

BERGEN KOMMUNE

FORURENSET SJØBUNN I VÅGEN OPPDATERT RISIKOVURDERING

RAPPORT



Dokumentinformasjon		
Tittel: Oppdatert risikovurdering av forurenset sjøbunn i Vågen, Bergen		
Prosjektnummer: A005136 / 128869	Dokumentnummer: A005136-2013-03	
Versjon: 2	Utgivelsesdato: 29.10.14	
Oppdragsgiver: Bergen kommune	Kontaktperson hos oppdragsgiver: Per Vikse	
Stikkord (norsk): Sjøsediment, PCB, PAH, kvikksølv, risikovurdering, spredning, helserisiko, toksisitet, økologi, biotilgjengelighet, erosjon		
Stikkord (engelsk): Contaminated sediments, PCB, PAH, mercury, risk assessment, health risks, toxicity, erosion, ecological effects, bioavailability		
Sammendrag: <p>Sjøbunnen i Vågen, Bergen havn, er forurenset av metaller og ulike organiske miljøgifter. Vurdering av risiko for miljøskade og spredning av forurensning fra sedimentene er en viktig del av grunnlaget for beslutning om miljøtiltak og utarbeiding av konkrete planer for opprydding. En oppdatering av risikovurderingen for Vågen er gjennomført til og med trinn 3, basert på gjeldende veileder, Klif TA 2802/2011 med tilhørende regneverktøy versjon 4. Datagrunnlaget er supplert med nye og flere typer målinger for å øke sikkerheten i resultatene og gjøre vurderingene mer stedsspesifikke. Lokal biotilgjengelighet av miljøgifter er undersøkt spesielt. Det er beregnet risiko for human helse, økologisk skade og spredning av forurensning.</p> <p>Vågen er en 1,3 km lang fjordarm. Ingen elver eller bekker av betydning fører inn til Vågen. Fjorden består av et indre fjordbasseng og en terskel som skiller Vågen og Byfjorden utenfor. Vågen er påvirket av skipstrafikk, og oppvirvling av sediment på grunn av skipstrafikk er den dominerende spredningsmekanismen for miljøgifter. Størst spredning ut av Vågen foregår trolig fra områdene rundt Strandkaiaen der erosjonen er størst, og fra området utenfor terskelen der det anløper store skip og det er sterkeste strøm ut mot Byfjorden. Kvantitative beregninger av mengde spredning er imidlertid usikre. Resultatene viser at miljøgiftene i sedimentene er til dels sterkt bundet, og det er ikke sammenheng mellom konsentrasjon i sedimentet og opptak i organismer. Opptak av organiske miljøgifter i bunndyr er størst i sediment fra terskelen. Lokal spredning til næringskjeden er begrenset, men høyt konsum av lokalt fanget sjømat kan utgjøre en risiko for human helse knyttet til PCB og kvikksølv. Det er påvist risiko for økologisk skade ved overskridelse av grenser for toksisitetstester og konsentrasjon av miljøgifter i sediment og porevann. Spredning av forurensning fra Vågen til Byfjorden ansees som den største risikoen fra området og utgjør et bidrag til økt risiko for human helse gjennom opptak i sjømat. Den beregnede risikoen er ifølge Klif 2802/2011 ikke akseptabel og det må gjennomføres tiltaksvurdering.</p> <p>Det anbefales at videre arbeid hovedsakelig baseres på å stanse spredning av miljøgifter til Byfjorden. Forholdene i Vågen er sammensatte og det er forventet at tiltak må benytte en kombinasjon av mudring og tildekking. Eksisterende miljømål bør revideres og det må etableres konkrete og realistiske tiltaksmål. Synkronisering av miljøtiltak og havnens vedlikehold- og utviklingsplaner vil være vesentlig for videre framdrift av prosjektet. Tiltaksløsning må balanseres i forhold til miljø, samfunn og økonomi for å få aksept.</p>		
Utarbeidet av:  Ane Gjesdal	Oppdragsleder:  Oddmund Soldal	Kvalitetssikrer:  Arve Misund

INNHOOLD

1	Innledning	5
2	Beskrivelse av Vågen	5
2.1	Arealbruk og skipstrafikk	6
2.2	Vannkvalitet og bunndyrforhold	7
2.3	Forurensningskilder	7
2.4	Kostholdsråd	8
2.5	Ønsket miljøtilstand	8
2.6	Risikovurdering fra 2004	8
2.7	Kulturminner	9
3	Utvidet sedimentundersøkelse	10
3.1	Prøvetaking	10
3.2	Laboratoriearbeid	18
3.3	Miljøgifter i sediment	18
3.4	Toksisitet	21
3.5	Porevann	22
3.6	Redoks (Eh)	23
3.7	Metallsulfider (SEM/AVS)	24
3.8	Bioakkumulasjon av miljøgifter	26
4	Metode for risikovurdering	28
5	Risikovurdering trinn 1	28
5.1	Resultater - trinn 1	34
6	Risikovurdering trinn 2 og 3	35
6.1	Stedsspesifikke forutsetninger	35
6.1.1	Faktorer av betydning for spredning	36
6.1.2	Faktorer av betydning for human helse	40
6.1.3	Faktorer av betydning for økologisk effekt	44
6.2	Resultater, risiko for spredning av miljøgifter	44
6.3	Resultater, risiko for human helse	50
6.4	Resultater, risiko for økologisk effekt	54
6.5	Metodens følsomhet	57
6.6	Resultater av risikovurdering 2004 kontra 2013	58
6.7	Samlet risikovurdering trinn 2 og 3	59
7	Konklusjoner og anbefalinger	64
8	Referanser	66

9	Vedlegg	69
1.	Sedimentanalyser klassifisert etter Klif TA-2229/2007	69
2.	Stedsspesifikke data	69
3.	Beregningstabeller trinn 1	69
4.	Beregningstabeller og diagrammer trinn 2-3	69
5.	Kd-verdier	69
6.	Biotilgjengelighet av miljøgifter i sediment fra Vågen, NIVA	69
7.	Analyserapporter, ALS Laboratory Group	69
8.	Analyserapporter, NGI	69
9.	Feltlogg, Cowi AS	69
10.	Analyseresultater av fiskefilet, NIFES	69

Revisjonsoversikt

Versjon	Dato	Merknad	Signatur
1	20.6.13		AMG
2	29.10.14	Korrigeringer; opptak i bunndyr (enhet mg/kg TS), sedimenttype VÅG 1 (sand)	AMG

1 Innledning

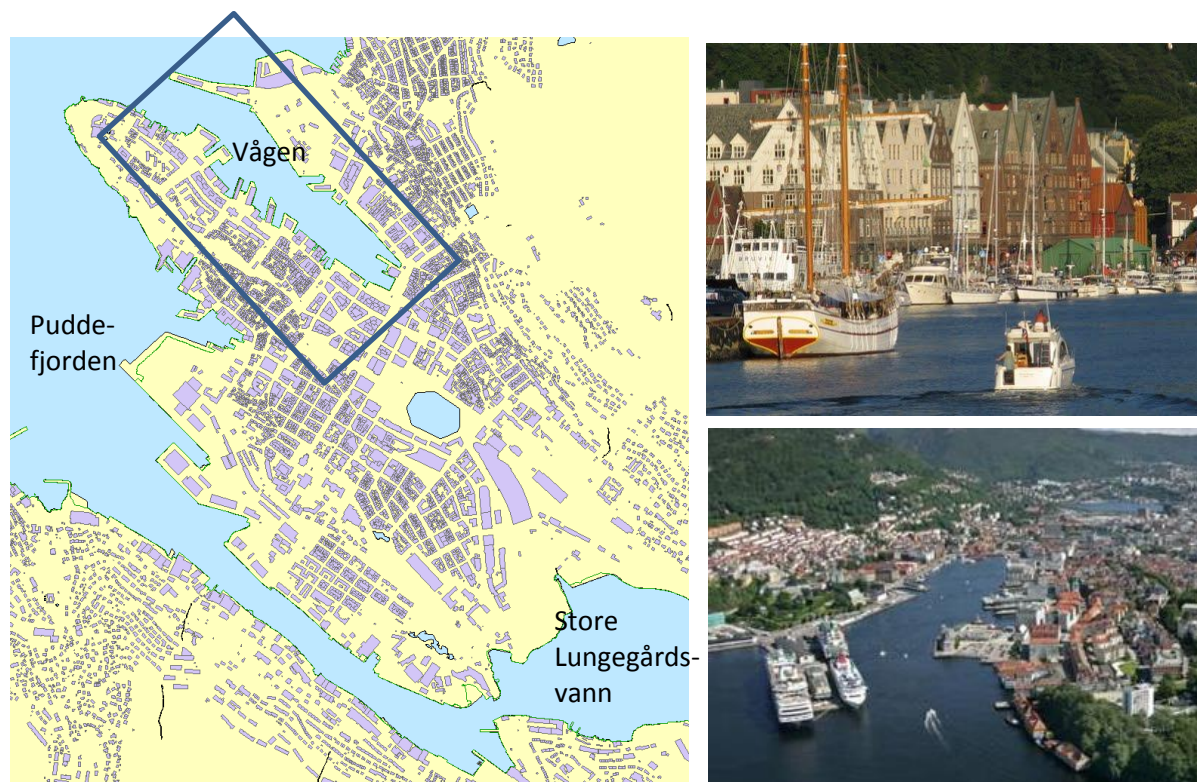
Sjøbunnen i Vågen, Bergen havn, er forurenset av metaller og ulike organiske miljøgifter. Vurdering av risiko for miljøskade og spredning av forurensning fra sedimentene er en viktig del av grunnlaget for beslutning om miljøtiltak og utarbeiding av konkrete planer for opprydding. Det er tidligere gjort en risikovurdering for Vågen basert på konsentrasjonen av et utvalg miljøgifter i sedimentene, Bergen havn Tiltaksplan fase II 2005 [5]. I ettertid er Klima- og forurensningsdirektoratets veileder for risikovurdering av forurenset sediment forbedret flere ganger og grenseverdier er justert. En oppdatering av risikovurderingen for Vågen er nå gjennomført basert på gjeldende veileder, Klif TA 2802/2011[10]. Datagrunnlaget er supplert med nye og flere typer målinger for å øke sikkerheten i resultatene og gjøre vurderingene mer stedsspesifikke. Risikovurdering er gjennomført til og med trinn 3. Det er beregnet risiko for human helse, økologisk skade og spredning av forurensning.

2 Beskrivelse av Vågen

Vågen ligger i Bergen sentrum og er omkranset av bybebyggelse og kaier. Området har stor betydning for det lokale næringslivet og er et viktig element i bybildet, figur 1.

Analysen av sjøbunnen har vist at sedimentene er særlig forurenset av metallene kvikksølv, bly, kobber og sink samt organiske miljøgifter som polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), polyklorerte bifenyler (PCB) og organiske tinnforbindelser som tributyltinn (TBT).

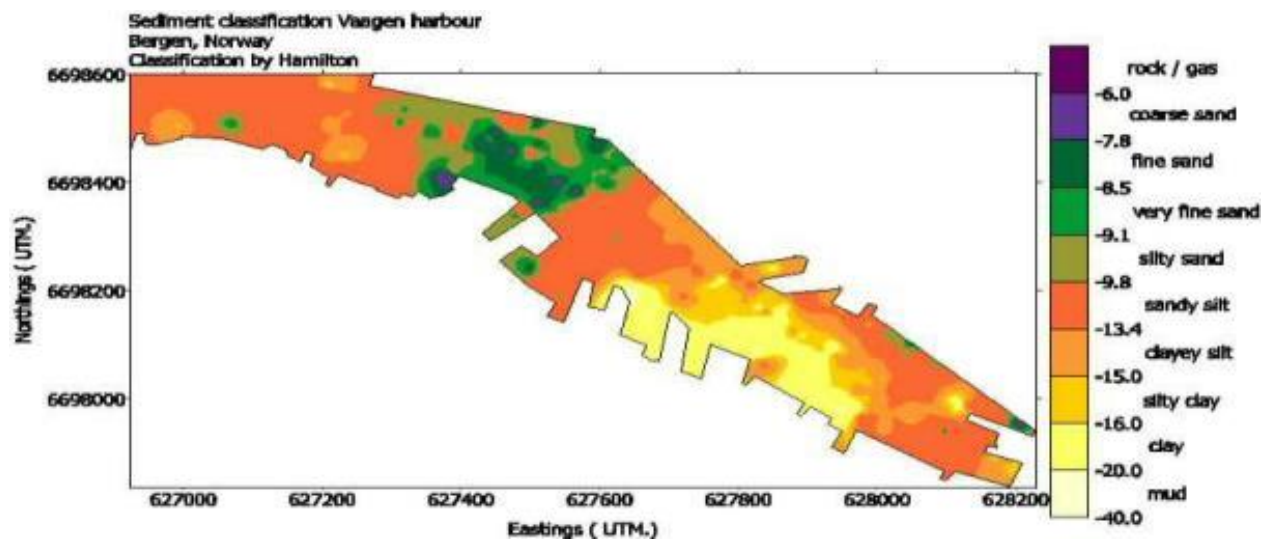
Vågen er en 1,3 km lang terskelfjord. Dybden varierer fra 3 meter ved de grunneste kaifrontene og til 17 meter i det dypeste bassenget. I de dypeste områdene innenfor terskelen er sedimentene bløte, med mye finstoff og organisk materiale, mens det i innerste del er noe mer sand. Terskelen er på ca. 9 meter dyp, og bunnen her er hard og sedimentene sandige og grove. Utenfor terskelen er bunnen sandig, se figur 2 og 3. Totalt areal er 240.000 m²



Figur 1 Oversiktskart over Bergen og Vågen (foto www.brann.no, www.panoramico.com)



Figur 2 3-D modell som viser bunntopografien i Vågen (Geosubsea AS, 2009) Blå farge markerer de dypeste områdene på begge sider av terskelen.



Figur 3 Sedimenttyper i Vågen, Wever 1999

2.1 Arealbruk og skipstrafikk

Vågen er en travel havn for cruiseskip, regional passasjertrafikk og gjestehavn for private småbåter samtidig som den trafikkeres av supply-, gods- og fangstfartøy. Bergen og Omland havnevesen (BOH) har ansvar for forvaltning og utvikling av havneområdene. I følge BOH sin anløpsstatistikk er det årlig ca. 10.000 skipsanløp i Vågen. Størst trafikk av større fartøy er til de ytre kaiene; Skoltegrunnskaaien, Festningskaaien og Tollbodkaiene. Strandkaaien i indre del av Vågen er terminal for regionale

hurtigbåter. Bryggen og øvrige kaier innerst i Vågen er en populær gjestehavn for småbåter. Med unntak av et mindre område nordvest for Tollbodkaien, er hele arealet påvirket av skipstrafikk, figur 2.

Kommunedelplan for Bergen indre havn

I 2012 vedtok Bergen kommune ny kommunedelplan for Bergen indre havn [1]. Kommunedelplanen gir rammer for fremtidig bruk av havnearealene og tilstøtende sjøområder i perioden fram til år 2025 og avklarer forholdet mellom havneaktiviteten og andre byfunksjoner. Av betydning for Vågen ligger det i planen at utenlands fergetrafikk skal flyttes fra Skolten til Nøstet/Dokken i Puddefjorden. Skolten og Festningskaaien videreutvikles til cruisehavn med kobling mot kultur og turisme. Det foreligger en godkjent reguleringsplan for fremtidig utvidelse og utretting av den nordlige siden på Skoltegrunnskaaien. Inngjerding av Festningskaaien skal opphøre og allmennhetens tilgang til sjøen skal styrkes. Vågen beholdes som havn for regional båttrafikk, gjestehavn og avlastningskaier. Sjøflaten skal i hovedsak bevares og farleder skal sikres. Alle tiltak og planformål skal ivareta gode miljøløsninger. Kommunedelplanen stiller krav om at det skal utarbeides ROS-analyser i forbindelse med alle planer og tiltak som skal gjennomføres [1].

2.2 Vannkvalitet og bunndyrforhold

Byfjordsundersøkelsen er et resipientovervåkingsprogram som regelmessig undersøker forholdene i fjordsystemet rundt Bergen [31, 32].

Programmet har en fast prøvestasjon i indre del av Vågen på 11 meter dyp. Resultater av vannprøver fra perioden 1992-2011 har vist et oksygeninnhold på 4,4-6 mg/l ved 9 meters dyp. Dette tilsvarer tilstandsklasse I (meget god) sammenliknet med Klif sine tilstandsklasser for oksygeninnhold i bunnvann. Undersøkelsen omfatter også måling av næringsstoffer og klorofyll i vann. Konsentrasjonen av miljøgifter i vannet inngår ikke i måleprogrammet.

Bunndyrdiversiteten i Vågen har i perioden fra 1990 til i dag variert fra 1,3-2,7 i Shannon Wiener diversitetsindeksverdi. Dette tilsvarer tilstandsklasse III (moderat) og IV (dårlig). I 2011 var diversitetsindeksen på 2,6 og jevnheten på 0,47 (klasse III). Det var en overvekt av børstemark fra slekten *Chaetozone* og de fire mest tallrike artene stod for 88 % av individtallet, noe som trekker ned indeksverdiene. Det var likevel en forbedring fra tidligere undersøkelser [32].

2.3 Forurensningskilder

Forurensningshistorie og omfanget av industriutslipp og utslipp fra deponi og forurenset grunn til Bergen havn er beskrevet i Tiltaksplan fase II, vedlegg C: Teknisk notat fra Norges Geotekniske Institutt 2004 [5]. I området rundet Vågen har landbasert næringsvirksomhet, stått for de største bidragene til forurensningen i sjøsedimentene. Forurensningen er et resultat av utviklingen av byen. Utslipp har pågått over tid. Kildene er gamle, komplekse, dels ukjente og diffuse. Tidligere utslipp av avløpsvann til Vågen er sanert og avløpet ledes i dag til Ytre Sandviken renseanlegg nord for sentrum [5].

Avrenningsvann fra tette flater som fasader, tak, plasser og veier drenerer på overflaten direkte til sjø eller til nærmeste gatesluk og videre inn på avløpsnett, Ved store nedbørsmengder avlastets avløpsnett ved utslipp til Vågen gjennom overløp flere steder. Undersøkelser av materialet fra sandfangskummer i veisluk er gjennomført av NGU i 2005 og COWI i 2012. Resultatene viser at overvann samler opp og transporterer forurensning fra land [5, 4]. Sammenliknet med tilstandsklasser for sediment, Klif TA 2229/2007, er det i sandfangsmaterialet funnet PAH-forbindelser og TBT i tilstandsklasse V, PCB, sink og bly i klasse IV. Sandfangene tømmes regelmessig, og i hvilken grad forurensning fra overvannvaskes videre ut i havnebassenget er usikkert [4].

Beregninger fra 2004 viste at utlekking fra forurenset grunn også kan gi et begrenset bidrag til spredning av miljøgifter til Vågen [5]. Generelt vil også havnedrift og aktiviteter i bysentrum bidra til en kontinuerlig forureningsbelastning i området.

2.4 Kostholdsråd

Nasjonalt Institutt for ernærings- og sjømatforskning (NIFES) har gjennomført flere undersøkelser av fisk og sjømat fanget i Byfjorden. Resultatene viser høye forekomster av miljøgiftene kvikksølv, PCB og dioksinliknende PCB [17,18,19]. Mattilsynet har derfor gitt kostholdsråd for dette fjordområdet og fraråder inntak av fiskelever og ål i tillegg til dypvannsfisk og brunmat i krabbe [16]. Det foregår et begrenset fritidsfiske ved ulike fiskeplasser i Bergen sentrum. Nærmeste fiskeplass til Vågen er Bontelabo nordøst for utløpet av Vågen.

2.5 Ønsket miljøtilstand

Gjeldende miljømål for opprydning av sedimenter i Bergen ble etablert i Tiltaksplan I (2002) [8]. Tiltaks mål ble satt til tilstandsklasse II eller bedre i sedimentene. Det langsiktige målet for tiltak i Bergen havn var satt slik *Tiltak skal bidra til at kostholdsrådsrestriksjonene for torskelever skal kunne oppheves og å redusere innholdet av miljøgifter i andre spiselige organismer. Et slikt mål innebærer også at andre kilder til PCB utover forurenset sediment i havnebassenget må fjernes.*

Miljømålet har vært gjenstand for diskusjon og skal revideres basert på resultat av nyere undersøkelser, oppdatert risikovurdering og generelle anbefalinger fra Klif i veileder for håndtering av sedimenter, 2960/2012 [34]. Det skal utarbeides lokalt forvaltningsmål og tiltaks mål for Vågen [3].

I arbeidet med vannforvaltning etter vannforskriften hører Bergen havn inn under vannregion Hordaland, vannområde Vest. Generelt miljømål for naturlige vannforekomster, inkludert kystvann, er at alle vannforekomster skal ha *minst god økologisk og kjemisk tilstand* vurdert ut fra et nasjonalt klassifiseringssystem for overflatevann. I tillegg til standard miljømål kan det settes brukermål for vannforekomsten, for eksempel at man skal kunne spise fisken. For sterkt modifiserte vannforekomster (SMVF) kan det defineres mindre strenge og tilpassede miljømål [7]. Byfjorden i Bergen har vannforekomst ID 0261010800-1-C og er klassifisert som vannforekomst med risiko for ikke å beholde eller oppnå god eller svært god miljøtilstand innen 2021[6]. Lokale miljømål og tiltaksanalyse er en del av det pågående arbeidet med forvaltningsplanen for Vannregion Hordaland [7].

2.6 Risikovurdering fra 2004

I forbindelse med Bergen havn Tiltaksplan fase II gjennomførte Norges Geotekniske Institutt (NGI) en risikovurdering av forurenningen i sedimentene i Vågen, Puddefjorden og Store Lungegårdsvann [5,33]. Formålet med risikovurderingen var å kunne gjøre en prioritering av delområder. Daværende risikoverktøy ble benyttet (versjon 25.05.2003) og vurderingene ble utført i trinn 1 og 2. Beregninger ble gjort for miljøgiftene bly, kobber, kvikksølv og PCB fordi disse forbindelsene forekom i høye konsentrasjoner i Bergen havn og således vil være styrende for valg av tiltak. PAH og TBT forekom også i høye konsentrasjoner, men var ikke inkludert i risikovurderingen på grunn av manglende datagrunnlag.

Resultatene for beregnet human eksponering fra 5 delområder i Vågen viste størst overskridelse av akseptabel helserisiko med hensyn på PCB og mindre overskridelser for bly. For PCB ble grensen for maksimal tolererbar risiko (MTR 10 %) overskredet 25-136 ganger. For bly var overskridelsene 0,7-1,6 ganger, for kvikksølv 0,2-1,2 ganger, mens det for kobber ikke ble beregnet noen overskridelse.

Spredningsberegningene viste at spredningen av bly og kvikksølv var størst innerst i Vågen, mens området på terskelen hadde høyest spredning av PCB.

Vurdert opp mot resultatene for alle delområdene i tiltaksområdet Bergen havn ble Vågen plukket ut som et av de prioriterte områdene for tiltak. Det ble anbefalt å påbegynne tiltak innerst i Vågen der overskridelsene for PCB var betydelige og overskridelsene for bly og kvikksølv var høyest [5].

2.7 Kulturminner

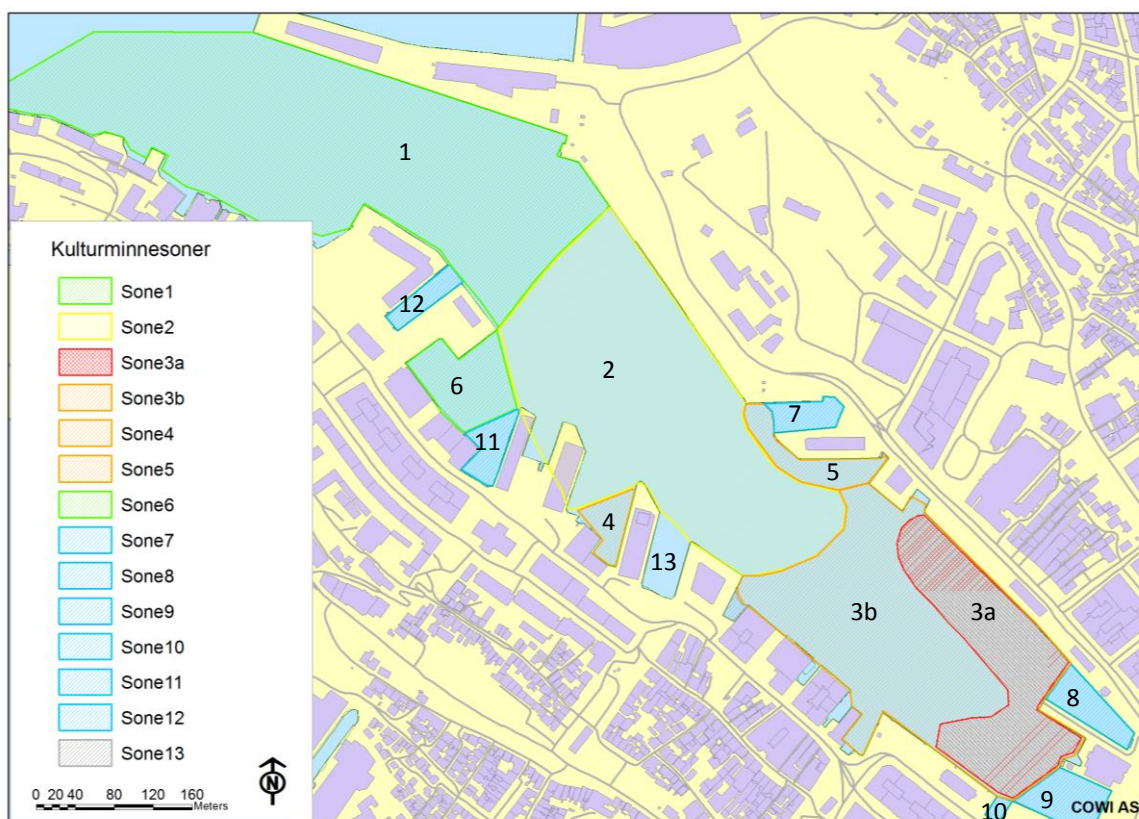
Vågen har historisk verdi og inngår i *Middelalderbyen Bergen*. Området ved Bryggen er oppført på UNESCOs Verdensarvliste. Sjøbunnen er vernet av Kulturminneloven. Bergens Sjøfartsmuseum har gjennomført en marinarkeologisk forundersøkelse i Vågen og kartlagt funnpotensialet for kulturminner i ulike delområder [21]. Vågen er delt inn i 3 hovedsoner og 10 mindre områder som vist i figur 4.

Sone 1 – Ytre del av Vågen: Potensiale for løsfunn av ballast og for løsfunn av gjenstander. Begrensede muligheter for kulturlag.

Sone 2 – Midtre del av Vågen: Potensiale for gjenstandsfunn, skipsvrak og kulturlag. Tykke sedimentlag som gir gode bevaringsforhold. Noe forstyrret (eksplosjon 1944).

Sone 3 – Indre del av Vågen: Høyt potensiale for funn av kulturminner og gjenstander tilbake til middelalderen, slutten av vikingtiden kan ikke utelukkes. Innenfor rødskravert område er potensialet svært høyt. Gode bevaringsforhold.

Sone 4-13 – Mindre hoper: Funnpotensialet er vurdert for hvert enkelt område



Figur 4 Vågen, kulturminnesoner. Skisse basert på kart i [21]Bergens Sjøfartsmuseum 2010

3 Utvidet sedimentundersøkelse

For å supplere tidligere datagrunnlag og se nærmere på forurensningens tilgjengelighet for opptak i organismer ble det i 2012 gjennomført en utvidet sedimentundersøkelse i Vågen.

3.1 Prøvetaking

Før prøvetaking ble Vågen delt inn i fem delområder basert på dybdeforhold, sedimenttype og aktivitet ved kaier, figur 5. Inndelingen tok også hensyn til Bergens Sjøfartsmuseum sine soneinndeling etter funnpotensiale og bevarte kulturlag [21], figur 4. Det var et mål å få frem interne variasjoner i sedimentforholdene i Vågen. Områdene nært kaifrontene ble prøvetatt spesielt.

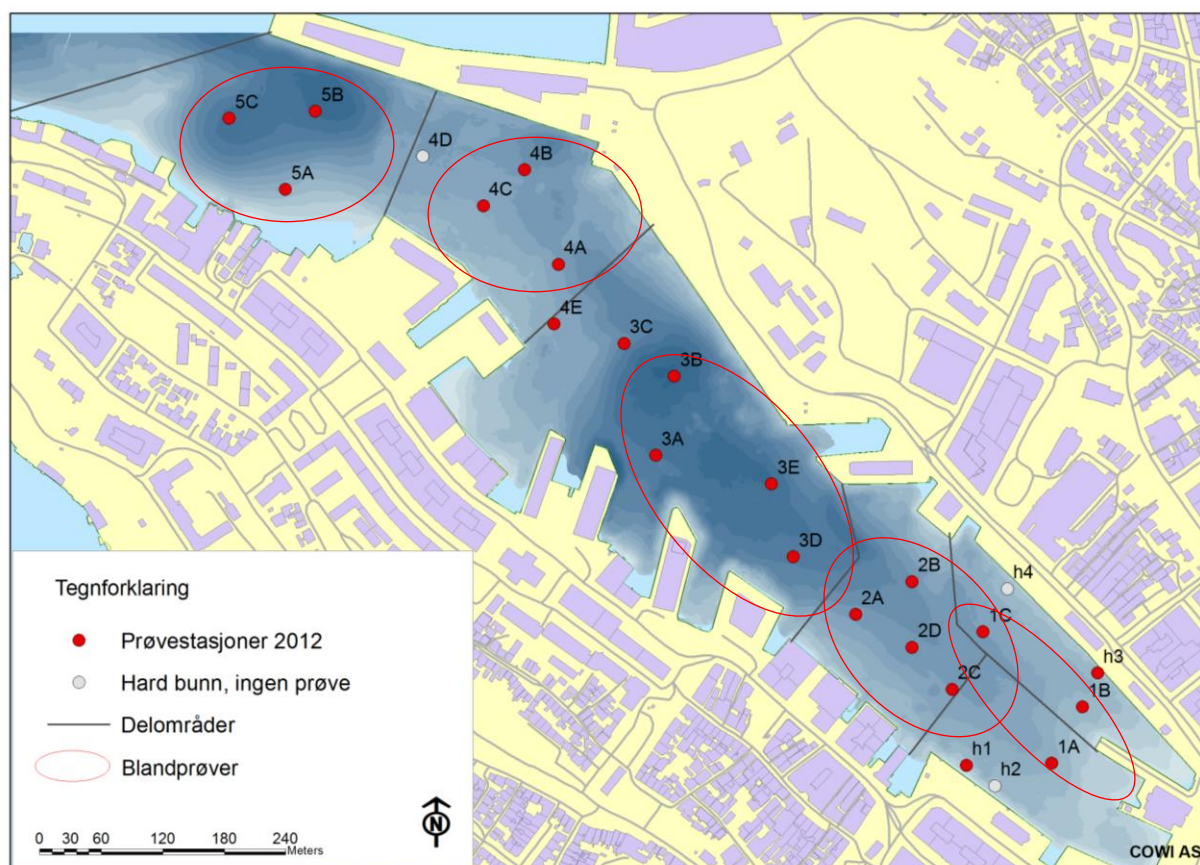
VÅG 1 Indre og grunneste del av Vågen ved Strandkaaien og Bryggen (5-10m)

VÅG 2 Dypere område av indre Vågen (8-12 m)

VÅG 3 Dypeste område i Vågen, basseng på innside av terskel (10-17 m)

VÅG 4 Terskel (8-11 m)

VÅG 5 Område utenfor terskelen (6-15 m)



Figur 5 Vågen, prøvestasjoner sedimentundersøkelse (2012)

Feltarbeidet ble gjort av COWI fra MS Solvik i juni 2012. MS Solvik er utstyrt for å kunne ta ulike typer vann- og sedimentprøver og har GPS og navigasjonsutstyr for nøyaktig angivelse av dybde og posisjon. Mannskapet har erfaring fra en rekke prøvetakingstokt. Det var på forhånd innhentet tillatelse fra Riksantikvaren til prøvetaking i vernet område.

Prøvene ble tatt med Van Veen grabb (0,1 m², 20 liter). For å unngå baugbølge og oppvirvling av sediment ved prøvetaking har grabben luker på toppen som slipper vann gjennom mens grabben senkes sakte mot sjøbunnen. Prøvene ble fortløpende inspisert via lukene i toppen. Kriteriet for akseptabel prøve var lukket grabb, horisontal prøve og klart vann over prøvematerialet. Vann ble dekantert ut før grabben ble åpnet. Det ble tatt minimum 4 grabbhugg per prøvepunkt.

Prøver ble samlet inn fra 21 av 24 planlagte prøvestasjoner som vist i kart, figur 5. I 3 stasjoner var det ikke mulig å få opp prøve fordi bunnen var for hard og grov (VÅG 4D, VÅG h2, VÅG h4). Prøver ble samlet fra de 10 øverste cm av sedimentet. Prøvestasjonene representerte delprøver og delprøver som var typiske for området ble samlet til en blandprøve for hvert av de fem delområdene, VÅG 1-5. Det ble også hentet enkeltprøver fra områder nær kaier der bunnen er påvirket av propellersosjon. Utypiske prøver fra overgangssoner mellom delområdene ble ikke tatt med i blandprøvene (3C, 4E).

Prøver til kjemisk analyse, toksisitetstester, helsedimenttest og organiske miljøgifter i porevann ble homogenisert om bord og fordelt i emballasje tilsendt fra laboratoriet, totalt ca. 15 liter. Det ble samlet inn 10 liter prøve til bioakkumulasjonstester. Materialet ble homogenisert i felt og oppbevart i bøtter av polypropylen.



Figur 6 Van veen grabb

Prøver til analyse av syreløselige sulfider og samtidige metaller (AVS/SEM) og redoks-potensiale ble overført mest mulig uforstyrret til glasskrukker med minst mulig kontakt med oksygen. Glasskrukkene ble fylt helt fulle. Prøver til analyse av metaller i porevann ble overført til rilsanposer med minst mulig kontakt med oksygen. Prøvene ble oppbevart mørkt og kjølig eller frosset fram til levering til laboratorium avhengig hvilke analyse som skulle utføres. Det ble samlet inn ekstra prøvemateriale som er lagret på fryselager i tilfelle behov for ytterligere analyser.

Prøvematerialets farge, konsistens, lagdeling, kornstørrelse, skjellrester, lukt, og innhold av levende organismer ble registrert. Bilder og observasjoner av delprøver er beskrevet i feltnotat, vedlegg 9. Generell beskrivelse av prøver fra delområdene er gitt i tabell 1.

Tabell 1 Beskrivelse av sedimentprøver fra Vågen, 2012

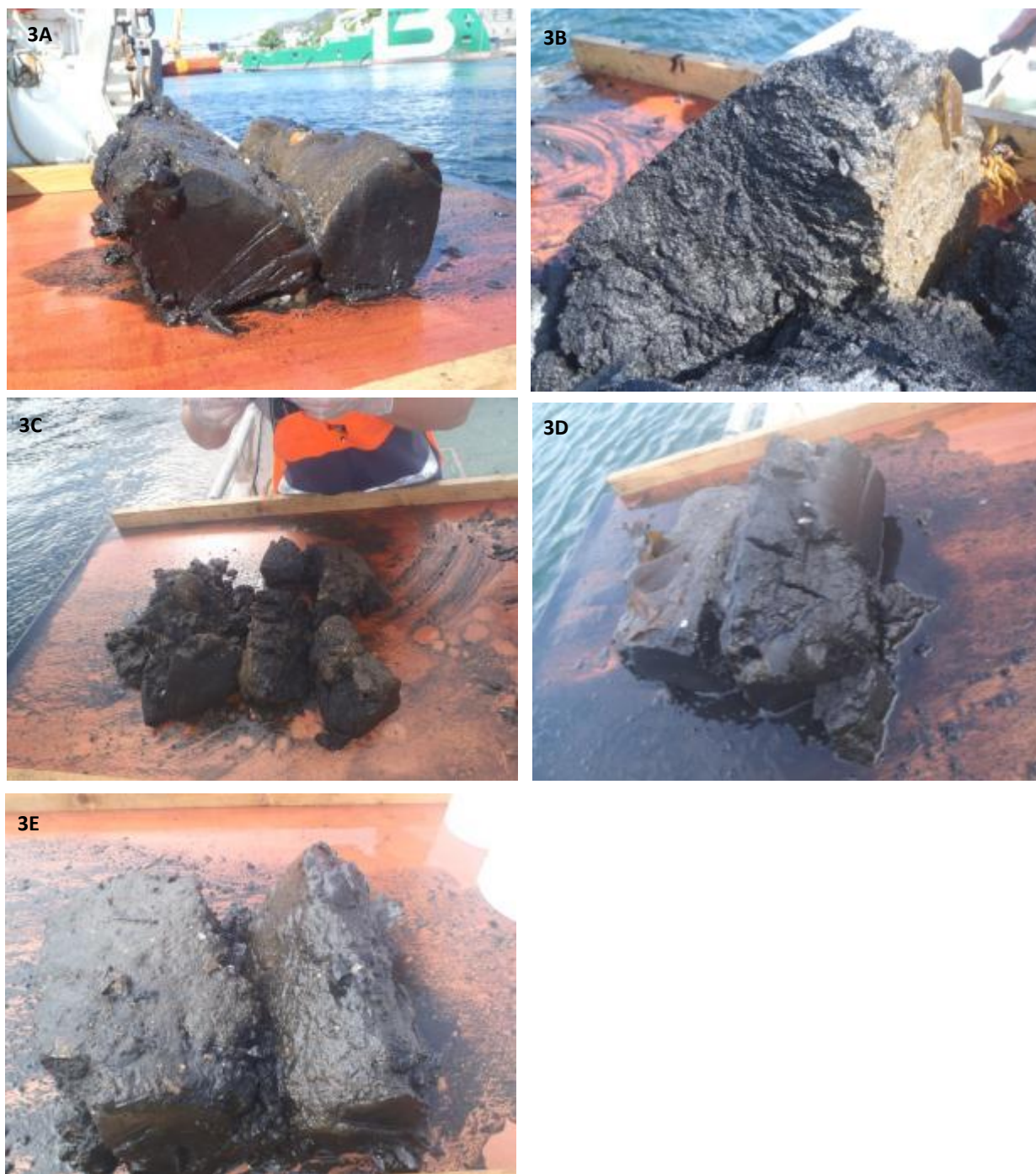
Delområde	Prøve	Delprøver i blandprøven	Beskrivelse	Bilder
VÅG 1	Blandprøve BL VÅG 1	VÅG 1A, 1B, 1C	1-2mm gråbrunt topplag over svart sediment. Mye finstoff og organisk materiale, noe større partikler. Lukter H ₂ S. Noe skjellfragmenter. Registrert fåtall snegl, sjøstjerne, eremittkreps. Noe skrot/sjøppel. Lite mark. Mer grovt materiale inn mot kaifronter	Fig. 7
	VÅG h1 og h2 (Strandkaaien)	VÅG h1	h1 hard bunn. Sand, grus og stein. Lite finstoff. Mye skjellrester og tang. h2 ingen prøve på grunn av hard bunn	Fig. 7
	VÅG h3 og h4 (Bryggen)	VÅG h3	h3 hard bunn. Sand, grus og stein. Litt finstoff. Mye skjellrester og tang. Skrot/sjøppel (glass, plast). H4 ingen prøve på grunn av hard bunn.	Fig. 7
VÅG 2	Blandprøve BL VÅG 2	VÅG 2A, 2B, 2C, 2D	1-2mm brunt topplag med noe planterester over svart, homogent, bløtt men relativt plastisk sediment. Rikt på finstoff og organisk materiale. Lukter H ₂ S. Mark særlig ved 5 cm. Registrert fåtall snegl og eremittkreps. Ikke skjellfragment.	Fig. 8
VÅG 3	Blandprøve BL VÅG 3	VÅG 3A, 3B, 3D, 3E	3-5mm mørk brunt fluffy topplag over svart, homogent, fast og plastisk sediment. Rikt på finstoff og organisk materiale. Lukter H ₂ S. Ikke/lite skjellfragmenter. Mye mark. Registrert et helt skjell, litt tang. 3C i overgangssone til VÅG 4, grovere, utypisk, ikke med i blandprøve	Fig. 9
VÅG 4	Blandprøve BI VÅG 4	VÅG 4A, B, C	Hard bunn. 1-2 cm brunt sandig topplag over mørkere sandig sediment. Noe stein og tang, mye skjellrester. Ikke lukt. Litt mark. Registrert sjøstjerner, krabbe, eremittkreps. 4D ingen prøve på grunn av hard bunn 4E på grense til VÅG 3, bløtere sediment, utypisk, ikke med i blandprøven.	Fig. 10
	Blandprøve BL Våg 4AB	VÅG 4A, 4B	Som BL VÅG 4 uten 4C på grunn av hard bunn og vanskelig å få nok prøvemateriale.	Fig. 11
VÅG 5	Blandprøve BL VÅG 5	VÅG 5A, 5B, 5C	1-4 cm brungrått sandig topplag med skjellfragmenter og tang. Noe skrot/sjøppel (glass). Mørkere sediment med mer finstoff og organisk materiale under. Fast og litt plastisk. Svak oljelukt av en delprøve. Noe mark. Registrert sjøstjerner og eremittkreps	Fig. 12



Figur 7 Bilder fra Vågen delområde 1- grunneste del av Vågen mellom Strandkaien og Bryggen



Figur 8 Bilder fra Vågen delområde 2 – dypere del av indre Vågen, mellom Strandkaien og Holbergskaien



Figur 9 Bilder fra Vågen delområde 3 – dypeste basseng innenfor terskel, mellom Holberskaien-Nykirkekaien og Bradebenken-Festningskaien.



Figur 10 Bilder fra Vågen delområde 4- på terskel, mellom Festingskaien og Tollboden



Figur 11 Bilder fra Vågen delområde 5 – utenfor terskel, ved Skoltegrunnskaaien

3.2 Laboratoriearbeid

Analyser ble utført ved akkrediterte laboratorier med unntak av redoks-potensialet som ble målt av COWI med feltinstrument. Hvilke analyser som ble utført på de ulike prøvene fremgår av tabell 2. Fullstendige analyserapporter er gitt i vedlegg 6, 7 og 8.

Tabell 2 Oversikt over prøver og analyser fra utvidet sedimentundersøkelse 2012

Analyser	Prøver	Analyser utført av
Sedimentkjemi: Metaller (arsen, kadmium, krom, kobber, kvikksølv, nikkel, bly, sink) Polyklorete biofenyler (PCB-7) Polyaromatiske hydrokarboner (PAH-16) Organiske tinnforbindelser (inkl TBT) Totalt organisk karbon (TOC) Kornstørrelse (<2 um og <63 um)	Blandprøve VÅG 1,2,3,4,5 og h1,h3	ALS Laboratory Group
Toksisitet: Med alge (<i>Skeletonema costatum</i>) i porevann og oranisk ekstrakt DR-CALUX test	Blandprøve VÅG 1,2,3,4,5	ALS Laboratory Group
Helseidmenttest: Med fjæremark (<i>Arenicola marina</i>)	Blandprøve VÅG 1,2,3,4 AB,5	ALS Laboratory Group
Porevann: Metaller (arsen, kadmium, krom, kobber, kvikksølv, nikkel, bly, sink) Polyklorete biofenyler (PCB-7) Polyaromatiske hydrokarboner (PAH-16) Organiske tinnforbindelser (inkl TBT)	Blandprøve VÅG 1,2,3,4,5	ALS Laboratory Group
Bioakkumulasjon: Opptak av metaller, PCB og TBT i flerbørstemarken <i>Hediste diversicolor</i> og opptak av TBT i nettsneglen <i>Hinia reticulata</i> Sedimentkjemi: Metaller, PCB, PAH, TBT	Blandprøve VÅG 1,2,3,4,5	NIVA (Eurofins underleverandør på sedimentkjemi)
SEM/AVS: AVS (Acid-volatile sulfide) SEM (simultaneously extracted metals)	1B, 2D, 3E, 4C, 5B	NGI
Redoks (Eh) og pH	1B, 1C, 2C,2D, 3B, 3D, 3E, 4C, 4E, 5B, 5C	COWI

3.3 Miljøgifter i sediment

Resultatene av sedimentanalysene er presentert i tabellene 4, 5 og 6 klassifisert etter Veileder for klassifisering av miljøgifter i vann og sedimenter (Klif TA 2229/2007). Fargekoder er gitt i tabell 3. Analysene ble utført hos ALS Laboratory Group. Det ble også analysert parallelle sedimentprøver, duplikater, i forbindelse med bioakkumuleringstester. Disse ble utført av Eurofins AS på oppdrag fra NIVA.

Tabell 3 Fargekoder for klassifisering av tilstand ut fra innhold av miljøgifter (TA -2229/2007)

Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5
Bakgrunn	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig

Analyseresultater for kornfordeling og innhold av organisk stoff bekreftet tidligere undersøkelser. Sjøbunnen innenfor terskelen har høyest innhold av finstoff og organisk materiale. Tabell 4 viser at fraksjonene silt og leire utgjorde 41% av prøven fra VÅG 1 og 61-71 % av sedimentprøvene fra VÅG 2 og 3. På terskelen (VÅG 4) er sedimentet grovt med lite organisk stoff, mens det utenfor terskelen i VÅG 5 også var noe mer finstoff og innhold av organisk materiale.

Tabell 4 Innhold av silt og leire (<63 µm), leire (<2µm) og organisk materiale (TOC %) i sedimentprøver fra Vågen, 2012

Prøvemerkning	VÅG h1	VÅG h3	BL. VÅG 1	BL. VÅG 2	BL. VÅG 3	BL. VÅG 4	BL. VÅG 5
Kornstørrelse <63 µm %	16.4	5.9	41.0	70.9	60.8	4.2	22.4
Kornstørrelser <2 µm %			8.1	7.4	6.0		2.3
Totalt organisk karbon TOC %	6.2	2.7	13.0	11.0	7.6	0.6	5.7

Sedimentet ble analysert for metallene arsen, bly, kadmium, kobber, krom, kvikksølv, nikkel og sink. Resultatene viser at sjøbunnen er særlig forurenset av metallene kvikksølv og kobber som vist i tabell 5. Konsentrasjonen av kvikksølv ble påvist i klasse V, som tilsvarer tilstand *svært dårlig*, i alle delområder med unntak av VÅG 4. Kobber ble påvist i klasse V i de innerste delene av Vågen (VÅG 1, 2 og 3) og i klasse IV utenfor terskelen (VÅG5). De høyeste konsentrasjonene ble funnet i VÅG 2 med henholdsvis 9,3 mg kvikksølv /kg TS og 389 mg kobber /kg TS. Til sammenlikning er grenseverdi for klasse V for kvikksølv lik 1,6 mg/kg TS og for kobber 220 mg/kg TS.

Bly og sink ble også funnet i høye konsentrasjoner, tilsvarende klasse IV i alle delområder unntatt på terskelen (VÅG 4).

Tabell 5 Innhold av metaller i sedimentprøver fra Vågen, 2012

Prøvemerkning	VÅG h1	VÅG h3	BL. VÅG 1		BL. VÅG 2		BL. VÅG 3		BL. VÅG 4		BL. VÅG 5	
				dupl		dupl		dupl		dupl		dupl
Laboratorium	ALS	ALS	ALS	EUR	ALS	EUR	ALS	EUR	ALS	EUR	ALS	EUR
Arsen (As) mg/kg TS	24.0	19.0	25.0	15.0	29.0	18.0	24.0	17.0	5.2	3.2	17.0	9.9
Bly (Pb) mg/kg TS	544	247	509	290	678	330	413	290	120	48	208	240
Kadmium (Cd) mg/kg TS	1.7	1.2	1.6	0.8	2.4	2.0	1.9	1.4	0.2	0.1	2.1	0.4
Kobber (Cu) mg/kg TS	358	368	282	180	389	270	274	220	40	25	129	170
Krom (Cr) mg/kg TS	49	40	53	28	79	47	73	46	18	8	33	22
Kvikksølv (Hg) mg/kg TS	3.4	2.0	6.1	4.5	9.3	7.1	6.5	7.0	1.2	0.4	2.9	1.3
Nikkel (Ni) mg/kg TS	27	16	25	12	28	15	24	13	8	4	16	7
Sink (Zn) mg/kg TS	756	1060	782	450	975	660	668	540	183	190	1480	250

Sedimentet er sterkt forurenset med PAH tilsvarende klasse V i indre og ytre del (VÅG1,2,3 og 5) som vist i tabell 6. På terskelen (VÅG 4) ble det funnet PAH16 tilsvarende klasse IV. Høyeste konsentrasjon av sum PAH16 ble funnet i VÅG 2. Her ble det målt 117 mg PAH16 /kg TS som langt overstiger grenseverdien for klasse V som er 20 mg/kg TS.

Det er høyest konsentrasjon av tyngre PAH-forbindelser, noe som indikerer pyrogen opprinnelse som forbrenning av trevirke, ved- og kullfyring samt eksos fra trafikk. Pyrogene PAH-forbindelser er ofte assosiert med karbon (for eksempel sot) som binder forbindelsene sterkt og reduserer biotilgjengeligheten [13].

Parallele prøver, duplikater, er analysert ved to ulike laboratorier. Laboratoriene oppgav relativt ulike analyseresultater for enkelte parametre i de parallelle prøvene. Eurofins rapporterte konsekvent høyere konsentrasjoner for kobber, bly og sink og for enkelte PAH-forbindelser og PCB-kongener. ALS Laboratory Group oppgav høyere konsentrasjon av TBT i alle de parallelle prøvene. Forurensningsnivået i sedimentet er likevel på nivå med det som er målt i tidligere undersøkelser.

Tabell 6 Innhold av PAH, PCB og TBT (mg/kg TS) i sedimentprøver fra Vågen 2012

Prøvemerkning	VÅG h1	VÅG h3	BL.VÅG 1		BL.VÅG 2		BL.VÅG 3		BL.VÅG 4		BL.VÅG 5	
				dupl		dupl		dupl		dupl		dupl
Laboratorium	ALS	ALS	ALS	EUR	ALS	EUR	ALS	EUR	ALS	EUR	ALS	EUR
Naftalen	0.38	0.33	0.85	0.23	0.83	0.14	0.79	0.12	0.09	0.15	0.27	0.12
Acenaftylen	0.52	0.14	0.50	0.09	0.60	0.07	0.41	0.08	0.04	0.05	0.14	0.06
Acenaften	0.23	0.15	0.69	0.33	0.55	0.21	0.48	0.31	<0.05	0.05	0.07	0.23
Fluoren	0.51	0.36	1.10	0.51	0.89	0.32	0.67	0.40	0.10	0.10	0.15	0.36
Fenantren	8.60	4.10	9.40	3.70	9.20	2.60	6.50	3.10	1.10	0.67	2.30	3.00
Antracen	1.40	0.59	2.80	1.30	3.20	0.80	1.80	1.10	0.17	0.34	0.55	0.99
Fluoranten	17.00	6.30	17.00	5.80	18.00	5.30	12.00	5.90	1.90	1.40	6.10	5.00
Pyren	14.00	5.30	16.00	5.70	17.00	5.60	12.00	6.20	1.50	1.80	5.80	4.60
Benzo(a)antracen	7.20	2.50	8.30	6.50	8.30	5.60	6.20	6.80	0.83	2.20	3.40	5.20
Krysen	6.30	2.20	6.20	6.30	6.60	5.70	5.00	6.50	0.76	2.00	3.10	5.20
Benso(b)fluoranten	11.00	3.90	14.00	3.30	14.00	3.40	11.00	3.30	0.88	0.84	6.30	2.3
Benzo(k)fluoranten	4.60	1.50	5.00	3.00	5.70	3.00	4.60	3.10	0.45	0.85	2.40	2.00
Benzo(a)pyren	11.00	3.60	13.00	2.60	14.00	2.60	11.00	2.60	0.84	0.84	5.80	1.90
Indeno(1,2,3,cd)pyren	6.10	2.20	6.40	0.66	8.30	0.75	5.50	0.86	0.64	0.24	3.90	0.60
Dibenzo(a,h)antracen	1.50	0.52	1.60	0.20	1.90	0.21	1.30	0.23	0.15	0.05	0.92	0.14
Benzo(g,h,i)perylene	5.70	2.00	6.70	0.65	8.00	0.69	5.80	0.80	0.53	0.22	3.70	0.57
Sum PAH16	96.00	35.70	110.00	40.87	117.00	36.99	85.10	41.40	9.97	11.80	44.90	29.97
PCB28	<0.10	<0.50	<0.001	<0.0005	<0.003	<0.0005	<0.50	<0.0005	0.0020	<0.0005	<0.50	<0.0005
PCB52	0.0023	0.0044	0.0120	0.0160	0.0370	0.0400	0.0430	0.0290	0.0022	0.0030	0.0040	0.0170
PCB101	0.0083	0.0110	0.0370	0.0190	0.1200	0.0490	0.1100	0.0360	0.0036	0.0064	0.0150	0.0260
PCB118	0.0069	0.0097	0.0300	0.0230	0.0980	0.0530	0.1000	0.0550	0.0038	0.0092	0.0190	0.0310
PCB138	0.0140	0.0110	0.0530	0.0510	0.1800	0.1100	0.1300	0.1000	0.0037	0.0170	0.0310	0.0550
PCB153	0.0170	0.0120	0.0620	0.0450	0.2000	0.0840	0.1400	0.0780	0.0041	0.0110	0.0290	0.0400
PCB180	0.0130	0.0061	0.0390	0.0220	0.1300	0.0460	0.0820	0.0360	0.0020	0.0064	0.0190	0.0170
Sum PCB_7	0.0615	0.0542	0.2330	0.1760	0.7650	0.3820	0.6050	0.3340	0.0214	0.0530	0.1170	0.1860
Monobutyltinnkation			31		51		57		6.9		30	
Dibutyltinnkation			130		210		220		23		130	
Tributyltinnkation TBT			440	942	540	1420	700	1310	97	376	300	351

PCB-7 ble påvist tilsvarende tilstandsklasse III og IV. Det var høyest konsentrasjoner i de dypeste delene av Vågen (VÅG 3). Her ble det målt 0,605 mg PCB-7 /kg TS.

Vågen er sterkt forurenset med TBT. Konsentrasjonene overstiger grensen til tilstandsklasse V i alle delområdene. De høyeste konsentrasjonene ble målt i indre del (VÅG 2 og 3) der høyeste resultat var 1420 µg/kg TS. Grenseverdi for klasse V er >100 µg TBT/kg TS.

De to ulike laboratoriene oppgav relativt ulike analyseresultatene for enkelte parametre i de parallelle prøvene. Eurofins rapporterte konsekvent høyere konsentrasjoner for kobber, bly og sink og for enkelte PAH-forbindelser og PCB-kongener. ALS Laboratory Group oppgav høyere konsentrasjon av TBT i alle de parallelle prøvene. Forurensningsnivået i sedimentet er likevel på nivå med det som er målt i tidligere undersøkelser.

3.4 Toksisitet

De ble utført fire toksisitetstester i blandprøvene fra Vågen. Resultatene er vist i tabell 7. Valg av tester var basert på dagjeldende veileder (TA-2230/2007). Anbefalte toksisitetstester er senere korrigert ved revisjon av veilederen (TA2802/2011, utgitt august 2012). Test med algen *Skeletonema* i organisk ekstrakt er tatt ut, og toksisitetstest med hoppekrepsen *Tisbe* og østerslarven *Crassostrea* i porevann er tatt inn som nye måleparametre.

I *Skeletonema*-testene podes porevann og organisk ekstrakt fra sedimentet med algen *Skeletonema costatum*. Toksisitet beregnes som veksthemming ved å sammenlikne veksthastighet i prøven med veksthastighet i en kontrollkultur. Resultatene oppgis som TU (toxic unit). I gjeldende veileder for risikovurdering inngår bare *Skeletonema* i porevann. Resultatene er tilfredsstillende sammenliknet med grenseverdi. Resultatene for *Skeletonema* i organisk ekstrakt overskrider grenseverdiene i TA 2230/2007 for området innenfor terskelen (VÅG 1,2 ,3).

Det ble utført helsedimentttester med fjæremarken *Arenicola marina*. I denne testen måles adferd og overlevelse av testorganisme i direkte kontakt med det aktuelle sedimentet sammenliknet med overlevelse i et rent kontrollsediment. Dødelighet over 20 % regnes som signifikant. Det ble sendt blandprøver fra alle fem delområdene i Vågen. I VÅG 4 ble det målt 80 % dødelighet, mens tilsvarende for VÅG 5 var 10 %. For prøvene fra VÅG1,2 og 3 rapporterte laboratoriet at prøven var for flytende og ikke hadde en egnet struktur for helsedimenttest. Dette skyldes trolig homogenisering av prøvene før analyse. Det ble observert mark i sedimentet fra disse områdene under prøvetaking.

DR-CALUX-testen måler effekten av dioksiner og dioksinliknende PCB i sedimentet ved hjelp av en rapport-gen test. Metoden kan i risikoformål erstatte kjemisk analyse av dioksiner og dioksinliknende PCB i sedimentene. Resultatet oppgis som toksisitetsekivalenter til dioksin (TEQ ng/kg). Resultatene overskrider grenseverdien for alle prøvene med unntak av VÅG 5 (utenfor terskelen). Det er ikke sammenheng mellom konsentrasjon av PCB i sedimentet og resultater for DR-CALUX.

Tabell 7 Resultat av toksisitetstester av sedimentprøver fra Vågen, 2012

Parameter	Enhet	Grenseverdi i TA-2802/2011	BL.VÅG 1	BL.VÅG 2	BL.VÅG 3	BL.VÅG 4	BL.VÅG 5
Skeletonema org.ekstraksjon	TU	(1*)	1.4	2	1	0.15	0.83
Skeletonema i porevann	TU	1	<1	<1	<1	<1	<1
Hsediment-test (<i>Arenicola marina</i>)	% dødelighet (kontroll)	20 %	**	**	**	80*** (30)	10 (30)
Dr Calux	ng TEQ/kg TS	50	300	740	840	240	<0,6

* Grenseverdi fra tidligere risikoveileder. Testen er ikke med i revidert veileder TA2802/2011.

** laboratoriet rapporterte at sedimentprøvene ikke var egnet til analyse på grunn av konsistens

*** Blandprøve VÅG 4A+B (ikke nok materiale fra 4C)

3.5 Porevann

Forholdet mellom konsentrasjon av forurensning i sediment og vann (Kd-verdiene) kan variere betydelig i sediment med gammel forurensning eller der forurensningen er sterkt bundet til kullholdige partikler eller sulfider. Med bakgrunn i dette var det ønskelig å forsøke å bestemme fordelingskoeffisienter (Kd-verdier) ved å måle porevannskonsentrasjoner direkte istedenfor å beregne den ut fra standard Kd-verdier, selv om dette kan være praktisk vanskelig. Det kreves relativt store mengder sediment for å oppnå tilstrekkelig prøvevolum av porevann og lave deteksjonsgrenser for organiske miljøgifter. Når det gjelder metaller kreves det lite prøvevolum. Variasjonen i Kd-verdier er imidlertid forårsaket av sedimentets egenskaper, pH og redoksforholdene og det er derfor vanskelig å måle porevannskonsentrasjonen av metaller uten å endre de naturlige sedimentforholdene.

Sedimentprøvene ble sendt laboratoriet der porevann ble presset ut av sedimentet, og vannet ble analysert. Analyseresultatene som er gitt i tabell 8 viser svært høye konsentrasjoner av metaller og en utypisk fordeling av de ulike PAH-forbindelsene.

I ettertid har det vist seg at porevannet ikke ble filtrert før analyse. Sedimentpartikler kan ha gitt overestimerte konsentrasjoner av enkelte stoff og påvirket forholdet mellom stoffene. Redoksforholdene i prøvematerialet kan ha blitt endret ved eksponering for oksygen under prøvetaking og ved prøvebearbeiding på laboratoriet slik at innholdet av metaller i porevannet er påvirket.

For VÅG 4 ble det ikke oppnådd like lave deteksjonsgrenser for PAH og PCB som i de andre prøvene, og det ble ikke påvist noen PAH- eller PCB-forbindelser. Det er grunn til å tro at det målte innholdet av miljøgifter i porevannet er overestimert og ikke gir et reelt bilde av porevannskonsentrasjonene i sedimentet i Vågen.

