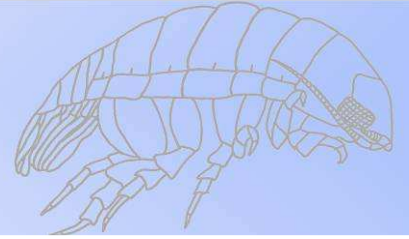


# SAM e-Rapport

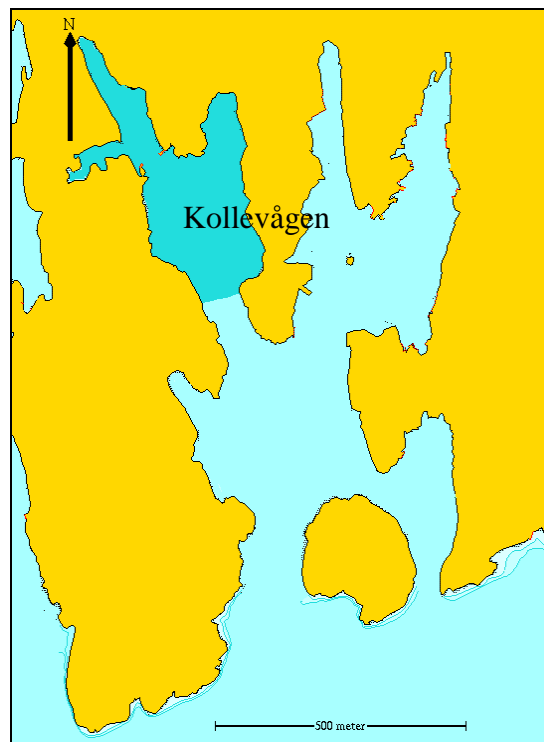
Seksjon for anvendt miljøforskning – marin  
Uni Research, Bergen





e-Rapport nr. 2-2012

## *Marinbiologiske undersøkelser i Kollevågen i 2006-2016. Observasjoner i 2011.*

Kristin Hatlen  
Per Johannessen



	<b>SAM-Marin</b>	
SAM-Marin Thormøhlensgt. 55, 5008 Bergen, Norway Tlf: 55 58 43 41 Fax 55 58 45 25		Internet: www.uni.no E-post: Sam-marin@uni.no Foretaksreg. nr. 985 827 117 MVA

Rapportens tittel: Marinbiologiske undersøkelser i Kollevågen 2006 - 2016. Observasjoner i 2011.	Dato: 30.1.2012 Antall sider og bilag: 48s
Forfatter(e): Kristin Hatlen og Per Johannessen	Prosjektleder: Kristin Hatlen Prosjektnummer: 805319

Oppdragsgiver: Bergen kommune	Tilgjengelighet: Åpen
-------------------------------	-----------------------

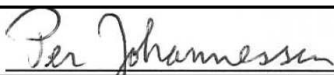

Abstract:

This report contains the results from a marin environmental monitoring i the area of Kollevågen, which used to be a marine garbage depo for the Bergen Municipality, Norway. High levels of PCB have previously been detected in sediments, blue mussel (*Mytilus edulis*) and fish. The research is part of a monitoring program meant to register environmental condition, spreading of PCB and the effect of a covering of the sea floor.

In 2011 spreading of PCB was studied using sediment traps. The results indicated a decrease of PCB spreading since 2010 in both the inner and outer parts of Kollevågen. In addition a screening (TerrAttest) of several harmful compounds was conducted at 4 sites. The method was initially made for terrestrial environments and includes heavy metals, PAH's, PCB's, Phenol, Creosol and insecticides. The results provided an overview of chemical content of the sediment, however the method is not fit for giving exact values. The results indicate high values of some heavy metals and PAH's at the site Kolle 1. Analyses of the other compounds indicated an up-concentration at Kolle 1 compared to the other sites, however the values were probably to low to affect the environment.

Keywords: Kollevågen, TerrAttest, PCB, environmental monitoring	Emneord: Kollevågen, TerrAttest, PCB, miljøundersøkelse
---	---

ISSN NR.: 1890-5153 SAM e-Rapport nr. 2-2012
---

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	30.01.2012	
Prosjektet / undersøkelsen:	30.01.2012	

---

SAM-Marin er en del av Uni Research AS, og er akkreditert av Norsk Akkreditering for prøvetaking, taksonomisk analyse og faglige vurdering og fortolkninger under akkrediteringsnummer Test 157.

**Følgende er utført akkreditert:**

**Prøvetaking til kjemi analyser, samlet av:** K. Hatlen

**Litoralundersøkelse utført av:** -

**Sortering av sediment utført av:** -

**Identifikasjon av marin fauna utført av:** -

**Rapportering utført av:** K. Hatlen og P. Johannessen

**Ikke akkreditert:**

**Geologiske analyser utført av:** -

**LEVERANDØRER**

**Toktfartøy:** F/F Aurelia

**Kjemiske analyser utført av:** Eurofins Norsk Miljøanalyse AS **akkrediteringsnummer** Test 003

Akkreditert: PCB i sedimentfeller

Ikke akkreditert: TerrAttest

**Andre:**

**INNHold**

<b>1</b>	<b>INNLEDNING</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>MATERIALE OG METODER</b> .....	<b>6</b>
	2.1 Undersøkelsesområdet.....	6
	2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder .....	8
	2.2.1 Miljøgifter .....	10
	2.2.2 Geologiske analyser .....	13
<b>3</b>	<b>RESULTATER OG DISKUSJON</b> .....	<b>14</b>
	3.1 Geologi .....	14
	3.2 Miljøgifter .....	16
	3.2.1 Bunn sediment.....	16
	3.2.2 Sedimentfeller .....	24
<b>4</b>	<b>SAMMENDRAG OG KONKLUSJON</b> .....	<b>27</b>
<b>5</b>	<b>ANBEFALTE TILTAK</b> .....	<b>32</b>
<b>6</b>	<b>TAKK</b> .....	<b>32</b>
<b>7</b>	<b>LITTERATUR</b> .....	<b>33</b>
<b>8</b>	<b>VEDLEGG</b> .....	<b>34</b>

## 1 INNLEDNING

Kollevågen fungerte som avfallsdeponi for Bergen kommune fra 1930 til 1975. Til sammen er det dumpet rundt 450.000 kubikkmeter industri- og husholdningsavfall i området, og den største delen av avfallet (90 %) er deponert på bunnen av vågen. I perioden 1975-1982 ble avfallet tildekket og området tilrettelagt for friluftsområde. Kollevågen-området og Hauglandsosen har blitt undersøkt flere ganger, blant annet i 1984 (Johannessen & Stensvold 1985), 1993 (Botnen & al. 1995), 1994 (Knutzen & al. 1995), 1996 (Myhre 1998), 1997 (Instanes & Solhaug 1997), 2004 (Johansen & al. 2004) og i 2010 (Hatlen et al 2011). Flere av undersøkelsene har påvist høye konsentrasjoner av PCB. For å bedre på forholdene i Kollevågen og hindre spredningen av miljøgifter, ble det besluttet å dekke til sjøbunnen i Vestrevågen med duk og grusmasser. Tildekkingsperioden varte fra desember 2004 til mai 2005. Prosessen ble overvåket med prøvetakinger like før og under selve tildekkingen (Vassenden & Johannessen 2005). Undersøkelsen i 2011 er den sjette i et overvåkingsprogram som skal gå fram til 2016. De fem første undersøkelsene ble foretatt i 2006 (Vassenden & al. 2006), 2007 (Vassenden & Johansen 2008), 2008 (Vassenden og Johannessen 2009), 2009 (Vassenden 2009) og 2010 (Hatlen et al 2010). Hensikten med overvåkingsprogrammet er å beskrive miljøtilstanden i området og å vurdere tiltakets miljømessige virkning over tid.

Miljømål for tiltaket var (hentet fra Lone & Systad 2004):

- Egnethet klasse 2 for bading og rekreasjon i henhold til SFT-veileder 97:03 ”Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann”
- Kollevågen skal ikke ha en negativ effekt på miljøtilstanden i nærliggende sjøområder og Byfjorden. Miljøtilstanden i organismer skal på sikt bli like god som i Hauglandsosen.
- Tidevannets påvirkning på avfallsfyllingene skal reduseres slik at potensialet for utvasking av miljøgifter reduseres. Spredning av eventuell partikkelbundet forurensning skal stanses.

Undersøkelsen i 2011 er noe endret i forhold til tidligere undersøkelser og bestod av følgende:

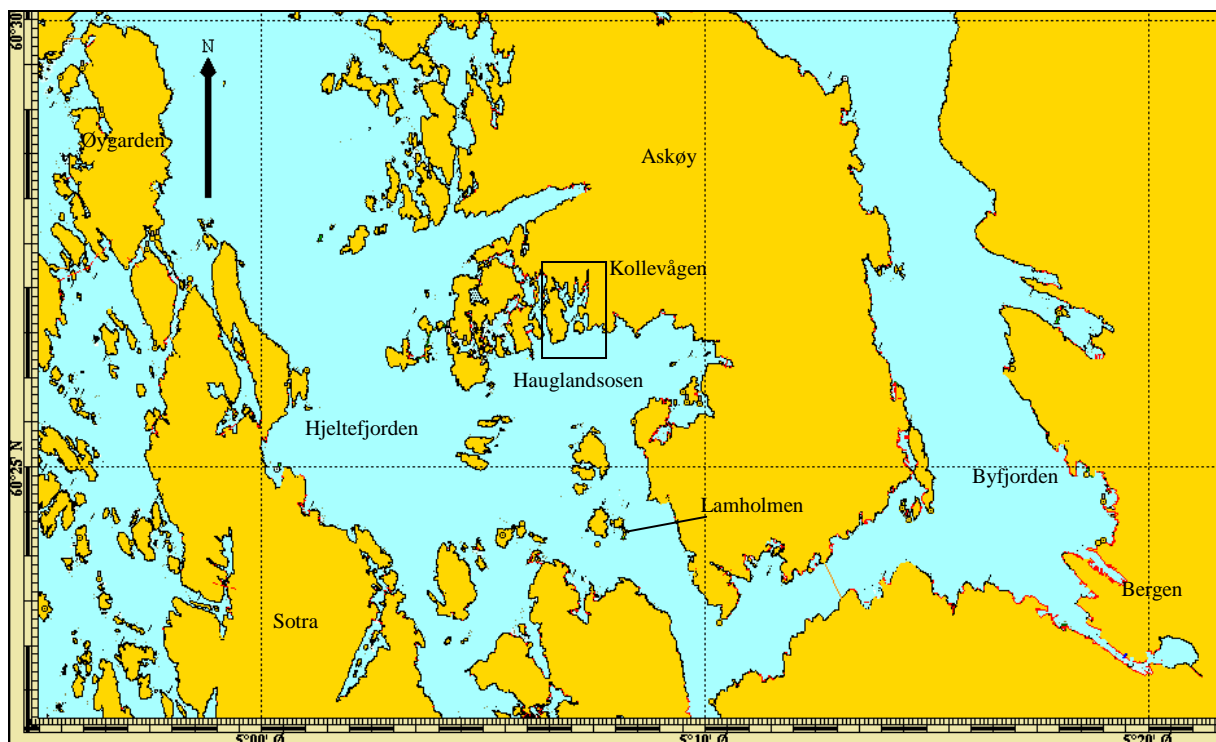
- **Miljøgifter i grabb-prøver** (er listet i tabell 2.3)
- **PCB i sedimentfelleprøver**

Undersøkelsen er utført på oppdrag fra Bergen kommune. Seksjon for anvendt miljøforskning (SAM-marin), som har utført undersøkelsen, er akkreditert for prøvetaking og faglige vurderinger og fortolkninger av Norsk akkreditering under akkrediteringsnummer Test 157.

