

Overvåkning av PCB-forurensning ved ubåtbunkeren i Laksevåg – 2008

Arnt Johnsen, Anita Larsen, Anne Myran, Helle Rosslund, Marthe Parmer, Arnljot Einride
Strømseng, Kjetil Sager Longva og Øyvind Voie

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI)

20. mai 2009

FFI-rapport 2009/00802

333406

P: ISBN 978-82-464-1576-5

E: ISBN 978-82-464-1577-2

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. Denne rapporten oppsummer resultater fra overvåkningen i denne perioden. I 2005 ble det gjort tiltak i form av at PCB-forurenset slam fra både kulvert og sandfang ved ubåtbunkeren ble fjernet av Forsvarsbygg. Formålet med overvåkningen er å kontrollere at disse tiltakene har fungert etter hensikten og verifisere at det ikke foregår miljøskadelig utlekking av PCB fra ubåtbunkeren.

Overvåkningen 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 for å avdekke nye tilførsler av PCB. Kvantifiseringen av PCB i vannmassene er foretatt med et FFI-utviklet utstyr for høyvolum vannprøvetaking, 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, 2007 og 2008 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.

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 ubåtbunkeren. Konsentrasjonen av PCB i slammet ser delvis ut til å ha økt i perioden etter rensing i 2005. For å sikre at aktive kilder av PCB i minst mulig grad bidrar til å forurense havnebassenget utenfor ubåtbunkeren, 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 en regelmessig rengjøring av disse.

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. This report presents the results from the whole monitoring period. 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 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 the cleaned culvert and sand traps was measured in order to detect new influx of PCB.

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 dock was monitored by introducing a geophysical barrier in the water column 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 samples from 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, 2007 and 2008 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 and has partly increased during the monitoring period. 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	13
3.1	Analyse av PCB i vann	13
3.2	Analyse av PCB i slam	13
3.3	Analyse av PCB i SPMD	13
4	Resultater	13
4.1	Høyvolum vannprøvetaking	13
4.2	Akkumulering i SPMD	16
4.3	Konsentrasjon av PCB i slamprøver	17
5	Konklusjon	20
	Referanser	21

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 slammene 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 (3).

På oppdrag fra Forsvarsbygg gjennomførte FFI undersøkelser i 2006 (4) og 2007 (5) ved ubåtbunkereren i Laksevåg, for å overvåke eventuell transport av PCB ut til havnebassenget. Det er nå foretatt tilsvarende undersøkelser i 2008. I 2006 ble det foretatt undersøkelser i tilknytning til både dokk 4 og 6, mens det i 2007 og 2008 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 det ikke var nødvendig å inkludere i denne dokken i den fremtidige overvåkingen.

Formålet med overvåkingen er å kontrollere at tiltakene med rengjøring og tømning av forurenset slam fra kulvert og sandfangkummer gjennomført av Forsvarsbygg i 2005, har fungert etter hensikten og verifisere at det ikke foregår miljøskadelig utlekking av PCB fra ubåtbunkereren.

2 Gjennomførte undersøkelser

Det er tatt vannprøver med høyvolum vannprøvetaker i grunnvannsbrønner i dokk 4, både ved utgående og inngående tidevann. Det er tatt prøver fra brønn 1 som er en grunnvannsbrønn med vanninnsig i bunnen av dokk 4 samt brønn 12 og 13 som har vanninnsig i overflaten av dokk 4. Dette er de samme grunnvannsbrønnene det ble tatt prøver av i 2006 og 2007. Ved prøvetaking ble det tatt hensyn til at tidevannsinntregningen er noe forsinket i forhold til tidevannstand for Bergen (1). Det er påvist at tidevannsinntregningen 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 2.3.

Det ble plassert ut en presenning utenfor dokk 4 på samme måte som i 2006 og 2007, for lettere å kunne spore eventuell transport av PCB ut i havnebassenget fra dokk 4. Figur 2.1 viser hvordan presenningen er plassert utenfor dokken, mens Figur 2.2 viser en skisse av hvordan presenningen er festet mot bunnen. Utsettingen og opptaket av presenningen ble gjort med bistand av dykkere fra Minedykkerkommandoen og Dykker- og froskemannskolen på Haakonvern orlogsstasjon. Presenningen ble satt ut den 24. juni og tatt opp igjen 2. september 2008. Både innenfor og utenfor presenningen ble det satt ut to 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 2.4. Ved opptak av SPMD ble det registrert at en som var

plassert utenfor presenningen var falt ned til bunnen (SPMD 4), mens den som var plassert i kulverten ved dokk 7 (SPMD 6) ikke var mulig å finne igjen.

