

# Miljøtekniske undersøkelser ved STX Norway Florø AS

Risiko- og tiltaksvurderinger knyttet til  
forurenset sediment



**Hovedkontor**

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internett: www.niva.no

**Sørlandsavdelingen**

Televeien 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 37 04 45 13

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 41  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Postboks 2026  
5817 Bergen  
Telefon (47) 2218 51 00  
Telefax (47) 55 23 24 95

**NIVA Midt-Norge**

Postboks 1266  
7462 Trondheim  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 73 54 63 87

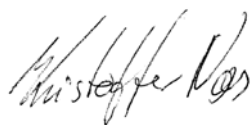
Tittel Miljøtekniske undersøkelser ved STX Norway Florø AS. Risiko- og tiltaksvurderinger knyttet til forurenset sediment	Løpenr. (for bestilling) 5729-2009	Dato 07.01.2009
	Prosjektnr. Undernr. O-28161	Sider Pris 57
Forfatter(e) Håvardstun, Jarle Bakke, Torgeir Næs, Kristoffer	Fagområde Marine miljøgifter	Distribusjon Fri
	Geografisk område Sogn og Fjordane	Trykket CopyCat AS

Oppdragsgiver(e) STX Norway Florø AS	Oppdragsreferanse Sogn og Fjordane
---	---------------------------------------

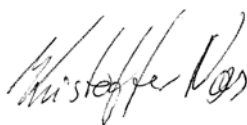
**Sammendrag**

Fylkesmannen i Sogn og Fjordane har pålagt STX Norway Florø AS å gjennomføre undersøkelser, risiko- og tiltaksvurdering av miljøtilstanden ved bedriften. Bakgrunnen for pålegget er den nasjonale kartleggingen av potensialet for forurensning av sjøbunnen utenfor en rekke skipsverftlokalteter. Risikovurderingene viser at miljøgiftene i bunnsedimentene utenfor verftsområdet representerer en for høy risiko både med hensyn til spredning ut fra sedimentet, skade på human helse og økologisk skade (Trinn 2). Dette skyldes i hovedsak konsentrasjonene av TBT, enkelte PAH-forbindelser og noen metaller. Konklusjonene fra risikovurderingene alene tilsier at tiltak bør vurderes i samråd med miljøvernmyndighetene og også kommunale myndigheter. Eventuelle tiltak mot de forurensete sedimentene i området må bindes opp til miljømål og akseptkriterier. Dette er så langt ikke gjort, men bedriften ønsker å arbeide videre med dette i god kommunikasjon med forurensningsmyndighetene.

Fire norske emneord 1. Miljøgifter 2. Risikovurdering 3. Trinn 2 4. Sedimenter	Fire engelske emneord 1. Contaminants 2. Risk assessment 3. Step 2 4. Sediments
--	---



*Kristoffer Næs*  
Prosjektleder



*Kristoffer Næs*  
Forskningsleder



*Jarle Nygard*  
Fag- og markedsdirektør

**Miljøtekniske undersøkelser ved STX Norway Florø  
AS**

Risiko- og tiltaksvurderinger knyttet til forurenset  
sediment

## Forord

Risikovurdering iht. SFTs veileder Trinn 1 og Trinn 2 er gjennomført av NIVA på sedimenter fra nærområdet til STX Norway Florø AS. Oppdragsgiver har vært STX Norway Florø AS. Kristoffer Næs har vært prosjektleder og hatt kontakt mot oppdragsgiver. Rapporten er skrevet av Jarle Håvardstun, Kristoffer Næs og Torgeir Bakke. Kontaktperson hos STX Norway Florø AS har vært Anders Myklebust.

Grimstad, 7. januar 2009

*Kristoffer Næs*

---

# Innhold

<b>Sammendrag og konklusjoner</b>	<b>6</b>
<b>Summary</b>	<b>8</b>
<b>1. Bakgrunn</b>	<b>9</b>
<b>2. Problembeskrivelse</b>	<b>10</b>
2.1 Eksisterende miljøinformasjon	10
2.1.1 Generelt	10
2.1.2 Historikk	11
2.1.3 Brukerinteresser	12
2.1.4 Strøm og vannutskifting	12
2.1.5 Biologi	12
2.1.6 Tidligere undersøkelser	12
2.2 Mulige kilder og spredningsveier	13
2.3 Miljømål og planlagt arealbruk	13
2.4 Mulige helse- og miljøkonflikter	14
2.5 Behov for supplerende prøvetaking	15
<b>3. Metoder og gjennomføring</b>	<b>16</b>
3.1 Prøvetakingsutstyr	16
3.2 Kartlegging av forurensningen ved STX Norway Florø AS	17
3.2.1 Sedimenter	17
3.2.2 Videoinspeksjon	18
3.2.3 Blåskjellanalyser	18
<b>4. Analyseresultater</b>	<b>19</b>
4.1 Tilstandsklassifisering av miljøgifter i bunnsediment	19
<b>5. Risikovurdering av sedimenter</b>	<b>21</b>
5.1 Risikovurdering Trinn 1	21
5.1.1 Risikovurdering Trinn 1 - Gaddevågen	24
5.1.2 Risikovurdering Trinn 1 - hovedbassenget	26
5.2 Konklusjon	27
<b>6. Risikovurdering Trinn 2</b>	<b>28</b>
6.1 Lokal informasjon	28
6.2 Risikovurdering Trinn 2 - sedimenter	28
6.2.1 Risiko for spredning fra sedimentet i Gaddevågen	28
6.2.2 Risiko for spredning fra sedimentet i hovedbassenget	34
6.3 Risiko for skade på human helse	38
6.3.1 Risiko for skade på human helse - Gaddevågen	38
6.3.2 Risiko for skade på human helse - hovedbassenget	41
6.4 Risiko for økologisk skade	43
6.4.1 Risiko for økologisk skade på organismer i direkte kontakt med sedimentet i Gaddevågen	43

---

6.4.2 Risiko for økologisk skade på organismer i vannmassene i Gaddevågen	44
6.4.3 Risiko for økologisk skade på organismer i direkte kontakt med sedimentet i hovedbassenget	46
6.4.4 Risiko for økologisk skade på organismer i vannmassene i hovedbassenget	47
<b>7. Trinn 3</b>	<b>47</b>
7.1 Blåskjellanalyser	48
<b>8. Samlet vurdering av risiko</b>	<b>50</b>
<b>9. Tiltaksvurdering</b>	<b>51</b>
9.1 Tidligere tiltak	51
9.2 Tiltaksvurderinger på grunnlag av risikovurderingene	52
9.3 Mål for tiltak, akseptkriterier	52
9.4 Tiltaksalternativer	52
9.5 Anbefaling om tiltak	52
9.5.1 Mulige delområder ved eventuelle tiltak	53
9.6 Behov for arealbruksbegrensning	53
9.7 Behov for overvåking	53
<b>10. Referanser</b>	<b>55</b>
<b>Vedlegg A. Rådata</b>	<b>56</b>

---

## Sammendrag og konklusjoner

Fylkesmannen i Sogn og Fjordane har pålagt STX Norway Florø AS å gjennomføre undersøkelser, risiko- og tiltaksvurdering av miljøtilstanden ved bedriften. Bakgrunnen for pålegget er den nasjonale kartleggingen av potensialet for forurensning av sjøbunnen utenfor en rekke skipsverftlokalteter.

Risikovurderingen av miljøgiftinnholdet i sedimentene utenfor verftsområdet ble gjennomført etter prosedyrene beskrevet i SFTs risikoveileder (SFT TA-2230/2007). Vurderingen har som mål å beskrive risikoen for miljøskade eller helseskade som sedimentene utgjør, slik at man kan bedømme om risikoen er akseptabel eller ikke. For å vurdere miljørisiko fra forurensede sedimenter har SFT laget et regneark der vurderingene gjøres trinnvis. Systemet er bygget opp i tre trinn der hvert trinn er mer arbeidskrevende, men gir økt lokal forankring og økt sikkerhet i konklusjonene. Dette skal både forhindre at unødig innsats brukes på områder som utgjør en ubetydelig risiko for miljøet, samtidig som det skal hindre at områder som utgjør en betydelig risiko blir friskmeldt innledningsvis. I Trinn 1 sammenlignes konsentrasjoner av miljøgifter i sedimentet med grenseverdier for økologiske effekter ved kontakt med sedimentet. I Trinn 2 bedømmer man risiko for spredning, risiko knyttet til human helse og økologisk risiko. I Trinn 3 gjøres stedsspesifikke vurderinger for bedre å beskrive den reelle risikoen sedimentene representerer. Undersøkelser knyttet til en Trinn 3-vurdering kan for eksempel være: Gjennomføring av toksisitetstester for å verifisere beregningene i risikovurderingene for sedimentlevende organismer, måle miljøgiftinnhold i fisk/krabbe for å verifisere risiko for human helse, direktemålinger av porevannskonsentrasjoner for å verifisere konstanter brukt i risikoverktøyet (stedsspesifikke konstanter).

I sjøområdet til STX Norway Florø AS er vurderingene gjort i henhold til Trinn 1 og 2. I tillegg er det gjort en begrenset analyse av blåskjell fra Gaddevågen. Denne kan betraktes som en innledende del av Trinn 3.

Sedimentene i sjøområdet ved STX Norway Florø AS (Gaddevågen og Hovedsundet) hadde forhøyede konsentrasjoner av miljøgifter (metaller, PAH, PCB, TBT) slik at grenseverdiene for mulige økologiske effekter ble overskredet (Trinn 1).

Risikovurderingene viser videre at miljøgiftene i bunnsedimentene utenfor verftsområdet representerer en for høy risiko både med hensyn til spredning ut fra sedimentet, skade på human helse og økologisk skade (Trinn 2). Dette skyldes i hovedsak konsentrasjonene av TBT, enkelte PAH-forbindelser og noen metaller. Det skal dog bemerkes at to blåskjellanalyser fra indre del av Gaddevågen viste relativt lave konsentrasjoner. Det betyr også at mulige tilførsler fra den gjenfylte delen av Gaddevågen og et eldre deponi på verftsområdet, og som ville drenere til indre Gaddevågen, må være små eller ikke eksisterende.

Konklusjonene fra risikovurderingene alene tilsier at tiltak bør vurderes i samråd med miljøvernmyndighetene og også kommunale myndigheter. Det vil i den sammenheng være aktuelt å dele området opp i underområder, for eksempel Gaddevågen som ett eller flere områder og hovedsundet utenfor som et annet område. I mange tilfeller kan det være aktuelt å kombinere ulike tiltaksmetoder innenfor ett og samme område. Det bør også avklares at eventuelle utslipp er stoppet eller tilstrekkelig redusert før eventuelle tiltak igangsettes.

Eventuelle tiltak mot de forurensede sedimentene i området må bindes opp til miljømål og akseptkriterier. Dette er så langt ikke gjort, men bedriften ønsker å arbeide videre med dette i god kommunikasjon med forurensningsmyndighetene. Knyttet opp mot dette arbeidet vil det fra et faglig synspunkt være ønskelig å styrke risikoberegningene gjennom en Trinn 3-vurdering.

Ut fra den fokus det er i dag knyttet til forurensede sedimenter, bør det vurderes å etablere et overvåkingsprogram for utviklingen i forurensningsbelastning i området. Et slikt program må både dokumentere suksessen ved eventuelle tiltak og samtidig må det gi mulighet til på statistisk grunnlag å kunne påvise mer langsiktige forbedringer.



## Summary

Title: Environmental investigations at STX Norway Florø AS. Evaluation of environmental risk and remedial actions in relation to contaminated bottom sediments.

Year: 2009

Author: Jarle Håvardstun, Kristoffer Næs, Torgeir Bakke.

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-5464-8

NIVA has on request completed supplementary environmental investigations and evaluation of environmental risk and remedial actions regarding pollution status for the bottom sediments in the vicinity of STX Norway Florø AS W-Norway. The studies have been required by the local Pollution Control Authority (Fylkesmannens Miljøvernnavdeling i Sogn og Fjordane).

The concentrations of environmental toxins (metals, PAH, PCB, TBT) in the sea bottom sediments near STX Norway Florø AS (Gaddevågen og Hovedsundet) were clearly elevated.

Risk assessment according to the SFT guidelines TA-2230/2007, Tier 1 and 2, showed that the sediments represented a too high risk of damage to human health and to ecological conditions in sediment and overlying water. Several of the contaminants contributed to the human health risk and risk to sediment ecology, but only TBT to the risk of ecological effects outside the sediments.

The results indicate needs for remedial actions. However, the Tier 2 risk assessment represents only potential risks and real risk should be assessed through site specific Tier 3 approach before actual remedial actions are considered. To that end, environmental goals must be formulated.

# 1. Bakgrunn

Fylkesmannen i Sogn og Fjordane har i brev av 19.06.2007 pålagt STX Norway Florø AS å gjennomføre undersøkelser, risiko- og tiltaksvurdering av miljøtilstanden ved bedriften. Bakgrunnen for pålegget er den nasjonale kartleggingen av potensialet for forurensning av sjøbunnen utenfor en rekke skipsverftlokaliteter. I pålegget påpekes at det er behov for opplysninger for å kunne fastslå om, og i hvilken grad, masser på land og sedimenter i sjø utgjør en risiko for helse og miljøskade og eventuelt hvilke behov det er for tiltak. Denne rapporten presenterer resultatene fra dette arbeidet.

## 2. Problembeskrivelse

### 2.1 Eksisterende miljøinformasjon

#### 2.1.1 Generelt

STX Norway Florø AS ligger på Hestneset nordvest på Floralandet rett øst av Florø sentrum. I nord grenser bedriftsområdet til et sund med dybder ned til 60 meter, mens det i øst grenser til Gaddevågen, en trang og grunn kanal med dybder grunnere enn 10 meter, se **Figur 1**.



**Figur 1.** Oversiktsbilde som viser bedriftens beliggenhet på Hestneset nordøst på Flørølandet. Bildet er orientert slik at nord-nordvest er oppover i bildet. Den nedre delen av bildet viser Gaddevågen som er det trange sjøområdet mellom Flørølandet og Brandsøy. Innerst i Gaddevågen ses en liten småbåthavn. Et gammelt, mindre og nedlagt deponi var lokalisert nordvest av denne havna.



**Figur 2.** Bilde av verftsområdet med et skip liggende ved utrustningskaaien.

### 2.1.2 Historikk

Ankerløkken A/S startet opp som mekanisk verksted i 1949 og produserte mekanisk utstyr til Statens Vegvesen og til landbruket. Etter hvert kom det henvendelser fra fiskeflåten som ønsket seg et sted å foreta reparasjoner på maskiner og utstyr. Dette utviklet seg til at Ankerløkken AS fikk bygge sin første båt som var et fiskefartøy som ble sjøsatt fra en slipp som ble bygget med sitt utløp østover mot kanalen i 1952. Det var oppstarten på nybygging ved verftet og som etter hvert førte til at det ble utelukkende nybygging som foregikk her.

Foruten fiskebåter ble det etter hvert bygget ferjer, bergingsbåter, havforskningsfartøy, oppsynsskip, løfteskip, ro/ro-skip (roll on/roll off), og i 1973 startet man med bygging av kjemikalietankere. De første i svart stål, men senere med lasteområdet i syrefast stål. Å produsere lasteskip med høylegert stål i lasteområdet ble og er fortsatt verftets nisje. Det er produsert over 40 skip av denne typen.

I begynnelsen av 1980-årene var verftet inntatt av offshoremarkedet, og det var en del rigger som var inne til forskjellige vedlikeholds- og ombyggingsarbeider. Dette var frem til 1985.

I 1985 gikk verftet konkurs, og det var en heller rolig periode ved anlegget frem til 1989 da Kleven Verft i Ulsteinvik kjøpte anlegget og en startet igjen produksjon av kjemikalietankere. I 2003 ble det igjen en brutal nedgang i markedet som gjorde at verftet i en kort periode måtte inn på reparasjonsmarkedet for offshorefartøy. Men allerede i slutten av 2004 startet en igjen med nybygging, og det er fortsatt denne aktiviteten som foregår ved verftet.

I perioden som har gått har anlegget endret seg med behovene. Som nevnt ble den første slippet bygget i begynnelsen 50-årene. I slutten av 50-årene ble det bygget en skipshall som også hadde slippvei som ledet ut i kanalen østover. Senere, i siste halvdel av 60-tallet ble det bygget ny bedding på søre del av anlegget. Denne også med utløp østover mot kanalen i det samme området som både slipp og skipshall hadde utløp. Det ble produsert skip fra beddingen helt frem til 1992.

I 1993 stod den nye dokken klar. Denne er bygget i nord/sør-retning med utløp mot nord. Dokken er utstyrt med slam-oppfangsrenner og oljeutskiller slik at en har full kontroll med utslippene.

Bedriftsområdet besto i utgangspunktet bratte knauser og små åser, det vil si at strandområdet i hovedsak var et rent fjellområde. På denne tiden var det en kanal som gikk øst/vest/sør for anlegget. Området ble kalt "Evja" og den ene delen "Skitnevatnet". Denne kanalen gikk faktisk i sin tid helt vest gjennom Skudalen og til utløp mot Florø Havn. Her var det mye evje og mye slam, noe navnene tilsier. Store deler av byens avløpssystem gikk ut i dette området, og her var også et kommunalt avfallsdeponi. Den første delen av utrustningskaia ble bygget i strandområdet mot øst i kanalen

Ankerløkken Verft startet i 1975 en større ombygging, og massene som ble skutt ut ble kjørt til utfylling av "Skitnevatnet" og Evja-området. (Dette er i dag det området som fortsatt blir kalt Evja i Florø). Flora kommune stod ansvarlig for denne utfyllingen, og det ble gjort på den måten at massen ble dumpet i direkte i området. Noe av bunnmassene i området ble da fortrent slik at det ble forskyvninger både østover mot kanalen/Gaddevågen og vestover. Massene som ble fortrent og som ble liggende over vannivået, tørket ut og ble benyttet som grøntarealer.

På 1960-tallet mottok verftet stål som var ubehandlet. Det ble derfor etablert et sandblåsnings- og primeranlegg. Dette var plassert i det bygget som på verftsplanen i dag er betegnet som tynnplateverksted. Det ble også bygget en sandblåse-/malehall sør for denne. Denne er fortsatt i bruk.

I perioden frem til utfyllingen av "Evja", ble en del sandblåsesand og rester etter malingsaktivitet deponert i dette området. Dette er da også bakgrunnen for grunnundersøkelsene Berdal Strømme AS gjorde i området.

Utrustningskaia ble etter hvert forlenget og det ble foretatt utdypingsarbeid både her og ved utløpet til beddingen mot øst. Områdene har vært rensket og mudret flere ganger gjennom tiden, og siste gang dette skjedde var i 1991 – 1992. De masser som ble fjernet ble dradd nordover til dypere vann.

### **2.1.3 Brukerinteresser**

Brukerinteressene er knyttet til industriell aktivitet. Det foregår lite fritidsfiske i området. Ytterst i Gaddevågen på motsatt side av bedriften, er det et lite friområde.

### **2.1.4 Strøm og vannutskifting**

Det er ikke gjort strømmålinger i området, men man kan anta at det i hovedsundet i øst er god vannutskifting styrt av vind, tidevann og hydrofysiske forhold i de nære havområder. Vannutskiftingen i Gaddevågen er sannsynligvis begrenset, særlig i den innerste delen.

### **2.1.5 Biologi**

Biologiske forhold i området er ikke spesifikt beskrevet, og vi vet ikke om det inneholder det man kan kalle særlig verdifulle biologiske ressurser.

### **2.1.6 Tidligere undersøkelser**

I forbindelse med spørsmålet om tidligere undersøkelser, opplyser STX Norway Florø AS:

- En har gått gjennom arkiver som finnes av hva som tidligere har vært utført ved verftet for derigjennom å skaffe seg underlag for nye vurderinger.
- En har også sett på verftets historie og den aktivitet som har vært ved verftet.
- Videre har anleggets ulike byggetrinn vært vurdert med hensyn på endringer som kan ha medført endringer i utslippssammenheng.

Gjennom dette arbeidet er følgende ting kommet frem:

I 1984 utførte Noteby (Norsk Teknisk Byggekontroll AS) ekkoloddinger og akustiske grunnundersøkelser med boomer i en trase fra verftsområdet til Grasskjæret Lykt vest av Florø, noe som ga oss en oversikt over bunnkotene og løsmassene i det aktuelle området. Denne dokumentasjonen finnes ved verftet.

I 1990 gjorde konsulentfirmaet Berdal Strømme AS en kartlegging av deponier og forurenset grunn på verftsområdet etter oppdrag fra SFT. Her finnes en rapport på dette arbeidet ved verftet.

