss utskillelse/depurering av eventuelle akkumulerte miljøgifter i skjellene fra tiltaks-/mudringsområdet, dersom de litt høye konsentrasjonene som er observert der skyldes mudringsarbeidene. De høyeste konsentrasjonene av de organiske forbindelsene ( $\Sigma$  PAH,  $\Sigma$ KPAH,  $\Sigma$ PCB<sub>7</sub>, DDE+DDD og TBT) har i hele observasjonsperioden blitt registrert i tiltaks-/mudringsområdet og de laveste i deponiområdet og på Gressholmen. Dersom forskjellen i konsentrasjon mellom tiltaks-/mudringsområdet og deponiområdet/Gressholmen skyldes mudringsarbeidene, skulle stopp av arbeidene ha medført lavere konsentrasjoner i tiltaks-/mudringsområdet. Dette ser imidlertid ikke ut til å ha funnet sted i særlig grad selv om det for  $\Sigma$ PCB<sub>7</sub>, DDE+DDD,  $\Sigma$  PAH og TBT antydes at konsentrasjonen i skjellene fra tiltaks-/deponiområdet fra desember 2008 er lavere enn 2 måneder tidligere og er blant de lavere i observasjonsperioden, men likevel høyere enn ved deponiområdet og med unntak for TBT også høyere enn ved Gressholmen (se **Figur 10**, **Figur 11**, **Figur 13**, **Figur 14** og **Figur 16**).

Vi har tidligere ment at de høye konsentrasjonene av enkelte miljøgifter i tiltaks-/mudringsområdet skyldes selve mudringen og forholdene i havneområdet for øvrig (dvs. havneaktivitet og nærheten til en storby). Det forhold at konsentrasjonene ikke har gått betydelig ned i tiltaks-/mudringsområdet i løpet av en måned uten mudring, kan tyde på at forholdene i havneområdet (dvs. havneaktivitet og nærheten til en storby) kan være en vel så viktig forklaring på de noe høye miljøgiftkonsentrasjonene som er registret som selve mudringen. Årsaken til at en ikke har sett noen betydelig nedgang kan imidlertid også skyldes at depureringen tar lenger tid enn 1 måned, eller at det tar noe lenger tid for at miljøgiftkonsentrasjonen i vannmassene i tiltaks-/deponiområdet skal komme i likevekt innenfor rammene av de nye forholdene.

## 4. Konklusjoner

- Observasjonene gjort i 2008 avviker i hovedsak ikke betydelig fra det som er observert i 2007 og 2006.
- Metallkonsentrasjonene i blåskjell var generelt sett lave (klasse I-II) i alle de tre undersøkte områdene i hele perioden. Spesielt lave metallkonsentrasjoner ble observert i juni 2008 uten at en med sikkerhet vet årsaken til dette. For hele observasjonsperioden sett under ett og for de fleste metaller (Cd, Hg, Pb, As, Cr) var det ingen signifikant forskjell i middelkonsentrasjon mellom de tre hovedområdene. I hele observasjonsperioden med unntak av to tidspunkt (august 2006 og juni 2008) lå konsentrasjonen av kobber i blåskjell fra tiltaks-/mudringsområdet klart høyere enn ved Gressholmen og deponiområdet. Middelkonsentrasjonen av Cu for hele observasjonsperioden var også signifikant høyere i tiltaks-/mudringsområdet enn i de to andre områdene, som hadde tilnærmet helt like middelkonsentrasjoner. I perioden august 2006 til august 2007 lå også konsentrasjonen av bly i blåskjell fra tiltaks-/mudringsområdet klart høyere enn ved Gressholmen, men middelkonsentrasjonen av Pb for hele observasjonsperioden var ikke signifikant høyere i tiltaks-/mudringsområdet enn i de to andre områdene.

