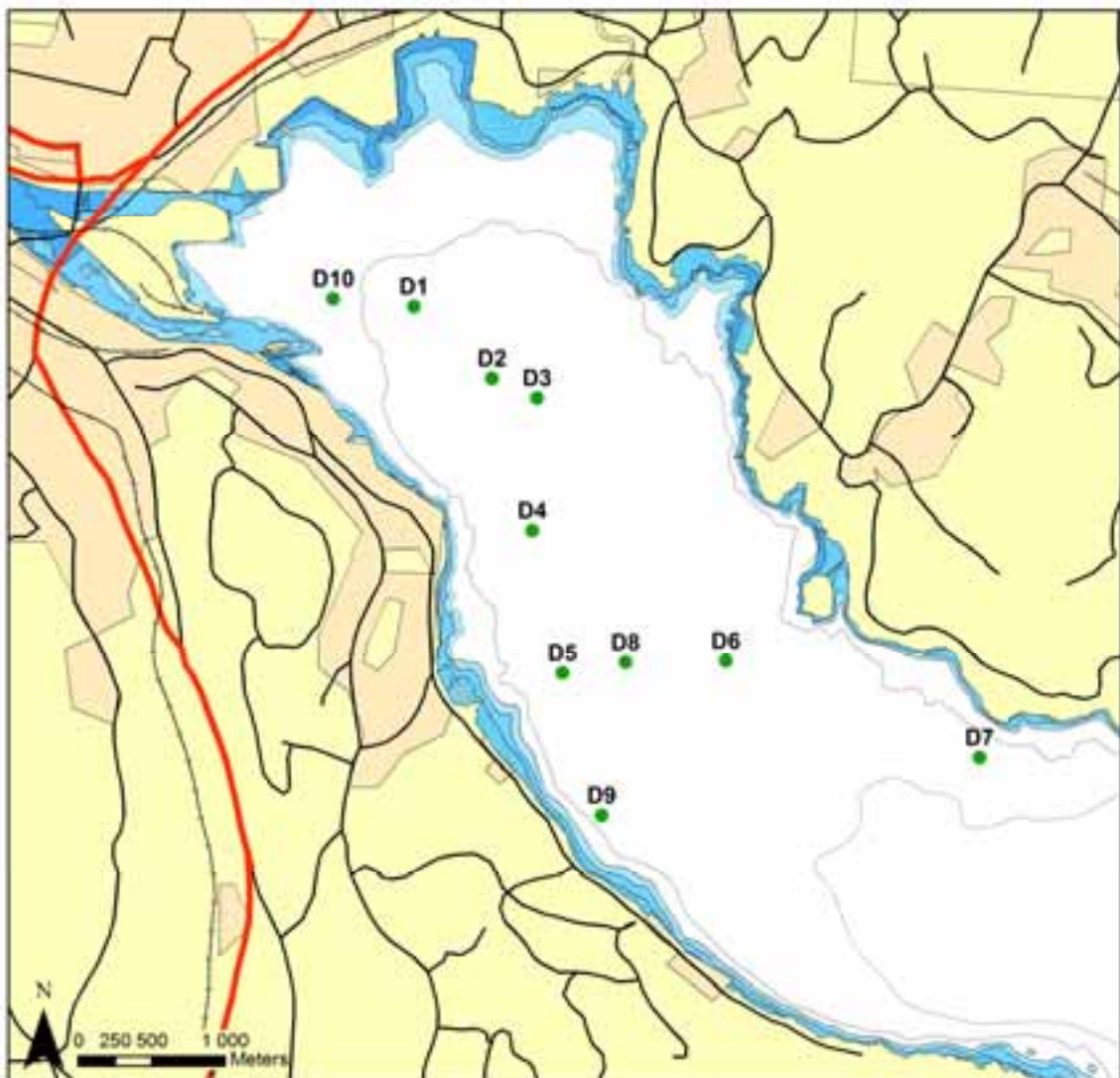


Sedimentundersøkelser i dypområdene i indre del av Drammensfjorden 2005



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Midt-Norge

Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 73 54 63 85 / 86
Telefax (47) 54 63 87

Tittel Sedimentundersøkelser i dypområdene i indre del av Drammensfjorden 2005	Løpenr. (for bestilling) 5138-2006	Dato 06.02.06
	Prosjektnr. Undernr. O-24226	Sider Pris 25s
Forfatter(e) Aud Helland Hans Christer Nilsson	Fagområde Miljøgifter marin	Distribusjon
	Geografisk område Buskerud	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Fylkesmannen i Buskerud v / Inger Staubo	Oppdragsreferanse
--	-------------------

Sammendrag

NIVA har på oppdrag for Fylkesmannen i Buskerud undersøkt bunnsedimentene i dypområdene i indre del av Drammensfjorden. Sedimentene var lite til moderat forurenset (SFT klasse I og II) av metaller, PAH og PCB. Sedimentene var meget sterkt forurenset av TBT (SFT klasse V). Sedimentene innerst i fjorden samt langs fjordens vestsida hadde de høyeste konsentrasjonene. Risikovurdering av sedimentene viste at metaller utgjør en ubetydelig risiko. Den største risikoen er knyttet til TBT og PCB. Overskridelsene av grenseverdiene for human helse er imidlertid mindre for dypområdene enn for de grunne områdene innerst i fjorden. Dette gjelder særlig PCB. For TBT kan overskridelsene sammenlignes med tidligere beregninger fra de grunne områdene utenfor Holmen og Lierstrand.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sedimenter 2. Miljøgifter 3. Risikovurdering 4. Drammensfjorden 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sediments 2. Micro pollutants 3. Risk assessment 4. Drammenfjord
--	---



Aud Helland
Prosjektleder



Kristoffer Næs
Forskningsleder



Øyvind Sørensen
Ansvarlig

**Sedimentundersøkelser i dypområdene i indre del av
Drammensfjorden 2005**

Forord

NIVA har på oppdrag for Fylkesmannen i Buskerud ved Inger Staubo utført undersøkelser i de dypere delene av indre del av Drammensfjorden. Undersøkelsene er i henhold til tilbud av 20.10.05. Forslaget ble utarbeidet etter momenter diskutert i et møte mellom Fylkesmannen, Drammen Sportsfiskere, NGI og NIVA den 14.09.05.

Drammens Sportsfiskere ved Petter Øijord og Borgar Pedersen har assistert på feltarbeidet ved innsamlingen av prøvene. Drammen Havn har stilt båten Tjalve med skipper Leif Kristoffersen til disposisjon. Alle takkes for god hjelp under gjennomføringen.

Oslo, 06.02.06

Aud Helland

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning	7
2. Feltarbeid og metode	7
3. Resultater	8
3.1 Kjemiske analyser	11
3.2 Risikovurdering	14
3.2.1 Risikovurdering trinn 1	14
3.2.2 Risikovurdering trinn 2	15
3.2.3 Human helse	16
3.2.4 Økologisk risiko	17
4. Referanser	19
Vedlegg A. Kjemiske data	20
Vedlegg B. Risiko trinn 1	23
Vedlegg C. Risiko trinn 2, human helse	24

Sammendrag

NIVA har på oppdrag for Fylkesmannen i Buskerud utført sedimentundersøkelser i dypområdene i indre del av Drammensfjorden. Formålet med undersøkelsene var todelt:

1. *bedre datagrunnlaget for miljøgifter i sedimentene i dypområdene*
2. *benytte dataene for risikovurdering i hht. SFTs veileder for risikovurdering av forurensede sedimenter og sammenligne denne vurderingen med risikoen knyttet til sedimentene i grunnområdene (Fylkesmannen i Buskerud 2005).*

Feltarbeidet med innsamling av sedimenter ble gjort med assistanse fra Drammens Sportsfiskere og med skipper og båt fra Drammen Havnevesen.

Det ble hentet 10 sedimentkjerner fra 45 til 84 m vanddyb i indre del av fjorden. Alle prøver luktet råttent (H_2S) noe som tyder på dårlige oksygenforhold. Flere kjerner viste fin lagdeling (varvige sedimenter) noe som tyder på liten eller ingen forekomst av bunnlevende dyr, noe som er i overensstemmelse med dårlige oksygenforhold.



Varvige sedimenter fra dypområdene i indre del av Drammensfjorden.

Analysene viste at sedimentene var lite til moderat forurenset (SFTs miljøklasse I og II) av metaller, PCB og PAH. Sedimentene var derimot meget sterkt forurenset (SFTs miljøklasse V) av TBT på alle stasjonene. De høyeste verdiene ble funnet på de innerste stasjonene og stasjoner som ligger mot fjordens vestsida. Konsentrasjonene kan sammenlignes med de som tidligere er registrert i de grunne områdene innerst i fjorden. Verdiene er likevel lavere enn de høyeste konsentrasjonene av TBT som tidligere er registrert utenfor Tangenbanken.