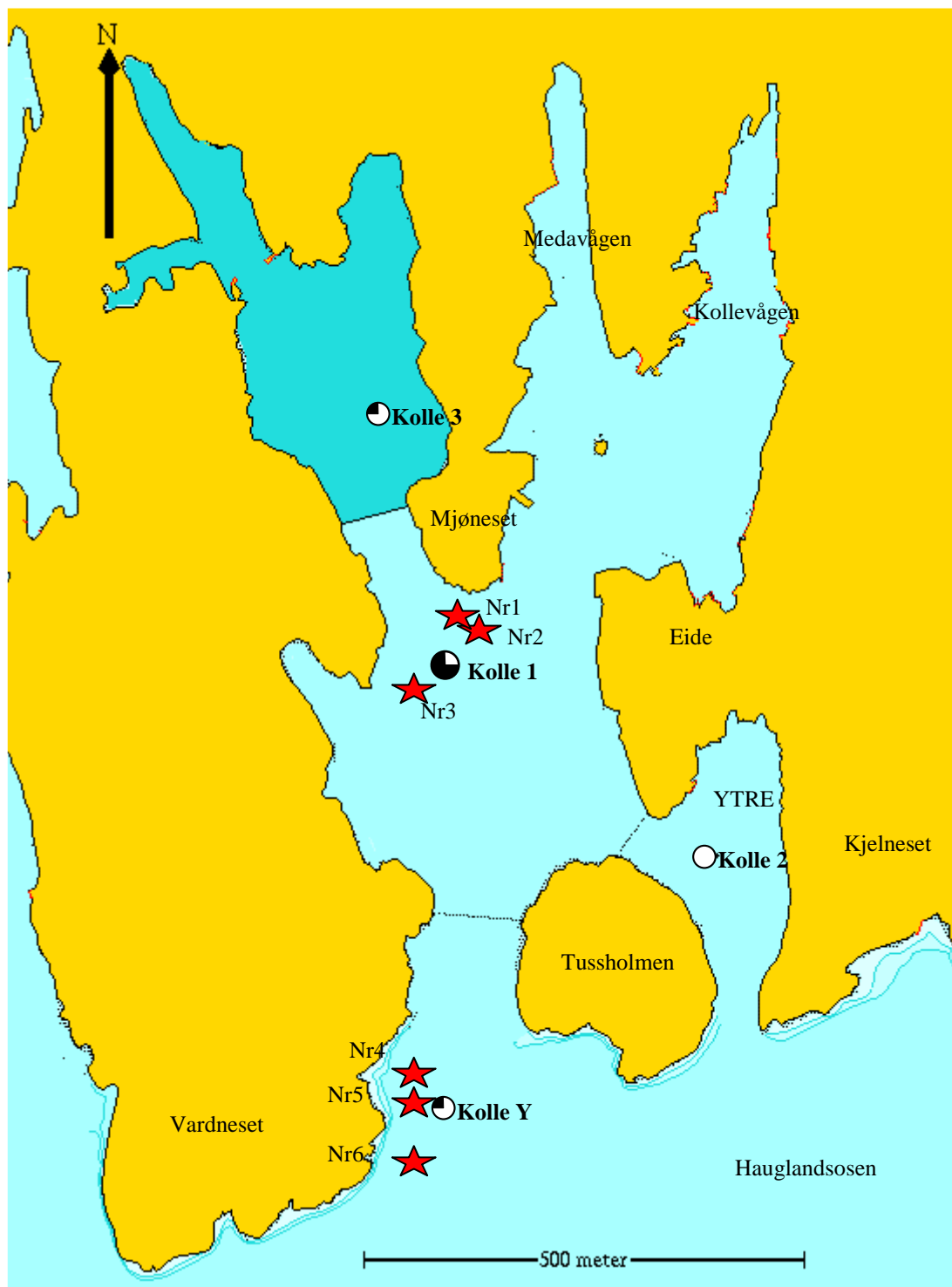
## 2 MATERIALE OG METODER

### 2.1 Undersøkellesområdet

Kollelvågen ligger nord i Hauglandsosen på vestsiden av Askøy (Figur 2.1). I rapporten omfatter Kollevågen-området innenfor snittet mellom Kjerneset, Tussholmen og Vardnesklubben, og består av de tre vågene Kollevågen, Medavågen og Vestrevågen (Figur 2.2). Hauglandsosen har en maksimal dybde på litt over 200 m, og god vannutveksling vestover mot Hjeltefjorden. Terskler hindrer fri vannutveksling mellom Hauglandsosen og bunnvannet i bassengene i Kollevåg-området. Vest for Tussholmen er terskeldypet 12 m, og nord for Tussholmen er terskeldypet 3 m.



Figur 2.1. Oversiktskart over den sørlige delen av Askøy.



**Figur 2.2.** Skisse over innsamlingsområdet med stasjonene inntegnet. Det tildekkede området er markert med mørkere farge, og rapportens definisjon på indre og ytre område er skissert. sedimentfelle-stasjoner er nummerert fra Nr 1-Nr 6 og stjerner, mens bunnstasjonene er gitt stasjonsnavn Kolle 1-3 og Y. Etter en helhetlig vurdering av resultatene i undersøkelsen er bunndyrsstasjonene Kolle 1 og 2 markert med symboler hvor: ○ = svært bra, ◐ = bra, ◑ = middels, ◒ = dårlig miljøforhold og ● = dødt. Kartkilde: Olex.

## 2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Til innsamling av sedimentprøvene og til utsetting og innhenting av sedimentfellene ble F/F *Aurelia* brukt. Oversikt over dato for de ulike prøveinnsamlingene er vist i Tabell 2.1. Prøvetakingen fra bunnsedimentet ble foretatt 10. mars 2011 og sedimentfellene stod ute fra 20. september til 20. oktober. Opplysninger om innsamlingsstedenes posisjon og dyp er vist i Tabell 2.2 sammen med prøveantall fra stasjonene og en beskrivelse av bunnprøvene. Posisjonene ble tatt ut fra differensiel GPS (satellittnavigator) med gradnett WGS-84. Posisjoner til sedimentfellene er oppført i Vedleggstabell 1.

Kortfattet beskrivelse av metodene står i denne rapporten, mer utfyllende metodedel står i Vassenden & Johannessen 2005.

I 2011 ble de geologiske og de kjemiske analysene av bunnsedimentet gjort vha en screening, kalt TerrAttest. Denne analysen er opprinnelig ment for terrestriske prøver, men brukes her på marint sediment. Dette kan påvirke nøyaktigheten. Analysen dekker et vidt spekter av komponenter og gir en oversikt over hva som finnes i miljøet, men ettersom den dekker over så mange ulike stoffer er den mindre nøyaktig sammenlignet med metodene brukt i tidligere år. Dette har en sammenheng med at det brukes en ekstraksjonsmetode for alle komponentene, mens man i enkeltanalyser bruker metoder som er utviklet spesielt for det spesifikke stoffet. Dette kan påvirke resultatet noe. Der det finnes historiske data, er disse også presentert, sammen med en diskusjon av sammenligningsmulighetene.

Analysen av PCB-mengde i sedimentfellene er gjennomført med samme metode som tidligere og er derfor direkte sammenlignbare.



**Tabell 2.1.** Oversikt over prøveinnsamlingene i 2004 (før tildekking), i 2005 (i anleggsperioden) og i 2006-2011 (etter tildekking). Prøvetaking i 2011 med fet skrift.

Aktivitet	Tidsrom
Anleggsarbeid - tildekking av kote -15 m til -3 m - tildekking av kote -3 m til 0 m - tildekking bunnseksjon	Desember 2004 – mai 2005 - januar – februar 2005 - februar – mars 2005 - april – mai 2005
Innsamling av blåskjell	19. mars 2004 10. mars 2005 27. februar 2006 13. mars 2007 25. februar 2008 26. februar 2009 25.mars 2010
Sedimentfeller	14. september – 11. oktober 2004 14. februar – 10. mars 2005 26. april – 24. mai 2005 19. september – 17. oktober 2006 19. september – 17. oktober 2007 10. september – 08. oktober 2008 17. september – 19. oktober 2009 23. september – 21.oktober 2010 <b>20. september – 20.oktober 2011</b>
Fiske	15. september – 12. oktober 2004 10. – 11. mars 2005 19. september- 4. oktober 2006 19. september – 17. oktober 2007 09. september – 08. oktober 2008 17. september – 19. oktober 2009 23. september – 21.oktober 2010
Vannprøver	12. oktober 2004 10. mars 2005 28. februar 2006 17. oktober 2007 25. februar 2008 08. oktober 2008 24.mars 2010
Bunnprøver (biologi)	11. – 12. oktober 2004 10. mars 2005 27. – 28. februar 2006 25. februar 2008 24.mars 2010
Bunnprøver (kjemi)	11. – 12. oktober 2004 10. mars 2005 27. – 28. februar 2006 25. februar 2008 24.mars 2010 <b>10.mars 2011</b>
ROV	27. februar 2006 25. februar 2008 25. mars 2010

**Tabell 2.2.** Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet i mars 2011. Posisjonering ved hjelp av DGPS (WGS-84). Det ble benyttet en håndgrabb på 0,027 m<sup>2</sup>. Full håndgrabb inneholder ca. 3 liter.

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøve mengde	Andre opplysninger
St. Kolle Y 10/3-11	Kollevåg 60° 26,485'N 05° 06,968'Ø	45	1	¼ full	Småstein med fint sediment. Alle tre hugg til kjemi.
			2		
			3		
St. Kolle 1 10/3-11	Kollevåg 60° 26,756'N 05° 06,967'Ø	30	1	Helt full	Svært fint gråbrunt sediment. Noe H <sub>2</sub> S-lukt. Ved alle huggene gikk innholdet i grabben opp i lokket tross fjerning av alle lodd. Plastikk i to hugg. Alle tre hugg til kjemi.
			2		
			3		
St. Kolle 2 10/3-11	Kollevåg 60° 26,640'N 05° 07,273'Ø	12	1	½ full	Småstein med fint sediment. En del dyr. Alle tre hugg til kjemi.
			2		
			3		
St. Kolle 3 10/3-11	Kollevåg 60° 26,899'N 05° 06,878'Ø	17	1	¾ full	Nesten full. Gråbrunt fint sediment. Alle tre hugg til kjemi.
			2		
			3		

## 2.2.1 Miljøgifter

### Bunnsediment

Det ble tatt bunnsedimentprøver til analyse av kjemiske komponenter på Kolle 1-3 og Y under toktet i mars 2011, ved hjelp av en håndholdt 0,027 m<sup>2</sup> van-Veen grabb. Gjennom to inspeksjonsluker på toppen av grabbene ble prøver fra den øverste 1 cm av sedimentet tatt ut. Sedimentet ble overført til brune glassbeholdere, merket og deretter oppbevart nedfrosset. Først når opparbeidingen tok til i laboratoriet ble prøvene tint.

I årets undersøkelse er det gjennomført en screening av sedimentet vha en såkalt TerrAttest. Denne screeningen analyserer for metaller, fenoler, polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), organiske klorerte pesticider, petroleumshydrokarboner og flerklorerte bifenyler (PCB). Analysene ble gjort av Eurofins Norsk Miljøanalyse AS. Ettersom metoden er ment for terrestrisk materiale, regnes ikke resultatene som akkrediterte.

## **Sedimentfeller**

Sedimentfeller ble satt ut rett utenfor Vestrevågen (Nr 1-3) og i munningen til Hauglandsosen mellom Tussholmen og Vardneset (Nr 4-6) (Figur 2.2 og Vedleggstabell 1). Fellene stod ute i perioden 20. september – 20.oktober 2011. Tidligere sedimentfelle-forsøk har vært gjort før tildekkingen av sjøbunnen tok til (14/9-11/10 2004), da tildekkingen skjedde ved kote -3 m til 0 m (14/2-10/3 2005) og da de dypeste delene av vågen ble tildekket (26/4-24/5 2005). I tillegg stod fellene ute i perioden 19. september – 17. oktober 2006, 19. september – 17. oktober 2007, 10. september – 08. oktober 2008 og 23. september – 21. oktober 2010. Hver enkelt sedimentfelle var et plastrør med en tett plate i bunnen, og på hver lokalitet ble det satt ut tre kasser med syv feller i hver. Samlet areal i hver kasse var ca. 580 cm<sup>2</sup>. Fellene var ca. 50 cm høye.