- De observerte forhøyede nivåene av kobber (for en periode også bly) i mudringsområdet i forhold til de to andre hovedområdene skyldes trolig selve mudringen og forholdene i havneområdet for øvrig (dvs. havneaktivitet og nærheten til en storby). For alle metallene synes konsentrasjonene i de tre områdene å følge hverandre.
- Konsentrasjonene av de organiske miljøgifter ( $\Sigma\text{PCB}_7$ ,  $\Sigma\text{DDE}+\text{DDD}$ ,  $\Sigma\text{PAH}$ ,  $\Sigma\text{KPAH}$  og TBT) var i 2008 generelt lave i blåskjell fra deponiområdet (klasse I-II), og Gressholmen (i hovedsak i klasse I-II), mens de i selve tiltaks-/mudringsområdet lå klart høyere (klasse II-III).
- For hele observasjonsperioden sett under ett var gjennomsnittskonsentrasjonene av de organiske miljøgifter ( $\Sigma\text{PCB}_7$ ,  $\Sigma\text{DDE}+\text{DDD}$ ,  $\Sigma\text{PAH}$ ,  $\Sigma\text{KPAH}$  og TBT) i skjell fra tiltaks-/mudringsområdet signifikant høyere enn skjell fra og de to øvrige hovedområdene som ikke var signifikant forskjellige.
- Den samlede påvirkning fra selve mudringen og forholdene i havneområdet for øvrig er den mest sannsynlige forklaringen på de observerte forhøyede nivåene i mudringsområdet.
- Det forhold at miljøgiftkonsentrasjonene av  $\Sigma\text{PCB}_7$ ,  $\Sigma\text{DDE}+\text{DDD}$ ,  $\Sigma\text{PAH}$ ,  $\Sigma\text{KPAH}$  og TBT) ikke har gått betydelig ned i tiltaks-/mudringsområdet i løpet av en måned uten mudring kan tyde på at forholdene i havneområdet (dvs. havneaktivitet og nærheten til en storby) kan være en vel så viktig forklaring på de noe høye miljøgiftkonsentrasjonene som er registret som selve mudringen, men kan også skyldes at utskillelsen tar lenger tid.
- Konsentrasjonen av de organiske miljøgiftene i blåskjell fra Gressholmen og deponiområdet fulgte hverandre tett og avvek noe fra mønsteret observert i blåskjell fra tiltaks-/mudringsområdet.
- Naturlige biologiske forhold spiller trolig en viss rolle for å forklare samvariasjonen i miljøgiftinnhold i prøvene fra spesielt Malmøykalven og Gressholmen i hele observasjonsperioden. Samvariasjonen mellom tiltaks-/mudringsområdet og de to andre hovedområdene var mindre fremtredende. Dette skyldes trolig at tiltaks-/mudringsområdet i høyere grad påvirkes av ordinær havneaktivitet, nærhet til byområdet og selve mudringen, slik at de naturlige biologiske forhold blir av mindre betydning for de observerte konsentrasjonsnivåer og svingninger i disse.
- De observerte romlige konsentrasjonsgradientene for kobber,  $\Sigma\text{PCB}_7$ ,  $\Sigma\text{DDE}+\text{DDD}$ ,  $\Sigma\text{KPAH}$ , TBT og til dels også bly (oktober 2006 juni 2007) viser høyere konsentrasjoner i tiltaks-/mudringsområdet enn ved deponiet. Dette tyder på at det i hele 2008 (og tidligere år) har vært et potensial for en viss transport av kobber,  $\Sigma\text{PCB}_7$ ,  $\Sigma\text{DDE}+\text{DDD}$ ,  $\Sigma\text{KPAH}$ , TBT via overflatevann fra tiltaks-/mudringsområdet til deponiområdet og til dels også Gressholmen, mens det i hovedsak ikke har vært et potensial for transport den motsatte veien. Transport av overflatevann fra tiltaks-/mudringsområdet kan dermed ha forekommet. Dette har i tilfelle i liten grad ført til vesentlig forhøyede miljøgiftkonsentrasjoner i deponiområdet og på Gressholmen.

- Siden konsentrasjonen av miljøgifter i blåskjell fra Gressholmen og deponiområdet i hovedsak er relativt lave så har transporten av miljøgifter fra tiltaks-/mudringsområdet (og andre kilder) til Gressholmen og deponiområdet trolig vært liten, og derfor av liten betydning for miljøtilstanden i overflatevannet i deponiområdet.
- Når det gjelder blåskjellene fra deponiområdet, har vi ingen holdepunkter for at selve deponeringen har gitt vesentlig forhøyede konsentrasjoner av miljøgifter (dvs. klasse III eller høyere) i blåskjell innsamlet i nærområdet til deponiet i 2008. Heller ikke resultatene fra blåskjell innsamlet på Gressholmen indikerer noen tydelig miljøgiftbelastning (dvs. klasse III eller høyere), selv om konsentrasjonen av TBT i desember 2008 var høyere (Klasse III) enn tidligere i 2008.
- En av hensiktene med overvåkingen har vært å se i hvilken grad miljøgiftkonsentrasjonene har økt i skjellene under selve deponeringen i forhold til førsituasjonen. Det foreligger imidlertid kun en registrering fra deponiet fra førsituasjonen, og resultatene fra overvåkingen viser at miljøgiftkonsentrasjonen varierer relativt mye. Dette gjør at en sammenligning med enkeltverdi fra før arbeidet startet er problematisk. For enkelte forbindelser (Cd, Hg, Pb, sum PAH, sum KPAH) kan det antydes en viss økning ved deponiet (dvs. verdien fra førsituasjonen lå under nedre grense for 95% konfidensintervall beregnet på grunnlag av alle observasjonene fra juni 2006 til desember 2008). Det statistiske grunnlaget for å hevde at disse endringene har funnet sted er imidlertid spinkelt og har uansett ikke gitt opphav til konsentrasjoner utover tilstandsklasse II. For TBT antydes en nedgang (dvs. verdien fra førsituasjonen lå over øvre grense for 95% konfidensintervall). Denne nedgangen skyldes trolig forbud mot bruk av TBT som begroingshindrende middel. For en tredje gruppe forbindelser (Cr, As, Cu,  $\Sigma$ PCB<sub>7</sub>,  $\Sigma$ DDE+DDD) ikke antydes noen endring (dvs. verdien lå innen for øvre og nedre grense for 95% konfidensintervallet)