## 2.2 Mulige kilder og spredningsveier

Mulige kilder og spredningsveier av miljøgifter til

- Den generelle industrielle aktiviteten ved bedriften
- Gammelt deponi
- Påvirkning fra skipstrafikk til Florø havneområde
- Generell avrenning fra land

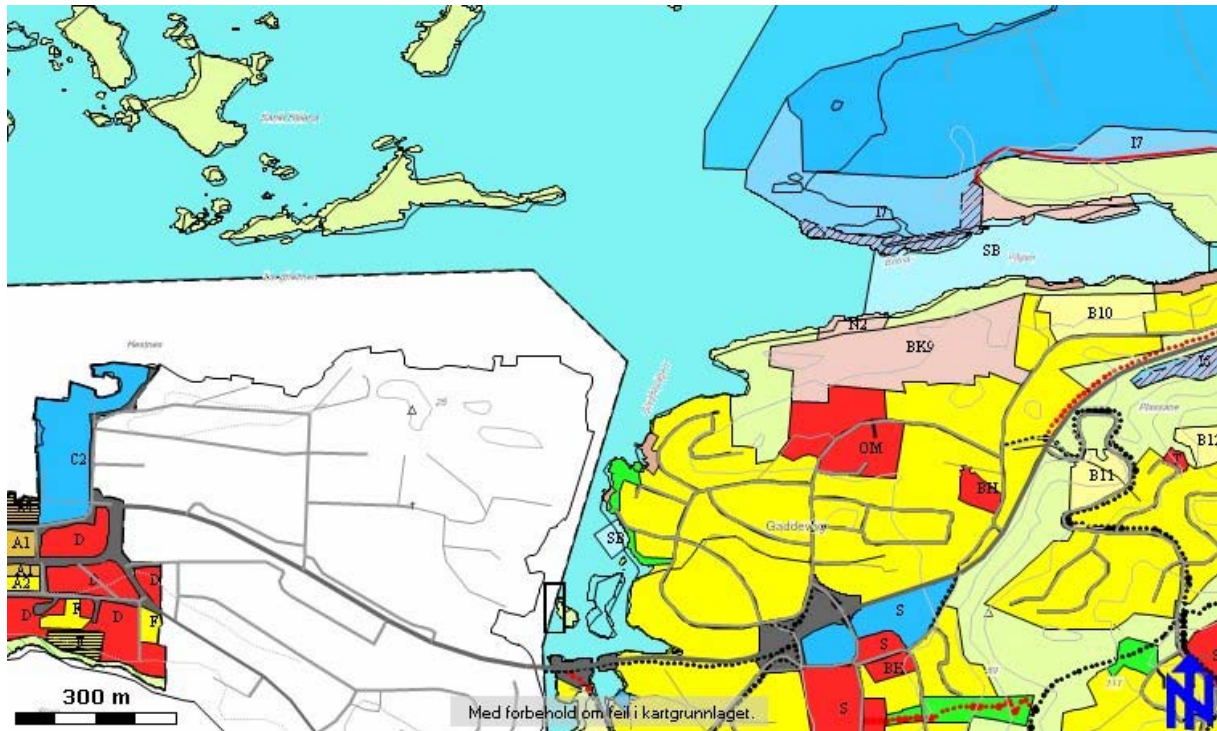
## 2.3 Miljømål og planlagt arealbruk

STX Norway Florø AS har ikke satt spesifikke miljømål for forurenings-situasjonen i de sjønære områdene til bedriften. Bedriften uttaler imidlertid at det er et klart ønske og et konkret mål at bedriften skal fremstå som en miljøbevisst bedrift og være ledende i dette arbeidet innenfor bransjen. Politikken og resultatene skal kunne benyttes i markedsføringen av bedriften ikke bare overfor kunder, men også overfor de ansatte og i lokalmiljøet.

Dette skal oppnås gjennom at bedriften:

- minst tilfredsstillende alle lovmessige krav
- har en åpen og ærlig dialog med alle involverte myndigheter
- har en åpen og ærlig dialog med ansatte, kunder, naboer, underleverandører
- stadig søker etter miljømessige forbedringer ved valg av produksjonsprosesser, materialer og tjenester
- stadig vurderer design og konstruksjon av våre produkter med tanke på miljømessige gevinster
- gjennom bedriftens egen HMS-organisasjon, ha spesielt fokus på belastninger bedriften kan påføre miljøet.

Fremtidig arealbruk forventes å være knyttet til skipsverftsaktivitet. Reguleringsplan for området er vist i **Figur 3**. Den viser blant annet at området i Gaddevågen grenser både til boligområder og friareal. Områdene nordvest for verftet er regulert til industri.



Kommuneplan/Kommunedelplan	
	Planens begrensning
	Planområde
	Grense for arealbruksområde
	Bybebyggelse - nåværende
	Boligområde - nåværende
	Boligområde - framtidig
	Erverv - nåværende
	Erverv - framtidig
	Offentlige bygninger - nåværende
	Friområde - nåværende
	Annet byggeområde - nåværende
	Annet byggeområde - framtidig
	LNF-område
	Småbåthavn - framtidig
	Vannareal for allmenn flerbruk
	Ferdelsområde - nåværende
	Viktige ledd i kommunikasjonssystemet
	Vegareal - nåværende
	Samleveg - nåværende
	Samleveg - framtidig
	Gang-/sykkelveg - nåværende
	Gang-/sykkelveg - framtidig
	Grense for restriksjonsområde
	Område for grunnvann - nåværende
	Andre restriksjoner - framtidig
	Grense for retningslinjeområde
	LNF-område hvor naturvern er dominerende

**Figur 3.** Kartet viser gjeldende reguleringsplan for Flora kommune for områdene ved verftet og omkringliggende områder.

## 2.4 Mulige helse- og miljøkonflikter

Områdene med friarealer på østsiden av Gaddevågen er ett mulig konfliktområde. Dersom det foregår bading og fritidsfiske her vil en være interessert i å ha kontroll på innholdet av miljøgifter i sedimentet. Det kan være konflikter knyttet til både fritids- og eventuelt yrkesfiske i hovedbassenget, men det er ikke undersøkt miljøgifter i fisk eller krabbe herfra. Hvorvidt dette er reelle konflikter avhenger av i hvor stor grad områdene blir benyttet..

## **2.5 Behov for supplerende prøvetaking**

På grunnlag av gjennomgangen og redegjørelsen fra bedriften, eksisterer det ikke relevante data som beskriver miljøtilstanden i bunnsedimentene i det bedriftsnære området ut fra tidligere undersøkelser. Ut fra redegjørelsen fra bedriften, er det også sannsynlig at det gamle deponiet i liten grad påvirket sjøområdet. Det er derfor lagt vekt på sedimentanalyser i undersøkelsen, og følgende punkter er gjennomført:

- Videoinspeksjon av bunnforhold langs kaiene
- Kartlegging av sedimentforurensningen for å beskrive den generelle miljøtilstanden
- Analyser av blåskjell for å måle generelt forurensningsnivå og eventuell påvirkning fra gammelt deponi
- Risikovurdering av sedimentene.



## 3. Metoder og gjennomføring

### 3.1 Prøvetakingsutstyr

Sedimentprøvene ble innsamlet med en 0,1 m<sup>2</sup> van Veen grabb som vist i **Figur 4**. Prøveuttak ble gjennomført via inspeksjonsluker på toppen av grabben. Det ble tatt ut prøver til kjemiske analyser fra de øverste 10 cm av sedimentet. Det ble i tillegg tatt med 10 liter sediment fra to stasjoner for eventuelt senere giftighetstester på børstemarken *Arenicola* eller DR-CALUX-test for å påvise økologiske effekter av dioksiner og dioksinlignende stoffer på bunndyrfauna. Det ble også tatt en kjerneprove fra Gaddevågen. Her ble det benyttet en liten håndholdt corer.



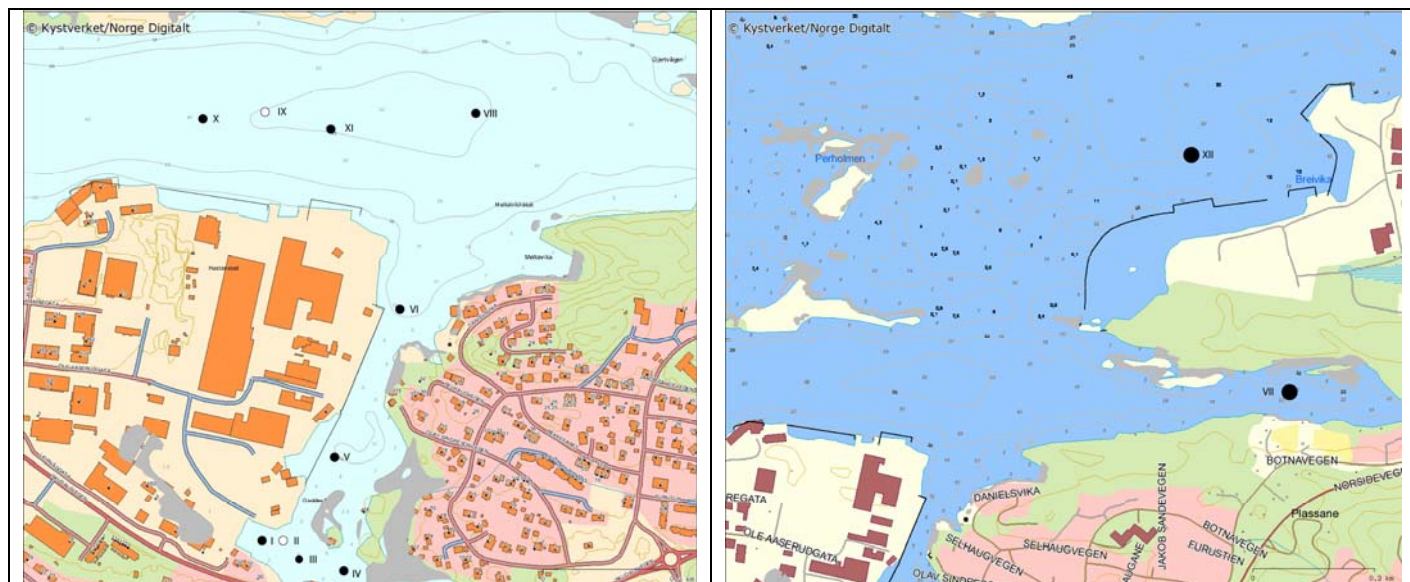
**Figur 4.** van Veen grabb med inspeksjonsluke.

Til videoinspeksjonen ble det benyttet ett såkalt drop-kamera. Dette er et enkelt undervannskamera som overfører bilde til en skjerm på overflaten. Kameraet kan ikke styres fra overflaten, men kun heves og senkes via en kabel slik at bunnoverflaten blir filmet ettersom båten en benytter kjører sakte langs transekter som en ønsker å undersøke.

## 3.2 Kartlegging av forurensningen ved STX Norway Florø AS

### 3.2.1 Sedimenter

Kart over området med prøvetakingsstasjoner inntegnet er vist i **Figur 5**.



**Figur 5.** Kart med prøvetakingsstasjoner inntegnet. Fylte sirkler markerer stasjoner som ble analysert, hvite sirkler er stasjoner som ikke ble analysert.

Det ble prøvetatt tilsammen 12 sedimentstasjoner fra nærområdet til verftet, av disse ble 6 stasjoner plassert i Gaddevågen og 6 stasjoner ble prøvetatt fra fjordområdet i hovedbassenget. Av disse stasjonene ble det valgt ut 10 sedimentprøvetakingsstasjoner som ble sendt til analyse. Stasjonsnummer, posisjoner og beskrivelse av sedimentprøvene som ble analysert er gitt i **Tabell 1**.

**Tabell 1.** Stasjonsnummer, prøvetakingsdyp, posisjon og stasjonskarakteristikk.

Stasjon nr.	Dyp (m)	N	E	Karakteristikk
I	3,5	61° 35.935	05° 03.203	Svært bløtt, finkornet svart sediment. H <sub>2</sub> S lukt.
III	8	61° 35.944	05° 03.223	Som st. I
IV	5,3	61° 35.934	05° 03.256	2-3 mm mørkebrunt topplag med noe sand. finkornet under. Noe tare i grabben.
V	11	61° 35.931	05° 03.351	Som st. III
VI	12	61° 36.020	05° 03.286	Mørkebrunt sandig sediment, noe grus, mindre stein og skjellsand. Svak H <sub>2</sub> S lukt
VII	25	61° 36.146	005° 03.377	Brunt sandig, grovt sediment, ingen lukt
VIII	50	61° 36.355	005° 04.271	Brunt sandig sediment. Døde skjell.
X	47,5	61° 36.309	005° 03.387	Brunt bløtt og sandig sediment
XI	50	61° 36.359	005° 03.212	Brunt sandig overflatelag m. skjellsand og rørbyggende mark.
XII	47	61° 36.271	005° 03.002	Brunt overflatelag over noe skjellsandholdig sediment

### **3.2.2 Videoinspeksjon**

Det ble i tillegg foretatt en videoinspeksjon av bunnarealene i Gaddevågen og arealene langs kaifronten ut mot hovedbassenget. Transektene som ble filmet lot seg ikke overføre til kamera slik at filmen ble lagret, men det ble laget en skriftlig logg fra transektene som ble filmet. Denne er vist i vedlegg A på en kartskisse. Undervannsfilmningen viste bløte svarte sedimenter innerst i Gaddevågen. Ved utrustningskaia og langs kaifronten mot hovedbassenget, var det mer bart fjell, stein og grus. Det var enkelte lommer med mer sandig og grovt sediment flekkvis fordelt mellom det grove substratet.

### **3.2.3 Blåskjellanalyser**

Bedriften selv samlet inn og frosset ned blåskjellprøver fra 11 prøvepunkter i nærområdet. Skjellprøver fra to stasjoner i Gaddevågen er valgt ut og analysert.

## 4. Analyseresultater

### 4.1 Tilstandsklassifisering av miljøgifter i bunnsediment

For miljøgifter dekket av SFTs reviderte system for tilstandsklassifisering (Bakke m.fl. 2007 b), er det en fargekode og ett romertall for hver tilstandsklasse, dette er angitt i **Tabell 2**.

Klassifiseringssystemet er revidert for miljøgifter i vann og sedimenter slik at det er basert på effekter, dvs. at en høyere klasse medfører en forventet økende grad av skade på organismesamfunn. Kriteriene for fastlegging av klassegrensene er basert på internasjonalt etablerte systemer for miljøkvalitetsstandarder og risikovurdering av kjemikalier i EU (Bakke m.fl. 2007 c).

**Tabell 2.** SFTs system for klassifisering av miljøtilstand (Bakke m.fl. 2007 b).

Tilstandsklasse	Miljøtilstand
I	Bakgrunn
II	God
III	Moderat
IV	Dårlig
V	Svært dårlig

Innholdet av miljøgifter i alle sedimentprøvene fra nærområdet til STX Norway Florø AS er klassifisert etter dette systemet og resultatet for alle stasjoner er vist i **Tabell 3**. Her inngår også parametre som det ikke foreligger klassifiseringsgrenser for. Dette er støtteparametre som benyttes bl.a. til å vurdere prøvenes representativitet.

**Tabell 3.** Klassifisering av miljøtilstand i sedimentene fra nærområdet til STX Norway Florø AS. Romertall i overskriften tilsvarende stasjonsnummer på kartet. Romertall og farge i tabellen tilsvarende SFTs tilstandsklasser for forurenset sediment (Bakke m.fl. 2007 b). I celler med hvit bakgrunn uten romertall foreligger det ikke tilstandsklasser.

	I	III	IV	V	VI	VII	VIII	X	XI	XII
TTS/%	19,1	18,6	21,2	43,7	65,5	65,8	26,3	36,3	25,8	55,9
KORN<63µm	45	64	55	23	6	5	59	40	57	47
TOC/F	123	109	112	36	9,1	10,1	85,3	38,1	71,2	12,5
Arsen	22 (II)	36 (II)	21 (II)	13 (I)	14 (I)	13 (I)	33 (II)	15 (I)	31 (I)	6 (I)
Bly	119 (IV)	172 (IV)	66,6 (II)	77,2 (II)	116 (IV)	171 (IV)	118 (IV)	46,7 (II)	85,2 (III)	16 (I)
Kadmium	1,6 (II)	1,1 (II)	0,96 (II)	0,63 (II)	0,71 (II)	0,71 (II)	0,77 (II)	0,3 (II)	0,3 (II)	0,1 (I)
Kobber	202 (IV)	303 (V)	127 (IV)	216 (IV)	1150 (V)	1280 (V)	128 (IV)	54,1 (III)	108 (IV)	10,3 (I)
Krom	61,9 (I)	85 (II)	55,7 (I)	78,6 (II)	369 (II)	430 (II)	55,3 (I)	26 (I)	44,1 (I)	13,6 (I)
Kvikksølv	0,88 (IV)	0,75 (III)	0,35 (II)	0,2 (II)	0,09 (I)	0,084 (I)	0,96 (IV)	0,43 (II)	0,62 (II)	0,058 (I)
Nikkel	50,6 (III)	77,8 (III)	38,5 (II)	194 (IV)	819 (IV)	858 (V)	54,5 (III)	19,5 (I)	31,9 (II)	9,1 (I)
Zink	477 (III)	599 (IV)	270 (II)	401 (III)	1750 (IV)	1950 (IV)	283 (II)	99,2 (I)	187 (II)	30 (I)
naftalen	42 (II)	36 (II)	14 (II)	21 (II)	16 (II)	9,9 (II)	44 (II)	32 (II)	33 (II)	2,3 (II)
acenaftalen	34 (III)	64 (III)	38 (III)	22 (II)	15 (II)	32 (II)	50 (III)	27 (II)	43 (III)	2,5 (II)
fluoren	71 (II)	130 (II)	44 (II)	120 (II)	110 (II)	14 (II)	56 (II)	56 (II)	34 (II)	1 (I)
phenantren	400 (III)	930 (III)	340 (II)	400 (II)	240 (II)	81 (II)	500 (II)	560 (III)	340 (II)	18 (II)
antracen	90 (III)	180 (IV)	69 (III)	65 (III)	54 (III)	54 (III)	95 (III)	120 (IV)	79 (III)	3,4 (II)
fluoranten	900 (III)	1800 (IV)	880 (III)	630 (III)	490 (III)	240 (III)	1000 (III)	860 (III)	710 (III)	32 (II)
pyren	750 (III)	1400 (III)	710 (III)	490 (III)	380 (III)	210 (III)	830 (III)	700 (III)	580 (III)	2 (II)
benzo(a)antracen	640 (IV)	1200 (V)	550 (IV)	390 (IV)	320 (IV)	230 (IV)	730 (IV)	58 (IV)	520 (IV)	23 (II)
Krysen	490 (IV)	970 (V)	410 (IV)	300 (IV)	270 (II)	210 (II)	520 (IV)	400 (IV)	350 (IV)	19 (II)
benzo(b,j)fluoranten	1300 (IV)	2200 (IV)	980 (IV)	630 (IV)	540 (IV)	610 (IV)	1500 (IV)	950 (IV)	1000 (IV)	68 (II)
benzo(k)fluoranten	440 (III)	730 (IV)	330 (III)	210 (III)	180 (II)	200 (II)	510 (IV)	330 (III)	350 (III)	23 (I)
benzo(a)pyren	720 (III)	1300 (IV)	570 (III)	370 (II)	310 (II)	390 (II)	890 (IV)	620 (III)	610 (III)	32 (I)
indeno(123-cd)pyren	570 (IV)	960 (V)	420 (IV)	240 (IV)	200 (IV)	280 (IV)	810 (V)	470 (IV)	560 (IV)	53 (III)
dibenz(a, c/a, h)antracen	99 (II)	180 (II)	74 (II)	49 (II)	43 (II)	48 (II)	130 (II)	78 (II)	93 (II)	7,5 (I)
benzo(ghi)perylene	430 (V)	700 (V)	330 (V)	170 (IV)	140 (IV)	200 (IV)	610 (V)	350 (V)	420 (V)	48 (IV)
SUM PCB 7	40,9 (III)	80,4 (III)	14,72 (II)	18,53 (III)	26,5 (III)	38,4 (III)	31,42 (III)	30,0 (III)	14,94 (II)	3,32 (I)
TBT-ion	1800 (V)	5100 (V)	2500 (V)	1200 (V)	630 (V)	170 (V)	340 (V)	170 (V)	370 (V)	14 (III)
SUM PAH 16	7076 (IV)	13010 (IV)	5832 (III)	4307 (III)	3448 (III)	2833,9 (III)	8336 (IV)	6195 (IV)	5755 (III)	362,9 (II)

Resultatene viser at for samtlige stasjoner er det verdier for enkeltparametre som overstiger tilstandsklasse III. Stasjon XII som er ment som en referansestasjon og derfor plassert lengst unna verftet, er den stasjonen som har lavest verdier for samtlige parametre. Her er det kun to organiske enkeltforbindelser som blir klassifisert til tilstandsklasse III eller høyere. For de 9 andre stasjonene er det verdier i tilstandsklasse III eller høyere for minst 2 metaller og flere organiske forbindelser.

## 5. Risikovurdering av sedimenter

### 5.1 Risikovurdering Trinn 1

Risikovurdering av sedimenter har som mål å beskrive risikoen for miljøskade eller helseskade som sedimentene utgjør, slik at man kan bedømme om risikoen er akseptabel eller ikke. For å vurdere miljørisiko fra forurensete sedimenter har SFT laget et regneark der en gjør vurderinger trinnvis. Systemet er bygget opp i tre trinn der hvert trinn er mer arbeidskrevende, men gir økt lokal forankring og økt sikkerhet i konklusjonene. Dette skal både forhindre at unødig innsats brukes på områder som utgjør en ubetydelig risiko for miljøet, samtidig som det skal hindre at områder som utgjør en betydelig risiko blir friskmeldt innledningsvis.

Trinn 1 er en forenklet risikovurdering hvor miljøgiftkonsentrasjon og toksisitet av sedimentet sammenlignes med grenseverdier for økologiske effekter ved kontakt med sedimentet. Disse grenseverdiene tilsvarer grensen mellom klasse II og III i systemet for tilstandsklassifisering. Trinn 1 omhandler kun risiko for økologiske effekter, ikke risiko for human helse. Kjemiresultatene fra de 10 sedimentstasjonene fra STX Norway Florø AS er kjørt gjennom SFTs beregningsskjema og resultatene er vist i **Tabell 4**. Dersom et stoff overstiger grenseverdien mellom tilstandsklasse II og III er konsentrasjonen av stoffet i sedimentet så høyt at sedimentets potensielle risiko vurderes som "ikke ubetydelig", og Trinn 2 i risikovurderingen må gjennomføres. **Tabell 4** viser med hvor mange prosent grenseverdien overskrides for både gjennomsnitts- og maksimumsverdier for prøvene. Negative verdier viser hvor mange % under grenseverdien konsentrasjonen av et stoff er.