Tabell 8 Miljøgiftkonsentrasjon i porevann fra Vågen, 2012

Parameter	Enhet	BL.VÅG 1	BL.VÅG 2	BL.VÅG 3	BL.VÅG 4	BL.VÅG 5
Arsen, As	µg/l	30.1	57	37.6	99.3	126
Bly, Pb	µg/l	85.7	273	59.2	1120	2090
Kadmium, Cd	µg/l	0.28	1.01	0.233	2.19	6.35
Kobber, Cu	µg/l	55	215	38.7	474	1070
Krom, Cr	µg/l	4.27	17.5	6.04	35.6	164
Kvikksølv, Hg	µg/l	1.03	3.49	0.904	5.82	12.2
Nikkel, Ni	µg/l	3.09	7.34	2.51	17.7	37.3
Sink, Zn	µg/l	109	385	70.8	1050	2520
Naftalen	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.050	<0.010
Acenaftalen	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.050	<0.010
Acenaften	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.050	<0.010
Fluoren	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.050	<0.010
Fenantren	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.050	<0.010
Antracen	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.050	<0.010
Fluoranten	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.050	<0.010
Pyren	µg/l	0.022	0.017	0.033	<0.050	0.025
Benso(a)antracen	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.050	<0.010
Krysen	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.050	<0.010
Benso(b)fluoranten	µg/l	0.012	0.032	0.019	<0.050	0.016
Benso(k)fluoranten	µg/l	<0.010	0.014	<0.010	<0.050	<0.010
Indeno(123cd)pyren	µg/l	0.015	0.029	0.016	<0.050	0.016
Dibenso(ah)antracen	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	<0.050	<0.010
Benso(a)pyren	µg/l	0.011	0.026	0.012	<0.050	0.012
Benso(ghi)perylene	µg/l	0.016	0.032	0.019	<0.050	0.018
Sum PAH-16	µg/l	0.076	0.15	0.099	n,d.	0.087

PCB 28	µg/l	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0050	<0.0010
PCB 52	µg/l	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0050	<0.0010
PCB 101	µg/l	<0.0010	0.0019	0.0012	<0.0050	<0.0010
PCB 118	µg/l	<0.0010	0.0012	<0.0010	<0.0050	<0.0010
PCB 138	µg/l	<0.0010	0.002	0.0017	<0.0050	<0.0010
PCB 153	µg/l	<0.0010	0.0021	0.0015	<0.0050	<0.0010
PCB 180	µg/l	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0050	<0.0010
Sum PCB-7	µg/l	n,d.	0.0072	0.0044	n,d.	n,d.
Tributyltinnkation, TBT	ng/l	27	48	12	33	23
Monobutyltinnkation, MBT	ng/l	<3.0	8	3.6	<50	5.2
Dibutyltinnkation, DBT	ng/l	5.3	13	11	<40	6

3.6 Redoks (Eh)

Måling av redoks (Eh) og pH ble utført med feltinstrumentet Eijkelkamp Multimeter 18.50.01. direkte i glasskrukker med uforstyrrede sedimentprøver. Det ble laget et hull i sedimentet til ønsket dyp. Redoks-elektroden av platina ble umiddelbart ført ned i prøvegroppen og multimeteret ble avlest etter at redoks-potensialet var stabilt. Deretter ble pH-proben ført ned i samme prøvegropp og avlest etter at pH-verdi var stabil. Den samme prosedyren ble gjentatt på flere dyp i samme prøve. Målingene er korrigert med et tillegg basert på KCl-konsentrasjon i elektrolytten og temperaturen i sedimentene.

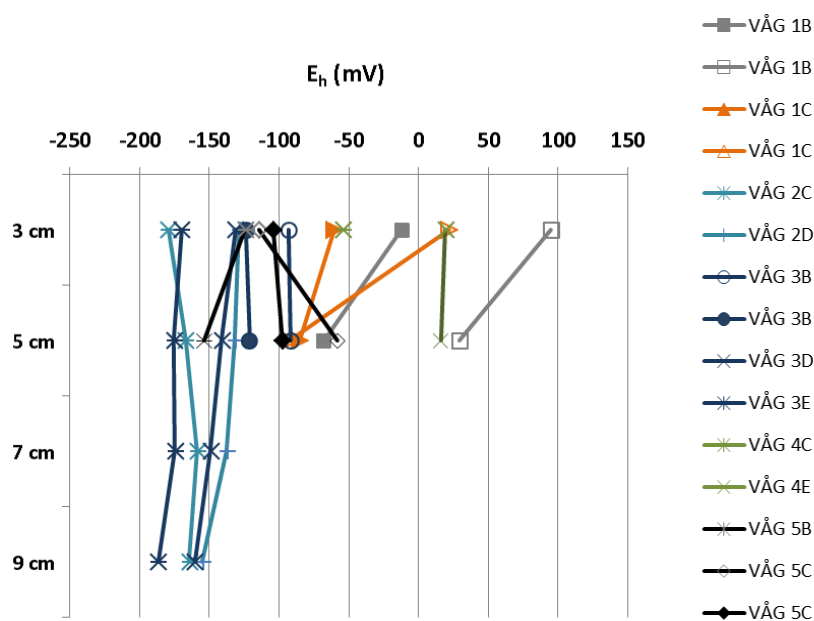
Det ble målt generelt lave redoks-verdier (Eh <0 mV) i 12 av 15 sedimentprøver. Redoks-verdien falt med økt måledyp i sedimentet, se tabell 9 og figur 12. Laveste redoks-verdier ved 3 cm dyp (Eh < -100 mV) ble målt i prøver fra de dypeste delene i indre Vågen (VÅG 2 og VÅG 3) og i prøver fra VÅG 5 utenfor terskelen.

Proseduren for måling av redoks tar ikke sikte på et presisjonsnivå tilsvarende det som kan oppnås under ideelle forhold på laboratoriet, men gir en indikasjon på forholdene. Nedbrytning av organisk stoff under oppbevaring av prøvene før måling har trolig i mindre grad redusert redoks-potensialet. På den andre side kan eksponering av sedimentet for oksygen under prøvetaking ha bidratt til å øke redoks-potensialet i prøven slik at målt Eh kan være høyere enn den virkelige situasjonen. For prøvepunktene 1B, 1C, 3B og 5C ble det tatt parallelle prøver. Variasjonen i resultatene for prøver fra 1B og 1C skyldes trolig påvirkning fra oksygen under prøvetaking.

Sedimentet fra Vågen består av et brunt topplag over svart sediment. I de innerste delområdene (VÅG 1,2 og 3) er topplaget kun noen millimeter og sedimentet lukter H₂S (tabell 1, figur 7,8,9). I de ytre deler av Vågen (VÅG 4 og 5) er topplaget inn til noen cm tykt. Kombinasjonen av observasjoner og redoks-målinger indikerer at sedimentet er anoksisk tett opp mot overflaten, særlig innerst i Vågen.

Tabell 9 Redoks-potensiale Eh (mV) ved ulike dyp i sedimentprøver fra Vågen, 2012

Prøve	VÅG	VÅG	VÅG	VÅG	VÅG	VÅG	VÅG	VÅG	VÅG	VÅG	VÅG	VÅG	VÅG	VÅG	VÅG
	1B	1B dupl	1C	1C dupl	2C	2D	3B	3B dupl	3D	3E	4C	4E	5B	5C	5C dupl
3 cm dyp	-11.9	95.3	-60.5	22.1	-179.3	-128.5	-92.8	-123.6	-131.0	-169.9	-53.9	19.4	-124.3	-114.3	-104.0
5 cm dyp	-67.7	29.5	-85.2	-92.1	-166.8	-131.6	-91.4	-120.8	-141.1	-175.1		16.0	-153.5	-57.9	-97.7
7 cm dyp					-158.3	-137.4			-149.1	-174.4					
9 cm dyp					-164.2	-154.9			-160.2	-186.4					



Figur 12 Redoks (mV) ved ulike dyp i sedimentprøver fra Vågen

Surhetsgraden varierte mellom 7,24 og 7,93 i de ulike sedimentprøvene, tabell 10.

Tabell 10 pH ved ulike dyp i sedimentprøver fra Vågen, 2012

Prøve	VÅG 1B	VÅG 1B dupl	VÅG 1C	VÅG 1C dupl	VÅG 2C	VÅG 2D	VÅG 3B	VÅG 3B dupl	VÅG 3D	VÅG 3E	VÅG 4C	VÅG 4E	VÅG 5B	VÅG 5C	VÅG 5C dupl
pH 3 cm dyp	7.25	7.24	7.50	7.35	7.58	7.70	7.74	7.54	7.93	7.70	7.57	7.43	7.84	7.65	7.72
pH 7 cm dyp					7.55	7.67			7.64	7.80					

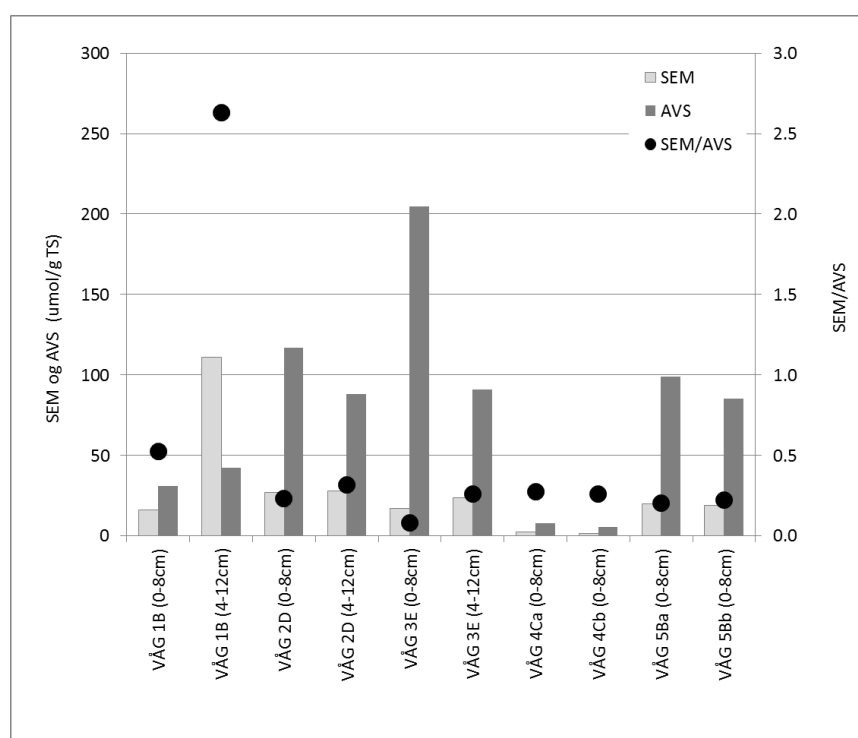
3.7 Metallsulfider (SEM/AVS)

Metaller i sediment kan under anoksiske forhold være bundet som tungtløselige metallsulfider. SEM/AVS er en metode for å måle mengde sulfider målt som AVS (acid- volatile sulfides) og tungmetaller målt som SEM (samtidige ekstraherbare metaller). SEM beregnes som summen av de fem metallene kadmium, kobber, nikkel, bly og sink. Dersom forholdet SEM/AVS (molbasert) er lavere enn 1 angir dette et overskudd av sulfider i forhold til metaller, og indikerer at metallene i sedimentet i hovedsak er bundet som tungtløselige metallsulfider og er mindre biotilgjengelige enn om SEM/AVS var større enn 1 [35].

Måling av SEM og AVS viser at det er mest sulfid og metaller i indre del av Vågen (VÅG 2 og 3) og i området utenfor terskelen (VÅG 5) tabell 11 og figur 13. Mengde sulfid og metaller var lavest på terskelen (VÅG 4).

Tabell 11 AVS og SEM sedimentprøver fra Vågen, $\mu\text{mol/g TS}$, 2012

Prøve	Dyp (cm)	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	Hg	Sum SEM (Cd,Cu,Ni,Pb, Zn, Hg)	AVS	SEM/AVS
VÅG 1B	0-8	0.0168	3.4677	0.1350	1.8769	10.6200	0.0006	16.12	30.86	0.52
VÅG 1B	4-12	0.0315	0.6987	0.1128	3.6390	106.4383	0.0009	110.92	42.19	2.63
VÅG 2D	0-8	0.0232	4.3480	0.2000	2.9974	19.3173	0.0017	26.89	117.09	0.23
VÅG 2D	4-12	0.0346	5.0783	0.1894	2.7641	19.9155	0.0018	27.98	87.98	0.32
VÅG 3E	0-8	0.0129	4.8518	0.1732	2.4533	9.3456	0.0014	16.84	204.8	0.08
VÅG 3E	4-12	0.0290	5.6255	0.2313	2.3005	15.6488	0.0024	23.84	90.95	0.26
VÅG 4Ca	0-8	0.0006	0.2372	0.0529	0.6419	1.2610	0.0004	2.19	8.01	0.27
VÅG 4Cb	0-8	0.0006	0.2344	0.0418	0.4351	0.7655	0.0002	1.48	5.68	0.26
VÅG 5Ba	0-8	0.0218	2.4788	0.1403	2.5342	14.8418	0.0016	20.02	98.74	0.20
VÅG 5Bb	0-8	0.0225	2.0407	0.1077	3.1101	13.7848	0.0015	19.07	85.06	0.22



Figur 13 SEM, AVS og forholdet SEM/AVS i sedimentprøver fra Vågen 2012

Mengdeforholdet SEM/AVS var < 1 og viser et overskudd av sulfid i alle sedimentprøvene med unntak av en (VÅG 1B, 4-12 cm). Høye metallkonsentrasjoner (SEM) i denne prøven skyldes høy konsentrasjon av sink i sedimentet, se tabell 11.

3.8 Bioakkumulasjon av miljøgifter

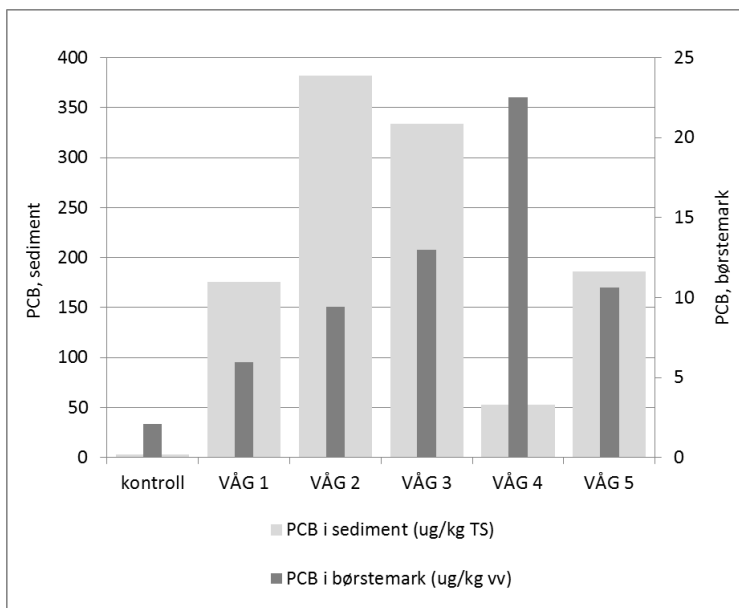
Det er utført bioakkumulasjonstester for å undersøke biotilgjengeligheten av miljøgifter i sedimentet. Undersøkelsen er gjennomført og rapportert av NIVA, vedlegg 6. Tabell 12 viser gjennomsnittlig målt opptak av metaller og PCB i børstemark *Hediste diversicolor* og TBT i nettsnegl *Hinia reticulata* eksponert for sediment fra Vågen og sammenliknet med rent kontrollsediment. Resultatene viser at PCB i sedimentet bioakkumulerer i børstemark, og at TBT i sedimentet bioakkumuleres i nettsnegl. Opptaket av PCB i børstemark var 3-11 ganger høyere i sediment fra Vågen enn fra rent kontrollsediment. Opptak av TBT i nettsnegl var 8-152 ganger høyere i sediment fra Vågen enn fra rent kontrollsedimentet.

Det ble målt høyest opptak av PCB og TBT i henholdsvis børstemark og nettsnegl som var eksponert for sediment fra det nest ytterste området i Vågen (terskelen, VÅG 4). Dette til tross for at det er lavest konsentrasjon av miljøgifter i sedimentet i dette området, tabell 12 og figur 14 og 15. Årsaken til dette er trolig at PCB og TBT i de andre områdene er sterkere bundet til partikler enn i område VÅG 4 og dermed mindre biotilgjengelig. Det lavere innholdet av TOC i sedimentet i VÅG 4 kan være en forklaring på den observerte forskjellen i biotilgjengelighet, figur 16.

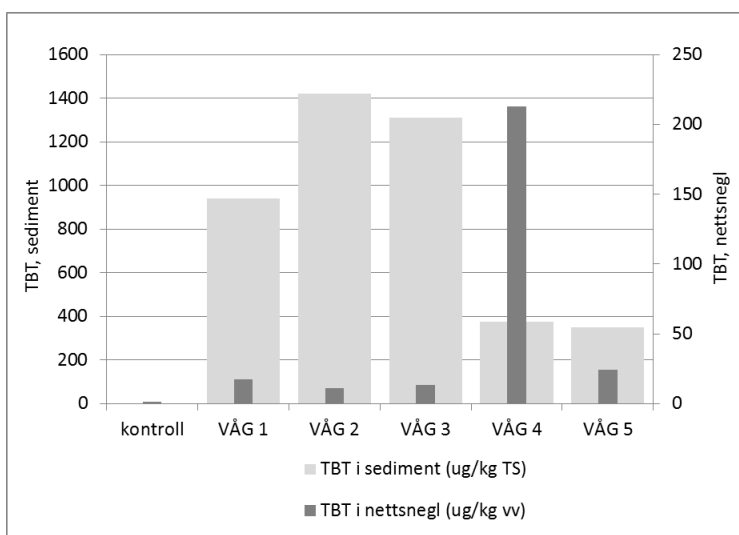
Det var ikke signifikant bioakkumulering av kvikksølv eller andre tungmetaller fra noen av sedimentprøvene. Det var stor variasjon og i enkelte prøver svært høy konsentrasjon av kvikksølv i sedimentet, figur 17.

Tabell 12 Målt opptak av metaller og PCB i børstemark og TBT i nettsnegl eksponert for sediment fra Vågen sammenliknet med rent kontrollsediment. Gjennomsnittsverdier for 3 parallelle prøver for metaller og PCB. Resultatene er oppgitt pr kg våtvekt. Gjennomsnittlig tørrstoffinnhold i børstemark var 10,3%. For nettsnegl ble det antatt et tørrstoffinnhold på ca 20%.

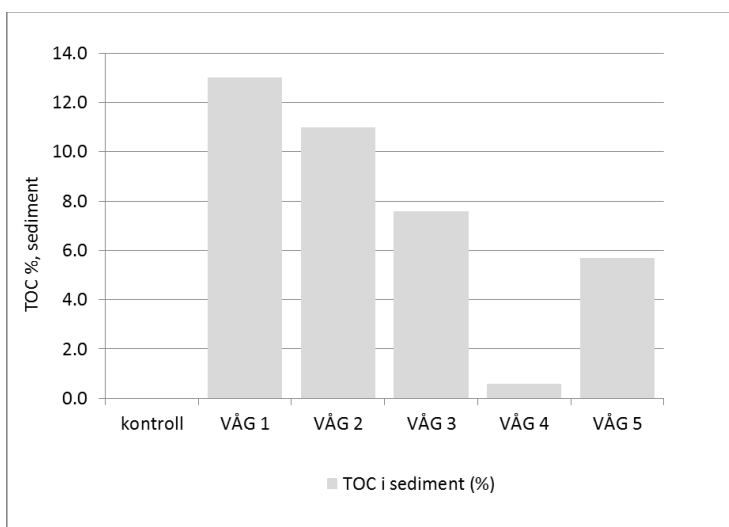
Parameter	Enhet	BL VÅG 1	BL VÅG 2	BL VÅG 3	BL VÅG 4	BL VÅG 5	Kontroll
Arsen, AS	mg/kg vv	1.1	1.1	1.0	1.1	1.1	1.1
Bly, Pb	mg/kg vv	0.12	0.17	0.10	0.11	0.13	0.10
Kadmium, Cd	mg/kg vv	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Kobber, Cu	mg/kg vv	0.60	0.67	0.57	0.77	0.67	0.60
Krom, Cr	mg/kg vv	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.233
Kvikksølv, Hg	mg/kg vv	0.008	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009
Nikkel, Ni	mg/kg vv	<0.1	<0.1	<0.1	0.07	<0.1	0.20
Sink, Zn	mg/kg vv	8.4	9.1	7.7	9.3	9.4	7.5
PCB28	mg/kg vv	0.00040	0.00084	0.00127	0.00123	0.00062	0.00020
PCB52	mg/kg vv	0.00017	0.00022	0.00082	0.00150	0.00039	0.00029
PCB101	mg/kg vv	0.00027	0.00049	0.00077	0.00105	0.00044	0.00003
PCB118	mg/kg vv	0.00094	0.00160	0.00217	0.00583	0.00167	0.00039
PCB138	mg/kg vv	0.00173	0.00267	0.00343	0.00613	0.00313	0.00047
PCB153	mg/kg vv	0.00217	0.00317	0.00403	0.00607	0.00387	0.00063
PCB180	mg/kg vv	0.00029	0.00041	0.00048	0.00071	0.00049	0.00010
Sum PCB7	mg/kg vv	0.00597	0.00940	0.01298	0.02252	0.01060	0.00208
TBT	µg/kg vv	17,6	11,1	13,5	213,0	24,0	1,4



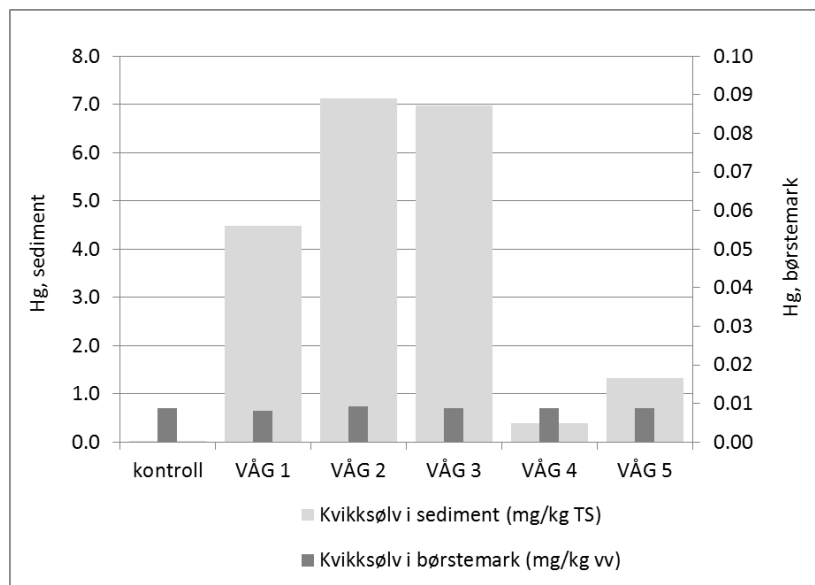
Figur 14 PCB i bryostemark og sediment fra bioakkumuleringstest



Figur 15 Tributyltinn (TBT) i nettsnegl og sediment fra bioakkumuleringstest



Figur 16 Totalt organisk karbon (TOC) i sediment fra bioakkumuleringstest



Figur 17 Kvikksølv i børstemark og sediment fra bioakkumuleringstest

4 Metode for risikovurdering

Nasjonale veiledere og regnearkverktøy som omfatter stoffdata og formelverk for risikovurdering av forurenset sjøbunn utgis og vedlikeholdes av Klif [10,11,12]. Risikovurdering kan gjennomføres i tre trinn avhengig av forurensningsgrad og behov. Målsettingen med metoden er å danne grunnlag for å avgjøre om det må gjøres tiltak og hvilke tiltak som er nødvendige og tilstrekkelige.

Trinn 1

Trinn 1 er en forenklet risikovurdering hvor miljøgiftkonsentrasjonen og toksisiteten i sedimentet sammenliknes med grenseverdier for økologiske effekter. Dersom grenseverdiene overskrides er det en potensiell økologisk risiko forbundet med sedimentene og trinn 2 i risikovurderingen må gjennomføres.

Trinn 2

Trinn 2 er en mer omfattende risikovurdering som har som mål å fastslå om risikoen for skade på miljø eller helse er akseptabel eller om tiltak må vurderes. I trinn 2 vurderes risiko for human helse, risiko for økosystemet og risiko for spredning av miljøgifter.

Trinn 3

Trinn 3 utføres som trinn 2 men med mer steds spesifikke data og mindre sjablongverdier. Resultatene fra trinn 3 skal derfor være mer pålitelige. En risikovurdering på trinn 3 nivå er mindre konservativ, mer kompleks og mer lokalt forankret. Det er relativt stor frihet til lokal tilpassning av beregningene i trinn 3.

5 Risikovurdering trinn 1

Risikovurdering trinn 1 er en forenklet risikovurdering hvor miljøgiftkonsentrasjon og toksisitet av sedimentet sammenliknes med grenseverdier for økologiske effekter ved kontakt med sedimentet. Trinn 1 omhandler kun risiko for økologiske effekter, ikke risiko for human helse. Grenseverdien er satt som overgangen mellom tilstandsklasse II og III, med unntak av TBT der det er satt en egen grenseverdi som aksepterer lavere konsentrasjoner i klasse IV.

Det er gjennomført en rekke sedimentundersøkelser i Vågen opp gjennom årene. Undersøkelsene er gjort i ulike sammenhenger og prøvene er analysert for ulike parametre. Alle sedimentprøver fra perioden 1990-2012 er tatt med i risikovurderingen. Tilgjengelige analyseresultater fra 0-10 cm dyp er inkludert.

I risikovurderingen er det benyttet sedimentdata fra disse undersøkelsene:

Rapport	Prøvetaking	Utført av
Byfjordsundersøkelsen	1990,1992	Universitetet i Bergen
Bergen havn - Tiltaksplan 1	1992	NIVA
	1998, 2002	Universitetet i Bergen og Høyskolen i Sogn og Fjordane
Bergen havn - Tiltaksplan II	2003, 2005	NIVA
Analyse av sedimentkjerner fra Vågen (rapport A005136/30.04.12)	2010	Bergens Sjøfartsmuseum og COWI
Miljøgifter i sediment i 4 utvalgte områder i Bergen havn (rapportnr 1625)	2012	Rådgivende Biologer
Utvidet sedimentundersøkelse i Vågen	2012	COWI

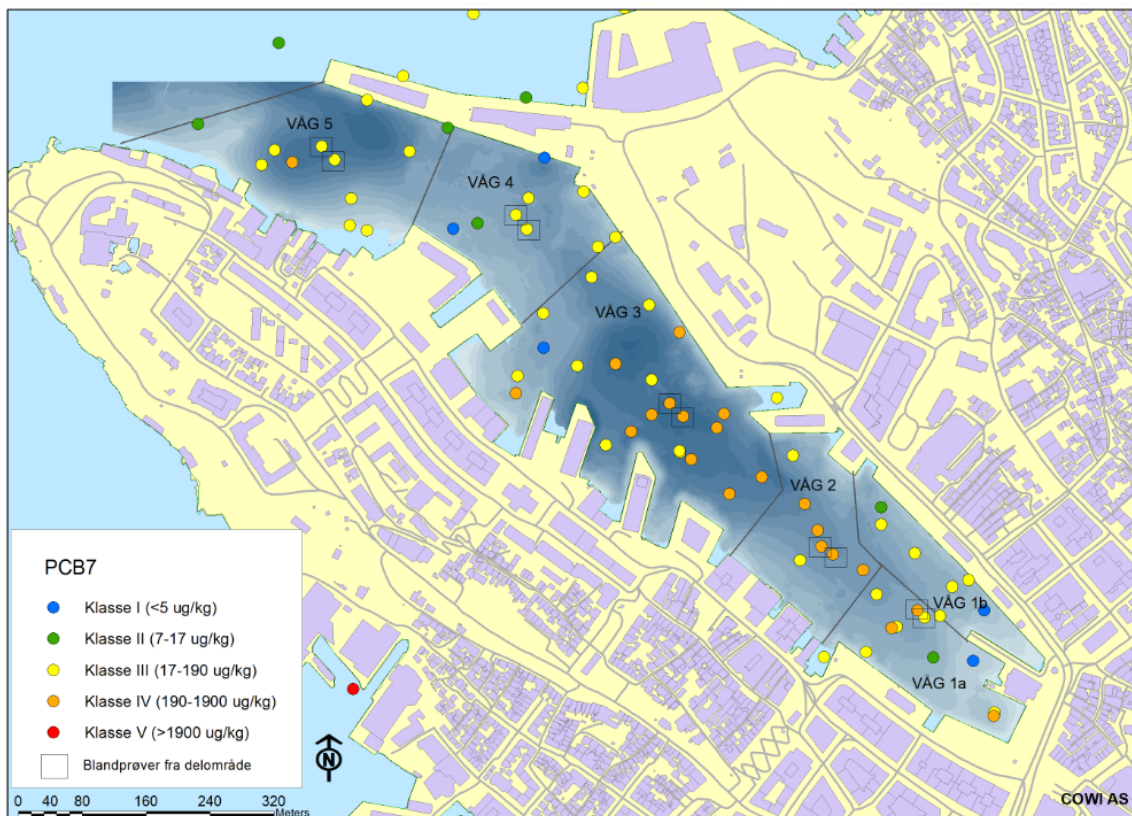
Tabell 13 Sedimentundersøkelser i Vågen som inngår som datagrunnlag i risikovurderingen

Inndelingen av delområder er videreført fra sedimentundersøkelsen i 2012. VÅG 1 er delt i 1a og 1b. Resultater av alle sedimentanalyser er gjengitt i vedlegg 1. Gjennomsnittsverdier for konsentrasjon av miljøgifter i de ulike delområdene i Vågen er gitt i tabell 14. For parametere som ikke har vært detekterbare er det benyttet halv rapporteringsgrense der den er kjent og ellers lik 0.

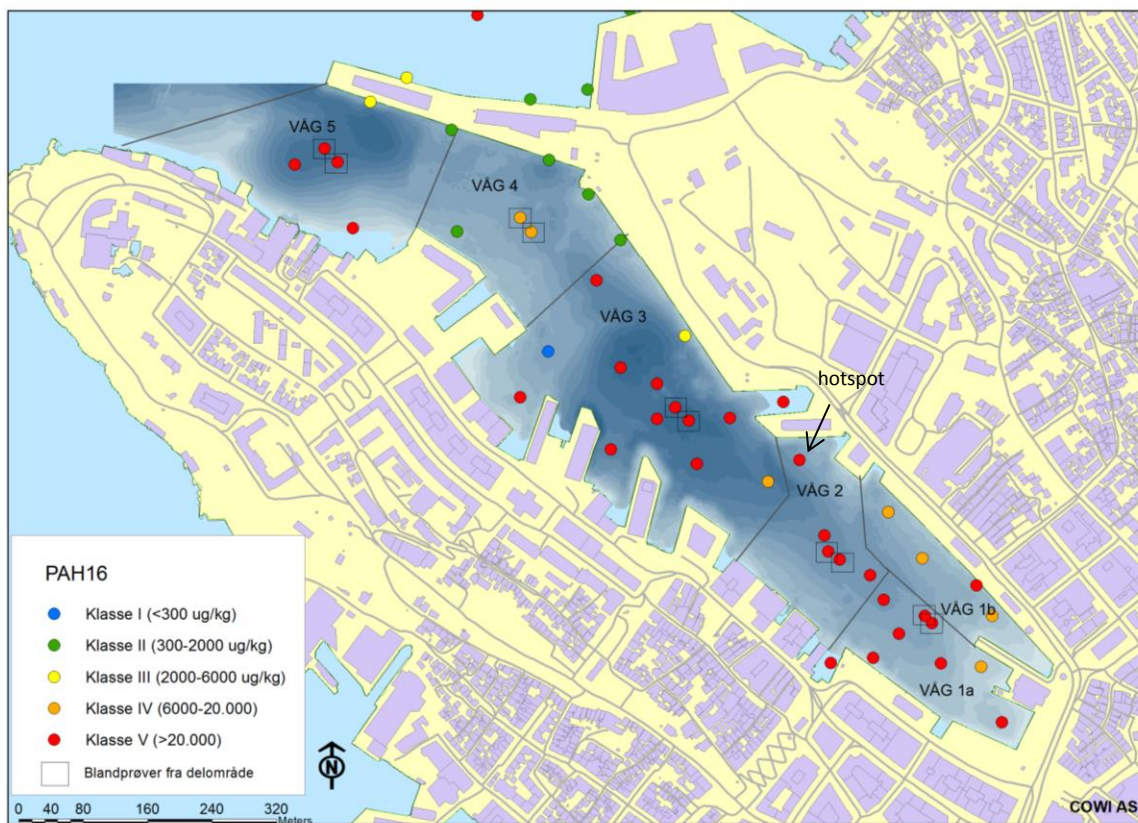
Tabell 14 Gjennomsnittsverdier fra sedimentundersøkelser i Vågen

Parameter	Enhet	Grense trinn I	VÅG 1a	VÅG 1b	VÅG 2	VÅG 3	VÅG 4	VÅG 5
PAH (16)	mg/kg TS	2	55.9	39.4	165.2	37.1	5.2	26.2
TBT	µg/kg TS	35	519	691	1020	588	127	293
Kvikksølv	mg/kg TS	0.63	9.8	5.8	12.7	6.8	0.5	2.4
Kobber	mg/kg TS	51	329	242	446	294	41	129
Bly	mg/kg TS	83	637	370	587	401	85	227
PCB (7)	mg/kg TS	0.017	0.12	0.09	0.38	0.20	0.02	0.12
Sink	mg/kg TS	360	1066	720	1296	747	128	465
Arsen	mg/kg TS	52	17	12	15	11	3	7
Nikkel	mg/kg TS	46	29	21	39	25	9	22
Krom	mg/kg TS	560	54	45	75	57	19	44
Kadmium	mg/kg TS	2.6	2.2	1.5	3.8	1.9	0.1	0.8
< 63µm	%		28.4	24.6	42.2	24.7	5.6	22.7
<2µm	%		4.3	4.3	6.7	3.8	3.5	3.2
TOC	%		9.9	10.4	10.7	8.2	2.1	4.2
Skeletonema i porevann	TU	TU<1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Dr Calux	(ng TEQ/kg TS)	TEQ<50 ng/kg	300	300	740	840	240	0.3

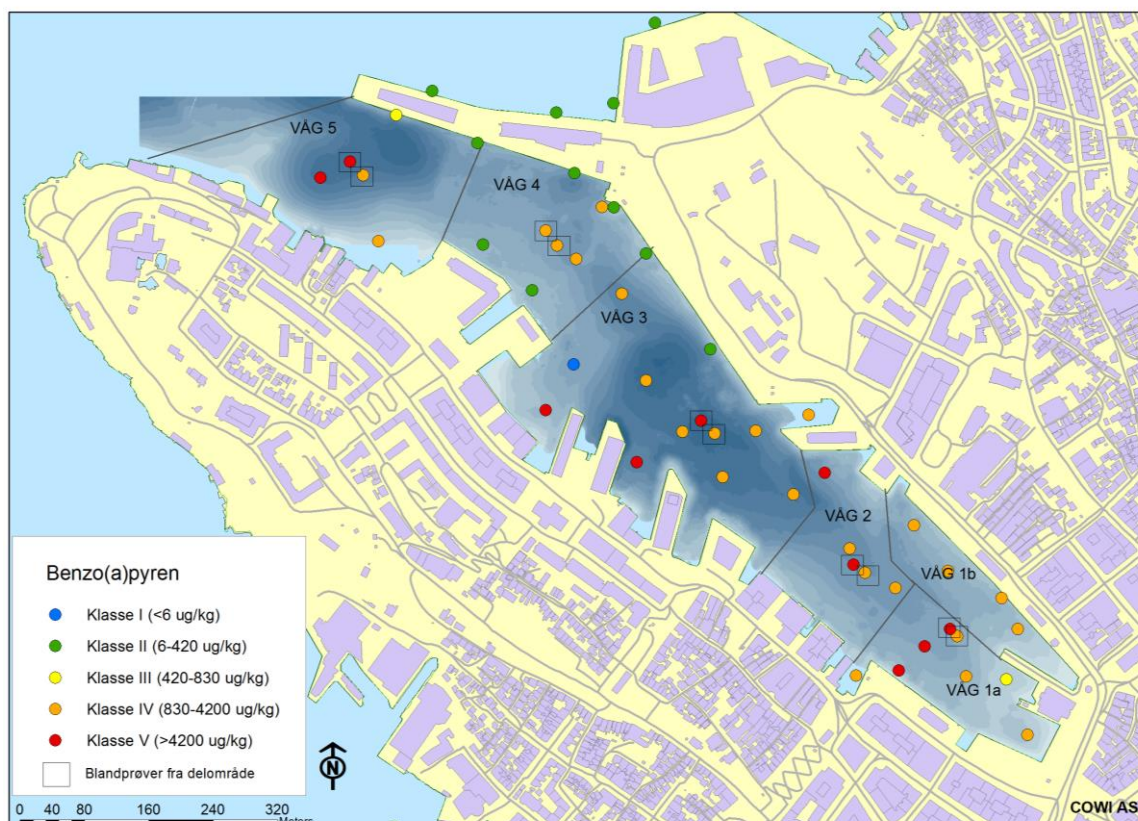
Kartene i figur 21-25 viser konsentrasjonen av ulike miljøgifter i sedimentet klassifisert etter tilstandsklasser (Klif TA 2229/2007).



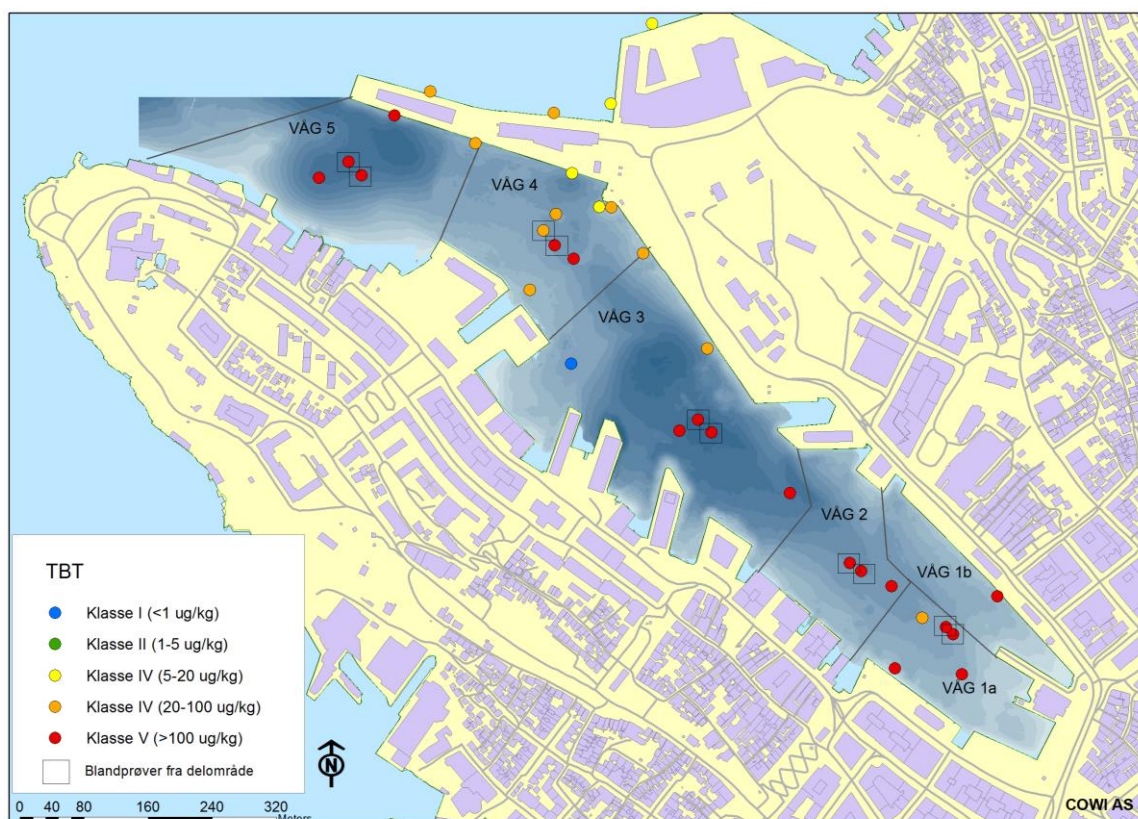
Figur 18 PCB 7 i sedimentprøver fra Vågen



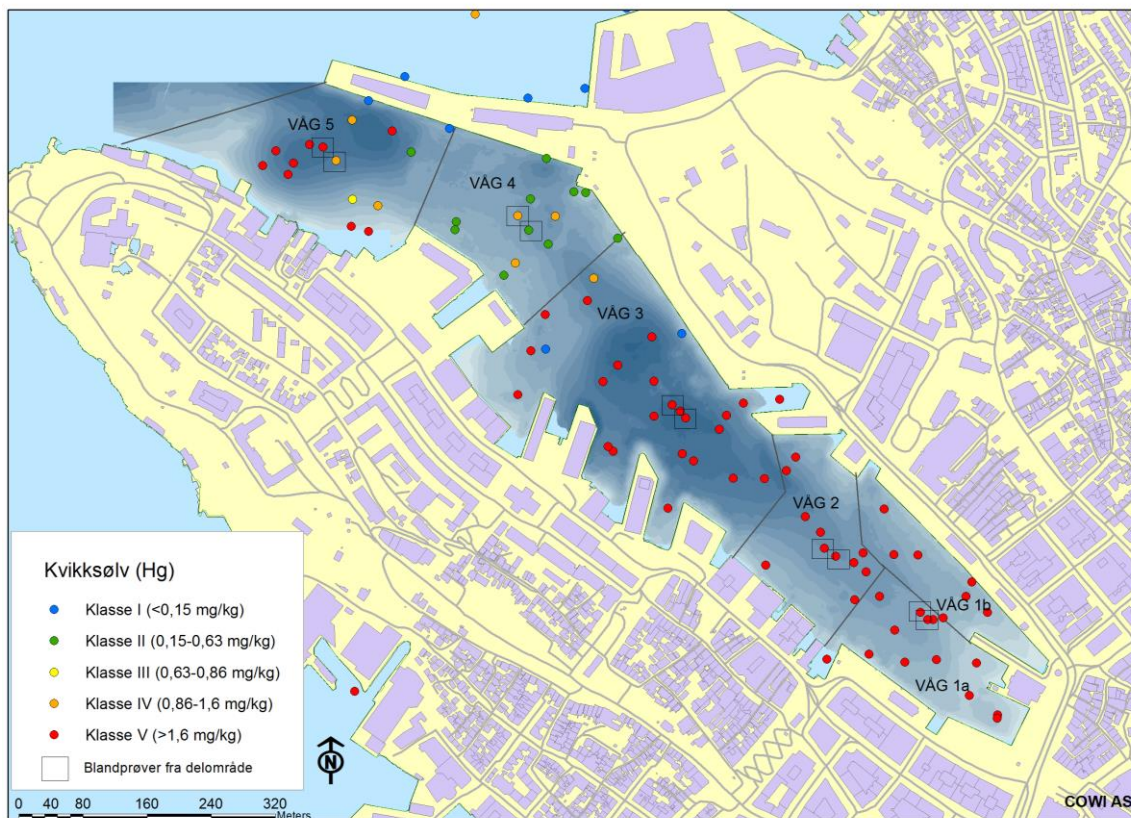
Figur 19 PAH 16 i sedimentprøver fra Vågen



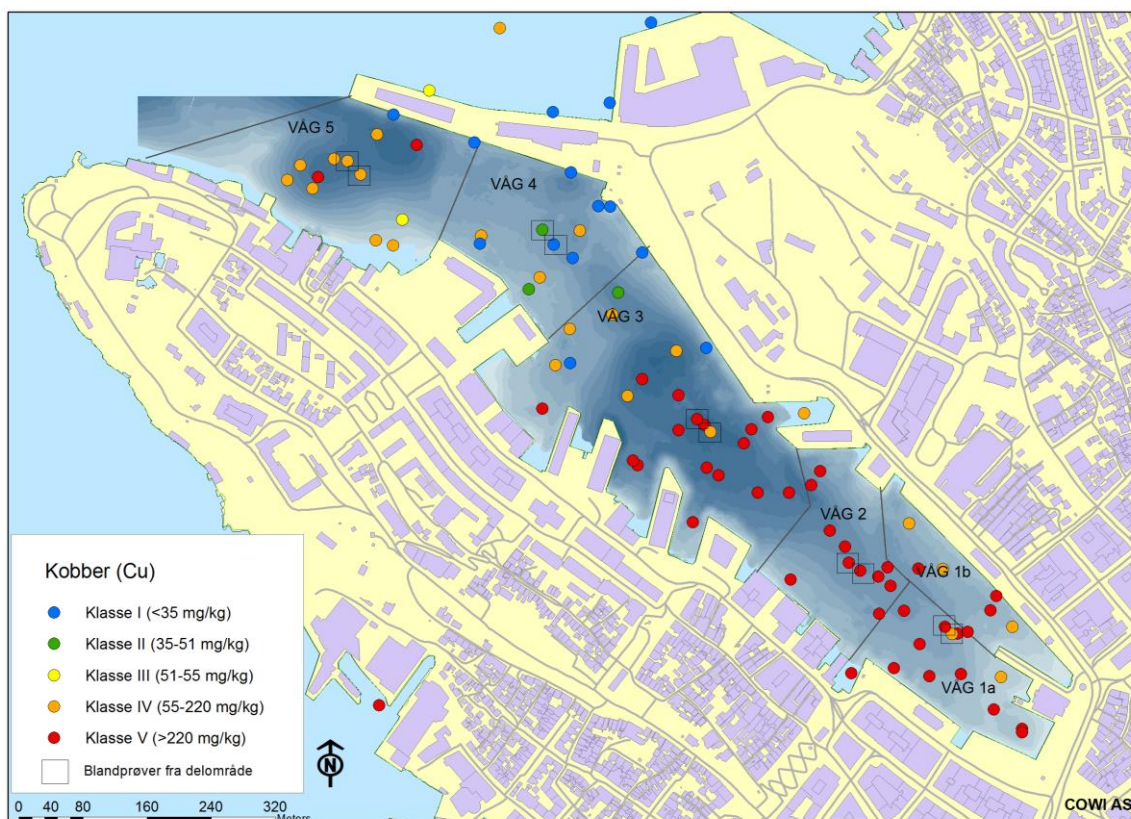
Figur 20 Benzo(a)pyren i sedimentprøver fra Vågen



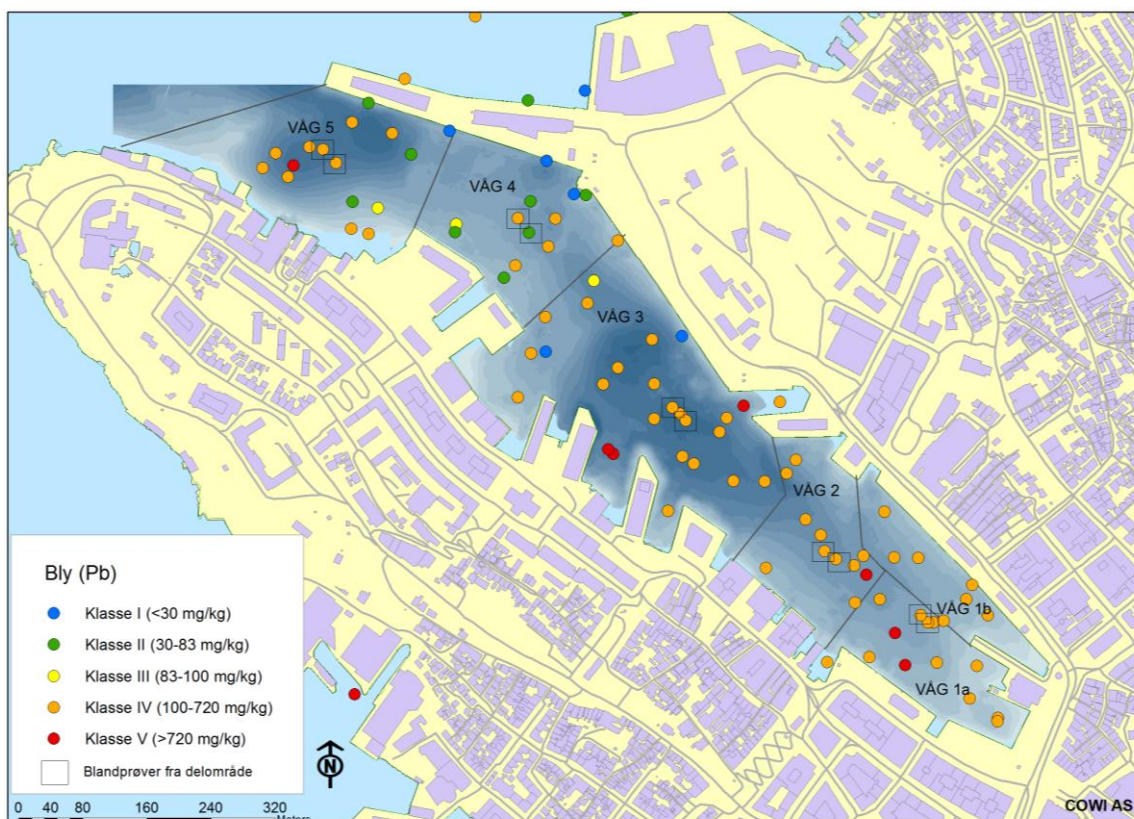
Figur 21 Tributyltinn (TBT) i sedimentprøver fra Vågen



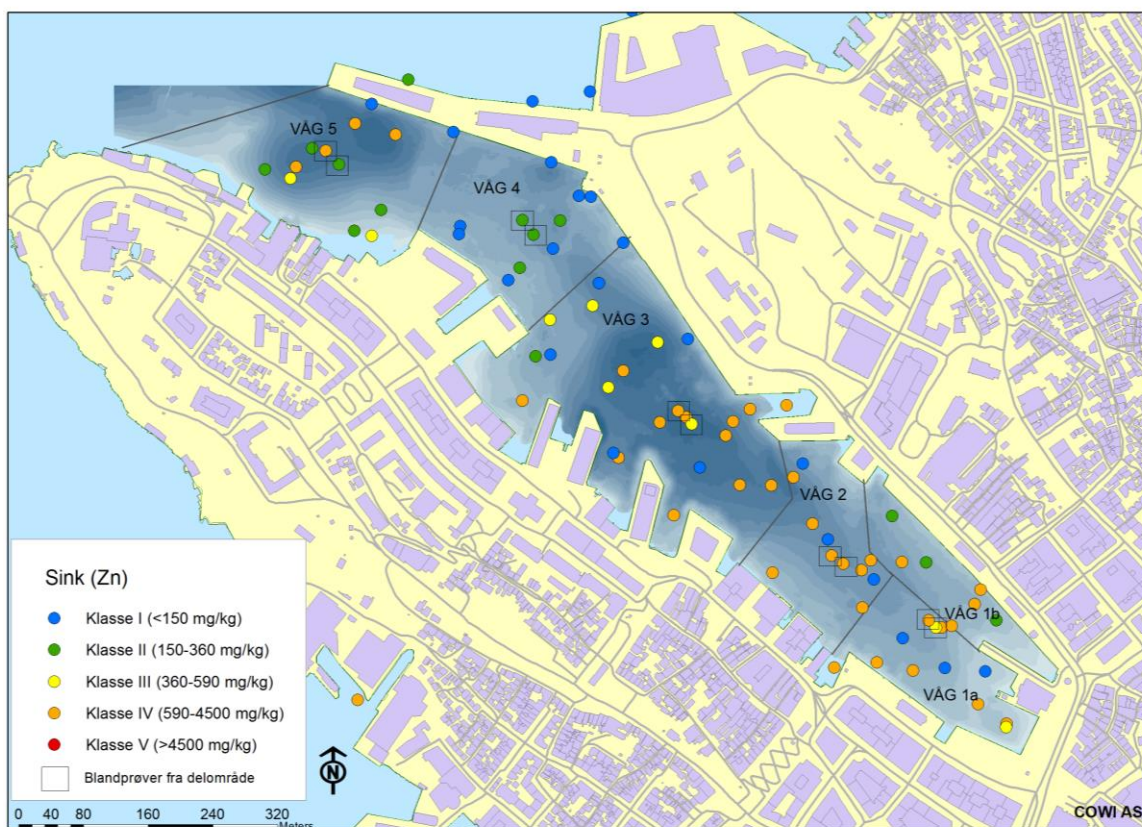
Figur 22 Kvikksølv i sedimentprøver fra Vågen



Figur 23 Kobber i sedimentprøver fra Vågen



Figur 24 Bly i sedimentprøver fra Vågen



Figur 25 Sink i sedimentprøver fra Vågen

5.1 Resultater - trinn 1

Konsentrasjonen av miljøgifter i sedimentet overskrider grenseverdien for trinn 1 for flere metaller og organiske miljøgifter.

Datasettet var med få unntak relativt homogent internt i delområdene og kun ett prøvepunkt utmerket seg som en hotspot. Homogeniteten ble kontrollert ved å sammenlikne høyeste målte konsentrasjon med medianverdien. En enkeltprøve sør for Bradebenken i VÅG 2 hadde svært høye konsentrasjoner av PAH og gav stort utslag ved kontroll av homogenitet. Punktet er avmerket i figur 19. Prøven ansees ikke å være representativ for delområdet og behandles videre som en separat hotspot. For PCB-kongenene PCB28 og PCB52 var det også noe inhomogenitet i enkelte delområder. Her var det variasjon mellom flere prøvepunkt og ikke en enkeltprøve som gav utslag. Alle prøver ble derfor tatt med videre i risikovurderingen. Tabeller med resultat fra beregninger i risikovurderingens trinn 1 og vurdering av homogenitet er gjengitt i vedlegg 3.

En oversikt over antall ganger sedimentkonsentrasjonen i de ulike delområdene overskrider grenseverdien for trinn 1 er gitt i tabell 15. VÅG 2 utmerker seg som delområdet med de største overskridelsene for alle parametrene. Basert på disse resultatene ansees sedimentene å utgjøre en betydelig økologisk risiko.

Sediment fra alle delområder overskrider grenseverdien for bly. Med unntak av terskelen (VÅG4) har alle områder også for høyt innhold av kvikksølv, kobber og sink. Kvikksølv i VÅG 2 overskrider grenseverdien med 20 ganger.

Konsentrasjonene av PAH16, PCB7 og TBT overskrider grenseverdiene for trinn 1 i alle delområder. Overskridelsene er høyest for PAH. Konsentrasjonen av benzo(ghi)perylen i VÅG 2 overskred grenseverdien 181 ganger.

Resultatene fra toksisitetstesten DR-CALUX overskred grenseverdien i alle delområder med unntak av ytterste del av Vågen (VÅG 5).

Tabell 15 Målt sedimentkonsentrasjon sammenliknet med grenseverdi for risikovurdering trinn 1, antall ganger overskridelse, middelerdi

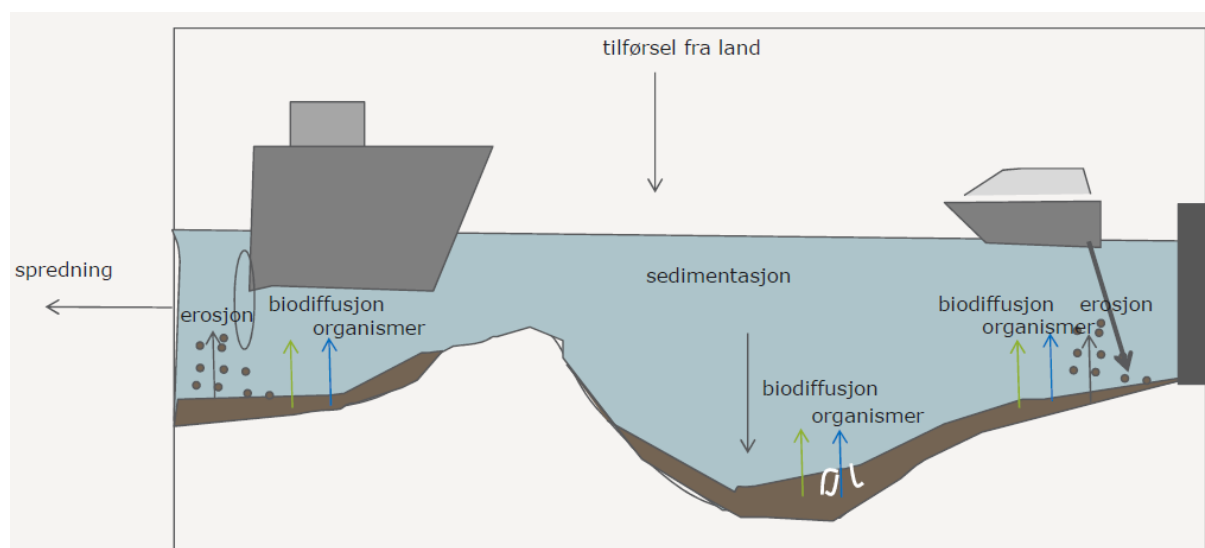
Stoff	VÅG 1a	VÅG 1b	VÅG 2 (uten hotspot)	VÅG 3	VÅG 4	VÅG 5
Bly	8	4	7	5	1	3
Kadmium			1			
Kobber	6	5	9	6		3
Kvikksølv	16	9	20	11		4
Sink	3	2	3	2		1
PAH (16) maks for enkeltstoff	168	98	181	105	11	73
Sum PCB (7)	7	5	24	12	1	8
Tributyltinn (TBT-ion)	15	20	29	17	4	8
DR Calux, organisk ekstrakt	6	6	15	17	5	
Helseidmentttest (Arenicola)	Ikke målt	Ikke målt	Ikke målt	Ikke målt	4	

6 Risikovurdering trinn 2 og 3

Risikovurdering trinn 2 og 3 har som mål å bedømme om risikoen for miljømessige og helsemessige skader fra et sediment er akseptabel eller ikke. Resultatene skal også være til hjelp for å skille mellom hvilke tiltak som vil være nødvendige og tilstrekkelige.

I trinn 2 bedømmes den risikoen sedimentene utgjør i forhold til miljømål og tilhørende kriterier for et område. Veiledningen dekker tre uavhengige vurderinger som samsvarer med Klif sine tre ambisjonsnivåer for den miljøkvaliteten det kan være ønskelig å oppnå.

- › **Risiko for human helse** vurderes ut fra aktuelle eksponeringsveier for mennesket som avhenger av hvordan arealet brukes; havnevirksomhet, bading, rekreasjon, fangst av sjømat etc.
- › **Risiko for effekt på økosystem** vurderes ut fra miljøgiftinnholdet i sedimentet, toksisitetstester og helsesedimenttest samt porevannskonsentrasjoner og sjøvannskonsentrasjoner som sammenliknes med PNEC-verdier (Predicted No Effect Concentration).
- › **Risiko for spredning** vurderes ut fra beregnet miljøgifttransport fra sedimentet og til vannmassene via diffusjon, bioturbasjon, opptak i organismer og oppvirvling fra skip.



Figur 26 Spredningsmekanismer for miljøgifter fra sediment til miljø og næringskjede

Beregningene gjøres ved hjelp av Klif-veileder TA2802/2011 og tilhørende regnearkverktøy. Veilederen foreslår antatt typiske verdier for målestørrelser, konstanter og koeffisienter som inngår i beregningene. Dersom pålitelige lokale verdier finnes anbefales det å bruke disse istedenfor sjablongverdier for å bedre den lokale forankringen og oppnå en mer realistisk og sannsynligvis mindre konservativ risikovurdering. Slike forbedringer utgjør trinn 3 i risikovurderingen.

6.1 Stedsspesifikke forutsetninger

Noen sjablongverdier i risikoveilederen er så allmenngyldige at det er lite vunnet ved å gjøre stedsspesifikke målinger. Andre faktorer er i praksis så avhengige av lokale forhold at sjablongverdiene i visse situasjoner kan være urealistisk konservative. Supplerende undersøkelser kan også styrke muligheten til å tolke resultatene og oppnå et riktigst mulig risikobilde.

6.1.1 Faktorer av betydning for spredning

Viktige egenskaper for å vurdere risiko for spredning er lokale bunnforhold, sedimentegenskaper, skipstrafikk og strøm- og vannutskiftning.

Skipstrafikk i Vågen

Hele Vågen er grunnere enn 20 meter. Beregning av spredning som følge av propelloppvirvling er svært avhengig av trafikkmønsteret, type og antall fartøy, traselengde, vannndyp og sedimenttype.

I følge anløpsregisteret til Bergen og Omland Havnevesen er det ca. 9800 årlige anløp i Vågen. Statistikken gir oversikt over type og antall fartøy som anløper de ulike kaiene. I 2011 var 71 % (7005) av anløpene små fartøy, 7 % (635) middels store fartøy og 22 % (2175) var store fartøy.

Kartet i figur 27 viser hovedtype av fartøy som anløper de ulike kaiene, og tabell 17 viser fordelingen av type og antall anløp (2011). Hovedandelen av anløp med store skip foregår i de ytre deler av Vågen. Mange større skip har også vendbare propeller med stor erosjonskraft. Rutebåter for passasjertrafikk har daglige anløp på Strandkaien innerst i Vågen. Av tabell 16 fremgår det at 69 % av det som er klassifisert som store fartøy i Vågen anløper Strandkaien. Årsaken til dette er at cirka halvparten av passasjerbåtene benytter vannjet ([20,25]. Vannjet er montert i vannoverflaten og utgjør ingen erosjonsfare under fart forover, men når båten bremses opp og manøvrerer til og fra kai rettes vannstrålen nedover og erosjonskraften kan bli svært stor i begrensede områder. I risikosammenheng klassifiseres derfor disse båtene som store propelldrevne båter. Det planlegges ikke vesentlige endringer av kaibruken i årene fremover. I følge havneplanen skal fergetrafikken ved Skolten flyttes til Nøstet og erstattes med cruisetrafikk. Den totale belastningen på kaiene i Vågen er forventet å ville opprettholdes på tilsvarende nivå som i dag[1].