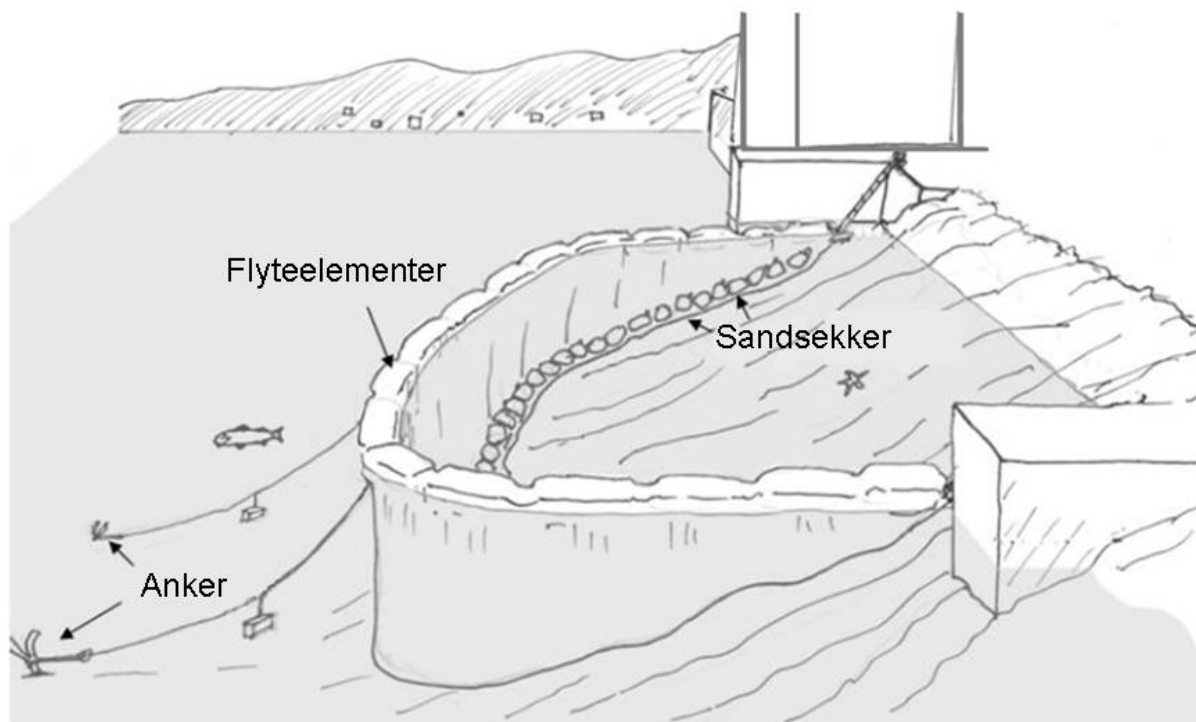
Det ble tatt prøver av slam fra to sandfangkummer og fra tre områder i kulverten for å undersøke om det kan være aktive kilder av PCB ved ubåtbunkeren. Lokaliseringen av disse prøvene er vist i Figur 2.5.

<i>Prøvested</i>	<i>Tidspunkt for prøvetaking</i>	<i>Prøvetatt volum (liter)</i>
Brønn 1, tidevann inn	02.10.2008, kl 0900 - 1000	502
Brønn 1, tidevann ut	01.10.2008, kl 1630 - 1730	536
Brønn 12, tidevann inn	02.10.2008, kl 1030 - 1135	561
Brønn 12, tidevann ut	01.10.2008, kl 1500 - 1600	500
Brønn 13, tidevann inn	02.10.2008, kl 1200 - 1310	576
Brønn 13, tidevann ut	01.10.2008, kl 1330 - 1430	526
Dokk 4, innenfor presenning	01.09.2008, kl 1730 - 1835	549
Dokk 4, utenfor presenning	01.09.2008, kl 1600 - 1710	573
Referanse øst av Lyreneset	01.10.2008, kl 1030 - 1130	503

Tabell 2.1 Oversikt over vannprøver tatt med høyvolum vannprøvetaker.



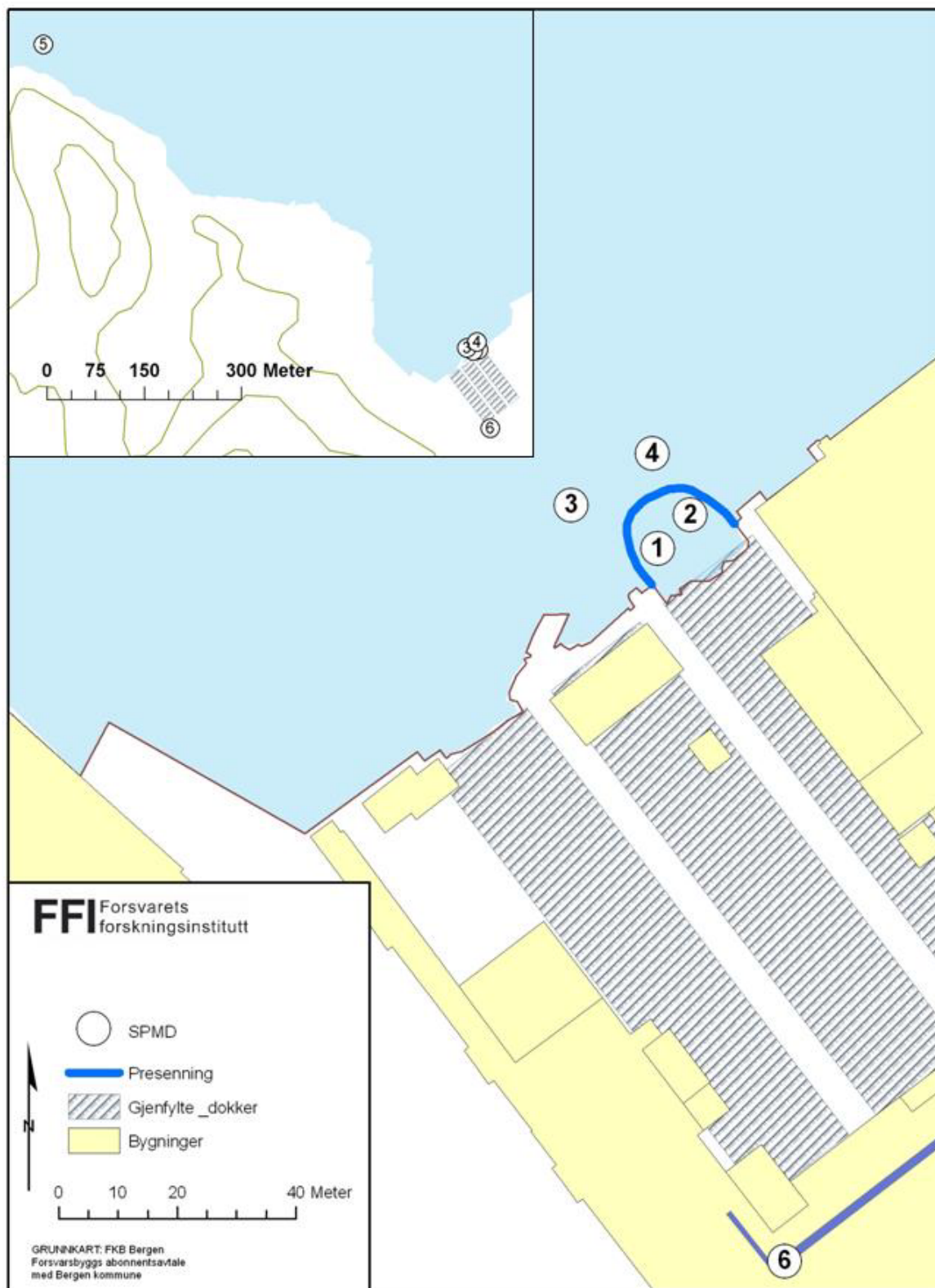
Figur 2.1 Plasseringen av presenningen utenfor dokk 4.