**Tabell 4.** Målt sedimentkonsentrasjon for alle stasjoner sammenlignet med Trinn 1 grenseverdier (hentet fra regnearket). Positive prosentverdier betyr overskridelse.

Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Trinn 1 grenseverdi (mg/kg)	Målt sedimentkonsentrasjon overskrider trinn 1 grenseverdi med:	
	Antall prøver	C <sub>sed, max</sub> (mg/kg)	C <sub>sed, middel</sub> (mg/kg)		Maks	Middel
Arsen	10	36	20,4	52	-31 %	-61 %
Bly	10	172	98,77	83	107 %	19 %
Kadmium	10	1,6	0,718	2,6	-38 %	-72 %
Kobber	10	1280	357,84	51	2410 %	602 %
Krom totalt (III + VI)	10	430	121,92	560	-23 %	-78 %
Kvikksølv	10	0,96	0,4422	0,63	52 %	-30 %
Nikkel	10	858	215,29	46	1765 %	368 %
Sink	10	1950	604,62	360	442 %	68 %
Naftalen	10	0,044	0,02502	0,29	-85 %	-91 %
Acenaftylene	10	0,064	0,03275	0,033	94 %	-1 %
Acenaften	10	0,23	0,09262	0,16	44 %	-42 %
Fluoren	10	0,13	0,0636	0,26	-50 %	-76 %
Fenantren	10	0,93	0,3809	0,50	86 %	-24 %
Antracen	10	0,18	0,08094	0,031	481 %	161 %
Fluoranten	10	1,8	0,7542	0,17	959 %	344 %
Pyren	10	1,4	0,6079	0,28	400 %	117 %
Benzo(a)antracen	10	1,2	0,5183	0,06	1900 %	764 %
Krysen	10	0,97	0,3939	0,28	246 %	41 %
Benzo(b)fluoranten	10	2,2	0,9778	0,24	817 %	307 %
Benzo(k)fluoranten	10	0,73	0,3303	0,21	248 %	57 %
Benzo(a)pyren	10	1,3	0,5812	0,42	210 %	38 %
Indeno(1,2,3-cd)pyren	10	0,96	0,4563	0,047	1943 %	871 %
Dibenzo(a,h)antracen	10	0,18	0,08015	0,59	-69 %	-86 %
Benzo(ghi)perylene	10	0,7	0,3398	0,021	3233 %	1518 %
PCB 28	10	0,0029	0,000935			
PCB 52	10	0,0049	0,001751			
PCB 101	10	0,015	0,005015			
PCB 118	10	0,0086	0,003575			
PCB 138	10	0,032	0,009505			
PCB 153	4	0,011	0,00995			
PCB 180	10	0,018	0,004984			
Sum PCB7	10	9,24E-02	3,57E-02	0,017	444 %	110 %
Tributyltinn (TBT-ion)	10	5,1	1,2294	0,035	14471 %	3413 %

Overskridelse av grenseverdiene gis både for maksimalverdi (dvs. overskridelse av prøven med høyest konsentrasjon), og som middelværdi av alle prøvene. For metallene bly, kobber, nikkel og sink overskrideres middelværdien av disse metallene grenseverdiene for Trinn 1 med fra 19-602%. For metallene arsen, kadmium og krom overskrideres ikke grenseverdiene for Trinn 1 verken for maks- eller middelværdiene. For kvikksølv overskrideres maksverdien med 52 %, men middelværdien overskrideres ikke.

For 10 av enkeltforbindelsene av PAH overskrider både maksimal- og gjennomsnittsverdiene av prøvene grenseverdiene for Trinn 1. I tillegg overskrideres både maksimal- og gjennomsnittsverdiene av grenseverdiene for PCB<sub>7</sub> og TBT.

Den reviderte risikoveilederen setter følgende krav til friskmelding etter Trinn 1.

1. Ingen gjennomsnittskonsentrasjon skal overskride grenseverdien for Trinn 1, og
2. Ingen enkeltkonsentrasjon skal overskride den høyeste av: 2 x grenseverdien eller klasse III i SFTs klassifiseringsveileder.

Siden krav nr. 1 ikke oppfylles for metallene bly, kobber, nikkel, sink, 10 av PAH-komponentene, PCB<sub>7</sub> og TBT så kan heller ikke sedimentene friskmeldes etter Trinn 1 i den reviderte risikoveilederen. En må derfor også gjennomføre en Trinn 2-vurdering av sedimentene.

Området ved Gaddevågen er en avsnørt del av arealene som grenser til verftsområdet. Vi har derfor valgt å kjøre den videre risikovurderingen for sedimentene ved verftsområdet som 2 separate beregninger, en beregning for arealene i Gaddevågen, og en beregning for arealene i hovedbassenget utenfor Gaddevågen. Dette vil være hensiktsmessig med tanke på eventuelle framtidige tiltak for sedimentene.

Ettersom stasjon XII er tenkt som en referansestasjon og er plassert lengst vekk fra nærområdet til verftet er denne stasjonen utelatt i de videre beregningene. Det vil si at de videre analysene og vurderingene baserer seg på 5 stasjoner i Gaddevågen, og på 4 stasjoner i området utenfor Gaddevågen.



### 5.1.1 Risikovurdering Trinn 1 - Gaddevågen

Resultatene for beregningene kjørt for Gaddevågen alene er gitt i **Tabell 5**.

**Tabell 5.** Målt sedimentkonsentrasjon for Gaddevågen sammenlignet med Trinn 1 grenseverdier (hentet fra regnearket). Positive prosentverdier betyr overskridelse.

Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Trinn 1 grenseverdi (mg/kg)	Målt sedimentkonsentrasjon overskrider trinn 1 grenseverdi med:	
	Antall prøver	C <sub>sed, max</sub> (mg/kg)	C <sub>sed, middel</sub> (mg/kg)		Maks	Middel
Arsen	5	36	21,2	52	-31 %	-59 %
Bly	5	172	110,16	83	107 %	33 %
Kadmium	5	1,6	1	2,6	-38 %	-62 %
Kobber	5	1150	399,6	51	2155 %	684 %
Krom totalt (III + VI)	5	369	130,04	560	-34 %	-77 %
Kvikksølv	5	0,88	0,454	0,63	40 %	-28 %
Nikkel	5	819	235,98	46	1680 %	413 %
Sink	5	1750	699,4	360	386 %	94 %
Naftalen	5	0,042	0,0258	0,29	-86 %	-91 %
Acenaftalen	5	0,064	0,0346	0,033	94 %	5 %
Acenaften	5	0,23	0,1486	0,16	44 %	-7 %
Fluoren	5	0,13	0,095	0,26	-50 %	-63 %
Fenantren	5	0,93	0,462	0,50	86 %	-8 %
Antracen	5	0,18	0,0916	0,031	481 %	195 %
Fluoranten	5	1,8	0,94	0,17	959 %	453 %
Pyren	5	1,4	0,746	0,28	400 %	166 %
Benzo(a)antracen	5	1,2	0,62	0,06	1900 %	933 %
Krysen	5	0,97	0,488	0,28	246 %	74 %
Benzo(b)fluoranten	5	2,2	1,13	0,24	817 %	371 %
Benzo(k)fluoranten	5	0,73	0,378	0,21	248 %	80 %
Benzo(a)pyren	5	1,3	0,654	0,42	210 %	56 %
Indeno(1,2,3-cd)pyren	5	0,96	0,478	0,047	1943 %	917 %
Dibenzo(a,h)antracen	5	0,18	0,089	0,59	-69 %	-85 %
Benzo(ghi)perylene	5	0,7	0,354	0,021	3233 %	1586 %
PCB 28	5	0,0029	0,001444			
PCB 52	5	0,0049	0,002446			
PCB 101	5	0,015	0,00682			
PCB 118	5	0,0086	0,00494			
PCB 138	5	0,032	0,01254			
PCB 153	1	0,0081	0,0081			
PCB 180	5	0,018	0,0064			
Sum PCB7	5	8,95E-02	4,27E-02	0,017	426 %	151 %
Tributyltinn (TBT-ion)	5	5,1	2,246	0,035	14471 %	6317 %

For metallene er det bly, kobber, nikkel og sink som overskrider grenseverdiene. For de organiske forbindelsene er det de tyngre PAH-forbindelsene og spesielt benzo(ghi)perylene som overskrider grenseverdiene. I tillegg overskrider TBT grenseverdien med 6300%. Dette er ikke uvanlig høyt i forhold til beliggenheten nær et verft med mye skipstrafikk, men det er uakseptable verdier.

Resultatene i **Tabell 5** er gitt som gjennomsnittsverdier for de 5 stasjonene. Ved å beregne forholdet mellom maksimalkonsentrasjon og mediankonsentrasjon for de ulike stasjonene vil en faktor på 2 eller høyere kunne indikere en inhomogenitet eller såkalt "hotspot" i undersøkelsesområdet. Dette gir en indikasjon på at enkeltstasjoner kan overskride gjennomsnittsverdiene betydelig. **Tabell 6** viser sedimentkonsentrasjoner og resultatet av beregningene for inhomogenitet i Gaddevågen.

**Tabell 6.** Konsentrasjon av metaller, PAH-forbindelser, PCB og TBT i Gaddevågen. Indeks for ”hotspot” er vist i kolonnen med overskrift: ”Kontroll av homogenitet” (hentet fra regnearket). Celler markert med gult mangler analysert verdi p.g.a feil i analyseprosessen.

Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Kontroll av homogenitet	INPUT: Målt sedimentkonsentrasjon, $C_{sed}$ (mg/kg)				
	Antall prøver	$C_{sed, max}$ (mg/kg)	$C_{sed, middel}$ (mg/kg)	$C_{sed, max} / C_{sed, median}$ (Verdi større enn 2 kan tyde på inhomogenitet/hotspot)	St I	St III	St. IV	St. V	St. VI
Arsen	5	3,60E+01	2,12E+01	1,7	22	36	21	13	14
Bly	5	1,72E+02	1,10E+02	1,5	119	172	66,6	77,2	116
Kadmium	5	1,60E+00	1,00E+00	1,7	1,6	1,1	0,96	0,63	0,71
Kobber	5	1,15E+03	4,00E+02	5,3	202	303	127	216	1150
Krom totalt (III + VI)	5	3,69E+02	1,30E+02	4,7	61,9	85	55,7	78,6	369
Kvikksølv	5	8,80E-01	4,54E-01	2,5	0,88	0,75	0,35	0,2	0,09
Nikkel	5	8,19E+02	2,36E+02	10,5	50,6	77,8	38,5	194	819
Sink	5	1,75E+03	6,99E+02	3,7	477	599	270	401	1750
Naftalen	5	4,20E-02	2,58E-02	2,0	0,042	0,036	0,014	0,021	0,016
Acenaftylene	5	6,40E-02	3,46E-02	1,9	0,034	0,064	0,038	0,022	0,015
Acenaften	5	2,30E-01	1,49E-01	1,6	0,1	0,23	0,073	0,2	0,14
Fluoren	5	1,30E-01	9,50E-02	1,2	0,071	0,13	0,044	0,12	0,11
Fenantren	5	9,30E-01	4,62E-01	2,3	0,4	0,93	0,34	0,4	0,24
Antracene	5	1,80E-01	9,16E-02	2,6	0,09	0,18	0,069	0,065	0,054
Fluoranten	5	1,80E+00	9,40E-01	2,0	0,9	1,8	0,88	0,63	0,49
Pyren	5	1,40E+00	7,46E-01	2,0	0,75	1,4	0,71	0,49	0,38
Benzo(a)antracene	5	1,20E+00	6,20E-01	2,2	0,64	1,2	0,55	0,39	0,32
Krysen	5	9,70E-01	4,88E-01	2,4	0,49	0,97	0,41	0,3	0,27
Benzo(b)fluoranten	5	2,20E+00	1,13E+00	2,2	1,3	2,2	0,98	0,63	0,54
Benzo(k)fluoranten	5	7,30E-01	3,78E-01	2,2	0,44	0,73	0,33	0,21	0,18
Benzo(a)pyren	5	1,30E+00	6,54E-01	2,3	0,72	1,3	0,57	0,37	0,31
Indeno(1,2,3-cd)pyren	5	9,60E-01	4,78E-01	2,3	0,57	0,96	0,42	0,24	0,2
Dibenzo(a,h)antracene	5	1,80E-01	8,90E-02	2,4	0,099	0,18	0,074	0,049	0,043
Benzo(ghi)perylene	5	7,00E-01	3,54E-01	2,1	0,43	0,7	0,33	0,17	0,14
PCB 28	5	2,90E-03	1,44E-03	4,0	0,0029	0,0026	0,00072	0,0005	0,0005
PCB 52	5	4,90E-03	2,45E-03	3,8	0,0049	0,0042	0,0012	0,00063	0,0013
PCB 101	5	1,50E-02	6,82E-03	3,8	0,0086	0,015	0,003	0,0036	0,0039
PCB 118	5	8,60E-03	4,94E-03	3,1	0,0085	0,0086	0,0028	0,0024	0,0024
PCB 138	5	3,20E-02	1,25E-02	4,4	0,012	0,032	0,0046	0,0072	0,0069
PCB 153	1	8,10E-03	8,10E-03	1,0					0,0081
PCB 180	5	1,80E-02	6,40E-03	4,5	0,004	0,018	0,0024	0,0042	0,0034
Tributyltinn (TBT-ion)	5	5,10E+00	2,25E+00	2,8	1,8	5,1	2,5	1,2	0,63

Metallene kobber, krom, nikkel og sink har forhøyet ”hotspotindeks”. Stasjon VI som ligger ved utrustningskaia, hadde de høyeste konsentrasjonene for disse metallene og skiller seg ut. Det er videre også enkeltkongenerer av PCB som gir forhøyet indeks. Her er imidlertid noen enkeltverdier lagt inn med halve deteksjonsgrensen av analysert verdi. På grunn av disse spesielt lave konsentrasjonene oppstår en forhøyet ”hotspotindeks”. For TBT er det ikke stasjon VI som slår ut, men stasjon III. Totalinntrykket er likevel at stasjon VI står fram som mulig hotspot for metaller og at det ikke er noen tydelig hotspot for TBT (homogenitetsfaktor 2,8).

### 5.1.2 Risikovurdering Trinn 1 - hovedbassenget

Resultatene for beregningene kjørt for hovedbassenget alene er gitt i **Tabell 7**.

**Tabell 7.** Målt sedimentkonsentrasjon for hovedbassenget sammenlignet med Trinn 1 grenseverdier (hentet fra regnearket). Positive prosentverdier betyr overskridelse.

Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Trinn 1 grenseverdi (mg/kg)	Målt sedimentkonsentrasjon overskrider trinn 1 grenseverdi med:	
	Antall prøver	C <sub>sed, max</sub> (mg/kg)	C <sub>sed, middel</sub> (mg/kg)		Maks	Middel
Arsen	4	33	23	52	-37 %	-56 %
Bly	4	171	105,225	83	106 %	27 %
Kadmium	4	0,77	0,52	2,6	-70 %	-80 %
Kobber	4	1280	392,525	51	2410 %	670 %
Krom totalt (III + VI)	4	430	138,85	560	-23 %	-75 %
Kvikksølv	4	0,96	0,5235	0,63	52 %	-17 %
Nikkel	4	858	240,975	46	1765 %	424 %
Sink	4	1950	629,8	360	442 %	75 %
Naftalen	4	0,044	0,029725	0,29	-85 %	-90 %
Acenaftylene	4	0,05	0,038	0,033	52 %	15 %
Acenaften	4	0,062	0,04525	0,16	-61 %	-72 %
Fluoren	4	0,056	0,04	0,26	-78 %	-85 %
Fenantren	4	0,56	0,37025	0,50	12 %	-26 %
Antracene	4	0,12	0,087	0,031	287 %	181 %
Fluoranten	4	1	0,7025	0,17	488 %	313 %
Pyren	4	0,83	0,58	0,28	196 %	107 %
Benzo(a)antracene	4	0,73	0,515	0,06	1117 %	758 %
Krysen	4	0,52	0,37	0,28	86 %	32 %
Benzo(b)fluoranten	4	1,5	1,015	0,24	525 %	323 %
Benzo(k)fluoranten	4	0,51	0,3475	0,21	143 %	65 %
Benzo(a)pyren	4	0,89	0,6275	0,42	112 %	49 %
Indeno(1,2,3-cd)pyren	4	0,81	0,53	0,047	1623 %	1028 %
Dibenzo(a,h)antracene	4	0,13	0,08725	0,59	-78 %	-85 %
Benzo(ghi)perylene	4	0,61	0,395	0,021	2805 %	1781 %
PCB 28	4	0,00098	0,0006575			
PCB 52	4	0,0022	0,001125			
PCB 101	4	0,0061	0,00395			
PCB 118	4	0,0033	0,0027			
PCB 138	4	0,01	0,008025			
PCB 153	4	0,011	0,007925			
PCB 180	4	0,0053	0,004325			
Sum PCB7	4	3,89E-02	2,87E-02	0,017	129 %	69 %
Tributyltinn (TBT-ion)	4	0,37	0,2625	0,035	957 %	650 %

For metallene er det bly, kobber, nikkel og sink som overskrider grenseverdiene. For de organiske forbindelsene er det de tyngre PAH-forbindelsene og spesielt benzo(ghi)perylene som overskrider grenseverdiene. TBT overskrider grenseverdien med 650%, noe som er 10 ganger lavere enn verdiene i Gaddevågen, ellers er overskridelsene i samme størrelsesorden som i Gaddevågen.

**Tabell 8.** Konsentrasjon av metaller, PAH-forbindelser, PCB og TBT. Indeks for ”hotspot” er vist i kolonnen med overskrift: ”Kontroll av homogenitet” (hentet fra regnearket). Celle markert med gult mangler verdi p.g.a feil i analysen.

Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Kontroll av homogenitet	INPUT: Målt sedimentkonsentrasjon, C <sub>sed</sub> (mg/kg)			
	Antall prøver	C <sub>sed, max</sub> (mg/kg)	C <sub>sed, middel</sub> (mg/kg)	C <sub>sed, max</sub> / C <sub>sed, median</sub> (Verdi større enn 2 kan tyde på inhomogenitet/hotspot)	St. VII	St. VIII	St. X	St. XI
Arsen	4	3,30E+01	2,30E+01	1,4	13	33	15	31
Bly	4	1,71E+02	1,05E+02	1,7	171	118	46,7	85,2
Kadmium	4	7,70E-01	5,20E-01	1,5	0,71	0,77	0,3	0,3
Kobber	4	1,28E+03	3,93E+02	10,8	1280	128	54,1	108
Krom totalt (III + VI)	4	4,30E+02	1,39E+02	8,7	430	55,3	26	44,1
Kvikksølv	4	9,60E-01	5,24E-01	1,8	0,084	0,96	0,43	0,62
Nikkel	4	8,58E+02	2,41E+02	19,9	858	54,5	19,5	31,9
Sink	4	1,95E+03	6,30E+02	8,3	1950	283	99,2	187
Naftalen	4	4,40E-02	2,97E-02	1,4	0,0099	0,044	0,032	0,033
Acenaftylen	4	5,00E-02	3,80E-02	1,3	0,032	0,05	0,027	0,043
Acenaften	4	6,20E-02	4,53E-02	1,3	0,025	0,061	0,062	0,033
Fluoren	4	5,60E-02	4,00E-02	1,2	0,014	0,056	0,056	0,034
Fenantren	4	5,60E-01	3,70E-01	1,3	0,081	0,5	0,56	0,34
Antracen	4	1,20E-01	8,70E-02	1,4	0,054	0,095	0,12	0,079
Fluoranten	4	1,00E+00	7,03E-01	1,3	0,24	1	0,86	0,71
Pyren	4	8,30E-01	5,80E-01	1,3	0,21	0,83	0,7	0,58
Benzo(a)antracen	4	7,30E-01	5,15E-01	1,3	0,23	0,73	0,58	0,52
Krysen	4	5,20E-01	3,70E-01	1,4	0,21	0,52	0,4	0,35
Benzo(b)fluoranten	4	1,50E+00	1,02E+00	1,5	0,61	1,5	0,95	1
Benzo(k)fluoranten	4	5,10E-01	3,48E-01	1,5	0,2	0,51	0,33	0,35
Benzo(a)pyren	4	8,90E-01	6,28E-01	1,4	0,39	0,89	0,62	0,61
Indeno(1,2,3-cd)pyren	4	8,10E-01	5,30E-01	1,6	0,28	0,81	0,47	0,56
Dibenzo(a,h)antracen	4	1,30E-01	8,73E-02	1,5	0,048	0,13	0,078	0,093
Benzo(ghi)perylen	4	6,10E-01	3,95E-01	1,6	0,2	0,61	0,35	0,42
PCB 28	4	9,80E-04	6,58E-04	1,7	0,0005	0,00098	0,0005	0,00065
PCB 52	4	2,20E-03	1,13E-03	2,6	0,0022	0,00094	0,00077	0,00059
PCB 101	4	6,10E-03	3,95E-03	1,7	0,0061	0,0037	0,0035	0,0025
PCB 118	4	3,30E-03	2,70E-03	1,2	0,0033	0,003	0,0021	0,0024
PCB 138	4	1,00E-02	8,03E-03	1,2	0,01	0,0084	0,008	0,0057
PCB 153	3	1,10E-02	1,06E-02	1,0	0,011	0,0097	0,011	
PCB 180	4	5,30E-03	4,33E-03	1,2	0,0053	0,0047	0,0042	0,0031
Tributyltinn (TBT-ion)	4	3,70E-01	2,63E-01	1,5	0,17	0,34	0,17	0,37

Homogenitetsfaktorene i **Tabell 8** viser at for metallene er det kobber, krom, nikkel og sink som har ”hotspotindeks” betydelig høyere enn 2. Det er stasjon VII som peker seg ut med forhøyete metallverdier. Dette var en stasjon som vi i utgangspunktet trodde kunne være en referansestasjon, men viser seg å ha forhøyede verdier. For de organiske variablene er det ingen som peker seg ut med forhøyet ”hotspotindeks”.