Risikovurderingen av sedimentene er gjort i to trinn. Ved første trinns vurdering utgjorde alle prøver fra dypområdet en potensiell risiko. Risikoen er knyttet til TBT særlig, men også PAH-forbindelsen benzo(a)pyren. Metaller i sedimentene utgjør en ubetydelig risiko. Dette gjelder også PCB, med unntak av en stasjon. Beregnet potensiell risiko for TBT i dypområdene kan sammenlignes med tilsvarende beregninger for de grunne sedimentområde utenfor Tangenbanken og Solumstrand.

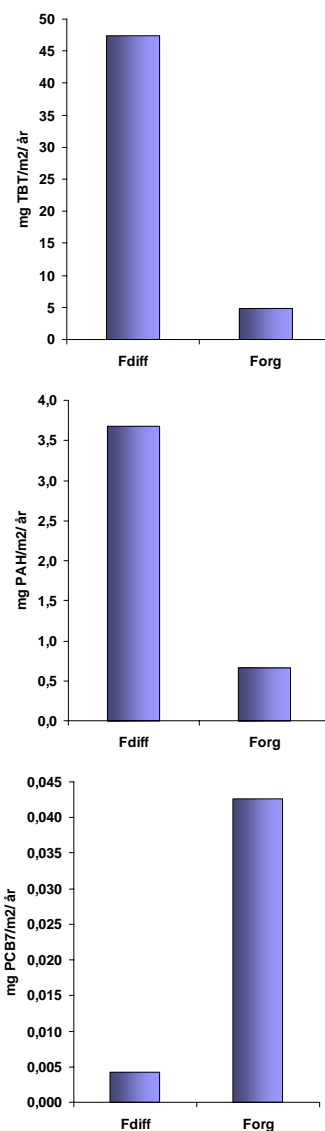
Ved den videre risikovurderingen i trinn 2 beregnes spredningen av de aktuelle stoffene og risiko for human helse og økologi. Spredningen av PAH fra dypområdene i fjorden ble beregnet til $4 \text{ mg/m}^2/\text{år}$. For sammenligning er spredningen fra grunnområdene i fjorden tidligere beregnet til over $700 \text{ mg/m}^2/\text{år}$ (Tangenbanken og Strømsløpet). Spredningen av TBT fra sedimentene i dypområdene ble beregnet til i gjennomsnitt å være $52 \text{ mg/m}^2/\text{år}$ (maksimum $130 \text{ mg/m}^2/\text{år}$). Dette er sammenlignbart med sedimentene utenfor Solumstrand ($51 \text{ mg/m}^2/\text{år}$). Spredningen av TBT fra de grunne områdene utenfor Tangenbanken er tidligere beregnet til $600 \text{ mg/m}^2/\text{år}$.

Beregningene viste at ingen av de analyserte metallene utgjorde noen risiko for human helse, heller ikke PAH, med unntak av benzo(a)pyren. TBT og PCB utgjør imidlertid en større risiko for human helse.

Overskridelsene av grenseverdiene for TBT i dypområdene er sammenlignbare med overskridelsene i grunnområdene utenfor Holmen og Lierstranda. Gjennomsnittlig overskridelse av grenseverdiene for PCB₇ er imidlertid langt mindre i dypområdene enn i grunnområdene.

Det var bare to PAH-forbindelser (antracen og indeno(1,2,3cd)pyren) som overskred grenseverdiene for økologisk risiko.

Beregningene av risiko er basert på at området skal kunne benyttes til friluftsliv, rekreasjon og fiske. Dypområdene i Drammensfjorden har dårlige oksygenforhold, en konsekvens er at det ikke er dyr tilstede og vannutskiftingen er dårlig. Så lenge forholdene er slik, vil risikoen for spredning som beregnet i trinn 2, være meget lav.



Beregnet spredning via utlekking (Fdiff) og organismer (Forg) av TBT, PAH og PCB₇ fra sedimentene i dypområdet i indre del av fjorden

1. Innledning

Under arbeidet med tiltaksplan for forurensede sedimenter Fase 2 (Fylkesmannen i Buskerud 2005) er det påvist stor forurensning av særlig TBT (tributyl tinn) og PAH (polysykliske aromatiske hydrokarboner) i de grunne områdene i indre del av Drammensfjorden. Forurensningen er mest omfattende i de urbane områdene innerst i fjorden og utover langs fjordens vestside, ned til Solumstrand. Risikovurdering av forurensningen i sedimentene viste at det var størst risiko knyttet til forekomstene av TBT på Tangenbanken og Solumstrand, forekomstene av PAH på Tangenbanken, Gilhusbukta og Strømsløpet og forekomsten av PCB utenfor Lierstranda.

Arbeidet med tiltaksplanen Fase 2 har vært konsentrert om de grunne områdene innerst i fjorden som er mest utsatt for spredning av miljøgiftene. Det er generelt begrenset informasjon om miljøgiftinnholdet i sedimenter på dypt vann i fjorden. Store deler av dypområdene i fjorden er anoksiske. Dette gjør at miljøgiftene er mindre tilgjengelig sammenlignet med miljøgifter på grunt vann i oksisk miljø. Det har i mange år vært et miljømål for Drammensfjorden å skulle gjenopprette oksiske bunnforhold i hele fjorden. I et slikt lys er det viktig å skaffe informasjon om miljøgiftforholdene i sedimentene også i de dype områdene.

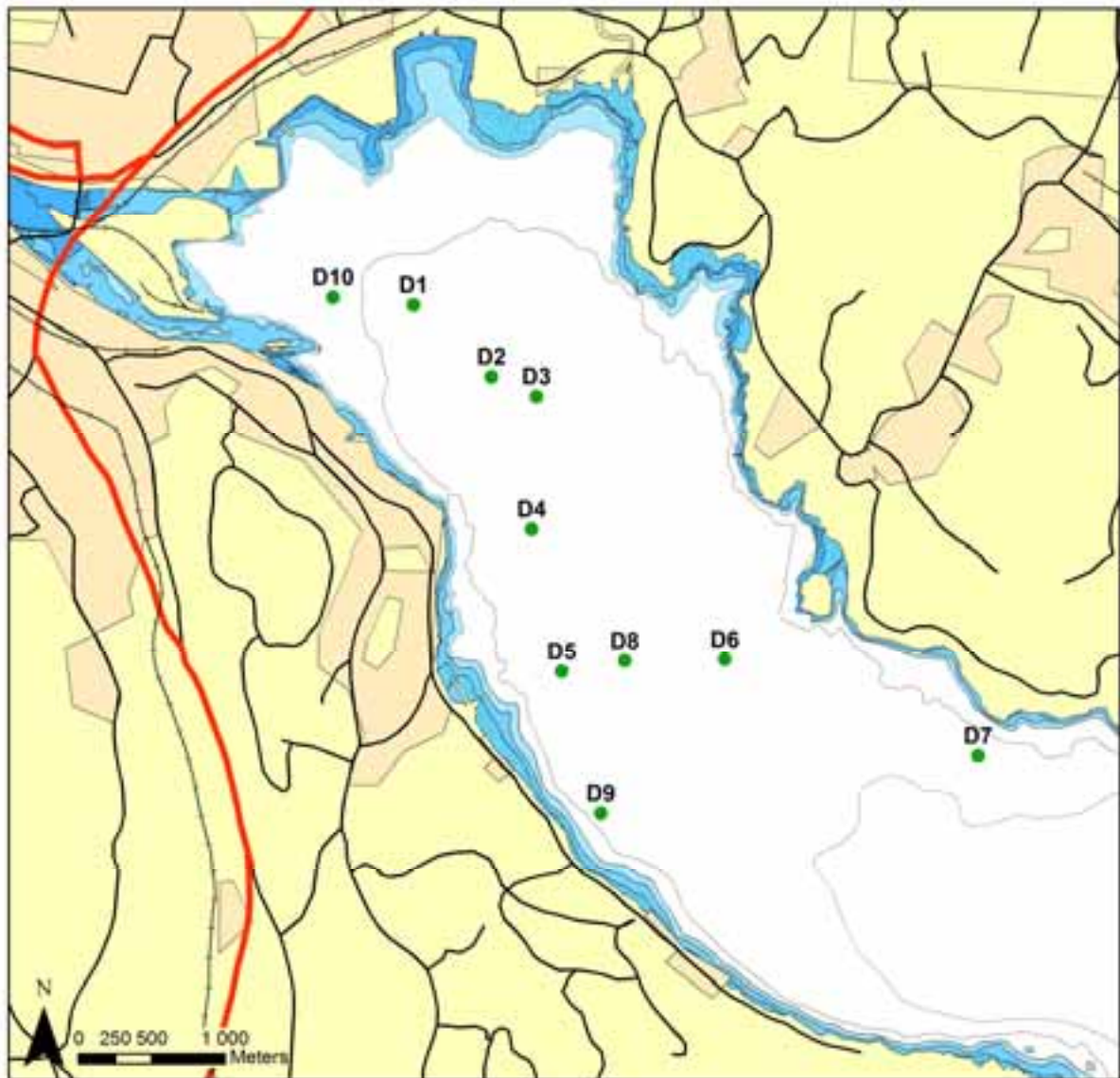
Målet med foreliggende undersøkelser har således vært todelt:

- 1) å skaffe oversikt over miljøgiftinnholdet i sedimentene i de dypere delene av indre del av fjorden*
- 2) å utføre en risikovurdering av sedimentene for å kunne sammenligne risikoen knyttet til dypområdene med risikoen i de grunne områdene.*

2. Feltarbeid og metode

Innsamling av sedimenter i dypområdene i indre del av Drammensfjorden ble utført 11.11.05. Det ble tatt prøver fra 10 stasjoner (**Figur 1**). Prøvetakingen ble utført med kjerneprøvetaker hvor de øvre 0-3 cm av sedimentet ble snittet av for kjemisk analyse av arsen (As), kadmium (Cd), krom (Cr), kvikksølv (Hg), nikkel (Ni), bly (Pb), sink (Zn), polyklorerte bifenyler (PCB) syv kongener (PCB₇ = seven Dutch), polysykliske aromatiske hydrokarboner, 16 enkeltforbindelser (PAH₁₆) og tinnorganiske forbindelser (TBT = tributyl tinn). Analysene ble utført ved NIVAs laboratorium. Resultatene er gitt i **Tabell 2** og 0

Opplysninger om stasjonene og beskrivelse av sedimentene er gitt i **Tabell 1**.



Figur 1. Kart over prøvetakingstasjoner

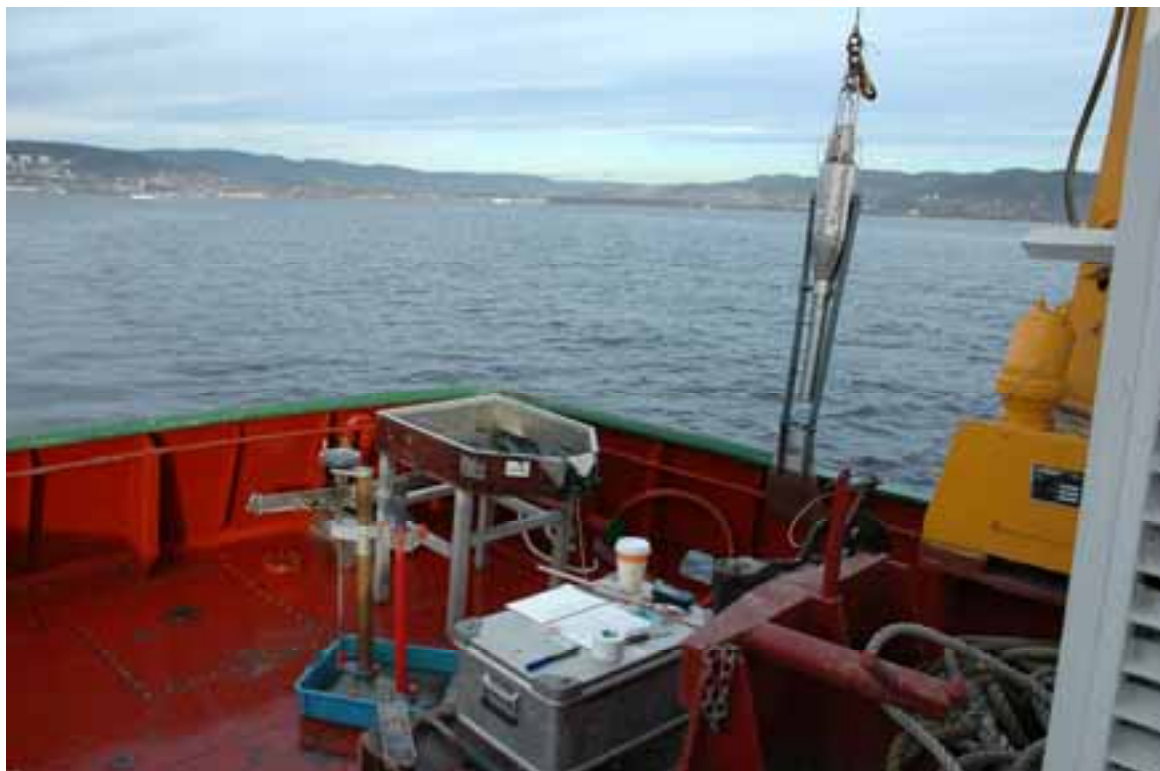
3. Resultater

Ved bruk av kjerneprøvetaker i de dype områdene ble det hentet opp fine uforstyrrede sedimentprøver. Bruk av grabb var ikke egnet i disse bløte sedimentene, som besto av organisk rikt mudder. Prøvene ble hentet fra 45 - 84 m dyp og alle luktet H_2S . I en del av kjernene var det også tydelig gassutvikling i sedimentene. Flere av kjernene viste lagdeling (varvige sedimenter) (**Figur 3**). Dette tyder på rolige stabile sedimentasjonsforhold, uten graving av bunnlevende dyr (bioturbasjon), hvor sesong-sykluser i tilførsler er blitt bevart.

Tabell 1. Informasjon om stasjoner og sedimenter fra feltarbeidet i Drammensfjorden 11.11.05.

Stasjon	Vanddyb (m)	Posisjon N	Posisjon Ø	Beskrivelse
D1	55	59 44,059	10 15,664	50 cm lang kjerne. Svart organisk løst mudder øvre 10 cm, gradvis overgang til fastere og lysere sediment. Nedre 10 cm grå leire. Innsalg av flis ved 35 cm sedimentdyb. H ₂ S lukt. Gass i sedimentene.
D2*	63	59 43,819	10 16,267	60 cm lang kjerne. Svart organisk mudder. Overgang til gråsvart leire ved 25 cm. Innslag av flis ved 40 cm. Sand grus horisont ved 55 cm. Grå leire nedre 6 cm av kjernen. H ₂ S.
D3	67	59 43,758	10 16,606	75 cm lang kjerne. Som på st. 2
D4	73	59 43,267	10 16,640	Som stasjon 2. Tydelig varvige sedimenter
D5	78	59 42,754	10 16,932	Som stasjon 4
D6	83	59 42,841	10 18,108	Som st. 5. Svart organisk mudder, brune fnokker i overflaten.
D7	80	59 42,550	10 20,000	Som st. 6
D8	84	59 42,810	10 17,383	Som st. 7
D9	76	59 42,164	10 17,189	Som st. 8
D10	45	59 44,066	10 15,076	26 cm lang kjerne. Svart organisk mudder, med innslag av grovere sediment. Atypisk i forhold til øvrige sedimenter.

* Kjernen er snittet i 5cm skiver nedover til 35cm sedimentdyb og er oppbevart nedfrosset ved NIVA.

**Figur 2.** Situasjonsbilde fra feltarbeidet 11.11.05. Kjerneprøvetakeren henger mot rekka av båten.



Figur 3. Sedimentkjerner fra indre del av Drammensfjorden 11.11.05. Bildene viser varvige sedimenter.

3.1 Kjemiske analyser

Data for enkeltforbindelser av PCB, PAH og tinnorganiske forbindelser er gitt i Vedlegg A.