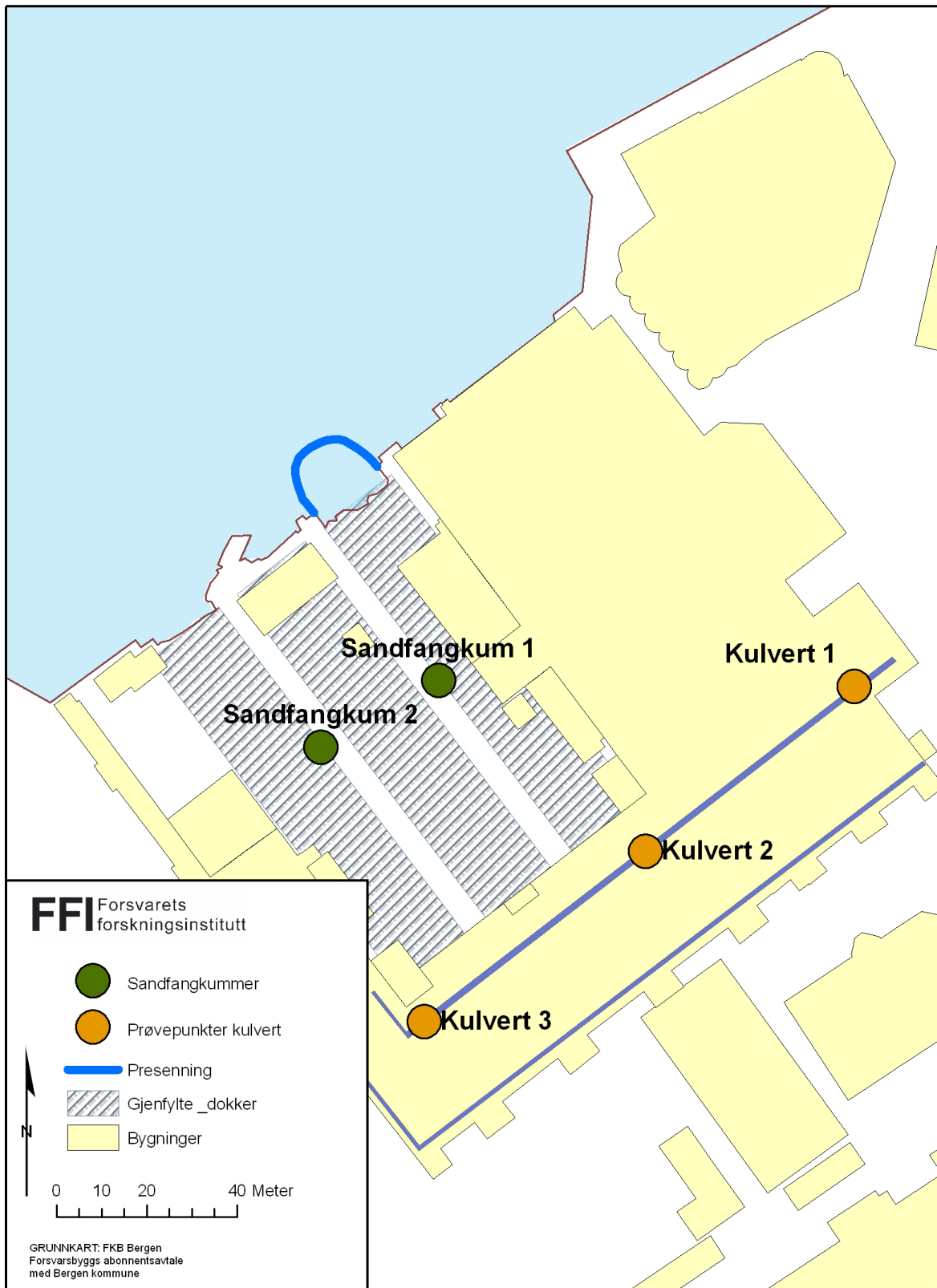
Figur 2.2 Skisse som viser hvordan presenningen er festet ned til bunnen rundt dokken.