## 5.2 Konklusjon

For begge områdene overskrides grenseverdiene for Trinn 1 både for metaller og organiske forbindelser og en Trinn 2-risikovurdering i risikoveilederen må gjennomføres.

Det bør nevnes noe om hvordan man følger opp Hotspot-indikasjonene, dvs om man bør gjøre en avgrensning av disse eller ikke. For Gaddevågen ligger hotspot-stasjon IV litt alene, så en vet egentlig ikke om situasjonen her er typisk for hele området langs hovedkaia. Dette kunne det være aktuelt å se på i et trinn 3.

## 6. Risikovurdering Trinn 2

### 6.1 Lokal informasjon

For Trinn 2 av risikovurderingen ble analyseresultater og andre aktuelle konstanter og parameterverdier lagt inn i Excel-regnearket utarbeidet av SFT. Forventet fluks av de ulike miljøgiftene til overliggende vann via diffusjon/bioturbasjon, oppvirvling fra skipstrafikk og transport gjennom næringskjeden er estimert og sammenliknet med grenseverdier for økologiske effekter i vannmassene og grenseverdier for human helse gjennom konsum av fisk og skalldyr, samt kroppskontakt med vann og sedimenter.

En Trinn 2 risikovurdering ble gjennomført på basis av alle tilgjengelige sedimentresultater. Det ble ikke gjennomført en helsedimenttest på giftighet overfor fjæremarken (*Arenicola marina*), eller en DR-CALUX-test for giftighet overfor dioksiner og dioksinlignende stoffer, ettersom resultatene medfører at sedimentene ikke tilfredsstiller kravene til Trinn 2 på grunnlag av de allerede gjennomførte kjemiske analysene.

### 6.2 Risikovurdering Trinn 2 - sedimenter

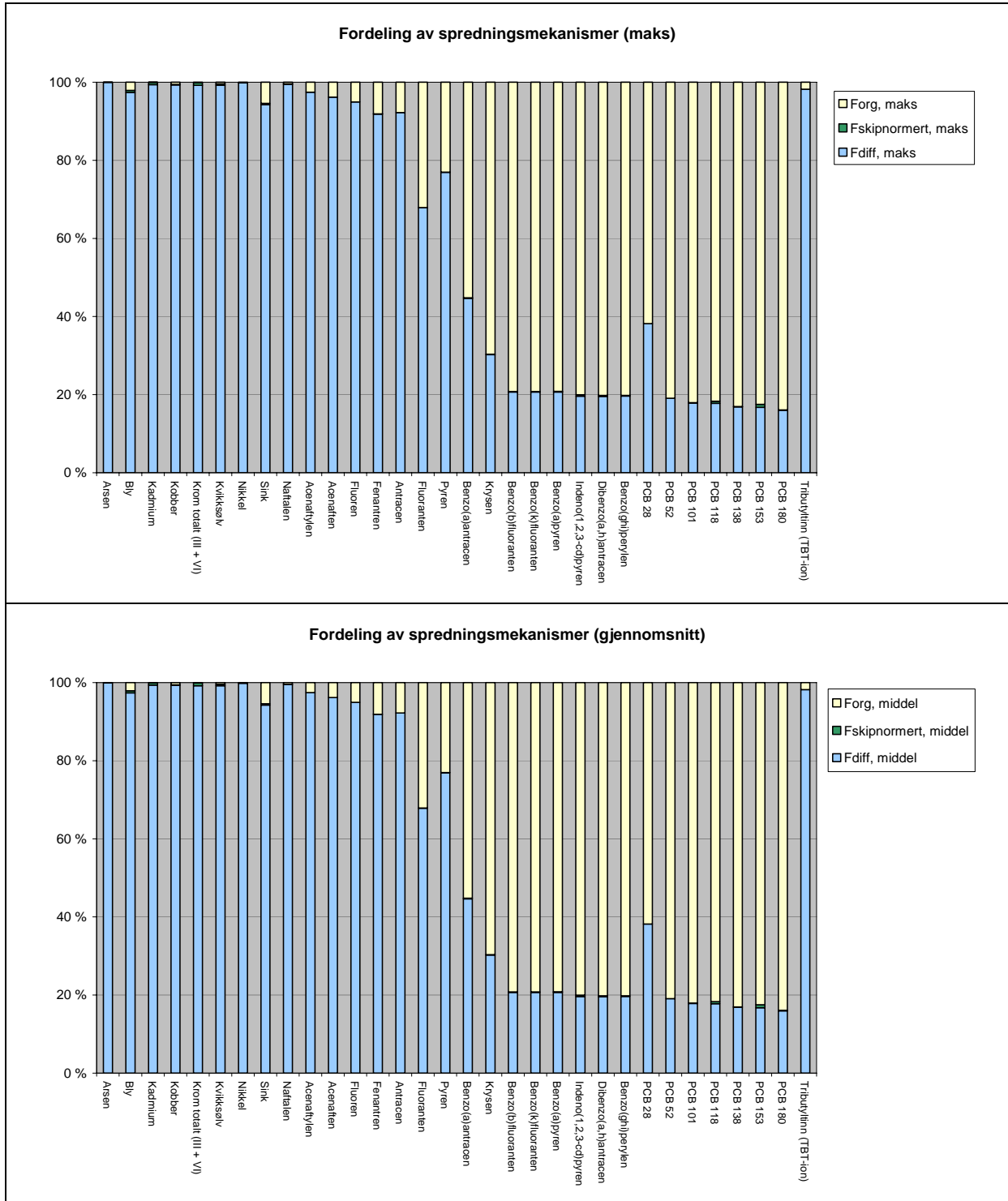
#### 6.2.1 Risiko for spredning fra sedimentet i Gaddevågen

Beregnet spredning av metaller, PAH, PCB og TBT ut fra sedimentet som følge av diffusjon, oppvirvling og transport via organismer er vist i **Tabell 9**. Det blir lagt mest vekt på overskridelser av middelverdiene fordi det er områdets samlede risiko som vurderes og ikke bare risiko fra ett enkelt punkt.

**Tabell 9.** Beregnet spredning av metaller, PAH-forbindelser, PCB og TBT (hentet fra regnearket). Tabellen viser spredning i mg/m<sup>2</sup> og år ut fra den høyeste sedimentkonsentrasjonen (maksimal spredning) og på basis av et gjennomsnitt (middels spredning) for alle sedimentprøvene i Gaddevågen.

Stoff	Beregnet maksimal spredning				Beregnet middel spredning			
	F <sub>tot, maks</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]	F <sub>diff, maks</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]	F <sub>skipnormert, maks</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]	F <sub>org, maks</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]	F <sub>tot, middel</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]	F <sub>diff, middel</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]	F <sub>skipnormert, middel</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]	F <sub>org, middel</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]
Arsen	3,63E+01	3,63E+01	9,15E-03	8,17E-03	2,14E+01	2,14E+01	5,39E-03	4,81E-03
Bly	7,94E+00	7,73E+00	4,25E-02	1,67E-01	5,08E+00	4,95E+00	2,72E-02	1,07E-01
Kadmium	6,56E-02	6,52E-02	3,95E-04	3,69E-05	4,10E-02	4,07E-02	2,47E-04	2,31E-05
Kobber	2,49E+02	2,48E+02	2,86E-01	1,41E+00	8,67E+01	8,61E+01	9,93E-02	4,91E-01
Krom totalt (III + VI)	1,36E+01	1,35E+01	9,11E-02	1,85E-02	4,79E+00	4,75E+00	3,21E-02	6,50E-03
Kvikksølv	5,75E-02	5,70E-02	2,17E-04	2,64E-04	2,97E-02	2,94E-02	1,12E-04	1,36E-04
Nikkel	5,64E+02	5,63E+02	2,08E-01	6,94E-01	1,63E+02	1,62E+02	5,98E-02	2,00E-01
Sink	1,32E+02	1,24E+02	4,33E-01	7,19E+00	5,26E+01	4,96E+01	1,73E-01	2,87E+00
Naftalen	1,79E+00	1,78E+00	2,42E-05	8,41E-03	1,10E+00	1,09E+00	1,49E-05	5,17E-03
Acenaftylene	1,24E+00	1,21E+00	2,63E-05	3,22E-02	6,73E-01	6,55E-01	1,42E-05	1,74E-02
Acenaften	1,87E+00	1,79E+00	7,26E-05	7,17E-02	1,21E+00	1,16E+00	4,69E-05	4,63E-02
Fluoren	6,16E-01	5,84E-01	3,75E-05	3,12E-02	4,50E-01	4,27E-01	2,74E-05	2,28E-02
Fenantren	1,93E+00	1,77E+00	2,47E-04	1,56E-01	9,58E-01	8,80E-01	1,23E-04	7,77E-02
Antracen	3,02E-01	2,78E-01	4,71E-05	2,35E-02	1,54E-01	1,42E-01	2,40E-05	1,19E-02
Fluoranten	7,31E-01	4,96E-01	4,49E-04	2,35E-01	3,82E-01	2,59E-01	2,35E-04	1,23E-01
Pyren	1,23E+00	9,47E-01	3,55E-04	2,84E-01	6,56E-01	5,04E-01	1,89E-04	1,51E-01
Benzo(a)antracen	1,96E-01	8,75E-02	2,97E-04	1,08E-01	1,01E-01	4,52E-02	1,53E-04	5,59E-02
Krysen	2,95E-01	8,91E-02	2,40E-04	2,05E-01	1,48E-01	4,48E-02	1,21E-04	1,03E-01
Benzo(b)fluoranten	4,46E-01	9,22E-02	5,44E-04	3,53E-01	2,29E-01	4,74E-02	2,79E-04	1,81E-01
Benzo(k)fluoranten	1,51E-01	3,13E-02	1,80E-04	1,20E-01	7,84E-02	1,62E-02	9,34E-05	6,21E-02
Benzo(a)pyren	2,57E-01	5,32E-02	3,21E-04	2,04E-01	1,30E-01	2,68E-02	1,62E-04	1,03E-01
Indeno(1,2,3-cd)pyren	6,67E-02	1,31E-02	2,37E-04	5,34E-02	3,32E-02	6,52E-03	1,18E-04	2,66E-02
Dibenzo(a,h)antracen	1,50E-02	2,93E-03	4,44E-05	1,20E-02	7,43E-03	1,45E-03	2,20E-05	5,95E-03
Benzo(ghi)perylene	1,11E-01	2,19E-02	1,73E-04	8,92E-02	5,63E-02	1,11E-02	8,74E-05	4,51E-02
PCB 28	6,27E-03	2,39E-03	7,46E-07	3,87E-03	3,12E-03	1,19E-03	3,71E-07	1,93E-03
PCB 52	1,58E-02	3,01E-03	1,25E-06	1,28E-02	7,87E-03	1,50E-03	6,24E-07	6,37E-03
PCB 101	7,03E-03	1,26E-03	3,72E-06	5,77E-03	3,20E-03	5,71E-04	1,69E-06	2,63E-03
PCB 118	4,05E-04	7,20E-05	2,12E-06	3,31E-04	2,33E-04	4,14E-05	1,22E-06	1,90E-04
PCB 138	9,80E-03	1,65E-03	7,92E-06	8,14E-03	3,84E-03	6,47E-04	3,10E-06	3,19E-03
PCB 153	2,50E-04	4,18E-05	2,00E-06	2,06E-04	2,50E-04	4,18E-05	2,00E-06	2,06E-04
PCB 180	2,86E-03	4,56E-04	4,45E-06	2,40E-03	1,02E-03	1,62E-04	1,58E-06	8,54E-04
Tributyltinn (TBT-ion)	1,46E+02	1,43E+02	3,25E-03	2,64E+00	6,42E+01	6,30E+01	1,43E-03	1,16E+00

Den prosentvise betydingen av de ulike spredningsveiene er vist i **Figur 6**.



**Figur 6.** Spredning av metaller, PAH-forbindelser, PCB og TBT vist som %-fordeling på de ulike spredningsveiene (hentet fra regnearket). Tabellen viser % spredning ut fra den høyeste sedimentkonsentrasjonen (maksnivå) og på basis av et gjennomsnitt (middelnivå) for sedimentprøvene fra Gaddevågen.

Resultatene fra **Tabell 9** og **Figur 6** viser at de viktigste spredningsveiene varierer for de ulike forbindelsene. For metallene, tributyltinn og PAH-forbindelsene med lavest molekylvekt (naftalen til pyren) er det diffusjon fra sedimentene som er viktigste spredningsvei. Spredning via organismer er viktigste spredningsvei for PAH-forbindelsene med høyere molekylvekt (benzo(a)anthracen-benzo(ghi)perylene) og for PCB. Oppvirvling fra skipstrafikk ( $F_{\text{skipnormert, middel}}$ ) er neglisjerbart og ligger under 1% for alle parametre.

Risikoveilederen angir ikke noen allmenne akseptgrenser for spredning alene, og vi kjenner ikke til at det finnes lokale akseptgrenser for spredning. Verdiene i **Tabell 10** viser hvor mange ganger totalspredningen fra sedimentene overskrider spredningen fra et referansesediment som akkurat tilfredsstillende grenseverdiene i Trinn 1 (dvs. som har en akseptabel økologisk risiko).



**Tabell 10.** Beregnet spredning sammenlignet med ”tillatt spredning” (hentet fra regnearket). Tabellen viser overskridelse på basis av den høyeste sedimentkonsentrasjonen (maks) og på basis av et gjennomsnitt for alle sedimentprøvene (middel).

Stoff	Beregnet spredning		Spredning dersom $C_{sed}$ er lik grenseverdi for trinn 1 (mg/m <sup>2</sup> /år)	F <sub>tot</sub> overskrider tillatt spredning med:	
	F <sub>tot, maks</sub> (mg/m <sup>2</sup> /år)	F <sub>tot, middel</sub> (mg/m <sup>2</sup> /år)		Maks	Middel
Arsen	3,63E+01	2,14E+01	5,25E+01	-31 %	-59 %
Bly	7,94E+00	5,08E+00	3,83E+00	107 %	33 %
Kadmium	6,56E-02	4,10E-02	1,07E-01	-38 %	-62 %
Kobber	2,49E+02	8,67E+01	1,11E+01	2155 %	684 %
Krom totalt (III + VI)	1,36E+01	4,79E+00	2,06E+01	-34 %	-77 %
Kvikksølv	5,75E-02	2,97E-02	4,12E-02	40 %	-28 %
Nikkel	5,64E+02	1,63E+02	3,17E+01	1680 %	413 %
Sink	1,32E+02	5,26E+01	2,71E+01	386 %	94 %
Naftalen	1,79E+00	1,10E+00	1,42E+02	-99 %	-99 %
Acenaftylen	1,24E+00	6,73E-01	7,38E+00	-83 %	-91 %
Acenaften	1,87E+00	1,21E+00	1,49E+01	-87 %	-92 %
Fluoren	6,16E-01	4,50E-01	1,42E+01	-96 %	-97 %
Fenantren	1,93E+00	9,58E-01	1,19E+01	-84 %	-92 %
Antracen	3,02E-01	1,54E-01	5,98E-01	-50 %	-74 %
Fluoranten	7,31E-01	3,82E-01	7,94E-01	-8 %	-52 %
Pyren	1,23E+00	6,56E-01	2,83E+00	-57 %	-77 %
Benzo(a)antracen	1,96E-01	1,01E-01	1,13E-01	74 %	-10 %
Krysen	2,95E-01	1,48E-01	9,77E-01	-70 %	-85 %
Benzo(b)fluoranten	4,46E-01	2,29E-01	5,59E-01	-20 %	-59 %
Benzo(k)fluoranten	1,51E-01	7,84E-02	5,00E-01	-70 %	-84 %
Benzo(a)pyren	2,57E-01	1,30E-01	9,55E-01	-73 %	-86 %
Indeno(1,2,3-cd)pyren	6,67E-02	3,32E-02	3,75E-02	78 %	-11 %
Dibenzo(a,h)antracen	1,50E-02	7,43E-03	5,65E-01	-97 %	-99 %
Benzo(ghi)perylene	1,11E-01	5,63E-02	3,83E-02	190 %	47 %
PCB 28	6,27E-03	3,12E-03			
PCB 52	1,58E-02	7,87E-03			
PCB 101	7,03E-03	3,20E-03			
PCB 118	4,05E-04	2,33E-04			
PCB 138	9,80E-03	3,84E-03			
PCB 153	2,50E-04	2,50E-04			
PCB 180	2,86E-03	1,02E-03			
Sum PCB7	4,24E-02	1,95E-02			
Tributyltinn (TBT-ion)	1,46E+02	6,42E+01	1,15E+01	1167 %	458 %

Middelnivåene overskrider spredningen fra referansesedimentet for 4 av metallene (Pb, Cu, Ni og Zn), 1 av PAH-komponentene (benzo(ghi)perylene) og TBT.

Som en kontroll på at spredningsberegningene er realistiske, har regnearket en rutine som beregner hvor lang tid det vil ta å tømme sedimentet for miljøgifter med den beregnede spredningen. Hvis denne tiden er kort for et stoff betyr det at utlekkingen er så stor at sedimentene allerede burde ha vært tømt for stoffet. Siden stoffet finnes betyr det at beregningene overestimerer risikoen (gir for høy utlekking) eller at tilførselen til sedimentene også er betydelig. Det finnes sjelden data for å kunne sondre mellom disse årsakene. Beregnet tid for å tømme sedimentet for miljøgifter er vist i **Tabell 11**.

**Tabell 11.** Beregnet tid for å tømme sedimentet for de ulike forbindelsene (hentet fra regnearket). Tabellen viser tømmetid ut fra den høyeste sedimentkonsentrasjonen (maks) og på basis av et gjennomsnitt (middel) for sedimentprøvene fra Gaddevågen.

Stoff	F <sub>tot</sub>		Tiden det tar å tømme sedimentet for gitt stoff, t <sub>tom</sub> (år)	
	F <sub>tot, maks</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]	F <sub>tot, middel</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]	Max	Middel
Arsen	3,63E+01	2,14E+01	45,1	45,1
Bly	7,94E+00	5,08E+00	986,1	986,1
Kadmium	6,56E-02	4,10E-02	1109,9	1109,9
Kobber	2,49E+02	8,67E+01	209,8	209,8
Krom totalt (III + VI)	1,36E+01	4,79E+00	1236,2	1236,2
Kvikksølv	5,75E-02	2,97E-02	696,3	696,3
Nikkel	5,64E+02	1,63E+02	66,1	66,1
Sink	1,32E+02	5,26E+01	604,5	604,5
Naftalen	1,79E+00	1,10E+00	1,1	1,1
Acenaftylen	1,24E+00	6,73E-01	2,3	2,3
Acenaften	1,87E+00	1,21E+00	5,6	5,6
Fluoren	6,16E-01	4,50E-01	9,6	9,6
Fenantren	1,93E+00	9,58E-01	22,0	22,0
Antracen	3,02E-01	1,54E-01	27,1	27,1
Fluoranten	7,31E-01	3,82E-01	112,0	112,0
Pyren	1,23E+00	6,56E-01	51,8	51,8
Benzo(a)antracen	1,96E-01	1,01E-01	278,4	278,4
Krysen	2,95E-01	1,48E-01	149,9	149,9
Benzo(b)fluoranten	4,46E-01	2,29E-01	224,5	224,5
Benzo(k)fluoranten	1,51E-01	7,84E-02	219,4	219,4
Benzo(a)pyren	2,57E-01	1,30E-01	229,8	229,8
Indeno(1,2,3-cd)pyren	6,67E-02	3,32E-02	654,5	654,5
Dibenzo(a,h)antracen	1,50E-02	7,43E-03	545,4	545,4
Benzo(ghi)perylene	1,11E-01	5,63E-02	286,3	286,3
PCB 28	6,27E-03	3,12E-03	21,1	21,1
PCB 52	1,58E-02	7,87E-03	14,1	14,1
PCB 101	7,03E-03	3,20E-03	97,0	97,0
PCB 118	4,05E-04	2,33E-04	965,8	965,8
PCB 138	9,80E-03	3,84E-03	148,6	148,6
PCB 153	2,50E-04	2,50E-04	1475,6	1475,6
PCB 180	2,86E-03	1,02E-03	286,0	286,0
Tributyltinn (TBT-ion)	1,46E+02	6,42E+01	1,6	1,6

For stoffene TBT, naftalen og acenaftylen er beregnet tid for å tømme sedimentene 2,3 år eller mindre noe som tyder på en overestimering av utlekking av disse stoffene, eller at det er stadige tilførsler fra kilder.

