

Overvåkning av PCB-forurensning ved ubåtbunkeren i Laksevåg – 2007

Arnt Johnsen, Arnljot Strømseng og Sunil John

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI)

31. januar 2008

FFI-rapport 2008/00280

333406

ISBN 978-82-464-1344-0

Emneord

PCB

Forurensning

Overvåkning

Utlekking

Ubåtbunker

Godkjent av

Kjetil Sager Longva

Prosjektleder

Jan Ivar Botnan

Avdelingssjef

Sammendrag

FFI har fra Forsvarsbygg fått i oppdrag å foreta en overvåking av PCB-forurensning ved ubåtbunkeren i Laksevåg i årene 2006-2008. I 2005 ble det gjort tiltak i form av at PCB-forurenset slam fra både kulvert og sandfang ble fjernet og formålet med overvåkingen er å kontrollere at tiltakene med rengjøring og tømning av forurenset slam fra kulvert og sandfangkummer som ble gjennomført av Forsvarsbygg i 2005, har fungert etter hensikten. Resultater fra overvåkingen i 2006 ble rapportert i oktober 2006 og denne rapporten presenterer resultatene fra overvåkingen i 2007.

Overvåkingen har bestått av tre deler. Den ene delen har vært knyttet opp mot måling av PCB i vannmassene i dokk 4, mens den andre delen har vært fokusert på å måle eventuell utlekking fra dokk 4 og ut i havnebassenget. I tillegg er det foretatt målinger av PCB i slam fra både kulvert og sandfangkummer. Måling av PCB i vannmasser er foretatt med et FFI-utviklet utstyr for høyvolum vannprøvetaking for måling av PCB, mens utlekkingen av PCB fra dokk 4 er blitt undersøkt ved å sette ut en presenning som omslutter utløpet av dokk 4 for i størst mulig grad å hindre vannutskiftning. Ved å sammenligne konsentrasjonen av PCB i vannprøver tatt utenfor denne presenningen med konsentrasjonen i vannprøver tatt innenfor presenningen vil det være mulig å antyde noe om transport av PCB ut fra dokk 4. For å avdekke eventuelle konsentrasjonsforskjeller er det benyttet høyvolum vannprøvetaking innenfor og utenfor presenningen omkring en måned etter utsetting av presenningen. I tillegg er det satt ut SPMD som passiv prøvetaker. Denne vil gi et mer integrert svar på konsentrasjonsforskjellen i hele perioden som presenningen har vært utplassert.

Både i 2006 og 2007 er det blitt påvist et forhøyet nivå av PCB i vannmassene i dokk 4 sammenlignet med det som finnes i vannmassene i havnebassenget utenfor ubåtbunkeren. Det er derfor sannsynlig at det er tilført noe PCB-forurenset masse i dokk 4 som kan gi opphav til transport av PCB ut i havnebassenget. Målingene av PCB i vannmassene innenfor og utenfor presenningen tyder på at det er en viss transport av PCB ut fra dokk 4, men at denne er veldig liten og nærmest ikke målbar selv etter utsetting av presenning. Det er derfor stor sannsynlighet for at denne transporten ikke vil kunne ha noen betydning for miljøet utenfor ubåtbunkeren.

Fortsatt blir det funnet høye konsentrasjoner av PCB i slam fra både kulvert og sandfangkummer, noe som indikerer at det finnes aktive kilder til PCB ved eller i nærheten av ubåtbunkeren. For å sikre at disse kildene av PCB i minst mulig grad bidrar til å forurense havnebassenget utenfor ubåtbunkeren, anbefales det å gjøre en kartlegging for å avdekke disse kildene, slik at eventuelle tiltak kan iverksettes. For i størst mulig grad å hindre transport av PCB-forurenset slam fra kulvert og sandfangkummer og ut i havnebassenget, anbefales det at regelmessig rengjøring av disse blir foretatt.

English summary

A monitoring program for the period 2006 – 2008 is established to assess suspected leaching of PCB from the submarine pen in Laksevåg, Bergen. The program is carried out by FFI on assignment from The Norwegian Defence Estates Agency (FB). Preventive measures in the form of removing contaminated mud from a culvert and sand traps in the pen were carried out by FB in 2005. The objective of this study is to monitor the effects of these measures on transport of PCB from the submarine pen to the surrounding harbour basin. The results from the monitoring in 2006 were presented in October 2006, while this report presents the results from the monitoring in 2007.

The monitoring consisted of three parts. One part focused on measuring the concentration of PCB in water inside the demolished dry dock number 4, while the second part focused on measuring the possible leaching of PCB from this dry dock to the harbour basin. In the third part the concentration of PCB in mud from a culvert and sand traps was measured.

Water from wells inside the demolished dry dock number 4 and from the harbour basin outside this dock were sampled with a high volume water sampler developed by FFI.

Leaching of PCB from the dry docks was monitored by introducing a geophysical barrier in the watercolumn outside dry dock number 4. The role of this barrier was to limit diffusion and dilution of any PCB leaching from the dry dock. Water sampling using the high volume water sampler and SPMDs were used to measure the concentrations of PCB inside, and outside the geophysical barrier to determine the likelihood of PCB leaching from the submarine pen

In 2006 and 2007 the measured concentration of PCB in water inside dry dock number 4 was higher compared to the levels in the surrounding harbour basin. It is therefore likely that a source of PCB exists in this dry dock, and that it may represent a possible source of PCB contamination to the surrounding harbour basin.

Results show that the concentration of PCB in water is elevated inside the geophysical barrier compared to the surrounding harbour basin. This result indicates transport of PCB from the demolished dry dock number 4 to the harbour basin. However, this transport is very small and almost non-detectable even using a geophysical barrier to limit diffusion and dilution of the contaminants. This small flux of PCB from the dry dock is likely to have no significant effect on the marine environment in the surrounding harbour basin.

The concentration of PCB in mud from the culvert and sand traps is still high. This indicates the presence of active sources of PCB at, or close to the submarine pen in Laksevåg. To prevent these sources from contaminating the marine environment in the harbour basin, it is recommended that the sources of PCB should be identified and, if possible, measures implemented.