Da fellene ble tatt opp, ble det meste av vannet fjernet og en blanding av sediment og vann ble overført til plastkanner og sendt til analyselaboratoriet. I laboratoriet ble sedimentet skilt fra vannfasen ved hjelp av skilletrakter og hevert. Sedimentet ble overført til flasker som deretter ble sentrifugert. Den siste rest av vannfase ble tatt av med pipette. Mengde prøve ble deretter veid, og analysert for innhold av PCB. Analysen ble gjennomført av Eurofins Norsk Miljøanalyse AS under akkrediteringsnummer Test 003.

## **Klassifisering av miljøtilstand**

Resultatene fra undersøkelsen er vurdert opp mot KLIF`s tilstandsklasser gitt i Bakke & al. 2007 og grenseverdier i Vanndirektivets Veileder (Direktoratsgruppa Vanndirektivet 2009) der disse er dekkende. For stoffer som ikke er nevnt i disse standardene, ble informasjon innhentet fra det amerikanske miljødepartementet Environmental Protection Agency (EPA) (Friday 1998 og og Environmental Protection Agency 1999).

**Tabell 2.3.** Parametre som inngitt i screeningen av sedimentene i Kollevågen 10. mars 2011.

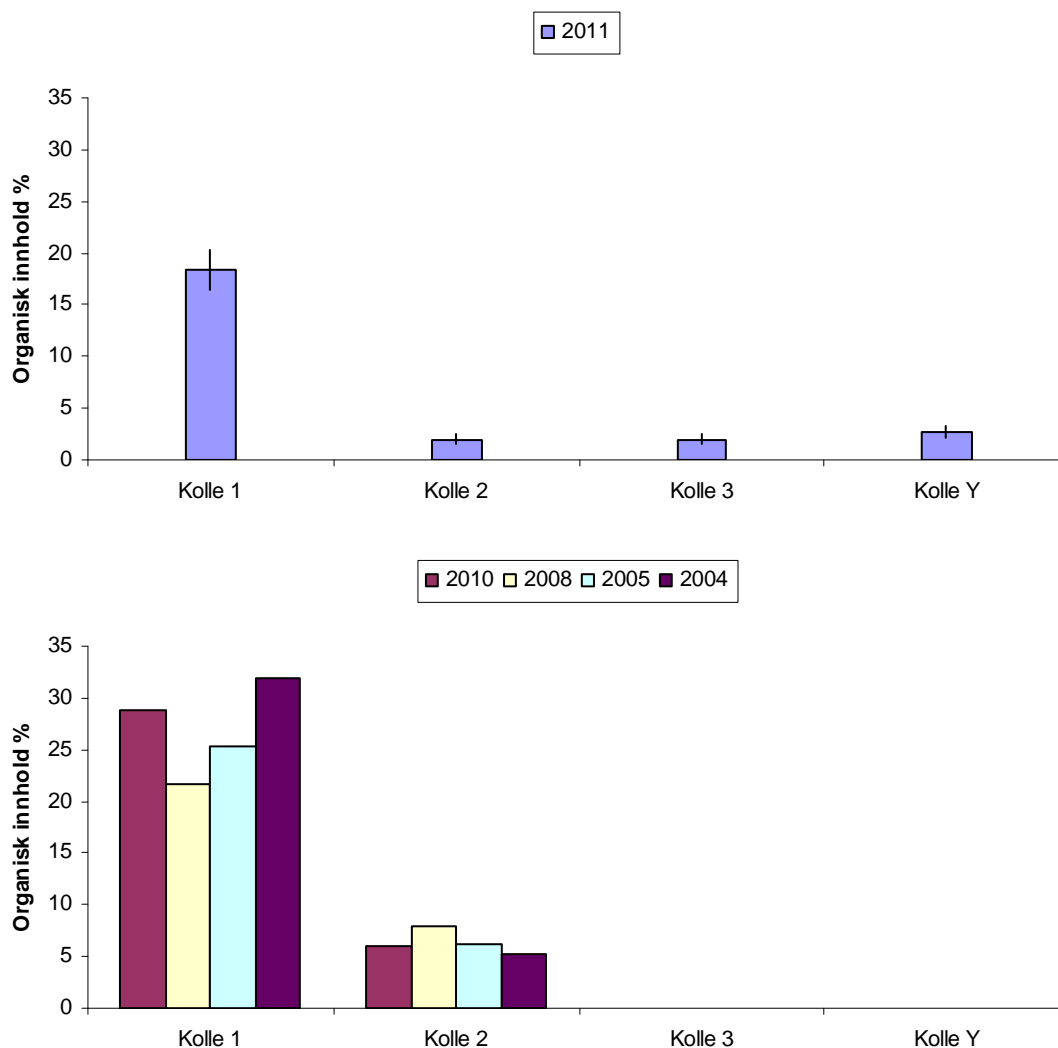
Stoffgruppe	Parametre
Metaller	Arsenikk (As) Barium (Ba) Kadmium (Cd) Krom (Cr) Cobalt (Co) Kobber (Cu) Kvikksølv (Hg) Bly (Pb) Molybdenum (Mo) Nikkel (Ni) Tinn (Sn) Vanadium (V) Sink (Zn)
Fenoler	Fenol p-Cresol Cresols (sum)
Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)	Naphtalene Acenaphtylene Acenaphtene Fluoren Phenanthrene Anthracene Fluoranthene Pyrene Benzo(a)anthracene Chrysene Benzo(b)fluoranthene Benzo(k)fluoranthene Benzo(a)pyrene Dibenzo(ah)anthracene Benzo(ghi)perylene Indeno(123cd)pyrene PAH 10 VROM (sum) PAH 16 EPA (sum)
Organiske klorerte insekticider	4,4 -DDD + 2,4 -DDT DDT/DDE/DDD (sum) 4,4 -DDE 2,4 -DDD
Petroleums- hydrokarboner (total)	TPH (C30-C35) TPH (C35-C40) TPH (sum C10-C40) TPH (C10-C12) TPH (C21-C30) TPH (C16-C21)
Flerklorerte bifenylar (PCB)	PCB 118 PCB (7) (sum)

### **2.2.2 Geologiske analyser**

Som en del av TerrAttest, ble det analysert for mengde tørrstoff, total organisk karbon (TOC) samt kornstørrelsen på sedimentet  $>$  og  $< 2 \mu\text{m}$ . Disse analysene ble gjennomført av Eurofins Norsk Miljøanalyse AS. Ettersom metoden er ment for terrestrisk materiale, regnes ikke resultatene som akkrediterte.

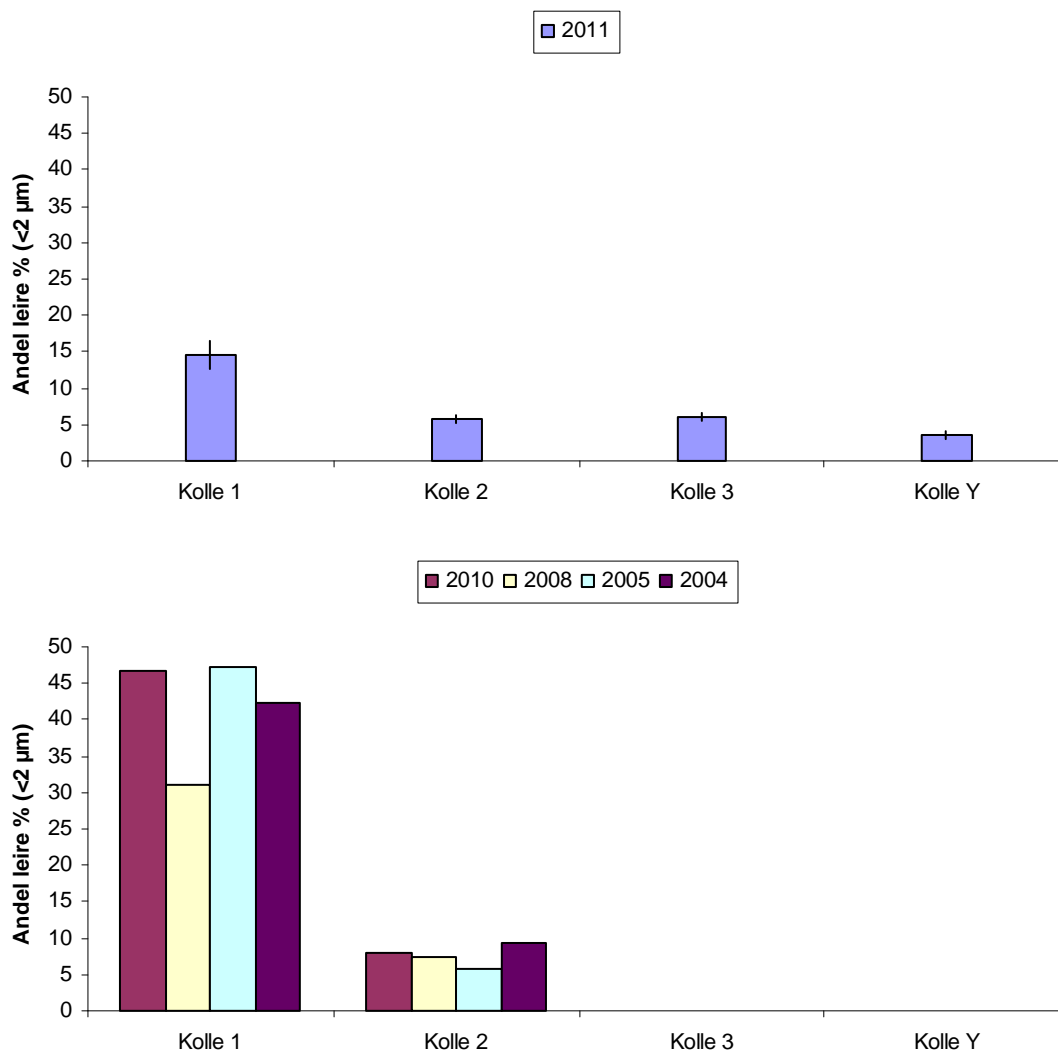
### 3 RESULTATER OG DISKUSJON

#### 3.1 Geologi



**Figur 3.1** Andel organisk innhold (%) i sedimentet ved de fire stasjonene Kolle 1, Kolle 2, Kolle 3 og Kolle Y i 2011 (øverst) og Kolle 1 og Kolle 2 i 2010, 2008, 2005 og 2004 (nederst). Pga forskjellige metoder er ikke de to delfigurene direkte sammenlignbare.

Andel organisk innhold var i 2011 høyest ved Kolle 1 og lavere ved Kolle 2, Kolle 3 og Kolle Y. Sammenlignet med tidligere år, var verdiene fra 2011 en del lavere ved Kolle 1 og Kolle 2, men fordi årets analyser er gjort med en ny metode, er ikke nivåene direkte sammenlignbare.



**Figur 3.2** Andel sediment med kornstørrelse mindre enn 2 µm, dvs. leire, ved de fire stasjonene Kolle 1, Kolle 2, Kolle 3 og Kolle Y i 2011 (øverst) og Kolle 1 og Kolle 2 i 2010, 2008, 2005 og 2004 (nederst). Pga forskjellige metoder er ikke de to delfigurene direkte sammenlignbare.

Andel fine partikler (<2µm) var noe høyere ved Kolle 1 enn lenger ute i vågen. Nivået ved Kolle 1 var også en del lavere enn man ser fra resultatene i de foregående år, noe som kan komme av at det er benyttet annen metode i 2011 sammenlignet med tidligere.