## 6.2.2 Risiko for spredning fra sedimentet i hovedbassenget

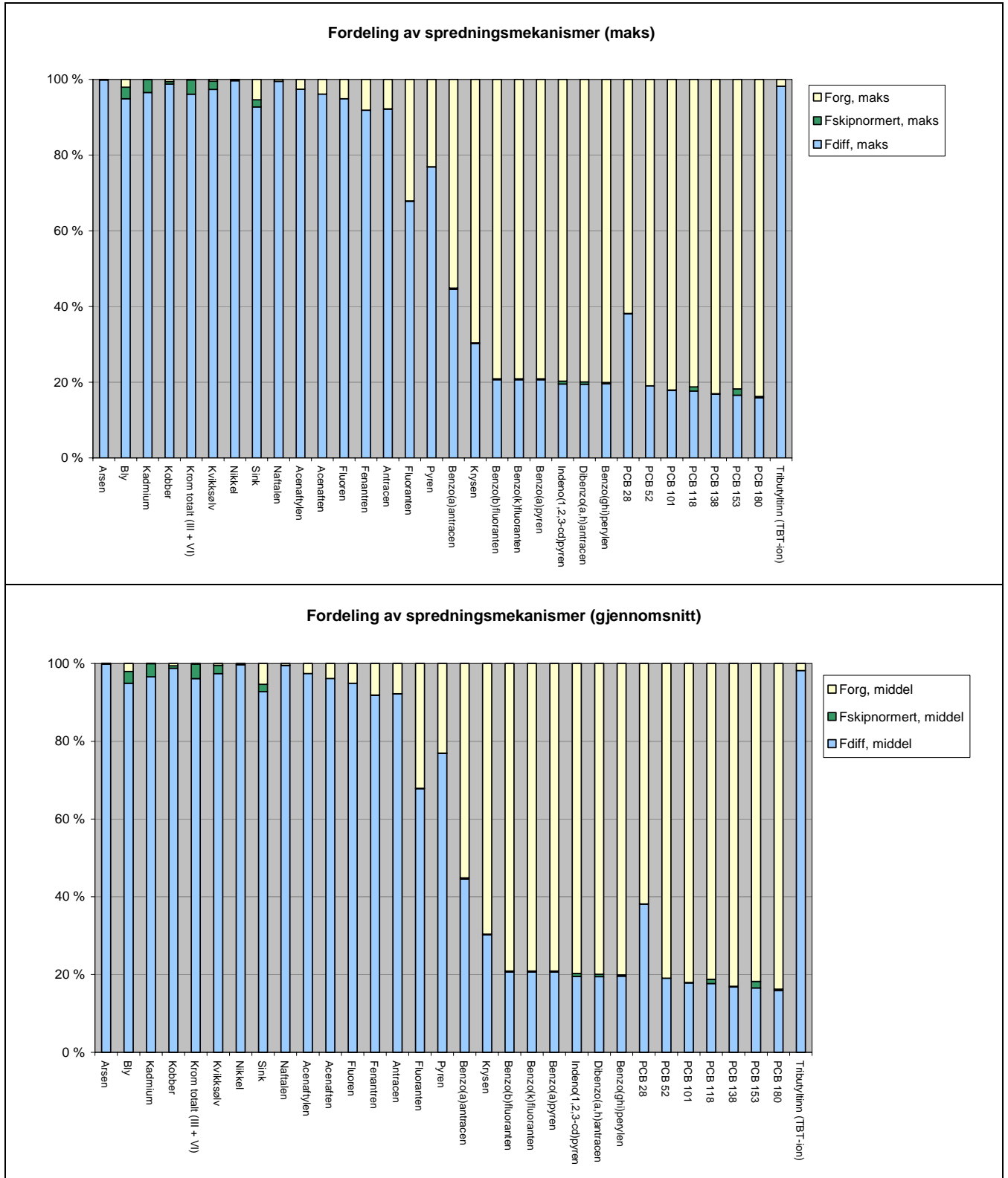
Beregnet spredning av metaller, PAH, PCB og TBT ut fra sedimentet som følge av diffusjon, oppvirvling og transport via organismer er vist i **Tabell 12**.

**Tabell 12.** Beregnet spredning av metaller, PAH-forbindelser, PCB og TBT (hentet fra regnearket). Tabellen viser spredning i  $\text{mg}/\text{m}^2$  og år ut fra den høyeste sedimentkonsentrasjonen (maksimal spredning) og på basis av et gjennomsnitt (middels spredning) for alle sedimentprøvene i hovedbassenget.

Stoff	Beregnet maksimal spredning				Beregnet middel spredning			
	$F_{\text{tot, maks}}$ [ $\text{mg}/\text{m}^2/\text{år}$ ]	$F_{\text{diff, maks}}$ [ $\text{mg}/\text{m}^2/\text{år}$ ]	$F_{\text{skipnormert, maks}}$ [ $\text{mg}/\text{m}^2/\text{år}$ ]	$F_{\text{org, maks}}$ [ $\text{mg}/\text{m}^2/\text{år}$ ]	$F_{\text{tot, middel}}$ [ $\text{mg}/\text{m}^2/\text{år}$ ]	$F_{\text{diff, middel}}$ [ $\text{mg}/\text{m}^2/\text{år}$ ]	$F_{\text{skipnormert, middel}}$ [ $\text{mg}/\text{m}^2/\text{år}$ ]	$F_{\text{org, middel}}$ [ $\text{mg}/\text{m}^2/\text{år}$ ]
Arsen	3,33E+01	3,33E+01	4,86E-02	7,49E-03	2,32E+01	2,32E+01	3,39E-02	5,22E-03
Bly	8,09E+00	7,68E+00	2,45E-01	1,66E-01	4,98E+00	4,73E+00	1,51E-01	1,02E-01
Kadmium	3,25E-02	3,14E-02	1,10E-03	1,78E-05	2,19E-02	2,12E-02	7,44E-04	1,20E-05
Kobber	2,79E+02	2,76E+02	1,84E+00	1,57E+00	8,56E+01	8,45E+01	5,65E-01	4,82E-01
Krom totalt (III + VI)	1,63E+01	1,57E+01	6,15E-01	2,15E-02	5,28E+00	5,07E+00	1,99E-01	6,94E-03
Kvikksølv	6,39E-02	6,22E-02	1,37E-03	2,88E-04	3,48E-02	3,39E-02	7,49E-04	1,57E-04
Nikkel	5,92E+02	5,90E+02	1,26E+00	7,27E-01	1,66E+02	1,66E+02	3,54E-01	2,04E-01
Sink	1,49E+02	1,38E+02	2,79E+00	8,01E+00	4,82E+01	4,47E+01	9,02E-01	2,59E+00
Naftalen	5,13E+00	5,11E+00	2,93E-04	2,41E-02	3,47E+00	3,45E+00	1,98E-04	1,63E-02
Acenaftalen	2,66E+00	2,59E+00	2,02E-04	6,88E-02	2,02E+00	1,97E+00	1,54E-04	5,23E-02
Acenaften	1,38E+00	1,32E+00	1,57E-04	5,29E-02	1,00E+00	9,66E-01	1,14E-04	3,86E-02
Fluoren	7,26E-01	6,89E-01	1,17E-04	3,68E-02	5,19E-01	4,92E-01	8,38E-05	2,63E-02
Fenantren	3,18E+00	2,92E+00	9,66E-04	2,58E-01	2,10E+00	1,93E+00	6,39E-04	1,70E-01
Antracen	5,51E-01	5,08E-01	2,00E-04	4,28E-02	4,00E-01	3,68E-01	1,45E-04	3,10E-02
Fluoranten	1,11E+00	7,55E-01	1,48E-03	3,57E-01	7,82E-01	5,30E-01	1,04E-03	2,51E-01
Pyren	2,00E+00	1,54E+00	1,28E-03	4,61E-01	1,40E+00	1,07E+00	8,96E-04	3,22E-01
Benzo(a)antracen	3,27E-01	1,46E-01	1,05E-03	1,80E-01	2,31E-01	1,03E-01	7,43E-04	1,27E-01
Krysen	4,33E-01	1,31E-01	7,52E-04	3,01E-01	3,08E-01	9,30E-02	5,35E-04	2,14E-01
Benzo(b)fluoranten	8,33E-01	1,72E-01	2,16E-03	6,59E-01	5,64E-01	1,16E-01	1,46E-03	4,46E-01
Benzo(k)fluoranten	2,90E-01	5,99E-02	7,33E-04	2,29E-01	1,98E-01	4,08E-02	4,99E-04	1,56E-01
Benzo(a)pyren	4,83E-01	9,98E-02	1,28E-03	3,82E-01	3,41E-01	7,04E-02	9,02E-04	2,69E-01
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1,55E-01	3,02E-02	1,16E-03	1,23E-01	1,01E-01	1,98E-02	7,59E-04	8,07E-02
Dibenzo(a,h)antracen	2,98E-02	5,80E-03	1,86E-04	2,38E-02	2,00E-02	3,89E-03	1,25E-04	1,60E-02
Benzo(ghi)perylene	2,66E-01	5,22E-02	8,75E-04	2,13E-01	1,72E-01	3,38E-02	5,67E-04	1,38E-01
PCB 28	5,80E-03	2,21E-03	1,56E-06	3,58E-03	3,89E-03	1,48E-03	1,05E-06	2,41E-03
PCB 52	1,94E-02	3,70E-03	3,44E-06	1,57E-02	9,91E-03	1,89E-03	1,76E-06	8,02E-03
PCB 101	7,84E-03	1,40E-03	8,84E-06	6,43E-03	5,08E-03	9,06E-04	5,72E-06	4,16E-03
PCB 118	4,28E-04	7,56E-05	4,72E-06	3,48E-04	3,50E-04	6,19E-05	3,86E-06	2,85E-04
PCB 138	8,39E-03	1,41E-03	1,44E-05	6,96E-03	6,73E-03	1,13E-03	1,16E-05	5,59E-03
PCB 153	9,37E-04	1,55E-04	1,57E-05	7,66E-04	9,00E-04	1,49E-04	1,51E-05	7,36E-04
PCB 180	2,31E-03	3,68E-04	7,61E-06	1,94E-03	1,89E-03	3,00E-04	6,21E-06	1,58E-03
Tributyltinn (TBT-ion)	2,90E+01	2,84E+01	2,82E-03	5,24E-01	2,05E+01	2,02E+01	2,00E-03	3,72E-01

Den prosentvise betydningen av de ulike spredningsveiene er vist i **Figur 7**.

Verdiene i **Tabell 12** og **Figur 7** viser at de viktigste spredningsveiene varierer for de ulike forbindelsene. For metallene, tributyltinn og PAH-forbindelsene med lavest molekylvekt (naftalen til pyren) er det diffusjon fra sedimentene som er viktigste spredningsvei. Spredning via organismer er viktigste spredningsvei for PAH-forbindelsene med høyere molekylvekt (benzo(a)anthracen-benzo(ghi)perylene) og for PCB. Oppvirvling fra skipstrafikk ( $F_{\text{skipnormert, middel}}$ ) er svært lavt og ligger under 4% for alle parametre. Dette er i stor grad det samme spredningsmønsteret som for Gaddevågen.



**Figur 7.** Spredning av metaller, PAH-forbindelser, PCB og TBT vist som %-fordeling på de ulike spredningsveiene (hentet fra regnearket). Tabellen viser % spredning beregnet ut fra enkeltstasjonen med høyest sediment-konsentrasjonen (maksnivå) og på basis av et gjennomsnitt (middelnivå) for alle sedimentprøvene fra hovedbassenget.

**Tabell 13.** Beregnet spredning sammenlignet med "tillatt spredning" (hentet fra regnearket). Tabellen viser overskridelse på basis av den høyeste sedimentkonsentrasjonen (maks) og på basis av et gjennomsnitt for alle sedimentprøvene fra hovedbassenget.

Stoff	Beregnet spredning		Spredning dersom $C_{sed}$ er lik grenseverdi for trinn 1 (mg/m <sup>2</sup> /år)	F <sub>tot</sub> overskrider tillatt spredning med:	
	F <sub>tot, maks</sub> (mg/m <sup>2</sup> /år)	F <sub>tot, middel</sub> (mg/m <sup>2</sup> /år)		Maks	Middel
Arsen	3,33E+01	2,32E+01	5,25E+01	-37 %	-56 %
Bly	8,09E+00	4,98E+00	3,93E+00	106 %	27 %
Kadmium	3,25E-02	2,19E-02	1,10E-01	-70 %	-80 %
Kobber	2,79E+02	8,56E+01	1,11E+01	2410 %	670 %
Krom totalt (III + VI)	1,63E+01	5,28E+00	2,13E+01	-23 %	-75 %
Kvikksølv	6,39E-02	3,48E-02	4,19E-02	52 %	-17 %
Nikkel	5,92E+02	1,66E+02	3,17E+01	1765 %	424 %
Sink	1,49E+02	4,82E+01	2,75E+01	442 %	75 %
Naftalen	5,13E+00	3,47E+00	1,42E+02	-96 %	-98 %
Acenaftylen	2,66E+00	2,02E+00	7,38E+00	-64 %	-73 %
Acenaften	1,38E+00	1,00E+00	1,49E+01	-91 %	-93 %
Fluoren	7,26E-01	5,19E-01	1,42E+01	-95 %	-96 %
Fenantren	3,18E+00	2,10E+00	1,19E+01	-73 %	-82 %
Antracen	5,51E-01	4,00E-01	5,98E-01	-8 %	-33 %
Fluoranten	1,11E+00	7,82E-01	7,94E-01	40 %	-2 %
Pyren	2,00E+00	1,40E+00	2,83E+00	-29 %	-51 %
Benzo(a)antracen	3,27E-01	2,31E-01	1,13E-01	190 %	105 %
Krysen	4,33E-01	3,08E-01	9,77E-01	-56 %	-68 %
Benzo(b)fluoranten	8,33E-01	5,64E-01	5,59E-01	49 %	1 %
Benzo(k)fluoranten	2,90E-01	1,98E-01	5,00E-01	-42 %	-61 %
Benzo(a)pyren	4,83E-01	3,41E-01	9,56E-01	-49 %	-64 %
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1,55E-01	1,01E-01	3,75E-02	313 %	170 %
Dibenzo(a,h)antracen	2,98E-02	2,00E-02	5,65E-01	-95 %	-96 %
Benzo(ghi)perylene	2,66E-01	1,72E-01	3,84E-02	593 %	349 %
PCB 28	5,80E-03	3,89E-03			
PCB 52	1,94E-02	9,91E-03			
PCB 101	7,84E-03	5,08E-03			
PCB 118	4,28E-04	3,50E-04			
PCB 138	8,39E-03	6,73E-03			
PCB 153	9,37E-04	9,00E-04			
PCB 180	2,31E-03	1,89E-03			
Sum PCB7	4,51E-02	2,87E-02			
Tributyltinn (TBT-ion)	2,90E+01	2,05E+01	1,15E+01	152 %	79 %

Verdiene i **Tabell 13** viser hvor mange ganger totalspredningen fra sedimentene overskrider spredningen fra et referansesediment som akkurat tilfredsstillter grenseverdiene i Trinn 1 (dvs. som har en akseptabel økologisk risiko). Kobber, nikkel, og PAH-forbindelsene benzo(a)antracen, indeno(123-cd)pyren og benzo(ghi)perylene viser betydelig høyere gjennomsnittsspredning enn et referansesediment. Middelnivåene overskrider spredningen fra referansesedimentet for 4 av metallene (Pb, Cu, Ni og Zn), 4 av PAH-komponentene og TBT.

Beregnet tid for å tømme sedimentet for miljøgifter er vist i **Tabell 14**.

**Tabell 14.** Beregnet tid for å tømme sedimentet for de ulike forbindelsene (hentet fra regnearket). Tabellen viser tømmetid ut fra den høyeste sedimentkonsentrasjonen (maks) og på basis av et gjennomsnitt (middel) for sedimentprøvene fra hovedbassenget.

Stoff	et maksimal spr	et middel spr	Tiden det tar å tømme sedimentet for gitt stoff, $t_{tom}$ (år)	
	$F_{tot, maks}$ [mg/m <sup>2</sup> /år]	$F_{tot, middel}$ [mg/m <sup>2</sup> /år]	Max	Middel
Arsen	3,33E+01	2,32E+01	45,0	45,0
Bly	8,09E+00	4,98E+00	961,4	961,4
Kadmium	3,25E-02	2,19E-02	1078,7	1078,7
Kobber	2,79E+02	8,56E+01	208,7	208,7
Krom totalt (III + VI)	1,63E+01	5,28E+00	1197,6	1197,6
Kvikksølv	6,39E-02	3,48E-02	683,9	683,9
Nikkel	5,92E+02	1,66E+02	66,0	66,0
Sink	1,49E+02	4,82E+01	595,1	595,1
Naftalen	5,13E+00	3,47E+00	0,4	0,4
Acenaftalen	2,66E+00	2,02E+00	0,9	0,9
Acenaften	1,38E+00	1,00E+00	2,0	2,0
Fluoren	7,26E-01	5,19E-01	3,5	3,5
Fenantren	3,18E+00	2,10E+00	8,0	8,0
Antracen	5,51E-01	4,00E-01	9,9	9,9
Fluoranten	1,11E+00	7,82E-01	40,9	40,9
Pyren	2,00E+00	1,40E+00	18,9	18,9
Benzo(a)antracen	3,27E-01	2,31E-01	101,5	101,5
Krysen	4,33E-01	3,08E-01	54,7	54,7
Benzo(b)fluoranten	8,33E-01	5,64E-01	81,9	81,9
Benzo(k)fluoranten	2,90E-01	1,98E-01	80,0	80,0
Benzo(a)pyren	4,83E-01	3,41E-01	83,8	83,8
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1,55E-01	1,01E-01	238,1	238,1
Dibenzo(a,h)antracen	2,98E-02	2,00E-02	198,5	198,5
Benzo(ghi)perylene	2,66E-01	1,72E-01	104,4	104,4
PCB 28	5,80E-03	3,89E-03	7,7	7,7
PCB 52	1,94E-02	9,91E-03	5,2	5,2
PCB 101	7,84E-03	5,08E-03	35,4	35,4
PCB 118	4,28E-04	3,50E-04	350,7	350,7
PCB 138	8,39E-03	6,73E-03	54,2	54,2
PCB 153	9,37E-04	9,00E-04	534,1	534,1
PCB 180	2,31E-03	1,89E-03	104,3	104,3
Tributyltinn (TBT-ion)	2,90E+01	2,05E+01	0,6	0,6

For stoffene TBT, fluoren, naftalen, acenaften og acenaftalen er beregnet tid for å tømme sedimentene 3,5 år eller mindre, noe som tyder på en overestimering av utlekking av disse stoffene, eller at det er stadig tilførsler fra kilder.

### **6.3 Risiko for skade på human helse**

For å kunne vurdere human eksponering for de ulike miljøgifter i sedimentet blir det beregnet en total livstidsdose (som mg pr. kg kroppsvekt pr. dag gjennom hele livsløpet) basert på transport fra sedimentet til mennesker. Hovedveien er transport gjennom næringskjeden til fisk og skalldyr, men andre sannsynlige kontaktveier er også inkludert. Denne livstidsdosen sammenlignes så med gitte grenseverdier: tolerabelt daglig inntak (TDI) for stoffer der dette er fastsatt av Mattilsynet eller maksimalt tolerabelt risiko (MTR) for de øvrige stoffene. Siden mennesker utsettes for flere miljøgiftkilder er det satt en grense ved at bare 10 % av det totale inntaket i mennesker får stamme fra sedimenter (for TBT er grensen 100 % da man går ut fra at all påvirkning fra dette stoffet stammer fra sediment).

#### **6.3.1 Risiko for skade på human helse - Gaddevågen**

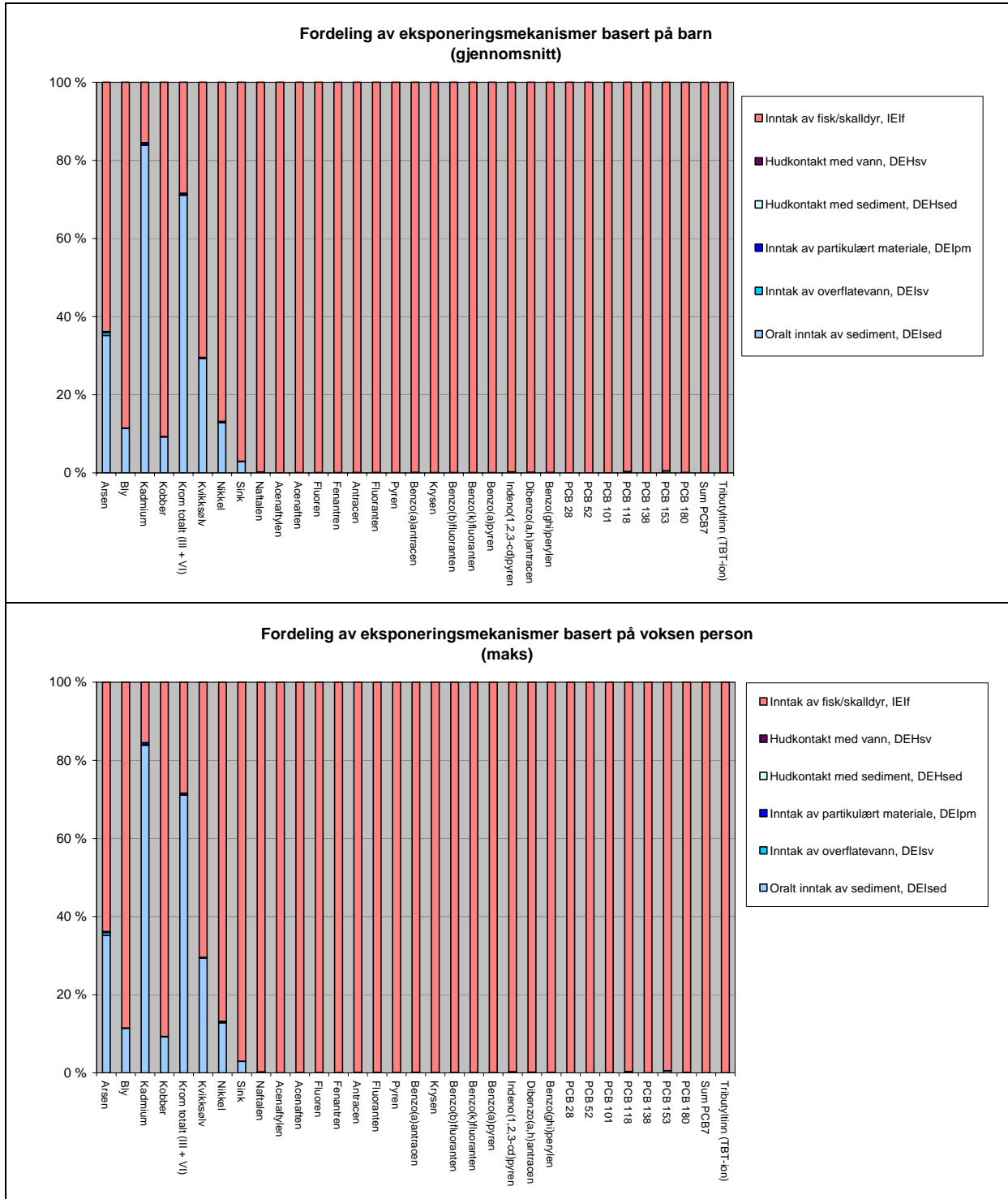
Beregnet risiko for skade på human helse er vist i **Tabell 15**. Tabellen viser i hvor stor grad utlekking fra sedimentene alene gir overskridelse av total akseptabel livstidsdose for de ulike miljøgiftene.