Figur 27 Hovedtype av fartøy som anløper kaiene i Vågen. Rød=store/middels store fartøy, gul=middels/små fartøy, grønn= små fartøy. Vannndyp er oppgitt i parentes.

Tabell 16 Totalt antall anløp av ulike fartøyskategorier og %-vis fordeling på de ulike kaiene

Kaier	Store fartøy (dybde>5 m)	Middels store fartøy (dybde 3,7-4,7m)	Små fartøy (dybde<3,7m)
Strandkaien	69 %	0 %	24 %
Skoltegrunnskaaien syd	18 %	3 %	0 %
Festningskaaien	9 %	10 %	0 %
Tollbodkaien	2 %	32 %	1 %
Nykirkekaien	1 %	14 %	1 %
Bryggen	0 %	17 %	25 %
Bradbenken	0 %	13 %	2 %
Munkebryggen	0 %	6 %	1 %
Holbergskaaien	0 %	6 %	2 %
Zachariasbryggen	0 %	0 %	27 %
Torget	0 %	0 %	12 %
Dreggekaaien	0 %	0 %	5 %
	100% = 2175 fartøy	100% = 635 fartøy	100% = 7005

Risikoveilederen angir sjablongverdier for mengde oppvirvlet materiale per anløp som vist i tabell 17. Det vil være størst erosjon og spredningsfare i en stor havn, med fartøy som stikker dypt og en sjøbunn med mye finstoff.

Tabell 17 Sjablongverdi for propelloppvirvling (kg/anløp hvis anløpstrase = 120 m)
Klif TA 2802/2011

Sedimenttype	Havnekategori		
	Stor havn	Industrihavn	Småbåthavn
	Cruiseskip, ferger, taubåter etc.	Lastebåter, supplybåter etc.	Småbåter
Silt og leire	2000	1000	150
Sand	200	100	15
Grus og stein	20	10	1

Nøkkeldata og steds spesifikke forutsetninger som er benyttet for delområder i Vågen fremgår av tabell 18. Anløpsstatistikk fra Bergen og Omland Havnevesen er benyttet for å bestemme havnekategori for delområdene i Vågen. Mengdene i tabell 17 gjelder for en anløpstrase på 120 meter og må korrigeres for den virkelige traselengden i hvert enkelt område. Gjennomsnittlig traselengde er vurdert å være halvparten av lengste trase i hvert område på grunn av at det er kaianlegg i hele lengden og på begge sider.

VÅG 1a, VÅG2, VÅG3, VÅG 4 og VÅG5 er klassifisert som *industrihavn* eller *stor havn*. Her er antall anløp av middels store og store fartøy tatt med i antall skipsanløp. Det er forutsatt at gjennomgangstrafikk også vil bidra til oppvirvling i de grunneste områdene, men i mindre grad enn skip som manøvrerer til og fra kai. I VÅG 2, 4 og 5 er 50 % av gjennomgangstrafikk av middels og store fartøy inkludert i antall anløp. For VÅG 3 er ikke gjennomgangstrafikk inkludert på grunn av at området er dypere og observasjon av plastiske og antatt faste sedimenter (fig 9).

VÅG 1b er klassifisert som *småbåthavn*. Alle anløp av alle fartøystyper inkludert i antall skipsanløp.

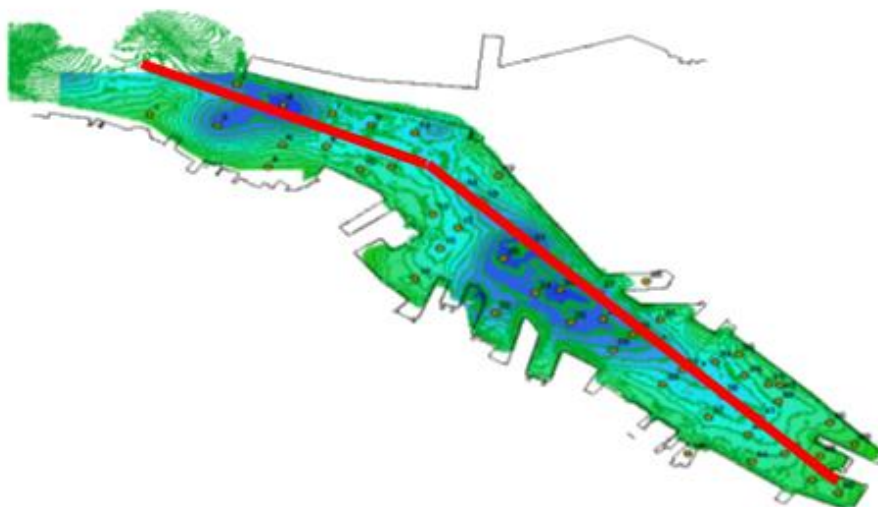
Tabell 18 Nøkkeldata for delområder i Vågen

	VÅG 1a Strandkaaien	VÅG 1b Bryggen	VÅG 2 Indre basseng	VÅG 3 Ytre basseng	VÅG 4 Terskel	VÅG 5 Skolten
Areal A sed (m ²)	23 500	17 000	26 000	75 500	36 000	46 000
Areal A skip (m ²)	23 500	17 000	26 000	75 500	36 000	23 000
Lengste trase (m)	250	320	160	380	210	240
Gjennomsnitt (halv trase, m)	125	160	80	190	105	120
Dyp variasjon (m)	6-10	6-10	8-12	10-17	8-11	6-15
Anslått gjennomsnittsdyp (m)	8	8	10	13	9	10
Vannvolum	188 000	136 000	260 000	981 500	324 000	460 000
Valgt havnekategori	industri	småbåt	industri	industri	stor havn	stor havn
Propelloppvirvling, tab 17 (kg/anløp) korrigert for reell traselengde	104	20	667	1583	175	200
Eksponeringsveier for menneske	Inntak av fisk/skalldyr					
Sedimenttype	sand	sand	silt og leire	silt og leire	sand	sand
Antall relevante skipsanløp pr år	3150	2830	850	410	730	660

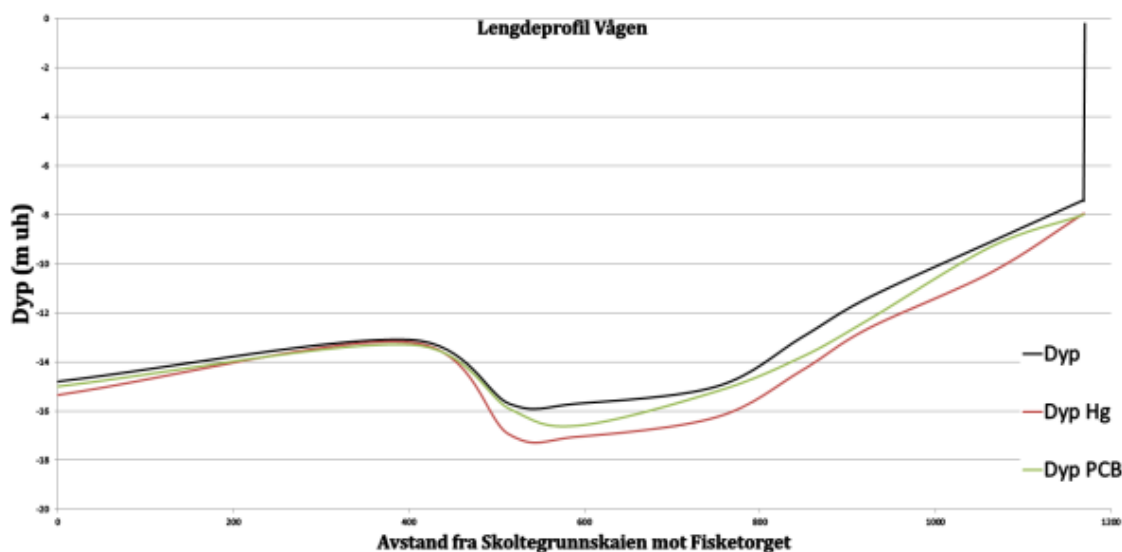
Lokale bunnforhold

Dyp og bunntopografi ble kartlagt med multistråle ekkolodd i 2010. Sedimenttype, biologisk aktivitet, farge og lukt er registrert ved prøvetaking, tabell 1. For fastsetting av sedimenttype er innholdet av finstoff i blandprøvene fra 2012 benyttet, tabell 4. Midterste del av Vågen, VÅG 2 og 3, har sedimenttype silt/leire, mens VÅG 1, 4 og 5 har sedimenttype sand, tabell 5 [37].

Dybden på det forurensede sedimentet i Vågen er undersøkt ved analyse av vertikal fordeling i 16 kjerneprøver. Kvikksølv ble flere steder påvist i klasse V ned til 120 cm sedimentdyp. PCB ble flere steder påvist i klasse IV ned til 20 cm og i noen stasjoner ned til 50 cm [2]. Basert på resultat av kjerneprøvene er det laget en skisse over dybden på forurensning av kvikksølv og PCB i et lengdesnitt av Vågen, figur 28 og 29.



Figur 28 Oversiktskart med lengdeprofil som er benyttet i figur 29



Figur 29 Lengdeprofil som skisserer dybden på forurensning av kvikksølv (Hg) og PCB i Vågen

Partikkeltransport og vannutskiftning

Bergens Sjøfartsmuseum har utført marinarkeologisk miljøovervåking av sjøbunnen i Vågen i 2011 og 2012. Museet og Riksantikvaren ønsket å undersøke prosessene kulturminnene blir utsatt for over tid, med vekt på hvordan sedimenter og gjenstander forflyttes og eroderes. Det er registrert store forskjeller i hvordan sedimenter og gjenstander forflyttes i forsøksområdene ved Strandkaiaen, Zachariasbryggen og Bryggen. Ved Strandkaiaen er det registrert årlig tap av kulturlag på rundt 3 cm. Erosjon virker knyttet til et bestemt område hvor vannjet-navigering mot og fra hurtigbåtkaien foregår. Det er også dokumentert at det foregår en masseoppbygging i de øvrige områdene på 0,1-1 cm gjennom året [29,30].

Strømforholdene i Vågen er målt og modellert av NIVA i forbindelse med Tiltaksplan II for Bergen havn [5,28]. Vannutskiftningen er anslått til 7 m³/sek ved kun tidevannspåvirkning, 16 m³/sek ved tidevann og svak vind (8 m/sek), 60 m³/sek ved sterk vind (15 m/sek). I risikovurderingen benyttes vannutskiftning på 16 m³/sek. Med totalt vannvolum i størrelsesorden 2 350 000 m³ gir det en oppholdstid på 1,7 døgn ($t_r=0,005$ år).

NIVA beregnet også hvor mye miljøgifter som transporteres fra Vågen og ut i Byfjorden [5,28]. Beregningene var basert på modellering og måling av vann- og partikkeltransport samt analyse av miljøgifter i vann og nysedimentert materiale. Modelleringen viste at vindstyrken har stor betydning for resuspensjon og transport av partikler i Vågen. Ved svak vind og bare tidevannspåvirkning fås en viss resuspensjon av finpartikler (silt) på de mest utsatte områdene (terskelen og Vågens ytre del), men denne resuspensjonen er lokal og spredningen er liten. For grovere partikler (fin sand og grovere) kreves vindhastigheter opp mot 15 m/sek for å få en betydelig resuspensjon og transport. Forurensede partikler som avsettes på eller på utsiden av terskelen vil ved tidevannsstrømmer eroderes og enten transporteres ut av Vågen eller inn i akkumulasjonsbassenget på innsiden av terskelen. Retningen vil avhenge av retningen til den dominerende bunnstrømmen. Sedimenttransport-modellen tok ikke hensyn til ekstra resuspensjon som inntreffer på grunn av propelloppvirvling ved fartøysanløp.

Nysedimentert materiale i Vågens indre del var mer forurenset enn nysedimentert materiale utenfor terskelen. Det ble tatt en vannprøve ved terskelen. Til tross for høye miljøgiftkonsentrasjoner i sedimentene, ble det ikke påvist forhøyede miljøgiftkonsentrasjoner i vannmassene [5,28].

Total transport ble beregnet som $F_{\text{diff}} + F_{\text{skip}}$ (fra risikovurdering) + F_{part} (naturlig erosjon)

Bidrag fra biodiffusjon (F_{diff}) og mengde skipsoppvirvlet sediment (F_{skip}) ble hentet fra beregninger utført av NGI. Det ble antatt at alt skipsoppvirvlet sediment transporteres ut av Vågen.

Under forutsetning av at det er lite vind i Vågen og relativt svake strømmer (<5-8 cm/s) viste beregningene at det per døgn spres ca. 0,1 g PCB7, ca. 2,8 g kvikksølv og 230 g bly. Fluksen kan i perioder øke betydelig som følge av erosjon av forurensede sedimenter. De kvantitative resultatene av beregningene var usikre og trolig overestimerer mest på grunn av at tilgangen til løse sedimenter på bunnen antas å være begrenset i områder der det allerede har foregått erosjon over lang tid [5,28].

6.1.2 Faktorer av betydning for human helse

Sjablongverdiene av stor betydning for beregning av risiko for human helse dreier seg om arealbruk, spisevaner og rekreasjonsmønster som direkte påvirker betydningen av de ulike eksponeringsveiene.

Arealbruk

Vågen er en aktiv havn uten bading eller annen mulighet for direkte kontakt med sediment og vann. Human eksponering for miljøgifter fra sedimentet vil derfor være gjennom inntak av fisk/skalldyr. Eksponeringen beregnes ut fra forventet konsum og innholdet av miljøgifter i disse. Per i dag antas inntaket av lokal fisk/skalldyr å være lavt på grunn av kostholdsråd og kun et begrenset fritidsfiske, men det langsiktige miljømålet for fjordsystemet har vært å kunne spise lokal fisk og sjømat. Sjablongverdien for kontaminert fraksjon lik 50 % er derfor beholdt i beregningen av risiko for human helse. Dette betyr at 50% av fisken en person spiser er fanget i det forurensede området.

Biotilgjengelighet

En nøkkelfaktor i vurderingen av risiko for human helse er hvor biotilgjengelige miljøgiftene i sedimentet er for bunndyr, det første leddet i transporten til mennesket via næringskjeden.

I følge veilederen vil biotilgjengelighet som beregnes fra målte sedimentkonsentrasjoner og de anbefalte fordelingskoeffisientene gi et konservativt estimat, dvs. sannsynligvis høyere biotilgjengelighet enn det som er riktig. Hvor tilgjengelige organiske miljøgifter i sedimentet er, avhenger i stor grad av sedimentets innhold av organisk karbon, mens sedimentenes redoks-forhold er spesielt styrende for utlekkingen av metaller. Likevektskonstantene K_d (fordelingskoeffisienten mellom sediment og porevann) og BSAF (fordelingskoeffisient mellom sediment og biota) har stor innflytelse i risikoberegning og er viktig å få mest mulig realistiske verdier for [10].

For Vågen er det gjort ulike undersøkelser for å belyse hvor tilgjengelige miljøgiftene er for opptak i organismer. Miljøgifter kan være sterkt bundet til organisk stoff og særlig til kullholdig materiale eller sotkarbon. Sedimentet innenfor terskelen i Vågen har høyt innhold av organisk materiale. K_d -verdien i beregningene må derfor korrigeres for sedimentets virkelige innhold av organisk karbon (TOC). Som det fremgår av tabell 19 er fordelingskoeffisienten mellom sediment og porevann mye høyere når sedimentet har et høyt innhold av organisk stoff, det vil si miljøgiftene er mindre løselige og mindre tilgjengelige for spredning og opptak i organismer. For eksempel er K_d -verdien for PAH-forbindelsen benzo(a)pyren lik 8317 når TOC-innholdet er 1 %, og 83170 når TOC-innholdet er 10 %.

I følge veilederen for risikovurdering TA 2802/2011 er metaller bundet som sulfid under anoksiske forhold mindre løselige enn det de oppgitte fordelingskoeffesientene viser [5]. Innenfor terskelen VÅG 1, 2 og 3, har sedimentet et svært tynt topplag over svart anoksiske sediment med sterk H_2S lukt. På terskelen og i ytre del av Vågen, VÅG 4 og 5 er topplaget noe tykkere, men også her indikerte redoks-målinger anoksiske forhold tett opp mot sedimentoverflaten, kap 3.6 tabell10.

Måling av forholdet mellom metaller og syreløselige sulfider (SEM/AVS) viste et overskudd av sulfid i alle delområder i Vågen. Dette indikerer at metallene er lite biotilgjengelige til tross for høye totalkonsentrasjoner av metall i sedimentet, kap. 3.7 tabell 12.

Det er gjennomført bioakkumuleringstester som direkte måler opptak av miljøgifter i bunndyr i vedvarende kontakt med sediment fra Vågen, kap 3.8 tabell 13. Analyseresultatene er benyttet i risikovurderingen. Det ble registrert økt opptak av PCB og TBT i børstemark og snegl som levde i sediment fra Vågen, og høyest opptak i sediment med lavt innhold av organisk karbon. Det var imidlertid ikke signifikant bioakkumulering av kvikksølv eller andre tungmetaller fra noen av sedimentprøvene sammenliknet med en kontrollprøve.

Kd-verdiene kan variere mye mellom ulike sedimenter. Som et alternativ til å bruke standard Kd-verdier ble det gjort forsøk på å bestemme fordelingskoeffisientene ved å måle porevannskonsentrasjonene og beregne Kd-verdien basert på fordelingen mellom konsentrasjon av forurensing i sediment og vann; $Kd = C_{sed}/C_{pv}$.

Av tabell 19 og vedlegg 4 fremgår det at fordelingskoeffisientene for metaller basert på porevannsmålinger gav Kd-verdier betydelig lavere enn de oppgitte standard fordelingskoeffisientene. På den andre side indikerer lave SEM/AVS-verdier, ikke registrert bioakkumulasjon av metaller og observasjon av lave redoks-forhold at miljøgiftene i sediment fra Vågen har begrenset biotilgjengelighet og at Kd-verdiene i virkeligheten er høyere enn standardverdiene i regnearkverktøyet. Årsaken til det motsatte resultatet ved bruk av porevannsmålinger kan skyldes at redoks-forholdene i prøvematerialet ble endret under prøvetaking og prøveoppbeiding og at porevannsprøven ikke ble filtrert før analyse slik at miljøgifter på sedimentpartikler kan ha blitt med i resultatet. På bakgrunn av dette forkastes porevannsanalysene av metaller og tas ikke med i risikovurderingen.

For organiske miljøgifter er bildet noe annerledes. Også her kan porevannskonsentrasjonene være overestimert, men for alle PAH-forbindelsene og flere av PCB-kongenerne er likevel Kd-verdiene basert på porevannsmålinger høyere enn standardverdier og trolig mer i tråd med de virkelige forholdene, tabell 19. Flere PAH-forbindelser og PCB-kongener var ikke tilstede i målbare konsentrasjoner i porevannet. For disse er halvparten av deteksjonsgrensen benyttet som verdi ved beregning av Kd-verdier og i risikovurderingen forøvrig. Benzo(a)pyren ble påvist i porevann fra fire av de fem delområdene. Beregnet fordelingskoeffisient ut fra porevannskonsentrasjonen gav en Kd-verdi for benzo(a)pyren som var betydelig høyere enn standardverdien, noe som tyder på sterk binding i sedimentet. For PCB gav porevannsanalysene høyere Kd-verdi for noen kongener og lavere Kd-verdi for andre. I porevann fra VÅG 4 var PCB ikke detekterbart, men oppgitt med relativt høy rapporteringsgrense. Dette førte til at Kd-verdiene for PCB beregnet fra porevann ble høyere enn standardverdiene.

For de fleste organiske miljøgifter gav målt porevann høyere Kd-verdi enn TOC-korrigert Kd. For parametre som var i så lave konsentrasjoner at de ikke var målbare, ble halv deteksjonsgrense benyttet som verdi. Kd-verdiene basert på porevannsanalyser ansees totalt sett som mer realistiske enn standardverdiene og TOC-korrigerte verdier og benyttes i risikovurderingen. Alle Kd-verdier er vist i vedlegg 5.

Tabell 19 Eksempel fra VÅG 1a, Kd-verdier korrigert for reelt innhold av organisk karbon og beregnet fra målte porevannskonsentrasjoner. Beregningsverktøy ark 2a mellomberegning.

Stoff	Type	VÅG 1a Konsentrasjoner i sedimentet, snitt (mg/kg TS)	VÅG 1a Konsentrasjoner i porevann, snitt (µg/l)	VÅG 1a Kd sed (l/kg) ved 1% TOC	VÅG 1a Kd sed (l/kg) justert for målt TOC, snitt TOC = 10%	VÅG 1a Kd sed (l/kg) ut fra målt porevann, Cpv
Arsen	uorganisk	17.29	30.1	6607	6607	831
Bly	uorganisk	637.15	85.7	154882	154882	5939
Kadmium	uorganisk	2.16	0.28	130000	130000	5714
Kobber	uorganisk	328.92	55	24409	24409	5127
Krom totalt (III + VI)	uorganisk	53.50	4.27	120000	120000	12412
Kvikksølv	uorganisk	9.79	1.03	100000	100000	5922
Nikkel	uorganisk	28.83	3.09	7079	7079	8091
Sink	uorganisk	1065.50	109	73000	73000	7174
Naftalen	organisk	0.29	<0.010	13	130	170000
Acenaftylene	organisk	0.22	<0.010	26	260	100000
Acenaften	organisk	0.35	<0.010	62	620	138000
Fluoren	organisk	0.58	<0.010	102	1020	220000
Fenantren	organisk	4.78	<0.010	229	2290	1880000
Antracen	organisk	1.42	<0.010	282	2820	560000
Fluoranten	organisk	8.85	<0.010	1445	14450	3400000
Pyren	organisk	8.43	0.022	589	5890	727273
Benzo(a)antracen	organisk	5.63	<0.010	5012	50120	1660000
Krysen	organisk	5.06	<0.010	3981	39810	1240000
Benzo(b)fluoranten	organisk	5.87	0.012	8128	81280	1166667
Benzo(k)fluoranten	organisk	3.47	<0.010	7943	79430	1000000
Benzo(a)pyren	organisk	5.49	0.015	8317	83170	1181818
Indeno(1,2,3-cd)pyren	organisk	3.40	<0.010	23442	234420	426667
Dibenzo(a,h)antracen	organisk	0.85	0.011	19498	194980	320000
Benzo(ghi)perylene	organisk	3.52	0.016	10233	102330	418750
PCB 28	organisk	0.002	<0.0010	407	4070	1000
PCB 52	organisk	0.015	<0.0010	501	5010	24000
PCB 101	organisk	0.016	<0.0010	3388	33880	74000
PCB 118	organisk	0.013	<0.0010	33884	338840	60000
PCB 138	organisk	0.029	<0.0010	5129	51290	106000
PCB 153	organisk	0.029	<0.0010	51286	512860	124000
PCB 180	organisk	0.016	<0.0010	9772	97720	78000
Tributyltinn (TBT-ion)	organisk	0.519	0,027	11	110	16296

Faktor a

Anoksiske sedimenter har mer eller mindre redusert bunnfauna slik at bioturbasjon og derved biodiffusjon er lavere enn sjablongverdier i trinn 2 tilsier. Binding til sulfid og redusert bioturbasjon kan føre til at trinn 2 overestimerer fluksen av miljøgifter ut av anoksiske sedimenter [5]. For VÅG 1, 2 og 3 er faktoren som diffusjonshastigheten økes med på grunn av bioturbasjon (faktor a) skjønsmessig redusert fra sjablongverdi 10 til 5 på grunn av at sedimentet er anoksiske. Denne faktoren påvirker bare bidraget fra biodiffusjon, ikke Kd for metaller.

Opptak i fisk og skalldyr

Man kan også bruke direkte analyser av miljøgifter i lokal sjømat for validering av beregningene for risiko for human helse [5]. Nasjonalt Institutt for ernærings- og sjømatforskning (NIFES) har på oppdrag fra Mattilsynet undersøkt innhold av metaller og organiske miljøgifter i fisk og sjømat fra fjordsystemet rundt Bergen [17,18,19]. Det ble valgt arter som er spesielt utsatt for oppkonsentrering av visse typer miljøgifter samtidig som de representerer ulike typer sjømat [16]. Det er funnet overskridelser av EUs grenseverdier for kvikksølv i filet av dypvannsfiskene brosme og lange, og av

grenseverdier for dioksiner og dioksinliknende PCB i ål og torskelever. På bakgrunn av flere undersøkelser i Byfjorden er det etablert kostholdsråd.

Filet fra brosme og lange viste gjennomsnittlige konsentrasjoner av kvikksølv på henholdsvis 0,79 og 0,67 mg/kg våtvekt, som er over EUs øvre grenseverdi på 0,5 mg/kg våtvekt. I torskfilet er det funnet gjennomsnittlig kvikksølvkonsentrasjon nær 0,3 mg/kg våtvekt som overstiger 0,2 mg/kg som ofte benyttes som grense for kostholdsråd overfor gravide og ammende. Torsk kan akkumulere både uorganiske og organiske miljøgifter i leveren. Analysene viste en gjennomsnittlig konsentrasjon av dioksiner og dioksinliknende PCB i torskelever på 450 pg TEQ/g våtvekt som er langt over EUs øvre grenseverdi for fiskelever på 25 pg TEQ/g. I ål er det funnet gjennomsnittlig innhold av dioksiner og dioksinliknende PCB på 22 pg TEQ/g våtvekt, som er over EUs øvre grenseverdi på 12 pg TEQ/g. Det ble også funnet høye verdier av dioksiner og dioksinliknende PCB og kadmium i brunmat fra krabbe selv om disse ikke overskrider egne grenseverdier som er gitt for krabbe [16]. Når det gjelder PAH ble det ikke påvist PAH4 (benzo(a)antracen, krysen, benzo(k)fluoranten, benzo(a)pyren) i undersøkelse av filet fra brosme, lange og ål i 2007. Gjennomsnittsverdi for benzo(a)pyren i undersøkelse av blåskjell i 2007 var 2,6 µg/kg som er under EUs grense til skjellmat som er 10 µg/kg [17].

Resultatene er gjennomsnittskonsentrasjoner av prøver fra Byfjorden avgrenset av Askøybroen i vest og linjen mellom Bakarvågneset (Askøy) og Helleneset i nord. Det er flere kjente lokaliteter med forurenset sjøbunn i dette området. Fisken kan være eksponert for ulike forurensete områder og for andre miljøgiftkilder enn sedimentene. Analysene vil derfor ikke belyse risikobidraget fra sedimentene i Vågen separat.

En begrenset andel av fisken i kostholdsundersøkelsene er fanget i Vågen og på Bontelabo, kaiområdet nordøst for munningen av Vågen. Tabell 20 viser analyseresultater for filet av torsk, sei, hyse, hvitting, lange og ål fanget i Vågen/Bontelabo [36]. For kvikksølv var gjennomsnitt av 12 prøver 0,24 mg/kg våtvekt som er under EUs grenseverdi. En prøve av ål viste svært høye konsentrasjoner av doksiner og dioksinliknende PCB som overskrider EUs grenseverdi. Det ble ikke påvist benzo(a)pyren. Resultatene er mer representative for sjømat fra Vågen, men også denne fisken kan være eksponert for flere miljøgiftkilder.

Tabell 20 Analyseresultater fra filet av torsk, ål, sei, lange, hvitting og hyse fanget i Vågen/Bontelabo. Ikke målbare konsentrasjoner er satt lik halv deteksjonsgrense ved beregning av gjennomsnitt.

Parameter	Enhet	Art	Antall prøver	EU grenseverdi	Gjennomsnitt	Min	Maks
Arsen, As	mg/kg vv	Torsk, ål	12		5.05	2.10	10.00
Bly, Pb	mg/kg vv	Torsk, ål	12		0.01	<0.0067	0.039
Kadmium, Cd	mg/kg vv	Torsk, ål	12		0.001	<0.0017	0.003
Kobber, Cu	mg/kg vv	Torsk, ål	12		0.17	0.12	0.31
Sink, Zn	mg/kg vv	Torsk, ål	12		8.05	3.20	30.00
Kvikksølv, Hg	mg/kg vv	Torsk, ål, sei, hyse, hvitting, lange	55	0,5	0.11	0.02	0.48
Benzo(a)pyren	µg/kg vv	Ål	2	2	<0,5	<0,5	<0,5
Sum PAH 16	µg/kg vv	Ål	2		9.6	5.4	13.8
Sum PCB 7	µg/kg vv	Ål	10		344.6	66	750
DL PCB	TEQ pg/g vv	Ål	1		30.1	30.1	30.1
Dioksiner	TEQ pg/g vv	Ål	1		1.06	1.06	1.06
Sum DL PCB og dioksiner	TEQ pg/g vv	Ål	1	12	31.16	31.16	31.16

Målt opptak i biota er generelt lavere enn det som regneverktøyet beregner ved hjelp miljøgiftkonsentrasjon i sediment og standardverdier. Unntaket i eksempelet i tabell 21, er kvikksølv som er målt i høyere konsentrasjoner i fisk enn det sjablongverdiene tilsier. Arsen er målt i høye konsentrasjoner i både bunndyr og fisk.

Tabell 21 Beregnet opptak i biota sammenliknet med målt opptak i bunndyr fra VÅG 2 og målt innhold i fisk fanget i Vågen/Bontelabo (mg/kg vv)

Område	VÅG 2	VÅG 2	Vågen/Bontelabo
Parameter	Cbio, middel vevskonsentrasjon i bunnfauna, beregnet, mg/kg vv (TA-2802/2011)	Gjennomsnitt vevskonsentrasjon i børstemark, målt i akkumulasjonsforsøk, mg/kg vv (NIVA 2012)	Gjennomsnitt vevskonsentrasjon målt i fisk Vågen/Bontelabo, mg/kg vv (NIFES 2007)
Arsen	0.010	1.100	5.050
Bly	1.900	0.170	0.010
Kadmium	0.003	<0.01	0.001
Kobber	1.841	0.670	0.170
Krom totalt (III + VI)	0.013	<0.1	
Kvikksølv	0.013	0.009	0.110
Nikkel	0.114	<0.1	
Sink	16.796	9.100	8.050
PCB 28	0.010	0.001	0.001
PCB 52	0.295	0.0002	0.016
PCB 101	0.079	0.0005	0.039
PCB 118	0.007	0.002	0.078
PCB 138	0.099	0.003	0.103
PCB 153	0.009	0.003	0.091
PCB 180	0.027	0.0004	0.018
Tributyltinn (TBT-ion)	1.889	0.011	

6.1.3 Faktorer av betydning for økologisk effekt

For å få et direkte mål på om miljøgiftene i sedimentet gir negativ effekt på organismer og økosystemet er det gjennomført standard helsediment-toksisitetstest der organismer utsettes for vedvarende kontakt med det aktuelle sedimentet (kap. 5 tab. 14). Resultater fra delområdene VÅG 4 og VÅG 5 benyttes i risikovurderingen.

6.2 Resultater, risiko for spredning av miljøgifter

Risiko for spredning av miljøgifter fra sedimentet til øvrige deler av økosystemet beregnes som summen av transport av oppløste stoffer via porevann (F_{diff}), transport av stoffer bundet til sedimentpartikler (F_{skip}) og transport gjennom opptak i næringskjeden (F_{org}).

$$F_{tot} = F_{diff} + F_{skip} + F_{org}$$

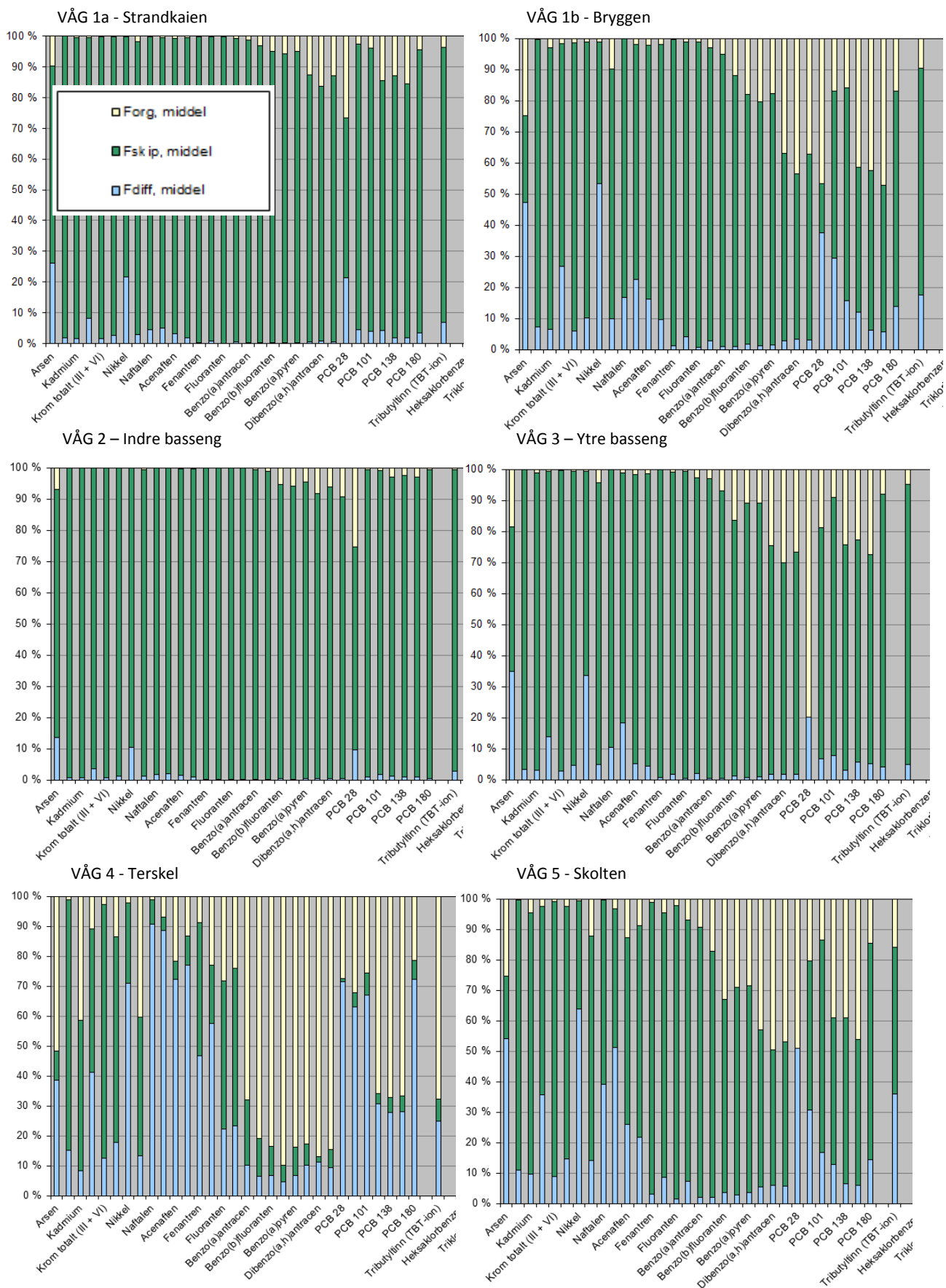
Transport via porevann foregår som lekkasje fra sedimentet på grunn av utjevning av konsentrasjonsforskjeller mellom porevann og vannet over sjøbunnen. Utlekkingen forsterkes av biologisk aktivitet i øvre del av sedimentet. Under anoksiske forhold vil utlekkingen begrenses på grunn av lav biologisk aktivitet og binding av metaller som sulfider. Bioturbasjonssonen regnes normalt som øverste 10 cm.

Miljøgifter på sedimentpartikler kan spres ved oppvirvling av sjøbunnen. Oppvirvling av partikkelbundet forurensning på grunn av propellersosjon er en viktig transportmekanisme i Vågen. Mengden som spres er avhengig av vanndybde under propellen, trafikkmønster og sedimenttype. Miljøgifter er i størst grad knyttet til de minste partiklene, og leirfraksjon regnes for å bidra mest til transport av partikkelbundet forurensning. Dette er også den fraksjonen som holder seg lengst i vannmassene og kan transporteres lengst. Spredning via opptak i næringskjeden er avhengig av miljøgiftenes biotilgjengelighet og beregnes ut fra vevskonsentrasjoner i bunnfauna.

Spredningen beregnes som total miljøgiftfluks (F_{tot}) og årlig transport fra sedimentet (U_{tot}). Beregnet spredning fra de ulike delområdene i Vågen er sammenliknet med den spredningen som ville foregått dersom sedimentet tilfredsstilte akseptgrensene for risikovurdering trinn I "tillatt spredning", det vil si sedimenter i tilstandsklasse II eller lavere. Tabell 22 viser antall ganger beregnet spredning overskrider "tillatt spredning". Overskridelsene er størst i delområdet foran og i innseilingen til Strandkaaien, VÅG 1 og VÅG 2.

Tabell 22 Beregnet spredning sammenliknet med "tillatt spredning". Antall ganger overskridelse. Beregningsverktøy ark 4 tabell 2a. Bare overskridelser. Fullstendig tabell i vedl 4.

Stoff	VÅG 1a	VÅG 1b	VÅG 2	VÅG 3	VÅG 4	VÅG 5
Bly	8	4	7	5	1	3
Kadmium			1			
Kobber	6	4	9	5	1	3
Kvikksølv	15	8	20	10	1	4
Sink	3	2	3	2		1
Antracen	3		6	1		
Fluoranten	10	2	20	4		2
Pyren	3		7	1		
Benzo(a)antracen	36	9	55	14	8	8
Krysen	5	1	8	2	2	1
Benzo(b)fluoranten	9	2	16	5	2	3
Benzo(k)fluoranten	6	1	11	2	4	1
Benzo(a)pyren	5	1	9	2	1	1
Indeno(1,2,3-cd)pyren	50	19	69	26	19	20
Dibenzo(a,h)antracen	1		1		1	
Benzo(ghi)perylene	76	22	122	39	22	26
Sum PCB7	PCB beregnes ikke fordi det ikke er oppgitt grenseverdier enkeltkongener i trinn 1					



Figur 30 Relativ fordeling av spredningsmekanismer i de ulike delområdene(gjennomsnitt)

Det relative forholdet mellom bidrag fra de tre spredningsveiene biodiffusjon, propelloppvirvling og opptak i organismer fremgår av figur 30. For innerste og midtre del av Vågen domineres spredningen av propelloppvirvling. I dette området anløper en rekke fartøy, og særlig domineres VÅG 1a og VÅG 2 av hurtigbåter med vannjet. Sedimentet i VÅG 2 og 3 består av mye finstoff, mens sjøbunnen i innerste del av Vågen har en noe større andel sand. Den biologiske aktiviteten antas å være noe begrenset på grunn av anoksiske forhold i sedimentet og akkumulasjonstester har vist at metaller, PCB og TBT har begrenset biotilgjengelighet. Kombinasjonen av mange anløp og et sediment med mye silt og leire gir stort potensiale for propelloppvirvling, og denne mekanismen er derfor større enn spredning som følge av diffusjon og opptak i organismer i de indre delene av Vågen (VÅG 1a,2,3). Bryggen benyttes hovedsakelig av mindre fartøy. Dette kombinert med at sedimentet inneholder en del sand gjør at spredning ved diffusjon og opptak i organismer har en relativt større betydning i VÅG 1b enn de andre områdene i midtre og indre Vågen.

I ytre del av Vågen er sedimentet grovere. Andel spredning som skyldes skipsanløp er betydelig mindre, særlig på terskelen (VÅG4). Andelen spredning som skjer via diffusjon og opptak i næringskjeden er større her enn i de andre områdene. Akkumulasjonsforsøk har vist at biotilgjengeligheten av organiske miljøgifter er større i VÅG 4 enn i de øvrige områdene.

Total mengde spredt fra de ulike delområdene oppgitt, U_{tot} , (mg/år) fremgår av vedlegg 4. Delområdene har ulik størrelse og det er derfor mer relevant å sammenlikne total fluks, F_{tot} , som oppgis som mengde per tidsenhet og areal (mg/m²/år).

Som vist i tabell 23 er det beregnet størst spredning fra området foran og i innseilingen til Strandkaaien (VÅG1a og VÅG2) der det daglig anløper hurtigbåter. Det er også beregnet betydelig spredning fra VÅG 3, særlig på grunn av høy andel finstoff. Mengde spredning pr m² fra terskelen og ytre del av Vågen, VÅG 4 og VÅG 5, er lavere til tross for at dette er området der de største fartøyene legger til. Årsaken til dette er at sedimentet her er grovere og mengde oppvirvlet sediment pr anløp er lavere. Spredningen er også mindre fra området foran Bryggen der det anløper mange men mindre fartøy.

Det er knyttet stor usikkerhet til spredningsberegningene. Basert på fluksberegningene ut av sedimentet anslår regneverktøyet hvor raskt sedimentets lager av miljøgifter vil tømmes fra de øvre 10 cm av bunnen (bioturbasjonsdypet). For delområdene i Vågen varierer denne tiden fra 15-115 år, tabell 24. Forurensningen i Vågen er imidlertid betydelig dypere enn 10 cm.

Den relativt korte "tømme tiden" for deler av Vågen kan bety at spredningen er noe overestimert. Dersom sediment i Vågen er mer kohesivt og fast eller at det er mindre andel finstoff igjen foran kaier, kan mengde oppvirvlet sediment per anløp i virkeligheten være lavere enn sjablongverdiene tilsier. En annen mulighet er at det foregår en intern forflytning av sedimenter og at en andel av oppvirvlede partikler sedimenterer igjen lokalt. Bergens Sjøfartsmuseum har i en ny undersøkelse av forflytning og avgraving av kulturminner funnet at det foregår et årlig tap av 3 cm kulturlag på grunn av lokal erosjon ved Strandkaaien, og at det sedimenterer masse inn til 1 cm i året i nærliggende områder.

Beregnet total mengde spredt i Vågen i g/år er gjengitt i tabell 25. Figur 23 viser at skipsoppvirvling er den dominerende spredningsmekanismen og tabell 23 viser at det største bidraget er fra innerste del av Vågen. Hvor stor andel av miljøgifter fra sedimentet som transporteres ut av Vågen og til det omkringliggende fjordsystemet er ukjent.

Tabell 23 Total mengde spredt pr tidsenhet og areal (mg/m² og år), middelverdi.
Fra beregningsverktøy ark 4 tabell 2b.

Stoff	VÅG 1a	VÅG 1b	VÅG 2	VÅG 3	VÅG 4	VÅG 5
Arsen	33.4	12.8	49.7	16.3	6.6	12.0
Bly	780.9	114.8	1 734.1	272.0	25.3	52.3
Kadmium	2.7	0.5	11.1	1.3	0.0	0.2
Kobber	436.0	97.9	1 370.9	227.4	21.3	53.9
Krom totalt (III + VI)	65.5	14.0	226.1	38.5	5.5	9.9
Kvikksølv	12.1	1.9	38.2	4.7	0.2	0.6
Nikkel	45.8	13.7	134.4	25.2	8.8	19.4
Sink	1 346.4	257.3	3 658.9	539.5	68.9	146.9
Naftalen	0.36	0.09	0.94	0.15	0.18	0.06
Acenaftylen	0.29	0.06	0.71	0.08	0.16	0.04
Acenaften	0.43	0.09	1.05	0.27	0.19	0.07
Fluoren	0.71	0.14	1.58	0.30	0.17	0.08
Fenantren	5.76	0.99	13.96	2.21	0.27	0.44
Antracen	1.72	0.31	4.76	0.74	0.22	0.16
Fluoranten	10.67	1.79	26.40	3.77	0.52	0.82
Pyren	10.25	1.76	26.17	3.79	0.49	0.90
Benzo(a)antracen	6.85	1.13	16.16	2.16	1.03	0.59
Krysen	6.28	1.06	15.24	2.13	1.64	0.68
Benzo(b)fluoranten	7.45	1.48	20.71	3.28	1.48	1.19
Benzo(k)fluoranten	4.43	0.79	12.06	1.46	2.12	0.45
Benzo(a)pyren	6.97	1.39	18.80	2.53	1.44	0.87
Indeno(1,2,3-cd)pyren	4.70	0.99	12.03	1.79	0.91	0.80
Dibenzo(a,h)antracen	1.22	0.27	2.86	0.51	0.81	0.24
Benzo(ghi)perylene	4.89	0.98	12.30	2.02	0.97	0.90
PCB 28	0.005	0.003	0.010	0.005	0.014	0.004
PCB 52	0.019	0.003	0.094	0.013	0.014	0.004
PCB 101	0.021	0.005	0.173	0.026	0.012	0.006
PCB 118	0.019	0.007	0.163	0.027	0.027	0.010
PCB 138	0.041	0.012	0.327	0.045	0.027	0.017
PCB 153	0.042	0.014	0.304	0.044	0.027	0.019
PCB 180	0.020	0.005	0.167	0.018	0.010	0.006
Sum PCB7	0.168	0.049	1.239	0.178	0.131	0.067
Tributyltinn (TBT-ion)	0.71	0.27	3.12	0.43	0.47	0.17

Tabell 24 Beregnet spredning. Tiden det tar å tømme sedimentet for gitt stoff t_{tom} (år)
Gjennomsnitt av tømmetid for alle stoffene. Beregningsverktøy ark 3a.

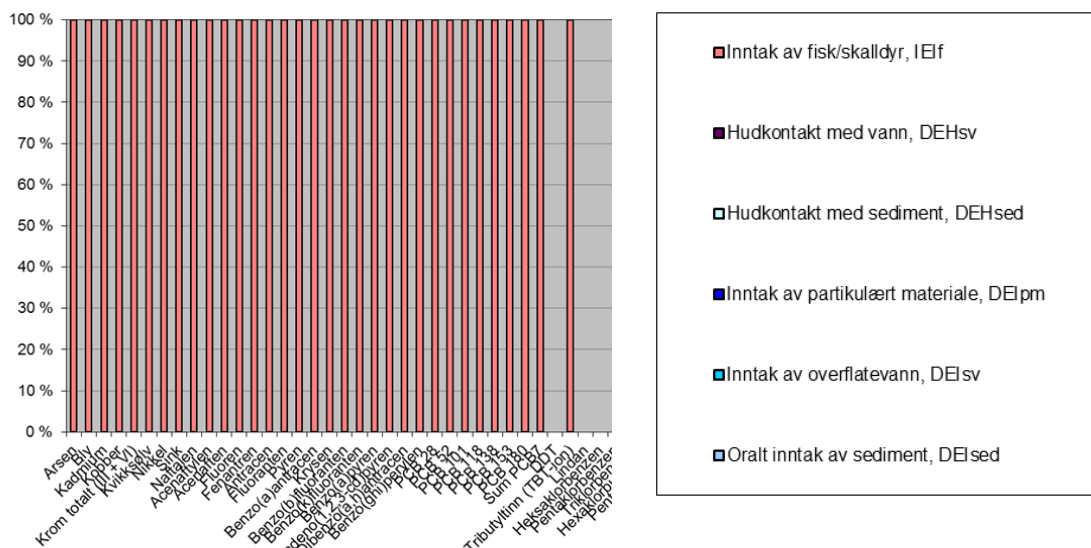
VÅG 1a	VÅG 1b	VÅG 2	VÅG 3	VÅG 4	VÅG 5
34 år	115 år	15 år	59 år	41 år	79 år

Tabell 25 Total mengde spredning i Vågen g/år, middelverdi.

Stoff	Sum Vågen (g/år)
Arsen	4 312
Bly	89 242
Kadmium	467
Kobber	67 967
Krom totalt (III + VI)	11 212
Kvikksølv	1 699
Nikkel	7 913
Sink	181 120
Naftalen	55
Acenaftylene	40
Acenaften	70
Fluoren	92
Fenantren	712
Antracen	241
Fluoranten	1 309
Pyren	1 297
Benzo(a)antracen	827
Krysen	813
Benzo(b)fluoranten	1 094
Benzo(k)fluoranten	638
Benzo(a)pyren	959
Indeno(1,2,3-cd)pyren	645
Dibenzo(a,h)antracen	186
Benzo(ghi)perylene	680
PCB 28	1
PCB 52	5
PCB 101	8
PCB 118	8
PCB 138	15
PCB 153	14
PCB 180	7
Sum PCB7	58
Tributyltinn (TBT-ion)	160

6.3 Resultater, risiko for human helse

Risiko for human helse er beregnet ut fra eksponering gjennom inntak av lokalt fanget fisk og skalldyr. Direkte inntak og hudkontakt med sediment, vann og suspendert stoff er ikke vurdert som relevant. Figur 31 viser relativ betydning av eksponeringsvei.



Figur 31 Fordeling av eksponeringsmekanismer for VÅG 1,2,3,4 og 5

Modellen beregner total livstidsdose ut fra forventet konsum av fisk/skalldyr og innhold av miljøgifter i disse. Standard sjablongverdier for daglig inntak og kontaminert fraksjon er benyttet.

Beregningsmodellen tar utgangspunkt i at 50 % av konsumert fisk er fanget lokalt og at totalt daglig inntak av fisk og skalldyr for barn og voksne er henholdsvis 0,028 kg vv/d og 0,138 kg vv/d.

Sjablongverdiene er benyttet i beregningen. Inntak av fisk/skalldyr fanget i Bergen sentrum er lavt per i dag. 50 % er likevel benyttet med bakgrunn i et generelt ønske om å kunne spise fisk fra Byfjorden.

Det forutsettes i beregningsmodellen at 10 % av menneskets eksponering for miljøgifter kommer fra sedimentene. Beregnet eksponering sammenliknes derfor med 10 % av grenseverdiene for TDI (tolerabelt daglig inntak) eller MTR (maksimalt tolerabel risiko), der laveste av de to grenseverdiene benyttes.

I tilfeller der helserisiko gjennom konsum av sjømat utgjør en viktig del av risikovurderingen anbefaler veilederen at det gjennomføres bioakkumuleringstester. Disse måler opptaket i organismer som kun er eksponert for det aktuelle sedimentet. Direkte analyse av miljøgifter i lokal sjømat kan også benyttes, men disse kan være eksponert for forurenset sediment i flere områder og andre kilder til miljøgifter. Lokalt fanget fisk vil derfor ikke belyse risikobidraget fra sedimentet separat, bare være en øvre grense for dette risikobidraget, dersom det skulle være det eneste bidraget [5].

Tabell 26, 27 og 28 viser beregnede overskridelser av livstidsdose i forhold til MTR 10% basert på konsentrasjon av miljøgifter i sedimentet, målt konsentrasjon av organiske miljøgifter i porevann, vevskonsentrasjon i bunndyr fra akkumulasjonsundersøkelse og analyse av fisk fanget i Vågen og ved Bontelabo. Det er bare stoffer med overskridelser som er vist i tabellene. Fullstendige beregningstabeller er gjengitt i vedlegg 4.

Beregninger bare basert på miljøgiftinnholdet i sedimentet framgår av tabell 26. Dette er et konservativt estimat som viser overskridelser for metallene bly, kobber, kvikksølv og sink, flere PAH-er, PCB og TBT. Det er særlig høye overskridelser for benzo(a)pyren. Overskridelsene er høyest i VÅG 2 og lavest i VÅG 4, på terskelen.

Tabell 26 Beregnet total livstidsdose i forhold til MTR 10 %, middelverdi. Antall ganger overskridelse. Beregning bare basert på sedimentdata. Beregningsverktøy ark 4 tabell 3. Bare overskridelser. Fullstendig tabell i vedl 4.

Stoff	VÅG 1a	VÅG 1b	VÅG 2	VÅG 3	VÅG 4	VÅG 5
Bly	28	16	26	18	4	10
Kobber	1		2	1		
Kvikksølv	5	3	6	3		1
Sink	2	2	3	2		1
Fenantren	4	3	4	3	2	4
Fluoranten	4	3	4	3	2	5
Benzo(a)antracen	19	12	17	13	14	20
Krysen	4	2	4	3	3	5
Benzo(k)fluoranten	21	13	22	15	13	18
Benzo(a)pyren	7043	4809	7341	5330	3307	7262
Indeno(1,2,3-cd)pyren	7	4	7	5	3	7
Benzo(ghi)perylene	3	2	3	2		3
Sum PCB7	541	262	1292	879	387	887
Tributyltinn (TBT-ion)	20	26	37	28	24	26

Beregninger basert på sedimentkonsentrasjoner, porevannskonsentrasjoner for organiske miljøgifter og målt opptak av metaller, PCB og TBT i bunndyr ved akkumulasjonstest er vist i tabell 27. Resultatene viser ingen overskridelse for kvikksølv, lavere overskridelser for PCB og lavere men likevel betydelige overskridelser for PAH, særlig benzo(a) pyren. I tillegg er det beregnet overskridelse for arsen.

Tabell 27 Beregnet total livstidsdose i forhold til MTR 10 %, middelverdi. Antall ganger overskridelse. Beregning basert på sedimentdata, porevann og opptak i bunndyr ved akkumulasjonstest. Beregningsverktøy ark 4 tabell 3. Bare overskridelser. Fullstendig tabell i vedl 4.

Stoff	VÅG 1a	VÅG 1b	VÅG 2	VÅG 3	VÅG 4	VÅG 5
Arsen	10	10	11	10	11	11
Benzo(a)antracen					5	
Benzo(k)fluoranten	2	1	5	1	13	1
Benzo(a)pyren	496	352	1213	397	1719	537
Indeno(1,2,3-cd)pyren	4	2	6	3	5	3
Benzo(ghi)perylene			1			
Sum PCB7	3	3	5	6	11	5

I tabell 28 er alle tilgjengelige data benyttet. De samme analyseresultatene for fisk er benyttet for alle delområdene i Vågen, og beregnet overskridelse er derfor lik for VÅG1-5.

Tabell 28 Beregnet total livstidsdose i forhold til MTR 10%, middelerdi. Antall ganger overskridelse. Beregning basert på sedimentdata, porevann og analyse av fisk fra Vågen og Bontelabo. Beregningsverktøy ark 4 tabell 3. Bare overskridelser. Fullstendig tabell i vedl 4.

Stoff	VÅG 1a	VÅG 1b	VÅG 2	VÅG 3	VÅG 4	VÅG 5
Arsen	50	50	50	50	50	50
Kvikksølv	11	11	11	11	11	11
Sum PCB7	169	169	169	169	169	169

Basert på målt innhold i fiskefilet viser beregnet total livstidsdose betydelig overskridelse av grenseverdien for human helse (10 % MTR/TDI) for kvikksølv, PCB og arsen. Beregningsverktøyet prioriterer vevskonsentrasjon i fisk framfor vevskonsentrasjon i bunnfauna når begge deler er tilgjengelig. Årsaken til de ulike resultatene i beregninger med og uten analyser av fisk skyldes at det er målt høyere konsentrasjon av arsen, kvikksølv og PCB i fisk enn i bunndyr. Det er imidlertid ikke funnet benzo(a)pyren eller andre PAH-er i fiskefilet i konsentrasjoner som gir overskridelser av grenseverdi for human helse.

Arsen

Arseninholdet i sedimentet er lavt og tilsvarer tilstandsklasse I-II (gjennomsnitt 10,6 mg/kg TS, maks 41,0 mg/kg TS). Basert på innholdet av arsen i sedimentet er det ikke beregnet overskridelse av grenseverdien for helserisiko, tabell 26. Basert på innholdet av totalt arsen i bunndyr og fisk er det beregnet en overskridelse av 10 % MTR/TDI for arsen med 10-50 ganger, tabell 27 og 28.

Arsen er et grunnstoff som finnes i relativt høye konsentrasjoner i sjømat, og som foreligger både som organiske og uorganiske forbindelser. Organisk bundet arsen anses å være lite giftig, mens uorganisk arsen er meget giftig. Tradisjonelle analyser av arsen i biota gir kun informasjon om totalinnholdet av arsen, altså summen av organisk og uorganisk. Nyere undersøkelser viser imidlertid at 97-99 % av arseninnholdet i fisk og sjømat er organiske forbindelser som ikke er helseskadelige [15]. Resultater fra en doktoravhandling ved Universitetet i Bergen i 2005 viste at andelen giftige arsenforbindelser i fisk var lavere enn 1 % av det totale arseninnholdet [27].

I en ny stor undersøkelse av innholdet av uorganisk arsen i fisk fra norskekysten ble det funnet svært lave konsentrasjoner av uorganisk arsen i alle individer (<0.006 mg/kg) til tross for stor variasjon i innholdet av totalt arsen (0,3-100 mg/kg våtvekt). Dette er langt lavere enn det EFSA, European Food Safety Authority, har lagt til grunn for grenseverdier for arsen i mat (0,03 mg/kg våtvekt) [9]. I kostholdsrådene fra Mattilsynet er det ikke beskrevet noen risiko forbundet med arsenkonsentrasjonene som er målt i fisk i Bergen [16].

PAH

Det er svært høye konsentrasjoner av PAH i sedimentet tilsvarende tilstandsklasse V (gjennomsnitt 38,3 mg/kg TS, maks 120 mg/kg ekskl. hotspot). Beregning av helserisiko kun basert på analyse av sedimentet gir en maksimal overskridelse på 1790 ganger 10 % MTR/TDI for PAH-forbindelsen benzo(a)pyren, tabell 26.

Sedimentet i store deler av Vågen har høyt innhold av organisk karbon som har stor bindingsevne overfor organiske miljøgifter. Det er ikke gjennomført akkumulasjonstester for PAH i bunndyr, men det er sannsynlig at opptak av PAH vil være avhengig av sedimentets innhold av TOC på samme måte som målt opptak av PCB og TBT. Opptaket i biota var lavere i områder med høye konsentrasjoner av TOC enn i områder med mindre TOC i sedimentet. Mengde og kvalitet på det organiske materialet i sedimentet påvirker i stor grad frigjøringen av PAH fra sediment til porevann. PAH bindes til organisk

karbon og særlig sotkarbon, og PAH kan derfor være lite biotilgjengelig til tross for høye konsentrasjoner. Dette er blant annet vist i en undersøkelse av sediment fra norske havner [22, 23]. I en annen undersøkelse av biota til sediment akkumuleringsfaktor (BSAF), som også er publisert av Norges Geotekniske Institutt, ble målt opptak av PAH i snegl funnet å være 10-140 ganger lavere enn den teoretisk beregnede verdien [24].

I undersøkelse av porevann fra Vågen var PAH-forbindelser ikke detekterbare eller ble påvist i lave konsentrasjoner. Benzo(a)pyren, som regnes som en av de mest toksiske av PAH-forbindelsene, er ikke påvist i sjømat i kostholdsundersøkelsene fra Byfjorden i Bergen [36]. Basert på lokale målinger av innhold i sediment, porevannskonsentrasjon og analyse av vevsprøver fra lokalt fanget fisk er det ikke beregnet noen overskridelse av 10 % MTR/TDI for PAH, tabell 28. PAH i sedimentet i Vågen er trolig lite biotilgjengelig, og det er derfor knyttet liten human helserisiko til PAH til tross for høye konsentrasjoner i sedimentet.

Kvikksølv

Kvikksølv foreligger i høye konsentrasjoner i sedimentet tilsvarende tilstandsklasse V (gjennomsnitt 6,2 mg/kg TS, maks 29,9 mg/kg TS ekskl. hotspot). Beregninger av helserisiko som kun er basert på sedimentanalyser, gir en overskridelse av grenseverdien for human helse (10 % MTR/TDI) på 1-6 ganger, tabell 26.

For kvikksølv og andre metaller påvirkes den biologiske tilgjengeligheten i stor grad av forhold som redoks-potensialet og konsentrasjonen av sulfid. Undersøkelser av redoks-forhold i sedimentet, forholdet mellom sulfid og metall (SEM/AVS) og opptak av metaller i organismer i kontakt med sediment fra Vågen, indikerer at metallene i stor grad er bundet og lite tilgjengelige for opptak i næringskjeden slik sedimentet ligger i dag. Informasjon om redoks-forhold og resultater fra SEM/AVS-undersøkelser kan ikke benyttes direkte i regnearkverktøyet, men er nyttig informasjon ved tolkning av resultatene. Akkumulasjonstestene regnes for å være konservative på den måten at vanngjennomstrømming av sedimentet i testperioden fører til oksydasjon av sedimentet og mulighet for økt frigjøring og opptak av metaller. Det ble ikke funnet noen signifikant bioakkumulering av kvikksølv i forsøk med børstemark. Organiske kvikksølvforbindelser (metylkvikksølv) tas i større grad opp i organismer enn uorganisk kvikksølv. Det er mulig at kvikksølvet som finnes i sedimentet i Vågen i mindre grad foreligger som metylert kvikksølv (NIVA 2012) vedlegg 6. Beregning av helserisiko basert på sedimentanalyser og vevskonsentrasjon i bunndyr gir ingen overskridelse av 10% MTR/TDI, tabell 27.