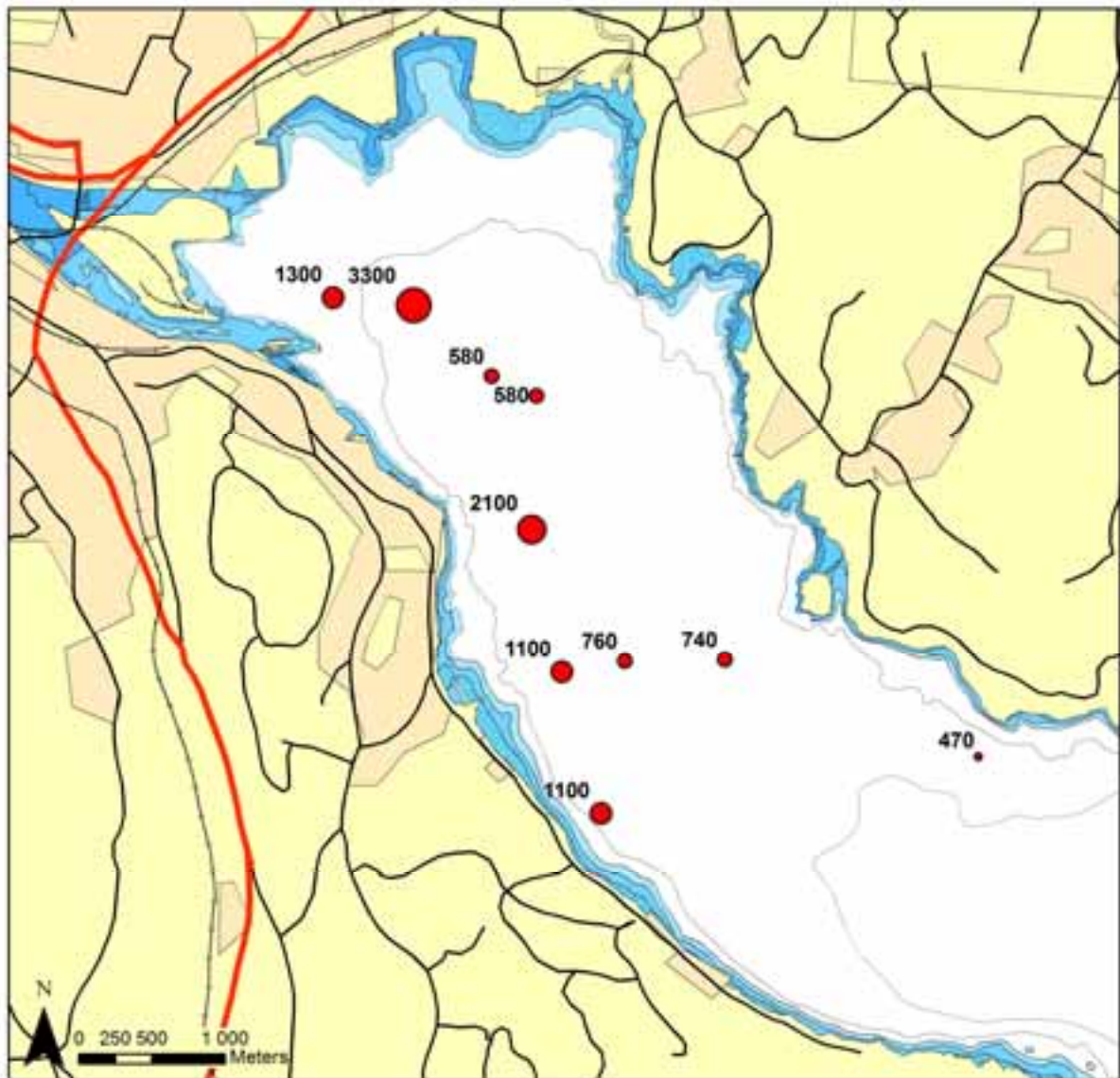
Analysene viste at sedimentene i dypområdene var lite til moderat forurenset av metaller, PCB og PAH (**Tabell 2**). Sedimentene var derimot meget sterkt forurenset av TBT på alle stasjonene. De høyeste verdiene ble funnet på de innerste stasjonene og stasjoner som ligger mot fjordens vestsida (**Figur 4**). Dette tyder på at forurensete partikler blir ført ut langs fjordens vestsida med strømmen generert av Drammenselva. Det er også en generell avtagende konsentrasjon av miljøgifter i sedimentene med økende dyp fra innerst til ytterst i fjorden (**Figur 5**). De høyeste konsentrasjonene av TBT er på samme nivå som de høyeste konsentrasjonene registrert i de grunne områdene innerst i fjorden, men ligger likevel en del lavere enn de høyeste konsentrasjonene målt på Tangenbanken (Fylkesmannen i Buskerud 2005).

Tabell 2. Konsentrasjoner av metaller (mg/kg) og organiske miljøgifter (µg/kg). Alle verdier er i tørt sediment. Fargene er i hht. SFTs miljøklasser i veileder for miljøkvalitet (Molvær et al. 1997), angitt nedenfor. (Stasjonene er satt opp i økende avstand fra Tangenbanken som var innerste stasjon)

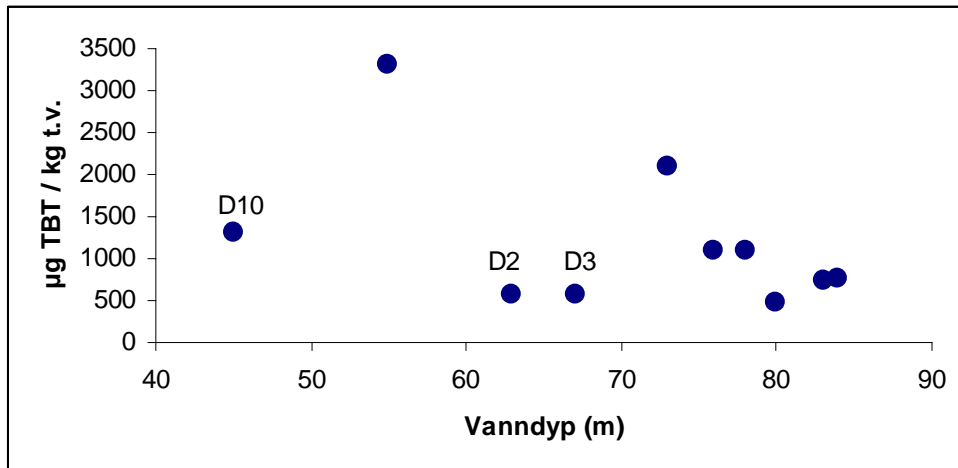
St.	dyp											Sum	
		As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	PCB ₇	PAH ₁₆	TBT	
D10	45	10	0,4	35,9	54,4	0,076	30,2	29	156	1,95	461	1300	
D1	55	7	0,5	28,4	95,8	0,071	24	23	129	1,17	818,8	3300	
D2	63	5	0,3	30,2	36,5	0,15	23,6	24	134	0,58	463,5	580	
D3	67	7,9	0,3	31	36,9	0,068	24,5	25	128	0	530	580	
D4	73	8	0,4	36,4	62,8	0,14	31,3	35	175	5,32	683	2100	
D5	78	9,7	0,4	35,4	45	0,15	27,7	30	148	2,92	631,7	1100	
D8	84	9	0,4	35,2	45,4	0,13	29	34	156	4,07	464,8	760	
D6	83	8	0,5	34,4	45	0,13	28,4	33	151	11,42	497	740	
D9	76	9	0,5	34,2	50,5	0,16	27,1	34	158	4,41	562,6	1100	
D7	80	9	0,5	38,4	46,3	0,15	32,4	36	171	7,47	538	470	

Lite forurenset	Moderat forurenset	Markert forurenset	Sterkt forurenset	Meget sterkt forurenset
Klasse I	Klasse II	Klasse III	Klasse IV	Klasse V

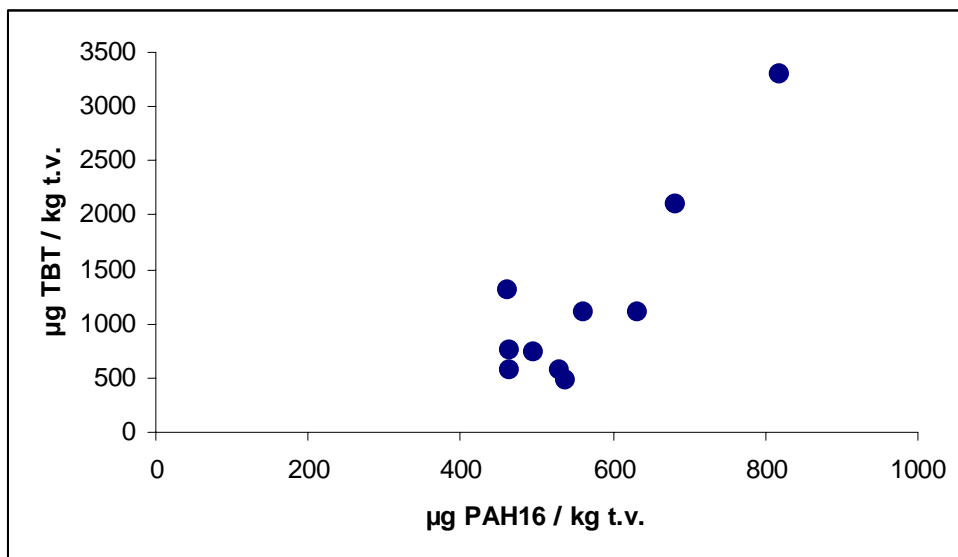
Tre stasjoner skilte seg ut med relativt lavere konsentrasjoner i forhold til dypet, disse var stasjon 10, 2 og 3. På stasjon 10 var dette forventet ut fra at sedimentene var mer grovkornet og derved atypisk i forhold til de øvrige sedimentene. Miljøgifter binder seg lett til små partikler i vannmassene og ofte til organiske partikler. Generelt finner vi derfor høyere konsentrasjoner av miljøgifter i finkornete sedimenter enn i grov sand. Forskjellig type partikler binder altså forskjellig type miljøgifter og i forskjellig grad. **Figur 6** viser at det er en relativt god samvariasjon mellom forekomsten av PAH og TBT i sedimentene. Dette kan tyde på at PAH og TBT i de fleste tilfeller er bundet til samme type partikler under transport og sedimentasjon i fjorden.