Figur 2.3 Oversikt over lokaliseringen til vannprøver tatt med høyvolum vannprøvetaker.



Figur 2.4 Oversikt over lokaliseringen til utplasserte SPMD.



Figur 2.5 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 (~ 15 %) 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 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 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 vannprøvene tatt med høyvolum vannprøvetaker er vist i Tabell 4.1. I grunnvannsbrønn 12 og 13 er konsentrasjonen av PCB relativt lik både ved utgående og inngående tidevann, mens konsentrasjonen av PCB er mye høyere i grunnvannsbrønn 1 ved utgående tidevann enn inngående tidevann. Ved utgående tidevann er konsentrasjonen av PCB lavest i grunnvannsbrønn 13 som ligger nærmest sjøen. Konsentrasjonen av PCB i grunnvannsbrønn 1 ved utgående tidevann er tilsvarende med det som ble registrert i 2005 (1) og dermed noe høyere enn det som ble registrert i 2006 (4) og 2007 (5). I grunnvannsbrønn 12 og 13 er konsentrasjonen av PCB ved utgående tidevann tilsvarende med det som ble registrert i 2006, og noe lavere enn det som ble observert i 2007. Konsentrasjonen av PCB er høyest ved utgående tidevann. Dette er tydeligst for grunnvannsbrønn 1, mens forskjellen er liten for de to andre grunnvannsbrønnene. Dette tyder på at det kan være en viss transport av PCB ut fra dokk 4.

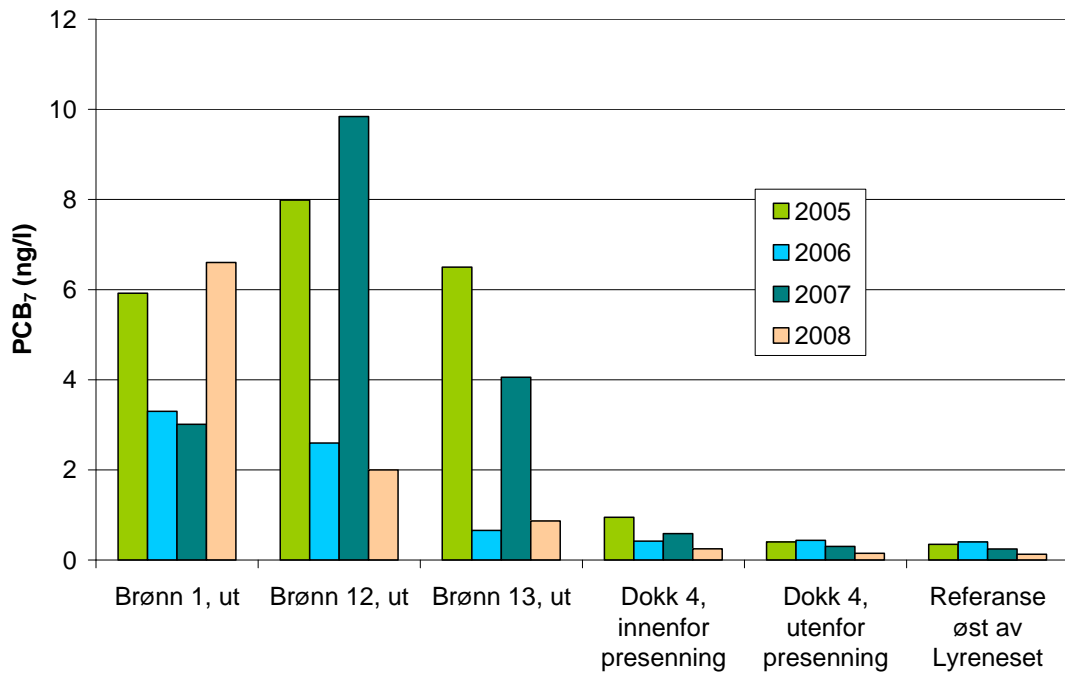
<i>Prøvepunkt</i>	<i>PCB-28</i> <i>ng/l</i>	<i>PCB-52</i> <i>ng/l</i>	<i>PCB-101</i> <i>ng/l</i>	<i>PCB-118</i> <i>ng/l</i>	<i>PCB-138</i> <i>ng/l</i>	<i>PCB-153</i> <i>ng/l</i>	<i>PCB-180</i> <i>ng/l</i>	<i>PCB₇</i> <i>ng/l</i>
Brønn 1, inn	0,03	0,05	0,08	0,05	0,08	0,07	0,03	0,39
Brønn 1, ut	0,10	0,35	0,85	0,91	1,85	1,53	1,00	6,60
Brønn 12, inn	0,02	0,02	0,13	0,34	0,57	0,47	0,24	1,77
Brønn 12, ut	0,03	0,02	0,13	0,39	0,66	0,52	0,30	2,04
Brønn 13, inn	0,02	0,03	0,08	0,17	0,26	0,21	0,07	0,83
Brønn 13, ut	0,02	0,05	0,11	0,15	0,26	0,21	0,06	0,87
Dokk 4, innenfor presenning	0,02	0,02	0,03	0,04	0,07	0,05	0,02	0,25
Dokk 4, utenfor presenning	0,04	0,06	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,15
Referanse øst av Lyreneset	0,04	0,06	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,13