### 3.2 Miljøgifter

Det ble tatt prøver av sediment fra sjøbunnen og sediment fra sedimentfeller. Sjøbunnsprøvene ble analysert for parametrene i TerrAttest (se tabell 2.3). Dette er opprinnelig en terrestrisk metode som ikke er tilpasset marint sediment.

Stoffene som beskrives i Bakke et al (2007) blir inndelt i tilstandsklasser etter en femdelt skala som går fra "Bakgrunnsverdi" til "Svært dårlig". Stoffer som inngår i Vanndirektivets klassifisering får betegnelsen "ok" eller "for høyt", basert på anbefalt maksimalverdi. Stoffene som ikke inngår i disse to veilederne, diskuteres nærmere.

Prøvene fra sedimentfellene ble analysert for PCB. Disse prøvene ble klassifisert etter KLIF's tilstandsklasser for summen av de syv PCB-kongenerene nr. 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180 (Bakke & al. 2007). Tilstandsklassene er inndelt etter en femdelt skala som går fra "Bakgrunnsverdi" til "Svært dårlig".

#### 3.2.1 Bunn sediment

Fra hver av bunnstasjonene ble det tatt tre parallelle bunnprøver til screening av TerrAttest. Resultatene er vist i Figur 3.3 (tungmetall), 3.4 og 3.5 (PAH), 3.6 (fenol) og 3.7 (PCB), samt Vedleggstabellene 2-6.

##### 3.2.1.1 Metaller

Tungmetaller forekommer i naturen og flere er essensielle for levende organismer i små konsentrasjoner, mens de kan være svært skadelige i høyere konsentrasjoner. I 2011 ble det analysert for følgende tungmetaller: Arsenikk (As) Barium (Ba) Kadmium (Cd) Krom (Cr) Cobalt (Co) Kobber (Cu) Kvikksølv (Hg) Bly (Pb) Molybdenum (Mo) Nikkel (Ni) Tinn (Sn) Vanadium (V) og Sink (Zn).

Alle metallene analysert, fantes i høyest konsentrasjon ved Kolle 1. Konsentrasjonsforholdene mellom Kolle 2, Kolle 3 og Kollery varierte mer fra stoff til stoff. Unntaket var verdiene av Kobolt som var høyest ved Kolle 3. Verdiene av As, Cd, Cr, Ni og Zn var lave ved samtlige stasjoner og lå innenfor KLIFs tilstandsklasse I (Bakgrunnsverdi). Verdiene av Ba var også lave og lå innenfor US Environmental Protection Agency TRV (Toxicity Reference Values)



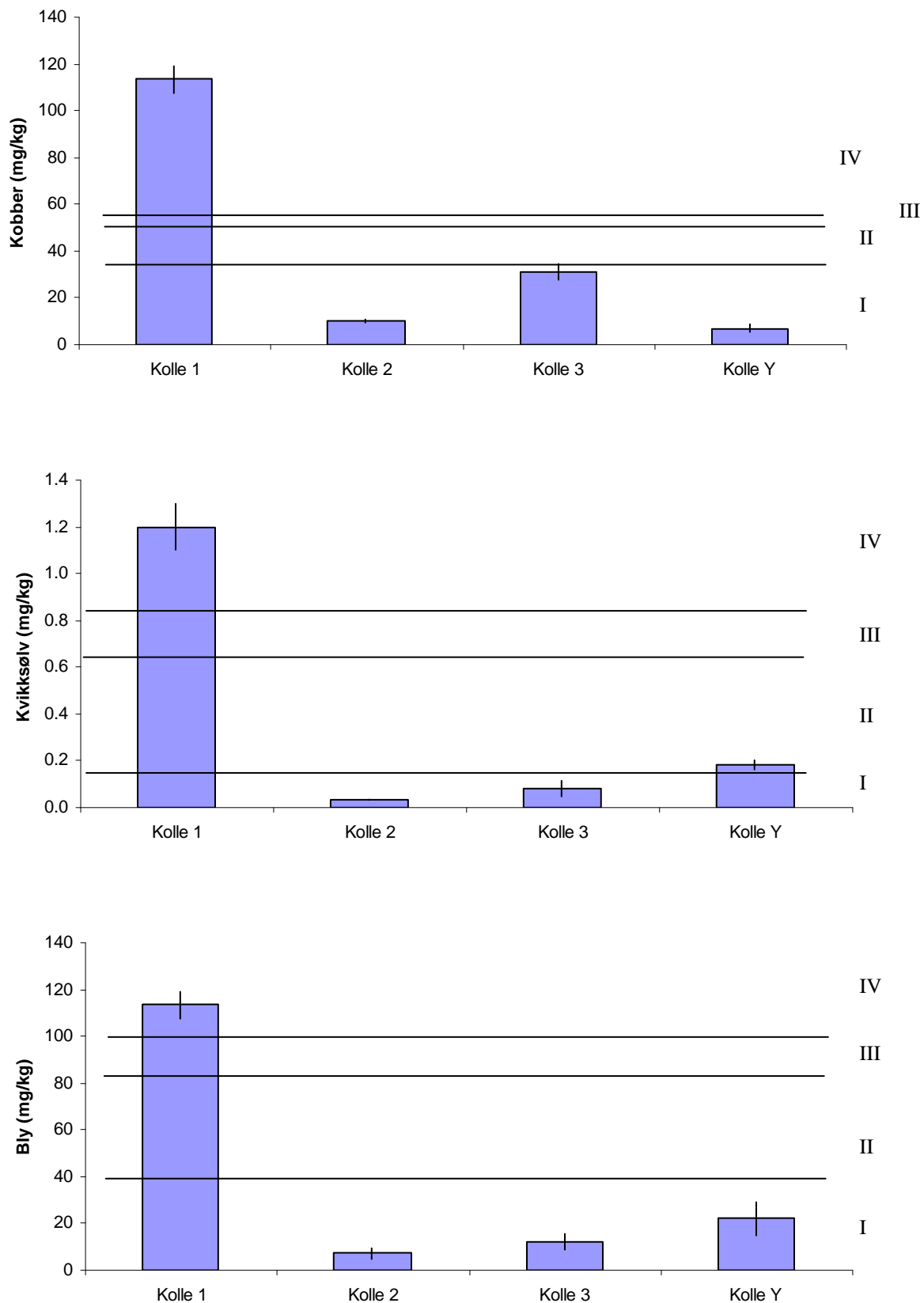
for marint sediment (Screening Level Ecological Risk Assessment Protocol). Co og Mo ble sammenlignet med screeningverdier fra Friday 1998. Verdiene av disse ble også ansett som lave. Det er dessverre ikke funnet gode sammenligningsgrunnlag for Vanadium.

Mens uorganisk tinn er utilgjengelig for faunaen, er organisk tinn svært skadelig. Den mest omtalte varianten er bunnstoffet Tribetyltinn (TBT), som har vært ulovlig i Norge i flere år. TBT brytes ned svært sakte, akkumuleres i dyr og anses for å være veldig skadelig for akvatiske organismer og mennesker. Stoffet er mest kjent for å føre til imposex hos purpursnegl, dvs at hunner danner maskuline reproduksjonsorganer og dermed blir sterile (Miljøstatus i Norge). Sedimentet ved Kolle 1 inneholdt verdier av tinn som lå langt over KLIFs tilstandsklasse V (Svært dårlig) for TBT. Dette er imidlertid verdier for total mengde tinn, som både dekker de uorganiske og organiske variantene. For å vite om tinn utgjør en fare for faunaen i området, må dermed en mer detaljert analyse gjennomføres.

Det ble funnet verdier av Cu tilsvarende KLIFs tilstand IV (Dårlig) ved Kolle 1, tilstand II (God) ved Kolle 3 og tilstand I (Bakgrunn) ved Kolle 2 og Kolle Y. Kobber anses for å være svært giftig for akvatiske organismer, men ikke for mennesker. Metallet kan bioakkumuleres, men transporteres ikke oppover i næringskjeden.

Kvikksølvverdiene var også høye ved Kolle 1 (KLIFs tilstand IV, Dårlig), mens de ble betegnet som "Gode" (KLIFs tilstand II) ved Kolle 3 og Kolle Y. Grenseverdiene i Vanndirektivet (Veileder 01:2009) samsvarer med bedømmelsen av KLIF. Kvikksølv er vanlig forekommende i naturen, men er utilgjengelig for næringsnett. I kontakt med anaerobe mikrober i sjøen, vil kvikksølv omdannes til metyl-kvikksølv som er mer fettløselig og dermed tilgjengelig for organismer. Dette stoffet har en dokumentert effekt på reproduksjonssuksess og immunsystemet og fører til nerveskade og endret adferd. Metyl-kvikksølv biomagnifiseres i næringskjeden, dvs. øker i konsentrasjon med høyere trofisk nivå (referanser i Jæger 2007).

I sedimentet ved Kolle 1 var blyverdiene høye (KLIFs tilstand IV, Dårlig), mens verdiene var lave ved Kolle 2, Kolle 3 og Kolle Y (KLIFs tilstand I, Bakgrunn). Grenseverdiene i Vanndirektivet (Veileder 01:2009) samsvarer med bedømmelsen av KLIF. Bly er akutt giftig for marine organismer og pattedyr i tillegg til at det akkumuleres i fisk og pattedyr.



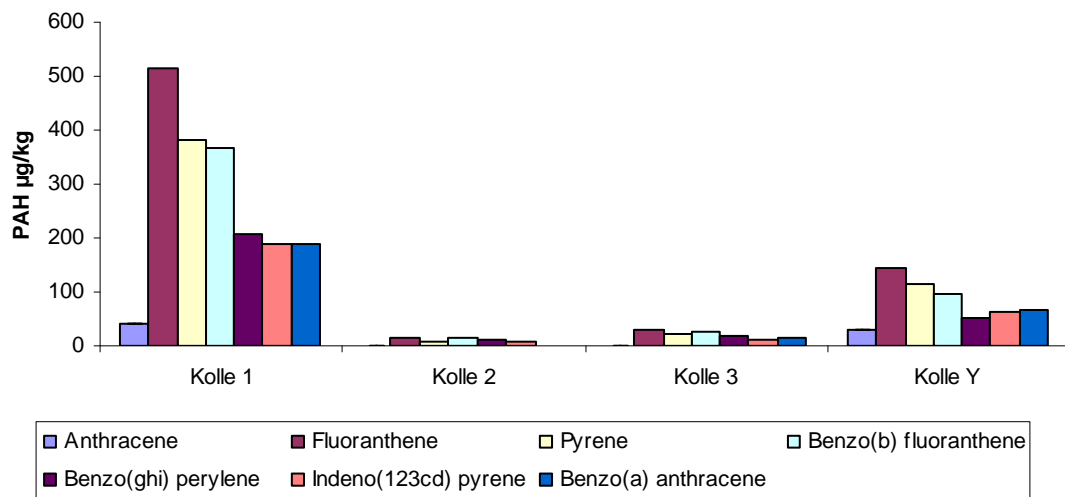
**Figur 3.3** Nivåene av kobber (Cu), kvikksølv (Hg) og bly (Pb) i bunnsedimentet ved Kalle 1, Kalle 2, Kalle 3 og Kalle Y i 2011. KLIFs tilstandsklasser er tegnet inn og markert med romertall. I: Bakrunnsverdi, II: God, III: Moderat, IV: Dårlig og V: Svært dårlig.