**Tabell 15.** Beregnet total livstidsdose (mg/kg/d), grense for human risiko (MTR/TDI 10 %) og overskridelse av beregnet total livstidsdose av MTR 10 % (hentet fra regnearket). Tabellen viser overskridelse på basis av den høyeste sedimentkonsentrasjonen (maks) og på basis av et gjennomsnitt (middel) for sedimentprøvene fra Gaddevågen.

Stoff	Beregnet total livstidsdose		Grense for human risiko, MTR/TDI 10 % (mg/kg/d)	Beregnet total livstidsdose overskrider MTR 10 % med:	
	DOSE <sub>maks</sub> (mg/kg/d)	DOSE <sub>middel</sub> (mg/kg/d)		Maks	Middel
Arsen	5,77E-05	3,40E-05	1,00E-04	-42,3 %	-66,0 %
Bly	6,91E-04	4,43E-04	3,60E-04	<b>91,9 %</b>	<b>22,9 %</b>
Kadmium	1,48E-06	9,25E-07	5,00E-05	-97,0 %	-98,2 %
Kobber	5,60E-03	1,95E-03	5,00E-03	<b>12,1 %</b>	-61,1 %
Krom totalt (III + VI)	3,74E-04	1,32E-04	5,00E-04	-25,2 %	-73,7 %
Kvikksølv	1,61E-06	8,31E-07	1,00E-05	-83,9 %	-91,7 %
Nikkel	2,97E-03	8,57E-04	5,00E-03	-40,5 %	-82,9 %
Sink	2,50E-02	1,00E-02	3,00E-02	-16,6 %	-66,7 %
Naftalen	2,76E-05	1,70E-05	4,00E-03	-99,3 %	-99,6 %
Acenaftylen	1,05E-04	5,69E-05			
Acenaften	2,35E-04	1,52E-04			
Fluoren	1,02E-04	7,46E-05			
Fenantren	5,12E-04	2,55E-04	4,00E-03	-87,2 %	-93,6 %
Antracen	7,69E-05	3,91E-05	4,00E-03	-98,1 %	-99,0 %
Fluoranten	7,70E-04	4,02E-04	5,00E-03	-84,6 %	-92,0 %
Pyren	9,29E-04	4,95E-04			
Benzo(a)antracen	3,55E-04	1,84E-04	5,00E-04	-28,9 %	-63,3 %
Krysen	6,72E-04	3,38E-04	5,00E-03	-86,6 %	-93,2 %
Benzo(b)fluoranten	1,16E-03	5,94E-04			
Benzo(k)fluoranten	3,93E-04	2,03E-04	5,00E-04	-21,4 %	-59,3 %
Benzo(a)pyren	6,68E-04	3,36E-04	2,30E-06	<b>28945,0 %</b>	<b>14511,8 %</b>
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1,76E-04	8,74E-05	5,00E-04	-64,9 %	-82,5 %
Dibenzo(a,h)antracen	3,96E-05	1,96E-05			
Benzo(ghi)perylene	2,92E-04	1,48E-04	3,00E-03	-90,3 %	-95,1 %
PCB 28	1,27E-05	6,31E-06			
PCB 52	4,17E-05	2,08E-05			
PCB 101	1,89E-05	8,59E-06			
PCB 118	1,09E-06	6,27E-07			
PCB 138	2,66E-05	1,04E-05			
PCB 153	6,81E-07	6,81E-07			
PCB 180	7,87E-06	2,80E-06			
Sum PCB <sub>7</sub>	1,10E-04	5,03E-05	2,00E-06	<b>5380,0 %</b>	<b>2414,3 %</b>
Tributyltinn (TBT-ion)	8,63E-03	3,80E-03	2,50E-04	<b>3352,9 %</b>	<b>1420,6 %</b>

**Tabell 15** viser at det er overskridelse av beregnet total livstidsdose for gjennomsnittsnivået av stoffene bly, benzo(a)pyren, sumPCB<sub>7</sub> og TBT. Det er spesielt nivået av benzo(a)pyren som gir uakseptabel risiko for skade på human helse. På grunn av dette stoffets påviste kreftfremkallende egenskaper er livstidsdosen satt meget lavt og er godt begrunnet. Det er for PCB noen verdier der halve deteksjonsgrensen er brukt. Konservativt bør man likevel anta at konsentrasjonene kan være like oppunder deteksjonsgrensen og overskridelsen må derfor ansees som uakseptabel. Fordelingen av eksponeringsmekanismer er vist for barn og voksne i **Figur 8**.





**Figur 8.** Fordeling av eksponeringsmekanismer for barn (øverst), og for voksne(nederst).

**Figur 8** og **Figur 9** viser at risikoen for skade på human helse hovedsaklig er knyttet til eksponering gjennom konsum av fisk og skalldyr for voksne. For bly og krom kan det teoretisk være ett lite bidrag fra eventuelt oralt inntak av sedimenter.

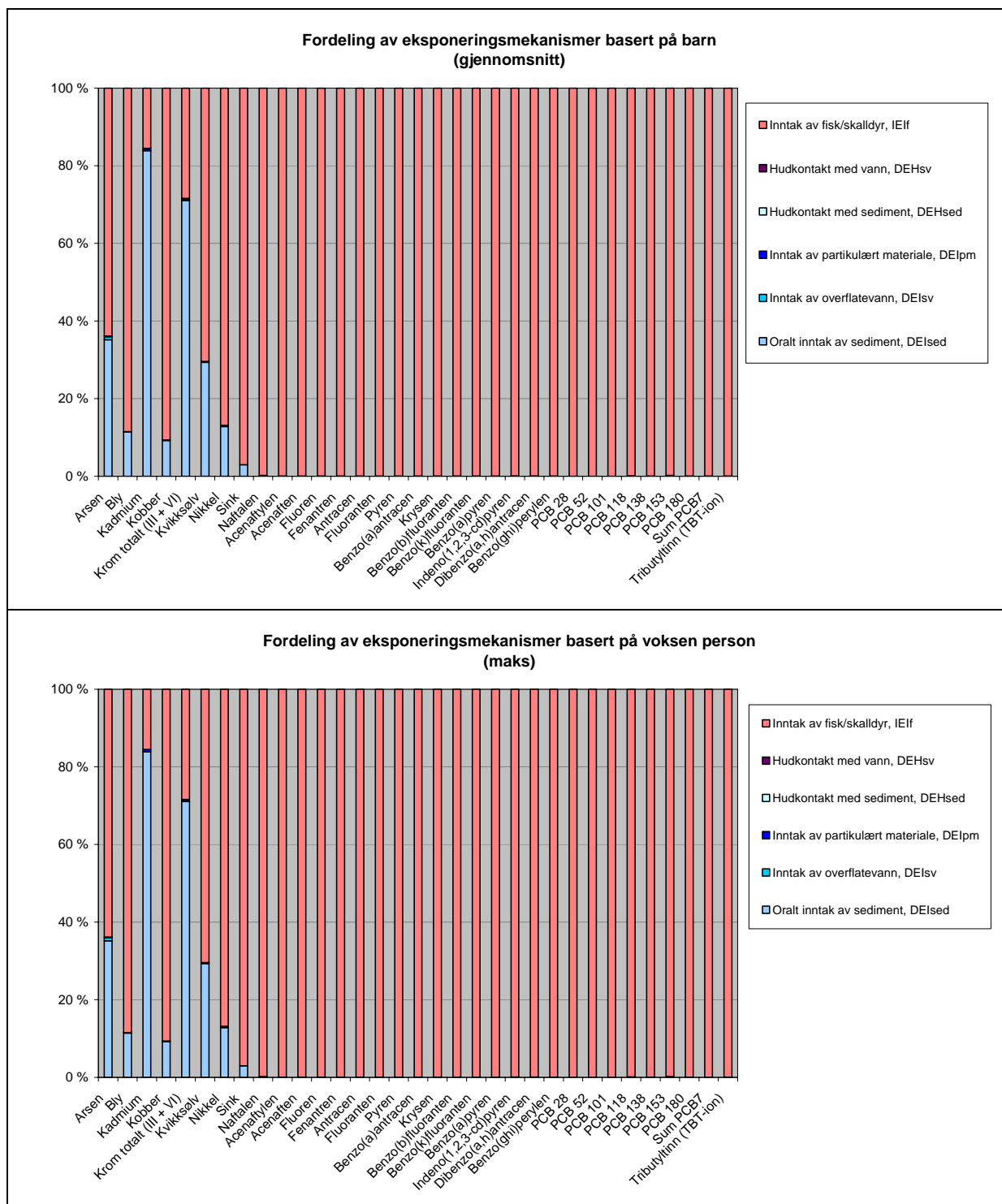
### 6.3.2 Risiko for skade på human helse - hovedbassenget

Beregnet risiko for skade på human helse er vist i **Tabell 16**.

**Tabell 16.** Beregnet total livstidsdose (mg/kg/d), grense for human risiko (MTR/TDI 10 %) og overskridelse av beregnet total livstidsdose av MTR 10 % (hentet fra regnearket). Tabellen viser overskridelse på basis av den høyeste sedimentkonsentrasjonen (maks) og på basis av et gjennomsnitt (middel) for sedimentprøvene fra hovedbassenget.

Stoff	Beregnet total livstidsdose		Grense for human risiko, MTR/TDI 10 % (mg/kg/d)	Beregnet total livstidsdose overskrider MTR 10 % med:	
	DOSE <sub>maks</sub> (mg/kg/d)	DOSE <sub>middel</sub> (mg/kg/d)		Maks	Middel
Arsen	5,29E-05	3,69E-05	1,00E-04	-47,1 %	-63,1 %
Bly	6,87E-04	4,23E-04	3,60E-04	<b>90,8 %</b>	<b>17,4 %</b>
Kadmium	7,12E-07	4,81E-07	5,00E-05	-98,6 %	-99,0 %
Kobber	6,24E-03	1,91E-03	5,00E-03	<b>24,7 %</b>	-61,8 %
Krom totalt (III + VI)	4,36E-04	1,41E-04	5,00E-04	-12,9 %	-71,9 %
Kvikksølv	1,76E-06	9,58E-07	1,00E-05	-82,4 %	-90,4 %
Nikkel	3,12E-03	8,75E-04	5,00E-03	-37,7 %	-82,5 %
Sink	2,79E-02	9,00E-03	3,00E-02	-7,1 %	-70,0 %
Naftalen	7,91E-05	5,35E-05	4,00E-03	-98,0 %	-98,7 %
Acenaftalen	2,25E-04	1,71E-04			
Acenaften	1,73E-04	1,26E-04			
Fluoren	1,20E-04	8,60E-05			
Fenantren	8,44E-04	5,58E-04	4,00E-03	-78,9 %	-86,1 %
Antracen	1,40E-04	1,02E-04	4,00E-03	-96,5 %	-97,5 %
Fluoranten	1,17E-03	8,21E-04	5,00E-03	-76,6 %	-83,6 %
Pyren	1,51E-03	1,05E-03			
Benzo(a)antracen	5,91E-04	4,17E-04	5,00E-04	<b>18,1 %</b>	-16,7 %
Krysen	9,86E-04	7,01E-04	5,00E-03	-80,3 %	-86,0 %
Benzo(b)fluoranten	2,16E-03	1,46E-03			
Benzo(k)fluoranten	7,50E-04	5,11E-04	5,00E-04	<b>50,1 %</b>	<b>2,3 %</b>
Benzo(a)pyren	1,25E-03	8,82E-04	2,30E-06	<b>54283,9 %</b>	<b>38243,7 %</b>
Indeno(1,2,3-cd)pyren	4,04E-04	2,65E-04	5,00E-04	-19,1 %	-47,1 %
Dibenzo(a,h)antracen	7,80E-05	5,24E-05			
Benzo(ghi)perylene	6,97E-04	4,51E-04	3,00E-03	-76,8 %	-85,0 %
PCB 28	1,17E-05	7,87E-06			
PCB 52	5,13E-05	2,62E-05			
PCB 101	2,10E-05	1,36E-05			
PCB 118	1,14E-06	9,33E-07			
PCB 138	2,28E-05	1,83E-05			
PCB 153	2,52E-06	2,42E-06			
PCB 180	6,34E-06	5,17E-06			
<b>Sum PCB7</b>	<b>1,17E-04</b>	<b>7,45E-05</b>	<b>2,00E-06</b>	<b>5742,1 %</b>	<b>3626,5 %</b>
Tributyltinn (TBT-ion)	1,71E-03	1,22E-03	2,50E-04	<b>585,7 %</b>	<b>386,4 %</b>

**Tabell 16** viser at det er overskridelse av beregnet total livstidsdose for gjennomsnittsnivået av stoffene bly, benzo(k)fluoranten, benzo(a)pyren, PCB<sub>7</sub> og TBT. Det er spesielt nivået av benzo(a)pyren som gir uakseptabel risiko for skade på human helse. På grunn av dette stoffets påviste kreftfremkallende egenskaper er livstidsdosen satt meget lavt og er godt begrunnet. Fordelingen av eksponeringsmekanismer er vist for barn og voksne i **Figur 9**.



**Figur 9.** Fordeling av eksponeringsmekanismer for barn (øverst), og for voksne(nederst).

**Figur 9** viser at risikoen for skade på human helse hovedsakelig er knyttet til eksponering gjennom konsum av fisk og skalldyr for voksne. For noen metaller kan det være et lite bidrag fra eventuelt oralt inntak av sedimenter.

## **6.4 Risiko for økologisk skade**

Ved vurdering av økologisk risiko skilles det mellom risiko for organismer som lever i direkte vedvarende kontakt med sedimentene og organismer i vannmassene for øvrig. Risikovurdering for organismer i sedimentet baserer seg dels på Trinn 1, siden grenseverdiene her utgjør grensene for effekter ved kronisk eksponering ( $PNEC_{\text{sediment}}$ ). I Trinn 2 baseres den også på (i dette tilfellet beregnede) porevannskonsentrasjoner av de ulike miljøgiftene sammenliknet med tilsvarende kroniske  $PNEC$ -verdier for konsentrasjoner i vann ( $PNEC_{\text{vann}}$  eller  $PNEC_w$ ).

### **6.4.1 Risiko for økologisk skade på organismer i direkte kontakt med sedimentet i Gaddevågen**

**Tabell 17** viser at beregnet porevannskonsentrasjon basert på gjennomsnittskonsentrasjonene i sedimentet overskrider  $PNEC_w$  for 3 metaller (Cu, Ni og Zn), to av PAH-forbindelsene (pyren og benzo(ghi)perylene) samt TBT (hele 8 millioner ganger). Trinn 1 (**Tabell 5**) viste i tillegg at flere PAH-forbindelser overskrider grenseverdiene. Sedimentene utgjør derfor en uakseptabel risiko for skade på organismer i vedvarende kontakt med sedimentet.

**Tabell 17.** Beregnet porevannskonsentrasjon sammenliknet med grenseverdi for økologisk risiko (hentet fra regnearket). Tabellen viser overskridelse på basis av den høyeste sedimentkonsentrasjonen (maks) og på basis av et gjennomsnitt (middel) for sedimentprøvene fra Gaddevågen.

Stoff	Beregnet porevannskonsentrasjon		Målt porevannskonsentrasjon		Grenseverdi for økologisk risiko, PNEC <sub>w</sub> (ug/l)	Målt eller beregnet porevannskonsentrasjon overskrider PNEC <sub>w</sub> med:	
	C <sub>pv, maks</sub> (mg/l)	C <sub>pv, middel</sub> (mg/l)	C <sub>pv, maks</sub> (mg/l)	C <sub>pv, middel</sub> (mg/l)		Maks	Middel
Arsen	5,45E-03	3,21E-03	ikke målt	ikke målt	4,8	13,5 %	-33,2 %
Bly	1,11E-03	7,11E-04	ikke målt	ikke målt	2,2	-49,5 %	-67,7 %
Kadmium	1,23E-05	7,69E-06	ikke målt	ikke målt	0,24	-94,9 %	-96,8 %
Kobber	4,71E-02	1,64E-02	ikke målt	ikke målt	0,64	7261,5 %	2458,0 %
Krom totalt (III + VI)	3,08E-03	1,08E-03	ikke målt	ikke målt	3,4	-9,6 %	-68,1 %
Kvikksølv	8,80E-06	4,54E-06	ikke målt	ikke målt	0,048	-81,7 %	-90,5 %
Nikkel	1,16E-01	3,33E-02	ikke målt	ikke målt	2,2	5158,8 %	1415,2 %
Sink	2,40E-02	9,58E-03	ikke målt	ikke målt	2,9	726,6 %	230,4 %
Naftalen	2,81E-04	1,73E-04	ikke målt	ikke målt	2,4	-88,3 %	-92,8 %
Acenaftalen	2,14E-04	1,16E-04	ikke målt	ikke målt	1,3	-83,5 %	-91,1 %
Acenaften	3,23E-04	2,08E-04	ikke målt	ikke målt	3,8	-91,5 %	-94,5 %
Fluoren	1,11E-04	8,10E-05	ikke målt	ikke målt	2,5	-95,6 %	-96,8 %
Fenantren	3,53E-04	1,75E-04	ikke målt	ikke målt	1,3	-72,8 %	-86,5 %
Antracen	5,55E-05	2,82E-05	ikke målt	ikke målt	0,11	-49,5 %	-74,3 %
Fluoranten	1,08E-04	5,66E-05	ikke målt	ikke målt	0,12	-9,7 %	-52,9 %
Pyren	2,07E-04	1,10E-04	ikke målt	ikke målt	0,023	798,6 %	378,8 %
Benzo(a)antracen	2,08E-05	1,08E-05	ikke målt	ikke målt	0,012	73,5 %	-10,4 %
Krysen	2,12E-05	1,07E-05	ikke målt	ikke målt	0,07	-69,7 %	-84,8 %
Benzo(b)fluoranten	2,35E-05	1,21E-05	ikke målt	ikke målt	0,03	-21,5 %	-59,7 %
Benzo(k)fluoranten	7,99E-06	4,14E-06	ikke målt	ikke målt	0,027	-70,4 %	-84,7 %
Benzo(a)pyren	1,36E-05	6,84E-06	ikke målt	ikke målt	0,05	-72,8 %	-86,3 %
Indeno(1,2,3-cd)pyren	3,56E-06	1,77E-06	ikke målt	ikke målt	0,002	78,1 %	-11,3 %
Dibenzo(a,h)antracen	8,03E-07	3,97E-07	ikke målt	ikke målt	0,03	-97,3 %	-98,7 %
Benzo(ghi)perylene	5,95E-06	3,01E-06	ikke målt	ikke målt	0,002	197,4 %	50,4 %
PCB 28	6,20E-07	3,09E-07	ikke målt	ikke målt			
PCB 52	8,50E-07	4,25E-07	ikke målt	ikke målt			
PCB 101	3,85E-07	1,75E-07	ikke målt	ikke målt			
PCB 118	2,21E-08	1,27E-08	ikke målt	ikke målt			
PCB 138	5,43E-07	2,13E-07	ikke målt	ikke målt			
PCB 153	1,37E-08	1,37E-08	ikke målt	ikke målt			
PCB 180	1,60E-07	5,70E-08	ikke målt	ikke målt			
Sum PCB7	2,59E-06	1,20E-06	ikke målt	ikke målt			
Tributyltinn (TBT-ion)	4,03E-02	1,78E-02	ikke målt	ikke målt	0,0002	19198093,1 %	8454633,7 %

#### 6.4.2 Risiko for økologisk skade på organismer i vannmassene i Gaddevågen

Risikovurdering for organismer i vannet over sedimentet baserer seg på beregnet konsentrasjon av den enkelte miljøgift i vannmassene som følge av spredningen fra sedimentene og fortykning i vannmassene (det siste beregnet fra totalt vannvolum og oppholdstid av vannet i bassenget over sedimentet). Dette betegnes som PEC (Predicted Environmental Concentration).

I **Tabell 18** er resultatene av disse beregningene vist. Det er kun for TBT at det er en økologisk risiko for skade på organismene i vannmassene. Beregningen av hvor lang tid det tar for å tømme sedimentene for miljøgifter, viste 1,6 år for TBT. Dette er urealistisk kort og det er derfor sannsynlig at potensiell skade på organismer i vannmassene fra TBT er overestimert.

**Tabell 18.** Beregnet konsentrasjon (C<sub>sv</sub>) og beregnet overskridelse av PNEC<sub>w</sub> for ulike miljøgifter i vannmassene i Gaddevågen.