Innhold

| | | |
|----------|-----------------------------------|-----------|
| 1 | Innledning | 7 |
| 2 | Gjennomførte undersøkelser | 7 |
| 3 | Analysemetoder | 12 |
| 3.1 | Analyse av PCB i vann | 12 |
| 3.2 | Analyse av PCB i slam | 12 |
| 3.3 | Analyse av PCB i SPMD | 12 |
| 4 | Resultater | 12 |
| 4.1 | Høyvolum vannprøvetaking | 12 |
| 4.2 | Akkumulering i SPMD | 15 |
| 4.3 | Konsentrasjon av PCB i slamprøver | 16 |
| 5 | Konklusjon | 19 |
| | Referanser | 20 |

1 Innledning

Tidligere undersøkelser som Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) har gjennomført, viste at slam både i kulvert og sandfangkummer inneholdt høye konsentrasjoner av polyklorerte bifenyler (PCB) (1). FFI anbefalte derfor at dette slammet ble fjernet for å hindre eventuell utlekking av PCB til havnebassenget utenfor ubåtbunkereren. Som en følge av dette, foretok Forsvarsbygg en rengjøring og tømning av slam fra både kulverten og sandfangkummene i 2005 (2).

På oppdrag fra Forsvarsbygg gjennomførte FFI undersøkelser i 2006 ved ubåtbunkereren i Laksevåg, for å overvåke eventuell transport av PCB ut til havnebassenget (3). Det er nå foretatt tilsvarende undersøkelser i 2007. I 2006 ble det foretatt undersøkelser i tilknytning til både dokk 4 og 6, mens det i 2007 kun har vært foretatt undersøkelser i dokk 4. Resultatene fra 2006 viste at det ikke var mulig å påvise noen transport ut fra dokk 6 og det ble derfor konkludert med at denne dokken ikke var nødvendig å inkludere i den fremtidige overvåkingen.

Formålet med overvåkingen er å kontrollere at tiltakene med rengjøring og tømning av forurenset slam fra kulvert og sandfangkummer som ble gjennomført av Forsvarsbygg i 2005, har fungert etter hensikten. FFI har tidligere foretatt undersøkelser ved ubåtbunkereren i Laksevåg og resultater fra disse undersøkelsene er rapportert i FFI/RAPPORT-2005/01118 (1) og FFI/NOTAT-2005/03200 (4).

2 Gjennomførte undersøkelser

Det er tatt vannprøver med høyvolum vannprøvetaker i grunnvannsbrønner i dokk 4, både ved utgående og inngående tidevann. Det ble tatt prøver fra brønn 1 som er en grunnvannsbrønn med vanninnsig i bunnen av dokk 4 og brønn 12 og 13 som har vanninnsig i overflaten av dokk 4. Dette er de samme grunnvannsbrønnene det ble tatt prøver av i 2006. Ved prøvetaking ble det tatt hensyn til at tidevannsinnregningen er noe forsinket i forhold til tidevannstand for Bergen (1). Det er påvist at tidevannsinnregningen i dokk 4 er i overkant av en time forsinket i forhold til tidevannstand for Bergen. Det ble også tatt vannprøver med høyvolum vannprøvetaker utenfor dokk 4 og ved referansestasjonen øst av Lyreneset. I Tabell 2.1 er det gitt en oversikt over vannprøver som er tatt med høyvolum vannprøvetaker, mens lokaliseringen til disse prøvene er vist i Figur 2.2.

Det ble plassert ut en presenning på samme måte som i 2006 (3) utenfor dokk 4, for lettere å kunne spore eventuell transport av PCB ut i havnebassenget. Figur 2.1 viser hvordan presenningen er plassert utenfor dokken. Utsettingen og opptaket av presenningen ble gjort med god bistand av dykkere fra Minedykkekommandoen. Både innenfor og utenfor presenningen ble det satt ut semipermeable membraner fylt med triolein (SPMD). I tillegg ble det satt ut SPMD ved referansestasjonen og i kulverten nær dokk 7. En oversikt over plasseringen til SPMD er vist i Figur 2.3.

Det ble satt ut en presenning i slutten av mai 2007, men etter to uker revnet denne presenningen og falt delvis ned til bunnen. Det ble konstatert så store skader på presenningen som følge av værmessige belastninger, at det ble besluttet å avbryte denne overvåkingen. Det ble satt i bestilling en ny og kraftigere presenning som ble levert i midten av september. Denne presenningen var en modifisert versjon av det som benyttes i oljelenser til havs. Presenningen ble satt ut 18. september 2007 og denne klarte seg fint til planlagt inntak i midten av oktober.

Det ble tatt prøver av slam fra to sandfangkummer og fra tre områder i kulverten for å se om det kan være aktive kilder av PCB ved ubåtbunker. Lokaliseringen av disse prøvene er vist i Figur 2.4.

| <i>Prøvested</i> | <i>Tidspunkt for prøvetaking</i> | <i>Prøvetatt volum (liter)</i> |
|-----------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| Brønn 1, tidevann inn | 31 mai 2007, kl 0955-1115 | 531 |
| Brønn 1, tidevann ut | 30 mai 2007, kl 1515-1605 | 435 |
| Brønn 12, tidevann inn | 31 mai 2007, kl 0835-0940 | 461 |
| Brønn 12, tidevann ut | 30 mai 2007, kl 1315-1430 | 537 |
| Brønn 13, tidevann inn | 30 mai 2007, kl 1050-1200 | 551 |
| Brønn 13, tidevann ut | 30 mai 2007, kl 1630-1730 | 468 |
| Dokk 4, innenfor presenning | 15 oktober 2007, kl 1245-1400 | 503 |
| Dokk 4, utenfor presenning | 15 oktober 2007, kl 1440-1535 | 509 |
| Referanse øst av Lyreneset | 15 oktober 2007, kl 1015-1130 | 497 |

Tabell 2.1 Oversikt over utført høyvolum vannprøvetaking.