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

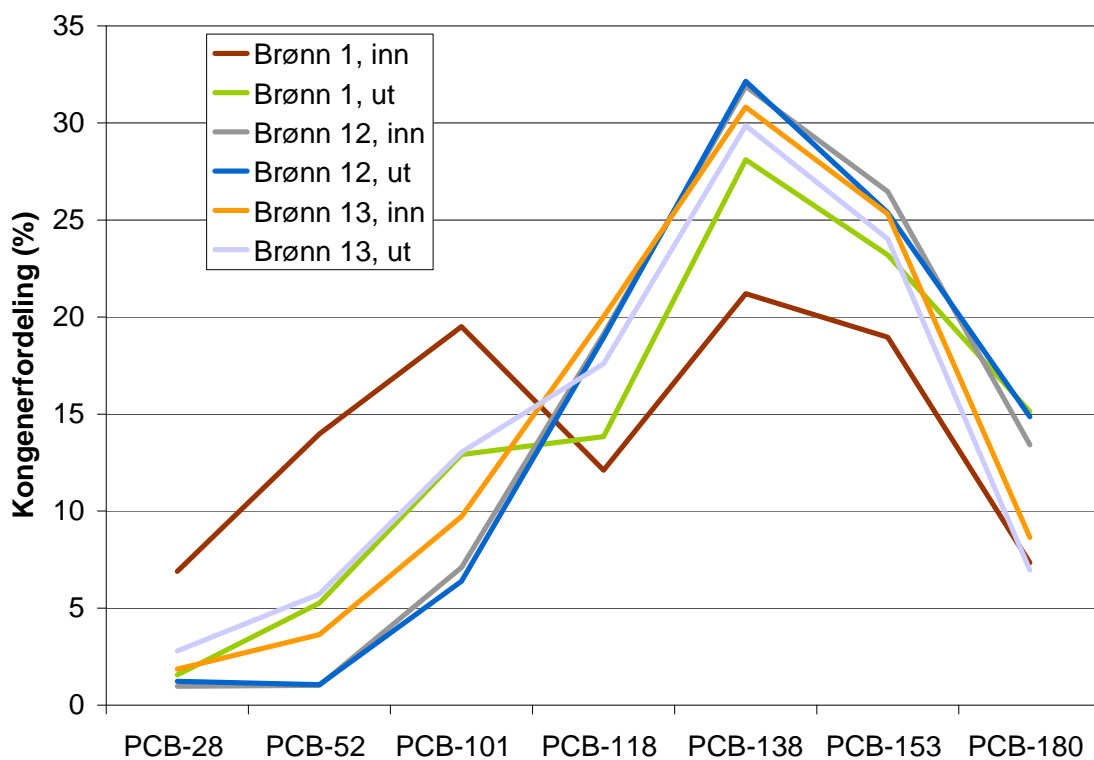
Mesteparten av PCB-forekomsten i vannmassene finnes i partikkelfraksjonen. Derfor vil små endringer av partikkelmengden i vannet ha stor innvirkning på nivået av PCB i vannmassene. Variasjonene i konsentrasjonen av PCB i vannet fra grunnvannsbrønnene under overvåkingsperioden skyldes sannsynligvis i stor grad små endringer i mengden av partikler i vannmassene. 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. Prøver tatt ved referansestasjonen og i vannet utenfor presenningen viser liten variasjon i konsentrasjonen av PCB i overvåkingsperioden. Her antas det ikke å være tilsvarende variasjoner i partikkelmengden i vannet.

Bortsett fra ved inngående tidevann i grunnvannsbrønn 1 er kongenerfordelingen av PCB lik (Figur 4.2), noe som kan indikere at det er samme kilde til PCB både ved inn- og utgående tidevann. Kongenerfordeling av PCB i brønnene er relativt lik med det som er funnet i tidligere undersøkelser (4). 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 1,7 mellom konsentrasjonen av PCB i vannmassene innenfor og utenfor presenningen. Dette tilsvarer det samme forholdet som ble funnet i 2007 (5) og 2005 (2). I 2006 ble det ikke funnet noen forskjell i konsentrasjonen av PCB i vannmassene innenfor og utenfor presenningen (4). 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 i overvåkingsperioden.



Figur 4.2 Kongenerfordeling av PCB i vannmasser fra grunnvannsbrønnene 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 0,95 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 2007 (5), 2006 (4) og 2005 (2). Den maksimale transporten av PCB₇ ut av dokk 4 ble beregnet til henholdsvis omkring 4 gram i 2007, 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 0,1 gram PCB₇ kunne transporteres ut fra dokk 4 i løpet av et år.

4.2 Akkumulering i SPMD

En SPMD som var plassert utenfor presenningen var falt ned på havbunnen og er derfor utelatt fra resultatene. Det var ikke mulig å finne igjen SPMDen som var plassert i kulverten. Tauet som den var festet til var røket og den var ikke å se i nærheten av der den ble utplassert.