Stoff	F <sub>tot, middel</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]	F <sub>diff, middel</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]	F <sub>skipnormert, middel</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]	F <sub>org, middel</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]	C <sub>sv</sub> µg/l	PNEC <sub>w</sub> µg/l	% overskridelse
Arsen	2,14E+01	2,14E+01	5,39E-03	4,81E-03	0,1501	4,8	-97 %
Bly	5,08E+00	4,95E+00	2,72E-02	1,07E-01	0,0349	2,2	-98 %
Kadmium	4,10E-02	4,07E-02	2,47E-04	2,31E-05	0,0003	0,24	-100 %
Kobber	8,67E+01	8,61E+01	9,93E-02	4,91E-01	0,6047	0,64	-6 %
Krom totalt (III + VI)	4,79E+00	4,75E+00	3,21E-02	6,50E-03	0,0335	3,4	-99 %
Kvikksølv	2,97E-02	2,94E-02	1,12E-04	1,36E-04	0,0002	0,048	-100 %
Nikkel	1,63E+02	1,62E+02	5,98E-02	2,00E-01	1,1390	2,2	-48 %
Sink	5,26E+01	4,96E+01	1,73E-01	2,87E+00	0,3492	2,9	-88 %
Naftalen	1,10E+00	1,09E+00	1,49E-05	5,17E-03	0,0077	2,4	-100 %
Acenafylen	6,73E-01	6,55E-01	1,42E-05	1,74E-02	0,0046	1,3	-100 %
Acenaften	1,21E+00	1,16E+00	4,69E-05	4,63E-02	0,0081	3,8	-100 %
Fluoren	4,50E-01	4,27E-01	2,74E-05	2,28E-02	0,0030	2,5	-100 %
Fenantren	9,58E-01	8,80E-01	1,23E-04	7,77E-02	0,0062	1,3	-100 %
Antracen	1,54E-01	1,42E-01	2,40E-05	1,19E-02	0,0010	0,11	-99 %
Fluoranten	3,82E-01	2,59E-01	2,35E-04	1,23E-01	0,0018	0,12	-98 %
Pyren	6,56E-01	5,04E-01	1,89E-04	1,51E-01	0,0035	0,023	-85 %
Benzo(a)antracen	1,01E-01	4,52E-02	1,53E-04	5,59E-02	0,0003	0,012	-97 %
Krysen	1,48E-01	4,48E-02	1,21E-04	1,03E-01	0,0003	0,07	-100 %
Benzo(b)fluoranten	2,29E-01	4,74E-02	2,79E-04	1,81E-01	0,0003	0,03	-99 %
Benzo(k)fluoranten	7,84E-02	1,62E-02	9,34E-05	6,21E-02	0,0001	0,027	-100 %
Benzo(a)pyren	1,30E-01	2,68E-02	1,62E-04	1,03E-01	0,0002	0,05	-100 %
Indeno(1,2,3-cd)pyren	3,32E-02	6,52E-03	1,18E-04	2,66E-02	0,0000	0,002	-98 %
Dibenzo(a,h)antracen	7,43E-03	1,45E-03	2,20E-05	5,95E-03	0,0000	0,03	-100 %
Benzo(ghi)perylen	5,63E-02	1,11E-02	8,74E-05	4,51E-02	0,0001	0,002	-96 %
PCB 28	3,12E-03	1,19E-03	3,71E-07	1,93E-03	0,0000		
PCB 52	7,87E-03	1,50E-03	6,24E-07	6,37E-03	0,0000		
PCB 101	3,20E-03	5,71E-04	1,69E-06	2,63E-03	0,0000		
PCB 118	2,33E-04	4,14E-05	1,22E-06	1,90E-04	0,0000		
PCB 138	3,84E-03	6,47E-04	3,10E-06	3,19E-03	0,0000		
PCB 153	2,50E-04	4,18E-05	2,00E-06	2,06E-04	0,0000		
PCB 180	1,02E-03	1,62E-04	1,58E-06	8,54E-04	0,0000		
Tributyltinn (TBT-ion)	64,18	63,02	0,00	1,16	0,4422	0,0002	210483 %

### 6.4.3 Risiko for økologisk skade på organismer i direkte kontakt med sedimentet i hovedbassenget

**Tabell 19** viser at beregnet porevannskonsentrasjon basert på gjennomsnittskonsentrasjonene i sedimentet overskrider  $PNEC_w$  for 3 metaller (Cu, Ni og Zn), to av PAH-forbindelsene (pyren og benzo(ghi)perylene) samt TBT (hele 8 millioner ganger). Verdiene fra Trinn 1 (**Tabell 7**) viste i tillegg at flere PAH-forbindelser overskrider grenseverdiene. Sedimentene utgjør derfor en uakseptabel risiko for skade på organismer i vedvarende kontakt med sedimentet.

**Tabell 19.** Beregnet porevannskonsentrasjon sammenliknet med grenseverdi for økologisk risiko (hentet fra regnearket). Tabellen viser overskridelse på basis av den høyeste sedimentkonsentrasjonen (maks) og på basis av et gjennomsnitt (middel) for sedimentprøvene fra hovedbassenget.

Stoff	Beregnet porevannskonsentrasjon		Målt porevannskonsentrasjon		Grenseverdi for økologisk risiko, $PNEC_w$ (ug/l)	Målt eller beregnet porevannskonsentrasjon overskrider $PNEC_w$ med:	
	$C_{pv, maks}$ (mg/l)	$C_{pv, middel}$ (mg/l)	$C_{pv, maks}$ (mg/l)	$C_{pv, middel}$ (mg/l)		Maks	Middel
Arsen	4,99E-03	3,48E-03	ikke målt	ikke målt	4,8	4,1 %	-27,5 %
Bly	1,10E-03	6,79E-04	ikke målt	ikke målt	2,2	-49,8 %	-69,1 %
Kadmium	5,92E-06	4,00E-06	ikke målt	ikke målt	0,24	-97,5 %	-98,3 %
Kobber	5,24E-02	1,61E-02	ikke målt	ikke målt	0,64	8093,7 %	2412,7 %
Krom totalt (III + VI)	3,58E-03	1,16E-03	ikke målt	ikke målt	3,4	5,4 %	-66,0 %
Kvikksølv	9,60E-06	5,24E-06	ikke målt	ikke målt	0,048	-80,0 %	-89,1 %
Nikkel	1,21E-01	3,40E-02	ikke målt	ikke målt	2,2	5409,3 %	1447,3 %
Sink	2,67E-02	8,63E-03	ikke målt	ikke målt	2,9	821,1 %	197,5 %
Naftalen	8,06E-04	5,44E-04	ikke målt	ikke målt	2,4	-66,4 %	-77,3 %
Acenaftilen	4,58E-04	3,48E-04	ikke målt	ikke målt	1,3	-64,8 %	-73,2 %
Acenaften	2,38E-04	1,74E-04	ikke målt	ikke målt	3,8	-93,7 %	-95,4 %
Fluoren	1,31E-04	9,34E-05	ikke målt	ikke målt	2,5	-94,8 %	-96,3 %
Fenantren	5,82E-04	3,85E-04	ikke målt	ikke målt	1,3	-55,2 %	-70,4 %
Antracen	1,01E-04	7,35E-05	ikke målt	ikke målt	0,11	-7,9 %	-33,2 %
Fluoranten	1,65E-04	1,16E-04	ikke målt	ikke målt	0,12	37,3 %	-3,5 %
Pyren	3,36E-04	2,34E-04	ikke målt	ikke målt	0,023	1358,8 %	919,4 %
Benzo(a)antracen	3,47E-05	2,45E-05	ikke målt	ikke målt	0,012	189,0 %	103,9 %
Krysen	3,11E-05	2,21E-05	ikke målt	ikke målt	0,07	-55,6 %	-68,4 %
Benzo(b)fluoranten	4,39E-05	2,97E-05	ikke målt	ikke målt	0,03	46,5 %	-0,9 %
Benzo(k)fluoranten	1,53E-05	1,04E-05	ikke målt	ikke målt	0,027	-43,4 %	-61,4 %
Benzo(a)pyren	2,55E-05	1,80E-05	ikke målt	ikke målt	0,05	-49,0 %	-64,1 %
Indeno(1,2,3-cd)pyren	8,23E-06	5,38E-06	ikke målt	ikke målt	0,002	311,3 %	169,2 %
Dibenzo(a,h)antracen	1,59E-06	1,07E-06	ikke målt	ikke målt	0,03	-94,7 %	-96,4 %
Benzo(ghi)perylene	1,42E-05	9,19E-06	ikke målt	ikke målt	0,002	609,7 %	359,5 %
PCB 28	5,73E-07	3,85E-07	ikke målt	ikke målt			
PCB 52	1,05E-06	5,35E-07	ikke målt	ikke målt			
PCB 101	4,29E-07	2,78E-07	ikke målt	ikke målt			
PCB 118	2,32E-08	1,90E-08	ikke målt	ikke målt			
PCB 138	4,64E-07	3,73E-07	ikke målt	ikke målt			
PCB 153	5,11E-08	4,91E-08	ikke målt	ikke målt			
PCB 180	1,29E-07	1,05E-07	ikke målt	ikke målt			
Sum PCB7	2,72E-06	1,74E-06	ikke målt	ikke målt			
Tributyltinn (TBT-ion)	8,01E-03	5,68E-03	ikke målt	ikke målt	0,0002	3813546,7 %	2705527,7 %

#### 6.4.4. Risiko for økologisk skade på organismer i vannmassene i hovedbassenget

Risikovurdering for organismer i vannet over sedimentet baserer seg på beregnet konsentrasjon av den enkelte miljøgift i vannmassene som følge av spredningen fra sedimentene og fortynning i vannmassene (det siste beregnet fra totalt vannvolum og oppholdstid av vannet i bassenget over sedimentet). Dette betegnes som PEC (Predicted Environmental Concentration). I **Tabell 20** er resultatene av disse beregningene vist. Resultatene viser at det ikke er noen risikooverskridelse, bortsett fra for TBT.

**Tabell 20.** Beregnet konsentrasjon (C<sub>sv</sub>) og beregnet overskridelse av PNEC<sub>w</sub> for ulike miljøgifter i vannmassene i hovedbassenget.

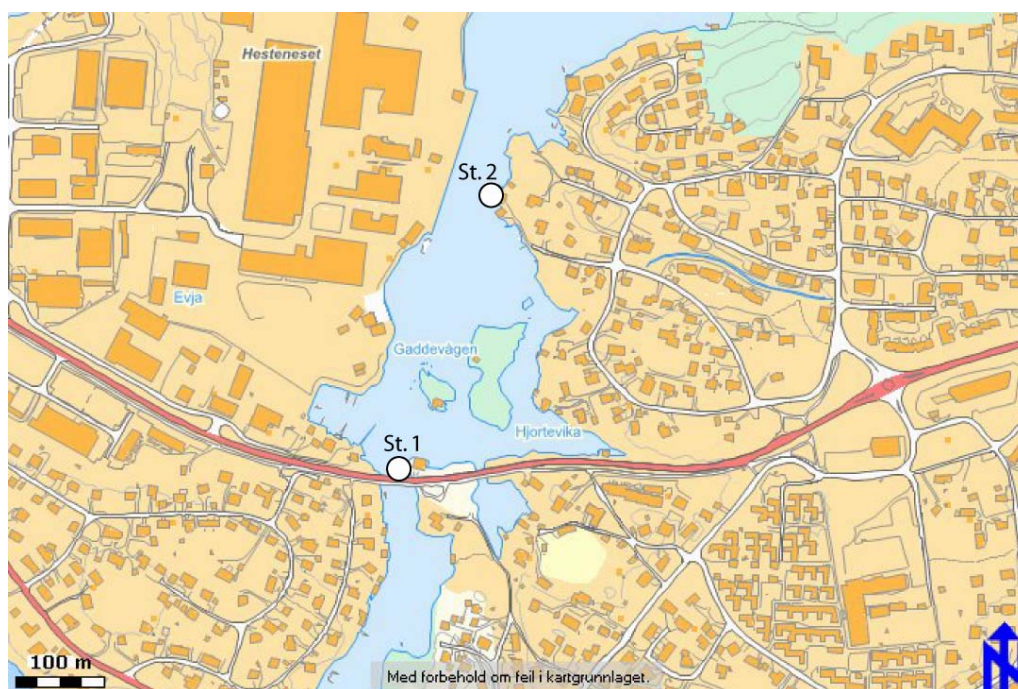
Stoff	F <sub>tot, middel</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]	F <sub>diff, middel</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]	F <sub>skipnormert, middel</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]	F <sub>org, middel</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]	C <sub>sv</sub> µg/l	PNEC <sub>w</sub> µg/l	% overskridelse	C <sub>sv</sub> ng/l
Arsen	2,32E+01	2,32E+01	3,39E-02	5,22E-03	0,0194	4,8	-100 %	19,36
Bly	4,98E+00	4,73E+00	1,51E-01	1,02E-01	0,0041	2,2	-100 %	4,07
Kadmium	2,19E-02	2,12E-02	7,44E-04	1,20E-05	0,0000	0,24	-100 %	0,02
Kobber	8,56E+01	8,45E+01	5,65E-01	4,82E-01	0,0709	0,64	-89 %	70,93
Krom totalt (III + VI)	5,28E+00	5,07E+00	1,99E-01	6,94E-03	0,0044	3,4	-100 %	4,39
Kvikksølv	3,48E-02	3,39E-02	7,49E-04	1,57E-04	0,0000	0,048	-100 %	0,03
Nikkel	1,66E+02	1,66E+02	3,54E-01	2,04E-01	0,1384	2,2	-94 %	138,37
Sink	4,82E+01	4,47E+01	9,02E-01	2,59E+00	0,0380	2,9	-99 %	37,97
Naftalen	3,47E+00	3,45E+00	1,98E-04	1,63E-02	0,0029	2,4	-100 %	2,88
Acenaftylene	2,02E+00	1,97E+00	1,54E-04	5,23E-02	0,0016	1,3	-100 %	1,64
Acenaften	1,00E+00	9,66E-01	1,14E-04	3,86E-02	0,0008	3,8	-100 %	0,81
Fluoren	5,19E-01	4,92E-01	8,38E-05	2,63E-02	0,0004	2,5	-100 %	0,41
Fenantren	2,10E+00	1,93E+00	6,39E-04	1,70E-01	0,0016	1,3	-100 %	1,61
Antracen	4,00E-01	3,68E-01	1,45E-04	3,10E-02	0,0003	0,11	-100 %	0,31
Fluoranten	7,82E-01	5,30E-01	1,04E-03	2,51E-01	0,0004	0,12	-100 %	0,44
Pyren	1,40E+00	1,07E+00	8,96E-04	3,22E-01	0,0009	0,023	-96 %	0,90
Benzo(a)antracen	2,31E-01	1,03E-01	7,43E-04	1,27E-01	0,0001	0,012	-99 %	0,09
Krysen	3,08E-01	9,30E-02	5,35E-04	2,14E-01	0,0001	0,07	-100 %	0,08
Benzo(b)fluoranten	5,64E-01	1,16E-01	1,46E-03	4,46E-01	0,0001	0,03	-100 %	0,10
Benzo(k)fluoranten	1,98E-01	4,08E-02	4,99E-04	1,56E-01	0,0000	0,027	-100 %	0,03
Benzo(a)pyren	3,41E-01	7,04E-02	9,02E-04	2,69E-01	0,0001	0,05	-100 %	0,06
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1,01E-01	1,98E-02	7,59E-04	8,07E-02	0,0000	0,002	-99 %	0,02
Dibenzo(a,h)antracen	2,00E-02	3,89E-03	1,25E-04	1,60E-02	0,0000	0,03	-100 %	0,00
Benzo(ghi)perylene	1,72E-01	3,38E-02	5,67E-04	1,38E-01	0,0000	0,002	-99 %	0,03
PCB 28	3,89E-03	1,48E-03	1,05E-06	2,41E-03	0,0000			0,00
PCB 52	9,91E-03	1,89E-03	1,76E-06	8,02E-03	0,0000			0,00
PCB 101	5,08E-03	9,06E-04	5,72E-06	4,16E-03	0,0000			0,00
PCB 118	3,50E-04	6,19E-05	3,86E-06	2,85E-04	0,0000			0,00
PCB 138	6,73E-03	1,13E-03	1,16E-05	5,59E-03	0,0000			0,00
PCB 153	9,00E-04	1,49E-04	1,51E-05	7,36E-04	0,0000			0,00
PCB 180	1,89E-03	3,00E-04	6,21E-06	1,58E-03	0,0000			0,00
Tributyltinn (TBT-ion)	20,54	20,17	0,00	0,37	0,0168	0,0002	7903 %	16,81



## 7. Trinn 3

### 7.1 Blåskjellanalyser

Det ble i tillegg til sedimenter samlet inn blåskjell fra flere steder i undersøkelsesområdet. To av disse ble valgt ut til analyse. Beliggenheten er vist på kart i **Figur 10**. Valget av stasjonene er særlig bergrunnet fra spørsmålet om mulig påvirkning fra et tidligere deponi, se kapittel 2.1.2. Deponiet drenerer til innerst i Gaddevågen og en påvirkning vil ventelig medføre forhøyede konsentrasjoner i blåskjell på stasjon 1.



**Figur 10.** Plassering av blåskjellstasjoner

Resultatene fra miljøgiftanalysene i blåskjellene er gitt i **Tabell 21**. I tabellene er miljøgiftinnholdet klassifisert etter SFTs veiledning ”Klassifisering av miljøgifter i fjorder og kystfarvann 97:03”

**Tabell 21.** Miljøgiftinnhold i blåskjell fra Gaddevågen. Romertall og fargekode angir tilstandsklasse etter SFTs klassifiseringssystem (Molvær mfl. 1997).

	St. 1	St. 2
Bly mg/kg TS	0,86 (I)	0,92 (I)
Kadmium mg/kg TS	0,15 (I)	0,15 (I)
Kobber mg/kg TS	2,4 (I)	2,9 (I)
Krom mg/kg TS	0,22 (I)	0,31 (I)
Kvikksølv mg/kg TS	<0,024 (I)	<0,024 (I)
Nikkel mg/kg TS	0,25 (I)	0,24 (I)
Sink mg/kg TS	51 (I)	33 (I)
SUM PAH µg/kg	86 (II)	100 (II)
SUM PCB <sub>7</sub> µg/kg	3,47 (I)	4,15 (II)
TBT mg/kg	0,198 (II)	0,152 (II)

Resultatene viser lave verdier for alle de undersøkte miljøgiftene. Innhold av benzo(a)pyren var henholdsvis 2,1 og 2,3 µg/kg friskvekt for stasjon 1 og 2 henholdsvis. Dette er under Mattilsynets "grenseverdi" på 10 µg/kg friskvekt.

## 8. Samlet vurdering av risiko

Risikovurderingens Trinn 1 viste at ingen del av det undersøkte fjordområdet kunne "friskmeldes" fra en nærmere risikovurdering (Trinn 2). Dette gjaldt for området som helhet, og for henholdsvis Gaddevågen og hovedbassenget alene. Selv om enkelte stasjoner utpekte seg med høyere risiko enn de øvrige i samme delområde, anser vi ikke disse for å representere så klart større risikopunkter (hotspots) at det er aktuelt å begrense eventuelle tiltak til disse alene.

Trinn 2 i risikovurderingen viste at både Gaddevågen og hovedbassenget utgjorde en for høy risiko for skade på human helse, først og fremst på grunn av nivåene av den potensielt kreftfremkallende PAH-forbindelsen benzo(a)pyren, men også på grunn av TBT og muligens PCB. Det siste er noe usikkert. Noen av enkeltstoffene av PCB hadde konsentrasjoner under deteksjonsgrensen, men disse deteksjonsgrensene er så vidt høye at summen av dem alene kan representere en for høy risiko for human helse.

Siden bindingen av PAH-forbindelsene, og til dels TBT, til sedimentet og følgelig også utlekkingen har vist seg å variere mye med lokale sedimentforhold, er det en mulighet for at Trinn 2 er for konservativ og følgelig overestimerer den reelle lokale risikoen. Det kan derfor vurderes å gjennomføre direkte analyser av porevannet i et utvalg av sedimentprøvene for å kunne beregne hvor sterk sedimentbindingen er, og så rekalkulere risikoen på grunnlag av målingene. Dette er i praksis et Trinn 3 element i risikosystemet.

Trinn 2 viste videre at risikoen for skade på sedimentets økosystem er f både for Gaddevågen og hovedbassenget. Dette skyldes i praksis de stoffene som forårsaket overskridelse i Trinn 1.

Risiko for skade på organismene i vannmassene viste at det kun var TBT som overskred grenseverdiene.

## 9. Tiltaksvurdering

### 9.1 Tidligere tiltak

Nedenfor er en redegjørelse fra bedriften om tiltak som er gjort:

STX Norway Florø AS har hatt fokus på å redusere utslipp og alle former for forurensing gjennom sin Helse- Miljø- og Sikkerhetspolitikk nedfelt i internkontroll-håndboken (jfr. kapittel 2.3).

Dette har blant annet ført til følgende tiltak for utslippskontroll og utslippsreduksjon:

1. I 1993 bygget verftet ny tørrdokk som gir mulighet for full kontroll med alle utslipp i forbindelse med sammensetningen og utrustningen av skipene som bedriften produserer. Dokken er utstyrt med egen oljeutskiller som samler opp eventuelle spill. Dette medførte at den gamle beddingen ikke lenger ble brukt og alt utslipp stoppet fra dette tidspunkt.
2. Etter at forbudet mot bruk av TBT-holdige bunnstoffer ble innført, også på skip i utenriksfart, stoppet bruken av dette ved verftet og slike utslipp er derfor ikke eksisterende lenger.
3. Det er montert ventilasjonsanlegg i produksjonshallene med filter på avtrekksluften, og spesielt med montering av elektrostatfilter på avtrekksluften ved seksjonshall og tilvirkningshall. Dette reduserer utslipp til luft betydelig.
4. Det er montert sentral driftskontroll (SD-anlegg) med styring av tunge energi-forbrukere. Dette reduserer energiforbruk. Anlegget er forberedt for videre utbygging og vil ved dette gi ytterligere gevinster.
5. Det er montert renseanlegg på vannet i brennebordet for å unngå utslipp til avløpsanlegget og sjø.
6. Det er gjennomført støyskjerming av utstyr for sandblåsing og maling, samt krav mot underleverandører for å bruke støysvakt utstyr. Bygging av egne recesser for plassering av slikt utstyr. Dette reduserer støynivået ved bedriften.
7. Det er installert eget avløpsanlegg for hele anlegget med rensing og avløp til -30 m fra havflaten. Dette reduserer utslipp til sjø.
8. Det er utarbeidet egen prosedyre for substitusjon av farlige stoffer, også med tanke på utslipp til det ytre miljø.
9. Det er inngått en avtale med Norsk Gjenvinning kalt "Grønt Ansvar" som ivaretar all håndtering av avfall fra bedriften, inkludert spesialavfall, elektroavfall, olje, stål og trevirke. Avtalen gir oss mulighet til å følge med i detalj hvor store mengder avfall vi har av de ulike fraksjoner, hvor flinke vi er til å sortere samt kostnader med avfall med statistikk mot tidligere år. Gir oss full kontroll på avfallshåndteringen og reduserer alle former for utslipp.
10. Det er gjennomført utskifting av alle PCB-holdige armaturer ved anlegget. Dette reduserer utslipp av PCB.
11. Bedriften har system for registrering og oppfølging av energiforbruket månedlig. Unødig energiforbruk oppdages tidlig og gir reduksjon i energiforbruket.