**Nivået av enkelte tungmetaller er for høyt på stasjonen Kolle 1, mens resten av de undersøkte stasjonene i Kollevågen hadde normale verdier. For eksakt kunnskap om tinnkonsentrasjonene i området, må en grundigere analyse gjennomføres.**

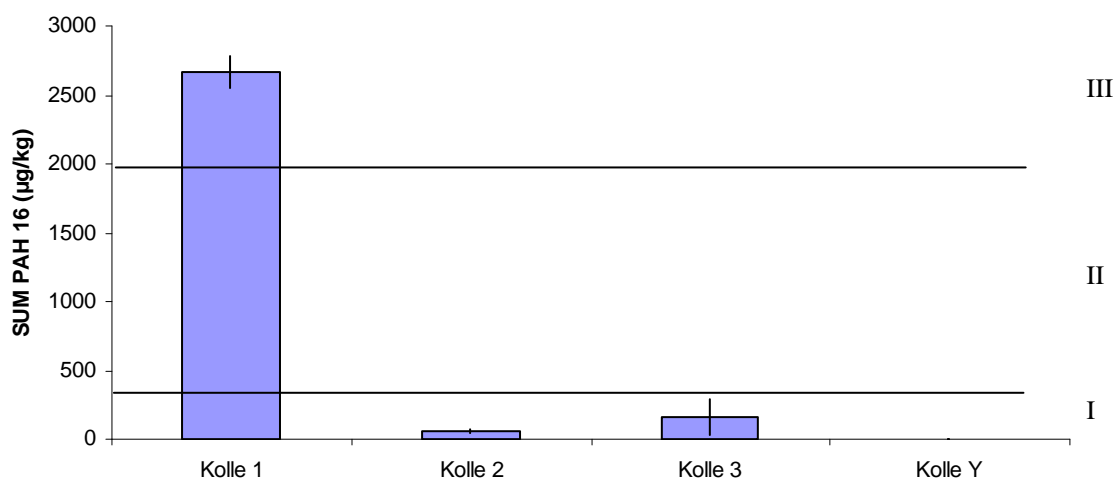
#### 3.2.1.2 Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

Polyaromatiske hydrokarboner er en gruppe stoffer som kjennetegnes ved at de har en eller flere ringstrukturer. Jo flere ringer, jo mindre vannløselig og dermed mer fettløselig. Organismer som får i seg PAH gjennom gjeller, hud eller oral åpning, vil enten akkumulere eller bryte ned stoffene. Dersom de akkumuleres, blir de som regel liggende i fettvev og gjør da liten skade. Det er først når organismen tærer på fettlagene sine (typisk i vinterhalvåret og ved gyting) at stoffene på nytt vil sirkulere. PAH'er er ikke svært skadelige i seg selv, det er først under nedbrytingen når det dannes metabolitter (mindre og endrede molekyler) at skadene inntreffer. Fisk og høyerestående dyr, har et system som er svært effektivt for nedbryting av PAH, noe som også fører til mer eksponering av skadelige stoffer. Flere PAH'er er akutt toksiske (typisk de med få ringer) og noen er dokumentert mutagene og carcinogene, dvs. fremmer mutasjoner og kan føre til kreftdannelse (gjelder fler-ringede) (referanser i Hatlen 2007). PAH kan skade reproduksjon, hormonregulering og immunforsvar. PAH dannes ved ufullstendig forbrenning av fossilt og annet organisk materiale. Tidligere var aluminiumsproduksjon den største utslippskilden, men dette har nå bedret seg. Nå er kilden i hovedsak petroleumsaktivitet, vedfyring og utslipp fra forurenset grunn (Hylland et. al 2010).

De polysykliske aromatiske hydrokarbonene Antracen, Fluoranten, Pyren, Benzo(b)fluoranten, Benzo(ghi)perylene, Indeno(123cd)pyren og Benzo(a)antracen hadde verdier over KLIFs tilstand III (Moderat). Av disse hadde Benzo(ghi)perylene, Indeno(123cd)pyren og Benzo(a)antracen verdier tilsvarende KLIFs tilstand IV (Dårlig) ved Kolle 1 og Kolle Y (kun Benzo(ghi)perylene). Dette er stoffer som dannes ved ufullstendig forbrenning av organisk materiale. Tjære er en kjent kilde i nærheten av brygger og båthavner, mens biltrafikk gjerne er kilden i urbane strøk. Lekkasje fra fyllinger som ikke er godt nok sikret kan og føre til forhøyede verdier av PAH i nærområdene. Verdiene av PAH16 var klart høyest ved Kolle 1. Ellers var nivåene lave.



**Figur 3.4** Et utvalg av Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), presentert i µg/kg, ved stasjonene Kolle 1, Kolle 2, Kolle 3 og Kolle Y i 2011.



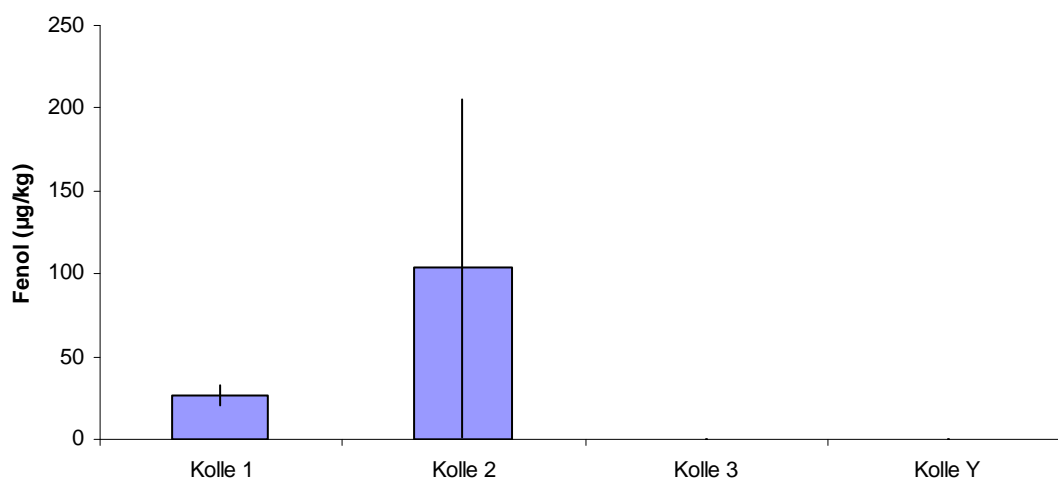
**Figur 3.5** Konsentrasjonen av 16 utvalgte PAH (µg/kg) ved Kolle 1, Kolle 2, Kolle3 og Kolle Y i 2011.

**Ved Kolle 1 var nivåene av PAH'er høyere enn anbefalt maksimalmengde, mens de øvrige undersøkte stasjonene trolig ligger innenfor hva som er akseptabelt.**

### 3.2.1.3 Fenoler

Fenol finnes naturlig i tjære og brukes i produksjon av plast, nylon og en rekke farmasøytiske midler. Eksponering kan skade lunge, nyrer og lever.

Kreosoler brukes blant annet som løsemiddel i tillegg til bl.a. desinfeksjonsmiddel. I tillegg finnes det i trevare og tobakk. Lave verdier anses som relativt ufarlige, mens høyere verdier kan skade hjerte, lever og nyrer.



**Figur 3.6** Konsentrasjonen av fenol

Fenol ble funnet i høyest konsentrasjon ved Kalle 2 og da med stor variasjon mellom de tre huggene. Nivåene var noe lavere ved Kalle 1 og under deteksjonsgrensen ved Kalle 3 og Kalle Y. Dette kan indikere et lokalt utslipp ved Kalle 2 og behøver ikke ha noe å gjøre med det tildekkede området eller avfallet ved Kalle 1. Verdiene overskrider den laveste grensen i Dutch Ministry Standards (Friday 1998), men ligger langt under deres inngrepsgrense (dvs at det ikke anbefales å gjøres tiltak).

Kreosol ble kun detektert ved Kalle 2 og da med lave verdier (Friday 1998).

**Resultatene fra screeningen tyder ikke på at fenol og kreosol er et problem på de undersøkte stasjonene i Kollevågen.**

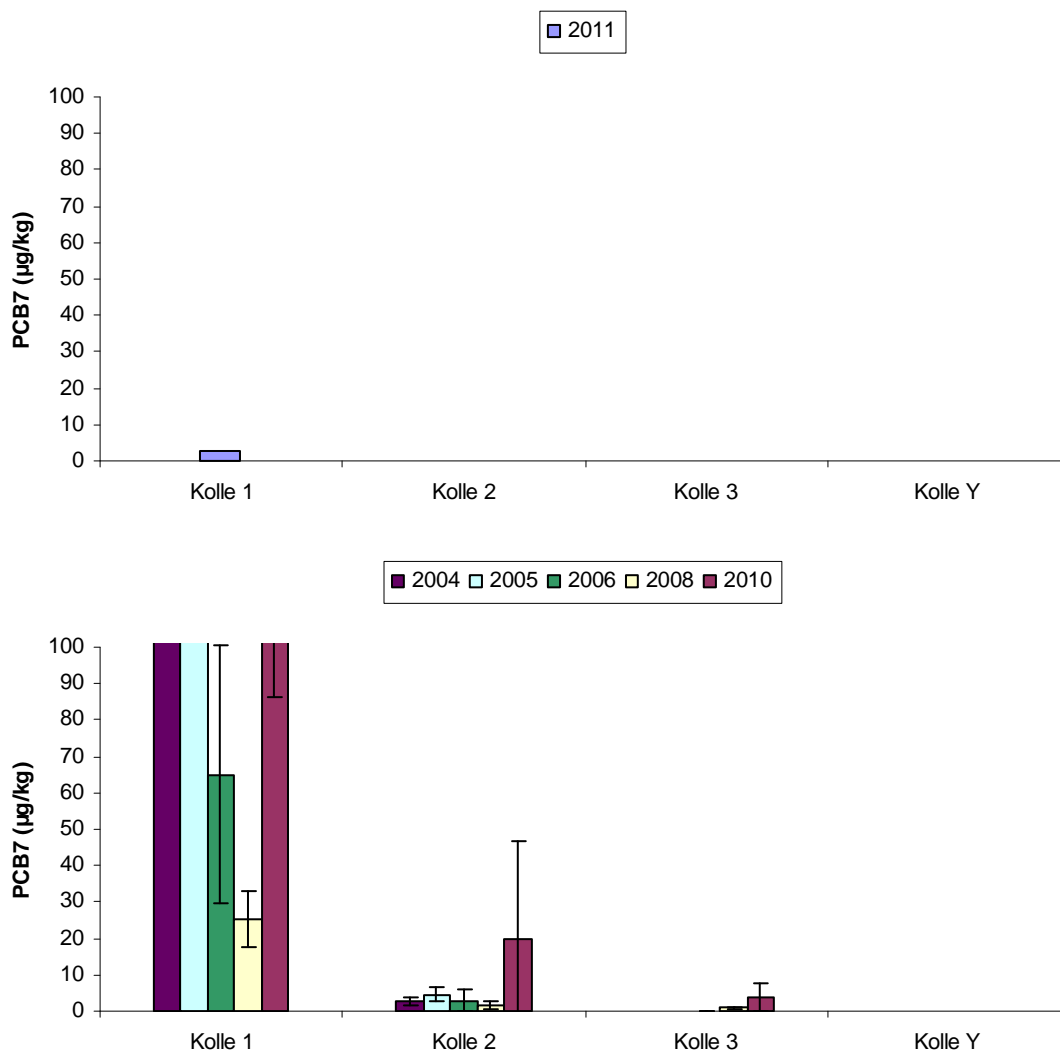
#### 3.3.1.4 PCB

Polyklorete bifenyler er en samling forskjellige stoffer med en felles grunnform, som blant annet inneholder klor. PCB ble brukt som komponent i svært mange forskjellige produkter, men har vært forbudt siden 1980. Det finnes likevel fortsatt kilder til utslipp, som for eksempel fra gamle bygninger, forurenset sediment og lignende. PCB er biomagnifiserende, (oppkonsentreres oppover i næringskjeden) er fettløselig og tungt nedbrytbart. Stoffene er hormonforstyrrende og karsinogene, skader immunforsvaret, nervesystemet og forplantningsevnen, samt hindrer læring og utvikling. Til sammen betyr dette at PCB er en gruppe svært skadelig stoffer som kan påvirke hele næringskjeden inkludert mennesket (Hylland et al. 2010).