Kostholdsrådundersøkelser i Byfjorden rundt Bergen har imidlertid påvist forhøyede kvikksølvkonsentrasjoner i fisk. Beregninger av risiko for human helse der disse dataene er lagt til grunn gir 11 ganger overskridelse av grenseverdien for kvikksølv, tabell 28. Fisk vil være påvirket av sediment fra et større område og flere miljøgiftkilder. Resultatene er på den måten ikke så representativt for risikobidraget fra sedimentet i Vågen som resultatene fra akkumulasjonstester av bunndyr. På den andre side likestiller risikomodellen vevskonsentrasjon i bunndyr og fisk, og tar ikke høyde for oppkonsentrering av miljøgifter i næringskjeden. Kostholdsrådsundersøkelsene viser at fisk i fjordsystemet rundt Bergen er forurenset med kvikksølv, men bidraget fra sedimentet i Vågen er trolig begrenset på grunn av stedlige forhold som gjør metallene lite tilgjengelige for opptak i næringskjeden.

Med utgangspunkt i føre-var- hensyn kan ikke helserisiko knyttet til kvikksølv fra Vågen utelukkes, men vurderes som begrenset.

PCB

Konsentrasjonen av PCB7 i sedimentet tilsvarer tilstandsklasse III og IV (gjennomsnitt 0,16 mg/kg TS, maks 0,77 mg/kg TS). Beregning av helserisiko som kun er basert på sedimentanalyser gir en overskridelse av 10 % MTR/TDI på 268-1292 ganger, tabell 26.

PCB er i stor grad bundet til organisk stoff i sedimentet. Den reelle biotilgjengeligheten er målt som opptak av PCB i bunndyr eksponert for sediment fra Vågen. Målt opptak var betydelig lavere enn beregnet, og lavere i områder med høyt innhold av organisk karbon. Resultatet av beregninger basert på vevskonsentrasjon i bunndyr gir en overskridelse av grenseverdien for human helse med 3-11 ganger, tabell 27.

På grunn av PCB-forurensning fraråder Mattilsynet konsum av ål og fiskelever fra fjordområdene rundt Bergen [16]. Ved beregning av helserisiko basert på målt innhold i lokalt fanget fisk overskrides grenseverdien for PCB med 169 ganger, tabell 28. Datagrunnlaget for PCB- innhold i fisk fanget i Vågen/Bontelabo er svært begrenset. Det er kun analysert for PCB i to blandprøver av ål. Ål er en feit fisk som er spesielt utsatt for oppkonsentrering av organiske miljøgifter. Fisk er i tillegg eksponert for sediment fra et større område og for andre miljøgiftkilder og representerer ikke risikobidraget fra Vågen alene. Overskridelsen av grenseverdien for human helse basert på vevskonsentrasjon i ål må derfor anses som svært konservativt.

Ved beregning av risiko for human helse er vevskonsentrasjon i bunndyr som er eksponert for det aktuelle sedimentet generelt vurdert å være mest representativt og bør prioriteres foran innhold i fisk som er fanget i et større område og eksponert for flere kilder [10], men tilgangen til analyser av bunndyr og sjømat er begrenset og de tilgjengelige datasettene kan supplere hverandre. For Vågen er en kombinasjon av tilgjengelige stedsspesifikke data for bunndyr og fisk vurdert å gi det mest komplette bildet av situasjonen.

Resultatene viser at PCB og kvikksølv i sedimentene er til dels sterkt bundet og mindre biotilgjengelige. Spredning til næringskjeden er derfor begrenset, men høyt konsum av lokalt fanget sjømat kan utgjøre en risiko for human helse.

Risiko knyttet til humanhelse ved opptak i næringskjeden er altså avhengig av stedlig biotilgjengelighet. Internt i Vågen er risikoen størst på terskelen, VÅG 4, og minst i innerste del av Vågen, Våg 1a og 1b.

6.4 Resultater, risiko for økologisk effekt

Vurdering av risiko for effekter på økosystemet vurderes mot gitte grenseverdier som har som prinsipielt mål å beskytte 95 % av artene i økosystemet selv ved lengre tids eksponering. Risikoen for skade på økosystemet anses som akseptabel dersom minst 95 % av artene ikke påvirkes. Risikoen vurderes ut fra konsentrasjonen av miljøgifter i sedimentet, toksisitetstester som gir direkte mål på om miljøgiftene gir effekter, og beregnet eller målt konsentrasjon i porevann og sjøvann som sammenliknes med PNEC_w (Predicted No Effect Concentration) [10].

Risiko for sedimentlevende organismer

Klassifiseringssystemet for metaller og organiske miljøgifter i marine sedimenter, Klif TA 2229/2007, er basert på effekter hvor klassegrensene representerer en forventet økende grad av skade for organismesamfunnet. Kriteriene for fastlegging av klassegrensene er basert på internasjonalt etablerte systemer for miljøstandarder og risikovurdering av kjemikalier i EU. Grenseverdiene for risikovurdering trinn 1 samsvarer, med unntak av TBT, med grensen mellom klasse II og III i sedimentklassifiseringssystemet. Dette er overgangen mellom *ingen toksisk effekt* og *kroniske effekter*

ved langtidseksponering, se tabell 29. Kriteriene for etablering av øvre grense for klasse II er i hovedsak i samsvar med Vannrammedirektivets miljøkvalitetsstandard QS_{sediment marine} og kriterier for PNEC (Predicted No Effect Concentration) fra EUs risikovurderingsprogram for eksisterende kjemikalier [10].

Tabell 29 Sammenhengen mellom tilstandsklasser og økologisk tilstand (TA -2229/2007)

Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5
Bakgrunn	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Bakgrunnsnivå	Ingen toksiske effekter	Kroniske effekter ved langtids eksponering	Akutte toksiske effekter ved korttidseksponering	Omfattende akutte toksiske effekter

Resultatene av sedimentanalysene er sammenliknet med grenseverdien for trinn 1 i kapittel 5. Grenseverdien overskrides for bly, PAH16, PCB7 og TBT i alle delområder. Overskridelsene er høyest for PAH. I tillegg overskrides grensen for kvikksølv, kobber og sink i alle delområder med unntak av på terskelen (VÅG 4), kap 5 tabell 15.

Gjennomsnittlig konsentrasjon av TBT er i tilstandsklasse V, *omfattende akutt toksisk effekt*, i alle delområder. Med unntak av sedimentet i VÅG 4, har alle delområder også gjennomsnittlig sedimentkonsentrasjon av PAH og kvikksølv tilsvarende klasse V, *omfattende akutt toksisk effekt*. I indre del av Vågen (VÅG1-3) inneholder sedimentet kobber i tilstandsklasse V, *omfattende akutt toksisk effekt*.

Toksistetstest som måler veksthemning av algen *Skeletonema* i porevann gav ingen utslag for negativ effekt, mens resultatene av DR-CALUX test påviser effekt av dioksiner og dioksinliknende PCB som overskrider grenseverdien med 5-17 ganger i alle delområder med unntak av det ytterste området (VÅG 5) tabell 30. DR-CALUX testen erstatter kjemisk analyse av dioksiner og dioksinliknende PCB-er i sedimentene. Testen dekker alle stoffer med dioksinvirkning. De høyeste toksisitetsekvivalentene for dioksin ble påvist i bassenget foran terskelen (VÅG 3).

Helsedimenttest med *Arenicola marina* for sediment fra terskelen (VÅG 4) viste 80 % dødelighet og overskred grenseverdien for akseptabel risiko 4 ganger, mens det i sedimentprøve fra ytre del av Vågen (VÅG 5) ikke ble registrert uakseptabel dødelighet, tabell 30. Helsedimenttest for prøvemateriale fra VÅG 1, 2 og 3 lot seg ikke gjennomføre på grunn av sedimentets konsistens, vedlegg 7.

Tabell 30 Målt økotoksitet i forhold til grenseverdi. Antall ganger overskridelse. Beregningsverktøy ark 4 tabell 5. Bare overskridelser. Fullstendig tabell i vedl 4.

Stoff	Grenseverdi for økotoksitet	VÅG 1a	VÅG 1b	VÅG 2	VÅG 3	VÅG 4	VÅG 5
Porevann, <i>Skeletonema</i> (TU)	1.0	under	under	under	under	under	under
Organisk ekstrakt, DRCalux/EROD (TEQ i ng/kg)	TEQ < 50 ng/kg	6.0	6.0	14.8	16.8	4.8	under
Helsedimenttest, <i>Arenicola marina</i> (% dødelighet)	20 %	ikke målt	ikke målt	ikke målt	ikke målt	4.0	under

Beregnete porevannskonsentrasjoner for metaller overskrider PNEC_w for bly, kobber, kvikksølv, nikkel og sink. Størst er overskridelsene for kobber i VÅG 2, tabell 31.

Målte porevannskonsentrasjoner overskrider $PNEC_w$ for TBT og PAH-ene pyren, benzo(a)antracen, benzy(b)fluoranten, indeno(1,2,3-cd)pyren og benzo(ghi)perylene. Størst er overskridelsene for TBT som er målt i størrelsesorden 12-48 ng/l og overskrider grenseverdien med 57-229 ganger.

Overskridelse av TBT i porevann var størst i VÅG 2, mens det i akkumulasjonstester var størst opptak av TBT i nettsnegl eksponert for sediment fra VÅG 4 [6]. Porevannet ble ikke filtrert før analyse.

Dette kan ha bidratt til overestimering av konsentrasjonen i porevann i en eller flere prøver. Målt innholdet av TBT i porevann var likevel betydelig lavere enn om det ble beregnet ut fra standard Kd-verdier.

Tabell 31 Porevannskonsentrasjon sammenliknet med $PNEC_w$, middelveidi. Antall ganger overskridelse. Porevannskonsentrasjonen er målt for organiske miljøgifter og beregnet for metaller. Beregningsverktøy ark 4 tab 4. Bare overskridelser. Fullstendig tabell i vedl 4.

Stoff	VÅG 1a	VÅG 1b	VÅG2	VÅG 3	VÅG 4	VÅG 5
Bly	2	1	2	1		
Kobber	21	15	29	19	3	8
Kvikksølv	2	1	3	1		
Nikkel	2	1	3	2		1
Sink	5	3	6	4		2
Pyren				1	1	1
Benzo(a)antracen					2	
Benzo(b)fluoranten			1			
Indeno(1,2,3-cd)pyren	8	8	15	8	13	8
Benzo(ghi)perylene	8	8	16	10	13	9
Sum PCB7	Beregnes ikke – mangler PNEC					
Tributyltinn (TBT-ion)	129	129	229	57	157	110

Forurensningen i sedimentet utgjør en risiko for effekt på sedimentlevende organismer. Størst risiko er knyttet til dioksiner, dioksinliknende PCB (DR-CALUX test) og TBT.

Basert på resultater fra toksisitetstesten DR-CALUX, porevannsmålinger, helsedimenttest og målt opptak av miljøgifter i børstemark og snegl er risiko for økologisk skade størst i midtre del av Vågen, VÅG2,3 og 4.

Risiko for effekt i vannmassene

Risiko for effekter i vannmassene vurderes på basis av beregnede sjøvannskonsentrasjoner sammenliknet med $PNEC_w$. Beregnede sjøvannskonsentrasjoner overskrider ikke $PNEC_w$ i sjøvann i midtre og ytre del av Vågen (VÅG 3, 4 og 5) tabell 32. $PNEC_w$ overskrides heller ikke i VÅG1b (Bryggen). I indre del, hovedsakelig i VÅG 2, overskrides $PNEC_w$ for kobber, enkelte PAH-er og TBT. Størst er overskridelsene for TBT, tabell 32.

Tabell 32 Beregnet sjøvannskonsentrasjon sammenliknet med $PNEC_w$, middelværdi. Antall ganger overskridelse. Beregningsverktøy ark 4 tabell 6. Bare overskridelser. Fullstendig tabell i vedl 4.

Stoff	VÅG 1a	VÅG 1b	VÅG2	VÅG 3	VÅG 4	VÅG 5
Kobber			1			
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1		3			
Benzo(ghi)perylene	1		3			
Sum PCB7	Beregnes ikke – mangler PNEC					
Tributyltinn (TBT-ion)	2		7			

6.5 Metodens følsomhet

Det vil alltid være usikkerhet knyttet til vurdering av miljørisiko. I risikoveilederen er det tatt høyde for antatt usikkerhet. Metoden er bevisst konservativ for å sikre at risiko ikke underestimeres [10]. I vurderingene for Vågen er flere av standardverdiene erstattet med mer realistiske verdier basert på nye målinger. For øvrig er standardverdier benyttet som beskrevet i kapittel 6.1 Stedsspesifikke forutsetninger.

Antall skipsanløp, fartøystype, traselengde, sedimenttype, TOC og opptak i organismer har stor innvirkning på resultatene. Spredning av organiske forbindelser er særlig knyttet til biodiffusjon og opptak i organismer. Spredningen av disse stoffene reduseres ved økende TOC og justeres i henhold til målt opptak i organismer. Spredningen av metaller styres hovedsakelig av skipsoppvirvling og vil ikke påvirkes av endret TOC, men øke ved økende antall skipsanløp. Disse sammenhengene er vist ved eksempler i risikovurderingen fra 2004 [5,33].

Standardverdier for mengde oppvirvlet materiale per anløp i et område med silt og leire øker fra 150 kg/anløp i *småbåthavn* til 1000 kg/anløp for *industrihavn* og videre til 2000 kg/anløp for *stor havn* (tabell 17). Standardverdiene for oppvirvlet materiale i en *stor havn* synker fra 2000 kg/anløp for områder med silt og leire til 20 kg/anløp for områder med grus og stein (tabell 17). Benyttet havnekategori og sedimenttype influerer derfor sterkt på beregnet spredning fra propelloppvirvling.

Vågen trafikkeres av alle type fartøy og mengden finstoff i sedimentet varierer internt i delområdene. I beregningene er den dominerende trafikken og sedimenttypen i delområdene lagt til grunn for beregningene. De kvantitative resultatene er usikre. Resultatene viser trender og hovedforskjeller mellom delområdene, men tar ikke høyde for interne variasjoner. I områder langs kaier der det foregår mest erosjon er allerede andelen av finstoff mindre og sedimentene grovere og hardere. Risikomodellen tar ikke hensyn til begrenset tilgang til finstoff på erosjonsutsatte områder. Den differensierer heller ikke for spredning fra propelloppvirvling for dyp grunnere enn 20 meter, men beregner samme mengde oppvirvlet sediment uavhengig av dyp.

Beregnet spredning omfatter mengde miljøgifter oppløst i vann som spres fra sedimentet til det omkringliggende miljøet, som opptak i organismer eller som oppvirvlede partikler. En betydelig andel av oppvirvlet materiale vil resedimentere innenfor tiltaksområdet. Beregningsmetoden angir ikke hvor stor andel av beregnet spredning som faktisk spres *ut* av tiltaksområdet.

Ved beregning av helserisiko beregnes livstidsdose. Det tas ikke hensyn til flytting og endring i andel inntak av lokalt fanget fisk og sjømat gjennom livet. Modellen prioriterer målt innhold i fisk, foran målt innhold i bunndyr som igjen prioriteres foran målt innhold i sediment. Målt innhold av miljøgifter

i fisk og sjømat vil kunne representere eksponering fra et større sjøområde og flere kilder. I tillegg har ulike arter forskjellig evne til å akkumulere miljøgifter. Alder på fiskeprøver kan også spille inn. Hvilke datagrunnlag som er tilgjengelig og som benyttes for vurdering av human helse vil i stor grad påvirke resultatet. Slike data vil både kunne overestimere og underestimere bidraget fra den aktuelle lokaliteten.

I metoden benyttes halv verdi for analyseresultater som er under rapporteringsgrensen. Ved høye rapporteringsgrenser vil også halv verdi kunne være urealistisk høye verdi som igjen vil påvirke resultatene. I analysen for Vågen har ikke dette vært utslagsgivende.

Resultatene av risikovurderingen må ikke anses som en eksakt, men en generell vurdering og sannsynliggjøring av hvilke risiko sedimentene utgjør for helse og miljø

6.6 Resultater av risikovurdering 2004 kontra 2013

Den oppdaterte risikovurderingen er basert på et større datagrunnlag enn det som var tilgjengelig i 2004 [33]. Det er vurdert risiko for flere miljøgifter som PAH og TBT i tillegg til metaller og PCB. Undersøkelse av toksisitet har påvist sterk påvirkning fra dioksiner og dioksinliknende PCB. Økt informasjon om innholdet av organisk karbon, måling av porevann og undersøkelse av miljøgiftopptak i organismer har vist at det ikke er en direkte sammenheng mellom konsentrasjoner i sedimentet og risiko for opptak i næringskjeden.

Veilederen er revidert på flere punkt og det er blant annet gjort vesentlige endringer når det gjelder beregning av spredning fra propelloppvirvling. I 2004 ble det beregnet oppvirvling av 400 kg/anløp uavhengig av størrelse på fartøy, type sediment og traselengde for skipsanløp [33]. Dagens veileder har mer nyanserte sjablongverdier som tar mer hensyn til dette (tabell 17). I oppdatert beregning er antall anløp fordelt på de ulike delområdene etter informasjon om anløp pr kai, og det er tatt hensyn til gjennomgangstrafikk. I 2004 ble antatt antall anløp i Vågen fordelt likt på alle delområder.

Tabell 33 viser at tidligere risikovurdering [33] og modellering av miljøgifttransport i Vågen ved lite vind og svak strøm [28] har beregnet en spredning i samme størrelsesorden som denne risikovurderingen.

Tabell 33 Total mengde spredt bly, kobber, kvikksølv og PCB7 i Vågen g/år. Resultat fra beregninger i risikovurdering 2004 [33] og 2013 og modellering av miljøgifttransport, 2005[28].

Stoff	2004 (NGI) Sum Vågen (g/år)	2005 (NIVA) Sum Vågen (g/år)	2013 (COWI) Sum Vågen (g/år)
Bly	48 683	83 950	89 242
Kobber	37 179	60 225	67 967
Kvikksølv	819	1 004	1 699
Sum PCB7	56	37	58

Beregnet mengde spredning av bly, kobber og kvikksølv i Vågen (g/år) er ca 2 ganger større i 2013 enn i 2004, tabell 33. Mengde spredt PCB er på samme nivå i 2013 og 2004. I risikovurderingen fra 2004 ble det vist at innhold av TOC først og fremst påvirker spredningen av organiske forbindelser. Bidraget fra oppvirvling fra skip er styrende for spredning av tungmetaller, mens transport via organismer er styrende bidrag for spredning av organiske miljøgifter [33]

I beregningene fra 2004 er det benyttet 1-7 % TOC. Økt antall prøver fra Vågen har vist at det er høyere innhold av TOC i sedimentet (2-11 %). I tillegg er målt opptak av organiske miljøgifter i

organismer lav sammenliknet med de høye konsentrasjonene i sedimentet. Metoden for beregning av skipsoppvirvling er mer nyansert og standardverdier for mengde oppvirvlet materiale pr anløp i områder med silt og leire er høyere i 2013 enn 2004. Bidraget fra skipsoppvirvling er derfor beregnet til å være større i 2013 enn i 2004 og dette gir økt spredning av metaller. Økningen i spredningen av organiske miljøgifter er ikke like stor og dette skyldes trolig høyt innhold av organisk materiale og begrenset biotilgjengelighet.

Tabell 34 viser beregnet risiko for human helse for bly, kobber, kvikksølv og PCB. Beregnet total livstidsdose for PCB i 2004 overskred grenseverdien med inn til 136 ganger. Det ble også beregnet mindre overskridelser for kvikksølv og bly i de innerste delene av Vågen.

Ny stedsspesifikk informasjon om opptak av miljøgifter fra sedimentet i Vågen til bunnlevende organismer viser at biotilgjengeligheten er lavere enn de konservative standardverdiene i regneverktøyet. Resultatene fra den oppdaterte risikovurdering viser også en risiko for human helse knyttet til PCB, men overskridelsene av grenseverdien er betydelig lavere enn i 2004, maksimalt 11 ganger. Både i 2004 og 2013 er det beregnet størst risiko i området ved terskelen (VÅG 4). Grenseverdiene for inntak av metaller overskrides ikke i beregningene fra 2013.

Basert på innhold i fisk overskrides grenseverdien for PCB 169 ganger og kvikksølv 11 ganger. Fisken kan imidlertid være påvirket fra flere miljøgiftkilder og representerer ikke risikoen fra sedimentet i Vågen alene.

Tabell 34 Beregnet antall ganger total livstidsdose overskrider grenseverdi for human helse (MTR/TDI 10 %) for bly, kobber, kvikksølv og PCB7, middelverdi. Resultat fra beregninger i 2004 og 2013

Delområde Stoff	VÅG 1			VÅG 2			VÅG 3			VÅG 4			VÅG 5		
	2004	2013 med bunn- dyr	2013 med fisk	2004	2013 med bunn- dyr	2013 med fisk	2004	2013 med bunn- dyr	2013 med fisk	2004	2013 med bunn- dyr	2013 med fisk	2004	2013 med bunn- dyr	2013 med fisk
Bly	2			2			1								
Kobber															
Kvikksølv	1		11	1		11			11			11			11
Sum PCB7	24	3	169	74	5	169	58	6	169	136	11	169	25	5	169

6.7 Samlet risikovurdering trinn 2 og 3

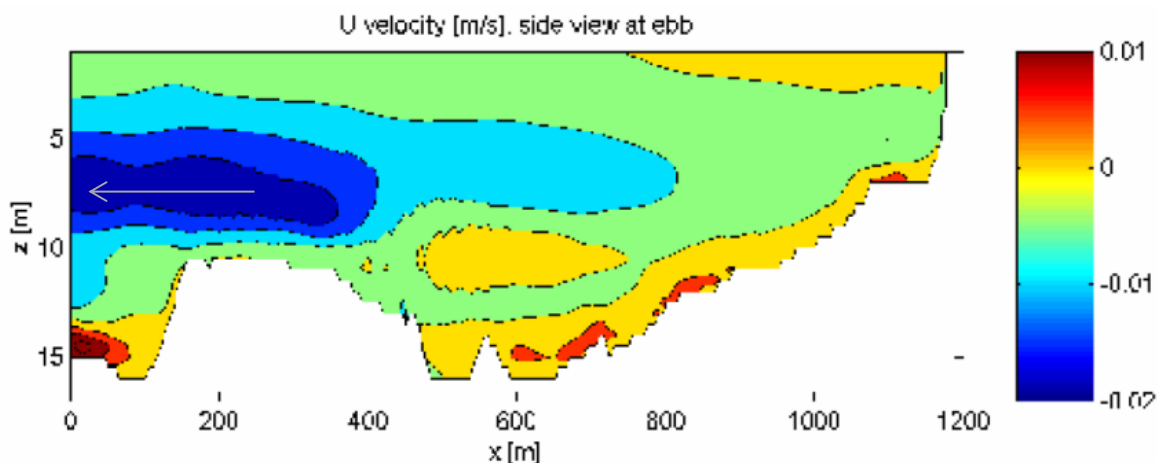
Risiko for spredning

Hele Vågen er påvirket av skipstrafikk og sedimentene er utsatt for propelloppvirvling i større eller mindre grad. Oppvirvling av sediment på grunn av skipstrafikk er den dominerende spredningsmekanismen. Det foregår erosjon og spredning av miljøgifter langs bryggene og i særlig utsatte områder.

Det er beregnet størst oppvirvling per m² i indre del av Vågen og særlig ved innseilingen til Strandkaia der det er hyppige anløp av hurtigbåter og sjøbunnen blant annet er utsatt for erosjon fra vannjetmotorer (VÅG 2 og VÅG 1a). Sjøbunnen inn mot kaiene er grovere og hardere, og den er tydelig påvirket av erosjon (figur 7, prøve h1 og h3). Sedimentene er fremdeles sterkt forurenset av

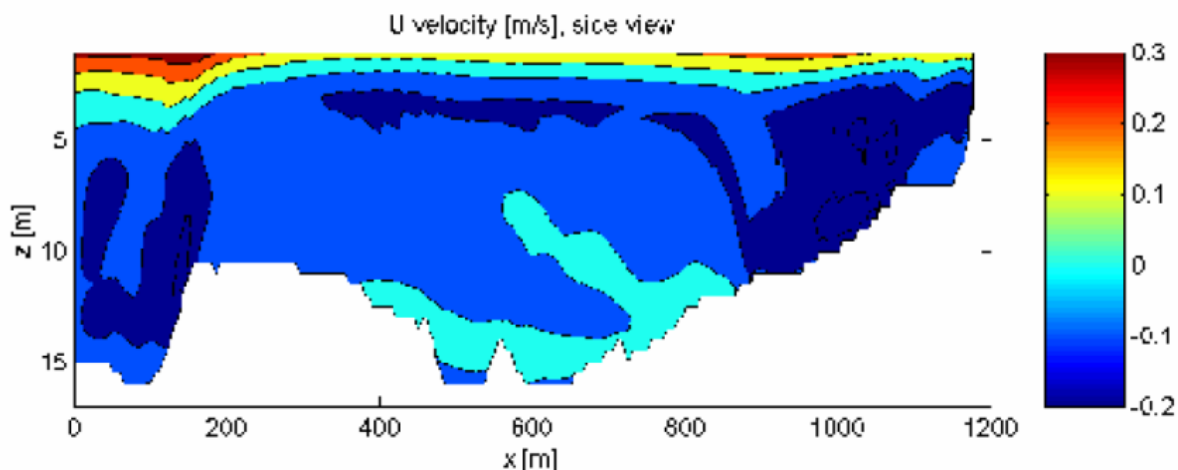
flere miljøgifter i klasse IV og V. Sedimentet er i bevegelse. Bergens Sjøfartsmuseum har påvist lokal erosjon på 3 cm i året og lokal oppbygging av sediment i de indre områdene av Vågen [29,30].

I hvilken grad miljøgifter spres med partikler fra Vågen og ut til det utenforliggende fjordsystemet avhenger av flere faktorer. Modellering av miljøgifttransport i Vågen er utført av NIVA i 2005 [5,28] og viser hvordan resuspensjon og retningen på transport av partikler er særlig avhengig av vind i tillegg til flo og fjære. Ved flo er det en netto transport inn i Vågen. Ved fjærende sjø er det netto transport ut mot byfjorden. Ved fjærende sjø er vannhastigheten størst fra terskelen og ut som vist i figur 32 (2 cm/sek).



Figur 32 Strømhastighet i m/s ved kun tidevannspåvirkning i Vågen. Figuren viser forholdene ved fjærende sjø (netto transport ut av Vågen, negativ retning). NIVA 2005 [28]

Mest ugunstige forhold er en kombinasjon av tidevannspåvirkning og sterk vind fra nord vest og inn Vågen. Dette gir høy hastighet på overflatevannet inn og en tykk kompensasjonsstrøm av bunnvann ut Vågen (10-20 cm/sek) som vist i figur 33.



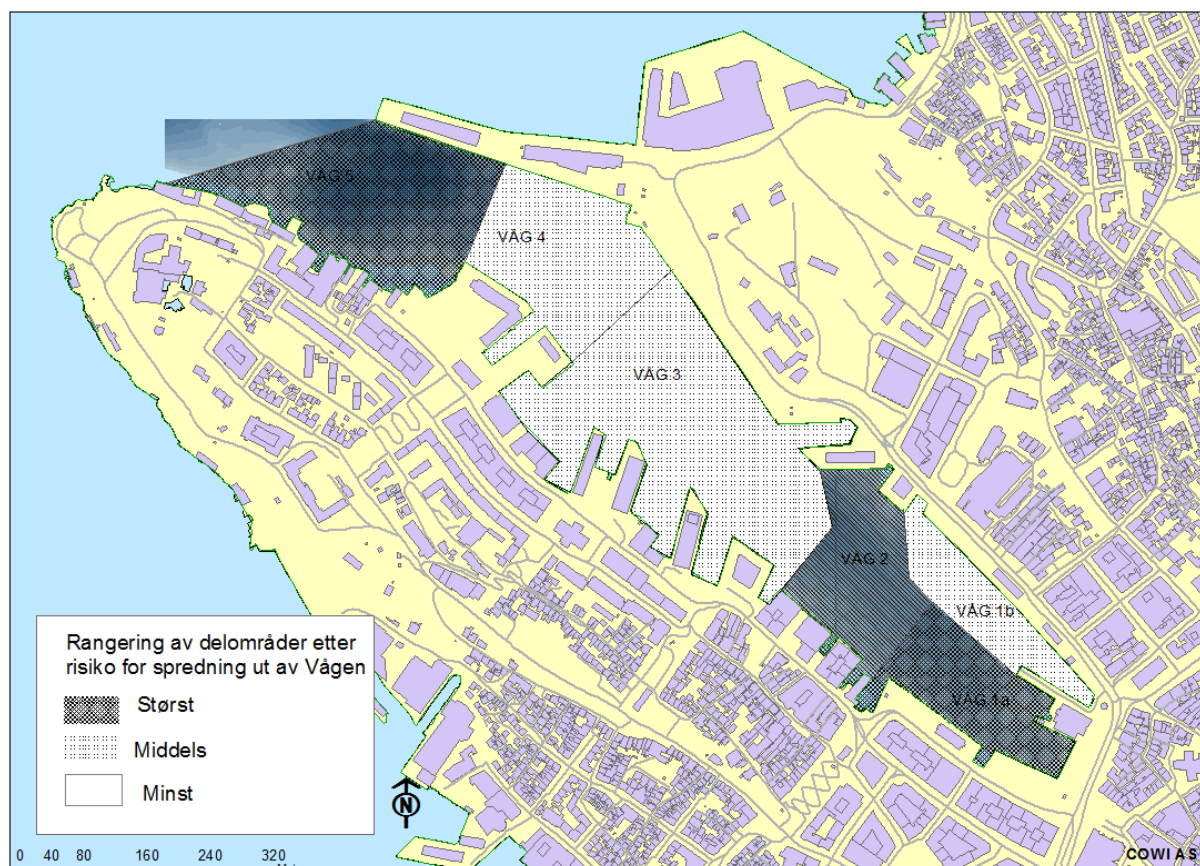
Figur 33 Strømhastighet i m/s ved tidevannspåvirkning og sterk vind (15 m/sek) fra nordvest. Figuren viser en tykk kompensasjonsstrøm ut Vågen. NIVA 2005 [28]

Modellering av partikkeloppvirvling og sedimentasjon viste at tidevann og lave vindhastigheter kunne gi naturlig resuspensjon av finpartikler, men at spredningen ble forholdsvis lokal og transporten ut fra

Vågen liten. Med sterk vind ble større mengder partikler resuspendert og transporten ut av Vågen kunne bli betydelig [28].

Både ved fjærende sjø (figur 32) og ved sterk vind (figur 33) er vannhastigheten lav i bunnvannet innenfor terskelen (VÅG3). Det er beregnet en del propelloppvirvling av sediment også i dette området på grunn av skipstrafikk og mye finstoff i sedimentet, men området er forholdsmessig dypt og eroderte partikler i indre del av Vågen vil også kunne sedimentere her i perioder med lite strøm. Sedimentet var også fast og plastisk (tabell 1). Det dypeste området i Vågen (VÅG 3) fungerer trolig som et lokalt sedimentasjonsbasseng og begrenser spredningen av partikler fra indre til ytre del av Vågen. Det antas at størst spredning fra Vågen og til byfjorden foregår fra de grunnere områdene VÅG 2 og 1a) der erosjonen er størst og fra området utenfor terskelen (VÅG 5) der nettostrømmen ut av Vågen er størst som vist i figur 34.

Mengde spredning av miljøgifter ut av Vågen varierer over tid og vil være styrt av en kombinasjon av skipstrafikk, vind og tidevann på det gitte tidspunkt.



Figur 34 Rangering av delområder etter risiko for spredning av miljøgifter ut av Vågen

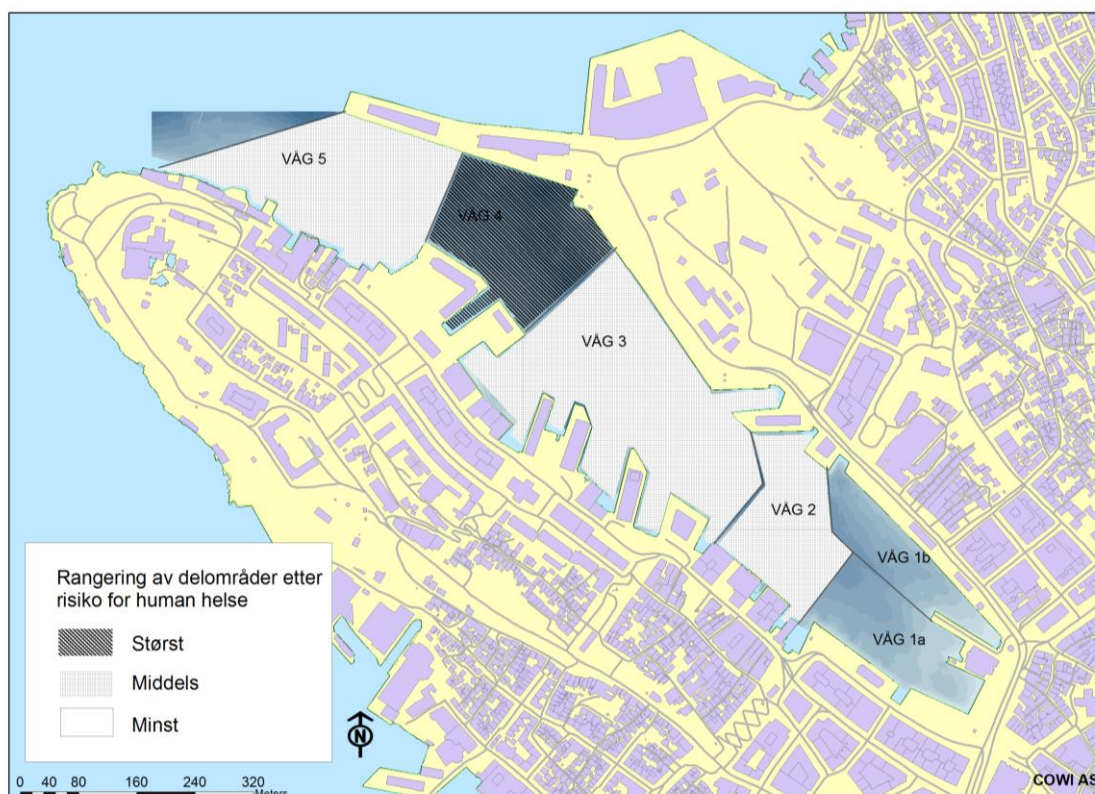
Risiko for humanhelse

Beregnet risiko for human helse overskrider grenseverdiene (10 % MTR/TDI) for PCB, men overskridelsen er lavere enn tidligere beregninger. Med utgangspunkt i kostholdsundersøkelser av miljøgifter i lokalt fanget fisk, kan heller ikke helserisiko knyttet til kvikksølv fra Vågen utelukkes, men risikoen vurderes som begrenset. Det er ikke sammenheng mellom konsentrasjon av miljøgifter i sedimentet og opptak i biota. Stedlig biotilgjengelighet er særlig styrt av organiske miljøgifters binding til organisk stoff og metallers binding i mindre biotilgjengelige forbindelser som for eksempel

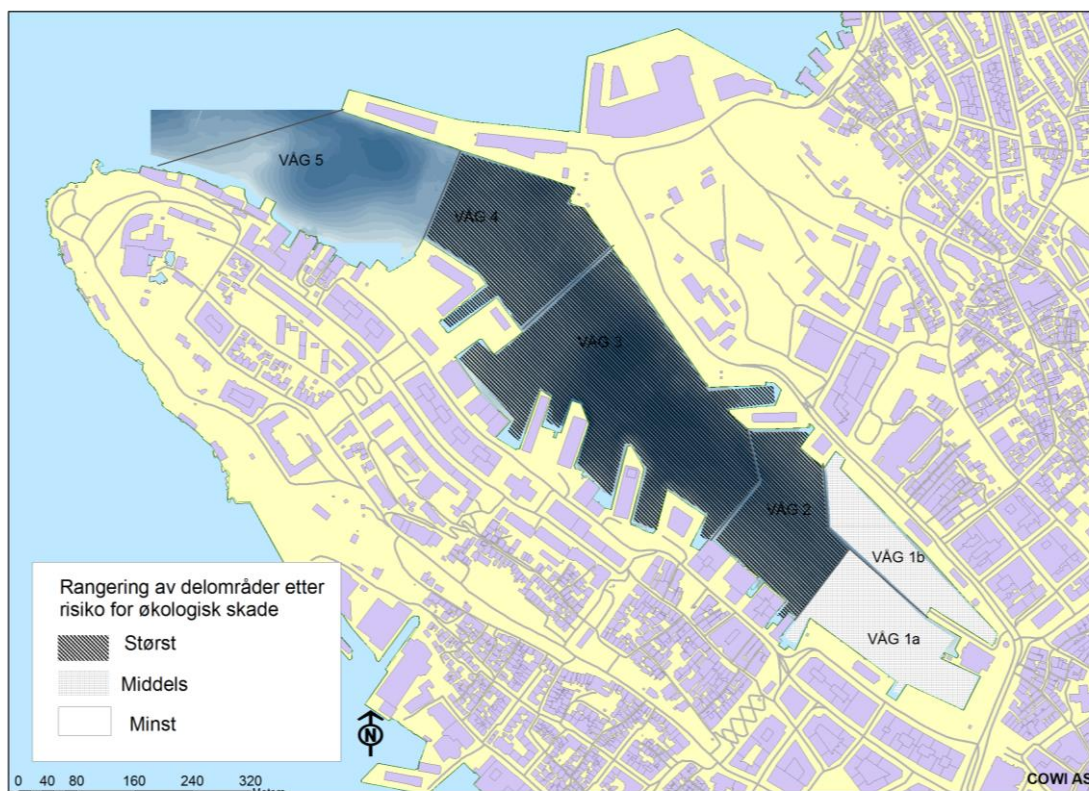
til sulfider ved lave redoksf forhold. Opptak av organiske miljøgifter i bunndyr er størst på terskelen (VÅG 4), og beregnet risiko for human helse er størst i dette området som vist i figur 35.

Risiko for økologisk skade

Det er påvist risiko for økologisk skade for området ved terskelen og i de indre delene av Vågen som vist i figur 36. Risikoen er i første rekke knyttet til TBT, kobber, dioksiner og dioksinliknende PCB. Toksisitetstest for veksthemming av algen *Skeletonema* gav ikke negative utslag i noen områder, mens det i helsedimenttestene for fjæremarken *Arenicola Marina* ble påvist dødelighet inn til 4 ganger grenseverdi i sediment fra VÅG 4. Overskridelsene av grenseverdier for porevann er størst i VÅG 2 der beregnet konsentrasjon av TBT overskrider PNEC_w 229 ganger. Det er målt størst påvirkning av dioksiner og dioksinliknende PCB i VÅG 3 der grenseverdien for DR-CALUX overskrides 17 ganger. Sedimentet, særlig i de indre delene av Vågen, er anoksisk tett opp til overflaten. Dette vil også påvirke sammensetningen av bunnelvende organismer. I følge Byfjordsundersøkelsen er bunndyrdiversiteten i indre del av Vågen i tilstandsklasse III (moderat) men dominert av få arter [32]. Risiko for effekt på vannmassene er mindre, og kun påvist i område VÅG 1a og VÅG2.



Figur 35 Rangering av delområder etter risiko for human helse



Figur 36 Rangering av delområder etter risiko for økologisk skade

Sammenlikning med miljømål

Beregnet risiko vurderes mot gitte grenseverdier og mot lokale miljømål. Det er ikke gitt nasjonale grenseverdier for akseptabel spredning av miljøgifter fra sjøsedimenter. Gjeldene miljømål er tilstandsklasse II i sedimentene [8]. Beregnet spredning fra alle delområder overskrider spredningen som ville vært forventet dersom sedimentene hadde vært i tilstandsklasse II (tabell 22).

Langsiktig miljømål for Bergen havn er å bidra til at kostholdsråd kan oppheves og redusere innholdet av miljøgifter i fisk og sjømat [8]. Spredningen må bedømmes ut fra konsekvens for skade på human helse. Det er påvist begrenset opptak av metaller og organiske miljøgifter fra sedimentet slik det ligger i dag, og det er derfor beregnet relativt lav lokal helserisiko. Oppvirvling av partikler i oksygenholdige vannmasser vil imidlertid kunne øke tilgjengeligheten av metaller. Spredning av forurensning til utenforliggende fjordsystem kan bidra til økt opptak i næringskjeden og på den måten bidra til økt risiko for human helse knyttet til inntak av sjømat. Kostholdsrådsundersøkelser viser at sjømat i Byfjorden er forurenset av kvikksølv, PCB, dioksiner og dioksinliknende PCB.

Risiko for spredning og risiko for human helse ansees som mest relevant for miljømålene for Bergen havn. Lokalt arbeid med vannforvaltning omfatter imidlertid også kystvann, og et generelt miljømål i Vannforskriften er at alle vannforekomster skal ha *god kjemisk og økologisk tilstand*. Vannområdeutvalget for vannområde vest er i gang med utarbeiding av lokale miljømål for vannforekomstene.

Sammenliknet med miljømålene er den beregnede risikoen ikke akseptabel og det må gjennomføres tiltaksvurdering.

7 Konklusjoner og anbefalinger

Hele Vågen er påvirket av skipstrafikk og sedimentene er utsatt for propelloppvirvling. Oppvirvling av sediment på grunn av skipstrafikk er den dominerende spredningsmekanismen for miljøgifter i Vågen. Størst spredning fra Vågen til Byfjorden foregår trolig fra området ved Strandkaiområdet der erosjonen er størst, og fra området utenfor terskelen der det anløper store skip og det er størst strøm ut mot Byfjorden. Kvantitative beregninger av mengde spredning er usikre. Resultatene viser at miljøgiftene i sedimentene er til dels sterkt bundet, og det er ikke sammenheng mellom konsentrasjon i sedimentet og opptak i organismer. Opptak av organiske miljøgifter i bunndyr er størst i sediment fra terskelen. Lokal spredning til næringskjeden er begrenset, men høyt konsum av lokalt fanget sjømat kan utgjøre en risiko for human helse knyttet til PCB og kvikksølv. Det er påvist risiko for økologisk skade ved overskridelse av grenser for toksisitetstester og konsentrasjon av miljøgifter i sediment og porevann. Overskridelsene er særlig store for effekt av dioksiner og dioksinliknende PCB, samt innhold av TBT i porevann.

Spredning av forurensning fra Vågen til Byfjorden ansees som den største risikoen og bidrar trolig til økt risiko for human helse gjennom opptak i sjømat. Den beregnede risikoen er ikke akseptabel og det må derfor gjennomføres tiltaksvurdering. Vurdering av mekanismer som fører til spredning av forurensning fra Vågen til fjordområdet utenfor vil være vesentlige i videre tiltaksplanlegging.

På grunn av kompleksitet med hensyn til risikovurdering, havnedrift og verdisetting av arkeologiske verdier i Vågen er det forventet at det må gjennomføres sammensatte tiltak. Tynne tildekkingsløsninger med aktivt materiale som binder forurensning kan være aktuelle i områder med lav spredningsrisiko og stor arkeologisk interesse. Ulike mudringsmetoder kan være egnet i større områder med stor spredning og områder langs erosjonsutsatte kaifronter med begrenset seilingsdyp.

Grovt sett kan Vågen deles i tre hovedområder:

Indre del (VÅG 1,2,3). Området har store arkeologisk verdi. Funnpotensialet er trolig størst i et 20-50 meter bredt belte et lite stykke fra land [21]. Det foregår sterk erosjon ved enkelte kaifronter som fører til spredning av miljøgifter og mulig påvirkning på kulturminnene. Seilingsdypet er marginalt ved enkelte av kaiene, og her er ikke tildekking mulig uten først å fjerne noe masse.

Midtre del (VÅG 3). Her er det potensiale for funn av arkeologiske gjenstander og kulturlag [21]. Store deler av området er dypt og spredningen av miljøgifter ut fra dette området ansees som begrenset til områder nært kaifronter. Tildekking bør vurderes som hovedtiltak.

Ytre del (VÅG4, VÅG 5). Her er det også potensiale for løsfunn men begrenset mulighet for kulturlag [21]. Risiko for opptak i organismer er størst i dette området og området bidrar med spredning av forurensning til Byfjorden. Havnevesenet planlegger å fjerne og utdype et område vest for Skoltegrunnskaiaen for å få en bredere seilingsled med tilstrekkelig dyp i innseilingen til Vågen. Det planlegges også rehabilitering og utvidelse av kaiarealet nord for Skoltegrunnskaiaen [1]. Mudring av forurenset masse bør vurderes som hovedtiltak i dette området.

Risikovurderingen gir et forenklet bilde av forholdene og det vil være lokale variasjoner innenfor delområdene som må tas hensyn til ved planlegging av tiltak. Omfanget av påvist hotspot utenfor Bradebenken (figur 19) bør undersøkes nærmere for å avdekke eventuelt behov for å håndtere området spesielt.

Gjeldende miljømål for Bergen havn er svært ambisiøst og bør revideres og konkretiseres for Vågen før videre tiltaksplan utarbeides. Kostholdsrådet gjelder et større fjordområde og skyldes påvirkning

fra flere og sammensatte kilder. Målsetting om å oppheve kostholdsrestriksjoner ansees som et langsiktig regionalt mål som er avhengig av tiltak i flere ulike områder.

For Vågen må det etableres konkrete og realistiske tiltaksmål som skal oppfylles ved gjennomføring av tiltak i dette avgrensede området. Tiltaksmålet må være lokalt tilpasset brukerinteresser og påvirkninger, og vise miljøgevinst på kort og lang sikt. Klif anbefaler å bruke grenseverdien for tilstandsklasse II/III i sedimentene som mål i områder der kilder er sanert [34]. Lavere ambisjoner kan aksepteres dersom risikovurderingen viser at det er små behov for tiltak selv med relativt høye konsentrasjoner i sedimentene. Dette er aktuelt der trinn 3-risikovurdering er gjennomført og opptak av miljøgifter i biota viser små effekter eller der området økologiske tilstand er god. Grenseverdi for tilstandsklasse III/IV kan benyttes som tiltaksmål dersom ikke tilførsler fra landbaserte kilder er stoppet [34]. Basert på dette kan det etableres differensierte tiltaksmål for ulike soner i Vågen ut fra kjennskap til spredningsrisiko, begrenset opptak i organismer og effekt på økosystemet. Fastsetting av reviderte mål bør samordnes med forvaltningsarbeidet for vannområde vest. Det må avklares i hvilken grad god økologisk tilstand skal vektlegges. Kost/nytte vurderinger må legges til grunn.

Planlegging av tiltak bør hovedsakelig baseres på å stanse spredning av miljøgifter til byfjorden og beskrive konsekvenser med hensyn til risikoreduksjon. Miljøgiftbudsjett kan benyttes for å estimere risikoreduksjon av tiltak [14]. Planen må tilpasses krav fra kulturminnemyndighetene og samordnes med havnevesenets behov for økt seilingsdyp ved innseilingen til Vågen og langs enkelte kaifronter, samt nødvendig utbedring av kaifronter og utvidelse av kaiareal. Koordinering av tiltak og ivaretagelse av miljø- arkeologi, og næringslivsinteresser vil være en styrende faktor for finansiering, igangsetting og framdrift av prosjektet. Tiltaksløsning må balanseres i forhold til miljø, samfunn og økonomi for å få aksept.

8 Referanser

- 1 Bergen kommune Byutvikling, vedtak 2012. *Kommunedelplan Bergen indre havn. Planbeskrivelse*. 2008. Plan nr 18740000
- 2 COWI 2012. *Analyse av sedimentkjerner fra Vågen*. Prosjektnr. A005136.
- 3 COWI 2013. *Opprydding i forurenset sjøbunn Bergen havn. Arbeidsplan for 2012-2014*. Cowi-rapport A005136-2013-02
- 4 COWI 2013. *Prøvetaking sandfang Vågen, 2012*. Cowi-rapport A005136-2013-01
- 5 COWI med NIVA, NGI og NGU på oppdrag fra Fylkesmannen i Hordaland 2005. *Bergen havn Tiltaksplan fase II*. Oppdragsnr. 114863.
- 6 Vannområdeutvalget for vannområde vest, 2012. *Vesentlige vannforvaltningsspørsmål. Vannområde vest. Høringsdokument 22.06.2012*.
- 7 Hordaland Fylkeskommune, Vassregionmyndighet Hordaland 2012. *Vesentlige vannforvaltningsspørsmål. Midtvegshøyering i arbeidet med forvaltningsplan for vatn. Vassregion Hordaland*. Høringsutgåve juni 2012.
- 8 Interconsult med NIVA og NGI for Fylkesmannen i Hordaland 2003. *Bergen havn Tiltaksplan fase I*. Oppdragsnr. 110131.
- 9 Julshamn, K., Nilsen, B.M., Frantzen, S., Valdersnes, S., Maage, A., Nedreaas, K., Sloth, J.J., 2012. *Total and inorganic arsenic in fish samples from Norwegian waters*. Food Additives & Contaminants Part B-Surveillance 5, 229-235.
- 10 Klima og forurensningsdirektoratet 2011. *Veileder. Risikovurdering av forurenset sediment*. TA 2802/2011.
- 11 Klima og forurensningsdirektoratet 2007. *Veileder. Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter*. TA2229/2007.
- 12 Klima og forurensningsdirektoratet 2011. *Bakgrunnsdokumenter til veiledere for risikovurdering av forurenset sediment og for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann*. TA2803/2011
- 13 Klima og forurensningsdirektoratet 2009. *PAH-forurensning av sjøbunn. En oversikt over kunnskapsstatus*. TA 2583/2009
- 14 Klima og forurensningsdirektoratet 2011. *Bruk av miljøgiftbudsjett ved gjennomføring av tiltak i forurenset sjøbunn*. TA 2804/2011.
- 15 Mattilsynet 2013. Artikkel på matportalen.no
http://www.matportalen.no/uonskedestoffer_i_mat/tema/miljogifter/arsen
- 16 Mattilsynet 2013. Artikkel på matportalen.no
http://www.matportalen.no/matvaregrupper/tema/fisk_og_skalldyr/undersokelser_av_byfjorden_i_bergen

- 17 Måge A. og Franzen S. 2007. *Kostholdsrådsundersøkelse, Bergen Byfjord 2007*. NIFES-rapport.
- 18 Måge A. og Franzen S. 2009. *Kostholdsrådsundersøkelse, fritidsfisk Bergen, 2008-2009. Kvikksølv i torskefisk og PCB i lever*. NIFES-rapport.
- 19 Måge A. og Franzen S. 2009. *Utvidet kostholdsrådsundersøkelse, Bergen Byfjord 2009*. NIFES-rapport.
- 20 Norled AS 2013. Pers. med. Informasjon om framdriftsform (propell eller vannjet) på passasjerbåter med faste anløp ved Strandkaaien.
- 21 Nøttveit, O.M. med Wammer E.U. 2010 *Rapport fra marinarkeologisk forundersøkelse i Vågen, Bergen*. Bergens Sjøfartsmuseum.
- 22 Oen A., Breedveld G.D., Kalaitzidis S., Christianis K., Cornelissen G. 2005. *How quality and quantity of organic matter affect polycyclic aromatic hydrocarbon desorption from Norwegian harbor sediments*. Environmental Toxicology and Chemistry, Vol.25, No.5, pp.1258-1267, 2006.
- 23 Oen A., Cornelissen G., Breedveld G.D. 2005. *Relation between PAH and black carbon contents in size fractions of Norwegian harbor sediments*. Environmental Pollution 141 (2006) 370-380.
- 24 Oen A., Schaanning M., Ruus A., Cornelissen G., Källqvist T., Breedveld G.D. 2005. *Predicted low biota to sediment accumulation factors of PAHs by using infinite-sink and equilibrium extraction methods as well as BC-inclusive modeling*. Chemosphere 64 (2006) 1412-1420.
- 25 Rødne Fjord Cruise 2013. Pers. med. Informasjon om framdriftsform (propell eller vannjet) på passasjerbåter med faste anløp ved Strandkaaien.
- 26 SFT med NIVA og Bioforsk 2005. *Naturlig nedbrytning og biotilgjengelighet av tinnorganiske forbindelser i marine sedimenter*. NIVA-rapport 4996. TA 2091/2005.
- 27 Sloth J.J. 2005, *Speciation analysis of arsenic – Development of selective methodologies for assessment of seafood safety*. Informasjon om doktorgradsarbeid på www.nifes.no
- 28 Uriansrud F. og Stenstrøm P. 2005. *Modellering av miljøgifttransport i Vågen, Bergen havn*. Delrapport til tiltaksplan for forurensete sedimenter Bergen havn, Fase 2. NIVA-rapport nr 5055.
- 29 Wammer E.U. 2012. *Rapport fra marinarkeologisk miljøovervåking i Vågen, Bergen*. Første fase: Undersøkelse oktober 2011-januar 2012. Bergens Sjøfartsmuseum.
- 30 Wammer E.U. 2013. *Rapport fra marinarkeologisk miljøovervåking i Vågen, Bergen*. Andre fase: Oppfølgende undersøkelser november 2012. Bergens Sjøfartsmuseum.
- 31 Universitetet i Bergen, Inst. for biologi 2005. *Byfjordsundersøkelsen. Overvåking av fjordene rundt Bergen*. Marinbiologisk undersøkelse 2004. Rapport nr 6-2005. ISSN 1504-3878

- 32 UniResearch, Seksj. for anvendt miljøforskning – marin 2013. *Resipientovervåking av fjordsystemene rundt Bergen 2011-2015*. SAM e-rapport nr. 7-2013.
- 33 Kibsgaard A. med Oen A., 2004. *Risikovurdering av sediment i Bergen havn*. Delrapport i tiltaksplan for forurensete sedimenter Bergen havn, Fase 2. Teknisk notat NGI. prosjektnr 20031196.
- 34 Klima og forurensningsdirektoratet 2012. *Veileder. håndtering av sedimenter*. TA 2960/2012
- 35 Eek E., Godøy O., Aasgaard P., Breedveld G.D 2007. *Experimental determination of efficiency of capping materials during consolidation of metal-contaminated dredged material*. ScienceDirect. Chemosphere 69 (2007) 719-728.
- 36 Franzen S. 2013, pers.med. Datagrunnlag fra kostholdsraadundersøkelsene NIFES 2007-2009.
- 37 Folk, 1954. Klassifisering av sedimenter basert på kornstørrelses sammensetning.