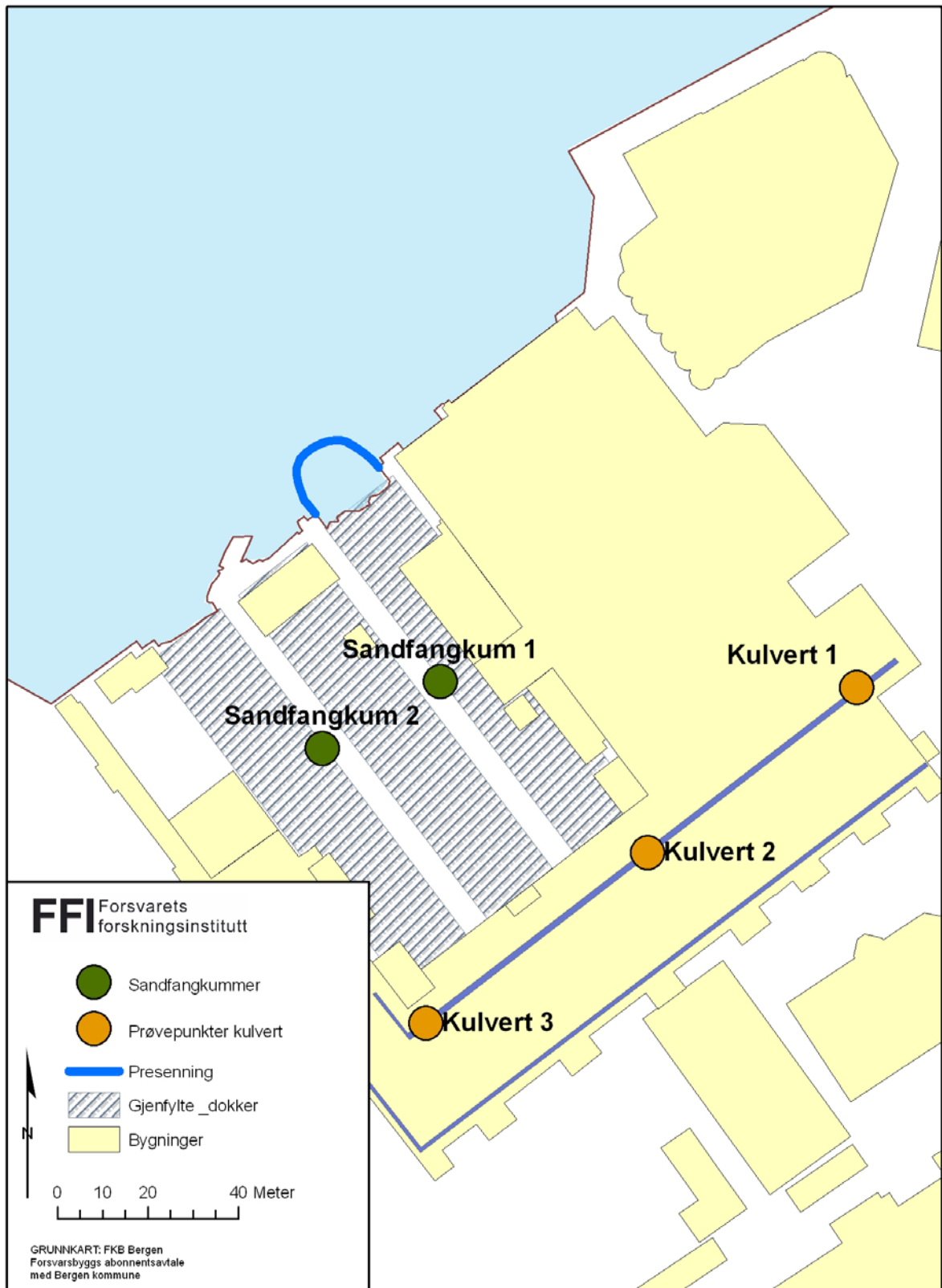
Figur 2.1 Plasseringen av presenningen utenfor dokk 4.



Figur 2.2 Oversikt over lokaliseringen til vannprøver som er tatt med høyvolum vannprøvetaker.



Figur 2.3 Oversikt over lokaliseringen til utplasserte SPMD.



Figur 2.4 Oversikt over lokaliseringen til slamprøver.

3 Analysemetoder

3.1 Analyse av PCB i vann

Omkring 500 liter vann filtreres gjennom et partikkelfilter på 1 µm og en XAD-2 kolonne for å samle opp både løst og partikkelbundet PCB. En del av partikkelfiltret tas ut til analyse og ekstraheres med løsemiddel på ristebord. Hele prøven med XAD-2 ekstraheres med løsemiddel på ristebord. Ekstraktene renses og analyseres på en gasskromatograf med elektroninnfagningsdetektor (ECD). Kvantifiseringen er gjort med bakgrunn i en kalibreringskurve med intern standard PCB-112. Det er foretatt måling av de syv PCB kongenerene PCB-28, PCB-52, PCB-101, PCB-118, PCB-138, PCB-153 og PCB-180.

3.2 Analyse av PCB i slam

Omkring 2 gram tørr prøve veies ut og ekstraheres med løsemiddel i mikrobølgeovn. Ekstraktet tas ut og renses før det analyseres på en gasskromatograf med elektroninnfagningsdetektor (ECD). Kvantifiseringen er gjort med bakgrunn i en kalibreringskurve med intern standard PCB-112. Det er foretatt måling av de syv PCB kongenerene PCB-28, PCB-52, PCB-101, PCB-118, PCB-138, PCB-153 og PCB-180.

3.3 Analyse av PCB i SPMD

Membranen tørkes av på utsiden før den ekstraheres med løsemiddel på ristebord. Mengden fett bestemmes før ekstraktet renses og analyseres på en gasskromatograf med elektroninnfagningsdetektor (ECD). Kvantifiseringen er gjort med bakgrunn i en kalibreringskurve med intern standard PCB-112. Det er foretatt måling av de syv PCB kongenerene PCB-28, PCB-52, PCB-101, PCB-118, PCB-138, PCB-153 og PCB-180.

4 Resultater

4.1 Høyvolum vannprøvetaking

Konsentrasjonen av PCB i de vannprøvene som er tatt med høyvolum vannprøvetaker er vist i Tabell 4.1. I grunnvannsbrønn 1 og 13 er konsentrasjonen relativt lik både ved utgående og inngående tidevann. I grunnvannsbrønn 12 er det påvist en noe høyere konsentrasjon både ved utgående og inngående tidevann enn for de to andre grunnvannsbrønnene. Konsentrasjonen av PCB i brønn 1 er tilsvarende med det som ble funnet i 2006, mens nivået i brønn 12 og 13 er noe høyere enn det som ble funnet i 2006, men er sammenlignbart med det som ble funnet i 2005 (Figur 4.1). For alle de tre undersøkte brønnene er det en noe høyere konsentrasjon av PCB ved utgående tidevann enn ved inngående tidevann i dokken. Dette er motsatt av det som var tilfellet i 2006 og kan være tegn på at det kan være en viss transport av PCB ut fra dokk 4.