Konsentrasjonen av PCB<sub>7</sub> i bunnsedimentet i Kollevågen har blitt undersøkt i 2004 (før tildekkingen), 2005, 2006, 2008, 2010 og 2011. Årets undersøkelser gav en svært lav verdi ved Kalle 1 og verdier under deteksjonsgrensen ved de andre stasjonene. Resultatet fra årets undersøkelser er derfor svært mye lavere enn tidligere verdier. Det har ikke foregått noen tildekking eller oppgraving av Kollevågen siden forrige undersøkelse. Ettersom mengde PCB i sedimentfellene er på samme nivå som tidligere år, er det lite trolig at verdiene for PCB i bunnsediment er reelle. Mer trolig er det at metoden (TerrAttest) har påvirket resultatet.

**Det anbefales at undersøkelse av PCB<sub>7</sub> i bunnsediment gjøres som en separat analyse ved neste års undersøkelse.**

SAM-Marin



**Figur 3.7** Konsentrasjonen av PCB<sub>7</sub> i bunnsedimentet ved Kalle 1, Kalle 2, Kalle 3 og Kalle Y fra undersøkelsene i 2004, 2005, 2006, 2008, 2010 og 2011. Verdiene for Kalle 1 går i 2004, 2005 og 2010 utenfor grafen. Eksakte verdier finnes i Vedleggstabell 2. Metoden brukt i 2011 skiller seg ut fra de andre årene og resultatene er derfor ikke direkte sammenlignbare.

### 3.3.1.5 DDT og metabolitter

I årets undersøkelser ble det analysert for insekticidenene 4,4-DDD, 2,4-DDT, 4,4-DDD, 2,4-DDE samt summen av DDT, DDE og DDD. DDT ble fremstilt som et svært effektivt insektmiddel, men er fettløselig, brytes svært sakte ned og oppkonsentreres i næringskjeden. Det ble derfor forbudt og ble brukt lovlig siste gang i 1988 (KLIF.no). DDD og DDE er de viktigste metabolittene som skapes ved nedbryting i miljøet. Eventuelle nivåer av disse stoffene kommer derfor fra delvis nedbrutt materiale som har ligget i miljøet i lang tid.

Verdiene stort sett lå under deteksjonsgrensen for alle målingene ved Kolle 2, Kolle 3 og Kolle Y. Ved Kolle 1 fantes det verdier tilsvarende tilstandsklasse II (God).

**Resultatene fra screeningen av sedimentet på de undersøkte stasjonene, tyder ikke på at DDT eller metabolittene er et miljømessig problem i Kollevågen.**

### **3.2.2 Sedimentfeller**

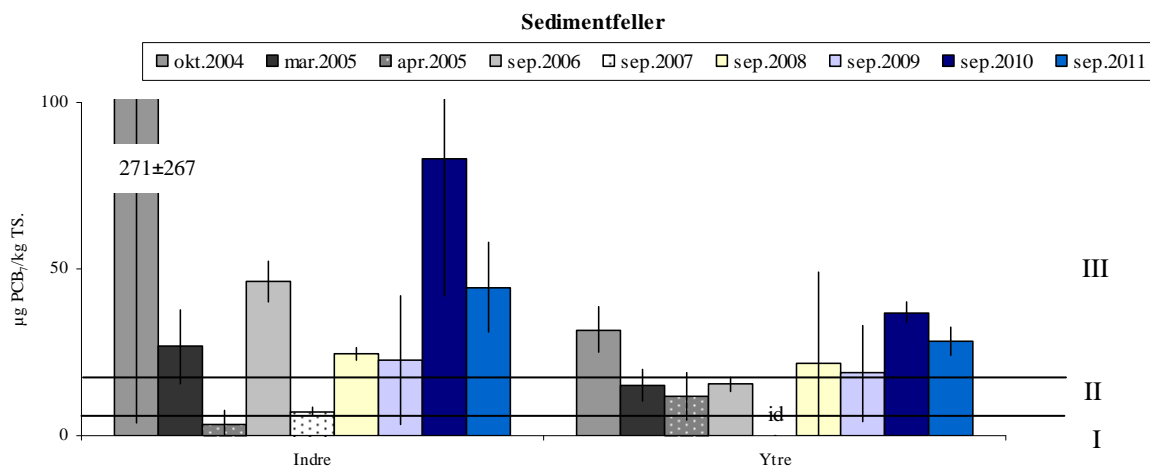
Sedimentfeller ble satt ut i sjøen for å fange opp partikler som transporteres med vannstrømmen. Resultatene fra analysene av polyklorete bifenyler (PCB) på disse partiklene er vist i Tabell 3.1 og Figur 3.8.

PCB-nivåene i 2011 ligger innen KLIFs tilstandsklasse III (Moderat) for både indre og ytre Kollevågen. Dette har også vært tilfellet de siste tre årene. Konsentrasjonene har gått ned i både indre og ytre Kollevågen, siden rekordmålingene i 2010. Likevel ligger nivåene i indre Kollevågen omtrent på nivå med målingene fra 2006 som var det høyeste siden tildekkingen og årets nivå i ytre Kollevågen er de høyeste siden tildekkingen. De høye verdiene i 2010 ble begrunnet med lave temperaturer og lite avrenning, noe som førte til kraftigere bunnstrømmer og dermed mer oppvirvling. Vinteren 2011 var også kald og det er usikkert hvorfor nivåene da er lavere enn i 2010-

Nivåene av PCB har bortsett fra i 2005 ligget høyere i indre Kollevågen enn i Ytre Kollevågen. Det samme ser man i resultatene fra årets undersøkelser, men ikke i like stor grad som i 2010.



**Mengden sedimentert PCB<sub>7</sub> er redusert i fellene fra både indre og ytre område i forhold til før tildekkingsarbeidet tok til.**



**Figur 3.8** Gjennomsnitt og standardavvik av PCB<sub>7</sub> konsentrasjoner (µg/kg TS) i sedimentfellene 1-3 (kalt indre) og sedimentfelle 4-6 (kalt ytre) fra 2004 til 2011. Grensene for ulike KLIFs tilstandsklasser (Bakke & al. 2007) i sediment er vist i figuren. Id = ikke detektert.

**Tabell 3.1.** Konsentrasjon av PCB<sub>7</sub> (µg/kg TS) i sedimentfellene fra 2011 sammen med tidligere målte konsentrasjoner. KLIFs tilstandsklasse (TK) er også vist. i.d = ikke detektert. Tilstandsklassene for historiske resultater er korrigert etter siste revisjon av KLIF's tilstandsklasser (Bakke & al 2007).

Dato	14.09-11.10 2004		14.02-10.03 2005		26.04-24.05 2005		19.09-17.10 2006		19.09-17.10 2007		10.09-08.10 2008		17.09-19.10 2009		23.09-21.10 2010		20.09-20.10 2011	
Stasjon	PCB <sub>7</sub> (µg/kg)	TK	PCB <sub>7</sub> (µg/kg)	TK	PCB <sub>7</sub> (µg/kg)	TK	PCB <sub>7</sub> (µg/kg)	TK	PCB <sub>7</sub> (µg/kg)	TK	PCB <sub>7</sub> (µg/kg)	TK	PCB <sub>7</sub> (ug/kg)	TK	PCB <sub>7</sub> (µg/kg)	TK	PCB <sub>7</sub> (µg/kg)	TK
Nr.1	116	III	34	III	i.d*	I	53	III	8,08	II	22,6	III	13	II	130,00	III	51,00	III
Nr.2	117	III	32	III	7	II	41	III	8,00	II	25,4	III	10	II	65,00	III	54,60	III
Nr.3	579	IV	14	II	1	I	45	III	5,84	II	25,9	III	45	III	54,00	III	28,10	III
<b>snitt</b>	<b>271</b>	<b>IV</b>	<b>27</b>	<b>III</b>	<b>3</b>	<b>I</b>	<b>46</b>	<b>III</b>	<b>7,31</b>	<b>II</b>	<b>24,6</b>	<b>III</b>	<b>22,7</b>	<b>III</b>	<b>83,00</b>	<b>III</b>	<b>44,57</b>	<b>III</b>
<b>sd</b>	<b>276</b>		<b>11</b>		<b>3</b>		<b>6</b>		<b>1,27</b>		<b>1,8</b>		<b>19,4</b>		<b>41,07</b>		<b>13,38</b>	
Nr.4	37	III	19	II	7	II	14	II	i.d	I	-	-	28	III	34,00	III	35,50	III
Nr.5	24	III	16	II	17	II-III	-	-	i.d	I	41,1	III	i.d*	I	37,00	III	28,30	III
Nr.6	34	III	10	II	-	-	17	II-III	i.d	I	2,1	I	26	III	40,00	III	20,90	III
<b>snitt</b>	<b>32</b>	<b>III</b>	<b>15</b>	<b>II</b>	<b>12</b>	<b>II</b>	<b>16</b>	<b>II</b>	<b>i.d</b>	<b>I</b>	<b>21,6</b>	<b>III</b>	<b>18,7</b>	<b>III</b>	<b>37,00</b>	<b>III</b>	<b>28,23</b>	<b>III</b>
<b>sd</b>	<b>7</b>		<b>5</b>		<b>7</b>		<b>2</b>		<b>27,6</b>		<b>14,5</b>		<b>3,00</b>		<b>4,25</b>			

\* Halve deteksjonsgrensen (som er <4) benyttet ved utregning av gjennomsnitt og standardavvik.

#### 4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Rapporten inneholder resultatene av en marinbiologisk miljøundersøkelse i Kollevåg-området, et område som tidligere har fungert som avfallsdeponi for Bergen kommune, og hvor det er registrert høye forekomster av PCB i sediment, blåskjell og fisk. Undersøkelsen er en del av et marint overvåkningsprogram som skal registrere miljøtilstand, spredning av PCB og effekten av en tildekking av den PCB-holdige sjøbunnen.

I 2011 ble det tatt prøver av PCB-spredningen vha sedimentfeller. Disse tydet på en nedgang siden 2010 både i indre og ytre Kollevågen. Det ble i tillegg foretatt en screeningtest av en rekke miljøskadelige stoffer i sedimentet på fire forskjellige stasjoner. Testmetoden var en såkalt TerrAttest som er utviklet for terrestriske miljø. Denne inkluderte tungmetaller, PAH'er, PCB'er, fenol, kreosol og stoffer fra insektmidler. Metoden har vist seg å gi en bred oversikt over hva som finnes i miljøet, men egnes trolig ikke til å bestemme eksakte verdier. Resultatene indikerer at det finnes høye verdier av enkelte tungmetaller og PAH'er ved Kolle 1. Analysene av de andre stoffene viste at de aller fleste fantes i høyest konsentrasjon ved Kolle 1, men nivåene var trolig ikke urovekkende høye.

Hovedresultatene fra 2011 og tidligere år er presentert i Tabell 3.10 og 3.11.

#### HOVEDKONKLUSJON

**Forholdene har forbedret seg i Kollevågen siden 2004 før tildekkingen av vågen, men PCB-holdig sediment spres fortsatt ut av Kollevågen. Årets screeningresultater tyder på at det finnes høye verdier av enkelte tungmetaller og PAH'er, mens de andre analyserte stoffene trolig kun er til stede i svært lave nivå. Fortsatt finnes de høyeste verdiene i det udekkede området i indre Kollevågen.**

**Tabell 3.10.** Oppsummering av noen av de essensielle resultatene fra indre område i Kollevåg i 2004, 2005 (hentet fra Vassenden & Johannessen 2005), i 2006 (Vassenden & al. 2007), i 2007 (Vassenden & Johansen 2008), i 2008 (Vassenden og Johannessen 2009), 2010 (Hatlen et al 2011) og årets undersøkelser (2011). Der det er gitt tilstandsklasser etter KLIF's klassifisering (Molvær & al.1997 og Bakke & al.2007), er disse oppgitt i parentes. Målsetning hentet fra Lone & Systad 2004. \*) I 2011 ble nye metoder benyttet ettersom det ble foretatt en screening av en rekke komponenter.