## 5. Referanser

Berge, J.A. 2001. Miljøgifter i blåskjell (*Mytilus edulis*) fra grunnområdene rundt et planlagt dypvannsdeponi ved Malmøykalven, indre Oslofjord. NIVA rapport l.nr. 4463. 23 s.

Berge, J.A., 2007a. Oppsummering av overvåkingsdata – Blåskjell fra indre Oslofjord Pr.februar, 2007. NIVA notat av 16. august 2007.

Berge, J.A., 2007b. Oppsummering av overvåkingsdata – Blåskjell fra indre Oslofjord Pr. august, 2007. NIVA notat av 07. november 2007.

Berge, J.A., 2008a. Oppsummering av overvåkingsdata – Blåskjell fra indre Oslofjord Pr. oktober, 2007. NIVA notat av 19. januar 2008.

Berge, J.A. 2008b. Oppsummering av overvåkingsdata – Blåskjell fra indre Oslofjord Pr. desember, 2007. NIVA notat av 31. januar 2008. 39s.

Berge, J.A. 2008c. Oppsummering av overvåkingsdata – Blåskjell fra indre Oslofjord Pr. februar, 2008. NIVA notat av 07. mai 2008. 39s.

Berge, J.A. 2008d. Oppsummering av overvåkingsdata – Blåskjell fra indre Oslofjord Pr. april, 2008. NIVA notat av 11. august 2008. 41s.

Berge, J.A. 2008e. Ekstraanalyser av PAH i blåskjell fra tiltaksområdet i indre Oslofjord – april 2008. NIVA notat av 1. september 2008. 8s.

Berge, J.A. 2008f. Oppsummering av overvåkingsdata – Blåskjell fra indre Oslofjord Pr. juni, 2008. NIVA notat av 23. oktober 2008. 40s.

Berge, J.A. 2008g. Oppsummering av overvåkingsdata – Blåskjell fra indre Oslofjord Pr. august, 2008. NIVA notat av 23. desember 2008. 40s.

Berge, J.A. 2009a. Oppsummering av overvåkingsdata – Blåskjell fra indre Oslofjord Pr. oktober, 2008. NIVA notat av 26 januar 2009. 40s.

Berge, J.A. 2009b. Oppsummering av overvåkingsdata – Blåskjell fra indre Oslofjord Pr. desember, 2008. NIVA notat av 20 mars 2009, 42s.

Berge, J.A., 2009c. Oppsummering av overvåkingsdata – Analyse av fisk fra Frognerkilen og Bekkelagsbassenget 2006/2007. NIVA notat av x april 2009, zzs.

Berge, J.A., H.C. Nilsson og M. Walday. 2007. Utlekking av rene leirmasser i Bekkelagsbassenget – førundersøkelse. NIVA rapport l.nr. 5338. 48s.

Berge, J.A, Schøyen, M. og Øxnevad, S. 2008. Supplerende tiltaksovervåking i indre Oslofjord – miljøgifter i blåskjell, fisk og reker. Årsrapport 2007, (TA 2383/2008), NIVA-rapport nr 5591, 66s.



Berge, J.A., H.C. Nilsson og M. Walday. 2008. Utlekking av rene leirmasser i Bekkelagsbassenget – etterundersøkelse 2007. NIVA rapport l.nr. 5540. 57s.

International Agency for Research on Cancer (IARC) Overall evaluations of carcinogenicity; an updating of IARC Monographs, volumes 1-42. Lyon: IARC, 1987.

Knutzen, J., E.M. Brevik, N.A.H. Følsvik. og M. Schlabach. 1999. Overvåking i indre Oslofjord. Miljøgifter i fisk og blåskjell 1997-1998. Overvåkingsrapport 784/99, TA-nr. 1964/1999, NIVA rapport l.nr. 4126. 89 s.