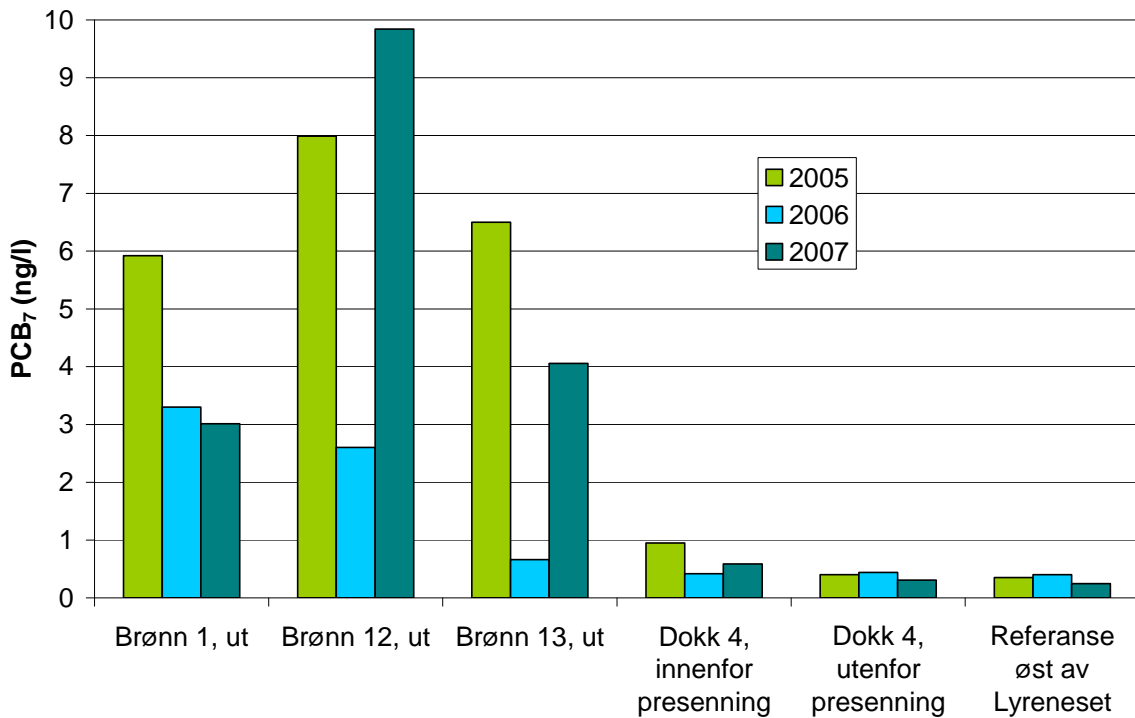
| <i>Prøvepunkt</i> | <i>PCB-28 ng/l</i> | <i>PCB-52 ng/l</i> | <i>PCB-101 ng/l</i> | <i>PCB-118 ng/l</i> | <i>PCB-138 ng/l</i> | <i>PCB-153 ng/l</i> | <i>PCB-180 ng/l</i> | <i>PCB₇ ng/l</i> |
|--------------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| Brønn 1, inn | 0,03 | 0,10 | 0,36 | 0,23 | 0,42 | 0,37 | 0,14 | 1,65 |
| Brønn 1, ut | 0,10 | 0,22 | 0,44 | 0,94 | 0,42 | 0,56 | 0,33 | 3,01 |
| Brønn 12, inn | 0,03 | 0,03 | 0,40 | 1,15 | 2,03 | 1,79 | 0,96 | 6,39 |
| Brønn 12, ut | 0,04 | 0,05 | 0,59 | 1,67 | 3,04 | 2,70 | 1,74 | 9,84 |
| Brønn 13, inn | 0,02 | 0,05 | 0,25 | 0,44 | 0,51 | 0,59 | 0,26 | 2,13 |
| Brønn 13, ut | 0,04 | 0,06 | 0,36 | 0,68 | 1,27 | 1,12 | 0,53 | 4,06 |
| Dokk 4, innenfor presenning | 0,07 | 0,13 | 0,05 | 0,06 | 0,12 | 0,11 | 0,04 | 0,59 |
| Dokk 4, utenfor presenning | 0,15 | 0,05 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,30 |
| Referanse øst av Lyreneset | 0,11 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,03 | 0,00 | 0,24 |

Tabell 4.1 Sum av løst og partikkelbundet PCB i vannprøver tatt med høyvolum vannprøvetaker. Det er tatt vannprøver både ved inngående (inn) og utgående (ut) tidevann i grunnvannsbrønnene