12. Det er utarbeidet egen prosedyre for syrevasking som innbefatter destruering av syren. Dette hindrer syreutslipp til sjø.

## 9.2 Tiltaksvurderinger på grunnlag av risikovurderingene

Risikovurderingen som nå er gjennomført, konkluderer med at sedimentforurensningen utgjør en for høy risiko for skade på økosystemet både i sedimentet, risiko for skade på human helse gjennom konsum av lokal sjømat samt mulig skade på organismer i vannmassene på grunn av forhøyede konsentrasjoner av TBT. Kriteriene for bedømming av forhøyet risiko er satt i følge SFTs risikoveileder (SFT TA-2230/2007). Risikovurderingen bekrefter derved behovet for en tiltaksvurdering.

## 9.3 Mål for tiltak, akseptkriterier

Det finnes ikke overordnede miljømål eller spesifikke miljømål for området bortsett fra at kommunen og fylkesmannen har fremsatt ønske om tiltak slik at området kan oppnå så god økologisk status som mulig i fremtiden. Hvis tiltak skal iverksettes, må akseptkriterier utvikles. Disse må utvikles for det et bioaktive overflatelaget av sedimentene og slik at at risikoreduksjonen ved tiltak kan kvantifiseres. I praksis bør det bioaktive laget defineres som de øvre 10 cm.

## 9.4 Tiltaksalternativer

Risikovurderingene som er gjort, representerer den potensielle risikoen de forurensede sedimentene representerer. Konkrete tiltak bør etter vår mening avvente til mer stedspecifikke risikovurderinger er gjennomført (Trinn 3, se kapittel 9.5). Hvis tiltak blir aktuelt, er det generelt tre som er aktuelle:

1. Mudring (fjerning av sediment)
2. Tildekking (bruk av tynne eller tykke sjikt av sand eller lignende)
3. Avvente situasjonen og overvåke for å dokumentere at situasjonen bedrer seg ved naturlig overdekking av sediment.

I mange tilfeller kan det være aktuelt å kombinere ulike tiltaksmetoder innenfor ett og samme område ved å dele opp området.

Erfaring viser at man etter mudring som oftest sitter igjen med et løst toppsjikt av restmateriale som kan ha høyere miljøgiftkonsentrasjoner enn de opprinnelige toppsedimentene. Av disse grunnene er det relativt stor enighet i fagmiljøene i dag om at man bør unngå å mudre forurensede sedimenters dersom det ikke er nødvendig for å øke seilingsdyp eller av andre praktiske hensyn. Tildekking er et klart foretrukket alternativ. Hvis mudring anbefales bør akseptkriteriet være at gjennomsnittskonsentrasjonene i det bioaktive laget, inklusive dette sjiktet, utgjør en akseptabel risiko.

Tildekking med rene masser vil på en rask måte oppfylle akseptkriteriet. En forutsetning er at bioturbasjonen fra faunaen som etablerer seg i dekklaget ikke blander opp underliggende masser til høyere nivåer enn at risikoen er akseptabel. En annen forutsetning er at de topografiske forholdene ligger til rette for tildekking. Langs kaiene er bunnen bratt og består i hovedsak av fjell og stein. I andre deler av området er imidlertid bunnen relativt flat.

## 9.5 Anbefaling om tiltak

Risikovurderingene for STX Norway Florø AS er blitt gjennomført i henhold til Trinn 1 og 2 i SFTs risikoveileder. Resultatene har dermed gitt uttrykk for den potensielle risikoen sedimentene representerer og at tiltak bør gjennomføres hvis man ønsker å redusere risikoen. Bedriften ønsker imidlertid ikke å gjennomføre tiltak på dette nivået uten å ha ført en dialog med myndighetene om deres syn på behov og prioriteringer.

Etter vår mening er det derfor et behov for å gjennomføre et Trinn 3 i risikovurderingene før konkrete tiltak vurderes nøyere og tiltaksplan utarbeides. På den måten vil man komme frem til en mer reell risikobeskrivelse. Blåskjellundersøkelsene i Gaddevågen kan betraktes som å tilhøre et Trinn 3, men ytterligere undersøkelser er nødvendig for å beskrive reell risiko. Slike undersøkelser kan være:

- Gjennomføring av toksisitetstester for å verifisere at beregningene i risikovurderingene er reelle for sedimentlevende organismer
- Måle miljøgiftinnhold i fisk/krabbe for å verifisere om risiko for human helse er reell
- Måle ytterligere blåskjellprøver for å verifisere resultatene knyttet til risiko for organismer i vannmassene
- Ytterligere innsamling og analyse sedimentprøver i hovedsundet for å avklare andre kilder og ytterligere avgrense et eventuelt tiltaksområde
- Direktemålinger av porevannskonsentrasjoner for å verifisere konstanter brukt i risikoverktøyet (stedsspesifikke konstanter)

### **9.5.1 Mulige delområder ved eventuelle tiltak**

Hvis tiltak mot de forurensede sedimentene blir aktuelt, vil det være naturlig å dele det sjønære området til STX Norway Florø AS i underområder, nemlig Gaddevågen og hovedsundet utenfor bedriften. Selv om risikovurderingene så langt ikke viste vesentlige forskjeller mellom de to områdene, kan det både ut fra et praktisk og faglig synspunkt være fornuftig å gjøre en slik inndeling. Gaddevågen representerer et område hvor det praktisk og økonomisk vil være mindre utfordrende å gjennomføre tiltak enn i hovedsundet. Deler av Gaddevågen består også av grovere materiale, slik at det kan være mulig å konsentrere eventuelle tiltak (for eksempel sugemudring) til i hovedsak å omfatte indre deler av vågen. På den annen side er det den ytre delen av Gaddevågen som kanskje har de høyeste konsentrasjonene selv om sedimentet her er grovkornet. Det kan derfor være riktig å gjøre en spesialvurdering av dette området.

Hovedsundet er mer krevende og andre tiltaksmetoder må tas i bruk. Her vil for eksempel tildekking (aktive/passive masser) være en mulig metode.

## **9.6 Behov for arealbruksbegrensning**

Per i dag er det neppe aktuelt med begrensning i arealbruken. Risikovurderingene viste imidlertid at sedimentene kan utgjøre en risiko for human helse gjennom konsum av sjømat. På den annen side viste analyser av blåskjell fra Gaddevågen at konsentrasjonene var relativt lave. Behov for eventuelle kostholdsråd for området må gjøres av Mattilsynet.

## **9.7 Behov for overvåking**

Hvis det blir aktuelt å gjennomføre tiltak, bør det etableres et miljøkontrollprogram som gjennomføres under og etter tiltaksperioden. Programmet bør ha følgende målsetninger og elementer:

*Kontrollere at tiltaksarbeidet selv ikke forårsaker uakseptabel oppvirvling og spredning av forurensede partikler under gjennomføringen.*

Anbefalte elementer:

- Løpende logging av partikkelspredning under anlegg samt stikkprøvekontroll på partiklenes miljøgiftinnhold.
- Analyse av miljøgiftinnhold i lokal sjømat før og etter gjennomføringen for å fastslå om den har forårsaket spredning av biotilgjengelige miljøgifter. Fokus bør være på Hg, PAH og TBT.

*Verifisere at sedimentforholdene etter gjennomførte tiltak tilfredsstillter kravene gitt i tiltaksplanen mht dekklagstykkelse og miljøgiftnivåer.*

Anbefalte elementer:

- Fysisk karakterisering av ”ny” sjøbunn ved bruk av undervannsvideo og/eller sedimentprofilkamera.
- Kjemisk karakterisering av overflatelaget på et tilstrekkelig antall lokaliteter som grunnlag for å fastslå forurensningsgrad i det bioaktive laget og bedømme om miljømålet er oppnådd. Programmet bør omfatte vertikalprofil av utvalgte miljøgifter ned til minimum 20 cm sedimentdyp (f.eks 0-5, 5-10 og 10-20 cm) som grunnlag for å kartlegge nivåer i det nye bioaktive laget.

*Oppfølgende overvåking for å følge den langsiktige utviklingen i området.*

Anbefalte elementer:

- Sedimentundersøkelse etter anslagsvis 6 år for å bekrefte varigheten av tiltaket. Om kilder er eliminert vil ny sedimentering i stor grad være ren og bare forsterke virkningen av tildekkingen.
- Følge tidsutviklingen av miljøgifter i lokal sjømat ved ny undersøkelse etter 3 år, hvoretter behovet for videre overvåking avklares.
- Alternativt, velges ikke tiltak, må det etableres et program for såkalt ”Overvåket naturlig forbedring” som på statistisk grunnlag kan verifisere utviklingen for området.

## 10. Referanser

Bakke, T., Breedveld, G., Källqvist, T., Oen, A., Eek, E., Ruus, A., Kibsgaard, A., Helland, A., Hylland, K. 2007a. Veileder. Risikovurdering av forurenset sediment. SFT TA 2230/2007. Statens Forurensningstilsyn, Oslo. 65s.

Bakke, T., Breedveld, G., Källqvist, T., Oen, A., Eek, E., Ruus, A., Kibsgaard, A., Helland, A., Hylland, K. 2007b. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann. Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. SFT TA 2229/2007. Statens Forurensningstilsyn, Oslo. 12s

Bakke, T., Breedveld, G., Källqvist, T., Oen, A., Eek, E., Ruus, A., Kibsgaard, A., Helland, A., Hylland, K. 2007c. Bakgrunnsdokumenter til veiledere for risikovurdering av forurenset sediment og for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. SFT TA 2231/2007. Statens Forurensningstilsyn, Oslo 203s.

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

NOTEBY 1984. Ekkoloddding, boomer-profilering, innseilingsrute. Oppdragsnr. 12541.

Berdal Strømme AS 1990. Kartlegging av spesialavfall i deponier og forurenset grunn i Sogn og Fjordane (2209/B00712-3).



## Vedlegg A. Rådata

### Sedimentanalyser:

Analysevariabel	Enhet	St. I	St. III	St. IV	St. V	St. VI	St. VII	St. VIII	St. X	St. XI	St. XII
Tørrstoff	%	19,1	18,6	21,2	43,7	65,5	65,8	26,3	36,3	25,8	55,9
Kornfordeling <63µm	% t.v.	45	64	55	23	6	5	59	40	57	47
Karbon, org. total	µg C/mg TS	123	109	112	36,0	9,1	10,1	85,3	38,1	71,2	12,5
Arsen	µg/g	22	36	21	13	14	13	33	15	31	6
Kadmium	µg/g	1,6	1,1	0,96	0,63	0,71	0,71	0,77	0,3	0,3	<0,2
Krom	µg/g	61,9	85,0	55,7	78,6	369	430	55,3	26,0	44,1	13,6
Kobber	µg/g	202	303	127	216	1150	1280	128	54,1	108	10,3
Kvikksølv	µg/g	0,88	0,75	0,35	0,20	0,090	0,084	0,96	0,43	0,62	0,058
Nikkel	µg/g	50,6	77,8	38,5	194	819	858	54,5	19,5	31,9	9,1
Bly	µg/g	119	172	66,6	77,2	116	171	118	46,7	85,2	16
Sink	µg/g	477	599	270	401	1750	1950	283	99,2	187	30
PCB-28	µg/kg t.v.	2,9	2,6	0,72	<0,5	<0,5	<0,5	0,98	0,50	0,65	<0,5
PCB-52	µg/kg t.v.	4,9	4,2	1,2	0,63	1,3	2,2	0,94	0,77	0,59	0,78
PCB-101	µg/kg t.v.	8,6	15	3,0	3,6	3,9	6,1	3,7	3,5	2,5	<0,5
PCB-118	µg/kg t.v.	8,5	8,6	2,8	2,4	2,4	3,3	3,0	2,1	2,4	<0,5
PCB-153	µg/kg t.v.	i	i	i	i	8,1	11	9,7	11	i	i
PCB-138	µg/kg t.v.	12	32	4,6	7,2	6,9	10	8,4	8,0	5,7	<0,5
PCB-180	µg/kg t.v.	4,0	18	2,4	4,2	3,4	5,3	4,7	4,2	3,1	0,54
Sum PCB	µg/kg t.v.	40,9	80,4	14,72	i<18,53	<26,5	<38,4	31,42	30,07	14,94	i<3,32
Seven Dutch	µg/kg t.v.	40,9	80,4	14,72	i<18,53	<26,5	<38,4	31,42	30,07	14,94	i<3,32
Naftalen i sediment	µg/kg t.v.	42	36	14	21	16	9,9	44	32	33	2,3
Acenaftylen	µg/kg t.v.	34	64	38	22	15	32	50	27	43	2,5
Acenaften	µg/kg t.v.	100	230	73	200	140	25	61	62	33	2,2
Fluoren	µg/kg t.v.	71	130	44	120	110	14	56	56	34	<2
Dibenzotiofen	µg/kg t.v.	28	58	21	27	20	5,3	35	38	23	<2
Fenantren	µg/kg t.v.	400	930	340	400	240	81	500	560	340	18
Antracen	µg/kg t.v.	90	180	69	65	54	54	95	120	79	3,4
Fluoranten	µg/kg t.v.	900	1800	880	630	490	240	1000	860	710	32
Pyren	µg/kg t.v.	750	1400	710	490	380	210	830	700	580	29
Benz(a)antracen	µg/kg t.v.	640	1200	550	390	320	230	730	580	520	23
Chrysen	µg/kg t.v.	490	970	410	300	270	210	520	400	350	19
Benzo(b+j)fluoranten	µg/kg t.v.	1300	2200	980	630	540	610	1500	950	1000	68
Benzo(k)fluoranten	µg/kg t.v.	440	730	330	210	180	200	510	330	350	23
Benzo(e)pyren	µg/kg t.v.	620	1100	470	290	260	310	760	480	520	37
Benzo(a)pyren	µg/kg t.v.	720	1300	570	370	310	390	890	620	610	32
Perylen	µg/kg t.v.	160	280	240	75	59	81	160	120	110	6,1
Indeno(1,2,3cd)pyren	µg/kg t.v.	570	960	420	240	200	280	810	470	560	53
Dibenz(ac+ah)antrac.	µg/kg t.v.	99	180	74	49	43	48	130	78	93	7,5
Benzo(ghi)perylene	µg/kg t.v.	430	700	330	170	140	200	610	350	420	48
Sum PAH	µg/kg t.v.	7884	14448	6563	4699	3787	3230,2	9291	6833	6408	<410
Sum PAH16	µg/kg t.v.	7076	13010	5832	4307	3448	2833,9	8336	6195	5755	<364,9
Sum KPAH	µg/kg t.v.	4301	7576	3348	2210	1879	1977,9	5134	3460	3516	227,8
Monobutyltinn	µg MBT/kg	220	420	160	88	2,7	6,0	31	1,8	69	2,0
Dibutyltinn	µg/kg t.v.	430	670	320	79	34	12	57	10	3,7	<1
Tributyltinn	µg/kg t.v.	1800	5100	2500	1200	630	170	340	170	370	14
Monophenyltinn	µg/kg t.v.	20	39	10	5,9	<1	<1	4,0	<1	2,5	<1
Diphenyltinn	µg/kg t.v.	5,8	50	5,3	7,9	<1	<1	2,5	<1	1,2	<1
Triphenyltinn	µg/kg t.v.	<1	4,4	<1	6,2	3,4	<1	<1	11	5,2	<1

i : Forbindelsen er dekket av en interferens i kromatogrammet.

SUM PCB er summen av polyklorerte bifenylter som inngår i denne rapporten.

Seven dutch er summen av polyklorerte bifenylter 28,52,101,118,138,153 og 180.

SUM PAH16 omfatter flg forbindelser: naftalen, acenaftylen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benz(a)antracen, chrysen, benzo(b+j)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren, dibenz(a,c+a,h)antracen, benzo(ghi)perylene.

SUM KPAH er summen av benz(a)antracen, benzo(b+j+k)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren, dibenz(a,c+a,h)antracen, chrysen og naftalen<sup>1</sup>. Disse har potensielt kreftfremkallende egenskaper i mennesker i flg International Agency for Research on Cancer, IARC (1987, Chrysen og naftalen fra 2007). De tilhører IARC's kategorier 2A + 2B (sannsynlig + trolig carcinogene). Chrysen og naftalen ble inkludert i våre rapporter f.o.m. 18.09.2008.

SUM PAH er summen av alle PAH-forbindelser som inngår i denne rapporten.

## Blåskjellanalyser:

## Analyserapport

Moss

NIVA - Norsk Institutt for Vannforskning  
Jarle Håvardstun  
Televeien 3  
4879 Grimstad

Analyserapport

Rapport utført av  
akkreditert laboratoriumReport issued by  
Accredited Laboratory

Parameter	Enhet	Målu.	Målu.	Ref/Metode	Lab
Kundenummer	8183161-1372086	Prøvemottak	14.10.2008	Side 1 (3)	
Prøvetype	Miljøprøve	Analysereport klar	07.11.2008		
Oppdragsmerking	O - 28161, biotapprøver mottatt 30/9-08				
Lab.nr.	NOV041627-08	NOV041628-08			
Sted for prøvetaking	Blåskjell	Blåskjell			
Tatt ut	30.09.2008	30.09.2008			
Merket	Fløre st. 1	Fløre st. 2			
Parameter	Enhet	Målu.	Målu.	Ref/Metode	Lab
TriCB(#28)	pg/g fw	66.4	75.6	OMASQ	Blåskjell Gfa
TetraCB(#52)	pg/g fw	233	261	OMASQ	Blåskjell Gfa
PentaCB(#101)	pg/g fw	636	803	OMASQ	Blåskjell Gfa
PentaCB(#118)-IND	pg/g fw	468	558	OMASQ	Blåskjell Gfa
HexaCB(#138)	pg/g fw	773	969	OMASQ	Blåskjell Gfa
HexaCB(#153)	pg/g fw	1190	1320	OMASQ	Blåskjell Gfa
HeptaCB(#180)	pg/g fw	107	166	OMASQ	Blåskjell Gfa
Total 7 Indicator PCB excl. LOQ	pg/g fw	3470	4150	OMASQ	Blåskjell Gfa
Total 7 Indicator PCB incl. LOQ	pg/g fw	3470	4150	OMASQ	Blåskjell Gfa
Fluorene	µg/kg	1.3	1.6	InternWEJ	/Analytik
Phenantrene	µg/kg	9.5	12	InternWEJ	/Analytik
Anthracene	µg/kg	1.2	1.6	InternWEJ	/Analytik
Fluoranthene	µg/kg	12	14	InternWEJ	/Analytik
Pyrene	µg/kg	19	24	InternWEJ	/Analytik
Benzo(a)anthracene	µg/kg	5.1	5.5	InternWEJ	/Analytik
Chrysene / Triphenylene	µg/kg	19	22	InternWEJ	/Analytik
Benzo(b)fluoranthene	µg/kg	9.0	9.6	InternWEJ	/Analytik
Benzo(k)fluoranthene	µg/kg	4.3	5.8	InternWEJ	/Analytik
Benzo(a)pyrene	µg/kg	2.5	3.3	InternWEJ	/Analytik
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	µg/kg	1.2	1.7	InternWEJ	/Analytik
Dibenzo(a,h)anthracene	µg/kg	<0.5	<0.5	InternWEJ	/Analytik
Benzo(g,h)perylene	µg/kg	2.4	3.1	InternWEJ	/Analytik
Sum of "heavy" PAH (>=5 rings)	µg/kg	19	23	InternWEJ	/Analytik
Sum of all positive identified PAH	µg/kg	86	100	InternWEJ	/Analytik
TBT	µg/kg fw	198	152	metho	Blåskjell Gfa
TS	%	84.9	84.8		L
Kadmium Cd	mg/kg	0.13	0.13	±20%	NMKL161 mod.: I L
Kadmium Cd	mg/kg TS	0.15	0.15	±20%	NMKL161 mod.: I L
Krom Cr	mg/kg	0.19	0.26	±20-30%	NMKL161 mod.: I L
Krom Cr	mg/kg TS	0.22	0.31	±20-30%	NMKL161 mod.: I L
Kopper Cu	mg/kg	2.0	2.5	±15-25%	NMKL161 mod.: I L
Kopper Cu	mg/kg TS	2.4	2.9	±15-25%	NMKL161 mod.: I L
Kvikksølv Hg	mg/kg	<0.02	<0.02	±25%B	ALC808mod: AFS L
Kvikksølv Hg	mg/kg TS	<0.024	<0.024	±25%B	ALC808mod: AFS L
Nickel Ni	mg/kg	0.21	0.18	±25-40%	NMKL161 mod.: I L

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo  
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00  
[www.niva.no](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)