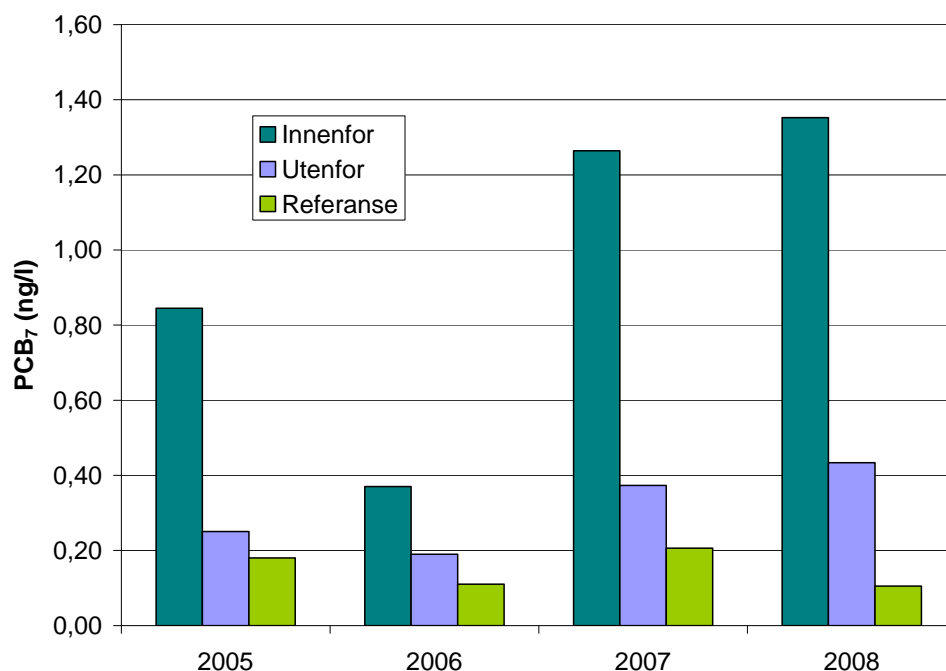
Akkumulert mengde PCB i SPMD er vist i Tabell 4.2. Tidligere undersøkelser som FFI har gjort viser at ekstraksjonshastigheten for SPMD er rundt 1,4 l/døgn (6). Ved å benytte denne ekstraksjonshastigheten kan akkumulert mengde PCB i SPMD omregnes til konsentrasjon i vannmassene. Det viser seg at nivåene av PCB i SPMD er noe høyere enn det som er målt med høyvolum vannprøvetaker innenfor og utenfor presenningen, mens nivået på referansestasjonen er tilsvarende med det som ble målt med høyvolum vannprøvetaker. Både i 2007 (5), 2006 (4) og 2005 (1) er det funnet god overensstemmelse med det som er målt med høyvolum vannprøvetaker og akkumulert mengde i SPMD. I år ble SPMD stående ute en god del lenger tid enn det som har vært tilfellet tidligere. Det kan derfor være at det tidligere på sommeren har vært en noe høyere konsentrasjon av PCB i vannmassene enn det som var tilfellet når prøvene med høyvolum vannprøvetaker ble tatt.

<i>Prøvepunkt</i>	<i>PCB-28</i> <i>ng</i>	<i>PCB-52</i> <i>ng</i>	<i>PCB-101</i> <i>ng</i>	<i>PCB-118</i> <i>ng</i>	<i>PCB-138</i> <i>ng</i>	<i>PCB-153</i> <i>ng</i>	<i>PCB-180</i> <i>ng</i>	<i>PCB₇</i> <i>ng</i>	<i>PCB₇</i> <i>ng/l</i>
SPMD 1	2,3	11,8	26,2	23,4	39,8	30,0	6,2	140	1,43
SPMD 2	3,1	4,7	15,8	21,9	38,4	28,6	12,9	125	1,28
SPMD 3	1,5	2,2	7,3	6,7	11,6	9,8	3,4	42,5	0,43
SPMD 5	0,7	1,6	3,4	0,8	1,9	1,1	0,8	10,3	0,11

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

Konsentrasjonen av PCB i vannmassene både innenfor, utenfor og ved referansestasjon er tilsvarende med det som ble registrert i 2007, som er noe høyere enn det som ble registrert i 2005 og 2006 (Figur 4.3).

De to SPMD som var plassert innenfor presenningen har noe større akkumulert mengde PCB enn den som var plassert utenfor presenningen, noe som er i overensstemmelse med tidligere undersøkelser. Den økte akkumulerte mengden av PCB i 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.



Figur 4.3 Oversikt over beregnet konsentrasjon av PCB i vannmassene fra akkumulert mengde PCB i SPMD i overvåkingsperioden.

Etter som SPMD kun tar opp løst PCB fra vannmassene vil den akkumulerte mengden av PCB i SPMD være et uttrykk for det gjennomsnittlige nivået av løst PCB i vannmassene. Bruk av SPMD er derfor best egnet for å sammenligne ulike lokaliteter i et område for å påvise kildeområder til forurensning. Opptak av løst PCB i vannmassene vil være en viktig eksponeringsvei for organismer nederst i næringskjeden, mens det for fisk er mindre viktig. For fisk vil det være inntak av føde som forårsaker den største eksponeringen for PCB (7).