Figur 4. Kart over forekomst av TBT i sedimenter i dypområdene i Drammensfjorden. Tallene representerer konsentrasjon i $\mu\text{g}/\text{kg}$ tørt sediment.



Figur 5. TBT i sedimenter fra Drammensfjorden som funksjon av dyp. Stasjon D10, D2 og D3 har relativt lavere konsentrasjoner i forhold til de øvrige stasjonene.



Figur 6. Samvariasjon mellom PAH og TBT i sedimentene i dypområdene i Drammensfjorden.

3.2 Risikovurdering

Ved vurdering av miljørisiko for sedimentene i dypområdet er SFTs veileder for risikovurdering av forurenset sediment (SFT 2005, TA-2085) benyttet.

3.2.1 Risikovurdering trinn 1

Risikovurderingen i Trinn 1 gjøres ved å sammenlikne måledata fra sedimentet med grenseverdier for miljøeffekter av sedimenter. Grenseverdiene er basert på målt innhold av miljøgifter. Trinn 1 har som mål å raskt kunne skille ut områder eller stasjoner med ubetydelig risiko for forurensningseffekter fra de som utgjør en potensiell risiko og derfor bør vurderes videre. For å rangere områdene eller stasjonene i forhold til hverandre beregnes en risikoindeks (RI) som tar hensyn til overskridelser av grenseverdiene for alle parametrene. Et område vurderes å utgjøre en ubetydelig miljørisiko hvis alle sedimentprøvene fra området ligger innenfor de anbefalte grenseverdiene for konsentrasjon (og toksisitet, ikke vurdert her), og kan da "friskmeldes" for eventuelle tiltak.

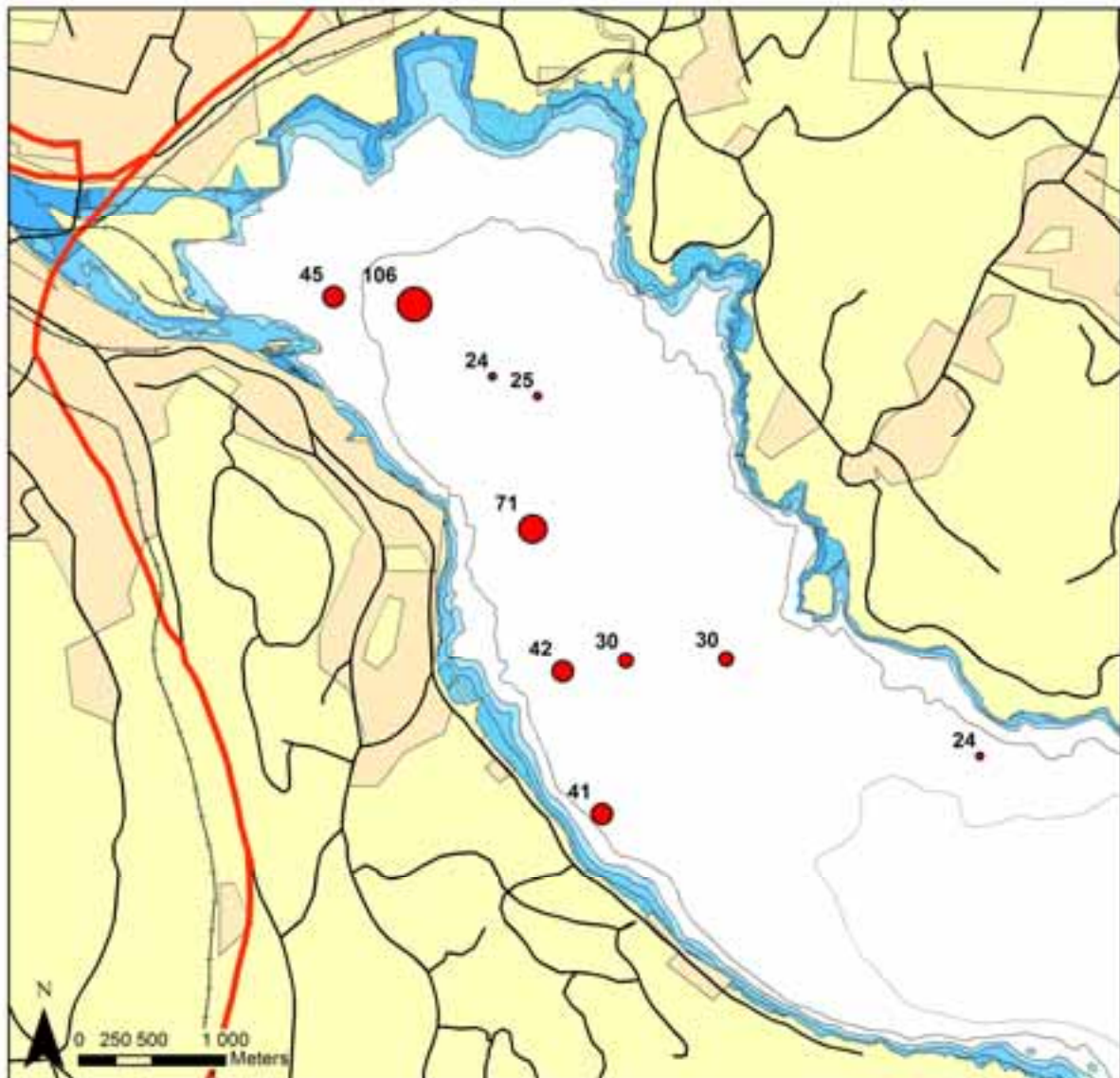
Den samlede vurderingen i trinn 1 viste at sedimentene fra alle stasjonene i dypområdet har en potensiell risiko (**Tabell 3**). Dette betyr at en eller flere parametere overskred grenseverdien for ubetydelig risiko. Det er imidlertid forskjeller i grad av overskridelse. Den største overskridelsen er særlig for TBT, men også PAH-forbindelsen benzo(a)pyren (B(a)P). Det er stasjonene med de høyeste konsentrasjonene som utgjør den største risikoen. For PCB₇ var det bare en stasjon (D6) som overskred grenseverdien for ubetydelig risiko (10 µg/kg) (**Tabell 2**). Det var imidlertid ingen av de analyserte metallene som overskred grenseverdiene.

Hver enkelt parameters risikobidrag er gitt i Vedlegg B. **Figur 7** viser beregnet risiko for de forskjellige stasjonene.

Tabell 3. Risiko indeks (RI) for sedimentene i dypområdet i Drammensfjorden

RI	Metaller	B(a)P	PCB ₇	TBT
Dypområdene				
min	0,1	2,4	0,06	17
maks	0,9	4,3	1,14	94
gjennomsnitt	0,3	3,4	0,44	34

Beregnet potensiell risiko for TBT i dypområdene kan sammenlignes med tilsvarende beregninger for grunnområdene utenfor Tangenbanken og Solumstrand (hhv, RI=250 og 31 for TBT) (Fylkesmannen i Buskerud 2005).



Figur 7. Risikovurdering trinn 1. Tallene representerer summert risiko av de ulike parameterene (RIp = risikoindeks per prøve).

3.2.2 Risikovurdering trinn 2

Trinn 2 er mer omfattende enn trinn 1 og har som mål å vurdere om sedimentene utgjør en aktuell risiko ut fra stedlige forhold. Trinn 2 omfatter tre uavhengige vurderinger.