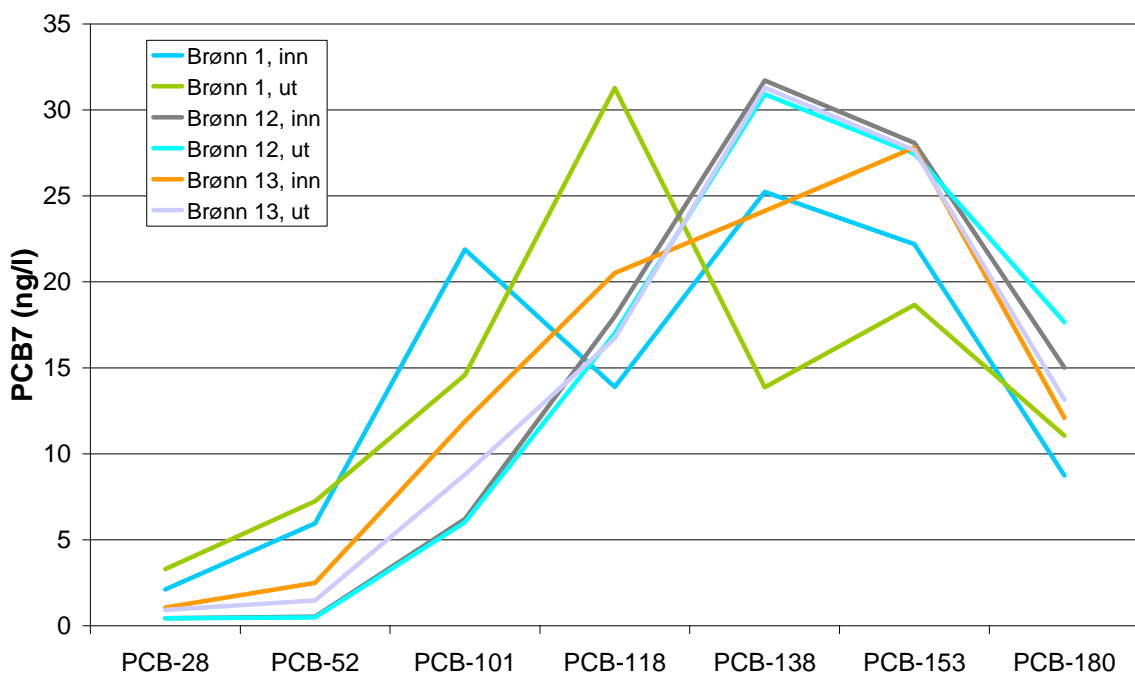
Mesteparten av PCB-forekomsten i vannmassene finnes i partikkelfraksjonen. Derfor vil små endringer av partikkelmengden i vannet ha stor innvirkning på nivået av PCB i vannmassene. Det er sannsynligvis små endringer i mengden av partikler som finnes i vannmassene som er årsaken til at det ved utgående tidevann i dokk 4 blir påvist en noe høyere konsentrasjon av PCB enn ved inngående tidevann. Som nevnt i FFI/RAPPORT-2005/01118 (1), vil selv små mengder av partikler med lave konsentrasjoner av PCB føre til betydelige utslag på nivået av PCB i vannmassene.

Kongenerfordelingen av PCB er lik i prøvene fra brønn 12 og 13 både ved utgående og inngående tidevann (Figur 4.2), noe som kan indikere at det er samme kilde til PCB både ved inn- og utgående tidevann. I brønn 1 er det tildels samme kongenerfordeling av PCB som for de to andre brønnene, men i denne brønnen er det noe mer av PCB-101 og PCB-118. Kongenerfordeling av PCB i brønnene er relativt lik med det som er funnet i tidligere undersøkelser (3). Selv om nivået av PCB i vannmassene i dokk 4 er lavt, er det en god del høyere enn det som blir registrert i vannmassene ved referansestasjonen. Det tyder derfor på at det er kilder som fortsatt tilfører noe PCB til vannmassene i dokk 4.

Rett før opptak av presenningen ble det tatt prøver av vannmassene både innenfor og utenfor presenningen. Resultatene viser at det er lave konsentrasjoner av PCB i vannmassene utenfor dokk 4, og at konsentrasjonen i vannmassene utenfor presenningen er på samme nivå med det som blir funnet ved referansestasjonen. Konsentrasjonen av PCB innenfor presenningen er noe høyere enn utenfor presenningen. Det er omtrent en faktor på 2 mellom konsentrasjonen av PCB i vannmassene innenfor presenningen i forhold til utenfor presenningen. Dette er det samme forholdet som ble funnet i 2005 (4). I 2006 ble det ikke funnet noen forskjell i konsentrasjonen av PCB i vannmassene innenfor presenningen i forhold til utenfor presenningen (3). I 2006 var det imidlertid en større utskiftning av vannmasser innenfor presenningen som følge av presenningen i 2006 ikke omsluttet dokken i samme grad som i 2007 og 2005.



Figur 4.1 Oversikt over konsentrasjonen av PCB₇ i grunnvannsprøver fra dokk 4 ved utgående tidevann, innenfor og utenfor presenning ved dokk 4 og ved referansestasjon for årene 2005 til 2007.



Figur 4.2 Kongenerfordeling av PCB i vannmasser fra grunnvannsprøvene ved utgående og inngående tidevann.

Arealet av grunnflaten i dokk 4 er omkring 1500 m². Om en tar utgangspunkt i en tidevannsforskjell for Bergen på 1,0 meter, så vil det i løpet av et døgn kunne transporteres ut 3000 m³ vann fra dokk 4. Ved å benytte den høyeste konsentrasjonen av PCB som ble målt i Brønn 13, vil det være omkring 4,4 gram PCB₇ som kan transporteres ut av dokk 4 i løpet av ett år. Mengden vil sannsynligvis være mye lavere enn dette både på grunn av at dokk 4 er fylt opp med løsmasser, slik at volumet er lavere enn det som er benyttet i utregningen. I tillegg vil løsmassene fungere som et filter, slik at lite partikler vil transporteres ut av dokken. FFI har benyttet samme metode som dette til å beregne en maksimal utlekking fra dokk 4 i 2006 (3) og 2005 (4). Den maksimale transporten av PCB₇ ut av dokk 4 ble beregnet til henholdsvis omkring 2 gram i 2006 og i underkant av 7 gram i løpet av et år i 2005. Om en benytter konsentrasjonsforskjellen av PCB i vannmassene innenfor og utenfor presenningen vil rundt 0,3 gram PCB₇ kunne transporteres ut fra dokk 4 i løpet av et år.