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 slam tatt fra den østlige delen av kulverten, mens nivået i den vestlige delen er en god del lavere. Nivået er noe høyere enn det som ble registrert i 2007 og er nå på nivå med det som var tilfellet før slammet i kulverten ble fjernet i 2005 (Figur 4.4). Kongenerfordelingen av PCB viser at det er samme kilde som fører til forurensning av slammet i kulverten (Figur 4.5) og kilden er tilsvarende med det som er blitt observert tidligere (4),(5).

<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	< 0,001	0,012	0,150	0,144	0,432	0,374	0,283	1,40
Sandfangkum 2	0,001	0,002	0,015	0,018	0,041	0,034	0,024	0,14
Kulvert 1	0,011	0,053	0,350	0,540	1,00	0,850	0,930	3,72
Kulvert 2	0,003	0,050	0,340	0,550	1,00	0,830	0,830	3,60
Kulvert 3	< 0,001	0,008	0,027	0,043	0,059	0,046	0,031	0,21

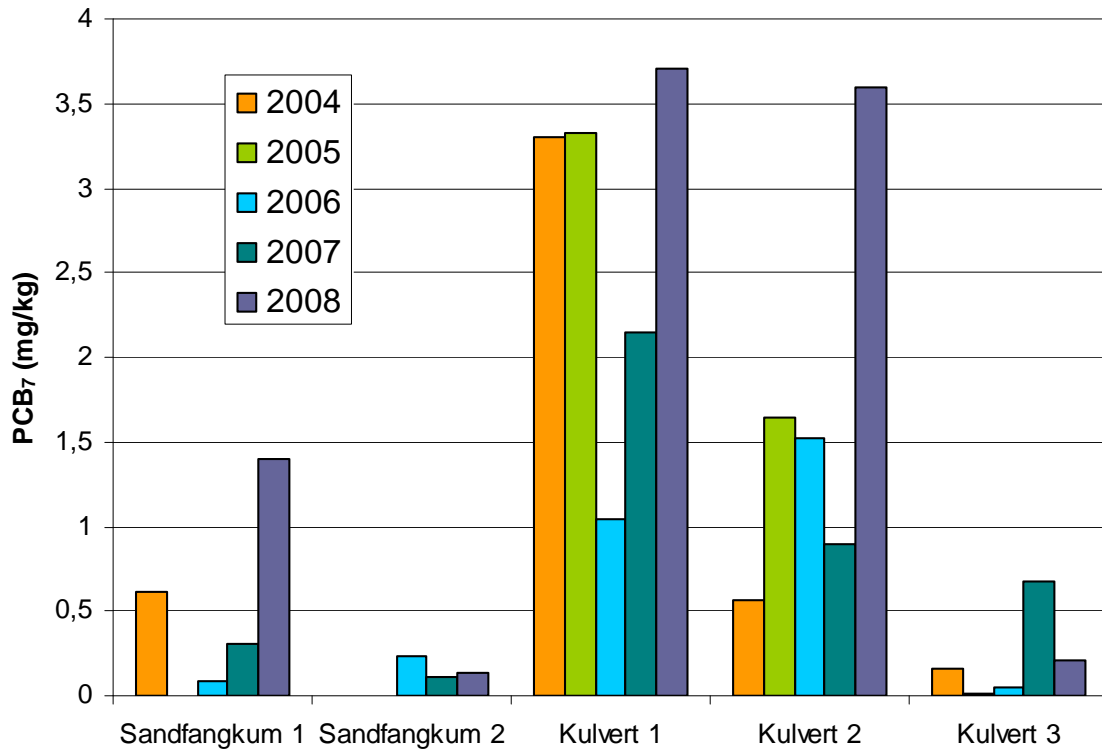
Tabell 4.3 Konsentrasjoner av PCB i mg/kg tørrstoff målt i slamprøver tatt i sandfangkummer og kulvert.

Konsentrasjonen av PCB i sandfangkum 1 er høy, mens nivået i sandfangkum 2 er en god del lavere. Konsentrasjonen av PCB i sandfangkum 1 ser ut til å ha økt i perioden etter at denne ble rensert i 2005, mens konsentrasjonen i sandfangkum 2 har holdt seg relativt konstant fra 2006. Kongenerfordelingen av PCB viser at det er samme kilde til PCB i sandfangkummene som i kulverten. Noe tilsvarende ble også observert i 2006 og 2007.