- A: risiko for spredning
- B: risiko for human helse
- C: risiko for økosystemet

Risiko for spredning

I risikoveilederen beregnes risiko for spredning som mengde stoff / m² / år. Arealet er beregnet til 17000000 m², og representerer hele arealet i indre fjord ut til 100 m dyp. Siden den beregnede spredningen er arealspesifikk er risikoen for spredning fra et område proporsjonal med områdets størrelse. Risikoen for spredning beregnes for tre prosesser: diffusjon forsterket av bunnfaunaens

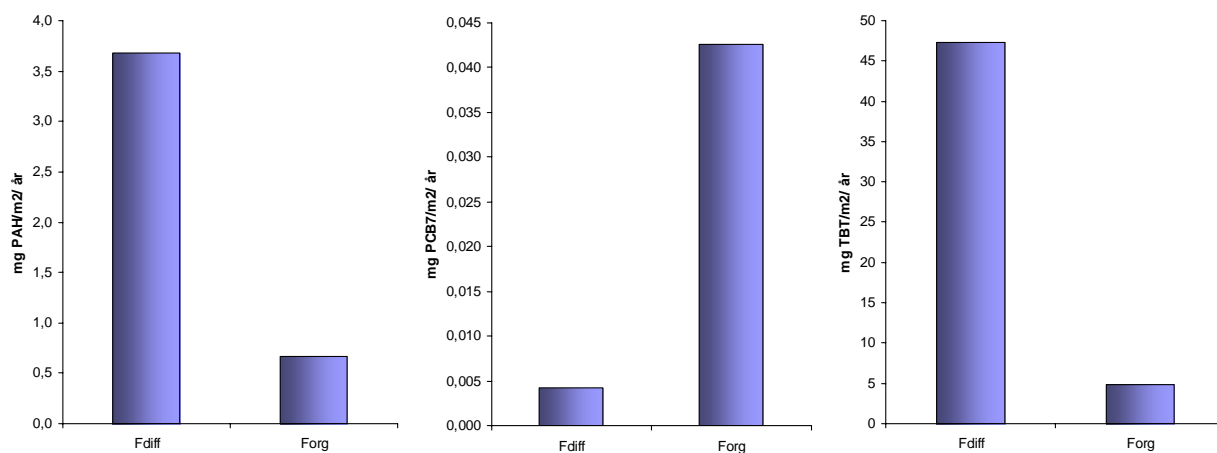
aktivitet, oppvirvling fra skipstrafikk og transport via organismer. Oppvirvlingen fra skipstrafikk er uavhengig av arealet, den beregnes etter antall anløp.

Risiko for spredning er beregnet for de organiske miljøgiftene TBT, PAH og PCB. Middelerdien for parameterne er benyttet.

Figur 8 viser at den største spredningen av PAH og TBT fra sedimentene skjer via diffusjon. For PCB skjer den største spredningen gjennom opptak i organismer. Så lenge oksygenforholdene i dypområdene er dårlige er denne spredningsveien imidlertid begrenset. Spredningen som følge av skipsoppvirvling er ikke aktuell i dypområdene.

Spredningen av PAH fra dypområdene er beregnet til $4 \text{ mg/m}^2/\text{år}$. For sammenligning er spredningen fra grunnområdene i fjorden beregnet til over $700 \text{ mg/m}^2/\text{år}$ (Tangenbanken og Strømsølpøpet) (Fylkesmannen i Buskerud 2005). Tilsvarende er spredningen av TBT fra dypområdene beregnet til $52 \text{ mg/m}^2/\text{år}$ og kan derved sammenlignes med spredningen av TBT fra Solumstrand. Spredningen av TBT fra sedimentene fra stasjon D1, med høyest konsentrasjon, var $130 \text{ mg/m}^2/\text{år}$. Tidligere beregninger viser en spredning fra sedimentene på grunt vann utenfor Solumstrand på $51 \text{ mg TBT/m}^2/\text{år}$, mens spredningen fra grunnområdene utenfor Tangenbanken var $600 \text{ mg TBT/m}^2/\text{år}$ (Fylkesmannen i Buskerud 2005).

Spredningen av PCB₇ fra dypområdene er beregnet til $0,05 \text{ mg/m}^2/\text{år}$. Dette er sammenlignbart med spredningen fra grunnområdene ($0,01 - 0,1 \text{ mg PCB}_7/\text{m}^2/\text{år}$) (Fylkesmannen i Buskerud 2005).



Figur 8. Beregnet total spredning ($\text{mg/m}^2/\text{år}$) fra dypområdet ved diffusjon (F_{diff}) og via organismer (F_{org}).

3.2.3 Human helse

Risikoen for human helse vurderes ut fra hvordan området brukes. Vi antar at området skal kunne brukes til rekreasjon, fangst av fisk og skaldyr osv, selv om dypområdene i dag er anoksiske (uten oksygen) og risikobidraget i så måte ikke er aktuelt i dagens situasjon. Det er likevel interessant å sammenligne risikobidraget fra sedimentene på dypt vann med sedimentene i grunnområdene.

Beregningene av risiko for human helse er i dette tilfelle basert på konsum av fisk og skaldyr. Eksponering via inntak av og kontakt med, sediment og vann er ikke aktuelt for dyvannsedimenter.

Ut i fra konsum beregnes en livstidsbelastning eller livstidsdose. Disse doseverdiene (for hver enkelt stoff) er så sammenlignet med grenseverdier for maksimal tolerabel risiko (MTR) for human helse. MTR-verdiene for hvert enkelt stoff defineres som den mengde av stoffet ethvert menneske kan eksponeres for daglig gjennom hele livet uten signifikant helserisiko (dose / 10% MTR human). Det antas videre at sedimentene utgjør 10 % av det totale kildebidraget.

Beregningene viste at det var størst overskridelse av grenseverdiene for sedimentene på stasjon D1, D4 og D6 (**Figur 9** og Vedlegg C. Som i trinn 1, var det ingen av de analyserte metallene som utgjorde noen risiko for human helse, heller ikke PAH, med unntak av benso(a)pyren (B(a)P). TBT og PCB hadde de største overskridelsene av grenseverdiene og utgjør således den største risikoen for human helse (**Tabell 4**). Overskridelsene av grenseverdiene for TBT i dypområdene er sammenlignbare med overskridelsene i grunnområdene utenfor Holmen og Lierstranda (Fylkesmannen i Buskerud 2005).

Gjennomsnittlig overskridelse av grenseverdiene for PCB₇ er langt mindre i dypområdene enn i grunnområdene. (**Tabell 4**).

Tabell 4. Antall ganger overskridelse av grenseverdiene for TBT og PCB₇ (dose / 10% MTR human) i sedimenter fra i indre del av Drammensfjorden.

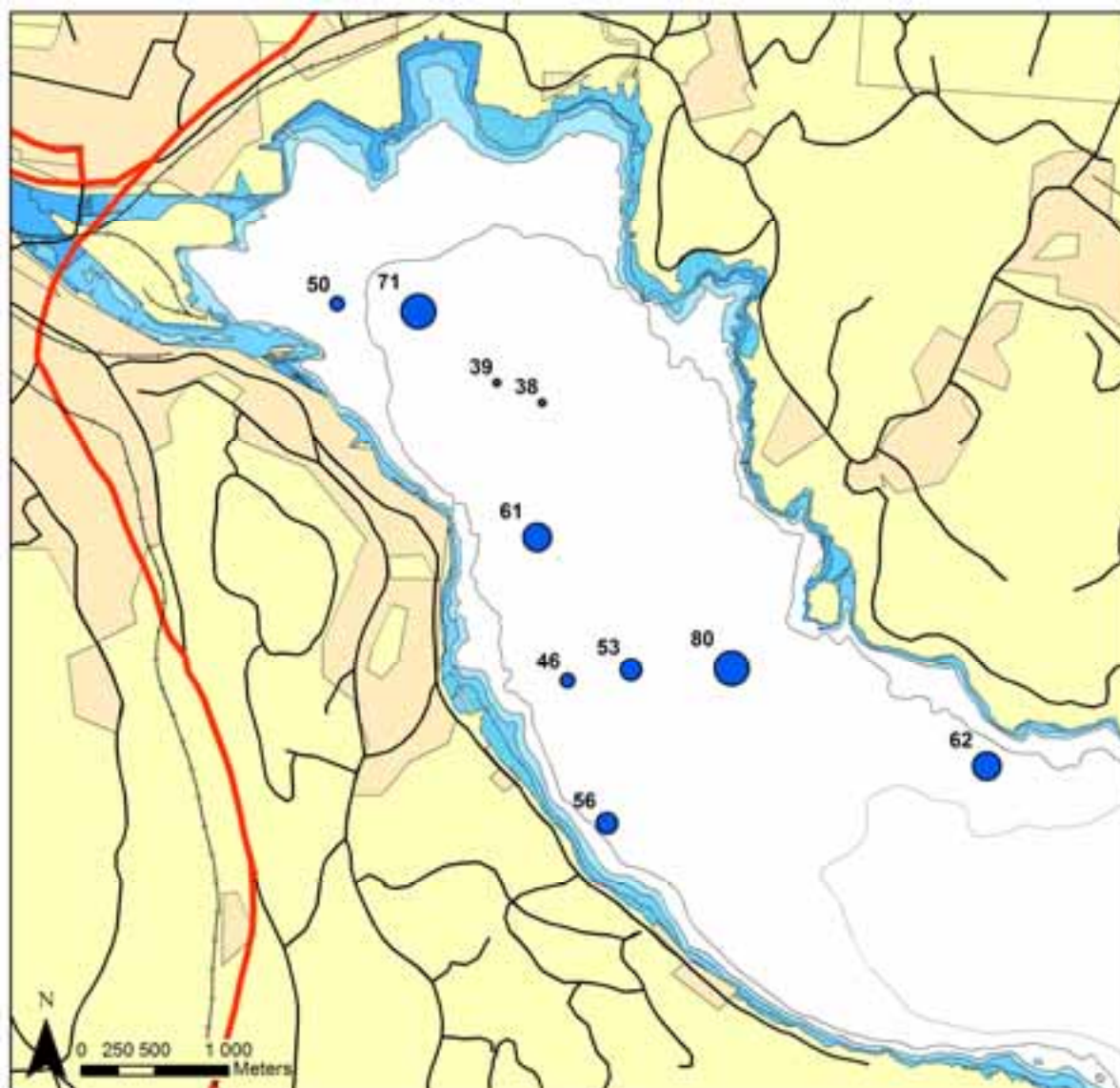
Hovedområde	Delområde	TBT	TBT	PCB ₇	PCB ₇
		Maks	Middel	Maks	Middel
Grunnområder, Tiltaksplan Fase 2 (Fylkesmannen i Buskerud 2005)	Solumstrand	340	87	187	155
	Tangenbanken	3960	1030	380	250
	Strømsløpet	58	36	340	300
	Holmen	29	25	580	240
	Lierstranda	26	26	2760	660
	Gullaugbukta	3,5	2,9	i.p	i.p
	Engersandbukta	14	9,3	i.p	i.p
Dypområdene, foreliggende undersøkelser	45 – 84 m vandyp	33	12	71	42