Molvær, J., J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei og J. Sørensen 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. SFT Veiledning 97:03. SFT. 36 s.

Ruus, A. 2007. Oppsummering av overvåkingsdata – Blåskjell fra indre Oslofjord Pr. desember, 06, NIVA notat oversendt SFT mars 2007.

Schaanning M., C. Harman og E. Alve, 2007. Spredning av partikler og miljøgifter under deponering av masser i dypvannsdeponiet ved Malmøykalven. NIVA rapport 5501-2007. 54 s.



Statens forurensningstilsyn (SFT)  
Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo  
Besøksadresse: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00  
Telefaks: 22 67 67 06  
E-post: postmottak@sft.no  
Internett: www.sft.no

Utførende institusjon <b>Norsk institutt for vannforskning (NIVA)</b>	Kontaktperson SFT <b>Ingvild Marthinsen</b>	ISBN-nummer 978-82-577-5562-1
------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------	----------------------------------

	TA-nummer: 2536/2009
--	----------------------

Oppdragstakers prosjektansvarlig <b>John Arthur Berge</b>	År <b>2009</b>	Sidetall <b>35</b>	SFTs kontraktnummer <b>5007186/5007199</b>
--------------------------------------------------------------	-------------------	-----------------------	-----------------------------------------------

Utgiver <b>Norsk institutt for vannforskning NIVA-rapport nr. 5827</b>	Prosjektet er finansiert av <b>SFT</b>
-------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------

<b>Forfatter(e): John Arthur Berge, Merete Schøyen, Sigurd Øxnevad</b>
<b>Tittel</b> <b>Supplerende tiltaksovervåking i indre Oslofjord – miljøgifter i blåskjell. Årsrapport 2008</b> <b>Supplementary monitoring of sediment handling operations in the Inner Oslofjord – contaminants in mussels. Annual report 2008</b>
<b>Sammendrag – summary</b> Det er foretatt tiltak for å bedre miljøtilstanden i indre Oslofjord. Tiltakene har medført at forurensete sedimenter er fjernet fra bunnen i havneområdet ved mudring og deponert på 70 m dyp ved Malmøykalven. Selve mudrings- og deponeringsarbeidene ble ferdigstilt i slutten av oktober 2008. Siden oppstarten i februar 2006 er det mudret og deponert anslagsvis 440 000 kubikkmeter forurenset sjøbunn. I forbindelse med tiltakene er det gjennomført overvåking av miljøgiftinnholdet i organismer (blåskjell, fisk og reker). I denne rapporten er hovedfokus på 2008-resultatene fra den kortsiktige overvåkingen av miljøgifter i blåskjell fra tiltaks-/mudringsområdet, Malmøykalven og Gressholmen. Resultatene ga ingen holdepunkter for at deponeringen har gitt vesentlig forhøyede konsentrasjoner av miljøgifter i blåskjell fra Malmøykalven i 2008, mens det i skjell fra mudringsområdet ble observert noe høyere konsentrasjoner av kobber, bly og organiske miljøgifter som trolig skyldes mudringsarbeidene, annen havneaktivitet og nærhet til Oslo by.  Action has been taken in order to improve the environmental conditions in the inner Oslofjord. The work implies dredging of contaminated sediments in the harbour and depositing it on the sea floor in an underwater basin at 70 m depth. The dredging operation was terminated in October 2008. 440 000 m <sup>3</sup> contaminated sediments has been dredged and disposed since the operation started in February 2006. The operation is monitored by analysis of contaminants in blue mussels from the dredging area, the disposal site (Malmøykalven) and a site (Gressholmen) in between. The present report focuses mainly on the 2008-results from this monitoring. The result does not indicate any significant spreading of contaminants to mussels during disposal at Malmøykalven, but the dredging, harbour activity and nearness to Oslo City has resulted in spreading of copper, lead, PCB, PAH and TBT to mussels in the dredging area.

<b>4 emneord</b> Mudring Deponering Overvåking Biota	<b>4 subject words</b> Dredging Dumping Monitoring Biota
------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------

**Statens forurensningstilsyn**

Postboks 8100 Dep,

0032 Oslo

Besøksadresse: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00

Telefaks: 22 67 67 06

E-post: [postmottak@sft.no](mailto:postmottak@sft.no)

[www.sft.no](http://www.sft.no)

Statens forurensningstilsyn (SFT) ble opprettet i 1974 som et direktorat under miljøverndepartementet.

SFT skal bidra til å skape en bærekraftig utvikling. Vi arbeider for at forurensning, skadelige produkter og avfall ikke skal føre til helseskade, gå ut over trivselen eller skade naturens evne til produksjon og selvfornyelse.

TA-: 2536/2009

ISBN 978-82-577-5562-1