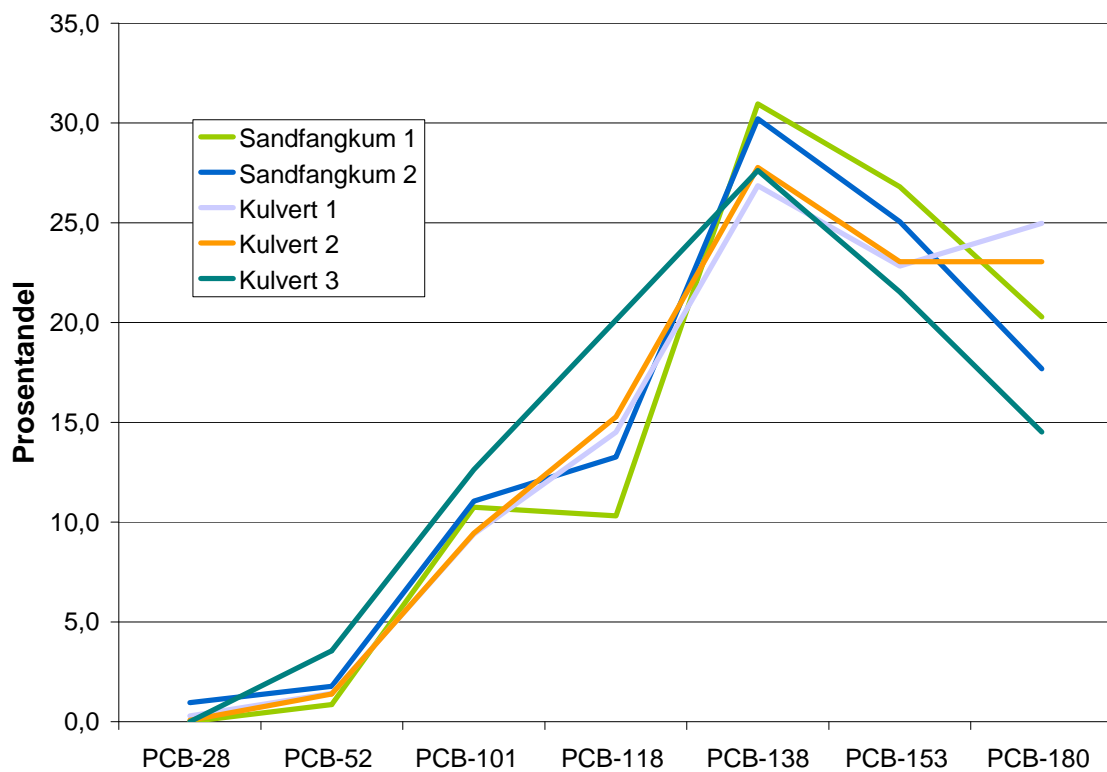
Tatt i betraktning av at alle sandfangkummene og kulverten ble rensert for slam i 2005 og at det registreres en delvis økende konsentrasjon av PCB i slammet, er det sannsynlig at det finnes aktive kilder av PCB ved eller i nærområdet til ubåtbunkeren.

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 (9). 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 (8). Det bør derfor foretas en undersøkelse for å identifisere 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 (8). Kongenerfordelingen av PCB i maling og fugemasse stemmer ikke helt med det som blir funnet i slammet fra sandfangkummene og kulverten (8). Det bør derfor være fokus på mulige andre forurensningskilder ved kartleggingen av kilder til PCB ved ubåtbunkeren eller i nærheten av denne.



Figur 4.4 Utvikling av konsentrasjon til PCB i sandfangkummer og kulvert fra 2004 til 2008.



Figur 4.5 Kongenerfordeling av PCB i slammprøver 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 1 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 0,1 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 ubåtbunkerer. Det anses dermed ikke å være noen miljøskadelig transport av PCB ut fra ubåtbunkerer.

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 ubåtbunkerer. Konsentrasjonen av PCB i slammet ser delvis ut til å ha økt i perioden etter rensing i 2005. For å sikre at aktive kilder av PCB i minst mulig grad bidrar til å forurense havnebassenget utenfor ubåtbunkerer, 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 en regelmessig rengjøring av disse.

Referanser

- (1) Johnsen A, Rosslund HK, Longva KS (2005): Vurdering av PCB-forurensning ved ubåtbunkerer i Laksevåg, FFI/RAPPORT-2005/01118, ugradert
- (2) Johnsen A, Rosslund HK, Longva KS (2005): Vurdering av PCB-forurensning ved ubåtbunkerer i Laksevåg - Supplerende undersøkelser, FFI/NOTAT-2005/03200, ugradert
- (3) Ellefsen V, Bjørnstad H (2005): Lokalitet 1201 060 Ubåtbunkerer i Laksevåg. Rapport fra supplerende undersøkelser og tiltak. Grunn og sjøforurensning. GS-rapport nr 9-2005
- (4) Johnsen A, Rosslund H K, Strømseng A (2006): Overvåkning av PCB-forurensning ved ubåtbunkerer i Laksevåg, FFI/NOTAT-2006/02899
- (5) Johnsen A, Strømseng A, John S (2008): Overvåkning av PCB-forurensning ved ubåtbunkerer i Laksevåg - 2007, FFI/RAPPORT-2008/00280, ugradert
- (6) Rosslund HK, Johnsen A (2005): Sammenhengen mellom konsentrasjonen av PCB i sedimenter, sjøvann og biota, FFI/RAPPORT-2004/03399, ugradert
- (7) Hetland Ø (2002): Relative contributions of aqueous and dietary uptake of two PCBs to the body burden in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). Hovedoppgave til cand.scient-graden i toksikologi Avdeling for molekylær cellebiologi, Biologisk institutt, Universitet i Oslo.
- (8) Lone S (2005): Ubåtbunkerer Laksevåg, Bergen. Vurdering av utlekkingsfare. Risiko- og tiltaksvurdering. Multiconsult rapport 411326-1-2
- (9) Engelstad F (2005): Analyser av maling, fugemasse og betong fra ubåtbunkerer i Laksevåg, Bergen. (SFT id. nr. 1201 060, FB lok. Nr. 1201012). Notat fra Promitek as til Forsvarsbygg.