3.2.4 Økologisk risiko

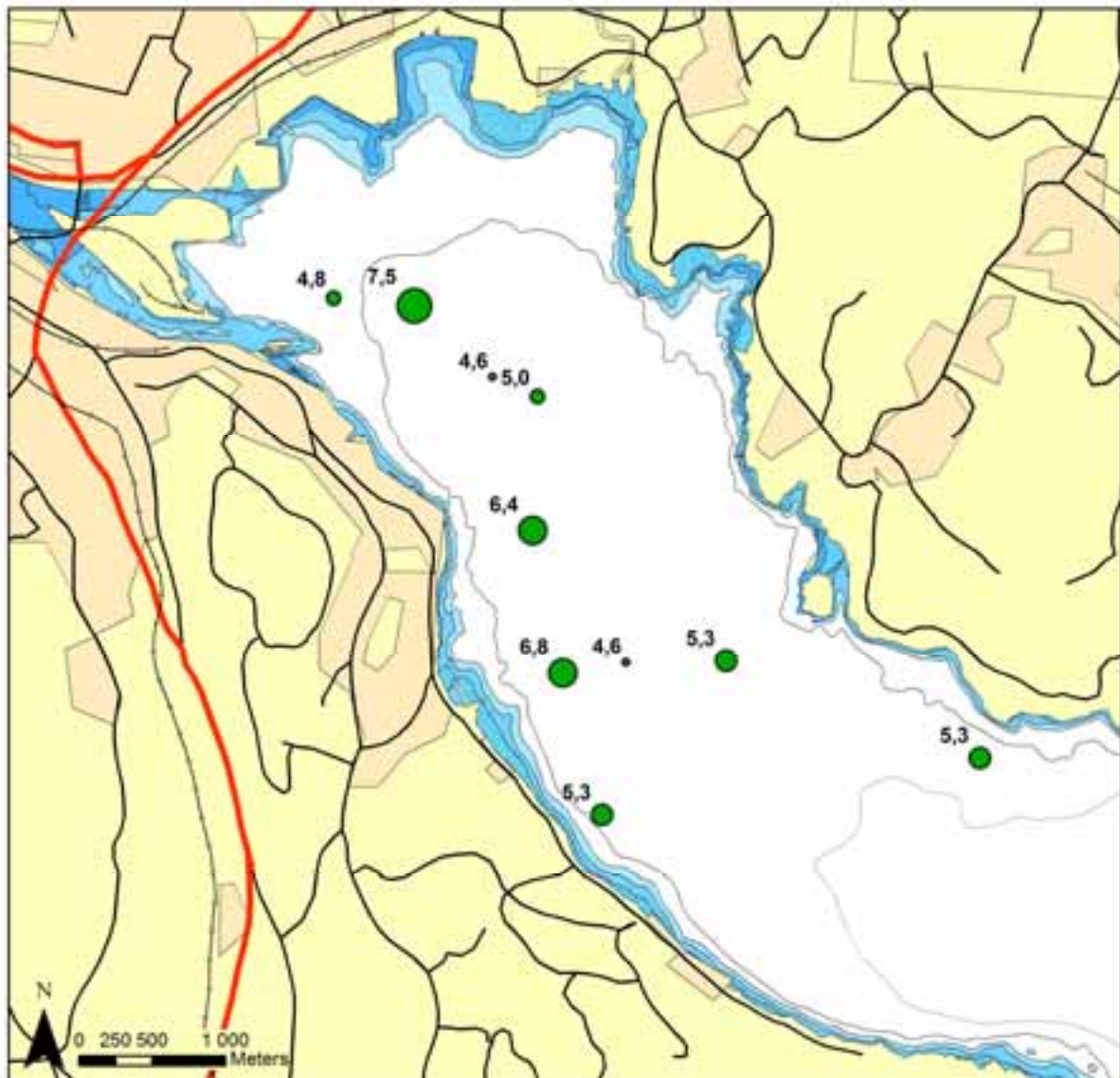
Økologisk risiko vurderes ut fra estimert eksponering i forhold til grenseverdier for effekter i vann og sediment. Grenseverdiene (maksimalt tillatte konsentrasjoner = MPC) har som mål å beskytte minst 95 % av artene i økosystemet selv ved lengre tids eksponering.

Det var bare to PAH-forbindelser (antracen og indeno(1,2,3cd)pyren) som overskred grenseverdiene for økologisk risiko. For PCB har SFTs veileder for risikovurdering av sedimenter bare grenseverdier for to PCB kongener (PCB118 og 153) og disse overskred ikke grenseverdiene. TBT er heller ikke med i SFTs veileder for beregningene av økologisk risiko.

Det totale økologiske risikobidraget (C_{sed} / MPC) for hver enkelt stasjon er vist i **Figur 10**, hvor stasjon D1, D4 og D5 har det største risikobidraget.



Figur 9. Beregnet risiko for human helse (dose / 10% MTR human) for de enkelte stasjonene i henhold til trinn 2. Tallet over symbolene angir antall ganger den totale dosen overskrider grenseverdien for de ulike stoffene. Størrelsen på symbolene illustrerer størrelsen på overskridelsen.



Figur 10. Beregnet økologisk risiko (Csed / MPC) for sedimentene på de enkelte stasjonene i henhold til trinn 2. Tallet over symbolene angir antall ganger den totale risikoen (Csed) overskrider grenseverdien for de forskjellige stoffene. Størrelsen på symbolene illustrerer størrelsen på risikobidraget.

4. Referanser

Fylkesmannen i Buskerud 2005. Tiltaksplan for forurenset sjøbunn i Drammensfjorden. Sluttrapport fase II. Miljøvern avdelingen, rapport nr. 3-2005, 74s + vedlegg.

Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J, 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. SFT-veiledning 97:03. TA-nr 1467/1997, 36s.

SFT 2005. Veileder for risikovurdering av forurenset sediment, TA 2085/2005

Vedlegg A. Kjemiske data

Analysedata for sedimenter fra dypområdene i Drammensfjorden 2005. TTS (% tørrstoff). Alle metaller i mg/kg tørt sediment

Stasjon	dyp	TTS/%	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
1	55	23	7	0,5	28,4	95,8	0,071	24	23	129
2	63	27	5	<0,3	30,2	36,5	0,15	23,6	24	134
3	67	24	7,9	0,3	31	36,9	0,068	24,5	25	128
4	73	22	8	0,4	36,4	62,8	0,14	31,3	35	175
5	78	24	9,7	0,4	35,4	45	0,15	27,7	30	148
6	83	27	8	0,5	34,4	45	0,13	28,4	33	151
7	80	25	9	0,5	38,4	46,3	0,15	32,4	36	171
8	84	26	9	0,4	35,2	45,4	0,13	29	34	156
9	76	24	9	0,5	34,2	50,5	0,16	27,1	34	158
10	45	25	10	0,4	35,9	54,4	0,076	30,2	29	156

Analysedata for ulike PCB kongener i µg/kg tørt sediment (s= CB 52 opptrer som en skulder på en annen topp i kromatogrammet)

Stasjon	dyp	CB28	CB52	CB101	CB118	CB153	CB138	CB180	Sum PCB7
1	55	0,53	s0,64	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	s1,17
2	63	0,58	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,58
3	67	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0
4	73	0,59	s0,52	0,69	0,57	1,1	1,1	0,75	s5,32
5	78	<0,5	<0,5	0,52	<0,5	0,89	0,83	0,68	2,92
6	83	0,86	s0,93	1,6	0,83	2,1	3,1	2	s11,42
7	80	0,91	s0,78	0,81	0,67	1,1	1,4	1,8	s7,47
8	84	0,8	s0,67	0,64	0,55	<0,5	0,79	0,62	s4,07
9	76	0,65	s0,76	0,6	0,51	0,55	0,81	0,53	s4,41
10	45	<0,5	s0,64	0,6	<0,5	i	0,71	<0,5	s1,95

Analysedata for ulike PAH-komponenter i µg/kg tørt sediment.