9 Vedlegg

1. Sedimentanalyser klassifisert etter Klif TA-2229/2007
2. Stedsspesifikke data
3. Beregningstabeller trinn 1
4. Beregningstabeller og diagrammer trinn 2-3
5. Kd-verdier
6. Biotilgjengelighet av miljøgifter i sediment fra Vågen, NIVA
7. Analyserapporter, ALS Laboratory Group
8. Analyserapporter, NGI
9. Feltlogg, Cowi AS
10. Analyseresultater av fiskefilet, NIFES

Sedimentanalyser klassifisert etter Klif TA-2229/2007

(Ved beregning av gjennomsnitt er < satt lik halv deteksjonsgrense der deteksjonsgrensen er kjent og ellers lik 0)

Delområde	Enhet	VÅG 1a	VÅG 1a	VÅG 1a	VÅG 1a	VÅG 1a	VÅG 1a	VÅG 1a	VÅG 1a	VÅG 1a	VÅG 1a	VÅG 1a	VÅG 1a	Snitt	Antall	
		BG13 (1992)	BH-9807- 1-V (1998)	BH-9807- 2-V (1998)	BH-9807- 3-V (1998)	VÅG 1a 2002-01249- 1.st. 1 (2002)	GV1 (2003)	GV3 (2003)	K36 (2010)	K40 (2010)	K45 (2010)	K48 (2010)	K50 (2010)			VÅG 1a BL.VÅG 1 (2012)
Dybde cm		0-2	0-2	0-2	0-2	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	
UTMX																
UTMY																
Arsen, As	mg/kg TS	<	4.00		31.00	17.00	39.00	27.00	5.50	20.00	25.00	20.00	15.00	24.00	17.29	10
Bly, Pb	mg/kg TS	505.00	649.00	1680.00	556.00	620.00	810.00	650.00	440.00	460.00	509.00	460.00	290.00	544.00	637.15	13
Kadmium, Cd	mg/kg TS	2.60	4.00	2.00	3.00	0.77	4.40	2.50	0.44	1.30	1.60	0.81	1.70	2.16	2.16	13
Kobber, Cu	mg/kg TS	361.00	373.00	371.00	351.00	340.00	580.00	290.00	110.00	290.00	282.00	43.00	180.00	358.00	328.92	13
Krom, Cr	mg/kg TS		72.00	64.00	57.00	77.00	60.00	45.00	20.00	4.04	6.17	6.10	4.49	3.40	53.50	12
Kvikksølv, Hg	mg/kg TS	8.63	10.26	10.21	29.87	4.10	13.90	17.00	4.04	16.00	25.00	12.00	4.50	27.00	9.79	13
Nikkel, Ni	mg/kg TS		41.00	66.00	33.00	24.00	28.00	25.00	14.00	16.00	14.00	16.00	12.00	28.83	28.83	12
Sink, Zn	mg/kg TS		1290.00	1500.00	1620.00	880.00	2100.00	1800.00	150.00	550.00	782.00	450.00	756.00	1065.50	1065.50	12
Naftalen	mg/kg TS					0.05	0.24	0.31	0.03	0.21	0.85	0.23	0.38	0.22	0.29	8
Acenaflyen	mg/kg TS					0.09	0.17	0.17	0.07	0.19	0.50	0.09	0.52	0.22	0.22	8
Acenaflyen	mg/kg TS					0.18	0.39	0.44	0.13	0.38	0.69	0.33	0.23	0.35	0.35	8
Fluoren	mg/kg TS					0.20	0.58	0.81	0.12	0.81	1.10	0.51	0.51	0.58	0.58	8
Fenantrén	mg/kg TS					1.80	4.30	4.70	0.56	5.20	9.40	3.70	8.60	4.78	4.78	8
Antracén	mg/kg TS					0.55	1.50	1.80	0.28	1.70	2.80	1.30	1.40	1.42	1.42	8
Fluoranten	mg/kg TS					3.60	8.50	9.00	1.30	8.60	17.00	5.80	17.00	8.85	8.85	8
Pyren	mg/kg TS					3.00	12.00	8.00	1.40	7.30	16.00	5.70	14.00	8.43	8.43	8
Benzo(a)antracén	mg/kg TS					1.80	8.20	6.10	1.10	5.80	8.30	6.50	7.20	5.63	5.63	8
Krysen	mg/kg TS					1.80	7.00	6.30	0.94	5.60	6.20	6.30	6.30	5.06	5.06	8
Benzo(b)fluoranten	mg/kg TS					1.90	7.50	4.70	0.55	4.00	14.00	3.30	11.00	5.87	5.87	8
Benzo(k)fluoranten	mg/kg TS					1.60	6.20	3.40	0.54	3.40	5.00	3.00	4.60	3.47	3.47	8
Benzo(a)pyren	mg/kg TS					1.90	6.30	4.20	0.74	4.20	13.00	2.60	11.00	5.49	5.49	8
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg TS					1.20	6.00	3.20	0.60	3.00	6.40	0.66	6.10	3.40	3.40	8
Dibenzo(a,h)antracén	mg/kg TS					0.30	1.50	0.78	0.12	0.76	1.60	0.20	1.50	0.85	0.85	8
Benzo(g,h,i)perylene	mg/kg TS					1.40	6.60	3.40	0.53	3.20	6.70	0.65	5.70	3.52	3.52	8
Sum PAH(16)	mg/kg TS	38.52				21.00	77.00	57.00	9.10	54.00	110.00	40.87	96.00	55.94	55.94	9
PCB28	mg/kg TS	0.0035	0.0010	0.0011	0.0038	<0.0005	0.0081	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.001	<0.0005	<0.1	0.0050	0.0050	7
PCB52	mg/kg TS	0.0116	0.0039	0.0040	0.0150	0.0020	0.0890	0.0029	<0.0005	0.0410	0.0120	0.0160	0.0023	0.0148	0.0148	13
PCB101	mg/kg TS	0.0202	0.0150	0.0110	0.0370	0.0081	0.0180	0.0011	<0.0005	0.0200	0.0370	0.0190	0.0083	0.0159	0.0159	13
PCB118	mg/kg TS	0.0107	0.0120	0.0090	0.0310	0.0066	0.0049	0.0031	<0.0005	0.0270	0.0300	0.0230	0.0069	0.0131	0.0131	13
PCB138	mg/kg TS	0.0202	0.0220	0.0120	0.0430	0.0160	0.0710	0.0024	<0.0005	0.0470	0.0530	0.0510	0.0140	0.0289	0.0289	13
PCB153	mg/kg TS	0.0146	0.0250	0.0140	0.0540	0.0120	0.0620	<0.0005	<0.0005	0.0430	0.0620	0.0450	0.0170	0.0291	0.0291	12
PCB180	mg/kg TS	0.0069	0.0120	0.0071	0.0240	0.0066	0.0260	0.0010	<0.0005	0.0240	0.0390	0.0220	0.0130	0.0156	0.0156	13
Sum PCB(7)	mg/kg TS	0.0877	0.0909	0.0582	0.2078	0.0510	0.2800	0.0100	<0.0005	0.2000	0.2330	0.1760	0.0615	0.1186	0.1186	13
Tributyltinn	µg/kg TS					24		670				440	942	519	519	4
Skelettonema org.ekstraksjon	TU										1.4			1.400	1.400	1
Skelettonema i porevann	TU										<1			0.500	0.500	0
Dr Calux	ng TEQ/kg TS											300		300	300	1
Arenicola marina % død	%															0
partikkelstr<63µm	%					33.4	24.0	38.3	13.9	31.5	41.0	16.4		28.4	28.4	7
partikkelstr>2µm	%					4.2	4.2	4.9	1.9	2.4	8.1	4.3		4.3	4.3	6
TOC	%	9.9				9.5	13.0	10.0	4.5	13.0	13.0	6.2		9.9	9.9	8

Delområde	Enhhet	Våg 1b BH-9807-4-V (1998)	Våg 1b BH-9807-5-V (1998)	Våg 1b 2002-01249-2 St.2 (2002)	Våg 1b GV2 (2003)	Våg 1b GV4 (2003)	Våg 1b K35 (2010)	Våg 1b K46 (2010)	Våg 1b K51 (2010)	Våg 1b BL VÅG 1 (2012)	Våg 1b BL VÅG 1 dupl (2012)	Våg 1b VÅG h3 (2012)	Snitt	Antall
Dybde_cm		0-2	0-2	0-2	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10		
UTMX														
UTMY														
Asen, As	mg/kg TS	<	<	25.00			8.50	4.90	11.00	25.00	15.00	19.00	12.04	9
Bly, Pb	mg/kg TS	399.00	477.00	508.00			350.00	210.00	340.00	509.00	290.00	247.00	370.00	9
Kadmium, Cd	mg/kg TS	2.00	3.00	3.00			0.84	0.78	0.69	1.60	0.81	1.20	1.55	9
Kobber, Cu	mg/kg TS	285.00	301.00	343.00			120.00	160.00	140.00	282.00	180.00	368.00	242.11	9
Krom, Cr	mg/kg TS	40.00	68.00	114.00			18.00	27.00	19.00	53.00	28.00	40.00	45.22	9
Kvikksølv, Hg	mg/kg TS	5.41	8.84	15.30			4.02	2.03	3.72	6.10	4.49	2.00	5.77	9
Nikkel, Ni	mg/kg TS	26.00	33.00	39.00			13.00	16.00	10.00	25.00	12.00	16.00	21.11	9
Sink, Zn	mg/kg TS	1520.00	991.00	954.00			230.00	280.00	210.00	782.00	450.00	1060.00	719.67	9
Naftalen	mg/kg TS						0.09	0.05	0.09	0.85	0.23	0.33	0.27	6
Acenaflyten	mg/kg TS						0.11	0.07	0.08	0.50	0.09	0.14	0.17	6
Acenafthen	mg/kg TS						0.09	0.10	0.11	0.69	0.33	0.15	0.24	6
Fluoren	mg/kg TS						0.24	0.15	0.19	1.10	0.51	0.36	0.43	6
Fenanthen	mg/kg TS						1.20	0.86	1.20	9.40	3.70	4.10	3.41	6
Antracen	mg/kg TS						0.59	0.40	0.51	2.80	1.30	0.59	1.03	6
Fluoranten	mg/kg TS						2.90	2.30	2.60	17.00	5.80	6.30	6.15	6
Pyren	mg/kg TS						2.90	2.30	2.50	16.00	5.70	5.30	5.78	6
Benzo(a)antracen	mg/kg TS						1.90	1.30	1.80	8.30	6.50	2.50	3.72	6
Krysen	mg/kg TS						1.80	1.30	1.60	6.20	6.30	2.20	3.23	6
Benso(b)fluoranten	mg/kg TS						1.40	1.10	1.20	14.00	3.30	3.90	4.15	6
Benzo(k)fluoranten	mg/kg TS						1.50	0.95	1.00	5.00	3.00	1.50	2.16	6
Benzo(a)pyren	mg/kg TS						1.80	1.10	1.30	13.00	2.60	3.60	3.90	6
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg TS						1.00	0.97	1.20	6.40	0.66	2.20	2.07	6
Dibenzo(a,h)antracen	mg/kg TS						0.23	0.18	0.26	1.60	0.20	0.52	0.50	6
Benzo(g,h,i)perylen	mg/kg TS						0.95	0.89	1.10	6.70	0.65	2.00	2.05	6
Sum PAH(16)	mg/kg TS						19.00	14.00	17.00	110.00	40.87	35.70	39.43	6
PCB28	mg/kg TS			0.0011	0.0019	0.0006	<0.0005	<0.0005	0.0042	<0.001	<0.0005	<0.5	0.0288	9
PCB52	mg/kg TS			0.0040	0.0084	0.0036	<0.0005	<0.0005	0.0012	0.0120	0.0160	0.0044	0.0056	9
PCB101	mg/kg TS			0.0110	0.0140	0.0140	<0.0005	<0.0005	0.0048	0.0370	0.0190	0.0110	0.0124	9
PCB118	mg/kg TS			0.0090	0.0120	0.0096	<0.0005	<0.0005	0.0052	0.0300	0.0230	0.0097	0.0110	9
PCB138	mg/kg TS			0.0140	0.0220	0.0260	0.0044	<0.0005	0.0150	0.0530	0.0510	0.0110	0.0219	9
PCB153	mg/kg TS			0.0120	0.0270	0.0320	0.0032	<0.0005	0.0100	0.0620	0.0450	0.0120	0.0226	9
PCB180	mg/kg TS			0.0071	0.0140	0.0160	0.0029	<0.0005	0.0050	0.0390	0.0220	0.0061	0.0125	9
Sum PCB(7)	mg/kg TS			0.0582	0.0993	0.1018	0.0100	<0.0005	0.0460	0.2330	0.1760	0.0542	0.0865	9
Tributylinn	µg/kg TS									440	942	691	2	
Skeletonema	TU									1.40			1.40	1
org.ekstraksjon	TU									<1			0.50	1
Skeletonema i porevann	TU									300			300.00	1
Dr Calux	ng TEQ/kg TS													1
Arenicola marina	% død													0
partikkelstr<63µm	%						31.5	22.2	22.4	41.0			24.60	5
partikkelstr>2µm	%						2.7	2.2	4.3	8.1			4.33	4
TOC	%						9.4	12.0	15.0	13.0			10.42	5

Delområde	VÅG2	VÅG2	VÅG2	VÅG2	VÅG2	VÅG2	VÅG2	VÅG2	VÅG2	VÅG2	VÅG2	VÅG2	VÅG2	VÅG2	VÅG2	VÅG2
Parameter	St. Vøgen (1990)	VØgen1 (1992)	BH-9807-6-V (1998)	BH-9807-7-V (1998)	BH-9807-8-V (1998)	BH-9807-10-V (1998)	GV5 (2003)	GV6 (2003)	K33 (2010)	VÅG2 K38 (2010)	VÅG2 BL.VÅG2 (2012)	VÅG2 BL.VÅG2 dupl (2012)	VÅG2 Snitt	Antall	VÅG2 K31 (2010) HOTSPOT	
Dybde_cm			0-2	0-2	0-2	0-2	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10		0-10	
UTMX																
UTMY																
Arsen, As	mg/kg TS		<	7.00	<	<			22.00	30.00	29.00	18.00	13.25	8	33.00	
Bly, Pb	mg/kg TS	602.00	583.00	659.00	639.00	337.00			620.00	740.00	678.00	330.00	588.50	10	570.00	
Kadmium, Cd	mg/kg TS	4.22	3.29	4.00	4.00	3.00			6.00	3.80	2.40	2.00	3.77	10	3.90	
Kobber, Cu	mg/kg TS	494.00	409.00	484.00	573.00	289.00			460.00	520.00	389.00	270.00	449.40	10	410.00	
Krom, Cr	mg/kg TS	99.00	82.80	62.00	78.00	73.00			81.00	95.00	79.00	47.00	76.78	10	60.00	
Kvikksølv, Hg	mg/kg TS	13.40	10.47	11.94	17.49	9.69			18.90	11.60	9.30	7.12	12.90	10	10.50	
Nikkel, Ni	mg/kg TS			42.00	82.00	37.00			23.00	31.00	28.00	15.00	40.38	8	29.00	
Sink, Zn	mg/kg TS	1400.00	1240.00	1180.00	1230.00	746.00			1100.00	2200.00	975.00	660.00	1226.10	10	2000.00	
Naftalen	mg/kg TS								0.13	0.17	0.83	0.14	0.32	4	24.00	
Acenaftalen	mg/kg TS								0.16	0.12	0.60	0.07	0.24	4	1.60	
Acenaften	mg/kg TS								0.26	0.39	0.55	0.21	0.35	4	8.30	
Fluoren	mg/kg TS								0.43	0.50	0.89	0.32	0.54	4	24.00	
Fenantran	mg/kg TS								3.60	3.70	9.20	2.60	4.78	4	11.00	
Antraen	mg/kg TS								1.30	1.20	3.20	0.80	1.63	4	34.00	
Fluorantien	mg/kg TS								6.30	6.50	18.00	5.30	9.03	4	91.00	
Pyren	mg/kg TS								6.00	7.10	17.00	5.60	8.93	4	77.00	
Benzo(a)antracen	mg/kg TS								3.30	4.80	8.30	5.60	5.50	4	42.00	
Kysen	mg/kg TS								3.40	4.90	6.60	5.70	5.15	4	37.00	
Benso(b)fluorantien	mg/kg TS								4.30	5.00	14.00	3.40	6.68	4	24.00	
Benzo(k)fluorantien	mg/kg TS								3.10	3.70	5.70	3.00	3.88	4	30.00	
Benzo(a)pyren	mg/kg TS								3.80	4.10	14.00	2.60	6.13	4	35.00	
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg TS								2.60	3.40	8.30	0.75	3.76	4	16.00	
Dibenzo(a,h)antracen	mg/kg TS								0.69	0.85	1.90	0.21	0.91	4	4.40	
Benzo(g,h,i)perylene	mg/kg TS								2.90	3.60	8.00	0.69	3.80	4	19.00	
Sum PAH(16)	mg/kg TS								42.00	50.00	117.00	36.99	61.50	4	580.00	
PCB28	mg/kg TS			0.0026			0.0020	0.0048	<0.0005	0.0034	<0.0003	<0.0005	0.0021	7	<0.0005	
PCB52	mg/kg TS			0.0074			0.0050	0.0150	0.0260	0.0910	0.0370	0.0400	0.0316	7	0.0130	
PCB101	mg/kg TS			0.0160			0.0140	0.0550	0.0620	0.0870	0.1200	0.0490	0.0576	7	0.0280	
PCB118	mg/kg TS			0.0120			0.0100	0.0450	0.0580	0.0970	0.0980	0.0530	0.0533	7	0.0230	
PCB138	mg/kg TS			0.0220			0.0230	0.0720	0.1300	0.2200	0.1800	0.1100	0.1081	7	0.0560	
PCB153	mg/kg TS			0.0270			0.0270	0.0840	0.0960	0.1800	0.2000	0.0840	0.0997	7	0.0420	
PCB180	mg/kg TS			0.0130			0.0160	0.0440	0.0540	0.0930	0.1300	0.0460	0.0566	7	0.0240	
Sum PCB(7)	mg/kg TS			0.1000			0.0970	0.3198	0.4200	0.7600	0.7650	0.3820	0.4063	7	0.1900	
Tributyltinn	µg/kg TS											1100	540	1420	1020	3
Skelettonema org.ekstraksjon	TU										2		2.00	1		
Skelettonema i porevann	TU										<1		0.50	1		
Dr Calux	ng TEQ/kg TS										740		740.00	1		
Arenicola marina	% død													0		
partikkelstr<63µm	%								30.7	42.0	70.9		47.87	3	25.2	
partikkelstr>2µm	%								4.2	11.6	7.4		7.73	3	3.5	
TOC	%								9.7	12.0	11.0		10.90	3	10.0	

Delområde	Enhet	VÅG3 K15 (2010)	VÅG3 K16 (2010)	VÅG3 K18 (2010)	VÅG3 K20 (2010)	VÅG3 K22 (2010)	VÅG3 K23 (2010)	VÅG3 K25 (2010)	VÅG3 K27 (2010)	VÅG3 K28 (2010)	VÅG3 K30 (2010)	VÅG3 BLVÅG3 dupl (2012)	VÅG3 Festnings kaien 1 (2012)	VÅG3 Festnings kaien 2 (2012)	Antall
Dybde cm		0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	
Asen, As	mg/kg TS	30.00	3.00	5.60	15.00	41.00	19.00	23.00	24.00	8.90	18.00	24.00	17.00	1.50	11.20
Bly, Pb	mg/kg TS	640.00	2.40	84.00	380.00	780.00	390.00	620.00	380.00	360.00	330.00	413.00	290.00	370.00	401.24
Kadmium, Cd	mg/kg TS	2.10	0.04	0.15	1.80	4.50	1.70	3.10	1.60	0.50	3.70	1.90	1.40	0.07	1.88
Kobber, Cu	mg/kg TS	540.00	4.10	47.00	250.00	340.00	280.00	390.00	280.00	130.00	830.00	274.00	220.00	28.00	293.84
Krom, Cr	mg/kg TS	41.00	9.50	12.00	60.00	43.00	60.00	90.00	52.00	59.00	50.00	73.00	46.00	13.00	56.93
Kvikksølv, Hg	mg/kg TS	13.90	0.00	0.96	4.65	14.00	10.60	9.20	7.39	2.73	18.70	6.50	6.97	0.04	6.79
Nikkel, Ni	mg/kg TS	19.00	6.70	5.80	16.00	27.00	17.00	25.00	17.00	13.00	18.00	24.00	13.00	5.70	24.52
Sink, Zn	mg/kg TS	950.00	23.00	110.00	650.00	2500.00	700.00	1100.00	750.00	650.00	960.00	668.00	540.00	68.00	747.24
Naftalen	mg/kg TS	0.32	<0.01	0.12	0.17	0.49	0.12	0.16	0.49	0.05	0.07	0.79	0.12	0.02	0.21
Acenaflyten	mg/kg TS	0.15	<0.01	0.08	0.13	0.12	0.06	0.10	0.09	0.04	0.05	0.41	0.08	0.01	0.09
Acenafinen	mg/kg TS	2.00	<0.01	0.29	0.31	0.59	0.18	0.24	0.39	0.56	0.10	0.48	0.31	0.01	0.39
Fluoren	mg/kg TS	1.60	<0.01	0.33	0.57	0.59	0.22	0.30	0.60	0.50	0.16	0.67	0.40	0.02	0.43
Fenanten	mg/kg TS	14.00	<0.01	2.70	4.00	5.00	1.70	2.50	3.70	2.30	1.30	6.50	3.10	0.11	3.35
Antracen	mg/kg TS	5.20	<0.01	0.78	1.30	1.50	0.57	0.87	1.10	0.81	0.43	1.80	1.10	0.04	1.11
Fluoranten	mg/kg TS	23.00	<0.01	4.10	6.00	9.50	3.50	4.70	4.80	3.50	2.50	12.00	5.90	0.38	5.71
Pyren	mg/kg TS	18.00	<0.01	3.40	5.70	13.00	3.50	5.40	4.20	2.90	2.60	12.00	6.20	0.36	5.53
Benzo(a)antracen	mg/kg TS	9.70	<0.01	2.00	3.20	5.40	2.20	3.00	2.50	1.90	1.40	6.20	6.80	0.21	3.18
Krysen	mg/kg TS	9.10	<0.01	2.00	3.30	4.90	2.30	3.20	2.50	1.80	1.50	5.00	6.50	0.18	3.02
Benzo(b)fluoranten	mg/kg TS	11.00	<0.01	2.30	5.00	12.00	2.70	4.30	2.60	1.60	1.90	11.00	3.30	0.22	4.14
Benzo(k)fluoranten	mg/kg TS	3.40	<0.01	0.78	1.60	3.50	2.10	3.30	2.10	1.40	1.50	4.60	3.10	0.11	1.97
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	8.40	<0.01	1.80	3.60	7.90	2.40	3.80	2.50	1.70	1.70	11.00	2.60	0.24	3.41
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg TS	5.00	<0.01	1.10	2.40	5.40	1.70	2.50	1.50	0.91	1.20	5.50	0.86	0.16	2.02
Dibenzo(a,h)antracen	mg/kg TS	1.30	<0.01	0.27	0.62	1.40	0.42	0.81	0.44	0.27	0.29	1.30	0.23	0.03	0.53
Benzo(g,h,i)perylen	mg/kg TS	5.10	<0.01	1.20	2.60	6.00	1.80	3.10	1.80	1.10	1.40	5.80	0.80	0.16	2.21
Sum PAH(16)	mg/kg TS	120.00	<0.01	23.00	41.00	77.00	26.00	38.00	31.00	21.00	18.00	85.10	41.40	2.25	37.05
PCB28	mg/kg TS	0.0760	<0.0005	<0.0005	0.0020	<0.0005	<0.0005	0.0045	0.0073	<0.0005	0.0016	<0.5	<0.0005	0.0024	0.0167
PCB52	mg/kg TS	<0.0005	<0.0005	0.0063	0.0330	0.0098	0.0330	0.0470	0.0150	0.0032	0.0130	0.0430	0.0290	0.0062	0.0148
PCB101	mg/kg TS	0.0690	<0.0005	0.0080	0.0530	0.0078	0.0390	0.0570	0.0410	0.0093	0.0390	0.1100	0.0360	0.0058	0.0326
PCB118	mg/kg TS	0.0720	<0.0005	0.0079	0.0630	0.0230	0.0290	0.0480	0.0340	0.0059	0.0320	0.1000	0.0550	0.0035	0.0298
PCB138	mg/kg TS	0.0800	<0.0005	0.0079	0.0700	0.0077	0.0720	0.1100	0.0670	0.0160	0.0710	0.1300	0.1000	0.0036	0.0494
PCB153	mg/kg TS	0.0680	<0.0005	0.0063	0.0640	0.0120	0.0520	0.0800	0.0490	0.0120	0.0530	0.1400	0.0780	0.0040	0.0455
PCB180	mg/kg TS	0.0330	<0.0005	0.0028	0.0350	0.0083	0.0250	0.0450	0.0240	0.0055	0.0330	0.0820	0.0360	0.0014	0.0241
Sum PCB(7)	mg/kg TS	0.4000	<0.0005	0.0390	0.3200	0.0690	0.2500	0.3900	0.2400	0.0530	0.2400	0.6050	0.3340	0.2440	0.2003
Tributylinn	µg/kg TS		<1				1300				630	700	1310	88	588
Skeletonema org.ekstraksjon	TU											1			1.00
Skeletonema i porevann	TU											<1			0.50
Dr Calux	mg TEQ/kg TS											840			840.00
Arenicola marina	% død														
partikkelstr<63µm	%	21.5	27.1	3.3	22.7	28.3	28.6	32.9	29.5	27.2	25.2	60.8	9.1	4.4	24.66
partikkelstr>2µm	%	3.9	0.0	1.0	4.2	4.9	3.7	5.3	4.3	5.2	3.7	6.0	3.7	6.0	3.84
TOC	%	13.0	8.8	9.0	12.0	14.0	5.9	18.0	10.0	2.5	6.8	7.6	0.4	0.3	8.17

Delområde	Parameter	Enhet	VÅG 4 BH-9807- 21-V (1998)	VÅG 4 BH-9807- 22-V (1998)	VÅG 4 BH-9807- 23-V (1998)	VÅG 4 GV13 (2003)	VÅG 4 GV14 (2003)	VÅG 4 GV15 (2003)	VÅG 4 BKK-OF-1 (2010)	VÅG 4 BKK-OF-4 (2010)	VÅG 4 BKK-Sj- 3A (2010)	VÅG 4 K10 (2010)	VÅG 4 BL.VÅG 4 (2012)	VÅG 4 dupl (2012)	VÅG 4 Bland VÅG 4A+VÅG 4B (2012)	VÅG 4 Festnings kaien 3 (2012)	VÅG 4 mnskaien 4 (2012)	Snitt	Antall
Dybde cm			0-2	0-2	0-2	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10		
UTM X																			
UTM Y																			
Arsen, As	mg/kg TS	<	<	<	<													2.52	11
Bly, Pb	mg/kg TS	247.00	117.00	91.00	73.30													85.12	12
Kadmium, Cd	mg/kg TS	<	<	<	<													0.07	11
Kobber, Cu	mg/kg TS	86.40	58.90	99.50														40.65	11
Krom, Cr	mg/kg TS	35.00	34.00	29.00														18.60	11
Kvikksølv, Hg	mg/kg TS	0.87	1.44	0.38	0.50													0.53	12
Nikkel, Ni	mg/kg TS	16.00	14.00	21.00														9.07	11
Sink, Zn	mg/kg TS	346.00	152.00	137.00														127.91	11
Naftalen	mg/kg TS																	0.05	8
Acenaftalen	mg/kg TS																	0.02	8
Acenaftalen	mg/kg TS																	0.04	8
Fluoren	mg/kg TS																	0.06	8
Fenantran	mg/kg TS																	0.48	8
Antracen	mg/kg TS																	0.16	8
Fluorantén	mg/kg TS																	1.02	8
Pyren	mg/kg TS																	1.03	8
Benzo(a)antracen	mg/kg TS																	0.89	8
Krysen	mg/kg TS																	0.83	8
Benso(b)fluorantén	mg/kg TS																	0.58	8
Benzo(k)fluorantén	mg/kg TS																	0.46	8
Benzo(a)pyren	mg/kg TS																	0.54	8
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg TS																	0.26	8
Dibenzo(a,h)antracen	mg/kg TS																	0.06	8
Benzo(g,h,i)perylene	mg/kg TS																	0.23	8
Sum PAH(16)	mg/kg TS																	5.17	5
PCB28	mg/kg TS																	0.0005	11
PCB52	mg/kg TS																	0.0020	11
PCB101	mg/kg TS																	0.0030	11
PCB118	mg/kg TS																	0.0046	11
PCB138	mg/kg TS																	0.0064	11
PCB153	mg/kg TS																	0.0092	11
PCB180	mg/kg TS																	0.0069	11
Sum PCB(7)	mg/kg TS																	0.0047	11
Tribuylenn	µg/kg TS																	0.0043	11
Skeletonema	TU																	0.0015	11
org. ekstraksjon	mg TEQ/kg TS																	0.0236	8
Skeletonema i	% død																	100	12
Dr Calux	% død																	1.6	4
Arenicola marina	% død																	5.55	4
partikkelstr<63µm	%																	3.50	1
partikkelstr>2µm	%																	2.12	4
TOC	%																	0.15	1

Parameter	Enhet	BH-9807-26-V (1998)	BH-9807-27-V (1998)	BH-9807-28-V (1998)	BH-9807-29-V (1998)	BH-9807-30-V (1998)	2002-01249-12 St.6 (2002)	2002-01249-8 St.5 (2002)	GV16 (2003)	GV17 (2003)	GV19 (2003)	K3 (2010)	K5 (2010)	Ytre A Vaagen (2006)	BL VÅG 5 (2012)	BL VÅG 5 dupl (2012)	Skoltegrunnskaien 5 (2012)	Skoltegrunnskaien 6 (2012)	Skoltegrunnskaien 6 (2012)	Antall
Dybde_cm		0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	
UTM X																				
UTM Y																				
Asen, As	mg/kg TS	<	<	<	<	<	13.00	7.80				830.00	7.10	188.00	17.00	240.00	19.00	2.50	7.80	13
Bly, Pb	mg/kg TS	640.00	91.00	292.00	198.00	234.00	170.00	207.00	55.30	81.00		1.30	0.55	0.30	2.10	0.43	0.00	0.03	0.77	16
Kadmium, Cd	mg/kg TS	3.00	<	1.00	<	2.00	<	<				270.00	86.00	107.00	129.00	170.00	16.00	21.00	129.21	14
Kobber, Cu	mg/kg TS	261.00	52.60	192.00	124.00	114.00	121.00	145.40				97.00	16.00	32.50	33.00	22.00	13.00	9.20	44.11	14
Krom, Cr	mg/kg TS	69.00	30.00	88.00	50.00	48.00	64.00	45.80				5.33	2.32	1.78	2.90	1.32	0.02	0.13	2.38	16
Kvikksølv, Hg	mg/kg TS	10.97	0.95	3.03	1.75	1.27	3.24	1.84	0.53	0.78		25.00	9.00	16.00	6.90	6.70	4.10	21.84	13	
Nikkel, Ni	mg/kg TS	62.00	15.00	28.00	27.00	42.00	23.00	19.20				730.00	350.00	1480.00	250.00	43.00	88.00	464.86	13	
Sink, Zn	mg/kg TS	1030.00	163.00	463.00	231.00	600.00	259.00	356.20				0.30	0.06	0.27	0.12	0.02	0.02	0.13	6	
Naftalen	mg/kg TS											0.13	0.05	0.14	0.06	0.01	0.02	0.07	6	
Acenaflyten	mg/kg TS											0.57	0.14	0.07	0.23	0.02	0.02	0.17	6	
Acenafthen	mg/kg TS											0.60	0.20	0.15	0.36	0.03	0.03	0.23	6	
Fluoren	mg/kg TS											5.30	2.00	2.30	3.00	0.25	0.28	2.19	6	
Fenantren	mg/kg TS											1.70	0.76	0.55	0.99	0.05	0.07	0.69	6	
Antracen	mg/kg TS											8.50	4.20	6.10	5.00	0.38	0.67	4.14	6	
Fluoranten	mg/kg TS											7.60	3.20	5.80	4.60	0.34	0.66	3.70	6	
Pyren	mg/kg TS											4.40	1.70	3.40	5.20	0.15	0.40	2.54	6	
Benzo(e)antracen	mg/kg TS											4.50	1.80	3.10	5.20	0.14	0.34	2.51	6	
Krysen	mg/kg TS											6.80	2.20	6.30	2.30	0.14	0.41	3.17	6	
Benzo(b)fluoranten	mg/kg TS											2.20	0.80	2.40	2.00	0.07	0.19	1.28	6	
Benzo(k)fluoranten	mg/kg TS											4.70	1.60	5.80	1.90	0.15	0.46	2.44	6	
Benzo(a)pyren	mg/kg TS											3.00	1.10	3.90	0.60	0.10	0.30	1.50	6	
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg TS											0.87	0.29	0.92	0.14	0.02	0.05	0.38	6	
Dibenzo(a,h)antracen	mg/kg TS											3.30	1.20	3.70	0.57	0.10	0.28	1.52	6	
Benzo(g,h,i)perylene	mg/kg TS											55.00	21.00	44.90	29.97	1.93	4.18	26.16	6	
Sum PAH(16)	mg/kg TS											0.0043	<0.0005	<0.5	<0.0005	0.0004	0.0002	0.0236	11	
PCB28	mg/kg TS						0.0017	0.0011	0.0004	0.0009	0.0003	0.0043	<0.0005	0.0040	0.0170	0.0011	0.0033	0.0073	11	
PCB52	mg/kg TS						0.0046	0.0069	0.0007	0.0025	0.0011	0.0350	0.0046	0.0150	0.0260	0.0022	0.0090	0.0185	11	
PCB101	mg/kg TS						0.0140	0.0310	0.0053	0.0083	0.0018	0.0810	0.0100	0.0150	0.0310	0.0011	0.0072	0.0167	11	
PCB118	mg/kg TS						0.0130	0.0130	0.0019	0.0075	0.0018	0.0770	0.0110	0.0190	0.0310	0.0011	0.0036	0.0125	0.0354	11
PCB138	mg/kg TS						0.0320	0.0590	0.0180	0.0120	0.0025	0.1500	0.0140	0.0310	0.0550	0.0036	0.0117	0.0326	11	
PCB153	mg/kg TS						0.0260	0.0540	0.0190	0.0170	0.0030	0.1400	0.0140	0.0290	0.0400	0.0044	0.0117	0.0326	11	
PCB180	mg/kg TS						0.0160	0.0380	0.0150	0.0062	0.0015	0.0820	0.0082	0.0190	0.0170	0.0025	0.0046	0.0191	11	
Sum PCB(7)	mg/kg TS						0.1073	0.2030	0.0599	0.0544	0.0120	0.5600	0.0630	0.0475	0.1170	0.1860	0.0153	0.0484	0.1228	12
Tributyltinn	µg/kg TS											640		300	351	33	140	293	5	
Skeletonema org.ekstraksjon	TU													0.83					0.83	1
Skeletonema i porevann	TU													<1					0.50	1
Dr Calux	ng TEQ/kg TS													0					0.30	1
Arenicola marina	% død													10					10.00	1
partikkelstr<63um	%											26.8	8.2	22.4			33.2		22.65	4
partikkelstr>2um	%											5.5	1.9	2.3					3.23	3
TOC	%											7.4	6.6	5.7			0.3	1.2	4.25	5

Delområde VÅG 1a – Strandkaien

	Ja	Nei	
Er det målt porevannskonsentrasjon? (sett kryss)	x		Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1d
Er det målt sjøvannskonsentrasjon? (sett kryss)		x	Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1c
Er det målt vevskonsentrasjon i bunnsfauna? (sett kryss)	x		Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1e
Er det målt vevskonsentrasjon i fisk? (sett kryss)	x		Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1f
Er det gjort økotokstesting? (sett kryss)	x		Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1g

GENERELLE PARAMETERE

Grunnleggende sedimentparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
TOC	1	10	amg: snitt av 8 prøver
Bulkdensitet til sedimentet, ρ_{sed} [kg/l]	0.8	0.8	
Porøsitet, ϵ	0.7	0.7	
Korreksjonsfaktor	315576000	315576000	For å ende opp med mg/m ² /år for spredning ved biodiffusjon
Generelle områdeparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Sedimentareal i bassenget, A_{sed} [m ²]	ingen standard	23500	amg: målt i kart
Vannvolumet over sedimentet, V_{sed} [m ³]	ingen standard	188000	amg: beregnet m snitt dyp 8 m (dyp 6-10 m)
Oppholdstid til vannet i bassenget, t_r [år]	ingen standard	0.005	amg: vannutskiftning Vågen 16m ³ /sek ved tidevann og svak vind (NIVA 2005)

SPREDNING

Parametere for transport via biodiffusjon, F_{diff}	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Tortuositet, τ	3	3	
Faktor for diffusionshastighet pga bioturbasjon, a	10	5	amg: redusert faktor pga anoksisk sediment
Difusjonslengde, Δx [cm]	1	1	
Parametere for oppvirvling fra skip, F_{skip}	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Antall skipsanløp per år, N_{skip}	ingen standard	3150	amg: BOH anløpsregister 2011
Trasélengde for skipsanløp i sedimentareal påvirket av oppvirvling, T [m]	120	125	amg: brukt halvlengste trase pga kaier i hele lengden
Mengde oppvirvlet sediment per anløp, m_{sed} [kg]	ingen standard	100	amg: faktabok 6, brukt sjablont for industihavn og SAND
Sedimentareal påvirket av oppvirvling, A_{skip} [m ²]	ingen standard	23500	amg: $A_{skip} = A_{sed}$, hele arealet påvirket av skip
Fraksjon suspendert $f_{susp} =$ sedimentfraksjon < 2 μ m	ingen standard	0.043	amg: snitt alle prøver 4,5% < 2 μ m
Parametere for transport via organismer, F_{org}	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Mengde organisk karbon i bunnsfauna biomasse OC_{chlo} [g/g]	0.25	0.25	
Organisk karbon tilførsel til sedimentet utenfra, OC_{sed} [g/m ² /år]	200	200	
Fraksjon av organisk karbon som ikke omsettes, d [g/g]	0.47	0.47	
Organisk karbon omsatt (respirert) i sedimentet, OC_{resp} [g/m ² /år]	31	31	
Konverteringsfaktor fra våtvekt til tørrvekt for C_{bio}	5	5	Faktor for å konvertere BCF_{fisk} som er på våtvektsbasis til C_{bio} på tørrvektsbasis. Tørrvekt av biologisk materiale er typisk 1/5 av våtvekt.
Parametere for å beregne tømning av stofflageret i det bioaktive laget, t_{com}	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Mektighet av bioturbasjonsdyp, d_{sed} (mm/m ²)	100	100	
Tetthet av vått sediment, ρ_w (kg/l)	1.3	1.3	
Fraksjon tørrvekt av vått sediment	0.35	0.35	

HUMAN HELSE

Generelle parametere (gjelder for både barn og voksen)	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse		
Absorpsjonsfaktor, af	1	1			
Matriksfaktor, mf	0.15	0.15			
Innhold partikulært materiale i vann [kg/l]	0.00003	0.00003			
Kontaminert fraksjon, KF_r	0.5	0.5			
Generelle parametere (ulike for barn og voksen)	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Kroppsvekt, KV [kg]	70	15	70	15	
Parametere for oralt inntak av sediment, DEI_{sed}	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,sed}$ [d/d]	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	
Inntak av sediment, $D_{i,sed}$ [kg/d]	0.00035	0.001	0	0	amg: byhavn, ingen bading etc.
Parametere for inntak av overflatevann, DEI_{sv}	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,sv}$ [d/d]	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	
Inntak av sjøvann, $D_{i,sv}$ [l/d]	0.05	0.05	0	0	amg: byhavn, ingen bading etc.
Parametere for inntak av partikulært materiale, DEI_{pm}	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,ipm}$ [d/d]	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	
Inntak av sjøvann, $D_{i,sv}$ [l/d]	Se inntak av overflatevann.				
Parametere for hudkontakt med sediment, DEH_{sed}	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,sed}$ [d/d]	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	
Hudareal for eksponering med sediment, HA_{sed} [m ²]	0.28	0.17	0.28	0.17	
Hudhæfterate for sediment, HAD_{sed} [kg/m ²]	0.0375	0.0051	0.0375	0.0051	
Hudabsorpsjonsrate for sediment HAB_{sed} [1/timer]	0.005	0.010	0.005	0.01	
Eksponeringstid hud med sediment, ET_{sed} [timer/d]	8	8	0	0	amg: byhavn, ingen bading etc.
Parametere for hudkontakt med vann, DEH_{sv}	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,sv}$ [d/d]	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	
Hudareal for eksponering med sediment, HA_{sv} [m ²]	1.80	0.95	1.8	0.95	
Eksponeringstid hud med sjøvann, ET_{sv} [timer/d]	1	2	0	0	amg: byhavn, ingen bading etc.
Parametere for eksponering via inntak av fisk/skalldyr, IEI_r	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Daglig inntak av fisk og skalldyr, D_i [kg v.v./d]	0.138	0.028	0.138	0.028	

	Ja	Nei	
Er det målt porevannskonsentrasjon? (sett kryss)	x		Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1d
Er det målt sjøvannskonsentrasjon? (sett kryss)		x	Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1c
Er det målt vevkonsentrasjon i bunnsfauna? (sett kryss)	x		Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1e
Er det målt vevkonsentrasjon i fisk? (sett kryss)	x		Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1f
Er det gjort økotokstesting? (sett kryss)	x		Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1g

GENERELLE PARAMETERE

Grunnleggende sedimentparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
TOC	1	10.4	amg: snitt av 5 prøver
Bulkdensitet til sedimentet, ρ_{sed} [kg/l]	0.8	0.8	
Porøsitet, ϵ	0.7	0.7	
Korreksjonsfaktor	315576000	315576000	For å ende opp med mg/m ² år for spredning ved biodiffusjon
Generelle områdeparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Sedimentareal i bassenget, A_{sed} [m ²]	ingen standard	17000	amg: målt i kart
Vannvolumet over sedimentet, V_{sed} [m ³]	ingen standard	136000	amg: beregnet m snitt dyp 8 m (dyp 6-10m)
Oppholdstid til vannet i bassenget, t_r [år]	ingen standard	0.005	amg: vannutsiftin Vågen 16m ³ /sek ved tidevann og svak vind (NIVA 2005)

SPREDNING

Parametere for transport via biodiffusjon, F_{diff}	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Tortuositet, τ	3	3	
Faktor for diffusjonshastighet pga bioturbasjon, a	10	5	amg: redusert faktor pga anoksisk sediment
Diffusjonslengde, Δx [cm]	1	1	
Parametere for oppvirvling fra skip, F_{skip}	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Antall skipsanløp per år, N_{skip}	ingen standard	2830	amg: BOH anløpsregister 2011
Trasélengde for skipsanløp i sedimentareal påvirket av oppvirvling, T [m]	120	160	amg: brukt halv lengste trase pga kaier i hele lengden
Mengde oppvirvlet sediment per anløp, m_{sed} [kg]	ingen standard	15	amg: faktabok 6, brukt sjablong for småbåthavn og sand
Sedimentareal påvirket av oppvirvling, A_{skip} [m ²]	ingen standard	17000	amg: $A_{skip} = A_{sed}$, hele arealet påvirket av skip
Fraksjon suspendert $f_{susp} =$ sedimentfraksjon $< 2\mu m$	ingen standard	0.043	amg: snitt alle prøver 4,5% $< 2\mu m$
Parametere for transport via organismer, F_{org}	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Mengde organisk karbon i bunnsfauna biomasse OC_{sed} [g/g]	0.25	0.25	
Organisk karbon tilførsel til sedimentet utenfra, OC_{sed} [g/m ² /år]	200	200	
Fraksjon av organisk karbon som ikke omsettes, d [g/g]	0.47	0.47	
Organisk karbon omsatt (respirert) i sedimentet, OC_{resp} [g/m ² /år]	31	31	
Konverteringsfaktor fra våtvekt til tørrvekt for C_{bio}	5	5	Faktor for å konvertere BCF_{fisk} som er på våtvektsbasis til C_{bio} på tørrvektsbasis. Tørrvekt av biologisk materiale er typisk 1/5 av våtvekt.
Parametere for å beregne tømming av stofflageret i det bioaktive laget, t_{tom}	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Mektighet av bioturbasjonsdyp, d_{sed} (m.m/m ²)	100	100	
Tetthet av vått sediment, ρ_w (kg/l)	1.3	1.3	
Fraksjon tørrvekt av vått sediment	0.35	0.35	

HUMAN HELSE

Generelle parametere (gjelder for både barn og voksen)	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse		
Absorpsjonsfaktor, af	1	1			
Matriksfaktor, mf	0.15	0.15			
Innhold partikulært materiale i vann [kg/l]	0.00003	0.00003			
Kontaminert fraksjon, KF_r	0.5	0.5			
Generelle parametere (ulike for barn og voksen)	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Kroppsvekt, KV [kg]	70	15	70	15	
Parametere for oralt inntak av sediment, DEI_{sed}	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,sed}$ [d/d]	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	
Inntak av sediment, $D_{i,sed}$ [kg/d]	0.00035	0.001	0	0	amg: byhavn, ingen bading etc.
Parametere for inntak av overflatevann, DEI_{sv}	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,sv}$ [d/d]	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	
Inntak av sjøvann, $D_{i,sv}$ [l/d]	0.05	0.05	0	0	amg: byhavn, ingen bading etc.
Parametere for inntak av partikulært materiale, DEI_{pm}	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,pm}$ [d/d]	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	
Inntak av sjøvann, $D_{i,sv}$ [l/d]	Se inntak av overflatevann.				
Parametere for hudkontakt med sediment, DEH_{sed}	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,hsed}$ [d/d]	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	
Hudareal for eksponering med sediment, HA_{sed} [m ²]	0.28	0.17	0.28	0.17	
Hudhefterate for sediment, HAD_{sed} [kg/m ²]	0.0375	0.0051	0.0375	0.0051	
Hudabsorpsjonsrate for sediment HAB_{sed} [l/limer]	0.005	0.010	0.005	0.01	
Eksponeringstid hud med sediment, ET_{sed} [limer/d]	8	8	0	0	amg: byhavn, ingen bading etc.
Parametere for hudkontakt med vann, DEH_{sv}	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,hsv}$ [d/d]	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	
Hudareal for eksponering med sediment, HA_{sv} [m ²]	1.80	0.95	1.8	0.95	
Eksponeringstid hud med sjøvann, ET_{sv} [limer/d]	1	2	0	0	amg: byhavn, ingen bading etc.
Parametere for eksponering via inntak av fisk/skalldyr, IEI_r	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Daglig inntak av fisk og skalldyr, D_l [kg v.v/d]	0.138	0.028	0.138	0.028	

	Ja	Nei			
Er det målt porevannskonsentrasjon? (sett kryss)	x		Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1d		
Er det målt sjøvannskonsentrasjon? (sett kryss)		x	Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1c		
Er det målt vevskonsentrasjon i bunnsfauna? (sett kryss)	x		Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1e		
Er det målt vevskonsentrasjon i fisk? (sett kryss)	x		Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1f		
Er det gjort økotokstesting? (sett kryss)	x		Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1g		
GENERELLE PARAMETERE					
Grunnleggende sedimentparametere	Sjablom-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse		
TOC	1	10.7	amg: snitt av 4 prøver		
Bulkdensitet til sedimentet, ρ_{sed} [kg/l]	0.8	0.8			
Porøsitet, ϵ	0.7	0.7			
Korreksjonsfaktor	315576000	315576000	For å ende opp med mg/m ² /år for spredning ved biodiffusjon		
Generelle områdeparametere	Sjablom-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse		
Sedimentareal i bassenget, A_{sed} [m ²]	ingen standard	26000	amg: målt i kart		
Vannvolumet over sedimentet, V_{sed} [m ³]	ingen standard	260000	amg: beregnet m snitt dyp 10m (dyp 8-12m)		
Oppholdstid til vannet i bassenget, t_r [år]	ingen standard	0.005	amg: vannutskiftning Vågen 16m ³ /sek ved tidevann og svak vind (NIVA 2005)		
SPREDNING					
Parametere for transport via biodiffusjon, F_{diff}	Sjablom-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse		
Tortuositet, τ	3	3			
Faktor for diffusjonshastighet pga bioturbasjon, a	10	5	amg: redusert faktor pga anoksisk sediment		
Diffusjonslengde, Δx [cm]	1	1			
Parametere for oppvirvling fra skip, F_{skip}	Sjablom-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse		
Antall skipsanløp per år, N_{skip}	ingen standard	850	amg: BOH anløpsregister 2011, til kai + 50% gjennomfart		
Trasélengde for skipsanløp i sedimentareal påvirket av oppvirvling, T [m]	120	80	amg: brukt halv lengste trase pga kaier i hele lengden		
Mengde oppvirvlet sediment per anløp, m_{sed} [kg]	ingen standard	1000	amg: faktabok 6, brukt sjablom for industrihavn og silteleire		
Sedimentareal påvirket av oppvirvling, A_{skip} [m ²]	ingen standard	26000	amg: $A_{skip} = A_{sed}$, hele arealet påvirket av skip		
Fraksjon suspendert $f_{susp} =$ sedimentfraksjon $< 2\mu m$	ingen standard	0.067	amg: snitt 6.7% $< 2\mu m$		
Parametere for transport via organismer, F_{org}	Sjablom-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse		
Mengde organisk karbon i bunnsfauna biomasse OC_{chlo} [g/g]	0.25	0.25			
Organisk karbon tilførsel til sedimentet utenfra, OC_{sed} [g/m ² /år]	200	200			
Fraksjon av organisk karbon som ikke omsettes, d [g/g]	0.47	0.47			
Organisk karbon omsatt (respirt) i sedimentet, OC_{resp} [g/m ² /år]	31	31			
Konverteringsfaktor fra våtvekt til tørrvekt for C_{bio}	5	5	Faktor for å konvertere BCF_{fisk} som er på våtvektsbasis til C_{bio} på tørrvektsbasis. Tørrvekt av biologisk materiale er typisk 1/5 av våtvekt.		
Parametere for å beregne tømning av stofflageret i det bioaktive laget, t_{tom}	Sjablom-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse		
Mektighet av bioturbasjonsdyp, d_{sed} (mm/m ²)	100	100			
Tetthet av vått sediment, ρ_w (kg/l)	1.3	1.3			
Fraksjon tørrvekt av vått sediment	0.35	0.35			
HUMAN HELSE					
Generelle parametere (gjelder for både barn og voksen)	Sjablom-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse		
Absorpsjonsfaktor, af	1	1			
Matriksfaktor, mf	0.15	0.15			
Innhold partikulært materiale i vann [kg/l]	0.00003	0.00003			
Kontaminert fraksjon, KF_r	0.5	0.5			
Generelle parametere (ulike for barn og voksen)	Sjablom-verdi voksen	Sjablom-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Kroppsvekt, KV [kg]	70	15	70	15	
Parametere for oralt inntak av sediment, DEI_{sed}	Sjablom-verdi voksen	Sjablom-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,sed}$ [d/d]	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	
Inntak av sediment, D_{sed} [kg/d]	0.00035	0.001	0	0	amg: byhavn, ingen bading etc.
Parametere for inntak av overflatevann, DEI_{sv}	Sjablom-verdi voksen	Sjablom-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,sv}$ [d/d]	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	
Inntak av sjøvann, D_{sv} [l/d]	0.05	0.05	0	0	amg: byhavn, ingen bading etc.
Parametere for inntak av partikulært materiale, DEI_{pm}	Sjablom-verdi voksen	Sjablom-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,pm}$ [d/d]	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	
Inntak av sjøvann, D_{sv} [l/d]	Se inntak av overflatevann.				
Parametere for hudkontakt med sediment, DEH_{sed}	Sjablom-verdi voksen	Sjablom-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,sed}$ [d/d]	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	
Hudareal for eksponering med sediment, HA_{sed} [m ²]	0.28	0.17	0.28	0.17	
Hudhefterate for sediment, HAD_{sed} [kg/m ²]	0.0375	0.0051	0.0375	0.0051	
Hudabsorpsjonsrate for sediment HAB_{sed} [l/timer]	0.005	0.010	0.005	0.01	
Eksponeringstid hud med sediment, ET_{sed} [timer/d]	8	8	0	0	amg: byhavn, ingen bading etc.
Parametere for hudkontakt med vann, DEH_{sv}	Sjablom-verdi voksen	Sjablom-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,sv}$ [d/d]	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	
Hudareal for eksponering med sediment, HA_{sv} [m ²]	1.80	0.95	1.8	0.95	
Eksponeringstid hud med sjøvann, ET_{sv} [timer/d]	1	2	0	0	amg: byhavn, ingen bading etc.
Parametere for eksponering via inntak av fisk/skalldyr, IEI_r	Sjablom-verdi voksen	Sjablom-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Daglig inntak av fisk og skalldyr, DI_r [kg v.v/d]	0.138	0.028	0.138	0.028	

	Ja	Nei	
Er det målt porevannskonsentrasjon? (sett kryss)	x		Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1d
Er det målt sjøvannskonsentrasjon? (sett kryss)		x	Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1c
Er det målt vevskonsentrasjon i bunnsfauna? (sett kryss)	x		Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1e
Er det målt vevskonsentrasjon i fisk? (sett kryss)	x		Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1f
Er det gjort økotokstesting? (sett kryss)	x		Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1g

GENERELLE PARAMETERE

Grunnleggende sedimentparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
TOC	1	8.2	amg: snitt av alle prøver
Bulkdensitet til sedimentet, ρ_{sed} [kg/l]	0.8	0.8	
Porøsitet, ϵ	0.7	0.7	
Korreksjonsfaktor	315576000	315576000	For å ende opp med mg/m ² /år for spredning ved biodiffusjon
Generelle områdeparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Sedimentareal i bassenget, A_{sed} [m ²]	ingen standard	75500	amg: målt i kart
Vannvolumet over sedimentet, V_{sed} [m ³]	ingen standard	981500	amg: beregnet m snitt dyp 13 m (dyp 9-17)
Oppholdstid til vannet i bassenget, t_r [år]	ingen standard	0.005	amg: vannutskiftning Vågen 16m ³ /sek ved tidevann og svak vind (NIVA 2005)

SPREDNING

Parametere for transport via biodiffusjon, F_{diff}	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Tortuositet, τ	3	3	
Faktor for diffusjonshastighet pga bioturbasjon, a	10	5	amg: redusert faktor pga anoksisk sediment
Diffusjonslengde, Δx [cm]	1	1	
Parametere for oppvirvling fra skip, F_{skip}	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Antall skipsanløp per år, N_{skip}	ingen standard	410	amg: BOH anløpsregister 2011, til kai + ingen gjennomfart pga dyp
Trasélengde for skipsanløp i sedimentareal påvirket av oppvirvling, T [m]	120	190	amg: brukt halv lengste trase pga kaier i hele lengden
Mengde oppvirvlet sediment per anløp, m_{sed} [kg]	ingen standard	1000	amg: faktabok 6, brukt sjablong for industrihavn og sluttleire
Sedimentareal påvirket av oppvirvling, A_{skip} [m ²]	ingen standard	75500	amg: A skip = Ased, hele arealet påvirket av skip
Fraksjon suspendert f_{susp} = sedimentfraksjon < 2 μ m	ingen standard	0.038	amg: snitt 3.8% < 2 μ m
Parametere for transport via organismer, F_{org}	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Mengde organisk karbon i bunnsfauna biomasse OC_{chlo} [g/g]	0.25	0.25	
Organisk karbon tilførsel til sedimentet utenfra, OC_{sed} [g/m ² /år]	200	200	
Fraksjon av organisk karbon som ikke omsettes, d [g/g]	0.47	0.47	
Organisk karbon omsatt (respirert) i sedimentet, OC_{resp} [g/m ² /år]	31	31	
Konverteringsfaktor fra våtvekt til tørrvekt for C_{bio}	5	5	Faktor for å konvertere BCF _{sk} som er på våtvektsbasis til C_{bio} på tørrvektsbasis. Tørrvekt av biologisk materiale er typisk 1/5 av våtvekt.
Parametere for å beregne tømning av stofflageret i det bioaktive laget, t_{tom}	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Mekthet av bioturbasjonsdyp, d_{sed} (mm/m ²)	100	100	
Tetthet av vått sediment, ρ_w (kg/l)	1.3	1.3	
Fraksjon tørrvekt av vått sediment	0.35	0.35	

HUMAN HELSE

Generelle parametere (gjelder for både barn og voksen)	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse		
Absorpsjonsfaktor, af	1	1			
Matriksfaktor, mf	0.15	0.15			
Innhold partikulært materiale i vann [kg/l]	0.00003	0.00003			
Kontaminert fraksjon, KF_r	0.5	0.5			
Generelle parametere (ulike for barn og voksen)	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Kroppsvekt, KV [kg]	70	15	70	15	
Parametere for oralt inntak av sediment, DEI_{sed}	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,sed}$ [d/d]	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	
Inntak av sediment, D_{sed} [kg/d]	0.00035	0.001	0	0	amg: byhavn, ingen bading etc.
Parametere for inntak av overflatevann, DEI_{sv}	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,sv}$ [d/d]	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	
Inntak av sjøvann, D_{sv} [l/d]	0.05	0.05	0	0	amg: byhavn, ingen bading etc.
Parametere for inntak av partikulært materiale, DEI_{pm}	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,pm}$ [d/d]	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	
Inntak av sjøvann, D_{sv} [l/d]	Se inntak av overflatevann.				
Parametere for hudkontakt med sediment, DEH_{sed}	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,sed}$ [d/d]	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	
Hudareal for eksponering med sediment, HA_{sed} [m ²]	0.28	0.17	0.28	0.17	
Hudhæfterate for sediment, HAD_{sed} [kg/m ²]	0.0375	0.0051	0.0375	0.0051	
Hudabsorpsjonsrate for sediment HAB_{sed} [1/timer]	0.005	0.010	0.005	0.01	
Eksponeringstid hud med sediment, ET_{sed} [timer/d]	8	8	0	0	amg: byhavn, ingen bading etc.
Parametere for hudkontakt med vann, DEH_{sv}	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,sv}$ [d/d]	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	
Hudareal for eksponering med sediment, HA_{sv} [m ²]	1.80	0.95	1.8	0.95	
Eksponeringstid hud med sjøvann, ET_{sv} [timer/d]	1	2	0	0	amg: byhavn, ingen bading etc.
Parametere for eksponering via inntak av fisk/skalldyr, IEI_f	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Daglig inntak av fisk og skalldyr, DI_f [kg v.v./d]	0.138	0.028	0.138	0.028	

	Ja	Nei			
Er det målt porevannskonsentrasjon? (sett kryss)	x		Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1d		
Er det målt sjøvannskonsentrasjon? (sett kryss)		x	Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1c		
Er det målt vevskonsentrasjon i bunnsfauna? (sett kryss)	x		Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1e		
Er det målt vevskonsentrasjon i fisk? (sett kryss)	x		Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1f		
Er det gjort økotokstesting? (sett kryss)	x		Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1g		
GENERELLE PARAMETERE					
Grunnleggende sedimentparametere	Sjablom-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse		
TOC	1	2.1	amg: snitt av alle prøver		
Bulkdensitet til sedimentet, ρ_{sed} [kg/l]	0.8	0.8			
Porøsitet, ϵ	0.7	0.7			
Korreksjonsfaktor	315576000	315576000	For å ende opp med mg/m ² /år for spredning ved biodiffusjon		
Generelle områdeparametere	Sjablom-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse		
Sedimentareal i bassenget, A_{sed} [m ²]	ingen standard	36000	amg: målt i kart		
Vannvolumet over sedimentet, V_{sed} [m ³]	ingen standard	324000	amg: beregnet m snitt dyp 9 m (dyp 8-11)		
Oppholdstid til vannet i bassenget, t_r [år]	ingen standard	0.005	amg: vannutskiftning Vågen 16m ³ /sek ved tidevann og svak vind (NIVA 2005)		
SPREDNING					
Parametere for transport via biodiffusjon, F_{diff}	Sjablom-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse		
Tortuositet, τ	3	3			
Faktor for diffusjonshastighet pga bioturbasjon, a	10	10			
Difusjonslengde, Δx [cm]	1	1			
Parametere for oppvirvling fra skip, F_{skip}	Sjablom-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse		
Antall skipsanløp per år, N_{skip}	ingen standard	730	amg: BOH anløpsregister 2011, til kai + 50% gjennom fart		
Trasélengde for skipsanløp i sedimentareal påvirket av oppvirvling, T [m]	120	105	amg: brukt halv lengste trase pga kaier i hele lengden		
Mengde oppvirvlet sediment per anløp, m_{sed} [kg]	ingen standard	200	amg: faktabok 6, brukt sjablom for stor havn og sand		
Sedimentareal påvirket av oppvirvling, A_{skip} [m ²]	ingen standard	36000	amg: $A_{skip} = A_{sed}$, hele arealet påvirket av skip		
Fraksjon suspendert f_{susp} = sedimentfraksjon < 2 μ m	ingen standard	0.035	amg: snitt 3.5% < 2 μ m		
Parametere for transport via organismer, F_{org}	Sjablom-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse		
Mengde organisk karbon i bunnsfauna biomasse OC_{chlo} [g/g]	0.25	0.25			
Organisk karbon tilførsel til sedimentet utenfra, OC_{sed} [g/m ² /år]	200	200			
Fraksjon av organisk karbon som ikke omsettes, d [g/g]	0.47	0.47			
Organisk karbon omsatt (respirt) i sedimentet, OC_{resp} [g/m ² /år]	31	31			
Konverteringsfaktor fra våtvekt til tørrvekt for C_{bio}	5	5	Faktor for å konvertere BCF_{fisk} som er på våtvektsbasis til C_{bio} på tørrvektsbasis. Tørrvekt av biologisk materiale er typisk 1/5 av våtvekt.		
Parametere for å beregne tømning av stofflageret i det bioaktive laget, t_{tom}	Sjablom-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse		
Mektighet av bioturbasjonsdyp, d_{sed} (mm/m ²)	100	100			
Tetthet av vått sediment, ρ_w (kg/l)	1.3	1.3			
Fraksjon tørrvekt av vått sediment	0.35	0.35			
HUMAN HELSE					
Generelle parametere (gjelder for både barn og voksen)	Sjablom-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse		
Absorpsjonsfaktor, af	1	1			
Matriksfaktor, mf	0.15	0.15			
Innhold partikulært materiale i vann [kg/l]	0.00003	0.00003			
Kontaminert fraksjon, KF_r	0.5	0.5			
Generelle parametere (ulike for barn og voksen)	Sjablom-verdi voksen	Sjablom-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Kroppsvikt, KV [kg]	70	15	70	15	
Parametere for oralt inntak av sediment, DEI_{sed}	Sjablom-verdi voksen	Sjablom-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,sed}$ [d/d]	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	
Inntak av sediment, D_{sed} [kg/d]	0.00035	0.001	0	0	amg: byhavn, ingen bading etc.
Parametere for inntak av overflatevann, DEI_{sv}	Sjablom-verdi voksen	Sjablom-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,sv}$ [d/d]	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	
Inntak av sjøvann, D_{sv} [l/d]	0.05	0.05	0	0	amg: byhavn, ingen bading etc.
Parametere for inntak av partikulært materiale, DEI_{pm}	Sjablom-verdi voksen	Sjablom-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,pm}$ [d/d]	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	
Inntak av sjøvann, D_{sv} [l/d]	Se inntak av overflatevann.				
Parametere for hudkontakt med sediment, DEH_{sed}	Sjablom-verdi voksen	Sjablom-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,sed}$ [d/d]	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	
Hudareal for eksponering med sediment, HA_{sed} [m ²]	0.28	0.17	0.28	0.17	
Hudheterate for sediment, HAD_{sed} [kg/m ²]	0.0375	0.0051	0.0375	0.0051	
Hudabsorpsjonsrate for sediment HAB_{sed} [1/timer]	0.005	0.010	0.005	0.01	
Eksponeringstid hud med sediment, ET_{sed} [timer/d]	8	8	0	0	amg: byhavn, ingen bading etc.
Parametere for hudkontakt med vann, DEH_{sv}	Sjablom-verdi voksen	Sjablom-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,sv}$ [d/d]	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	
Hudareal for eksponering med sediment, HA_{sv} [m ²]	1.80	0.95	1.8	0.95	
Eksponeringstid hud med sjøvann, ET_{sv} [timer/d]	1	2	0	0	amg: byhavn, ingen bading etc.
Parametere for eksponering via inntak av fisk/skalldyr, IEI_f	Sjablom-verdi voksen	Sjablom-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Daglig inntak av fisk og skalldyr, DI_f [kg v.v.d]	0.138	0.028	0.138	0.028	

	Ja	Nei			
Er det målt porevannskonsentrasjon? (sett kryss)	x		Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1d		
Er det målt sjøvannskonsentrasjon? (sett kryss)		x	Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1c		
Er det målt vevskonsentrasjon i bunnsfauna? (sett kryss)	x		Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1e		
Er det målt vevskonsentrasjon i fisk? (sett kryss)	x		Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1f		
Er det gjort økotokestesting? (sett kryss)	x		Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1g		
GENERELLE PARAMETERE					
Grunnleggende sedimentparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse		
TOC	1	4.3	amg: snitt 5 prøver		
Bulkdensitet til sedimentet, ρ_{sed} [kg/l]	0.8	0.8			
Porøsitet, ϵ	0.7	0.7			
Korreksjonsfaktor	315576000	315576000	For å ende opp med mg/m ² /år for spredning ved biodiffusjon		
Generelle områdeparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse		
Sedimentareal i bassenget, A_{sed} [m ²]	ingen standard	46000	amg: målt i kart		
Vannvolumet over sedimentet, V_{sed} [m ³]	ingen standard	460000	amg: beregnet m snitt dyp 10 m (dyp 6-15 m)		
Oppholdstid til vannet i bassenget, t_v [år]	ingen standard	0.005	amg: vannutskiftning Vågen 16 m ³ /sek ved tidevann og svak vind (NIVA2003)		
SPREDNING					
Parametere for transport via biodiffusjon, F_{diff}	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse		
Tortuositet, τ	3	3			
Faktor for diffusjonshastighet pga bioturbasjon, a	10	10			
Diffusjonslengde, Δx [cm]	1	1			
Parametere for oppvirvling fra skip, F_{skip}	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse		
Antall skipsanløp per år, N_{skip}	ingen standard	660	amg: BOH anløpsreg 2011		
Trasélengde for skipsanløp i sedimentareal påvirket av oppvirvling, T [m]	120	120	amg: brukt halv lengste trase pga kaier i hele lengden		
Mengde oppvirvlet sediment per anløp, m_{sed} [kg]	ingen standard	200	amg: faktaboks 6, brukt sjablong for stor havn og sand		
Sedimentareal påvirket av oppvirvling, A_{skip} [m ²]	ingen standard	23000	amg: A skip = halv A sed, bare kaier på ene siden av arealet påvirket av s		
Fraksjon suspendert f_{susp} = sedimentfraksjon < 2 μ m	ingen standard	0.032	amg: snitt alle prøver 3.2% < 2 um		
Parametere for transport via organismer, F_{org}	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse		
Mengde organisk karbon i bunnsfauna biomasse OC_{bio} [g/g]	0.25	0.25			
Organisk karbon tilførsel til sedimentet utenfra, OC_{sed} [g/m ² /år]	200	200			
Fraksjon av organisk karbon som ikke omsettes, d [g/g]	0.47	0.47			
Organisk karbon omsatt (respirert) i sedimentet, OC_{resp} [g/m ² /år]	31	31			
Konverteringsfaktor fra våtvekt til tørrvekt for C_{bio}	5	5	Faktor for å konvertere BCF_{sed} som er på våtvektsbasis til C_{bio} på tørrvektsbasis. Tørrvekt av biologisk materiale er typisk 1/5 av våtvekt.		
Parametere for å beregne tømming av stofflageret i det bioaktive laget, t_{tom}	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse		
Mektighet av bioturbasjonsdyp, d_{sed} (mm/m ²)	100	100			
Tetthet av vått sediment, ρ_v (kg/l)	1.3	1.3			
Fraksjon tørrvekt av vått sediment	0.35	0.35			
HUMAN HELSE					
Generelle parametere (gjelder for både barn og voksen)	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse		
Absorpsjonsfaktor, af	1	1			
Matriksfaktor, mf	0.15	0.15			
Innhold partikulært materiale i vann [kg/l]	0.00003	0.00003			
Kontaminert fraksjon, KF_r	0.5	0.5			
Generelle parametere (ulike for barn og voksen)	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Kroppsvekt, KV [kg]	70	15	70	15	
Parametere for oralt inntak av sediment, DE_{sed}	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,sed}$ [d/d]	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	
Inntak av sediment, D_{sed} [kg/d]	0.00035	0.001	0	0	amg: byhavn, ingen bading etc.
Parametere for inntak av overflatevann, DE_{sv}	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,sv}$ [d/d]	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	
Inntak av sjøvann, D_{sv} [l/d]	0.05	0.05	0	0	amg: byhavn, ingen bading etc.
Parametere for inntak av partikulært materiale, DE_{pm}	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,pm}$ [d/d]	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	
Inntak av sjøvann, D_{sv} [l/d]	Se inntak av overflatevann.				
Parametere for hudkontakt med sediment, DEH_{sed}	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,hased}$ [d/d]	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	
Hudareal for eksponering med sediment, HA_{sed} [m ²]	0.28	0.17	0.28	0.17	
Hudhefterate for sediment, HAD_{sed} [kg/m ²]	0.0375	0.0051	0.0375	0.0051	
Hudabsorpsjonsrate for sediment HAB_{sed} [l/timer]	0.005	0.010	0.005	0.01	
Eksponeringstid hud med sediment, $E_{T,sed}$ [timer/d]	8	8	0	0	amg: byhavn, ingen bading etc.
Parametere for hudkontakt med vann, DEH_{sv}	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,hsv}$ [d/d]	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	8.22E-02	
Hudareal for eksponering med sediment, HA_{sv} [m ²]	1.80	0.95	1.8	0.95	
Eksponeringstid hud med sjøvann, $E_{T,sv}$ [timer/d]	1	2	0	0	amg: byhavn, ingen bading etc.
Parametere for eksponering via inntak av fisk/skalldyr, IE_f	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Daglig inntak av fisk og skalldyr, D_f [kg v.v./d]	0.138	0.028	0.138	0.028	