Indre område	Før tildekking 2004	Mens tildekking pågikk 2005	Ett år etter 2006	To år etter 2007	Tre år etter 2008	Fem år etter 2010	Seks år etter 2011	Målsetning
Sediment - % finstoff (<63µm) - % organisk innhold (glødetap)	Kolle 1 95 32	Kolle 1 96 25	Kolle 1 97 30	Ikke målt	Kolle 1 94 22	Kolle 1 96 29	Kolle 1 15(<2µm) 18* Kolle 3 6 (<2µm) 2*	
Bunnsediment - PCB <sub>7</sub> µg/kg TS (Tilst.kl)	Kolle 1 195±19 (IV)	Kolle 1 135± 8(III)	Kolle 1 65±36 (III) Kolle 3, 4, 5 id, id, 3±2 (I)	Ikke målt	Kolle 1 25±8 (III) Kolle 3, 4,5 0,9±0,2 1,1±0,1 1,0±0,6 (I)	Kolle 1 121 ± 34,8 (III) Kolle 3, 4, 5: 3,9 ± 3,8 (I) 9,0 ± 2,7 (II) 2,55 ± 2,0 (I)	Kolle 1 3 (I)* Kolle 3 i.d. (I)*	
Sedimentfeller - PCB <sub>7</sub> µg/kg TS (Tilst.kl)	Nr 1-3 271±267 (IV)	Nr 1-3 1: 27±11 (III) 2: 4±4 (I)	Nr 1-3 46±6 (III)	Nr 1-3 7,3±1,3 (II)	Nr 1-3 24,6±1,8 (III)	Nr 1-3 83 ± 41,1 (III)	Nr 1-3 44,57 (III)	Spredning av partikkelbundet forurensing stanses. Mål ikke nådd
Blåskjell – PCB <sub>7</sub> µg/kg vv (Tilst.kl)	Kol A 15,2±1,3 (III) Kol B 9,7±2,1 (II)	Kol A 12,7±3,1 (II) Kol B 3,9±0,7 (I)	Kol A 9,7 ± 0,6 (II) Kol B 5,7 ±0,6 (I)	Kol A 8,0 ± 1,7 (II) Kol B 10 (II)	Kol A 9,8 ± 1,5 (II) Kol B 6,6 ± 0,3 (II)	Kol A 10,74±1,10 (II) Kol B 5,01±0,32 (II)	Ikke målt	≤ 10  Mål nådd for Kol B, nesten for Kol A (2010)
Bunndyr - Diversitet (Tilst.kl)	Kolle 1 1,45 (IV)	Kolle 1 1,51 (IV)	Kolle 1 0,98 (V)	Kolle 1 Ikke målt	Kolle 1 1,47 (IV)	Kolle 1 2,06 (III-IV)	Ikke målt	

**Tabell 3.10 fortsetter.** Oppsummering av noen av de essensielle resultatene fra indre område i Kollevåg i 2004, 2005 (hentet fra Vassenden & Johannessen 2005), i 2006 (Vassenden & al. 2007), i 2007 (Vassenden & Johansen 2008), i 2008 (Vassenden og Johannessen 2009), 2010 (Hatlen et al 2011) og årets undersøkelser (2011). Der det er gitt tilstandsklasser etter KLIF's klassifisering (Molvær & al.1997 og Bakke & al.2007), er disse oppgitt i parentes. Målsetning hentet fra Lone & Systad 2004. \*) I 2011 ble nye metoder benyttet ettersom det ble foretatt en screening av en rekke komponenter.

Indre område	Før tildekking 2004	Mens tildekking pågikk 2005	Ett år etter 2006	To år etter 2007	Tre år etter 2008	Fem år etter 2010	Seks år etter 2011	Målsetning
Torskefilet - PCB <sub>7</sub> µg/kg vv (Tilst.kl)	Vestrevågen 57 (IV)	Vestrevågen 55 (IV)	Vestrevågen 22 (III)	Vestrevågen 102 (IV)	Vestrevågen 15 (II)	Vestrevågen 17 (II)	Ikke målt	≤ 20 Mål nådd
Torskelever - PCB <sub>7</sub> µg/kg vv (Tilst.kl)	Vestrevågen 8679 (IV)	Vestrevågen 5023 (IV)	Vestrevågen 3735 (III)	Vestrevågen 1770 (III)	Vestrevågen 1230 (II)	Vestrevågen 5730 (IV)	Ikke målt	≤ 2550 Mål ikke nådd
Skrubbefilet - PCB <sub>7</sub> µg/kg vv (Tilst.kl)	Vestrevågen 54 (IV)	Vestrevågen 31 (III)	Vestrevågen 7 (II)	Vestrevågen 13 (II)	Vestrevågen 25 (III)	Vestrevågen 24 (II-III)	Ikke målt	≤ 20 Diskutabelt om mål er nådd (se kapittel 3.3.4)
Ålefilet - PCB <sub>7</sub> µg/kg vv	Vestrevågen 302	Vestrevågen 641	Vestrevågen 817	Vestrevågen 360	Vestrevågen 935	Ikke undersøkt	Ikke målt	Nivå som i Hauglandsosen Mål ikke nådd (2008)
Torsk filet – PCB <sub>12</sub> WHO - TEQ			Vestrevågen 1,1 TEQ- 1998	Vestrevågen Ikke analysert	Vestrevågen 0,77 TEQ- 1998	Vestrevågen 1,4 TEQ-2005 1,3 TEQ-1998	Ikke målt	
Torsk lever – PCB <sub>12</sub> WHO - TEQ			Vestrevågen 290 TEQ- 1998	Vestrevågen 263 TEQ- 1998	Vestrevågen 274 TEQ- 1998	Vestrevågen 159 TEQ-2005 281 TEQ-1998	Ikke målt	

**Tabell 3.11.** Oppsummering av noen av de essensielle resultatene fra ytre område i Kollevåg i 2004, 2005 (hentet fra Vassenden & Johannessen 2005), i 2006 (Vassenden & al. 2007), i 2007 (Vassenden & Johansen 2008), i 2008 (Vassenden og Johannessen 2009), 2010 (Hatlen et al 2011) og årets undersøkelser (2011). Der det er gitt tilstandsklasser etter KLIF's klassifisering (Molvær & al.1997 og Bakke & al.2007), er disse oppgitt i parentes. Målsetning hentet fra Lone & Systad 2004. \*) I 2011 ble nye metoder benyttet ettersom det ble foretatt en screening av en rekke komponenter.

Ytre område	Før tildekking 2004	Mens tildekking pågikk 2005	Ett år etter 2006	To år etter 2007	Tre år etter 2008	Fem år etter 2010	Seks år etter 2011	Målsetning
Sediment - % finstoff (<63µm) - % organisk innhold (TOM)	Kolle 2 27 5	Kolle 2 22 6	Kolle 2 21 6	Ikke målt	Kolle 2 21 8	Kolle 2 23 6	Kolle 2 6 (<2m) 2* Kolle Y 4 (<2m) 3*	
Bunnsediment - PCB <sub>7</sub> µg/kg TS (Tilst.kl)	Kolle 2 3 ± 1 (I)	Kolle 2 5 ± 2 (I-II)	Kolle 2 3 ± 2 (I)	Ikke målt	Kolle 2 2 ± 1 (I)	Kolle 2 4,55 ± 0,5 (I)	Kolle 2, Y i.d. (I)*	
Sedimentfeller - PCB <sub>7</sub> µg/kg TS (Tilst.kl)	Nr 4-6 32±7 (III)	Nr 4-6 1: 15±5 (II) 2: 12±7 (II)	Nr 4-6 13±5 (II)	Nr 4-6 Ikke detektert (I)	Nr 5-6 21,6±27,6 (III)	Nr 5-6 37,0±3,0 (III)	Nr 4-6 28,23 (III)	Spredning av partikkelbundet forurensing stanses. Mål ikke nådd
Blåskjell – PCB <sub>7</sub> µg/kg vv (Tilst.kl)	Kol C 7,8±1,3 (II)	Kol C 4,5±0,6 (II)	Kol C 5,7 ±0,6 (II)	Kol C 5,0±1,7 (II)	Kol C 5,3±0,5 (II)	Kol C 5,04±0,52 (II)	Ikke målt	≤ 10 Mål nådd for Kol C
Bunndyr - Diversitet (Tilst.kl)	Kolle 2 2,74 (III)	Kolle 2 3,57 (II)	Kolle 2 3,02 (II)	Kolle 2 Ikke målt	Kolle 2 4,22 (I)	Kolle 2 4,21 (I)	Ikke målt	

**Tabell 3.11.** Oppsummering av noen av de essensielle resultatene fra ytre område i Kollevåg i 2004, 2005 (hentet fra Vassenden & Johannessen 2005), i 2006 (Vassenden & al. 2007), i 2007 (Vassenden & Johansen 2008), i 2008 (Vassenden og Johannessen 2009), 2010 (Hatlen et al 2011) og årets undersøkelser (2011). Der det er gitt tilstandsklasser etter KLIF's klassifisering (Molvær & al.1997 og Bakke & al.2007), er disse oppgitt i parentes. Målsetning hentet fra Lone & Systad 2004. \*) I 2011 ble nye metoder benyttet ettersom det ble foretatt en screening av en rekke komponenter.

Ytre område	Før tildekking 2004	Mens tildekking pågikk 2005	Ett år etter 2006	To år etter 2007	Tre år etter 2008	Fem år etter 2010	Seks år etter 2011	Målsetning
Torskefilet - PCB <sub>7</sub> µg/kg vv (Tilst.kl)	v/Tussholmen Ikke detektert (I)	v/Tussholmen 3 (I)	v/Tussholmen 13 (II)	v/Tussholmen 6 (II)	v/Tussholmen 1,5 (I)	v/Tussholmen 2,4 (I)	Ikke målt	≤ 20 Mål nådd
Torskelever - PCB <sub>7</sub> µg/kg vv (Tilst.kl)	v/Tussholmen 217 (I)	v/Tussholmen 396 (I)	v/Tussholmen 316 (I)	v/Tussholmen 728 (II)	v/Tussholmen 387 (I)	v/Tussholmen 876 (II)	Ikke målt	≤ 2550 Mål nådd
Skrubbefilet - PCB <sub>7</sub> µg/kg vv (Tilst.kl)	v/Tussholmen 68 (IV)	v/Tussholmen ingen fangst	v/Tussholmen 7 (II)	v/Tussholmen ingen fangst	v/Tussholmen 10 (II)	v/Tussholmen 5 (I-II)	Ikke målt	≤ 20 Mål nådd
Ålefilet - PCB <sub>7</sub> µg/kg vv	v/Tussholmen ingen fangst	v/Tussholmen ingen fangst	v/Tussholmen 246	v/Tussholmen 73	v/Tussholmen ingen fangst	v/Tussholmen ingen fangst	Ikke målt	
Torsk filet – PCB <sub>12</sub> WHO – TEQ ng/kg			v/Tussholmen 0,29 TEQ- 1998	v/Tussholmen ingen fangst	v/Tussholmen 0,12 TEQ-1998	v/Tussholmen	Ikke målt	
Torsk lever – PCB <sub>12</sub> WHO – TEQ ng/kg			v/Tussholmen 32 TEQ-1998	v/Tussholmen 111 TEQ-1998	v/Tussholmen 50 TEQ-1998	v/Tussholmen 0,2 TEQ-1998 0,1 TEQ-2005	Ikke målt	

## **5 ANBEFALTE TILTAK**

Det bør vurderes å sette inn tiltak for å hindre spredning av PCB fra sedimentene i det udekkede området av indre Kollevågen. En forhåpentlig nedgang i nivået av tungmetaller, samt enkelte PAH'er bør observeres i årene som kommer, på lik linje med PCB-undersøkelsen.