Stasjon	dyp	NAP	ACNLE	ACNE	FLE	DBTHI	PA	ANT	FLU	PYR	BAA	CHRTR
1	55	15	5,4	5,2	8,1	8,3	98	41	170	130	36	61
2	63	<10	2	7,4	7,4	5	36	21	100	80	29	35
3	67	13	2,7	11	9,4	5,4	42	22	100	88	32	38
4	73	14	3	6,3	9,1	7,9	50	23	130	120	40	47
5	78	14	3,5	7,8	7,9	5,2	46	44	110	100	37	44
6	83	10	2,6	4,7	6,2	5,4	34	10	81	99	30	33
7	80	17	2,7	5	6,9	6,4	38	9,6	81	100	35	37
8	84	11	2,9	4,4	7,2	5,8	33	13	75	89	27	29
9	76	<10	3	5,3	7,1	6,6	41	19	98	100	39	46
10	45	24	2,4	4,6	7,1	4,7	36	19	88	76	25	34

Analysedata for ulike PAH-komponenter i µg/kg tørt sediment.

Stasjon	dyp	BBF	BJKF	BAP	PER	ICDP	DBA3A	BGHIP	Sum PAH	Sum PAH16	Sum KPAH	Sum NPDP
1	55	81	32	30	44	39	7,1	60	871,1	818,8	225,1	121,3
2	63	49	20	17	36	21	4,7	34	504,5	463,5	140,7	41
3	67	58	22	21	53	25	4,9	41	588,4	530	162,9	60,4
4	73	85	30	30	120	35	6,6	54	810,9	683	226,6	71,9
5	78	77	29	26	65	31	5,5	49	701,9	631,7	205,5	65,2
6	83	69	23	22	120	26	4,5	42	622,4	497	174,5	49,4
7	80	76	28	28	65	29	4,8	40	609,4	538	200,8	61,4
8	84	62	23	21	90	24	4,3	39	560,6	464,8	161,3	49,8
9	76	72	27	26	99	28	6,2	45	668,2	562,6	198,2	47,6
10	45	50	18	18	24	20	3,9	35	489,7	461	134,9	64,7

Analysedata for ulike tinnorganiske forbindelser i µg/kg tørt sediment.

Stasjon	dyp	MBT	DBT	TBT	MPhT	DPhT	TPhT
1	55	200	550	3300	<5	<5	<5
2	63	37	84	580	<5	6,7	<5
3	67	32	75	580	<5	5,7	<5
4	73	110	350	2100	15	52	7,3
5	78	97	190	1100	7,2	13	8
6	83	59	140	740	12	23	17
7	80	66	150	470	31	39	31
8	84	70	180	760	19	22	17
9	76	61	180	1100	11	24	14
10	45	93	330	1300	<5	<5	<5

Vedlegg B. Risiko trinn 1

Tabell X. Risikobidrag trinn 1 for de analyserte stoffer. Rlp = summert risiko trinn 1. Rlp % = Andel stoff over grenseverdien i %
Stasjon

	As	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Pb	Zn	Naf	Fen	Ant	Flu	Baa	Chr	Bkf	Bap	Ind	Bgp	PCB7	TBT	Rlp	Rlp %
D1	0,115	0,010	0,661	0,057	0,006	0,397	0,131	0,733	0,24	0,24	2,01	0,31	0,20	0,07	0,18	4,29	2,03	0,24	0,12	94	106	20
D2	0,082	0,006	0,252	0,060	0,013	0,391	0,136	0,761	0,16	0,09	1,03	0,18	0,16	0,04	0,11	2,43	1,09	0,14	0,06	17	24	20
D3	0,130	0,006	0,255	0,062	0,006	0,406	0,142	0,727	0,21	0,10	1,08	0,18	0,18	0,05	0,12	3,00	1,30	0,16		17	25	21
D4	0,131	0,008	0,433	0,073	0,012	0,518	0,199	0,994	0,22	0,12	1,13	0,24	0,22	0,06	0,17	4,29	1,82	0,22	0,53	60	71	20
D5	0,159	0,008	0,310	0,071	0,013	0,459	0,170	0,841	0,22	0,11	2,16	0,20	0,21	0,05	0,16	3,71	1,62	0,20	0,29	31	42	20
D6	0,131	0,010	0,310	0,069	0,011	0,470	0,188	0,858	0,16	0,08	0,49	0,15	0,17	0,04	0,13	3,14	1,36	0,17	1,14	21	30	20
D7	0,148	0,010	0,319	0,077	0,013	0,536	0,205	0,972	0,27	0,09	0,47	0,15	0,20	0,04	0,16	4,00	1,51	0,16	0,75	13	24	15
D8	0,148	0,008	0,313	0,070	0,011	0,480	0,193	0,886	0,17	0,08	0,64	0,14	0,15	0,04	0,13	3,00	1,25	0,16	0,41	22	30	15
D9	0,148	0,010	0,348	0,068	0,013	0,449	0,193	0,898	0,16	0,10	0,93	0,18	0,22	0,06	0,15	3,71	1,46	0,18	0,44	31	41	15
D10	0,164	0,008	0,375	0,072	0,006	0,500	0,165	0,886	0,38	0,09	0,93	0,16	0,14	0,04	0,10	2,57	1,04	0,14	0,20	37	45	15
Middel	0,135	0,009	0,358	0,068	0,010	0,461	0,172	0,856	0,22	0,11	1,09	0,19	0,18	0,05	0,14	3,41	1,45	0,18	0,44	34	44	18

Vedlegg C. Risiko trinn 2, human helse

Overskridelse av grenseverdiene for human helse

Stasjon	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn	Naf	Fen	Ant	Flu	Baa	Chr	Bkf	Bap	Ind	Bgp
D1	0,08	0,09	0,01	0,01	0,06	0,01	0,01	0,01	0,01	0,07	0,02	0,05	0,07	0,02	0,06	1,48	0,12	0,01
D2	0,06	0,09	0,01	0,01	0,06	0,02	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,03	0,05	0,01	0,04	0,84	0,07	0,01
D3	0,09	0,09	0,01	0,01	0,06	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,03	0,06	0,02	0,04	1,04	0,08	0,01
D4	0,10	0,13	0,01	0,01	0,07	0,02	0,01	0,02	0,01	0,04	0,01	0,04	0,07	0,02	0,06	1,48	0,11	0,01
D5	0,12	0,11	0,01	0,01	0,07	0,02	0,01	0,02	0,01	0,03	0,03	0,03	0,07	0,02	0,05	1,29	0,10	0,01
D6	0,10	0,12	0,01	0,01	0,07	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,03	0,06	0,01	0,04	1,09	0,08	0,01
D7	0,11	0,13	0,01	0,01	0,08	0,02	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01	0,03	0,06	0,01	0,05	1,39	0,09	0,01
D8	0,11	0,13	0,01	0,01	0,07	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,05	0,01	0,04	1,04	0,07	0,01
D9	0,11	0,13	0,01	0,01	0,07	0,02	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01	0,03	0,07	0,02	0,05	1,29	0,09	0,01
D10	0,12	0,11	0,01	0,01	0,07	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,01	0,03	0,05	0,01	0,03	0,89	0,06	0,01

Stasjon	PCB028	PCB052	PCB101	PCB118	PCB138	PCB153	PCB180	TBT	Sum
D1	8,86	20,85	2,41	0,37	1,59	1,10	0,84	33	71
D2	9,69	16,29	2,41	0,37	1,59	1,10	0,84	6	39
D3	8,35	16,29	2,41	0,37	1,59	1,10	0,84	6	38
D4	9,86	16,94	3,33	0,42	3,50	2,43	1,25	21	61
D5	8,35	16,29	2,51	0,37	2,64	1,96	1,14	11	46
D6	14,37	30,30	7,72	0,61	9,88	4,63	3,35	7	80
D7	15,21	25,41	3,91	0,49	4,46	2,43	3,01	5	62
D8	13,37	21,83	3,09	0,40	2,52	1,10	1,04	8	53
D9	10,86	24,76	2,89	0,37	2,58	1,21	0,89	11	56
D10	8,35	20,85	2,89	0,37	2,26		0,84	13	50