4.2 Akkumulering i SPMD

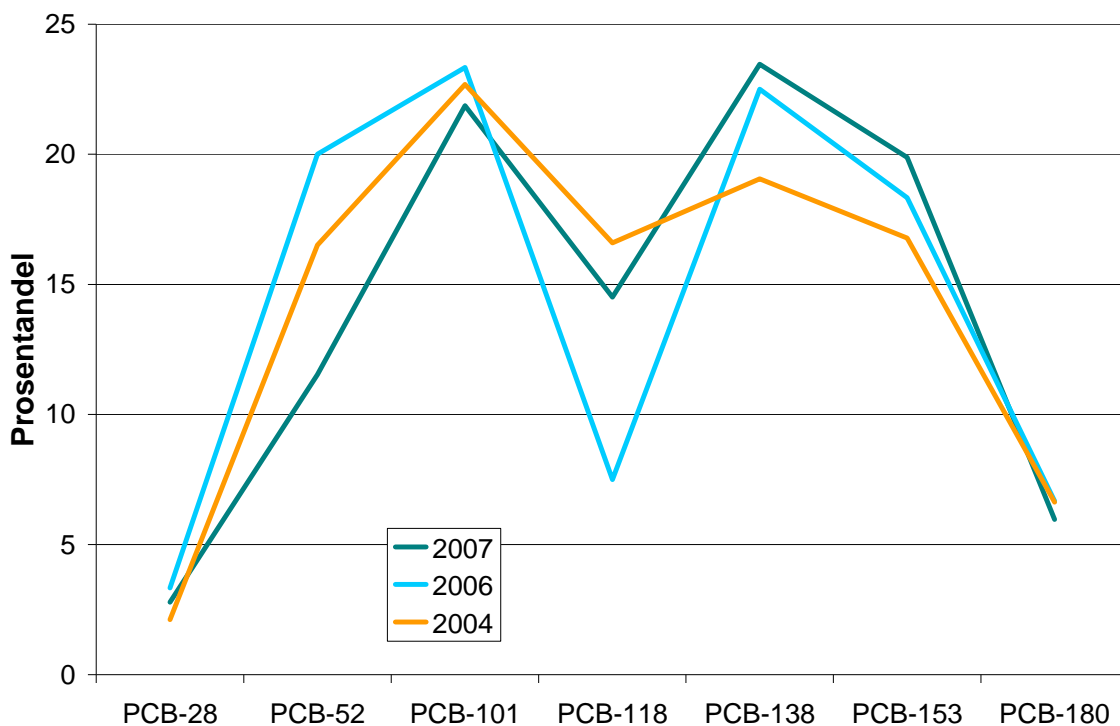
Akkumulert mengde PCB i SPMD er vist i Tabell 4.2. Tidligere undersøkelser som FFI har gjort viser at ekstraksjonshastigheten for SPMD er rundt 1,4 l/døgn (5). Etter en omregning av akkumulert mengde PCB i SPMD til konsentrasjon i vannmassene ved å benytte denne ekstraksjonshastigheten er nivåene tilsvarende med det som er målt med høyvolum vannprøvetaker utenfor presenningen og ved referansestasjonen. I 2006 (3) og 2005 (1) er det også funnet god overensstemmelse med det som er målt med høyvolum vannprøvetaker og akkumulert mengde i SPMD. Konsentrasjonen av PCB i vannmassene utenfor presenningen er på samme nivå med det som ble funnet i 2005 og 2006.

Innenfor presenningen gir akkumulert mengde i SPMD en noe høyere konsentrasjon av PCB enn det som ble målt med høyvolum vannprøvetaker. I år ble det tilsatt intern standard i SPMDene før de ble satt ut i sjøen. Det ble ikke funnet noen forskjeller i gjenfunnet mengde av denne standarden i de enkelte SPMD. Det er derfor lite trolig at det er forskjeller i ekstraksjonshastighet i de ulike SPMD som følge av miljømessige påvirkninger. Den økte akkumulerte mengden av PCB i de SPMD som har stått innenfor presenningen skyldes i første rekke en økt akkumulert mengde av høyklorerte PCB. Resultatene fra høyvolum vannprøvetaking i grunnvannsbrønner viser at det i vannmasser fra brønn 13 som ligger nærmest sjøen i hovedsak består av høyklorerte PCB. Det er derfor grunn til å tro at den økte mengden av PCB i SPMD innenfor presenningen skyldes en viss transport av PCB fra dokk 4 og til havnebassenget utenfor.

Den høyest akkumulerte mengden av PCB ble funnet i SPMD plassert nede i kulverten ved dokk 7. Både i 2004 og 2006 var det denne SPMDen som hadde akkumulert mest PCB, slik at årets resultater er i samsvar med dette. Kongenerfordelingen til PCB i SPMD fra kulverten både i 2007, 2006 og 2004 er stort sett like (Figur 4.3), noe som tyder på at kilden til PCB forurensningen ikke har endret seg. Ved utsetting av SPMD i kulverten ble det observert en del slam i bunnen av kulverten med svak lukt av kloakk. Analyser av slam fra kulverten viste at slammet inneholder tildels høye konsentrasjoner av PCB (Kapittel 4.3). Resultatet fra SPMD er derfor i overensstemmelse med de målingene som er gjort av slammet.

| Prøvepunkt | PCB-28 ng | PCB-52 ng | PCB-101 ng | PCB-118 ng | PCB-138 ng | PCB-153 ng | PCB-180 ng | PCB ₇ ng | PCB ₇ ng/l |
|------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------------------|--------------------------|
| SPMD 1 | 1,4 | 5,8 | 11 | 7,3 | 11,8 | 10 | 3 | 50,3 | 1,28 |
| SPMD 2 | 1,4 | 5,6 | 11 | 7 | 11 | 9,7 | 3,1 | 48,8 | 1,24 |
| SPMD 3 | 1,3 | 3,3 | 3,2 | 1,4 | 1,7 | 1,6 | 1,4 | 13,9 | 0,35 |
| SPMD 4 | 1,6 | 2,7 | 3,1 | 1,4 | 1,7 | 1,9 | 2 | 14,4 | 0,40 |
| SPMD 5 | 1,1 | 1,2 | 2,3 | 0,2 | 0,7 | 0,8 | 1,2 | 7,5 | 0,21 |
| SPMD 6 | 1,1 | 12 | 9,3 | 8,2 | 11 | 8,2 | 4,4 | 54,2 | 1,49 |

Tabell 4.2 Akkumulert mengde PCB i SPMD og konsentrasjonen av PCB i vannmassene når ekstraksjonshastigheten er satt til 1,4 l/døgn.



Figur 4.3 Kongenerfordeling til PCB i SPMD plassert i kulverten i 2004, 2006 og 2007.

4.3 Konsentrasjon av PCB i slamprøver

I Tabell 4.3 er konsentrasjonen av PCB i slamprøvene vist. I kulverten ble det funnet høye nivåer av PCB i slammet, mens slammet fra de to sandfangkummene hadde et noe lavere nivå. Som det fremgår av Figur 4.4, så har konsentrasjonen av PCB i kulverten og sandfangkummene variert noe fra 2004 til 2007. Det ser imidlertid ut til at konsentrasjonen av PCB i slammet fra kulverten avtar i retning mot dokk 7. Kongenerfordelingen til PCB i slammet fra kulverten (Figur 4.5) er omtrent lik, noe som indikerer at det er samme kilde som tilfører PCB til slammet i de ulike områdene av kulverten. Kongenerfordelingen er noe tilsvarende med det som er funnet tidligere

(3), slik at det etter all sannsynlighet er den samme kilden som fører til forurensing av PCB i kulverten.