Beregningstabeller fra regneark TA2802 rev4 11072012

Tab 1 Målt sedimentkonsentrasjon sammenliknet med trinn1 grenseverdier, antall ganger, middelverdi							
Stoff	VÅG 1a	VÅG 1b	VÅG 2	VÅG 2 uten hotspot K31	VÅG 3	VÅG 4	VÅG 5
Arsen							
Bly	7.7	4.5	7.1	7.1	4.8	1.0	2.7
Kadmium			1.5	1.5			
Kobber	6.4	4.7	8.7	8.8	5.8		2.5
Krom totalt (III + VI)							
Kvikksølv	15.5	9.2	20.1	20.5	10.8		3.8
Nikkel							
Sink	3.0	2.0	3.6	3.4	2.1		1.3
Naftalen		0.9	17.4	1.1			
Acenaftylen	6.8	5.0	15.4	7.2	2.9		2.1
Acenaften	2.2	1.5	12.1	2.2	2.4		1.1
Fuoren	2.2	1.6	20.1	2.1	1.6		
Fenantren	9.6	6.8	51.6	9.6	6.7		4.4
Antracen	45.7	33.3	261.3	52.4	35.7	5.2	22.1
Fluoranten	52.1	36.2	149.5	53.1	33.6	6.0	24.4
Pyren	30.1	20.7	80.5	31.9	19.7	3.7	13.2
Benzo(a)antracen	93.8	61.9	213.3	91.7	53.1	14.9	42.4
Krysen	18.1	11.5	41.1	18.4	10.8	3.0	9.0
Benzo(b)fluoranten	24.5	17.3	42.3	27.8	17.3	2.4	12.6
Benzo(k)fluoranten	16.5	10.3	43.3	18.5	9.4	2.2	6.1
Benzo(a)pyren	13.1	9.3	28.3	14.6	8.1	1.3	5.8
Indeno(1,2,3-cd)pyren	72.2	44.1	132.1	80.1	43.0	5.5	31.9
Dibenzo(a,h)antracen	1.4		2.7	1.5			
Benzo(ghi)perylene	167.7	97.5	325.6	180.8	105.1	11.1	72.6
PCB 28							
PCB 52							
PCB 101							
PCB 118							
PCB 138							
PCB 153							
PCB 180							
Sum PCB7	7.0	5.1	22.4	24.1	11.9	1.2	7.7
DDT							
Tributyltinn (TBT-ion)	14.8	19.7	29.1	29.1	16.8	3.6	8.4

Tab 5 Målt økotoksisitet sammenliknet med trinn 1 grenseverdier, antall ganger, middelverdi

Stoff	Grenseverdi for økotoksisitet	VÅG 1a	VÅG 1b	VÅG 2	VÅG 3	VÅG 4	VÅG 5
Porevann, Skeletonema (TU)	1.0						
Organisk ekstrakt, DRCalux/EROD (TEQ i ng/kg)	TEQ < 50 ng/kg	6.00	6.00	14.80	16.80	4.80	
Helsedimenttest, Arenicola marina (% dødelighet)	20 %	ikke målt	ikke målt	ikke målt	ikke målt	4.00	

Ark 1b Kontroll av homogenitet. Csed, max / Csed, median. Verdi større enn 2 kan tyde på inhomogenitet/ hotspot. Verdier > 10 er markert

Stoff	VÅG 1a	VÅG 1b	VÅG 2	VÅG 2 uten hotspot K31	VÅG 3	VÅG 4	VÅG 5
Arsen	2	2	2	2	5	2	4
Bly	3	1	1	1	2	3	4
Kadmium	2	3	2	2	3	3	8
Kobber	2	1	1	1	4	4	2
Krom totalt (III + VI)	1	3	1	1	2	2	2
Kvikksølv	3	3	2	2	3	4	6
Nikkel	3	2	3	2	4	3	3
Sink	2	2	2	2	4	3	4
Naftalen	4	5	141	5	7	4	3
Acenaftalen	3	5	10	4	5	3	3
Acenaften	2	5	21	2	7	5	5
Fluoren	2	4	48	2	4	3	3
Fenantren	2	4	30	3	5	4	2
Antracen	2	5	26	3	6	3	3
Fluoranten	2	4	14	3	5	3	2
Pyren	2	4	11	3	5	2	2
Benzo(a)antracen	1	4	8	2	4	4	2
Krysen	1	3	6	1	4	4	2
Benzo(b)fluoranten	3	6	5	3	5	2	3
Benzo(k)fluoranten	2	3	8	2	2	3	2
Benzo(a)pyren	3	6	9	4	4	2	3
Indeno(1,2,3-cd)pyren	2	6	5	3	4	4	5
Dibenzo(a,h)antracen	2	7	5	2	4	4	4
Benzo(ghi)perylene	2	7	5	2	4	3	4
PCB 28	16	8	3	2	38	8	11
PCB 52	23	4	4	4	5	2	9
PCB 101	2	3	2	2	3	2	8
PCB 118	3	3	2	2	4	4	7
PCB 138	3	4	2	2	3	5	8
PCB 153	3	5	2	2	3	6	7
PCB 180	3	5	3	3	3	4	5
DDT							
Tributyltinn (TBT-ion)	2	1	1	1	2	4	2

Beregningstabeller fra regneark TA2802 Ark 4 Samlede resultater

SPREDNING

Tab 2a Beregnet spredning sammenliknet med "tillatt spredning"						
(antall ganger F tot i forhold til spredning som om sedimentet var klasse II) middelverdi						
Stoff	VÅG 1a	VÅG 1b	VÅG 2	VÅG 3	VÅG 4	VÅG 5
Arsen						
Bly	7.5	4.2	7.0	4.7	1.0	2.7
Kadmium			1.4			
Kobber	6.0	3.8	8.5	5.1	0.9	2.6
Krom totalt (III + VI)						
Kvikksølv	15.2	8.4	20.3	10.3	1.0	3.9
Nikkel						
Sink	2.9	2.0	3.4	2.1		1.5
Naftalen						
Acenaftalen						
Acenaften						
Fluoren						
Fenantren						
Antracen	2.6		6.5	1.2		
Fluoranten	10.3	2.1	19.7	4.1		1.8
Pyren	3.1		6.8	1.2		
Benzo(a)antracen	36.5	8.7	55.1	14.0	8.0	7.7
Krysen	4.7	1.0	8.4	1.8	1.6	1.0
Benzo(b)fluoranten	8.7	2.4	16.3	4.6	2.4	2.7
Benzo(k)fluoranten	5.8	1.4	10.7	2.3	3.8	1.2
Benzo(a)pyren	4.7	1.3	8.5	2.0	1.4	1.2
Indeno(1,2,3-cd)pyren	49.8	19.3	68.5	26.2	18.6	19.5
Dibenzo(a,h)antracen	1.0		1.2		1.1	
Benzo(ghi)perylene	76.3	22.1	122.3	38.6	22.2	25.6
PCB 28						
PCB 52						
PCB 101						
PCB 118						
PCB 138						
PCB 153						
PCB 180						
Sum PCB7	PCB beregnes ikke fordi det ikke er oppgitt grenseverdier enkeltkongener i trinn 1					
Tributyltinn (TBT-ion)						

Tab 2b Total mengde spredt pr tidsenhet (mg/år) middelveidi						
Stoff	VÅG 1a	VÅG 1b	VÅG 2	VÅG 3	VÅG 4	VÅG 5
Arsen	7.85E+05	2.18E+05	1.29E+06	1.23E+06	2.37E+05	5.52E+05
Bly	1.84E+07	1.95E+06	4.51E+07	2.05E+07	9.12E+05	2.41E+06
Kadmium	6.25E+04	8.33E+03	2.89E+05	9.72E+04	1.31E+03	8.60E+03
Kobber	1.02E+07	1.66E+06	3.56E+07	1.72E+07	7.66E+05	2.48E+06
Krom totalt (III + VI)	1.54E+06	2.38E+05	5.88E+06	2.90E+06	1.97E+05	4.55E+05
Kvikksølv	2.85E+05	3.17E+04	9.92E+05	3.54E+05	6.89E+03	2.85E+04
Nikkel	1.08E+06	2.32E+05	3.50E+06	1.90E+06	3.16E+05	8.90E+05
Sink	3.16E+07	4.37E+06	9.51E+07	4.07E+07	2.48E+06	6.76E+06
Naftalen	8.51E+03	1.60E+03	2.46E+04	1.15E+04	6.30E+03	2.60E+03
Acenaftilen	6.72E+03	1.07E+03	1.84E+04	5.83E+03	5.75E+03	1.96E+03
Acenaften	1.02E+04	1.46E+03	2.73E+04	2.07E+04	6.93E+03	3.41E+03
Fluoren	1.68E+04	2.34E+03	4.11E+04	2.24E+04	6.16E+03	3.64E+03
Fenantren	1.35E+05	1.69E+04	3.63E+05	1.67E+05	9.68E+03	2.01E+04
Antracen	4.04E+04	5.30E+03	1.24E+05	5.61E+04	7.84E+03	7.57E+03
Fluoranten	2.51E+05	3.05E+04	6.86E+05	2.85E+05	1.85E+04	3.77E+04
Pyren	2.41E+05	2.99E+04	6.80E+05	2.86E+05	1.77E+04	4.16E+04
Benzo(a)antracen	1.61E+05	1.93E+04	4.20E+05	1.63E+05	3.70E+04	2.69E+04
Krysen	1.48E+05	1.81E+04	3.96E+05	1.61E+05	5.91E+04	3.12E+04
Benzo(b)fluoranten	1.75E+05	2.51E+04	5.38E+05	2.48E+05	5.31E+04	5.50E+04
Benzo(k)fluoranten	1.04E+05	1.34E+04	3.14E+05	1.10E+05	7.65E+04	2.09E+04
Benzo(a)pyren	1.64E+05	2.36E+04	4.89E+05	1.91E+05	5.19E+04	4.01E+04
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1.11E+05	1.67E+04	3.13E+05	1.35E+05	3.29E+04	3.66E+04
Dibenzo(a,h)antracen	2.87E+04	4.57E+03	7.42E+04	3.83E+04	2.91E+04	1.12E+04
Benzo(ghi)perylene	1.15E+05	1.67E+04	3.20E+05	1.53E+05	3.50E+04	4.15E+04
PCB 28	1.06E+02	4.36E+01	2.59E+02	3.60E+02	4.86E+02	1.74E+02
PCB 52	4.55E+02	5.11E+01	2.45E+03	9.87E+02	5.04E+02	2.00E+02
PCB 101	4.89E+02	8.82E+01	4.50E+03	1.94E+03	4.39E+02	2.94E+02
PCB 118	4.58E+02	1.15E+02	4.23E+03	2.03E+03	9.56E+02	4.47E+02
PCB 138	9.58E+02	2.08E+02	8.51E+03	3.42E+03	9.86E+02	8.03E+02
PCB 153	9.93E+02	2.34E+02	7.91E+03	3.34E+03	9.80E+02	8.80E+02
PCB 180	4.80E+02	8.80E+01	4.35E+03	1.35E+03	3.55E+02	2.95E+02
<i>Sum PCB7</i>	<i>3.94E+03</i>	<i>8.28E+02</i>	<i>3.22E+04</i>	<i>1.34E+04</i>	<i>4.71E+03</i>	<i>3.09E+03</i>
	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	0.00E+00
Tributyltinn (TBT-ion)	1.66E+04	4.67E+03	8.11E+04	3.23E+04	1.70E+04	7.94E+03

3a Beregnet spredning, Tiden det tar å tømme sedimentet for gitt stoff t_{tom} (år) middelverdi						
Stoff	VÅG 1a	VÅG 1b	VÅG 2	VÅG 3	VÅG 4	VÅG 5
Arsen	23.5	42.7	12.1	31.3	17.4	24.4
Bly	37.1	146.7	15.4	67.1	152.9	109.7
Kadmium	37.0	143.6	15.4	66.6	92.2	106.2
Kobber	34.3	112.6	14.9	58.8	87.0	75.5
Krom totalt (III + VI)	37.1	147.0	15.5	67.3	155.0	111.5
Kvikksølv	36.7	140.6	15.4	65.8	125.3	102.4
Nikkel	28.6	70.4	13.7	44.3	47.0	42.2
Sink	36.0	127.2	15.2	63.0	84.5	90.9
Naftalen	36.2	131.6	15.3	62.2	13.8	74.4
Acenaftalen	35.7	119.7	15.2	55.9	6.9	55.7
Acenaften	36.4	129.4	15.3	64.8	8.8	74.2
Fluoren	37.0	140.4	15.4	65.4	16.4	85.2
Fenantren	37.8	156.2	15.6	69.0	80.9	118.5
Antracen	37.5	150.5	15.5	67.8	33.9	107.3
Fluoranten	37.7	156.1	15.6	68.9	90.3	119.2
Pyren	37.4	149.4	15.5	66.3	95.9	106.2
Benzo(a)antracen	37.3	149.2	15.5	67.1	39.5	109.9
Krysen	36.6	138.4	15.4	64.5	23.1	100.2
Benzo(b)fluoranten	35.8	127.7	14.7	57.4	17.8	78.6
Benzo(k)fluoranten	35.6	124.3	14.6	61.5	9.8	84.4
Benzo(a)pyren	35.9	128.0	14.8	61.3	17.1	83.9
Indeno(1,2,3-cd)pyren	32.8	95.7	14.2	51.3	12.9	63.7
Dibenzo(a,h)antracen	31.4	84.4	14.5	47.4	3.2	55.3
Benzo(ghi)perylene	32.8	94.8	14.1	49.7	10.9	58.6
PCB 28	16.0	20.1	9.6	53.3	1.5	11.7
PCB 52	34.8	84.3	15.3	51.6	6.5	58.1
PCB 101	34.8	108.5	15.1	57.8	11.1	85.8
PCB 118	30.7	73.7	14.9	50.6	5.3	59.3
PCB 138	32.3	81.3	15.0	49.6	7.7	67.2
PCB 153	31.3	74.8	14.9	46.8	8.2	58.9
PCB 180	34.8	109.7	15.4	61.2	8.6	87.3
DDT						
Tributyltinn (TBT-ion)	33.4	114.3	14.9	62.6	12.3	58.5

HUMAN HELSE

Tab 3 Beregnet total livstidsdose i forhold til MTR 10% (antall ganger) middelverdi							
BASERT PÅ SEDIMENTANALYSER							
Stoff	Grense for human risiko, MTR/TDI 10 % (mg/kg/d)	VÅG 1a	VÅG 1b	VÅG 2	VÅG 3	VÅG 4	VÅG 5
Arsen	1.00E-04	0.64	0.45	0.49	0.42	0.09	0.27
Bly	3.60E-04	28.03	16.28	25.89	17.65	3.74	9.98
Kadmium	5.00E-05	0.02	0.01	0.03	0.01	0.00	0.01
Kobber	5.00E-03	1.32	0.97	1.81	1.18	0.16	0.52
Krom totalt (III + VI)	5.00E-04	0.09	0.07	0.13	0.09	0.03	0.07
Kvikksølv	1.00E-05	4.80	2.83	6.33	3.33	0.26	1.17
Nikkel	5.00E-03	0.08	0.06	0.11	0.07	0.03	0.06
Sink	3.00E-02	2.39	1.61	2.75	1.67	0.29	1.04
Naftalen	4.00E-03	0.27	0.25	0.28	0.24	0.24	0.29
Acenaftalen							
Acenaften							
Fluoren							
Fenantren	4.00E-03	3.78	2.59	3.53	3.23	1.80	4.02
Antracen	4.00E-03	0.87	0.61	0.93	0.83	0.47	0.98
Fluoranten	5.00E-03	4.34	2.90	4.14	3.42	2.39	4.73
Pyren							
Benzo(a)antracen	5.00E-04	19.09	12.13	17.45	13.18	14.44	20.07
Krysen	5.00E-03	4.02	2.47	3.83	2.93	3.16	4.65
Benzo(b)fluoranten							
Benzo(k)fluoranten	5.00E-04	21.42	12.82	22.37	14.81	13.49	18.33
Benzo(a)pyren	2.30E-06	7043.43	4808.89	7340.68	5330.17	3306.76	7261.80
Indeno(1,2,3-cd)pyren	5.00E-04	7.11	4.17	7.36	5.16	2.58	7.30
Dibenzo(a,h)antracen							
Benzo(ghi)perylene	3.00E-03	2.81	1.57	2.84	2.15	0.88	2.83
PCB 28							
PCB 52							
PCB 101							
PCB 118							
PCB 138							
PCB 153							
PCB 180							
<i>Sum PCB7</i>	<i>2.00E-06</i>	<i>541.09</i>	<i>262.10</i>	<i>1291.64</i>	<i>879.31</i>	<i>386.75</i>	<i>887.11</i>
DDT	1.00E-03						
Tributyltinn (TBT-ion)	2.50E-04	20.19	25.84	37.07	27.91	23.53	26.48

Tab 3 Beregnet total livstidsdose i forhold til MTR 10% (antall ganger) middelverdi

BASERT PÅ SEDIMENTANALYSER, POREVANN OG BUNNDYR

Stoff	Grense for human risiko, MTR/TDI 10 % (mg/kg/d)	VÅG 1a	VÅG 1b	VÅG 2	VÅG 3	VÅG 4	VÅG 5
Arsen	1.00E-04	10.47	10.47	11.12	9.81	11.12	11.12
Bly	3.60E-04	0.32	0.32	0.47	0.27	0.30	0.35
Kadmium	5.00E-05	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Kobber	5.00E-03	0.12	0.12	0.13	0.11	0.15	0.13
Krom totalt (III + VI)	5.00E-04	0.13	0.13	0.10	0.10	0.10	0.10
Kvikksølv	1.00E-05	0.78	0.78	0.92	0.85	0.85	0.85
Nikkel	5.00E-03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Sink	3.00E-02	0.27	0.27	0.30	0.25	0.30	0.31
Naftalen	4.00E-03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acenaftalen							
Acenaften							
Fluoren							
Fenantren	4.00E-03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
Antracen	4.00E-03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.01
Fluoranten	5.00E-03	0.02	0.01	0.02	0.02	0.10	0.02
Pyren							
Benzo(a)antracen	5.00E-04	0.58	0.38	0.56	0.44	4.58	0.64
Krysen	5.00E-03	0.13	0.08	0.12	0.10	0.87	0.13
Benzo(b)fluoranten							
Benzo(k)fluoranten	5.00E-04	1.70	1.06	4.67	1.05	12.50	1.30
Benzo(a)pyren	2.30E-06	495.68	351.96	1213.20	396.56	1718.90	537.32
Indeno(1,2,3-cd)pyren	5.00E-04	3.90	2.38	6.45	2.88	4.95	3.02
Dibenzo(a,h)antracen							
Benzo(ghi)perylene	3.00E-03	0.69	0.40	1.24	0.59	0.90	0.61
PCB 28							
PCB 52							
PCB 101							
PCB 118							
PCB 138							
PCB 153							
PCB 180							
<i>Sum PCB7</i>	<i>2.00E-06</i>	<i>2.93</i>	<i>2.93</i>	<i>4.61</i>	<i>6.37</i>	<i>11.05</i>	<i>5.20</i>
DDT	1.00E-03						
Tributyltinn (TBT-ion)	2.50E-04	0.07	0.07	0.04	0.05	0.84	0.09

Tab 3 Beregnet total livstidsdose i forhold til MTR 10% (antall ganger) middelverdi							
BASERT PÅ SEDIMENTANALYSER, POREVANN, BUNNDYR OG FISK							
Stoff	Grense for human risiko, MTR/TDI 10 % (mg/kg/d)	VÅG 1a	VÅG 1b	VÅG 2	VÅG 3	VÅG 4	VÅG 5
Arsen	1.00E-04	49.55	49.55	49.55	49.55	49.55	49.55
Bly	3.60E-04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Kadmium	5.00E-05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Kobber	5.00E-03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Krom totalt (III + VI)	5.00E-04	0.13	0.13	0.10	0.10	0.10	0.10
Kvikksølv fisk V og B	1.00E-05	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70	10.70
Nikkel	5.00E-03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Sink	3.00E-02	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
Naftalen	4.00E-03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acenaftalen							
Acenaften							
Fluoren							
Fenantren	4.00E-03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Antracen	4.00E-03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fluoranten	5.00E-03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pyren							
Benzo(a)antracen	5.00E-04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Krysen	5.00E-03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Benzo(b)fluoranten							
Benzo(k)fluoranten	5.00E-04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Benzo(a)pyren	2.30E-06	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
Indeno(1,2,3-cd)pyren	5.00E-04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dibenzo(a,h)antracen							
Benzo(ghi)perylene	3.00E-03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PCB 28							
PCB 52							
PCB 101							
PCB 118							
PCB 138							
PCB 153							
PCB 180							
Sum PCB7	2.00E-06	169.41	169.41	169.41	169.41	169.41	169.41
DDT	1.00E-03						
Tributyltinn (TBT-ion)	2.50E-04	0.07	0.07	0.04	0.05	0.84	0.09

ØKOLOGISK EFFEKT

Tab 4 Målt/beregnet porevannskonsentrasjon sammenliknet med PNEC_w, middelverdi

Stoff	Grenseverdi for økologisk risiko, PNEC _w (mg/l)	VÅG 1a	VÅG 1b	VÅG2 uten K31	VÅG 3	VÅG 4	VÅG 5
Arsen	4.8E-03	0.55	0.38	0.42	0.35	0.08	0.23
Bly	2.2E-03	1.87	1.09	1.73	1.18	0.25	0.67
Kadmium	2.4E-04	0.07	0.05	0.12	0.06	0.00	0.02
Kobber	6.4E-04	21.06	15.50	28.77	18.81	2.60	8.27
Krom totalt (III + VI)	3.4E-03	0.13	0.11	0.19	0.14	0.05	0.11
Kvikksølv	4.8E-05	2.04	1.20	2.69	1.41	0.11	0.50
Nikkel	2.2E-03	1.85	1.36	2.59	1.57	0.58	1.40
Sink	2.9E-03	5.03	3.40	5.79	3.53	0.60	2.20
Naftalen	2.4E-03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Acenaftalen	1.3E-03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
Acenaften	3.8E-03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Fluoren	2.5E-03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Fenantren	1.3E-03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
Antracen	1.1E-04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.23	0.05
Fluoranten	1.2E-04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.21	0.04
Pyren	2.3E-05	0.96	0.96	0.74	1.43	1.09	1.09
Benzo(a)antracen	1.2E-05	0.42	0.42	0.42	0.42	2.08	0.42
Krysen	7.0E-05	0.07	0.07	0.07	0.07	0.36	0.07
Benzo(b)fluoranten	3.0E-05	0.40	0.40	1.07	0.63	0.83	0.53
Benzo(k)fluoranten	2.7E-05	0.19	0.19	0.52	0.19	0.93	0.19
Benzo(a)pyren	5.0E-05	0.22	0.22	0.52	0.24	0.50	0.24
Indeno(1,2,3-cd)pyren	2.0E-06	7.50	7.50	14.50	8.00	12.50	8.00
Dibenzo(a,h)antracen	3.0E-05	0.17	0.17	0.17	0.17	0.83	0.17
Benzo(ghi)perylene	2.0E-06	8.00	8.00	16.00	9.50	12.50	9.00
PCB 28		mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 52		mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 101		mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 118		mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 138		mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 153		mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 180		mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC
Sum PCB7		mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC
DDT							
Tributyltinn (TBT-ion)	2.1E-07	128.57	128.57	228.57	57.14	157.14	109.52

Stoff	Grenseverdi for økotoksisitet	VÅG 1a	VÅG 1b	VÅG 2	VÅG 3	VÅG 4	VÅG 5
Porevann, Skeletonema (TU)	1.0						
Porevann, Tisbe battagliai (TU)	1.0	ikke målt	ikke målt	ikke målt	ikke målt	ikke målt	ikke målt
Porevann, Crassostrea gigas (TU)	1.0	ikke målt	ikke målt	ikke målt	ikke målt	ikke målt	ikke målt
Organisk ekstrakt, DRCalux/EROD (TEQ i ng/kg)	TEQ < 50 ng/kg	6.00	6.00	14.80	16.80	4.80	
Helsedimenttest, Arenicola marina (% dødelighet)	20 %	ikke målt	ikke målt	ikke målt	ikke målt	4.00	
Helsedimenttest, Corophium volutator (% dødelighet)	20 %	ikke målt	ikke målt	ikke målt	ikke målt	ikke målt	ikke målt

Stoff	Grenseverdi for økologisk risiko, PNEC _w (mg/l)	VÅG 1a	VÅG 1b	VÅG 2	VÅG 3	VÅG 4	VÅG 5
Arsen	4.8E-03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bly	2.2E-03	0.22	0.03	0.39	0.05	0.01	0.02
Kadmium	2.4E-04	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
Kobber	6.4E-04	0.42	0.09	1.07	0.14	0.02	0.06
Krom totalt (III + VI)	3.4E-03	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
Kvikksølv	4.8E-05	0.16	0.02	0.40	0.04	0.00	0.01
Nikkel	2.2E-03	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01
Sink	2.9E-03	0.28	0.05	0.63	0.07	0.01	0.04
Naftalen	2.4E-03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acenaftalen	1.3E-03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acenaften	3.8E-03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fluoren	2.5E-03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fenantren	1.3E-03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Antracen	1.1E-04	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
Fluoranten	1.2E-04	0.06	0.01	0.11	0.01	0.00	0.01
Pyren	2.3E-05	0.28	0.05	0.57	0.06	0.01	0.03
Benzo(a)antracen	1.2E-05	0.35	0.06	0.67	0.07	0.02	0.04
Krysen	7.0E-05	0.05	0.01	0.11	0.01	0.00	0.01
Benzo(b)fluoranten	3.0E-05	0.15	0.03	0.33	0.04	0.00	0.02
Benzo(k)fluoranten	2.7E-05	0.10	0.01	0.21	0.02	0.00	0.01
Benzo(a)pyren	5.0E-05	0.08	0.01	0.18	0.02	0.00	0.01
Indeno(1,2,3-cd)pyren	2.0E-06	1.28	0.19	2.76	0.26	0.04	0.15
Dibenzo(a,h)antracen	3.0E-05	0.02	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00
Benzo(ghi)perylene	2.0E-06	1.33	0.19	2.79	0.28	0.04	0.16
PCB 28		mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 52		mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 101		mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 118		mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 138		mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 153		mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 180		mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC
Sum PCB7		mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC	mangler PNEC
DDT		mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data
Tributyltinn (TBT-ion)	2.1E-07	2.02	0.74	7.39	0.75	0.40	0.46

Biotilgjengelighet av miljøgifter i sedimenter fra Vågen i Bergen



RAPPORT

Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

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

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Midt-Norge

Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Biotilgjengelighet av miljøgifter i sedimenter fra Vågen i Bergen	Løpenr. (for bestilling) 6449-2012	Dato 30.1.2013
	Prosjektnr. 12242	Sider 35
Forfatter(e) Sigurd Øxnevad Anders Ruus	Fagområde Miljøgifter i marint miljø	Distribusjon Fri
	Geografisk område Bergen	Trykket CopyCat

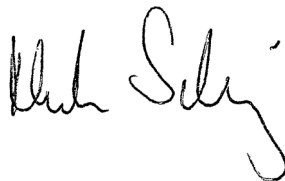
Oppdragsgiver(e) Bergen kommune	Oppdragsreferanse Cowi (Ane Moe Gjesdal)
------------------------------------	---

Sammendrag
NIVA har på oppdrag for Bergen kommune undersøkt biotilgjengelighet av miljøgifter i sediment fra fem områder i Vågen i Bergen. Sedimentet fra disse områdene var i tilstandsklasse III (moderat) og tilstandsklasse IV (dårlig) med hensyn på PCB7. Sedimentene var også forurenset av tungmetaller, PAH og TBT. Undersøkelsen viser at PCB i sedimentet bioakkumuleres i børstemark, og at TBT i sedimentet bioakkumuleres i nettsnegl. Det var størst bioakkumulering av PCB og TBT fra sedimentet fra det nest ytterste området i Vågen. Det var ikke signifikant bioakkumulering av kvikksølv eller andre tungmetaller fra sedimentene.


Fire norske emneord 1. Biotilgjengelighet 2. Bioakkumulering 3. Sedimenter 4. Børstemark	Fire engelske emneord 1. Bioavailability 2. Bioaccumulation 3. Sediments 4. Polychaets
--	--



Sigurd Øxnevad
Prosjektleder



Morten Schaanning
Forskningsleder



Kristoffer Næs
Forskningsdirektør

Biotilgjengelighet av miljøgifter i sedimenter fra Vågen i Bergen

Forord

NIVA har på oppdrag for Bergen kommune undersøkt biotilgjengelighet av miljøgifter i sediment fra fem områder i Vågen i Bergen. Testen ble gjennomført med sedimenter som ble skaffet til veie av COWI i Bergen. Børstemark og nettsnegl som ble brukt i testen ble samlet inn av Erlend og Øyvind Kaarstad, Marijana Brkljacic og Sigurd Øxnevad. Bioakkumulasjonstesten ble gjennomført på NIVAs marine forskningsstasjon på Solbergstrand av Anders Ruus, Joachim Tørum Johansen og Sigurd Øxnevad. De kjemiske analysene ble utført av Eurofins og NIVA. Kontaktperson hos COWI har vært Ane Moe Gjesdal.

Oslo, 30.1.2013

Sigurd Øxnevad

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	7
2. Materiale og metoder	8
2.1 Bioakkumuleringstest med <i>Hediste diversicolor</i> og <i>Hinia reticulata</i>	8
2.1.1 Bakgrunn	8
2.1.2 Organismene	8
2.1.3 Testsedimentet	8
2.1.4 Det eksperimentelle oppsettet	8
2.1.5 Analyser	11
2.2 Bedømming av miljøtilstand	12
3. Resultater og diskusjon	13
3.1 Konsentrasjoner i sedimentet	13
3.2 Bioakkumulering av miljøgifter fra sedimentene	16
3.2.1 TBT i nettsnegl	16
3.2.2 Metaller og PCB i børstemark	16
3.3 Oppsummerende betraktninger	19
4. Referanser	20
5. Vedlegg. Analyserapporter	21

Sammendrag

Sedimentene i Vågen i Bergen har vist seg å være forurenset av miljøgifter slik som tungmetaller, PCB, PAH og TBT. Bergen kommune vurderer derfor å gjennomføre tiltak, men ønsker et bedre beslutningsgrunnlag ved at miljøgiftenes biotilgjengelighet undersøkes. Dette er gjort ved NIVAs marine forskningsstasjon på Solbergstrand i et standard forsøksoppsett hvor testorganismene *Hediste diversicolor* (børstemark) og *Hinia reticulata* (nettsnegl) ble eksponert for sedimenter fra fem områder fra Vågen i Bergen, fra Våg 1 (innerst) til Våg 5 (ytterst).

Sedimentene fra område Våg 1 og Våg 4 var i moderat miljøtilstand (klasse III) med hensyn på PCB₇, og områdene Våg 2, Våg 3 og Våg 5 var i dårlig miljøtilstand (klasse IV). Sedimentene fra område Våg 1, 2 og 3 var sterkt forurenset av kvikksølv (klasse V). Sedimentene fra områdene Våg 1, 2, 3 og 5 var også forurenset av bly (klasse IV, dårlig). Sedimentene var også sterkt forurenset av PAH og TBT.

Det ble målt signifikant høyere konsentrasjoner av PCB i børstemark eksponert for sedimenter fra de fem områdene i Vågen enn i børstemark eksponert for uforurenset kontrollsediment. Det ble funnet høyest konsentrasjon av PCB i børstemark som var eksponert for sediment fra det nest ytterste området (Våg 4). Disse hadde konsentrasjon av PCB som var 9 til 13 ganger høyere enn børstemarken fra kontrollsedimentet. Nivåene av PCB i børstemark fra de andre områdene i Vågen var ca 3 til 6 ganger høyere enn i børstemark fra kontrollsedimentet. Undersøkelsen viser også at TBT i sedimentet bioakkumuleres i nettsnegl og at det største opptaket skjer fra sediment i det nest ytterste området. Det var ikke signifikant bioakkumulering av kvikksølv eller andre tungmetaller fra sedimentene.

Til tross for at det var lavere konsentrasjon av PCB i sedimentet fra område Våg 4 så var det høyere konsentrasjon av PCB i børstemark eksponert for sediment fra dette området enn fra de andre undersøkte områdene. Dette kan skyldes at PCB i sedimentet fra de andre områdene er sterkere bundet til partikler enn i område 4 og er mindre biotilgjengelige. Det lavere innholdet av TOC i sedimentene i de ytre områdene av Vågen og særlig i område Våg 4 kan være en forklaring på den observerte forskjellen i biotilgjengelighet.

Summary

Title: Bioavailability of contaminants in sediments from Vågen in Bergen.

Year: 2013

Author: Sigurd Øxnevad & Anders Ruus

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-6184-4

The sediments in Vågen, Bergen, are shown to contain elevated levels of contaminants, such as PAHs, PCBs, TBT and heavy metals. The local authority of Bergen is planning remedial actions, but wish to strengthen the decision basis by evaluating the bioavailability of the sediment associated contaminants. The evaluation has been performed by the Norwegian Institute for Water Research, using an experimental setup, with the polychaet *Hediste diversicolor* and the gastropod *Hinia reticulata*. The organisms were exposed to sediments from five areas from Vågen in Bergen.

The sediments from areas Våg 1 and Våg 4 were in class III (moderate) with PCB7, and areas Våg 2, 3 and 5 were in class IV (bad) with PCB7. The sediments from areas Våg 1, 2 and 3 were severely polluted with mercury (class V, very bad). The sediments from areas Våg 1, 2, 3 and 5 were also polluted with lead (class IV, bad). The sediments in Vågen were also severely polluted with PAHs and TBT.

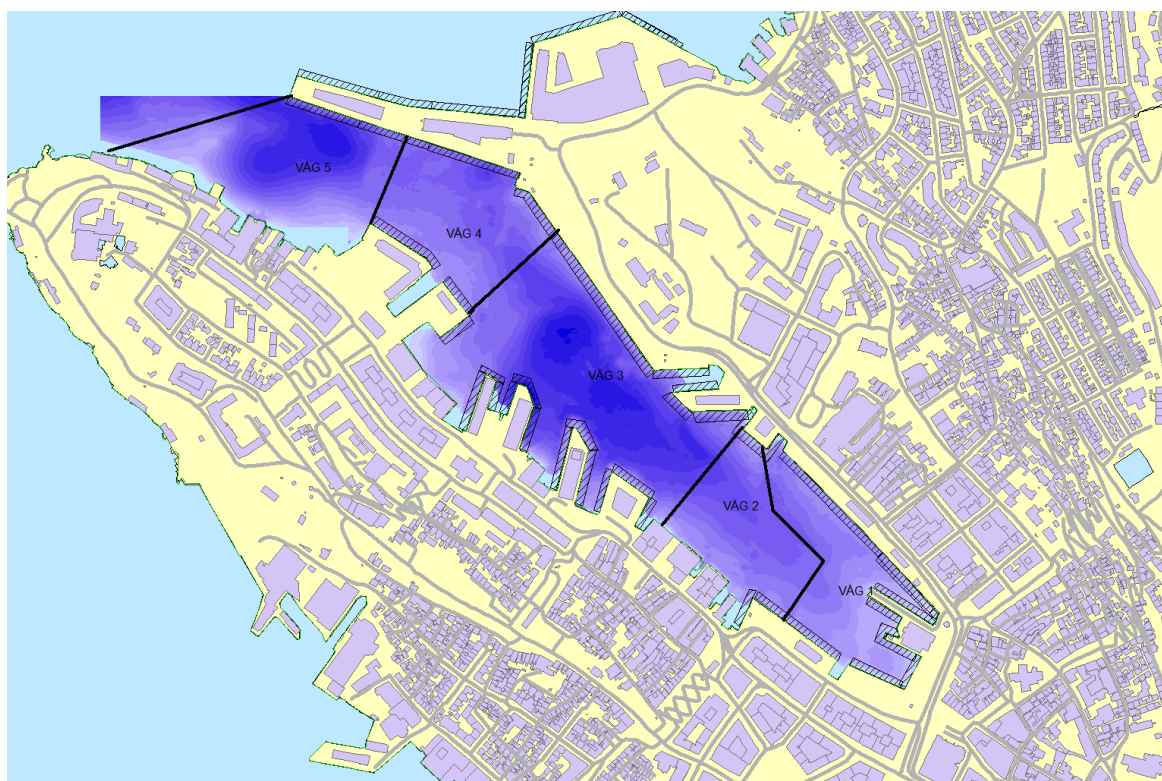
Significant higher concentrations of PCBs were found in polychaetes exposed to sediments from the five areas in Vågen, as compared to the polychaetes exposed to unpolluted control sediment. Highest concentrations of PCBs were found in polychaetes exposed to sediment from area Våg 4. These had concentrations of PCBs that were 9 to 13 orders of magnitude higher than the polychaetes exposed to the control sediment. High concentrations of TBT were found in snail samples, with highest concentration in the snails exposed to sediment from area Våg 4. There was no significant bioaccumulation of mercury or other heavy metals from the sediments.

Polychaetes exposed to sediment from area Våg 4 had higher concentrations of PCBs even though the sediment had lower concentrations of PCBs than the other sediments. It is likely that PCBs in the sediments in the other areas are more strongly attached to particles and less bioavailable.

1. Innledning

Undersøkelser av sedimentene i Vågen i Bergen, har vist at de er forurenset av miljøgifter, særlig polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), polyklorerte bifenyler (PCB), tributyltin (TBT), kvikksølv (Hg) og noen andre metaller.

Opptak av miljøgifter fra sedimentet til levende organismer (biotilgjengelighet) er undersøkt i forbindelse med videreføring av risikoanalyse for området. Dette skal lede fram til en ny tiltaksplan for Vågen. I henhold til anbefalinger i Klima og forurensningsdirektoratet (Klif) sin veileder for risikovurdering av forurenset sediment ("risikoveilederen") er biotilgjengeligheten av sedimentbundne miljøgifter belyst gjennom en undersøkelse av bioakkumulering i den bunnlevende flerbørstemarken *Hediste diversicolor* og nettsnegl (*Hinia reticulata*). Dette er gjennomført ved hjelp av et standardoppsett ved NIVAs marine forskningsstasjon på Solbergstrand ved Oslofjorden.



Figur 1. Kartutsnitt av Vågen i Bergen. Det ble brukt sedimenter fra fem områder i Vågen (Våg 1 til Våg 5) i undersøkelsen. Kartet er levert av COWI.

2. Materiale og metoder

2.1 Bioakkumuleringstest med *Hediste diversicolor* og *Hinia reticulata*

2.1.1 Bakgrunn

I akvatiske organismer er «bioakkumulering» den prosessen som fører til en økt konsentrasjon av et kjemikalie i organismen (i forhold til miljøet den lever i) gjennom alle eksponeringsveier som opptak gjennom føde, transport over respiratoriske overflater og kroppsoverflaten generelt. Bioakkumulering er således en kombinasjon av «biokonsentrering» (opptak kun fra vann) og opptak gjennom føde. Kunnskap om miljøgifters akkumulering i bunnlevende organismer har både økologisk relevans og relevans for menneskers kosthold (gjennom betydningen av sedimentlevende organismer som byttedyr for fisk). Kunnskap om biotilgjengeligheten til miljøgifter kan vanskelig estimeres kun ved hjelp av kjemisk analyse av miljøgifter i sedimenter. Årsakene er blant annet at ulike fysiske-kjemiske egenskaper hos ulike miljøgifter (f. eks. fettløselighet og motstandsdyktighet mot biologisk nedbrytning), samt egenskaper ved sedimentet (f.eks. partikkelstørrelse og organisk innhold), vil påvirke biotilgjengelighet. Av de samme årsakene kan det også være vanskelig å ekstrapolere resultater fra studier av én miljøgift, over til andre miljøgifter. Det er derfor høyst relevant å evaluere biotilgjengelighet ved å måle opptak eller akkumulering av spesifikke miljøgifter i sedimentlevende organismer. Slike biotilgjengelighetstester for miljøgifter i sedimenter har vært arbeidet med i en rekke land, i de fleste tilfeller som verktøy i vurderinger av miljøfarligheten av mudret sediment. Den mest omfattende dokumentasjonen har blitt produsert av det amerikanske Environmental Protection Agency, EPA (Lee m.fl. 1991).

Det ble benyttet et etablert testsystem for testing av biotilgjengeligheten av miljøgifter i marine sedimenter (Ruus m.fl. 2005; Hylland, 1996). Testsystemet er tidligere benyttet i flere sammenhenger (Ruus m.fl. 2005, Ruus m.fl. 2010, Skei m.fl. 2002).

2.1.2 Organismene

Det benyttes to arter i dette oppsettet for testing av biotilgjengelighet. Den ene er flerbørstemarken *Hediste diversicolor* og den andre er nettsnegl, *Hinia (Nassarius) reticulata* (figur 2). Begge artene er vanlige på grunt vann langs Norskekysten. Flerbørstemarken (*H. diversicolor*) er utbredt langs Europas kyster, fra Middelhavet til Helgelandskysten, samt vest i Østersjøen. Den finnes fortrinnsvis på grunt vann (i tidevannssonen) og kan der forekomme i svært høye tettheter. Nettsnegl finnes i fjæra og ned til ca. 15 m dyp. Den er utbredt fra Kanariøyene og Azorene i sør, til Lofoten i nord. Begge artene foretrekker sand- og mudderbunn og er tolerante overfor lave saltholdigheter. Børstemarken er omnivor (altetende) (Goerke, 1971), mens nettsnegl er åtseleter og rovdyr, men kan også nyttiggjøre seg organisk materiale i sedimentet. Sedimentlevende evertebrater, slik som *Hediste* og *Hinia*, er den viktigste næringskilden for mange bunnlevende fisk og vil derfor kunne bidra til transport av enkelte miljøgifter oppover i næringskjeden (Ruus, 2001).

2.1.3 Testsedimentet

Sediment fra fem områder i Vågen i Bergen ble sendt til NIVA i bøtter á 10 liter. Sedimentprøvene ble oppbevart på fryserom (på ca -25 °C) fram til testene ble startet.

2.1.4 Det eksperimentelle oppsettet

En detaljert beskrivelse av det eksperimentelle oppsettet finnes i Hylland (1996) og Ruus m.fl. (2005). Det ble benyttet tre replikate akvarier for hvert sediment (samt for kontrollgruppen). Eksponeringstiden var på 28 døgn, som er anbefalt av Lee m.fl. (1991).

De aktuelle sedimentene ble homogenisert ved hjelp av en ”malingblander”. 1,4 L sediment ble så tilsatt hvert av akvariene (3 akvarier per sediment (stasjon); 15 × 20 × 22 cm glassakvarier; figur 2). Det luktet litt H₂S av sediment Vågen 1, og det var sterk H₂S-lukt av sedimentet fra Vågen 2. Prøver av kontrollsediment (fra Jeløya utenfor Moss) og sedimenter fra Vågen i Bergen ble samtidig tatt ut til kjemisk analyse. Akvariene ble tilkoblet vann fra 60 m dyp ved NIVAs marine forskningsstasjon Solbergstrand.

Deretter ble organismene tilsatt (24 børstemark og 14 snegl i hvert akvarium). Etter 28 døgns eksponering ble dyrene silt ut og børstemarkene ble oppbevart i et akvarium med vann (fra 60 m dyp) i 8-12 timer for å tømme eventuelle rester av sediment i tarmen. Sneglene ble tatt ut av skallet ved hjelp av en nøtteknekker. Deretter ble alle dyrene fordelt på prøveglass og frosset. Prøvene ble oppbevart nedfrost (på ca -25 °C) før analyse.

Da hvert akvarium er en eksperimentell enhet ble alle individene av *Hediste* (børstemark) fra hvert akvarium slått sammen til én prøve før analyse. Alle nettsneglene fra de tre replikatene ble slått sammen til en prøve før analyse for å ha nok materiale til analysen.

De kjemiske analysene ble utført av Eurofins og NIVAs laboratorium.

a.



b.



c.



Figur 2. Fotografi av det eksperimentelle oppsettet (a.), *Hediste diversicolor* sortert ut for tilsetning i akvarium ved forsøksstart (b.) og nettsnegl, *Hinia reticulata* (c.). Foto Sigurd Øxnevad.

2.1.5 Analyser

De biologiske prøvene (flerbørstemark) ble analysert for polyklorerte bifenyler (PCB), kvikksølv (Hg), arsen, (As), bly (Pb), kadmium (Cd), kobber (Cu), kobolt (Co), krom (Cr), sink (Zn), nikkel (Ni), vanadium (V), tørrstoff og fettinnhold. Sedimentet ble analysert for PAH, PCB, tinnorganiske forbindelser, Hg, As, Pb, Cd, Cu, Co, Cr, Zn, Ni, V og tørrstoff.

Analysene av børstemark ble utført av NIVAs laboratorium, og analysene av sedimentprøvene ble utført av Eurofins. Prøvene av nettsnegl ble ikke analysert.

En beskrivelse av metodene følger.

Metaller

Metallene er bestemt ved at prøvene har blitt oppsluttet ved autoklaving med salpetersyre, og analysert ved hjelp av grafittovn og atomabsorpsjon. Kvikksølv ble bestemt med gullfelle og kalddamp atomabsorpsjon.

PAH

Sedimentet ble homogenisert og tilsatt internstandarder. PAH ble ekstrahert med diklormetan:sykloheksan (1:1) ved bruk av ASE (Accelerated Solvent Extraction) ved en temperatur på 100°C og trykk på 2000 psi. Ekstraksjonsvolumet ble redusert, og ekstraktene ble renset ved GPC (Gel Permeation Chromatography). Dersom nødvendig ble prøvene videre renset ved DMF-fordeling (Dimethylformamide) og eluering i silica-kolonner. Ekstraktene ble analysert ved hjelp av GC/MS i SIM (Single Ion Monitoring), og konsentrasjonen av de ulike PAH-forbindelsene i standardløsningene var fra 5-1000 ng/µl. GCen var utstyrt med en 30 m kolonne med et materiale bestående av 5 % phenyl polysiloxane (0,25 mm i.d. og 0,25 µm filmtykkelse), og splitless injeksjon. Den initiale kolonnetemperaturen var 60°C, som etter 2 minutter ble øket til 250°C med en hastighet på 7°C/min og deretter øket til 310°C med en hastighet på 15°C/min. Injektortemperaturen var 300°C, temperaturen i overføringen var 280°C, og temperaturen i ionekilden var 230°C. Gjennomstrømningshastigheten var på 1,2 ml/min. Kvantifisering av individuelle komponenter ble utført ved å benytte interne standarder.

PCB

Opparbeidelsen for PCB-analyser ble gjort som for PAH. Ekstraktene ble analysert ved GC/ECD. GCen var utstyrt med en 60 m kolonne med et materiale bestående av 5 % fenyl polysiloksan (0,25 mm i diameter og 0,25 µm filmtykkelse), og splitless injeksjon. Den initiale kolonnetemperaturen var på 90°C, som etter to minutter ble økt til 180°C i en hastighet på 10°C/min, så økt til 270°C med en hastighet på 2°C/min og etter 1 min økt til 310°C med en hastighet på 20°C/min. Injektortemperaturen var på 255°C, detektortemperaturen på 285°C gjennomstrømningshastigheten var på 1 ml/min. Kvantifisering av individuelle komponenter ble utført ved å benytte de interne standardene.

Sedimentet ble homogenisert og tilsatt internstandarder. PCB ble ekstrahert med diklormetan:sykloheksan (1:1) ved bruk av ASE (Accelerated Solvent Extraction) ved en temperatur på 100°C og trykk på 2000 psi. Analyse av ekstraktene er som beskrevet for PCB i biologisk materiale.

Tinnorganiske forbindelser

Bestemmelse av tinnorganiske forbindelser ble gjort ved å tilsette en indre standard til prøvene og oppslutning med alkoholisk lut. Etter pH-justering og direkte derivatisering ble de tinnorganiske forbindelsene ekstrahert med organiske løsemidler og renset ved hjelp av gelatomemisjons-deteksjon,

GC-AED. De ulike forbindelsene ble identifisert ved hjelp av retensjostidene som ble oppnådd, og selve kvantifisering ble utført med den indre standarden.

Tørrstoff i sedimentet ble bestemt gravimetrisk.

2.2 Bedømming av miljøtilstand

Klif har fastsatt kriterier for klassifisering av miljøkvalitet basert på innhold av forurensede forbindelser i sedimenter (tabell 1). Systemet opererer med fem tilstandsklasser som spenner fra bakgrunn (klasse I) til svært dårlig (klasse V). Klassifiseringen av sedimenter bygger på antatte nivåer for kroniske og akutte toksiske effekter på sedimentlevende organismer.

Tabell 1. Klifs klassifisering av miljøtilstand ut fra innhold av metaller og organiske stoffer i sedimenter (Bakke m.fl. 2007).

		I	II	III	IV	V
		Bakgrunn	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Metaller	Arsen (mg As/kg)	<20	20 - 52	52 - 76	76 - 580	>580
	Bly (mg Pb/kg)	<30	30 - 83	83 - 100	100 - 720	>720
	Kadmium (mg Cd/kg)	<0,25	0,25 - 2,6	2,6 - 15	15 - 140	>140
	Kobber (mg Cu/kg)	<35	35 - 51	51 - 55	55 - 220	>220
	Krom (mg Cr/kg)	<70	70 - 560	560 - 5900	5900 - 59000	>59000
	Kvikksølv (mg Hg/kg)	<0,15	0,15 - 0,63	0,63 - 0,86	0,86 - 1,6	>1,6
	Nikkel (mg Ni/kg)	<30	30 - 46	46 - 120	120 - 840	>840
	Sink (mg Zn/kg)	<150	150 - 360	360 - 590	590 - 4500	>4500
PAH	Naftalen (µg/kg)	<2	2 - 290	290 - 1000	1000 - 2000	>2000
	Acenaftalen (µg/kg)	<1,6	1,6 - 33	33 - 85	85 - 850	>850
	Acenaften (µg/kg)	<4,8	2,4 - 160	160 - 360	360 - 3600	>3600
	Fluoren (µg/kg)	<6,8	6,8 - 260	260 - 510	510 - 5100	>5100
	Fenantren (µg/kg)	<6,8	6,8 - 500	500 - 1200	1200 - 2300	>2300
	Antracen (µg/kg)	<1,2	1,2 - 31	31 - 100	100 - 1000	>1000
	Fluoranthen (µg/kg)	<8	8 - 170	170 - 1300	1300 - 2600	>2600
	Pyren (µg/kg)	<5,2	5,2 - 280	280 - 2800	2800 - 5600	>5600
	Benzo[a]antracen (µg/kg)	<3,6	3,6 - 60	60 - 90	90 - 900	>900
	Chrysen (µg/kg)	<4,4	4,4 - 280	280 - 280	280 - 560	>560
	Benzo[b]fluoranten (µg/kg)	<46	46 - 240	240 - 490	490 - 4900	>4900
	Benzo[k]fluoranten (µg/kg)		<210	210 - 480	480 - 4800	>4800
	Benzo(a)pyren (µg/kg)	<6	6 - 420	420 - 830	830 - 4200	>4200
	Indeno[123cd]pyren (µg/kg)	<20	20 - 47	47 - 70	70 - 700	>700
	Dibenzo[ah]antracen (µg/kg)	<12	12 - 590	590 - 1200	1200 - 12000	>12000
	Benzo[ghi]perylene (µg/kg)	<18	18 - 21	21 - 31	31 - 310	>310
PAH16 ¹⁾ (µg/kg)	<300	300 - 2000	2000 - 6000	6000 - 20000	> 20000	
PCB	PCB7 2) (µg/kg)	<5	5-17	17 - 190	190 - 1900	>1900
TBT	TBT ³⁾ (µg/kg) - effektbasert	<1	<0,002	0,002-0,016	0,016-0,032	>0,032
	TBT ³⁾ (µg/kg) - forvaltningsmessig	<1	1-5	5 - 20	20 - 100	>100

1) PAH: Polysykliske aromatiske hydrokarboner

2) PCB: Polyklorerte bifenylar

3) TBT: Tributyltinn

3. Resultater og diskusjon

3.1 Konsentrasjoner i sedimentet

Konsentrasjonene i de aktuelle sedimentene er klassifisert i henhold til Klifs tilstandsklasser (Bakke m.fl. 2007) og presentert i tabell 2 til 5. Det var høye konsentrasjoner av bly, kobber og kvikksølv i fire av de fem sedimentprøvene fra Vågen. Sedimentprøven fra område Våg 4 var lite forurenset av metaller (klasse I og II).

Tabell 2. Konsentrasjon av metaller i sedimentprøvene som ble brukt i bioakkumulasjonsforsøket. Tabellen er gitt farger i henhold til Klifs klassifiseringssystem (se tabell 1).

	Arsen	Bly	Kobber	Kadmium	Krom	Kvikksølv	Nikkel	Sink	Vanadium	Kobolt
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Kontroll	3,10	5,30	6,10	0,03	11,00	0,007	9,20	32,0	19,0	4,90
B. våg 1	15,00	290,00	180,0	0,81	28,00	4,49	12,00	450,0	28,0	5,00
B. våg 2	18,00	330,00	270,0	2,00	47,00	7,12	15,00	660,0	40,0	6,10
B. våg 3	17,00	290,00	220,0	1,40	46,00	6,97	13,00	540,0	39,0	5,70
B. våg 4	3,20	48,00	25,0	0,11	8,40	0,40	4,30	190,0	10,0	3,00
B. våg 5	9,90	240,00	170,0	0,43	22,00	1,32	6,90	250,0	21,0	3,30

Sedimentene i Vågen var i tilstandsklasse III (moderat) og IV (dårlig) med hensyn på PCB7 (tabell 3). Områdene Våg 2 og Våg 3 hadde høyest konsentrasjon av PCB i sedimentene.

Tabell 3. Konsentrasjon av PCB i sedimentprøvene som ble brukt i bioakkumulasjonsforsøket. Tabellen er gitt farger i henhold til Klifs klassifiseringssystem (se tabell 1).

	PCB 101	PCB 118	PCB 138	PCB 153	PCB 180	PCB 28	PCB 52	Sum PCB7
	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS
Kontroll	0,69	0,98	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	1,1	2,7
B. våg 1	19	23	51	45	22	<0,0005	16	180
B. våg 2	49	53	110	84	46	<0,0005	40	380
B. våg 3	36	55	100	78	36	<0,0005	29	340
B. våg 4	6,4	9,2	17	11	6,4	<0,0005	3	53
B. våg 5	26	31	55	40	17	<0,0005	17	190

Det var ulikt innhold av totalt organisk karbon (TOC) i sedimentet fra de fem områdene i Vågen (tabell 4.) Det var høyest konsentrasjon av TOC innerst i Vågen og avtagende utover, med lavest TOC-innhold i sediment fra område Våg 4.

Tabell 4. Konsentrasjon av TOC i sedimentprøver fra de fem områdene i Vågen.

	TOC
	% TS
B. våg 1	13
B. våg 2	11
B. våg 3	7,6
B. våg 4	0,63
B. våg 5	5,7

Sedimentene i Vågen var i tilstandsklasse V (svært dårlig) for TBT (tabell 5). Det er ikke uvanlig med høye konsentrasjoner av TBT i sedimenter fra et havneområde. Der er sedimentene sterkt påvirket av båter (og bunnstoff).

Tabell 5. Konsentrasjon av TBT i sedimentprøvene som ble brukt i bioakkumulasjonsforsøket. Tabellen er gitt farger i henhold til Klifs klassifiseringssystem (se tabell 1).

	TBT
	µg/kg TS
Kontroll	<1
B. våg 1	942
B. våg 2	1 420
B. våg 3	1 310
B. våg 4	376
B. våg 5	351

Sedimentene fra Vågen var sterkt forurenset av PAH (tabell 6). Sedimentene var i tilstandsklassene IV og V (dårlig og svært dårlig) for sum PAH16.

Tabell 6. Konsentrasjon av PAH i sedimentprøvene som ble brukt i bioakkumulasjonsforsøket. Tabellen er gitt farger i henhold til Klifs klassifiseringssystem (se tabell 1).

	Acenaftylen	Antracen	Benzo(a) antracen	Benzo[a]pyren	Benzo[b] fluoranten	Benzo[g,h,i] perylene	Benzo[k] fluoranten	Dibenzo[a,h] antracen
	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS
Kontroll	5	5	42	16	26	5	23	5
B. våg 1	92	1300	6500	2600	3300	650	3000	200
B. våg 2	69	800	5600	2600	3400	690	3000	210
B. våg 3	77	1100	6800	2600	3300	800	3100	230
B. våg 4	53	340	2200	840	840	220	850	54
B. våg 5	60	990	5200	1900	2300	570	2000	140

	Fenantren	Fluoranten	Fluoren	Indeno [1,2,3-cd]pyren	Krysen	Naftalen	Pyren	Sum PAH(16)
	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS
Kontroll	5	32	5	5	45	5	24	248
B. våg 1	3700	5800	510	660	6300	230	5700	41000
B. våg 2	2600	5300	320	750	5700	140	5600	36000
B. våg 3	3100	5900	400	860	6500	120	6200	41000
B. våg 4	670	1400	98	240	2000	150	1800	12000
B. våg 5	3000	5000	360	600	5200	120	4600	32000

3.2 Bioakkumulering av miljøgifter fra sedimentene

3.2.1 TBT i nettsnegl

Analysene viste at det var høyest opptak av TBT fra sediment til nettsnegl i sedimentet fra område 4 i Vågen (tabell 7). Det var derimot områdene Våg 2 og Våg 3 som hadde de høyeste konsentrasjonene av TBT i sedimentet. Dette tyder på at TBT i sedimentet i område Våg 4 er mer biotilgjengelig. Konsentrasjonene av TBT er eksempelvis på samme nivåer som nylig ble funnet i Aspevågen i Ålesund (Øxnevad og Ruus 2013, NIVA notat). Aspevågen er også bynært og påvirket av båttrafikk.

Tabell 7. Konsentrasjon av TBT i nettsnegl eksponert for sediment fra fem områder i Vågen i Bergen, samt et referansesediment (kontroll).

	TBT
	µg/kg TS
Kontroll	1,4
B. våg 1	17,6
B. våg 2	11,1
B. våg 3	13,5
B. våg 4	213,0
B. våg 5	24,0

3.2.2 Metaller og PCB i børstemark

Konsentrasjoner av metaller og PCB kvantifisert i børstemark-arten *Hediste diversicolor* eksponert for sediment fra de fem områdene fra Vågen i Bergen, samt referanse-sediment (kontroll-gruppen) er presentert i tabell 8. Det ble ikke påvist høye konsentrasjoner av metaller i prøvene av børstemark. Opptaket av tungmetaller i børstemark som var eksponert for kontrollsedimentet var på samme nivå som rapportert av Ruus m.fl. (2005) og i det siste eksponeringsforsøket som er utført på Solbergstrand (Øxnevad & Ruus 2012), altså bakgrunnsnivå.