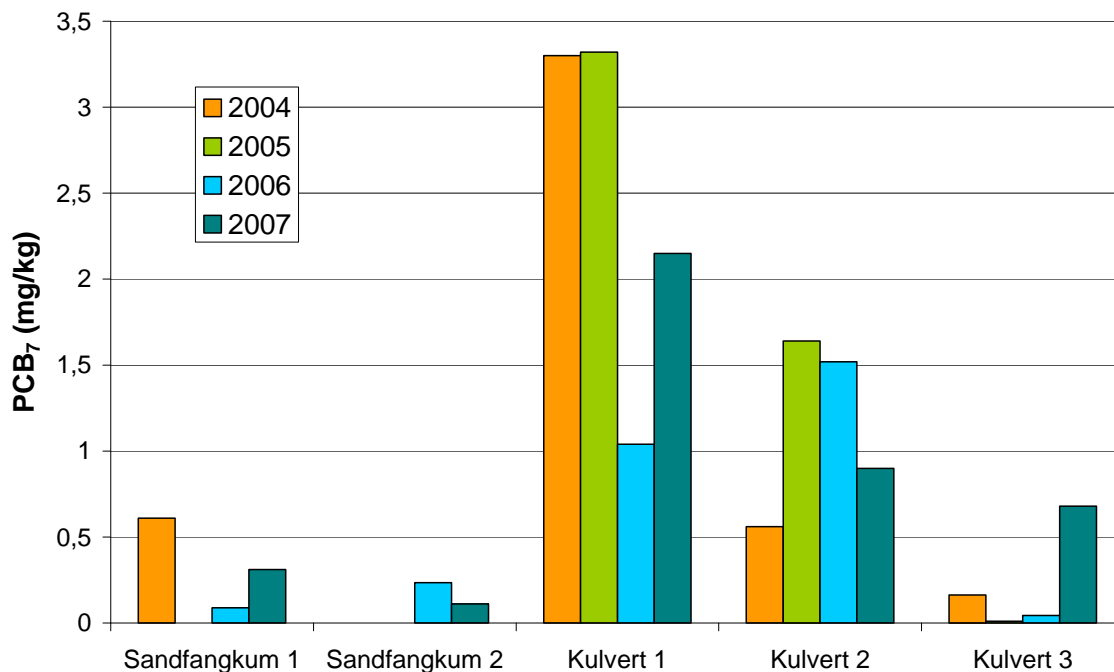
| <i>Prøvepunkt</i> | <i>PCB-28</i> <i>mg/kg</i> | <i>PCB-52</i> <i>mg/kg</i> | <i>PCB-101</i> <i>mg/kg</i> | <i>PCB-118</i> <i>mg/kg</i> | <i>PCB-138</i> <i>mg/kg</i> | <i>PCB-153</i> <i>mg/kg</i> | <i>PCB-180</i> <i>mg/kg</i> | <i>PCB₇</i> <i>mg/kg</i> |
|-------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|
| Sandfangkum 1 | 0,025 | 0,042 | 0,040 | 0,044 | 0,058 | 0,052 | 0,053 | 0,31 |
| Sandfangkum 2 | 0,004 | 0,005 | 0,016 | 0,016 | 0,023 | 0,035 | 0,011 | 0,11 |
| Kulvert 1 | 0,004 | 0,061 | 0,228 | 0,266 | 0,589 | 0,527 | 0,479 | 2,15 |
| Kulvert 2 | 0,001 | 0,028 | 0,098 | 0,112 | 0,254 | 0,223 | 0,184 | 0,90 |
| Kulvert 3 | < 0,001 | 0,012 | 0,087 | 0,083 | 0,194 | 0,178 | 0,127 | 0,68 |

Tabell 4.3 Konsentrasjoner av PCB i mg/kg tørrstoff målt i slamprøver tatt i sandfangkummer og kulvert.

I 2006 ble det funnet noe lavere konsentrasjon av PCB i sandfangkum 1 enn det som ble funnet nå, mens nivået av PCB i sandfangkum 2 er noe lavere i 2007 enn det som ble registrert i 2006 (Figur 4.4). Nivået av PCB i sandfangkum 1 i 2007 er omkring halvparten av det som ble funnet før sandfangkummene ble renset i 2005.

De variasjoner som observeres i konsentrasjonen av PCB i slammet både fra kulverten og sandfangkummer kan skyldes heterogent prøvemateriale. Spesielt i slammet fra sandfangkummer er det stor variasjon i prøvematerialet. I kulverten kan noe av variasjonen skyldes at det er vanskelig å få tatt prøve på akkurat samme sted hver gang og at det også her er et heterogent prøvemateriale.

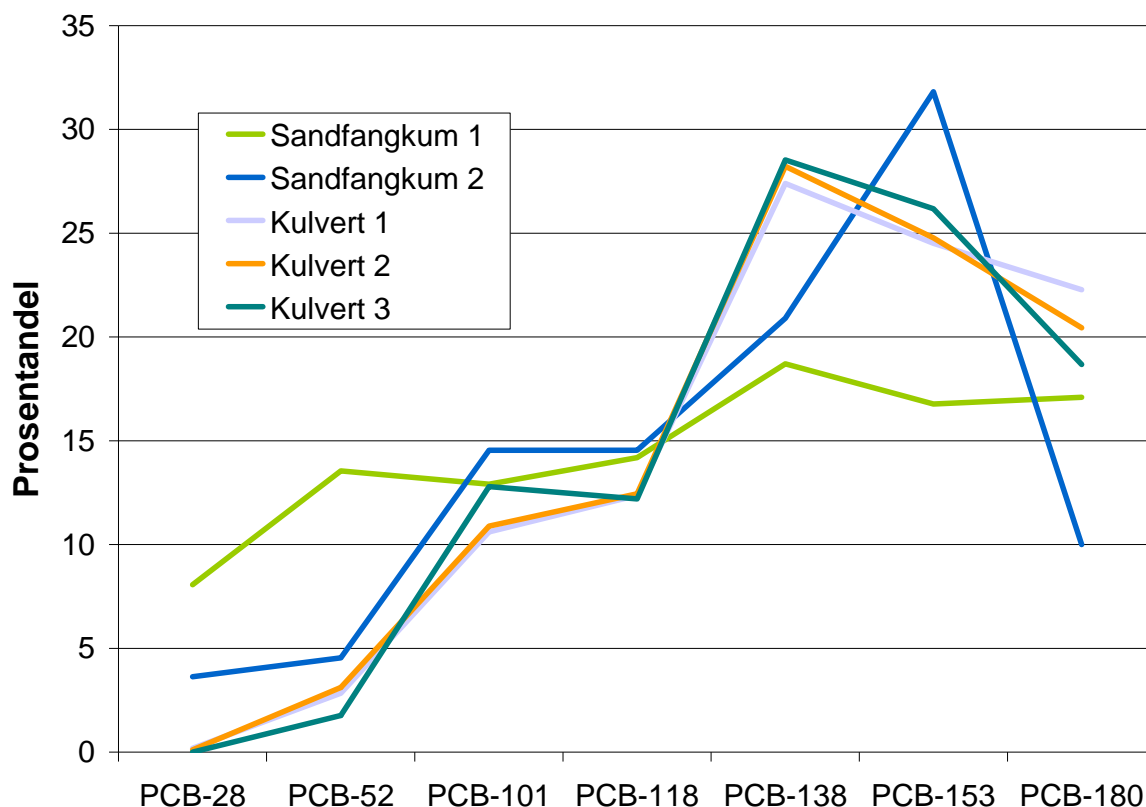
Tatt i betraktning av at alle sandfangkummene og kulverten ble renset for slam i 2005 og at det fortsatt er relativt høye konsentrasjoner av PCB, er det sannsynlig at det finnes aktive kilder av PCB ved eller i nærrområdet til ubåtbunkeren.



Figur 4.4 Utvikling av konsentrasjon til PCB i sandfangkummer og kulvert fra 2004 til 2007.

Det kan være flere kilder til PCB-forurensningen som observeres både i sandfangkummene og i kulverten. Det er påvist ganske høye konsentrasjoner av PCB i prøver av maling fra veggene på ubåtbunkeren og i fugemasse mellom takelementene (7). Det er også mulig at det kan være virksomheter utenfor ubåtbunkeren som tilfører området PCB, selv om det ikke er funnet veldig høye konsentrasjoner i sandfang som er undersøkt i nærheten av ubåtbunkeren (6). Det bør derfor foretas en undersøkelse for å påvise disse kildene samtidig som alle tilførsler til kulverten undersøkes for eventuell PCB-forurensning.

Det er en overvekt av høyklorerte PCB kongenerer i slammet fra både kulverten og sandfangkummene og tidligere er det blitt antydnet at kilden for PCB-forurensninger funnet i løsmasser og sedimenter kan være Clophen A60 (6). Kongenerfordelingen av PCB i maling og fugemasse stemmer ikke helt med det som blir funnet i slammet fra sandfangkummene og kulverten (6). Det bør derfor være fokus på mulige andre forurensningskilder ved kartleggingen av kilder til PCB ved ubåtbunkeren eller i nærheten av denne.



Figur 4.5 Kongenerfordeling av PCB i slamprøver fra sandfangkummer og kulvert.

5 Konklusjon

Ut fra de undersøkelsene som er gjort kan det se ut som om det er en viss transport av PCB ut fra dokk 4 og ut i havnebassenget, men mengden er så liten at denne transporten nesten ikke er målbar, selv om utskiftningen av vannet rett utenfor dokk 4 er forsøkt redusert ved å legge ut en presenning. Konservative beregninger tyder på at det maksimalt kan transporteres rundt 4 gram PCB₇ i året ut fra dokk 4, og det antas at den reelle mengden som transporteres ut er en god del lavere enn dette. Tar en utgangspunkt i konsentrasjonsforskjellen av PCB i vannmassene innenfor og utenfor presenningen vil det være 0,3 gram PCB₇ som transporteres ut fra dokk 4 i løpet av et år. Det er liten grunn til å tro at den beskjedne mengden av PCB som sannsynligvis transporteres ut fra dokk 4 vil kunne ha noen betydning for miljøet utenfor ubåtbunker.

Etter som det måles relativt høye konsentrasjoner av PCB i slam fra sandfangkummer og kulvert etter at det er foretatt rengjøring av disse, er det sannsynlig at det finnes aktive kilder av PCB ved eller i nærheten av ubåtbunker. For å sikre at disse kildene av PCB i minst mulig grad bidrar til å forurense havnebassenget utenfor ubåtbunker, anbefales det å gjøre en kartlegging for å avdekke mulige kilder, slik at eventuelle tiltak kan iverksettes. For i størst mulig grad å hindre transport av PCB-forurenset slam fra kulvert og sandfangkummer og ut i havnebassenget, anbefales det at regelmessig rengjøring av disse blir foretatt.

Referanser

- (1) Johnsen A, Rosslund HK, Longva KS (2005): Vurdering av PCB-forurensning ved ubåtbunkeren i Laksevåg, FFI/RAPPORT-2005/01118, ugradert
- (2) Ellefsen V, Bjørnstad H (2005): Lokalitet 1201 060 Ubåtbunkeren i Laksevåg. Rapport fra supplerende undersøkelser og tiltak. Grunn og sjøforurensning. GS-rapport nr 9-2005
- (3) Johnsen A, Rosslund H K, Strømseng A (2006): Overvåkning av PCB-forurensning ved ubåtbunkeren i Laksevåg, FFI/NOTAT-2006/02899
- (4) Johnsen A, Rosslund HK, Longva KS (2005): Vurdering av PCB-forurensning ved ubåtbunkeren i Laksevåg - Supplerende undersøkelser, FFI/NOTAT-2005/03200, ugradert
- (5) Rosslund HK, Johnsen A (2005): Sammenhengen mellom konsentrasjonen av PCB i sedimenter, sjøvann og biota, FFI/RAPPORT-2004/03399, ugradert
- (6) Lone S (2005): Ubåtbunkeren Laksevåg, Bergen. Vurdering av utlekkingsfare. Risiko- og tiltaksvurdering. Multiconsult rapport 411326-1-2
- (7) Engelstad F (2005): Analyser av maling, fugemasse og betong fra ubåtbunker i Laksevåg, Bergen. (SFT id. nr. 1201 060, FB lok. Nr. 1201012). Notat fra Promitek as til Forsvarsbygg.