Det var imidlertid høye konsentrasjoner av PCB i børstemark som var eksponert for sediment fra Vågen. Nivået var eksempelvis ca fem ganger høyere enn målt i børstemark eksponert for sediment fra Bredalsholmen i Kristiansand (Ruus m.fl. 2007). Bredalsholmen ligger nær by- og industriområde, og er påvirket av båttrafikk.

Tabell 8. Konsentrasjoner av metaller og PCB kvantifisert i børstemark-arten *Hediste diversicolor* eksponert for sediment fra de fem områdene fra Vågen i Bergen, samt referanse-sediment (kontroll). Resultatene er oppgitt i våtvekt.

	TTS/%	Fett-%	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	V	Zn	PCB 28	PCB 52	PCB 101	PCB 118	PCB 153	PCB 138	PCB 180	Sum PCB	
	%	% pr.v.v.	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
Børstemark																				
Kar 1 kontroll I	9,9	0,68	0,9	<0,01	<0,1	0,6	0,011	0,1	<0,05	<0,2	6,1	0,19	0,26	0,05	0,38	0,64	0,47	0,1	2,09	
Kar 7 Kontroll II	9,8	0,7	1,1	<0,01	<0,1	0,5	0,007	0,1	<0,05	<0,2	6,8	0,22	0,31	<0,05	0,42	0,67	0,5	0,1	2,22	
Kar 13 Kontroll III	10	0,62	1,2	<0,01	0,6	0,7	0,008	0,4	0,26	1,3	9,6	0,18	0,29	<0,05	0,36	0,58	0,43	0,09	1,93	
Kar 2 B.Våg I	11	0,78	1,1	<0,01	<0,1	0,6	0,006	<0,1	0,11	<0,2	6,9	0,48	0,16	0,37	1,1	2,5	2	0,34	6,95	
Kar 8 B.Våg I II	9,5	0,61	1	<0,01	<0,1	0,6	0,007	<0,1	0,12	<0,2	9,4	0,33	0,17	0,24	0,82	2	1,6	0,26	5,42	
Kar 14 B.Våg I III	10	0,75	1,1	<0,01	<0,2	0,6	0,011	<0,1	0,12	<0,2	8,8	0,39	0,18	0,21	0,89	2	1,6	0,28	5,55	
Kar 3 B.Våg 2 I	10	0,72	1,1	<0,01	<0,1	0,7	0,009	<0,1	0,19	<0,2	8,9	0,87	0,17	0,62	1,7	3,2	2,7	0,39	9,65	
Kar 9 B.Våg 2 II	11	0,75	1,1	<0,01	<0,1	0,6	0,008	<0,1	0,11	<0,2	9,1	0,79	0,18	0,44	1,5	3	2,5	0,4	8,81	
Kar 15 B.Våg 2 III	11	0,78	1,2	<0,01	<0,1	0,7	0,011	<0,1	0,22	<0,2	9,3	0,87	0,3	0,42	1,6	3,3	2,8	0,45	9,74	
Kar 4 B.Våg 3 I	10	0,66	1	<0,01	<0,1	0,6	0,009	<0,1	0,09	<0,2	8,1	1,2	0,38	0,6	2,1	3,7	3,3	0,48	11,76	
Kar 10 B.Våg 3 II	9,9	0,66	1	<0,01	<0,1	0,5	0,008	<0,1	0,09	<0,2	6,7	1,2	1,1	0,72	2	3,7	3,1	0,48	12,3	
Kar 16 B.Våg 3 III	11	0,76	1	<0,01	<0,1	0,6	0,009	<0,1	0,12	<0,2	8,2	1,4	0,99	1	2,4	4,7	3,9	0,48	14,87	
Kar 5 B.Våg 4 I	11	0,65	1	<0,01	<0,1	0,8	0,008	0,1	0,12	<0,2	9,6	1,1	0,81	0,54	4,5	5,1	5,1	0,66	17,81	
Kar 11 B.Våg 4 II	11	0,76	1,2	<0,01	<0,1	0,8	0,011	<0,1	0,1	<0,2	8,3	1,4	2	1,3	6,4	5,9	6	0,66	23,66	
Kar 17 B.Våg 4 III	10	0,69	1,2	<0,01	<0,1	0,7	0,007	<0,1	0,11	<0,2	10	1,2	1,7	1,3	6,6	7,2	7,3	0,8	26,1	
Kar 6 B.Våg 5 I	11	0,79	1,2	<0,01	<0,1	0,6	0,008	<0,1	0,12	<0,2	8,2	0,78	0,24	0,6	2,2	4,9	4	0,64	13,36	
Kar 12 B.Våg 5 II	10	0,65	1,1	<0,01	<0,1	0,7	0,007	<0,1	0,16	<0,2	9	0,51	0,65	0,37	1,4	3,2	2,6	0,41	9,14	
Kar 18 B.Våg 5 III	9,8	0,63	1,1	<0,01	<0,1	0,7	0,011	<0,1	0,1	<0,2	11	0,56	0,29	0,35	1,4	3,5	2,8	0,41	9,31	

Dersom konsentrasjonen av en forbindelse i organismene i samtlige replikater fra et område er høyere enn tilsvarende konsentrasjon i samtlige replikater av kontroll-gruppen, vil resultatet være signifikant ($p < 0,05$) i en ikke-parametrisk Mann-Whitney U test. Tabell 9 viser hvilke forbindelser som viste seg å bioakkumulere i børstemark (*H. diversicolor*) eksponert for de ulike sedimentene fra Vågen i Bergen. Det var signifikant bioakkumulering av PCB fra sedimentet fra alle de fem områdene som ble testet. Det var ikke signifikant bioakkumulering av kvikksølv og de andre tungmetallene.

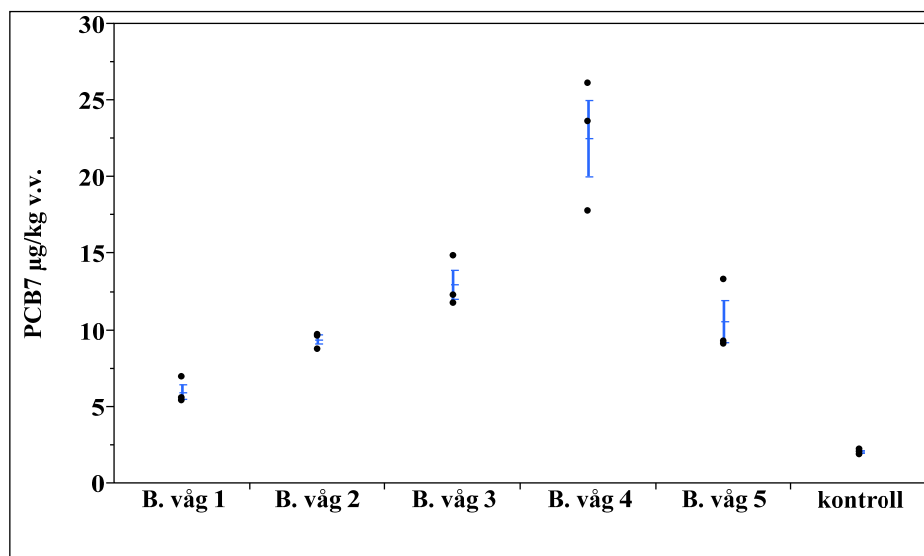
Tabell 9. Oversikt over hvilke miljøgifter som bioakkumulerte (til signifikant høyere konsentrasjoner enn kontrollgruppen) i børstemark (*Hediste diversicolor*) fra de ulike sedimentene fra områdene i Vågen i Bergen.

SB : Signifikant bioakkumulering **IB** : Ikke signifikant bioakkumulering

	PCB-28	PCB-52	PCB-101	PCB-118	PCB-138	PCB-153	PCB-180	Sum PCB7
B. Våg 1	SB	IB	SB	SB	SB	SB	SB	SB
B. Våg 2	SB	IB	SB	SB	SB	SB	SB	SB
B. Våg 3	SB	SB	SB	SB	SB	SB	SB	SB
B. Våg 4	SB	SB	SB	SB	SB	SB	SB	SB
B. Våg 5	SB	IB	SB	SB	SB	SB	SB	SB

	Hg	Ni	Pb	V	Zn	As	Cd	Cu	Cr
B. Våg 1	IB	IB	IB	IB	IB	IB	IB	IB	IB
B. Våg 2	IB	IB	IB	IB	IB	IB	IB	IB	IB
B. Våg 3	IB	IB	IB	IB	IB	IB	IB	IB	IB
B. Våg 4	IB	IB	IB	IB	IB	IB	IB	IB	IB
B. Våg 5	IB	IB	IB	IB	IB	IB	IB	IB	IB

PCB i sedimentet i område Våg 4 viste seg å være mest biotilgjengelig. Børstemarkene som var eksponert for dette sedimentet hadde de høyeste konsentrasjonene av PCB (figur 3). Konsentrasjonene var 9 til 13 ganger høyere enn i børstemark eksponert for kontrollsedimentet. Nivåene av PCB i børstemark fra de andre områdene i Vågen var ca 3 til 6 ganger høyere enn i børstemark fra kontrollsedimentet.



Figur 3. Konsentrasjon av PCB7 i børstemark eksponert for sediment fra fem områder i Vågen i Bergen og et kontrollsediment. Figuren viser konsentrasjon av PCB7 for tre replikater og standardavvik.

3.3 Oppsummerende betraktninger

I denne undersøkelsen er det vist at PCB bioakkumuleres i børstemark eksponert for sedimenter fra Vågen i Bergen. Det ble målt signifikant høyere konsentrasjoner av PCB i børstemark eksponert for sedimenter fra alle de fem undersøkte områdene i Vågen enn i børstemark eksponert for uforurenset kontrollsediment. Det var høyere konsentrasjon av PCB i børstemark eksponert for sediment fra område Våg 4 enn fra de andre undersøkte områdene, selv om denne stasjonen ikke viste høyest sedimentkonsentrasjon. Undersøkelsen viser også at TBT i sedimentet tas opp i nettsnegl og at dette er mest biotilgjengelig i område Våg 4. Dette kan skyldes at PCB og TBT i sedimentet fra de andre områdene er sterkere bundet til partikler enn i område Våg 4 og er mindre biotilgjengelige. Organiske miljøgifter med lav vannløselighet har høy affinitet for partikler og kan være bundet til adsorbenter som for eksempel organisk karbon, eller svart karbon/sot, som kan være tilstede i sedimenter i ulike mengder. Det lavere innholdet av TOC i sedimentene i de ytre områdene av Vågen og særlig i område Våg 4 kan være en forklaring på den observerte forskjellen i biotilgjengelighet.

Det var ikke signifikant bioakkumulering av kvikksølv eller andre tungmetaller fra sedimentene. Organiske specier av kvikksølv (metyl kvikksølv) tas i større grad opp i organismer enn uorganisk kvikksølv. Det er mulig at kvikksølvet som finnes i sedimentene i Vågen i mindre grad foreligger som metylert kvikksølv.

4. Referanser

Bakke, T., Breedveld, G., Källqvist, T., Oen, A., Eek, E., Ruus, A., Kibsgaard, A., Helland, A., Hylland, K. 2007. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann. Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sediment, TA-2229/2007.

Goerke, H., 1971. Die Ernährungsweise der Nereis-Arten (Polychaeta Nereidae) der deutschen Küsten. Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh. 13, 1-50.

Hylland K. 1996. Bioakkumulering av miljøgifter fra marine sediment – etablering av et testsystem. NIVA-rapport 3537.

Karickhoff SW, Brown DS, Scott TA. 1979. Sorption of hydrophobic pollutants on natural sediments. Water Research 13: 241-248.

Lee H, Boese BL, Pelletier J, Winsor M, Specht DT, Randall RC. 1991. Guidance manual: bedded sediment bioaccumulation tests. EPA/600/x-89/302.

Ruus A. 2001. Disposition of organochlorine contaminants within marine food webs. Dr.scient. thesis. Universitetet i Oslo.

Ruus A., Schaanning M, Øxnevad S, Hylland K. 2005. Experimental results on bioaccumulation of metals and organic contaminants from marine sediments. Aquatic Toxicology 72: 273-292.

Ruus, A., Næs, K., Källquist, T., Schøyen, M., Øxnevad, S. & Bøyum, O. 2007. Biotilgjengelighet av miljøgifter i sedimenter fra Bredalsholmen, samt toksisitet av sedimentene for algen *Skeletonema costatum*. NIVA-rapport 5503-2007.

Ruus, A., Bøyum, O., Grung, M. & Næs, K. 2010. Bioavailability of PAHs in Aluminum Smelter Affected Sediments: Evaluation through Assessment of Pore Water Concentrations and in Vivo Bioaccumulation. Environ. Sci. Technol. 2010, 44, 9291-9297.

Skei J, Olsgard F, Ruus A, Oug E, Rygg B. 2002. Risikovurderinger knyttet til forurensede sedimenter: Med fokus på Kristiansandsfjorden. SFT-rapport TA-1864/2002. 106 s.

Øxnevad, S. & Ruus, A. 2012. Biotilgjengelighet av miljøgifter i sedimenter fra Aspevågen i Ålesund. Test utført med børstemark (*Hediste diversicolor*) og nettsnegl (*Hinia reticulata*). Helsedimenttest med fjæremark (*Arenicola marina*). NIVA-notat. J.nr. 2058/12.

5. Vedlegg. Analyserapporter

Side nr.1/7

Norsk
Institutt
for
Vannforskning

Gaustadalleen 21
0349 Oslo
Tel: 22 18 51 00
Fax: 22 18 52 00

ANALYSE RAPPORT



Navn **Marine sed Biocon**
Adresse

Deres referanse:	Vår referanse:	Dato
	Rekv.nr. 2012-2259	05.11.2012
	O.nr. O 12242	

Prøvene ble levert ved NIVAs laboratorium av oppdragsgiver, og merket slik som gjengitt i tabellen nedenfor. Prøvene ble analysert med følgende resultater (analyseusikkerhet kan fås ved henvendelse til laboratoriet):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings-dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	Kar 1 kontroll 1	2012.08.07	2012.09.12	2012.10.03-2012.10.30
2	Kar 2 Bl.våg 1 I	2012.08.07	2012.09.12	2012.10.03-2012.10.30
3	Kar 3 Bl.våg 2 I	2012.08.07	2012.09.12	2012.10.03-2012.10.30
4	Kar 4 Bl.våg 3 I	2012.08.07	2012.09.12	2012.10.03-2012.10.30

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	1	2	3	4
Tørrestoff	%	B 3	9,9	11	10	10
Fett	% pr.v.v.	H 3-4	0,68	0,78	0,72	0,66
Arsen mod.	mg/kg	EN ISO 11885,	0,9	1,1	1,1	1
Kadmium	mg/kg	EN 15763:2009	<0,01 *	<0,01 *	<0,01 *	<0,01 *
Kobolt E29	mg/kg	EN ISO 17294-2-	0,16	0,13	0,13	0,15
Krom E29	mg/kg	EN ISO 17294-2-	<0,1 *	<0,1 *	<0,1 *	<0,1 *
Kobber mod.	mg/kg	EN ISO 11885,	0,6	0,6	0,7	0,6
Kvikksølv 19	mg/kg	§64 LFGB L00.00-	0,011	0,006	0,009	0,009
Nikkel mod.	mg/kg	EN ISO 11885,	0,1			
Nikkel E29	mg/kg	EN ISO 17294-2-		<0,1 *	<0,1 *	<0,1 *
Bly	mg/kg	EN 15763:2009	<0,05 *	0,11	0,19	0,09
Vanadium E29	mg/kg	EN ISO 17294-2-	<0,2 *	<0,2 *	<0,2 *	<0,2 *
Sink mod.	mg/kg	EN ISO 11885,	6,1	6,9	8,9	8,1
PCB-28	µg/kg v.v.	H 3-4	0,19	0,48	0,87	1,2
PCB-52	µg/kg v.v.	H 3-4	0,26	0,16	0,17	0,38
PCB-101	µg/kg v.v.	H 3-4	0,05	0,37	0,62	0,60
PCB-118	µg/kg v.v.	H 3-4	0,38	1,1	1,7	2,1
PCB-153	µg/kg v.v.	H 3-4	0,64	2,5	3,2	3,7
PCB-138	µg/kg v.v.	H 3-4	0,47	2,0	2,7	3,3
PCB-180	µg/kg v.v.	H 3-4	0,10	0,34	0,39	0,48
Sum PCB	µg/kg v.v.	Beregnet	2,09	6,95	9,65	11,76
Seven Dutch	µg/kg v.v.	Beregnet	2,09	6,95	9,65	11,76

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

Kommentarer

- 1 Alle prøvene er merket med børstemark.
PCB analysen er ikke akkreditert

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2012-2259

(fortsettelse av tabellen):

Provenr	Prove-merket	Provetakings-dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
5	Kar 5 Bl.våg 4 I	2012.08.07	2012.09.12	2012.10.03-2012.10.30
6	Kar 6 Bl.våg 5 I	2012.08.07	2012.09.12	2012.10.03-2012.10.31
7	Kar 7 Kontroll II	2012.08.07	2012.09.12	2012.10.03-2012.10.30
8	Kar 8 Bl.våg 1 II	2012.08.07	2012.09.12	2012.10.03-2012.10.30

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	5	6	7	8
Tørrstoff	%	B 3	11	11	9,8	9,5
Fett	% pr.v.v.	H 3-4	0,65	0,79	0,70	0,61
Arsen	mg/kg	EN ISO 11885, mod.	1	1,2	1,1	1
Kadmium	mg/kg	EN 15763:2009	<0,01 *	<0,01 *	<0,01 *	<0,01 *
Kobolt	mg/kg	EN ISO 17294-2-E29	0,14	0,15	0,15	0,15
Krom	mg/kg	EN ISO 17294-2-E29	<0,1 *	<0,1 *	<0,1 *	<0,1 *
Kobber	mg/kg	EN ISO 11885, mod.	0,8	0,6	0,5	0,6
Kvikksølv	mg/kg	S64 LFGB L00.00-19	0,008	0,008	0,007	0,007
Nikkel	mg/kg	EN ISO 11885, mod.				<0,1
Nikkel	mg/kg	EN ISO 11885, mod.	0,1		0,1	
Nikkel	mg/kg	EN ISO 17294-2-E29		<0,1 *		
Bly	mg/kg	EN 15763:2009	0,12	0,12	<0,05 *	0,12
Vanadium	mg/kg	EN ISO 17294-2-E29	<0,2 *	<0,2	<0,2 *	<0,2 *
Sink	mg/kg	EN ISO 11885, mod.	9,6	8,2	6,8	9,4
PCB-28	µg/kg v.v.	H 3-4	1,1	0,78	0,22	0,33
PCB-52	µg/kg v.v.	H 3-4	0,81	0,24	0,31	0,17
PCB-101	µg/kg v.v.	H 3-4	0,54	0,60	<0,05	0,24
PCB-118	µg/kg v.v.	H 3-4	4,5	2,2	0,42	0,82
PCB-153	µg/kg v.v.	H 3-4	5,1	4,9	0,67	2,0
PCB-138	µg/kg v.v.	H 3-4	5,1	4,0	0,50	1,6
PCB-180	µg/kg v.v.	H 3-4	0,66	0,64	0,10	0,26
Sum PCB	µg/kg v.v.	Beregnet	17,81	13,36	<2,27	5,42
Seven Dutch	µg/kg v.v.	Beregnet	17,81	13,36	<2,27	5,42

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2012-2259

(fortsettelse av tabellen):

Provenr	Prove-merket	Prøvetakings-dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
9	Kar 9 Bl.våg 2 II	2012.08.07	2012.09.12	2012.10.03-2012.10.30
10	Kar 10 Bl.våg 3 II	2012.08.07	2012.09.12	2012.10.03-2012.10.30
11	Kar 11 Bl.våg 4 II	2012.08.07	2012.09.12	2012.10.03-2012.10.30
12	Kar 12 Bl.våg 5	2012.08.07	2012.09.12	2012.10.03-2012.10.30

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	9	10	11	12
Tørrstoff	%	B 3	11	9,9	11	10
Fett	% pr.v.v.	H 3-4	0,75	0,66	0,76	0,65
Arsen	mg/kg	EN ISO 11885, mod.	1,1	1	1,2	1,1
Kadmium	mg/kg	EN 15763:2009	<0,01 *	<0,01 *	<0,01 *	<0,01 *
Kobolt	mg/kg	EN ISO 17294-2-E29	0,14	0,15	0,16	0,27
Krom	mg/kg	EN ISO 17294-2-E29	<0,1 *	<0,1 *	<0,1 *	<0,1 *
Kobber	mg/kg	EN ISO 11885, mod.	0,6	0,5	0,8	0,7
Kvikksølv	mg/kg	§64 LFGB L00.00-19	0,008		0,011	0,007
Kvikksølv	mg/kg	EN 15763:2009		0,008		
Nikkel	mg/kg	EN ISO 11885, mod.			<0,1 *	<0,1 *
Nikkel	mg/kg	EN ISO 17294-2-E29	<0,1 *	<0,1 *		
Bly	mg/kg	EN 15763:2009	0,11	0,09	0,1	0,16
Vanadium	mg/kg	EN ISO 17294-2-E29	<0,2 *	<0,2 *	<0,2 *	<0,2 *
Sink	mg/kg	EN ISO 11885, mod.	9,1	6,7	8,3	9
PCB-28	µg/kg v.v.	H 3-4	0,79	1,2	1,4	0,51
PCB-52	µg/kg v.v.	H 3-4	0,18	1,1	2,0	0,65
PCB-101	µg/kg v.v.	H 3-4	0,44	0,72	1,3	0,37
PCB-118	µg/kg v.v.	H 3-4	1,5	2,0	6,4	1,4
PCB-153	µg/kg v.v.	H 3-4	3,0	3,7	5,9	3,2
PCB-138	µg/kg v.v.	H 3-4	2,5	3,1	6,0	2,6
PCB-180	µg/kg v.v.	H 3-4	0,40	0,48	0,66	0,41
Sum PCB	µg/kg v.v.	Beregnet	8,81	12,3	23,66	9,14
Seven Dutch	µg/kg v.v.	Beregnet	8,81	12,3	23,66	9,14

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2012-2259

(fortsettelse av tabellen):

Provenr	Prove- merket	Provetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
13	Kar 13 Kontroll III	2012.08.07	2012.09.12	2012.10.03-2012.10.30
14	Kar 14 Bl.våg 1 III	2012.08.07	2012.09.12	2012.10.03-2012.10.30
15	Kar 15 Bl.våg 2 III	2012.08.07	2012.09.12	2012.10.03-2012.10.30
16	Kar 16 Bl.våg 3 III	2012.08.07	2012.09.12	2012.10.03-2012.10.30

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	13	14	15	16
Tørrstoff	%	B 3	10	10	11	11
Fett	% pr.v.v.	H 3-4	0,62	0,75	0,78	0,76
Arsen mod.	mg/kg	EN ISO 11885,	1,2	1,1	1,2	1
Kadmium	mg/kg	EN 15763:2009	<0,01 *	<0,01 *	<0,01 *	<0,01 *
Kobolt E29	mg/kg	EN ISO 17294-2-	0,14	0,17	0,16	0,14
Krom mod.	mg/kg	EN ISO 11885,	0,6	<0,2 *		
Krom E29	mg/kg	EN ISO 17294-2-			<0,1 *	<0,1 *
Kobber mod.	mg/kg	EN ISO 11885,	0,7	0,6	0,7	0,6
Kvikksølv 19	mg/kg	S64 LFGB L00.00-	0,008	0,011	0,011	0,009
Nikkel mod.	mg/kg	EN ISO 11885,	0,4	<0,1 *	<0,1 *	<0,1 *
Bly	mg/kg	EN 15763:2009	0,26	0,12	0,22	0,12
Vanadium E29	mg/kg	EN ISO 17294-2-	1,3	<0,2 *	<0,2 *	<0,2 *
Sink mod.	mg/kg	EN ISO 11885,	9,6	8,8	9,3	8,2
PCB-28	µg/kg v.v.	H 3-4	0,18	0,39	0,87	1,4
PCB-52	µg/kg v.v.	H 3-4	0,29	0,18	0,30	0,99
PCB-101	µg/kg v.v.	H 3-4	<0,05	0,21	0,42	1,0
PCB-118	µg/kg v.v.	H 3-4	0,36	0,89	1,6	2,4
PCB-153	µg/kg v.v.	H 3-4	0,58	2,0	3,3	4,7
PCB-138	µg/kg v.v.	H 3-4	0,43	1,6	2,8	3,9
PCB-180	µg/kg v.v.	H 3-4	0,09	0,28	0,45	0,48
Sum PCB	µg/kg v.v.	Beregnet	<1,98	5,55	9,74	14,87
Seven Dutch	µg/kg v.v.	Beregnet	<1,98	5,55	9,74	14,87

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2012-2259

(fortsettelse av tabellen):

Provenr	Prove-merket	Provetakings-dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
17	Kar 17 Bl.våg 4 III	2012.08.07	2012.09.12	2012.10.03-2012.10.30
18	Kar 18 Bl.våg 5 III	2012.08.07	2012.09.12	2012.10.03-2012.10.30

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	17	18
Tørrestoff	%	B 3	10	9,8
Fett	% pr.v.v.	H 3-4	0,69	0,63
Arsen mod.	mg/kg	EN ISO 11885,	1,2	1,1
Kadmium	mg/kg	EN 15763:2009	<0,01 *	<0,01 *
Kobolt E29	mg/kg	EN ISO 17294-2-	0,15	0,15
Krom E29	mg/kg	EN ISO 17294-2-	<0,1 *	<0,1 *
Kobber mod.	mg/kg	EN ISO 11885,	0,7	0,7
Kvikksølv 19	mg/kg	S64 LFGB L00.00-	0,007	0,011
Nikkel mod.	mg/kg	EN ISO 11885,	<0,1 *	<0,1 *
Bly	mg/kg	EN 15763:2009	0,11	0,1
Vanadium E29	mg/kg	EN ISO 17294-2-	<0,2 *	<0,2 *
Sink mod.	mg/kg	EN ISO 11885,	10	11
PCB-28	µg/kg v.v.	H 3-4	1,2	0,56
PCB-52	µg/kg v.v.	H 3-4	1,7	0,29
PCB-101	µg/kg v.v.	H 3-4	1,3	0,35
PCB-118	µg/kg v.v.	H 3-4	6,6	1,4
PCB-153	µg/kg v.v.	H 3-4	7,2	3,5
PCB-138	µg/kg v.v.	H 3-4	7,3	2,8
PCB-180	µg/kg v.v.	H 3-4	0,80	0,41
Sum PCB	µg/kg v.v.	Beregnet	26,1	9,31
Seven Dutch	µg/kg v.v.	Beregnet	26,1	9,31

Norsk institutt for vannforskning

Marit Viljø
Tekniker

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2012-2259

(fortsettelse av tabellen):

VEDLEGG

SUM PCB er summen av polyklorete bifenyler som inngår i denne rapporten.

Seven dutch er summen av polyklorete bifenyler 28,52,101,118,138,153 og 180.

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

Norsk
Institutt
for
Vannforskning

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Tel: 22 18 51 00
Fax: 22 18 52 00

ANALYSE RAPPORT



Navn Marine sed Biocon
Adresse

Deres referanse:	Vår referanse:	Dato
	Rekv.nr. 2012-2258	05.11.2012
	O.nr. O 12242	

Prøvene ble levert ved NIVAs laboratorium av oppdragsgiver, og merket slik som gjengitt i tabellen nedenfor. Prøvene ble analysert med følgende resultater (analyseusikkerhet kan fås ved henvendelse til laboratoriet):

Provenr	Prøve merket	Prøvetakings-dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	Kontroll sediment	2012.08.07	2012.09.12	2012.09.17-2012.10.19
2	Bl.våg 1 sediment	2012.08.07	2012.09.12	2012.09.17-2012.10.19
3	Bl.våg 2 sediment	2012.08.07	2012.09.12	2012.09.17-2012.10.19

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	1	2	3
Tørrestoff	%	NS 4764	76	48	38
Arsen	mg/kg TS	NS EN ISO 11885	3,1	15	18
Kadmium	mg/kg TS	NS EN ISO 17294-2	0,026	0,61	2,0
Kobolt	mg/kg TS	NS EN ISO 11885	4,9	5,0	6,1
Krom	mg/kg TS	NS EN ISO 11885	11	28	47
Kobber	mg/kg TS	NS EN ISO 11885	6,1	180	270
Kvikksølv	mg/kg TS	NS-EN ISO 12846	0,007	4,49	7,12
Nikkel	mg/kg TS	NS EN ISO 11885	9,2	12	15
Bly	mg/kg TS	NS EN ISO 11885	5,3	290	330
Vanadium	mg/kg TS	NS EN ISO 11885	19	28	40
Sink	mg/kg TS	NS EN ISO 11885	32	450	660
PCB-28	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	<0,0005	<0,0005	<0,0005
PCB-52	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	0,0011	0,016	0,040
PCB-101	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	0,00069	0,019	0,049
PCB-118	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	0,00098	0,023	0,053
PCB-153	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	<0,0005	0,045	0,084
PCB-138	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	<0,0005	0,051	0,11
PCB-180	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	<0,0005	0,022	0,046
Sum PCB	mg/kg TS	Beregnet	<0,00477	<0,1765	<0,3825
Seven Dutch	mg/kg TS	Beregnet	<0,00477	<0,1765	<0,3825
Naftalen i sediment	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	<0,01	0,23	0,14
Acenaftalen	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	<0,01	0,092	0,069
Acenaften	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	<0,01	0,33	0,21

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

Fluoren	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-	<0,01	0,51	0,32
Mod					
Fenantren	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-	<0,01	3,7	2,6
Mod					
Antracen	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-	<0,01	1,3	0,80
Mod					
Fluoranten	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-	0,032	5,8	5,3
Mod					
Pyren	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-	0,024	5,7	5,6
Mod					
Benz (a) antracen	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-	0,042	6,5	5,6
Mod					
Chrysen	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-	0,045	6,3	5,7
Mod					

Kommentarer

- 1 Alle prøvene merket med O-12242 SIX/ARU
Alt sendes Eurofins.
CHR: Rapportert fra Eurofins som Krysen/Trifenylen
BBJF: Rapportert fra Eurofins som Benzo(b)fluoranten

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2012-2258

(fortsettelse av tabellen):

Provennr	Prøve-merket	Provetakings-dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	Kontroll sediment	2012.08.07	2012.09.12	2012.09.17-2012.10.19
2	Bl.våg 1 sediment	2012.08.07	2012.09.12	2012.09.17-2012.10.19
3	Bl.våg 2 sediment	2012.08.07	2012.09.12	2012.09.17-2012.10.19

Analysevariabel	Enhet	Prøvennr Metode	1	2	3
Benzo(b+j) fluoranten Mod	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-	0,026	3,3	3,4
Benzo(k) fluoranten Mod	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-	0,023	3,0	3,0
Benzo(a)pyren Mod	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-	0,016	2,6	2,6
Indeno(1,2,3cd)pyren Mod	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-	<0,01	0,66	0,75
Dibenz(ac+ah)antrac. Mod	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-	<0,01	0,20	0,21
Benzo(ghi)perylen Mod	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-	<0,01	0,65	0,69
Sum PAH	mg/kg TS	Beregnet	<0,298	40,872	36,989
Sum PAH16	mg/kg TS	Beregnet	<0,298	40,872	36,989
Sum KPAH	mg/kg TS	Beregnet	<0,182	22,79	21,4
Monobutyltinn	µg/kg TS	SOP-No. 03	1,5	47,0	154
Dibutyltinn	µg/kg TS	SOP-No. 03	1,5	126	154
Tributyltinn	µg/kg TS	SOP-No. 03	<1,0	942	1420
Monophenyltinn	µg/kg TS	SOP-No. 03	<1,0	5,2	7,9
Diphenyltinn	µg/kg TS	SOP-No. 03	<1,0	12,0	14,0
Triphenyltinn	µg/kg TS	SOP-No. 03	<1,0	4,3	7,00

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2012-2258

(fortsettelse av tabellen):

Provenr	Prove-merket	Provetakings-dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
4	Bl.våg 3 sediment	2012.08.07	2012.09.12	2012.09.17-2012.10.19
5	Bl.våg 4 sediment	2012.08.07	2012.09.12	2012.09.17-2012.10.19
6	Bl.våg 5 sediment	2012.08.07	2012.09.12	2012.09.17-2012.10.19

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr		4	5	6
		Metode				
Tørrestoff	%	NS	4764	44	79	67
Arsen	mg/kg	TS	NS EN ISO 11885	17	3,2	9,9
Radium	mg/kg	TS	NS EN ISO 17294-2	1,4	0,11	0,43
Kobolt	mg/kg	TS	NS EN ISO 11885	5,7	3,0	3,3
Krom	mg/kg	TS	NS EN ISO 11885	46	8,4	22
Kobber	mg/kg	TS	NS EN ISO 11885	220	25	170
Kvikksølv	mg/kg	TS	NS-EN ISO 12846	6,97	0,399	1,32
Nikkel	mg/kg	TS	NS EN ISO 11885	13	4,3	6,9
Bly	mg/kg	TS	NS EN ISO 11885	290	48	240
Vanadium	mg/kg	TS	NS EN ISO 11885	39	10	21
Sink	mg/kg	TS	NS EN ISO 11885	540	190	250
PCB-28	mg/kg	TS	ISO/DIS 16703-	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Mod						
PCB-52	mg/kg	TS	ISO/DIS 16703-	0,029	0,0030	0,017
Mod						
PCB-101	mg/kg	TS	ISO/DIS 16703-	0,036	0,0064	0,026
Mod						
PCB-118	mg/kg	TS	ISO/DIS 16703-	0,055	0,0092	0,031
Mod						
PCB-153	mg/kg	TS	ISO/DIS 16703-	0,078	0,011	0,040
Mod						
PCB-138	mg/kg	TS	ISO/DIS 16703-	0,10	0,017	0,055
Mod						
PCB-180	mg/kg	TS	ISO/DIS 16703-	0,036	0,0064	0,017
Mod						
Sum PCB	mg/kg	TS	Beregnet	<0,3345	<0,0535	<0,1865
Seven Dutch	mg/kg	TS	Beregnet	<0,3345	<0,0535	<0,1865
Naftalen i sediment	mg/kg	TS	ISO/DIS 16703-	0,12	0,15	0,12
Mod						
Acenaftylen	mg/kg	TS	ISO/DIS 16703-	0,077	0,053	0,060
Mod						
Acenaften	mg/kg	TS	ISO/DIS 16703-	0,31	0,045	0,23
Mod						
Fluoren	mg/kg	TS	ISO/DIS 16703-	0,40	0,098	0,36
Mod						
Fenantren	mg/kg	TS	ISO/DIS 16703-	3,1	0,67	3,0
Mod						
Antracen	mg/kg	TS	ISO/DIS 16703-	1,1	0,34	0,99
Mod						
Fluoranten	mg/kg	TS	ISO/DIS 16703-	5,9	1,4	5,0
Mod						

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

Pyren Mod	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-	6,2	1,8	4,6
Benz (a) antracen Mod	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-	6,8	2,2	5,2
Chrysen Mod	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-	6,5	2,0	5,2

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2012-2258

(fortsettelse av tabellen):

Provennr	Prove-merket	Provetakings-dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
4	Bl.våg 3 sediment	2012.08.07	2012.09.12	2012.09.17-2012.10.19
5	Bl.våg 4 sediment	2012.08.07	2012.09.12	2012.09.17-2012.10.19
6	Bl.våg 5 sediment	2012.08.07	2012.09.12	2012.09.17-2012.10.19

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	4	5	6
Benzo (b+j) fluoranten Mod	µg/kg t.v.	ISO/DIS 16703-			2,3
Benzo (b+j) fluoranten Mod	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-	3,3	0,84	
Benzo (k) fluoranten Mod	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-	3,1	0,85	2,0
Benzo (a) pyren Mod	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-	2,6	0,84	1,9
Indeno (1,2,3cd) pyren Mod	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-	0,86	0,24	0,60
Dibenz (ac) antrac. Mod	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-	0,23	0,054	0,14
Benzo (ghi) perylen Mod	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-	0,80	0,22	0,57
Sum PAH	µg/kg t.v.	Beregnet			2,3
Sum PAH	mg/kg TS	Beregnet	41,397	11,8	29,97
Sum PAH16	µg/kg t.v.	Beregnet			2,3
Sum PAH16	mg/kg TS	Beregnet	41,397	11,8	29,97
Sum KPAH	µg/kg t.v.	Beregnet			2,3
Sum KPAH	mg/kg TS	Beregnet	23,51	7,174	15,16
Monobutyltinn	µg/kg TS	SOP-No. 03	38,0	9,5	20,0
Dibutyltinn	µg/kg TS	SOP-No. 03	147	31,0	62,0
Tributyltinn	µg/kg TS	SOP-No. 03	1310	376	351
Monophenyltinn	µg/kg TS	SOP-No. 03	8,1	2,00	2,8
Diphenyltinn	µg/kg TS	SOP-No. 03	17,0	<1,0	11,0
Triphenyltinn	µg/kg TS	SOP-No. 03	6,2	1,4	4,7

Norsk institutt for vannforskning

Marit Villø
Tekniker

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2012-2258

(fortsettelse av tabellen):

VEDLEGG

SUM PCB er summen av polykloreerte bifenyler som inngår i denne rapporten.

Seven dutch er summen av polykloreerte bifenyler 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)perylen.

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 naftalen¹. 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.

¹ Bare a,h-isomeren har potensielt kreftfremkallende egenskaper

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

Norsk
Institutt
for
Vannforskning

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Tel: 22 18 51 00
Fax: 22 18 52 00

ANALYSE RAPPORT



Navn **Marine sed Biocon**
Adresse

Deres referanse:	Vår referanse:	Dato
	Rekv.nr. 2012-3161 v01 O.nr. O 12242	17.01.2013

Prøvene ble levert ved NIVAs laboratorium av oppdragsgiver, og merket slik som gjengitt i tabellen nedenfor. Prøvene ble analysert med følgende resultater (analyseusikkerhet kan fås ved henvendelse til laboratoriet):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	Kar 1,7,11 Kontr.I,II,III	2012.08.07	2012.12.11	2012.12.27-2013.01.09
2	Kar 2,8,14 B.Vågl I,II,III	2012.08.07	2012.12.11	2012.12.27-2013.01.09
3	Kar 3,9,15 B.vågl 2 I,II,III	2012.08.07	2012.12.11	2012.12.27-2013.01.09
4	Kar 4,10,16 B.vågl 3 I,II,III	2012.08.07	2012.12.11	2012.12.27-2013.01.09
5	Kar 5,11,17 B.vågl 4 I,II,III	2012.08.07	2012.12.11	2012.12.27-2013.01.09
6	Kar 6,12,18 B.vågl 5 I,II,III	2012.08.07	2012.12.11	2012.12.27-2013.01.09

Analysevariabel	Prøvenr		1	2	3	4	5	6
	Enhet	Metode						
Tørrestoff	%	EksternEF	m	m	m	m	m	m
Monobutyltinn	µg/kg	SOP-No. 03	0,8	1,5	1,4	1,00	2,4	1,6
Dibutyltinn	µg/kg	SOP-No. 03	2,2	5,2	4,2	3,4	19,9	4,8
Tributyltinn	µg/kg	SOP-No. 03	1,4	17,6	11,1	13,5	213	24,0
Triphenyltinn	µg/kg	SOP-No. 03	1,8	3,5	2,3	2,5	5,3	2,00
Dioktyltinn	µg/kg	SOP-No. 03	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Monooktyltinn	µg/kg	SOP-No. 03	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Tricyclohexyltinn	µg/kg	SOP-No. 03	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Tetrabutyltinn	µg/kg	SOP-No. 03	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3

m : Analyseresultat mangler.

Kommentarer

- 1 Sendt Eurofins.
Tre replikater av nettsnegl slås sammen til en prøve.

Norsk institutt for vannforskning

Marit Villo
Tekniker

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

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 • post@niva.no

GBA GESELLSCHAFT FÜR BIOANALYTIK MBH
Flensburger Straße 15 • 25421 Pinneberg



ALS Laboratory Group
ALS Scandinavia
Ms Furulund

Postboks 643 Skøyen

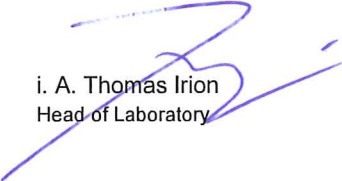
0214 Oslo
NO NORWAY

Test Report No.:2012P511191/ 1

Customer	ALS Laboratory Group ALS Scandinavia
Date of arrival	21.06.2012
Project	??
Material	Sediment
Sample name	see table
Order	N1206267
Packing material	PE-bag, PE-jar, glass jar, PE-bucket
Amount of sample	see table
GBA-No.	12504652
Taking of samples	no information
Transport of samples	by mail
Laboratory	GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH
Start / End of analysis	21.06.2012 - 04.09.2012
Methods	see last page
Suborders	Toxicity tests by Dr. U. Noack-Laboratorien, D-31157 Sarstedt
Sample storage	If no other agreement was made soil samples are going to be stored for three months and water samples for four weeks.

Remarks Results to toxicity tests: See seperate report attached

Pinneberg, 04.09.2012


i. A. Thomas Irion
Head of Laboratory

The test results do only reflect the stated testing parameters. Without written consent of GBA parts of the test report are not allowed to be duplicated.

Test Report No.: 2012P511191/ 1

GBA-No.		12504652	12504652	12504652	12504652
Sample-No.		001	002	003	004
Material		Sediment	Sediment	Sediment	Sediment
Sample identification		205315	205316	205317	205319
Amount of sample		ca. 12,5 kg	ca. 12,5 kg	ca. 10 kg	ca. 12,5 kg
Date of arrival		21.06.2012	21.06.2012	21.06.2012	21.06.2012
Test results	Units				
Dry weight	W.-%	43,6	34,8	41,7	62,1
toxicity test with <i>Arenicola marina</i>		see attachment	see attachment	see attachment	see attachment

GBA-No.		12504652
Sample-No.		005
Material		Sediment
Sample identification		205320
Amount of sample		ca. 12,5 kg
Date of arrival		21.06.2012
Test results	Units	
Dry weight	W.-%	79,2
toxicity test with <i>Arenicola marina</i>		see attachment

Used Methods and Detection Limits

Parameter	Limits of Quantification	Unit	Method
Dry weight	0,40	W.-%	DIN ISO 11465 ^a
toxicity test with <i>Arenicola marina</i>			ICES TIMES No. 29

With ^a marked methods are accredited methods. Detection limits may vary depending on the matrix of the sample

**Toxicity tests on sediment samples:
*Arenicola marina***

**Attachment to
Test Report No.: 2012P511191/ 1
Customer order-no.: N1206267
GBA order-no.: 12504652 / 01-05**

Orderer:

ALS Laboratory Group
ALS Scandinavia
Postboks 643 Skoyen
NO 0214 Oslo, Norge

Pinneberg, 04.09.2012

Content:

1. Request
2. Method
3. Test Results

1. Request

By order of ALS Scandinavia, Norway toxicity tests were carried out on five sediment samples.

2. Method

Toxicity test with *Arenicola marina* (polychaet) acc. to "ICES Techniques in Marine Environmental Sciences No. 29". Test was carried out as a static approach for 10 days.

3. Test Results

The following samples were examined:

Sample Identification	GBA-No.:
205315, sediment	12504652-001
205316, sediment	12504652-002
205317, sediment	12504652-003
205319, sediment	12504652-004
205320, sediment	12504652-005

Sample 205315, 205316, 205317

Result / Statement:

Due to its structure each of the abovementioned sediment samples could not been used for the approach. The sieved sediment sample has not shown a sufficiently solid consistency to enable a settlement of the organisms of *Arenicola marina*.

Under consideration of the substrate related properties the sediment samples 205315 - 317 are not suitable providing habitates for *Arenicola marina* and therefore unsuitable to carry out this biological test.

Sample 205319

Water parameter during test period:

Sample-no.	time	pH-value		O2-saturation [%]		temp. [°C]		salinity [S]	
		1	2	1	2	1	2	1	2
205319	day 0	8,16	8,12	95,9	95,1	17,3	17,1	27,9	28,3
	day 1	8,02	8,08	76,7	81,3	17,2	17,5	28,2	28,2
	day 4	8,01	7,97	87,8	82,3	16,8	17,3	27,6	27,8
	day 6	7,93	7,90	82,3	80,3	16,9	17,0	27,6	27,7
	day 10	7,68	7,97	39,5	86,0	16,3	16,3	27,8	27,9
control	day 0	8,00	8,13	85,7	90,6	16,7	16,2	28,6	28,7
	day 1	8,05	8,06	74,0	79,8	17,1	17,0	28,2	28,1
	day 4	8,13	8,16	86,1	86,5	17,5	17,5	27,8	27,8
	day 6	8,19	8,24	90,6	91,6	16,5	16,4	27,8	27,8
	day 10	8,30	8,27	93,3	92,8	16,5	16,3	28,2	28,0

Result / statement:

Sample-no.	Mortality [%]		
	Replicate 1	Replicate 2	Mean
205319	0	20	10
control	40	20	30

The sediment sample 205319 does not show a noticeable result regarding toxicity effects.

Sample 205320

Water parameter during test period:

Sample-no.	time	pH-value		O2-saturation [%]		temp. [°C]		salinity [S]	
		1	2	1	2	1	2	1	2
205320	day 0	8,35	8,24	95,4	97,2	17,6	17,3	27,6	28,3
	day 1	7,93	8,17	---*	82,3	17,1	17,4	27,6	28,6
	day 4	8,14	8,08	73,4	76,9	17,5	17,5	27,4	27,6
	day 6	8,03	8,19	---*	80,7	16,5	16,6	27,7	27,7
	day 10	8,45	8,43	76,4	94,6	16,5	16,4	27,8	27,9
control	day 0	8,00	8,13	85,7	90,6	16,7	16,2	28,6	28,7
	day 1	8,05	8,06	74,0	79,8	17,1	17,0	28,2	28,1
	day 4	8,13	8,16	86,1	86,5	17,5	17,5	27,8	27,8
	day 6	8,19	8,24	90,6	91,6	16,5	16,4	27,8	27,8
	day 10	8,30	8,27	93,3	92,8	16,5	16,3	28,2	28,0

* determ. interferred

Result / statement:

Sample-no.	Mortality [%]		
	Replicate 1	Replicate 2	Mean
205320	100	60	80
control	40	20	30

Under consideration of the control mortality the sediment sample 205320 shows an increased toxicity compared to the control approach.

The substrate related properties of the sample investigated have to be seen as more hostile to life, compared to the silty material of the control sample.

Pinneberg, 04.09.2012

Thomas Irion





Prosjekt **Bergen havn**
 Bestnr **128869**
 Registrert **2012-06-20**
 Utstedt **2012-08-31**

COWI A/S
Ane Gjesdal

Solh.gt 13
5892 Bergen
Norge

Analyse av vann

Deres prøvenavn	BL.VÅG 1 porevann					
Labnummer	N00203357					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Porevannspresing*	-----		450 kr/kg	1	1	KARO
Pb	85.7	16.9	µg/l	2	H	CHLP
Cd	0.280	0.079	µg/l	2	H	CHLP
Cr	4.27	1.08	µg/l	2	H	CHLP
Cu	55.0	11.8	µg/l	2	H	CHLP
Hg	1.03	0.11	µg/l	2	F	CHLP
Ni	3.09	0.70	µg/l	2	H	CHLP
Zn	109	31	µg/l	2	H	CHLP
As*	30.1		µg/l	3	S	CHLP
Naftalen	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Acenaftilen	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Acenaften	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Fluoren	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Fenantren	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Antracen	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Fluoranten	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Pyren	0.022	0.0026	µg/l	4	1	KARO
Benso(a)antracen^	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Krysen^	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Benso(b)fluoranten^	0.012	0.0014	µg/l	4	1	KARO
Benso(k)fluoranten^	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Benso(a)pyren^	0.011	0.0013	µg/l	4	1	KARO
Dibenso(ah)antracen^	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Benso(ghi)perylene	0.016	0.0019	µg/l	4	1	KARO
Indeno(123cd)pyren^	0.015	0.0018	µg/l	4	1	KARO
Sum PAH-16*	0.0760		µg/l	4	1	KARO
Sum PAH carcinogene^*	0.0380		µg/l	4	1	KARO
PCB 28	<0.0010		µg/l	4	1	KARO
PCB 52	<0.0010		µg/l	4	1	KARO
PCB 101	<0.0010		µg/l	4	1	KARO
PCB 118	<0.0010		µg/l	4	1	KARO
PCB 138	<0.0010		µg/l	4	1	KARO
PCB 153	<0.0010		µg/l	4	1	KARO
PCB 180	<0.0010		µg/l	4	1	KARO
Sum PCB-7*	n.d.		µg/l	4	1	KARO
Monobutyltinnkation	<3.0		ng/l	5	1	KARO
Dibutyltinnkation	5.3	0.74	ng/l	5	1	KARO
Tributyltinnkation	27	3.8	ng/l	5	1	KARO



Deres prøvenavn	BL.VÅG 2 porevann					
Labnummer	N00203358					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Porevannspresing*	-----		450 kr/kg	1	1	KARO
Pb	273	56	µg/l	2	H	CHLP
Cd	1.01	0.21	µg/l	2	H	CHLP
Cr	17.5	3.9	µg/l	2	H	CHLP
Cu	215	46	µg/l	2	H	CHLP
Hg	3.49	0.36	µg/l	2	F	CHLP
Ni	7.34	1.60	µg/l	2	H	CHLP
Zn	385	111	µg/l	2	H	CHLP
As*	57.0		µg/l	3	S	CHLP
Naftalen	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Acenaftilen	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Acenaften	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Fluoren	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Fenantren	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Antracen	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Fluoranten	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Pyren	0.017	0.0020	µg/l	4	1	KARO
Benso(a)antracen^	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Krysen^	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Benso(b)fluoranten^	0.032	0.0038	µg/l	4	1	KARO
Benso(k)fluoranten^	0.014	0.0017	µg/l	4	1	KARO
Benso(a)pyren^	0.026	0.0031	µg/l	4	1	KARO
Dibenso(ah)antracen^	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Benso(ghi)perylene	0.032	0.0038	µg/l	4	1	KARO
Indeno(123cd)pyren^	0.029	0.0034	µg/l	4	1	KARO
Sum PAH-16*	0.150		µg/l	4	1	KARO
Sum PAH carcinogene^*	0.101		µg/l	4	1	KARO
PCB 28	<0.0010		µg/l	4	1	KARO
PCB 52	<0.0010		µg/l	4	1	KARO
PCB 101	0.0019	0.00024	µg/l	4	1	KARO
PCB 118	0.0012	0.00015	µg/l	4	1	KARO
PCB 138	0.0020	0.00025	µg/l	4	1	KARO
PCB 153	0.0021	0.00026	µg/l	4	1	KARO
PCB 180	<0.0010		µg/l	4	1	KARO
Sum PCB-7*	0.00720		µg/l	4	1	KARO
Monobutyltinnkation	8.0	1.1	ng/l	5	1	KARO
Dibutyltinnkation	13	1.8	ng/l	5	1	KARO
Tributyltinnkation	48	6.7	ng/l	5	1	KARO



Deres prøvenavn		BL.VÅG 3				
		porevann				
Labnummer		N00203359				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Porevannspresning*	-----		450 kr/kg	1	1	KARO
Pb	59.2	11.5	µg/l	2	H	CHLP
Cd	0.233	0.055	µg/l	2	H	CHLP
Cr	6.04	1.27	µg/l	2	H	CHLP
Cu	38.7	8.2	µg/l	2	H	CHLP
Hg	0.904	0.092	µg/l	2	F	CHLP
Ni	2.51	0.59	µg/l	2	H	CHLP
Zn	70.8	20.3	µg/l	2	H	CHLP
As*	37.6		µg/l	3	S	CHLP
Naftalen	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Acenaftilen	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Acenaften	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Fluoren	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Fenantren	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Antracen	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Fluoranten	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Pyren	0.033	0.0039	µg/l	4	1	KARO
Benso(a)antracen^	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Krysen^	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Benso(b)fluoranten^	0.019	0.0022	µg/l	4	1	KARO
Benso(k)fluoranten^	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Benso(a)pyren^	0.012	0.0014	µg/l	4	1	KARO
Dibenso(ah)antracen^	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Benso(ghi)perylene	0.019	0.0022	µg/l	4	1	KARO
Indeno(123cd)pyren^	0.016	0.0019	µg/l	4	1	KARO
Sum PAH-16*	0.0990		µg/l	4	1	KARO
Sum PAH carcinogene^*	0.0470		µg/l	4	1	KARO
PCB 28	<0.0010		µg/l	4	1	KARO
PCB 52	<0.0010		µg/l	4	1	KARO
PCB 101	0.0012	0.00015	µg/l	4	1	KARO
PCB 118	<0.0010		µg/l	4	1	KARO
PCB 138	0.0017	0.00021	µg/l	4	1	KARO
PCB 153	0.0015	0.00019	µg/l	4	1	KARO
PCB 180	<0.0010		µg/l	4	1	KARO
Sum PCB-7*	0.00440		µg/l	4	1	KARO
Monobutyltinnkation	3.6	0.50	ng/l	5	1	KARO
Dibutyltinnkation	11	1.5	ng/l	5	1	KARO
Tributyltinnkation	12	1.7	ng/l	5	1	KARO



Deres prøvenavn		BL.VÅG 4				
		porevann				
Labnummer		N00203360				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Porevannspresning*	-----		450 kr/kg	1	1	KARO
Pb	1120	219	µg/l	2	H	CHLP
Cd	2.19	0.43	µg/l	2	H	CHLP
Cr	35.6	7.5	µg/l	2	H	CHLP
Cu	474	101	µg/l	2	H	CHLP
Hg	5.82	0.60	µg/l	2	F	CHLP
Ni	17.7	4.5	µg/l	2	H	CHLP
Zn	1050	300	µg/l	2	H	CHLP
As*	99.3		µg/l	3	S	CHLP
Naftalen	<0.050		µg/l	4	1	KARO
Acenaftilen	<0.050		µg/l	4	1	KARO
Acenaften	<0.050		µg/l	4	1	KARO
Fluoren	<0.050		µg/l	4	1	KARO
Fenantren	<0.050		µg/l	4	1	KARO
Antracen	<0.050		µg/l	4	1	KARO
Fluoranten	<0.050		µg/l	4	1	KARO
Pyren	<0.050		µg/l	4	1	KARO
Benso(a)antracen^	<0.050		µg/l	4	1	KARO
Krysen^	<0.050		µg/l	4	1	KARO
Benso(b)fluoranten^	<0.050		µg/l	4	1	KARO
Benso(k)fluoranten^	<0.050		µg/l	4	1	KARO
Benso(a)pyren^	<0.050		µg/l	4	1	KARO
Dibenso(ah)antracen^	<0.050		µg/l	4	1	KARO
Benso(ghi)perylene	<0.050		µg/l	4	1	KARO
Indeno(123cd)pyren^	<0.050		µg/l	4	1	KARO
Sum PAH-16*	n.d.		µg/l	4	1	KARO
Sum PAH carcinogene^*	n.d.		µg/l	4	1	KARO
PCB 28	<0.0050		µg/l	4	1	KARO
PCB 52	<0.0050		µg/l	4	1	KARO
PCB 101	<0.0050		µg/l	4	1	KARO
PCB 118	<0.0050		µg/l	4	1	KARO
PCB 138	<0.0050		µg/l	4	1	KARO
PCB 153	<0.0050		µg/l	4	1	KARO
PCB 180	<0.0050		µg/l	4	1	KARO
Sum PCB-7*	n.d.		µg/l	4	1	KARO
Monobutyltinnkation	<50		ng/l	5	1	KARO
Dibutyltinnkation	<40		ng/l	5	1	KARO
Tributyltinnkation	33	4.6	ng/l	5	1	KARO



Deres prøvenavn		BL.VÅG 5				
		porevann				
Labnummer		N00203361				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Porevannspresning*	-----		450 kr/kg	1	1	KARO
Pb	2090	407	µg/l	2	H	CHLP
Cd	6.35	1.24	µg/l	2	H	CHLP
Cr	164	34	µg/l	2	H	CHLP
Cu	1070	227	µg/l	2	H	CHLP
Hg	12.2	1.2	µg/l	2	F	CHLP
Ni	37.3	7.8	µg/l	2	H	CHLP
Zn	2520	721	µg/l	2	H	CHLP
As*	126		µg/l	3	S	CHLP
Naftalen	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Acenaftilen	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Acenaften	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Fluoren	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Fenantren	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Antracen	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Fluoranten	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Pyren	0.025	0.0030	µg/l	4	1	KARO
Benso(a)antracen^	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Krysen^	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Benso(b)fluoranten^	0.016	0.0019	µg/l	4	1	KARO
Benso(k)fluoranten^	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Benso(a)pyren^	0.012	0.0014	µg/l	4	1	KARO
Dibenso(ah)antracen^	<0.010		µg/l	4	1	KARO
Benso(ghi)perylene	0.018	0.0021	µg/l	4	1	KARO
Indeno(123cd)pyren^	0.016	0.0019	µg/l	4	1	KARO
Sum PAH-16*	0.0870		µg/l	4	1	KARO
Sum PAH carcinogene^*	0.0440		µg/l	4	1	KARO
PCB 28	<0.0010		µg/l	4	1	KARO
PCB 52	<0.0010		µg/l	4	1	KARO
PCB 101	<0.0010		µg/l	4	1	KARO
PCB 118	<0.0010		µg/l	4	1	KARO
PCB 138	<0.0010		µg/l	4	1	KARO
PCB 153	<0.0010		µg/l	4	1	KARO
PCB 180	<0.0010		µg/l	4	1	KARO
Sum PCB-7*	n.d.		µg/l	4	1	KARO
Monobutyltinnkation	5.2	0.73	ng/l	5	1	KARO
Dibutyltinnkation	6.0	0.84	ng/l	5	1	KARO
Tributyltinnkation	23	3.2	ng/l	5	1	KARO



* etter parameternavn indikerer uakkreditert analyse.

Metodespesifikasjon	
1	Porevannspresing
2	<p>Analyse av tungmetaller (V-5, lave rapporteringsgrenser)</p> <p>Metode: EPA metoder (modifisert) 200.7 (ICP-AES) og 200.8 (ICP-SFMS). Analyse av Hg er utført med AFS etter SS-EN 17852:2008.</p> <p>Forbehandling: Surgjøring med 1 ml salpetersyre per 100 ml prøve. Gjelder ikke prøver som er surgjort før ankomst til laboratoriet. For analyse av W er prøven ikke surgjort. For analyse av Se er prøven oppluttet med HCl i autoklav (120°C) i 30 minutter. For analyse av Ag er prøven konserverert med HCl.</p>
3	<p>Elementanalyse i vann</p> <p>Metode: Se metode for øvrige elementer.</p> <p>Forbehandling: Se metode for øvrige elementer.</p> <p>For analyse av Svovel: Surgjøring med 1 ml salpetersyre per 100 ml prøve, samt konservering med H₂O₂ (10%).</p>
4	<p>Bestemmelse av PAH-16 og PCB-7.</p> <p>Metode: PAH-16: GC/MSD PCB-7: EN ISO 6468-F1</p> <p>Ekstraksjon: PAH-16: Heksan PCB-7: Sykloheksan</p> <p>Deteksjon og kvantifisering: PAH-16 og PCB-7: GC-MSD</p> <p>Kvantifikasjonsgrenser: PAH-16: 0,005-0,01 µg/l PCB-7: 0,01 µg/l</p>
5	<p>Bestemmelse av tinnorganiske forbindelser.</p> <p>Metode: DIN EN ISO17353-F13</p> <p>Deteksjon og kvantifisering: GC-FPD</p> <p>Kvantifikasjonsgrenser: 1 ng/l</p>

Godkjenner	
CHLP	Cheau Ling Poon
KARO	Karoline Rod

Underleverandør ¹	
F	<p>AFS</p> <p>Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige</p> <p>Akkreditering: SWEDAC, registreringsnr. 2030</p>
H	<p>ICP-SFMS</p> <p>Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige</p>

¹ Utførende teknisk enhet (innen ALS Laboratory Group) eller eksternt laboratorium (underleverandør).



	Underleverandør¹
	Akkreditering: SWEDAC, registreringsnr. 2030
S	ICP-SFMS Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige Akkreditering: SWEDAC, registreringsnr. 2030
1	Ansvarlig laboratorium: GBA, Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Tyskland Lokalisering av andre GBA laboratorier: Hildesheim Daimlerring 37, 31135 Hildesheim Gelsenkirchen Wiedehopfstraße 30, 45892 Gelsenkirchen Freiberg Meißner Ring 3, 09599 Freiberg Hameln: Brekelbaumstraße 1, 31789 Hameln Hamburg: Goldschmidstraße 5, 21073 Hamburg Akkreditering: DAkks, registreringsnr. D-PL-14170-01-00 Kontakt ALS Laboratory Group Norge, for ytterligere informasjon

Måleusikkerheten angis som en utvidet måleusikkerhet (etter definisjon i "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", ISO, Geneva, Switzerland 1993) beregnet med en dekningsfaktor på 2 noe som gir et konfidensintervall på om lag 95%.

Måleusikkerhet fra underleverandører angis ofte som en utvidet usikkerhet beregnet med dekningsfaktor 2. For ytterligere informasjon, kontakt laboratoriet.

Denne rapporten får kun gjengis i sin helhet, om ikke utførende laboratorium på forhånd har skriftlig godkjent annet.

Angående laboratoriets ansvar i forbindelse med oppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webside www.alsglobal.no

Den digitalt signert PDF-fil representerer den opprinnelige rapporten. Eventuelle utskrifter er å anse som kopier.



Prosjekt **Bergen havn**
 Bestnr **128869**
 Registrert **2012-06-20**
 Utstedt **2012-09-19**

COWI A/S
Ane Gjesdal

Solh.gt 13
5892 Bergen
Norge

Analyse av faststoff

Deres prøvenavn	BL.VÅG 1					
	Sed					
Labnummer	N00205315					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (G)	43.6		%	1	1	KARO
Vanninnhold*	56.4		%	1	1	KARO
Kornstørrelse <63 µm	41.0		% TS	1	1	KARO
Kornstørrelse <2 µm	8.1		% TS	1	1	KARO
TOC	13		% TS	1	1	KARO
Naftalen	0.85	0.17	mg/kg TS	1	1	KARO
Acenaftilen	0.50	0.099	mg/kg TS	1	1	KARO
Acenaften	0.69	0.14	mg/kg TS	1	1	KARO
Fluoren	1.1	0.22	mg/kg TS	1	1	KARO
Fenantren	9.4	1.9	mg/kg TS	1	1	KARO
Antracen	2.8	0.55	mg/kg TS	1	1	KARO
Fluoranten	17	3.4	mg/kg TS	1	1	KARO
Pyren	16	3.2	mg/kg TS	1	1	KARO
Benso(a)antracen^	8.3	1.6	mg/kg TS	1	1	KARO
Krysen^	6.2	1.2	mg/kg TS	1	1	KARO
Benso(b)fluoranten^	14	2.8	mg/kg TS	1	1	KARO
Benso(k)fluoranten^	5.0	0.99	mg/kg TS	1	1	KARO
Benso(a)pyren^	13	2.6	mg/kg TS	1	1	KARO
Dibenso(ah)antracen^	1.6	0.32	mg/kg TS	1	1	KARO
Benso(ghi)perylene	6.7	1.3	mg/kg TS	1	1	KARO
Indeno(123cd)pyren^	6.4	1.3	mg/kg TS	1	1	KARO
Sum PAH-16*	110		mg/kg TS	1	1	KARO
Sum PAH carcinogene^*	54.5		mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 28	<0.0010		mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 52	0.012	0.0023	mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 101	0.037	0.0071	mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 118	0.030	0.0058	mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 138	0.053	0.010	mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 153	0.062	0.012	mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 180	0.039	0.0075	mg/kg TS	1	1	KARO
Sum PCB-7*	0.233		mg/kg TS	1	1	KARO
As	25	0.30	mg/kg TS	1	1	KARO
Cd	1.6	0.048	mg/kg TS	1	1	KARO
Cr	53	4.1	mg/kg TS	1	1	KARO
Cu	282		mg/kg TS	1	1	KARO
Hg	6.1	0.18	mg/kg TS	1	1	KARO
Ni	25	1.9	mg/kg TS	1	1	KARO
Pb	509	13	mg/kg TS	1	1	KARO



Deres prøvenavn	BL.VÅG 1 Sed						
Labnummer	N00205315						
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign	
Zn	782	20	mg/kg TS	1	1	KARO	
Monobutyltinnkation	31	4.0	µg/kg TS	2	2	KARO	
Dibutyltinnkation	130	17	µg/kg TS	2	2	KARO	
Tributyltinnkation	440	57	µg/kg TS	2	2	KARO	
Tørrstoff (G)	43.6		%	3	2	KARO	
Skeletonema org.ekstraksjon*	700		g sed./l	3	2	KARO	
Skeletonema org.ekstraksjon*	1.4		TU	3	2	KARO	
Skeletonema i porevann*	<1		TU	3	2	KARO	
Skeletonema prep*	Ok			4	2	KARO	
Dr Calux*	300	78	ng TEQ/kg TS	5	2	JIBJ	
Arenicola marina*	-----		se vedl.	6	2	KARO	
Ikke mulig å analysere Arenicola marina på de tre første prøvene. Pris er for preparering og rapportering.							



Deres prøvenavn	BL.VÅG 2					
	Sed					
Labnummer	N00205316					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (G)	34.8		%	1	1	KARO
Vanninnhold*	65.2		%	1	1	KARO
Kornstørrelse <63 µm	70.9		% TS	1	1	KARO
Kornstørrelse <2 µm	7.4		% TS	1	1	KARO
TOC	11		% TS	1	1	KARO
Naftalen	0.83	0.16	mg/kg TS	1	1	KARO
Acenaftilen	0.60	0.12	mg/kg TS	1	1	KARO
Acenaften	0.55	0.11	mg/kg TS	1	1	KARO
Fluoren	0.89	0.18	mg/kg TS	1	1	KARO
Fenantren	9.2	1.8	mg/kg TS	1	1	KARO
Antracen	3.2	0.63	mg/kg TS	1	1	KARO
Fluoranten	18	3.6	mg/kg TS	1	1	KARO
Pyren	17	3.4	mg/kg TS	1	1	KARO
Benso(a)antracen^	8.3	1.6	mg/kg TS	1	1	KARO
Krysen^	6.6	1.3	mg/kg TS	1	1	KARO
Benso(b)fluoranten^	14	2.8	mg/kg TS	1	1	KARO
Benso(k)fluoranten^	5.7	1.1	mg/kg TS	1	1	KARO
Benso(a)pyren^	14	2.8	mg/kg TS	1	1	KARO
Dibenso(ah)antracen^	1.9	0.38	mg/kg TS	1	1	KARO
Benso(ghi)perylene	8.0	1.6	mg/kg TS	1	1	KARO
Indeno(123cd)pyren^	8.3	1.6	mg/kg TS	1	1	KARO
Sum PAH-16*	117		mg/kg TS	1	1	KARO
Sum PAH carcinogene^*	58.8		mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 28	<0.0030		mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 52	0.037	0.0071	mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 101	0.12	0.023	mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 118	0.098	0.019	mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 138	0.18	0.035	mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 153	0.20	0.038	mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 180	0.13	0.025	mg/kg TS	1	1	KARO
Sum PCB-7*	0.765		mg/kg TS	1	1	KARO
As	29	0.35	mg/kg TS	1	1	KARO
Cd	2.4	0.072	mg/kg TS	1	1	KARO
Cr	79	6.2	mg/kg TS	1	1	KARO
Cu	389		mg/kg TS	1	1	KARO
Hg	9.3	0.28	mg/kg TS	1	1	KARO
Ni	28	2.1	mg/kg TS	1	1	KARO
Pb	678	18	mg/kg TS	1	1	KARO
Zn	975	25	mg/kg TS	1	1	KARO
Monobutyltinnkation	51	6.6	µg/kg TS	2	2	KARO
Dibutyltinnkation	210	27	µg/kg TS	2	2	KARO
Tributyltinnkation	540	70	µg/kg TS	2	2	KARO
Tørrstoff (G)	34.8		%	3	2	KARO
Skeletonema org.ekstraksjon*	500		g sed./l	3	2	KARO
Skeletonema org.ekstraksjon*	2.0		TU	3	2	KARO
Skeletonema i porevann*	<1		TU	3	2	KARO
Skeletonema prep*	Ok			4	2	KARO



Deres prøvenavn	BL.VÅG 2 Sed					
Labnummer	N00205316					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Dr Calux*	740	190	ng TEQ/kg TS	5	2	JIBJ
Arenicola marina*	-----		se vedl.	6	2	KARO



Deres prøvenavn	BL.VÅG 3					
	Sed					
Labnummer	N00205317					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (G)	41.7		%	1	1	KARO
Vanninnhold*	58.3		%	1	1	KARO
Kornstørrelse <63 µm	60.8		% TS	1	1	KARO
Kornstørrelse <2 µm	6.0		% TS	1	1	KARO
TOC	7.6		% TS	1	1	KARO
Naftalen	0.79	0.16	mg/kg TS	1	1	KARO
Acenaftalen	0.41	0.081	mg/kg TS	1	1	KARO
Acenaften	0.48	0.095	mg/kg TS	1	1	KARO
Fluoren	0.67	0.13	mg/kg TS	1	1	KARO
Fenantren	6.5	1.3	mg/kg TS	1	1	KARO
Antracen	1.8	0.36	mg/kg TS	1	1	KARO
Fluoranten	12	2.4	mg/kg TS	1	1	KARO
Pyren	12	2.4	mg/kg TS	1	1	KARO
Benso(a)antracen^	6.2	1.2	mg/kg TS	1	1	KARO
Krysen^	5.0	0.99	mg/kg TS	1	1	KARO
Benso(b)fluoranten^	11	2.2	mg/kg TS	1	1	KARO
Benso(k)fluoranten^	4.6	0.91	mg/kg TS	1	1	KARO
Benso(a)pyren^	11	2.2	mg/kg TS	1	1	KARO
Dibenso(ah)antracen^	1.3	0.26	mg/kg TS	1	1	KARO
Benso(ghi)perylene	5.8	1.1	mg/kg TS	1	1	KARO
Indeno(123cd)pyren^	5.5	1.1	mg/kg TS	1	1	KARO
Sum PAH-16*	85.1		mg/kg TS	1	1	KARO
Sum PAH carcinogene^*	44.6		mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 28	<0.50		mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 52	0.043	0.0083	mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 101	0.11	0.021	mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 118	0.10	0.019	mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 138	0.13	0.025	mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 153	0.14	0.027	mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 180	0.082	0.016	mg/kg TS	1	1	KARO
Sum PCB-7*	0.605		mg/kg TS	1	1	KARO
As	24	0.29	mg/kg TS	1	1	KARO
Cd	1.9	0.057	mg/kg TS	1	1	KARO
Cr	73	5.7	mg/kg TS	1	1	KARO
Cu	274		mg/kg TS	1	1	KARO
Hg	6.5	0.20	mg/kg TS	1	1	KARO
Ni	24	1.8	mg/kg TS	1	1	KARO
Pb	413	11	mg/kg TS	1	1	KARO
Zn	668	17	mg/kg TS	1	1	KARO
Monobutyltinnkation	57	7.4	µg/kg TS	2	2	KARO
Dibutyltinnkation	220	29	µg/kg TS	2	2	KARO
Tributyltinnkation	700	91	µg/kg TS	2	2	KARO
Tørrstoff (G)	41.7		%	3	2	KARO
Skeletonema org.ekstraksjon*	1000		g sed./l	3	2	KARO
Skeletonema org.ekstraksjon*	1.0		TU	3	2	KARO
Skeletonema i porevann*	<1		TU	3	2	KARO
Skeletonema prep*	Ok			4	2	KARO



Deres prøvenavn	BL.VÅG 3 Sed					
Labnummer	N00205317					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Dr Calux*	840	220	ng TEQ/kg TS	5	2	JIBJ
Arenicola marina*	-----		se vedl.	6	2	KARO



Deres prøvenavn	BL.VÅG 4					
	Sed					
Labnummer	N00205318					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (G)	78.6		%	1	1	KARO
Vanninnhold*	21.4		%	1	1	KARO
Kornstørrelse <63 µm	4.2		% TS	1	1	KARO
Kornstørrelse <2 µm	-		% TS	1	1	KARO
TOC	0.63		% TS	1	1	KARO
Naftalen	0.088	0.017	mg/kg TS	1	1	KARO
Acenaftalen	0.041	0.0081	mg/kg TS	1	1	KARO
Acenaften	<0.050		mg/kg TS	1	1	KARO
Fluoren	0.095	0.019	mg/kg TS	1	1	KARO
Fenantren	1.1	0.22	mg/kg TS	1	1	KARO
Antracen	0.17	0.034	mg/kg TS	1	1	KARO
Fluoranten	1.9	0.38	mg/kg TS	1	1	KARO
Pyren	1.5	0.30	mg/kg TS	1	1	KARO
Benso(a)antracen^	0.83	0.16	mg/kg TS	1	1	KARO
Krysen^	0.76	0.15	mg/kg TS	1	1	KARO
Benso(b)fluoranten^	0.88	0.17	mg/kg TS	1	1	KARO
Benso(k)fluoranten^	0.45	0.089	mg/kg TS	1	1	KARO
Benso(a)pyren^	0.84	0.17	mg/kg TS	1	1	KARO
Dibenso(ah)antracen^	0.15	0.030	mg/kg TS	1	1	KARO
Benso(ghi)perylene	0.53	0.10	mg/kg TS	1	1	KARO
Indeno(123cd)pyren^	0.64	0.13	mg/kg TS	1	1	KARO
Sum PAH-16*	9.97		mg/kg TS	1	1	KARO
Sum PAH carcinogene^*	4.55		mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 28	0.0020	0.00038	mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 52	0.0022	0.00042	mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 101	0.0036	0.00069	mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 118	0.0038	0.00073	mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 138	0.0037	0.00071	mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 153	0.0041	0.00079	mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 180	0.0020	0.00038	mg/kg TS	1	1	KARO
Sum PCB-7*	0.0214		mg/kg TS	1	1	KARO
As	5.2	0.062	mg/kg TS	1	1	KARO
Cd	0.24	0.0072	mg/kg TS	1	1	KARO
Cr	18	0.32	mg/kg TS	1	1	KARO
Cu	40		mg/kg TS	1	1	KARO
Hg	1.2	0.036	mg/kg TS	1	1	KARO
Ni	8.3	0.63	mg/kg TS	1	1	KARO
Pb	120	3.1	mg/kg TS	1	1	KARO
Zn	183	4.8	mg/kg TS	1	1	KARO
Monobutyltinnkation	6.9	0.90	µg/kg TS	2	2	KARO
Dibutyltinnkation	23	3.0	µg/kg TS	2	2	KARO
Tributyltinnkation	97	13	µg/kg TS	2	2	KARO
Tørrstoff (G)	78.6		%	3	2	KARO
Skeletonema org.ekstraksjon*	6600		g sed./l	3	2	KARO
Skeletonema org.ekstraksjon*	0.15		TU	3	2	KARO
Skeletonema i porevann*	<1		TU	3	2	KARO
Skeletonema prep*	Ok			4	2	KARO



Deres prøvenavn	BL.VÅG 4 Sed					
Labnummer	N00205318					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Dr Calux*	240	62	ng TEQ/kg TS	5	2	JIBJ
Ikke nok materiale til <2 µm fraksjon.						



Deres prøvenavn	BL.VÅG 5					
	Sed					
Labnummer	N00205319					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (G)	62.1		%	1	1	KARO
Vanninnhold*	31.9		%	1	1	KARO
Kornstørrelse <63 µm	22.4		% TS	1	1	KARO
Kornstørrelse <2 µm	2.3		% TS	1	1	KARO
TOC	5.7		% TS	1	1	KARO
Naftalen	0.27	0.053	mg/kg TS	1	1	KARO
Acenaftalen	0.14	0.028	mg/kg TS	1	1	KARO
Acenaften	0.071	0.014	mg/kg TS	1	1	KARO
Fluoren	0.15	0.030	mg/kg TS	1	1	KARO
Fenantren	2.3	0.46	mg/kg TS	1	1	KARO
Antracen	0.55	0.11	mg/kg TS	1	1	KARO
Fluoranten	6.1	1.2	mg/kg TS	1	1	KARO
Pyren	5.8	1.1	mg/kg TS	1	1	KARO
Benso(a)antracen^	3.4	0.67	mg/kg TS	1	1	KARO
Krysen^	3.1	0.61	mg/kg TS	1	1	KARO
Benso(b)fluoranten^	6.3	1.2	mg/kg TS	1	1	KARO
Benso(k)fluoranten^	2.4	0.48	mg/kg TS	1	1	KARO
Benso(a)pyren^	5.8	1.1	mg/kg TS	1	1	KARO
Dibenso(ah)antracen^	0.92	0.18	mg/kg TS	1	1	KARO
Benso(ghi)perylene	3.7	0.73	mg/kg TS	1	1	KARO
Indeno(123cd)pyren^	3.9	0.77	mg/kg TS	1	1	KARO
Sum PAH-16*	44.9		mg/kg TS	1	1	KARO
Sum PAH carcinogene^*	25.8		mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 28	<0.50		mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 52	0.0040	0.00077	mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 101	0.015	0.0029	mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 118	0.019	0.0036	mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 138	0.031	0.0060	mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 153	0.029	0.0056	mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 180	0.019	0.0036	mg/kg TS	1	1	KARO
Sum PCB-7*	0.117		mg/kg TS	1	1	KARO
As	17	0.20	mg/kg TS	1	1	KARO
Cd	2.1	0.063	mg/kg TS	1	1	KARO
Cr	33	0.59	mg/kg TS	1	1	KARO
Cu	129		mg/kg TS	1	1	KARO
Hg	2.9	0.087	mg/kg TS	1	1	KARO
Ni	16	1.2	mg/kg TS	1	1	KARO
Pb	208	5.4	mg/kg TS	1	1	KARO
Zn	1480	38	mg/kg TS	1	1	KARO
Monobutyltinnkation	30	3.9	µg/kg TS	2	2	KARO
Dibutyltinnkation	130	17	µg/kg TS	2	2	KARO
Tributyltinnkation	300	39	µg/kg TS	2	2	KARO
Tørrstoff (G)	62.1		%	3	2	KARO
Skeletonema org.ekstraksjon*	1200		g sed./l	3	2	KARO
Skeletonema org.ekstraksjon*	0.83		TU	3	2	KARO
Skeletonema i porevann*	<1		TU	3	2	KARO
Skeletonema prep*	Ok			4	2	KARO



Deres prøvenavn	BL.VÅG 5 Sed					
Labnummer	N00205319					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Dr Calux*	<0.60		ng TEQ/kg TS	5	2	JIBJ
Arenicola marina*	-----		se vedl.	6	2	KARO

Deres prøvenavn	Bland VÅG 4A+VÅG 4B Sed					
Labnummer	N00205320					
Analyse	Resultater	Enhet	Metode	Utført	Sign	
Arenicola marina*	-----	se vedl.	6	2	KARO	



Deres prøvenavn	VÅG h1					
	Sed					
Labnummer	N00205321					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrestoff (G)	65.1		%	1	1	KARO
Vanninnhold*	34.9		%	1	1	KARO
Kornstørrelse <63 µm	16.4		% TS	1	1	KARO
Kornstørrelse <2 µm	-		% TS	1	1	KARO
TOC	6.2		% TS	1	1	KARO
Naftalen	0.38	0.075	mg/kg TS	1	1	KARO
Acenaftalen	0.52	0.10	mg/kg TS	1	1	KARO
Acenaften	0.23	0.046	mg/kg TS	1	1	KARO
Fluoren	0.51	0.10	mg/kg TS	1	1	KARO
Fenantren	8.6	1.7	mg/kg TS	1	1	KARO
Antracen	1.4	0.28	mg/kg TS	1	1	KARO
Fluoranten	17	3.4	mg/kg TS	1	1	KARO
Pyren	14	2.8	mg/kg TS	1	1	KARO
Benso(a)antracen[^]	7.2	1.4	mg/kg TS	1	1	KARO
Krysen[^]	6.3	1.2	mg/kg TS	1	1	KARO
Benso(b)fluoranten[^]	11	2.2	mg/kg TS	1	1	KARO
Benso(k)fluoranten[^]	4.6	0.91	mg/kg TS	1	1	KARO
Benso(a)pyren[^]	11	2.2	mg/kg TS	1	1	KARO
Dibenso(ah)antracen[^]	1.5	0.30	mg/kg TS	1	1	KARO
Benso(ghi)perylene	5.7	1.1	mg/kg TS	1	1	KARO
Indeno(123cd)pyren[^]	6.1	1.2	mg/kg TS	1	1	KARO
Sum PAH-16*	96.0		mg/kg TS	1	1	KARO
Sum PAH carcinogene^{^*}	47.7		mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 28	<0.10		mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 52	0.0023	0.00044	mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 101	0.0083	0.0016	mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 118	0.0069	0.0013	mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 138	0.014	0.0027	mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 153	0.017	0.0033	mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 180	0.013	0.0025	mg/kg TS	1	1	KARO
Sum PCB-7*	0.0615		mg/kg TS	1	1	KARO
As	24	0.29	mg/kg TS	1	1	KARO
Cd	1.7	0.051	mg/kg TS	1	1	KARO
Cr	49	0.88	mg/kg TS	1	1	KARO
Cu	358		mg/kg TS	1	1	KARO
Hg	3.4	0.10	mg/kg TS	1	1	KARO
Ni	27	2.1	mg/kg TS	1	1	KARO
Pb	544	14	mg/kg TS	1	1	KARO
Zn	756	20	mg/kg TS	1	1	KARO
Monobutyltinnkation	47	6.1	µg/kg TS	2	2	KARO
Dibutyltinnkation	120	16	µg/kg TS	2	2	KARO
Tributyltinnkation	3100	400	µg/kg TS	2	2	KARO
Ikke nok materiale til <2 µm fraksjon.						



Deres prøvenavn	VÅG h3 Sed					
Labnummer	N00205322					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (G)	64.0		%	1	1	KARO
Vanninnhold*	36.0		%	1	1	KARO
Kornstørrelse <63 µm	5.9		% TS	1	1	KARO
Kornstørrelse <2 µm	-		% TS	1	1	KARO
TOC	2.7		% TS	1	1	KARO
Naftalen	0.33	0.065	mg/kg TS	1	1	KARO
Acenaftylen	0.14	0.028	mg/kg TS	1	1	KARO
Acenaften	0.15	0.030	mg/kg TS	1	1	KARO
Fluoren	0.36	0.071	mg/kg TS	1	1	KARO
Fenantren	4.1	0.81	mg/kg TS	1	1	KARO
Antracen	0.59	0.12	mg/kg TS	1	1	KARO
Fluoranten	6.3	1.2	mg/kg TS	1	1	KARO
Pyren	5.3	1.0	mg/kg TS	1	1	KARO
Benso(a)antracen[^]	2.5	0.50	mg/kg TS	1	1	KARO
Krysen[^]	2.2	0.44	mg/kg TS	1	1	KARO
Benso(b)fluoranten[^]	3.9	0.77	mg/kg TS	1	1	KARO
Benso(k)fluoranten[^]	1.5	0.30	mg/kg TS	1	1	KARO
Benso(a)pyren[^]	3.6	0.71	mg/kg TS	1	1	KARO
Dibenso(ah)antracen[^]	0.52	0.10	mg/kg TS	1	1	KARO
Benso(ghi)perylene	2.0	0.40	mg/kg TS	1	1	KARO
Indeno(123cd)pyren[^]	2.2	0.44	mg/kg TS	1	1	KARO
Sum PAH-16*	35.7		mg/kg TS	1	1	KARO
Sum PAH carcinogene^{^*}	16.4		mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 28	<0.50		mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 52	0.0044	0.00084	mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 101	0.011	0.0021	mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 118	0.0097	0.0019	mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 138	0.011	0.0021	mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 153	0.012	0.0023	mg/kg TS	1	1	KARO
PCB 180	0.0061	0.0012	mg/kg TS	1	1	KARO
Sum PCB-7*	0.0542		mg/kg TS	1	1	KARO
As	19	0.23	mg/kg TS	1	1	KARO
Cd	1.2	0.036	mg/kg TS	1	1	KARO
Cr	40	0.72	mg/kg TS	1	1	KARO
Cu	368		mg/kg TS	1	1	KARO
Hg	2.0	0.060	mg/kg TS	1	1	KARO
Ni	16	1.2	mg/kg TS	1	1	KARO
Pb	247	6.4	mg/kg TS	1	1	KARO
Zn	1060	28	mg/kg TS	1	1	KARO
Monobutyltinnkation	19	2.5	µg/kg TS	2	2	KARO
Dibutyltinnkation	120	16	µg/kg TS	2	2	KARO
Tributyltinnkation	1100	140	µg/kg TS	2	2	KARO
Ikke nok materiale til <2 µm fraksjon.						



* etter parameternavn indikerer uakkreditert analyse.

Metodespesifikasjon															
1	<p>Analyse av sediment basispakke del 1</p> <p>Bestemmelse av Vanninnhold</p> <p>Metode: DIN ISO 11465 Kvantifikasjonsgrense: 0,10 % TS</p> <p>Bestemmelse av Kornfordeling (<2 µm og <63 µm)</p> <p>Metode: DIN 18123</p> <p>Bestemmelse av TOC</p> <p>Metode: DIN ISO 10694 Kvantifikasjonsgrenser: 0,05 %TS</p> <p>Bestemmelse av polisykliske aromatiske hydrokarboner, PAH-16</p> <p>Metode: GC/MSD Ekstraksjon: Aceton/heksan med Soxhlet eller SE Rensing: SiOH-kolonne om nødvendig Deteksjon og kvantifisering: GC/MSD Kvantifikasjonsgrenser: 0,050 mg/kg TS</p> <p>Analyse av polyklorerte bifenyler (PCB)</p> <p>Metode: E DIN ISO 10382 Ekstraksjon: Aceton/heksan/sykloheksan med Soxhlet eller SE Rensing: SiOH-kolonne om nødvendig Deteksjon og kvantifisering: GC-MSD Kvantifikasjonsgrenser: 0,1 µg/kg TS</p> <p>Bestemmelse av tinnorganiske forbindelser</p> <p>Metode: DIN 19744 Ekstraksjon: Metanol/heksan Rensing: Alumina Derivatisering: Na tetraetyl borat (NaBEt4) Deteksjon og kvantifisering: GC-AED Kvantifikasjonsgrenser: 1 µg/kg TS</p> <p>Bestemmelse av tungmetaller</p> <p>Metode: DIN EN ISO 17294-2 (E29) Deteksjon og kvantifisering: Plasme-emisjonsspektrometri (ICP-AES) Kvantifikasjonsgrenser:</p> <table border="0"> <tr><td>Pb</td><td>1 mg/kg TS</td></tr> <tr><td>Cd</td><td>0,1 mg/kg TS</td></tr> <tr><td>Cr</td><td>1 mg/kg TS</td></tr> <tr><td>Cu</td><td>1 mg/kg TS</td></tr> <tr><td>Ni</td><td>1 mg/kg TS</td></tr> <tr><td>Hg</td><td>0,1 mg/kg TS</td></tr> <tr><td>Zn</td><td>1 mg/kg TS</td></tr> </table>	Pb	1 mg/kg TS	Cd	0,1 mg/kg TS	Cr	1 mg/kg TS	Cu	1 mg/kg TS	Ni	1 mg/kg TS	Hg	0,1 mg/kg TS	Zn	1 mg/kg TS
Pb	1 mg/kg TS														
Cd	0,1 mg/kg TS														
Cr	1 mg/kg TS														
Cu	1 mg/kg TS														
Ni	1 mg/kg TS														
Hg	0,1 mg/kg TS														
Zn	1 mg/kg TS														



Metodespesifikasjon	
	As 1 mg/kg TS
2	Bestemmelse av Sedimentpakke-del 2. Tinnorganiske forbindelser. Metode: DIN ISO 23161 Ekstraksjon: Metanol/heksan Rensing: Alumina Derivatisering: Na tetraetyl borat (NaBEt4) Deteksjon og kvantifisering: GC-AED Kvantifikasjonsgrenser: 1 µg/kg TS
3	Bestemmelse av Skeletonema (maritim algevekst) Metode (Organisk ekstrakt / Porevann): ISO 10253 Utførende laboratorium: Bio Detection Systems B.V.
4	Prøvepreparering for Skeletonema analyse Ekstraksjon med aceton og hexan benyttes
5	Bestemmelse av Dr Calux TEQ Metode (Organisk ekstrakt): Bioassay test Utførende laboratorium: Bio Detection Systems B.V.
6	Sediment tox-test med Polychaeta Arenicola marina Metode: ICES TIMES No.29

Godkjenner	
JIBJ	Jan Inge Bjørnengen
KARO	Karoline Rod

Underleverandør ¹	
1	Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige Akkreditering: SWEDAC, registreringsnr. 2030
2	Ansvarlig laboratorium: GBA, Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Tyskland

¹ Utførende teknisk enhet (innen ALS Laboratory Group) eller eksternt laboratorium (underleverandør).



Underleverandør¹	
Lokalisering av andre GBA laboratorier:	
Hildesheim	Daimlerring 37, 31135 Hildesheim
Gelsenkirchen	Wiedehopfstraße 30, 45892 Gelsenkirchen
Freiberg	Meißner Ring 3, 09599 Freiberg
Hameln:	Brekelbaumstraße 1, 31789 Hameln
Hamburg:	Goldschmidstraße 5, 21073 Hamburg
Akkreditering:	DAkks, registreringsnr. D-PL-14170-01-00
Kontakt ALS Laboratory Group Norge, for ytterligere informasjon	

Måleusikkerheten angis som en utvidet måleusikkerhet (etter definisjon i "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", ISO, Geneva, Switzerland 1993) beregnet med en dekningsfaktor på 2 noe som gir et konfidensinterval på om lag 95%.

Måleusikkerhet fra underleverandører angis ofte som en utvidet usikkerhet beregnet med dekningsfaktor 2. For ytterligere informasjon, kontakt laboratoriet.

Denne rapporten får kun gjengis i sin helhet, om ikke utførende laboratorium på forhånd har skriftlig godkjent annet.

Angående laboratoriets ansvar i forbindelse med oppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webside www.alsglobal.no

Den digitalt signert PDF-fil representerer den opprinnelige rapporten. Eventuelle utskrifter er å anse som kopier.

v/ COWI
v/ Ane Gjesdal
Solheimsgaten 13

5892 Bergen

Oslo, 2012-08-29

Hovedkontor:
Pb. 3930 Ullevål Stadion
0806 Oslo

Avd Trondheim:
Pb. 1230 Pirsenteret
7462 Trondheim

T 22 02 30 00
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281
Org. nr 958 254 318 MVA

ngi@ngi.no
www.ngi.no

62003 Analyseresultater fra NGI miljølaboratorium

Prosjektnavn: Laboratorieundersøkelser AVS/SEM
Prosjektnummer: 20120630 -
Prøvetype: Sediment
Antall prøver: 10
Mottatt dato: 15.06.2012
Anmerkninger: SEM rapporteres som ALS analyserapport.

Følgende analyser har blitt utført:

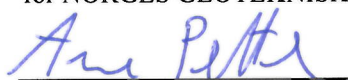
Parameter	Intern pros. MLP	MLP basert på	Akkreditert	Måleområde	Analysedato
Vanninnhold	005	NS 8013	Ja	1-50 vekt %	2012.06.26-2012.06.27
AVS/SEM		Intern metode	Nei	Begrenset av det.gr.	2012.06.27-2012.06.28

Usikkerhet oppgis ved henvendelse til laboratoriet

Denne rapporten er ikke komplett uten rapport fra ALS Laboratory Group Norway AS, hvor opplysninger vedrørende akkrediteringsstatus for enkeltforbindelser er oppgitt.

Resultatene i vedleggene gjelder utelukkende den prøve som er oppgitt på arket.
Rapporten skal ikke gjengis i utdrag uten skriftlig godkjenning fra laboratoriet. Resultatene kan derimot benyttes av NGIs prosjektleder i eventuell videre rapportering til NGIs eksterne kunder

Vennlig hilsen
for NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT


Arne Pettersen
Teknisk leder miljølaboratorium


Rapportansvarlig miljølaboratorium

Vanninnhold MLP 005 (NS 8013)

Prosjektnr.: 20120630

Prosjekttittel: Labundersøkelser AVS/SEM

Intern referanse:

Dato/contr.:

29/8-12 AP

Prøvenavn	Vanninnhold (% av tørrstoff)	Tørrstoff ts%
Våg 1B 0-8	122	45,0
Våg 1B 4-12	123	44,8
Våg 2D 0-8	190	34,5
Våg 2D 4-12	138	42,0
Våg 3E 0-8	185	35,1
Våg 3E 4-12	169	37,1
Våg 4C 0-8a	29	77,4
Våg 4C 0-8b	25	79,7
Våg 5B 0-8a	121	45,3
Våg 5B 0-8b	101	49,8

Kommentarer

Vanninnholdet er beregnet i forhold til mengde tørr prøve.



AVS/SEM

Prosjektnr.: 20120630

Prosjekttittel: Labundersøkelser AVS/SEM

Intern referanse:

Dato/kontr.: 29/8-12 AP

Prøvenavn	AVS µmol Sulfid /gTS
Våg 1B 0-8	30,86
Våg 1B 4-12	42,19
Våg 2D 0-8	117,09
Våg 2D 4-12	87,98
Våg 3E 0-8	204,80
Våg 3E 4-12	90,95
Våg 4C 0-8a	8,01
Våg 4C 0-8b	5,68
Våg 5B 0-8a	98,74
Våg 5B 0-8b	85,06

Kommentarer



Prosjekt **Bestemmelse av AVS/SEM**
 Bestnr **20120630**
 Registrert **2012-08-29**
 Utstedt **2012-09-04**

NGI
Arne Pettersen
Miljøgeologi
Box 3930 Ullevål Stadion
N-0806 Oslo
Norge

Analyse av vann

Deres prøvenavn	SEM C1					
	Eluat					
Labnummer	N00214975					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (\pm)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Ca	42.1	5.0	mg/l	1	E	CHLP
Fe	51.8	6.8	mg/l	1	E	CHLP
K	11.8	1.5	mg/l	1	E	CHLP
Mg	25.4	3.1	mg/l	1	E	CHLP
Na	83.8	11.1	mg/l	1	E	CHLP
Al	20300	2950	μ g/l	1	E	CHLP
Ba	1770	217	μ g/l	1	E	CHLP
Cd	10.2	2.0	μ g/l	1	H	CHLP
Co	11.5	2.4	μ g/l	1	H	CHLP
Cr	156	19	μ g/l	1	E	CHLP
Cu	1190	147	μ g/l	1	E	CHLP
Hg	0.664	0.068	μ g/l	1	F	CHLP
Mn	648	78	μ g/l	1	E	CHLP
Mo	4.83	1.00	μ g/l	1	H	CHLP
Ni	42.8	5.4	μ g/l	1	E	CHLP
Pb	2100	253	μ g/l	1	E	CHLP
P	7710	920	μ g/l	1	E	CHLP
Si	23.6	3.4	mg/l	1	E	CHLP
Sr	358	44	μ g/l	1	E	CHLP
Zn	3750	541	μ g/l	1	E	CHLP



Deres prøvenavn		SEM C2				
		Eluat				
Labnummer		N00214976				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (\pm)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Ca	60.8	7.3	mg/l	1	E	CHLP
Fe	34.6	4.6	mg/l	1	E	CHLP
K	8.49	1.04	mg/l	1	E	CHLP
Mg	18.5	2.3	mg/l	1	E	CHLP
Na	55.7	7.4	mg/l	1	E	CHLP
Al	17100	2480	μ g/l	1	E	CHLP
Ba	2220	272	μ g/l	1	E	CHLP
Cd	17.7	3.4	μ g/l	1	H	CHLP
Co	10.3	2.2	μ g/l	1	H	CHLP
Cr	93.9	11.3	μ g/l	1	E	CHLP
Cu	222	28	μ g/l	1	E	CHLP
Hg	0.945	0.097	μ g/l	1	F	CHLP
Mn	604	73	μ g/l	1	E	CHLP
Mo	0.722	0.159	μ g/l	1	H	CHLP
Ni	33.1	4.2	μ g/l	1	E	CHLP
Pb	3770	455	μ g/l	1	E	CHLP
P	13600	1640	μ g/l	1	E	CHLP
Si	19.4	2.8	mg/l	1	E	CHLP
Sr	533	66	μ g/l	1	E	CHLP
Zn	34800	5030	μ g/l	1	E	CHLP

Deres prøvenavn		SEM C3				
		Eluat				
Labnummer		N00214977				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (\pm)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Ca	43.9	5.2	mg/l	1	E	CHLP
Fe	36.0	4.8	mg/l	1	E	CHLP
K	10.3	1.3	mg/l	1	E	CHLP
Mg	23.8	2.9	mg/l	1	E	CHLP
Na	77.7	10.3	mg/l	1	E	CHLP
Al	20000	2890	μ g/l	1	E	CHLP
Ba	2300	282	μ g/l	1	E	CHLP
Cd	9.92	1.92	μ g/l	1	H	CHLP
Co	12.3	2.6	μ g/l	1	H	CHLP
Cr	123	15	μ g/l	1	E	CHLP
Cu	1050	130	μ g/l	1	E	CHLP
Hg	1.28	0.13	μ g/l	1	F	CHLP
Mn	590	72	μ g/l	1	E	CHLP
Mo	6.08	1.27	μ g/l	1	H	CHLP
Ni	44.6	5.7	μ g/l	1	E	CHLP
Pb	2360	283	μ g/l	1	E	CHLP
P	11500	1380	μ g/l	1	E	CHLP
Si	22.8	3.3	mg/l	1	E	CHLP
Sr	414	51	μ g/l	1	E	CHLP
Zn	4800	695	μ g/l	1	E	CHLP



Deres prøvenavn		SEM C4				
		Eluat				
Labnummer		N00214978				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (\pm)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Ca	40.6	4.9	mg/l	1	E	CHLP
Fe	44.4	5.9	mg/l	1	E	CHLP
K	12.1	1.5	mg/l	1	E	CHLP
Mg	24.9	3.1	mg/l	1	E	CHLP
Na	68.4	9.1	mg/l	1	E	CHLP
Al	22100	3200	μ g/l	1	E	CHLP
Ba	2380	291	μ g/l	1	E	CHLP
Cd	17.1	3.3	μ g/l	1	H	CHLP
Co	13.8	2.9	μ g/l	1	H	CHLP
Cr	219	26	μ g/l	1	E	CHLP
Cu	1420	176	μ g/l	1	E	CHLP
Hg	1.60	0.16	μ g/l	1	F	CHLP
Mn	1010	122	μ g/l	1	E	CHLP
Mo	11.1	2.3	μ g/l	1	H	CHLP
Ni	48.9	6.1	μ g/l	1	E	CHLP
Pb	2520	303	μ g/l	1	E	CHLP
P	8030	963	μ g/l	1	E	CHLP
Si	28.3	4.1	mg/l	1	E	CHLP
Sr	347	43	μ g/l	1	E	CHLP
Zn	5730	827	μ g/l	1	E	CHLP

Deres prøvenavn		SEM C5				
		Eluat				
Labnummer		N00214979				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (\pm)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Ca	97.1	11.6	mg/l	1	E	CHLP
Fe	52.9	7.0	mg/l	1	E	CHLP
K	10.5	1.3	mg/l	1	E	CHLP
Mg	23.4	2.9	mg/l	1	E	CHLP
Na	77.7	10.3	mg/l	1	E	CHLP
Al	18900	2730	μ g/l	1	E	CHLP
Ba	1630	200	μ g/l	1	E	CHLP
Cd	5.20	1.00	μ g/l	1	H	CHLP
Co	11.0	2.3	μ g/l	1	H	CHLP
Cr	125	15	μ g/l	1	E	CHLP
Cu	1110	137	μ g/l	1	E	CHLP
Hg	0.985	0.101	μ g/l	1	F	CHLP
Mn	479	58	μ g/l	1	E	CHLP
Mo	6.08	1.26	μ g/l	1	H	CHLP
Ni	36.6	4.7	μ g/l	1	E	CHLP
Pb	1830	222	μ g/l	1	E	CHLP
P	5970	715	μ g/l	1	E	CHLP
Si	25.3	3.7	mg/l	1	E	CHLP
Sr	536	67	μ g/l	1	E	CHLP
Zn	2200	319	μ g/l	1	E	CHLP



Deres prøvenavn		SEM C6				
		Eluat				
Labnummer		N00214980				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (\pm)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Ca	100	12	mg/l	1	E	CHLP
Fe	54.7	7.2	mg/l	1	E	CHLP
K	13.1	1.6	mg/l	1	E	CHLP
Mg	27.1	3.3	mg/l	1	E	CHLP
Na	77.0	10.2	mg/l	1	E	CHLP
Al	25500	3700	μ g/l	1	E	CHLP
Ba	2130	261	μ g/l	1	E	CHLP
Cd	12.6	2.4	μ g/l	1	H	CHLP
Co	16.7	3.5	μ g/l	1	H	CHLP
Cr	159	19	μ g/l	1	E	CHLP
Cu	1380	171	μ g/l	1	E	CHLP
Hg	1.83	0.19	μ g/l	1	F	CHLP
Mn	670	81	μ g/l	1	E	CHLP
Mo	11.6	2.4	μ g/l	1	H	CHLP
Ni	52.4	6.5	μ g/l	1	E	CHLP
Pb	1840	221	μ g/l	1	E	CHLP
P	7780	938	μ g/l	1	E	CHLP
Si	32.8	4.7	mg/l	1	E	CHLP
Sr	563	70	μ g/l	1	E	CHLP
Zn	3950	573	μ g/l	1	E	CHLP

Deres prøvenavn		SEM C7				
		Eluat				
Labnummer		N00214981				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (\pm)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Ca	448	54	mg/l	1	E	CHLP
Fe	28.4	3.7	mg/l	1	E	CHLP
K	6.36	0.79	mg/l	1	E	CHLP
Mg	16.7	2.1	mg/l	1	E	CHLP
Na	32.8	4.4	mg/l	1	E	CHLP
Al	8590	1250	μ g/l	1	E	CHLP
Ba	380	47	μ g/l	1	E	CHLP
Cd	0.555	0.125	μ g/l	1	H	CHLP
Co	18.9	4.0	μ g/l	1	H	CHLP
Cr	45.8	5.7	μ g/l	1	E	CHLP
Cu	119	15	μ g/l	1	E	CHLP
Hg	0.573	0.059	μ g/l	1	F	CHLP
Mn	530	64	μ g/l	1	E	CHLP
Mo	2.26	0.48	μ g/l	1	H	CHLP
Ni	24.5	3.4	μ g/l	1	E	CHLP
Pb	1050	126	μ g/l	1	E	CHLP
P	2740	329	μ g/l	1	E	CHLP
Si	10.1	1.5	mg/l	1	E	CHLP
Sr	2170	270	μ g/l	1	E	CHLP
Zn	651	94	μ g/l	1	E	CHLP



Deres prøvenavn		SEM C8				
		Eluat				
Labnummer		N00214982				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (\pm)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Ca	225	27	mg/l	1	E	CHLP
Fe	20.9	2.8	mg/l	1	E	CHLP
K	5.57	0.69	mg/l	1	E	CHLP
Mg	10.8	1.3	mg/l	1	E	CHLP
Na	28.3	3.8	mg/l	1	E	CHLP
Al	10700	1550	μ g/l	1	E	CHLP
Ba	226	28	μ g/l	1	E	CHLP
Cd	0.629	0.127	μ g/l	1	H	CHLP
Co	11.7	2.5	μ g/l	1	H	CHLP
Cr	36.3	4.8	μ g/l	1	E	CHLP
Cu	133	17	μ g/l	1	E	CHLP
Hg	0.394	0.041	μ g/l	1	F	CHLP
Mn	613	74	μ g/l	1	E	CHLP
Mo	2.13	0.44	μ g/l	1	H	CHLP
Ni	21.9	2.9	μ g/l	1	E	CHLP
Pb	805	97	μ g/l	1	E	CHLP
P	3830	459	μ g/l	1	E	CHLP
Si	11.8	1.7	mg/l	1	E	CHLP
Sr	1240	154	μ g/l	1	E	CHLP
Zn	447	65	μ g/l	1	E	CHLP

Deres prøvenavn		SEM C9				
		Eluat				
Labnummer		N00214983				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (\pm)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Ca	83.6	10.0	mg/l	1	E	CHLP
Fe	44.9	5.9	mg/l	1	E	CHLP
K	9.66	1.19	mg/l	1	E	CHLP
Mg	20.7	2.6	mg/l	1	E	CHLP
Na	72.7	9.7	mg/l	1	E	CHLP
Al	17500	2540	μ g/l	1	E	CHLP
Ba	2680	328	μ g/l	1	E	CHLP
Cd	12.0	2.3	μ g/l	1	H	CHLP
Co	10.1	2.1	μ g/l	1	H	CHLP
Cr	180	21	μ g/l	1	E	CHLP
Cu	771	96	μ g/l	1	E	CHLP
Hg	1.54	0.16	μ g/l	1	F	CHLP
Mn	556	67	μ g/l	1	E	CHLP
Mo	5.48	1.14	μ g/l	1	H	CHLP
Ni	40.3	5.1	μ g/l	1	E	CHLP
Pb	2570	310	μ g/l	1	E	CHLP
P	7530	901	μ g/l	1	E	CHLP
Si	19.1	2.8	mg/l	1	E	CHLP
Sr	553	69	μ g/l	1	E	CHLP
Zn	4750	687	μ g/l	1	E	CHLP



Deres prøvenavn		SEM C10				
		Eluat				
Labnummer		N00214984				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (\pm)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Ca	99.3	11.9	mg/l	1	E	CHLP
Fe	44.2	5.8	mg/l	1	E	CHLP
K	9.02	1.11	mg/l	1	E	CHLP
Mg	18.8	2.3	mg/l	1	E	CHLP
Na	65.2	8.7	mg/l	1	E	CHLP
Al	16600	2400	μ g/l	1	E	CHLP
Ba	2500	306	μ g/l	1	E	CHLP
Cd	12.6	2.4	μ g/l	1	H	CHLP
Co	8.63	1.81	μ g/l	1	H	CHLP
Cr	122	15	μ g/l	1	E	CHLP
Cu	646	80	μ g/l	1	E	CHLP
Hg	1.45	0.15	μ g/l	1	F	CHLP
Mn	541	66	μ g/l	1	E	CHLP
Mo	3.23	0.67	μ g/l	1	H	CHLP
Ni	31.5	4.0	μ g/l	1	E	CHLP
Pb	3210	387	μ g/l	1	E	CHLP
P	6340	759	μ g/l	1	E	CHLP
Si	17.8	2.6	mg/l	1	E	CHLP
Sr	572	71	μ g/l	1	E	CHLP
Zn	4490	650	μ g/l	1	E	CHLP

Deres prøvenavn		SEM Blank				
		Eluat				
Labnummer		N00214985				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (\pm)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Ca	0.323	0.042	mg/l	1	E	CHLP
Fe	0.0988	0.0134	mg/l	1	E	CHLP
K	<0.4		mg/l	1	E	CHLP
Mg	<0.09		mg/l	1	E	CHLP
Na	0.842	0.212	mg/l	1	E	CHLP
Al	61.6	12.9	μ g/l	1	H	CHLP
Ba	6.74	0.98	μ g/l	1	E	CHLP
Cd	<0.05		μ g/l	1	H	CHLP
Co	0.122	0.047	μ g/l	1	H	CHLP
Cr	2.52	1.37	μ g/l	1	H	CHLP
Cu	7.04	1.50	μ g/l	1	H	CHLP
Hg	0.0166	0.0018	μ g/l	1	F	CHLP
Mn	2.37	0.50	μ g/l	1	H	CHLP
Mo	0.217	0.073	μ g/l	1	H	CHLP
Ni	2.23	0.56	μ g/l	1	H	CHLP
Pb	2.01	0.40	μ g/l	1	H	CHLP
P	<40		μ g/l	1	H	CHLP
Si	0.136	0.021	mg/l	1	E	CHLP
Sr*	1.21		μ g/l	1	S	CHLP
Zn	150	22	μ g/l	1	E	CHLP



* etter parameternavn indikerer uakkreditert analyse.

Metodespesifikasjon	
1	Analyse av tungmetaller (V-5)
Metode:	EPA metoder (modifisert) 200.7 (ICP-AES) og 200.8 (ICP-SFMS). Analyse av Hg er utført med AFS etter SS-EN 17852:2008.
Forbehandling:	Surgjøring med 1 ml salpetersyre per 100 ml prøve. Gjelder ikke prøver som er surgjort før ankomst til laboratoriet. For analyse av W er prøven ikke surgjort. For analyse av Se er prøven oppløst med HCl i autoklav (120°C) i 30 minutter. For analyse av Ag er prøven konserveret med HCl.

Godkjenner	
CHLP	Cheau Ling Poon

Underleverandør ¹	
E	ICP-AES
Ansvarlig laboratorium:	ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
Akkreditering:	SWEDAC, registreringsnr. 2030
F	AFS
Ansvarlig laboratorium:	ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
Akkreditering:	SWEDAC, registreringsnr. 2030
H	ICP-SFMS
Ansvarlig laboratorium:	ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
Akkreditering:	SWEDAC, registreringsnr. 2030
S	ICP-SFMS
Ansvarlig laboratorium:	ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
Akkreditering:	SWEDAC, registreringsnr. 2030

Måleusikkerheten angis som en utvidet måleusikkerhet (etter definisjon i "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", ISO, Geneva, Switzerland 1993) beregnet med en dekningsfaktor på 2 noe som gir et konfidensintervall på om lag 95%.

Måleusikkerhet fra underleverandører angis ofte som en utvidet usikkerhet beregnet med dekningsfaktor 2. For ytterligere informasjon, kontakt laboratoriet.

Denne rapporten får kun gjengis i sin helhet, om ikke utførende laboratorium på forhånd har skriftlig godkjent annet.

Angående laboratoriets ansvar i forbindelse med oppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webside www.alsglobal.no

Den digitalt signert PDF-fil representerer den opprinnelige rapporten. Eventuelle utskrifter er å anse som kopier.

¹ Utførende teknisk enhet (innen ALS Laboratory Group) eller eksternt laboratorium (underleverandør).

Område:	Vågen, Bergen
Båt:	MS Solvik med skipper Leon Pedersen. Vinsjfører Per Johannessen (12/6)
Prøvetakingsutstyr:	Grab med maks dyp 0,1 m ² , 20 liter. Perforert topp for vanngjennomstrømming når den senkes
Prøvetakere:	COWI ved Silja Oda Solheimslid, Ane Gjesdal
Dato:	11.06.2012
Vær:	Letttskyet, pent
Prøveoppbevaring:	Oppbevart i skygge ombord. BL VÅG 5 frosset om bord. Alt levert til kjøll og frys.
Generelt :	Fine, intakte prøver, velfungerende utstyr

Prøvepunkt	Dato	UTM_X	UTM_Y	Vannndyp (ikke korr. norm vannst.)	Beskrivelse	Lukt	Organismer	Merknader	Foto	Fått alle planlagte prøver
5A	11.06.2012	296679	6701688	8,5 m	1-2 cm fast brungrå sandig topplag, mye skjellrester. Mørkere, plastisk, fast homogent under. Noe skjellfragmenter i hele 0-10cm. Tang	nei	noen sjøstjerner, mark	olje på vannoverflaten ved flere hugg. Fine intakte prøver	x	x
5B	11.06.2012	296708	6701764	15 m flyttet til 13,5 m	Hard bunn. Grovt. Lite finstoff. Mye tomme skjell, glass/flasker, noe tang. Flyttet posisjon mot vest (13,5m dyp). 1-2cm sandig brungrått topplag. Underliggende lag mørkere/svart, plastisk med skjellfragmenter. Tang	svak oljelukt	sjøstjerne, eremittkreps, få mark	Govt, erodert område.	x	x
5C	11.06.2012	296624	6701757	14 m	2-4 cm sandig brun overflate, noe grovt. Mørkere/svart, fast, plastisk, organisk under. Skjellfragmenter. Tang	nei	Heilt stort skjell, eremittkreps, sjøstjerne, litt mark		x	x
Blandprøve VÅG 5	11.06.2012				Blandprøve av 5A,B,C					
4A	11.06.2012	296945	6701615	8,5 m	hard bunn, 2cm brunt sandig topplag. Mørkere sandig under. Mye skjellfragmenter. Tang	nei	litt mark, sjøstjerne	Felt 4 hard bunn. Vanskelig å få nok materiale	x	nei lite matr
4B	11.06.2012	296912	6701707	11,5 m	Hard bunn. Stein. Mye tomme skjell. Sand. 1cm brunt topplag, noe mørkere brunt sandig under Tang	nei	krabbe, eremittkreps, sjøstjerne	Felt 4 hard bunn. Vanskelig å få nok materiale	x	nei lite matr
4C	11.06.2012	296872	6701672	8,5 m	Skjellsand, stein, tang, govt materiale sand og grus, mye skjellrester	nei		Felt 4 hard bunn. Vanskelig å få nok materiale	x	nei lite matr
4D	11.06.2012	296813	6701720	11 m	Hard bunn. Bare stein og tang			Felt 4 hard bunn. Vanskelig å få nok materiale	x	ingen prøver
4E	11.06.2012	296941	6701557	10 m	1cm brunt topplag. sandig. Mørkt homogent mudder under, noe partikler og skjellfragmenter	nei	sjøstjerne, mark	Felt 4 hard bunn. Vanskelig å få nok materiale	x	x
Blandprøve VÅG 4	11.06.2012				Begrenset mengde blandprøve i bøtter av 4A,B,C (ikke E som var utypisk for felt 4)					
3A	11.06.2012	297040	6701429	15 m	3mm mørkt brunt fluffy topplag. Svart homogent, fast, plastisk, organisk mudder under. Ikke skjellrester.	H ₂ S!			x	x

3B	11.06.2012	297058	6701506	17 m	3mm mørkt brunt fluffy topplag med noe bark/planterester. Svart homogent, fast, plastisk, organisk mudder under. Ikke skjellrester.	H ₂ S !	mye, stor mark også ved 10-15cm	x	x
3C	12.06.2012	297009	6701538	13 m	0,5 cm brun sandig topplag. Svartunder. Litt sandig (partikler) Litt plastisk, noe skjellfragmenter. Noe stein i grabben.	svakere H ₂ S	mark, helt lite skjell	x	Utypisk for felt 3. Ikke med i blandprøve
3D	12.06.2012	297174	6701330	14 m	3-5mm brunt topplag med planterester. Svart finstoff under. Plastisk, fast. Ikke partikler. Lite/ikke skjellfragmenter	H ₂ S !	mye mark, tang, stort helt skjell	x	x
3E	12.06.2012	297153	6701401	15,5 m	3-5mm brunt topplag med planterester. Svart finstoff under. Plastisk, fast. Ikke partikler. Lite/ikke skjellfragmenter	H ₂ S !	mye mark	x	x
Blandprøve VÅG 3									
2A	12.06.2012	297235	6701274	11 m	Blandprøve av 3A,B,D E (ikke C som var utypisk for felt 3) 2mm brunt topplag med planterester, svart mudder under, bare finstoff (ikke partikler) bløtt, mye organisk.	H ₂ S !	mark (0-5cm)	x	Felt 2 bløtt og fulle grabber. Dekantert overvann i grab.
2B	12.06.2012	297290	6701306	11,5 m	1-2mm brungrått topplag med noe planterester, svart mudder under. Organisk. Bløtt, litt plastisk, bare finstoff (ikke partikler).	H ₂ S !	mye mark, mest ved 5 cm	x	x
2C	12.06.2012	297329	6701201	10 m	1-2mm mørk brunt topplag med noe planterester, svart organisk rikt mudder under. Bare finstoff (ikke partikler). Litt plastisk. Ikke skjellrester.	H ₂ S !	mark	x	x
2D	12.06.2012	297290	6701242	11,5 m	1-2mm mørk brunt topplag med noe planterester, svart organisk rikt mudder under. Bare finstoff (ikke partikler). Litt plastisk. Ikke skjellrester.	H ₂ S !	snegl, eremittkreps, mye mark	x	x
Blandprøve VÅG 2									
1A	12.06.2012	297426	6701129	9 m	1-2mm brungrått topplag, svart under, litt plastisk, ikke veldig bløtt, organisk, finstoff (litt partikler). Tang	H ₂ S	eremittkreps, ikke mark	x	x
1B	12.06.2012	297456	6701184	10 m	2mm brungrått topplag med bløtt mudder. Svart under. Mer struktur og stein, skjellfragmenter, trebiter, antropogene rester dypere (ved 4 cm). Tang	H ₂ S	kråkebolle, snegl/musling	x	x
1C	12.06.2012	297359	6701257	10 m justert til 11 m etter hugg 2	Tynt grått topplag, bløtt mudder. Mye gjenstander! Krittpipe, stjertepotte, stein, flasker	H ₂ S	sjøstjerne	x	Hard bunn, mye skrot, dårlig prøve. Justert posisjon etter hugg 2
Blandprøve VÅG 1									
h1	12.06.2012	297343	6701127	8 m	Blandprøve av 1A,B og C Hard bunn. Stein og grus. Lite finstoff, mye skjellrester. Mye sukkertare	nei		x	Hard bunn. 4 grabbhugg i hvert punkt
h2	12.06.2012	297371	6701107	7 m	Hard bunn. Stein og grus. Lite finstoff, mye skjellrester. Mye sukkertare	nei		x	Hard bunn. 4 grabbhugg i hvert punkt
h3	12.06.2012	297471	6701217	8 m	Hard bunn. Stein, mye skjellrester, grus og sand, litt finstoff. Skrot, glass og plast	litt nei		x	Hard bunn. 4 grabbhugg i hvert punkt
h4	12.06.2012	297383	6701299	8 m	Hard bunn. Grovt. Stein, glass, skjellrester	nei		x	Hard bunn. 4 grabbhugg i hvert punkt

Jnr.	HVITTING		HVITTING		HVITTING		HYSE		LANGE		LANGE		LANGE		LANGE		SEI 2009-		SEI 2009-		SEI 2009-		SEI 2009-																				
	2009- 490/16	Filet	2009- 490/17	Filet	2009- 490/18	Filet	2009- 490/19	Filet	2009- 490/21	Filet	2009- 490/1	Filet	2009- 490/2	Filet	2009- 490/3	Filet	2009- 490/4	Filet	2009- 490/5	Filet	2009- 490/10	Filet	2009- 490/11	Filet	2009- 490/12	Filet	2009- 490/13	Filet	2009- 490/14	Filet	2009- 490/7	Filet	2009- 490/8	Filet	2009- 490/9	Filet	2009- 501/1	Filet					
Organ	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo					
Lokalitet	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo					
Arsen																																											
Bly																																											
Kadmium																																											
Kobber																																											
Krom totalt (III + VI)																																											
Kvikksølv	0.11		0.11		0.05		0.06		0.08		0.44		0.33		0.28		0.37		0.15		0.04		0.05		0.05		0.05		0.09		0.02		0.06		0.05		0.05		0.05		0.05		
Nikkel																																											
Sink																																											
Naftalen																																											
Acenaflyen																																											
Acenaffen																																											
Fluoren																																											
Fenantren																																											
Antracen																																											
Fluoranten																																											
Pyren																																											
Benzo(a)antracen																																											
Krysen																																											
Benzo(b)fluoranten																																											
Benzo(k)fluoranten																																											
Benzo(e)pyren																																											
Indeno(1,2,3-cd)pyren																																											
Dibenzo(a,h)antracen																																											
Benzo(ghi)perylene																																											
PCB 28																																											
PCB 52																																											
PCB 101																																											
PCB 118																																											
PCB 138																																											
PCB 153																																											
PCB 180																																											

Jnr.	SEI 2009- 501/10	SEI 2009- 501/11	SEI 2009- 501/12	SEI 2009- 501/13	SEI 2009- 501/14	SEI 2009- 501/15	SEI 2009- 501/16	SEI 2009- 501/17	SEI 2009- 501/18	SEI 2009- 501/19	SEI 2009- 501/20	SEI 2009- 501/21	SEI 2009- 501/22	SEI 2009- 501/23	SEI 2009- 501/24	SEI 2009- 501/25	SEI 2009- 501/3	SEI 2009- 501/4	SEI 2009- 501/5	SEI 2009- 501/6	SEI 2009- 501/7	SEI 2009- 501/8	SEI 2009- 501/9
Organ	Filet	Filet	Filet	Filet	Filet	Filet	Filet	Filet	Filet	Filet	Filet	Filet	Filet	Filet	Filet	Filet	Filet	Filet	Filet	Filet	Filet	Filet	Filet
Lokalitet	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo	Bontelabo
Arsen																							
Bly																							
Kadmium																							
Kobber																							
Krom totalt (III + VI)																							
Kvikksølv	0.03	0.03	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.04	0.06	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03
Nikkel																							
Sink																							
Naftalen																							
Acenattylen																							
Acenafiten																							
Fluoren																							
Fenantren																							
Antracen																							
Fluorantren																							
Pyren																							
Benzo(a)antracen																							
Krysen																							
Benzo(b)fluoranten																							
Benzo(k)fluoranten																							
Benzo(a)pyren																							
Indeno(1,2,3-cd)pyren																							
Dibenzo(a,h)antracen																							
Benzo(ghi)perylene																							
PCB 28																							
PCB 52																							
PCB 101																							
PCB 118																							
PCB 138																							
PCB 153																							
PCB 180																							