## **6 TAKK**

Vi vil gjerne få takke T. Sørli på F/F *Aurelia* for hyggelige tokt.



## 7 LITTERATUR

- Bakke T, Breedveld G, Källqvist T, Oen A, Eek E, Ruus A, Kibsgaard A, Helland A, Hylland K. 2007. Veileder for miljøkvalitet i fjorden og kystfarvann. Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. TA 2229/2007.
- Botnen HB, Tvedten ØF, Grahl-Nielsen O, Johannessen PJ. 1995. Marinbiologiske miljøundersøkelser ved Hanøytangen, Askøy kommune. IFM rapport nr. 6, 1995. 112 s.
- Direkstoratsgruppa Vanndirektivet 2009. Veileder 01:2009 Klassifisering av miljøtilstand i vann.
- Environmental Protection Agency 1999. Screening Level Ecological Risk Assessment Protocol. *Peer review*.
- Friday G.P. 1998. Ecological Screening values for surface water, sediment, and soil. WSRC-TR-98-00110
- Hatlen K., Johansen P.O., Johannessen P. Marinbiologiske undersøkelser i Kollevågen i 2006-2016. Observasjoner i 2010. SAM e-Rapport nr. 16-2010.
- Hatlen K., 2007. Biological effects of water soluble fraction of oil on the Arctic sea ice amphipod *Gammarus wilkitzkii*. Master thesis in Biology, University of Tromsø.
- Hylland K., Erikson B., Gade A., Hedstein A., Høstmark S., Magnussen K., Odland J., Schulze P-E., Schutz S., Grini G. 2010. Et Norge uten miljøgifter. Noregs Offentlige utredninger 2010:9.
- Instones D, Solhaug KP. 1997. Miljøtekniske undersøkelser i Kollevågen. Endelig rapport med tiltaksvurdering. Instanesrapport nr 3/97. 55 s.
- Johannessen P, Stensvold AM. 1985. Resipientundersøkelser i Askøy kommune. IMB-rapport nr 18, 1985. 40 s.
- Johansen PO, Vassenden G, Botnen H, Johannessen P. 2004. Marinbiologiske miljøundersøkelse ved Norscrap West AS på Hanøytangen, Askøy kommune i 2004. IFM-rapport nr 4, 2004. 47 s.
- Jæger I., 2007. Total mercury (TotHg) and methyl mercury (MeHg) in selected species from a Norwegian Arctic marine food web. Master Thesis in Biology, University of Tromsø.
- Knutzen J, Skei J, Johnsen TM, Hylland K, Klungøy J, Schlaback M. 1995. Miljøundersøkelser i Byfjorden/Bergen og tilliggende fjordområder. Fase 2. Observasjoner i 1994. *Niva-rapport* nr 3351-95. 163 s.
- Lone S, Systad H. 2004. Overvåkningsprogram. Kollevågen avfallsplass, Askøy. Multiconsult notat 610306-02. 6 s.
- Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Kortversjon. SFT-veiledning nr. 97:03. 36 s.
- Myhre LP. 1998. Biomarkører i ål (*Anguilla anguilla* L.). Miljøgifteksponering i laborieforsøk og feltundersøkelser i fjordsystemet rundt Bergen. *Hovedoppgave i marinbiologi*. Institutt for fiskeri- og marinbiologi. Universitetet i Bergen. 107 s.
- Vassenden G, Johannessen P. 2005. Undersøkelse av PCB i marint miljø i forbindelse med tildekkingen av sjøbunn i området ved Kollevågen, Askøy kommune. VestBio nr.5,2005, 53 s.
- Vassenden G, Heggøy E, Johannessen P. 2006. Marinbiologisk undersøkelse i Kollevågen i 2006-2016. Observasjoner i 2006. Unifob rapport 18.januar 2007. 51 s.

- Vassenden G, Johannessen P. 2007. Analyse av persistente organiske miljøgifter (POP) i blåskjell fra Kollevågen i 2007. J.nr.SAM-186/07-GV. Bergen 24.09 2007.
- Vassenden G, Johansen P-O. 2008. Marinbiologisk undersøkelse i Kollevågen i 2006-2016. Observasjoner i 2007. SAM-Unifob rapport 13-2007. 40 s.
- Vassenden G, Johannessen P. 2009. Marinbiologisk undersøkelse i Kollevågen i 2006-2016. Observasjoner i 2008. *SAM-e-Rapport* 1-2009. 74 s.
- Vassenden G. 2009. Marinbiologisk undersøkelse i Kollevågen i 2006-2016. Observasjoner i 2009. *SAM-e-Rapport* 16-2009. 32 s.

## 8 VEDLEGG

<b>Vedleggstabell 1 Posisjoner til sedimentfeller og .....</b>	<b>35</b>
<b>Vedleggstabell 2 PCB i bunnsediment.....</b>	<b>36</b>
<b>Vedleggstabell 3 Metaller i bunnsediment.....</b>	<b>37</b>
<b>Vedleggstabell 4 PAH i bunnsediment.....</b>	<b>38</b>
<b>Vedleggstabell 5 Fenol, kreosol og insektmidler i bunnsediment..</b>	<b>41</b>
<b>Vedleggstabell 6 Analysebevis .....</b>	<b>42</b>

**Vedleggstabell 1.** Posisjoner hvor sedimentfellene ble satt ut i Kollevågen-området. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84).

Sedimentfelle Nr.	Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)
1	60°26,776'N 05°06,987'Ø	30
2	60°26,767'N 05°07,012'Ø	31
3	60°26,733'N 05°06,918'Ø	25
4	60°26,499'N 05°06,924'Ø	33
5	60°26,492'N 05°06,931'Ø	36
6	60°26,452'N 05°06,923'Ø	37

**Vedleggstabell 2.** Innhold av PCB ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  TS) i bunnsediment fra Kollevågen fra 2004 til 2011. id = ikke detektert (verdi under deteksjonsgrensa).

Stasjon	Prøve nr.	11.10.2004	TK	10.03.2005	TK	28.02.2006	TK	25.02.2008	TK	24/25.03.2010	TK	20.09.2011	TK
<b>Kolle 1</b>	1	217		139		106		21,8		110,0		id	
	2	188		140		42		19,7		93,0		3	
	3	181		126		47		33,8		160,0		id	
	<b>Snitt ± sd</b>	<b>195 ± 19</b>	<b>IV</b>	<b>135 ± 8</b>	<b>III</b>	<b>65 ± 36</b>	<b>III</b>	<b>25 ± 8</b>	<b>III</b>	<b>121 ± 34,8</b>	<b>III</b>	<b>&lt;3</b>	<b>I</b>
<b>Kolle 2</b>	1	2		7		1		2,4		4,9		id	
	2	4		5		5		2,0		4,2		id	
	3	2		3		4		0,6		(51,0)**		id	
	<b>Snitt ± sd</b>	<b>3 ± 1</b>	<b>I</b>	<b>5 ± 2</b>	<b>I-II</b>	<b>3 ± 2</b>	<b>I</b>	<b>1,7 ± 0,9</b>	<b>I</b>	<b>4,55 ± 0,5</b>	<b>III</b>		<b>I</b>
<b>Kolle 3</b>	1					<4		0,6		0,57		id	
	2					<4		<2		8,1		id	
	3					<4		<2		3,0		id	
	<b>Snitt ± sd</b>					<b>&lt;4</b>	<b>I</b>	<b>*0,9 ± 0,2</b>	<b>I</b>	<b>3,9 ± 3,8</b>	<b>I</b>		<b>I</b>
<b>Kolle Y</b>	1											id	
	2											id	
	3											id	
	<b>Snitt ± sd</b>												<b>I</b>

**Vedleggstabell 3.** Innhold av metaller (mg/kg TS) i bunnsediment fra Kollevågen i 2011. id = ikke detektert (verdi under deteksjonsgrensa)..  
For gjennomsnitt er halve deteksjonsgrensa benyttet. \*) Grenseverdi hentet fra Firday 1998, EPA.

	Hugg	Arsen (As)	Barium (Ba)	Kadmium (Cd)	Krom (Cr)	Kobolt (Co)	Kobber (Cu)	Kvikksølv (Hg)	Bly (Pb)	Molybdenum (Mo)	Nikkel (Ni)	Tinn (Sn)	Vanadium (V)	Sink (Zn)	Tørrestoff %
<b>Kolle 1</b>	1	16,00	250,00	0,41	61,00	9,30	110,00	1,20	110,00	6,30	23,00	43,00	84,00	200,00	22,20
	2	16,00	250,00	0,57	66,00	7,70	120,00	1,30	120,00	5,90	23,00	49,00	87,00	210,00	19,70
	3	16,00	290,00	id	57,00	9,60	110,00	1,10	110,00	6,90	23,00	44,00	84,00	200,00	22,10
	<b>snitt</b>	<b>16,00</b>	<b>263,33</b>	<b>0,38</b>	<b>61,33</b>	<b>8,87</b>	<b>113,33</b>	<b>1,20</b>	<b>113,33</b>	<b>6,37</b>	<b>23,00</b>	<b>45,33</b>	<b>85,00</b>	<b>203,33</b>	<b>21,33</b>
	stdv	0,00	23,09	0,11	4,51	1,02	5,77	0,10	5,77	0,50	0,00	3,21	1,73	5,77	1,42
	<b>Tilstand</b>	<b>I</b>		<b>I</b>	<b>I</b>	<b>ok*</b>	<b>for høyt</b>	<b>for høyt</b>	<b>for høyt</b>	<b>ok*</b>	<b>ok</b>			<b>II</b>	
<b>Kolle 2</b>	1	id	97,00	id	15,00	6,00	9,70		5,90	id	8,90	id	44,00	43,00	81,10
	2	id	69,00	id	17,00	4,00	11,00	0,05	9,80	id	9,50	id	28,00	33,00	71,00
	3	id	94,00	id	16,00	5,30	9,70		6,10	id	7,80	id	38,00	36,00	76,50
	<b>snitt</b>		<b>86,67</b>	-	<b>16,00</b>	<b>5,10</b>	<b>10,13</b>	<b>0,03</b>	<b>7,27</b>	-	<b>8,73</b>	-	<b>36,67</b>	<b>37,33</b>	<b>76,20</b>
	stdv		15,37	-	1,00	1,01	0,75	-	2,20	-	0,86	-	8,08	5,13	5,06
		<b>I</b>		<b>I</b>	<b>I</b>	<b>ok*</b>	<b>ok</b>	<b>ok</b>	<b>ok</b>	<b>ok*</b>	<b>ok</b>			<b>ok</b>	
<b>Kolle 3</b>	1	4,00	290,00	id	27,00	14,00	35,00	0,12	16,00	3,20	22,00	id	75,00	110,00	43,00
	2		260,00	id	26,00	16,00	30,00	0,06	10,00	2,70	23,00	id	71,00	100,00	61,10
	3	3,10	250,00	id	28,00	16,00	28,00	0,06	11,00	7,10	22,00	id	77,00	100,00	59,80
	<b>snitt</b>	<b>3,55</b>	<b>266,67</b>	-	<b>27,00</b>	<b>15,33</b>	<b>31,00</b>	<b>0,08</b>	<b>12,33</b>	<b>4,33</b>	<b>22,33</b>	-	<b>74,33</b>	<b>103,33</b>	<b>54,63</b>
	stdv	0,64	20,82	-	1,00	1,15	3,61	0,03	3,21	2,41	0,58	-	3,06	5,77	10,10
		<b>I</b>		<b>I</b>	<b>I</b>	<b>ok*</b>	<b>ok</b>	<b>ok</b>	<b>ok</b>	<b>ok*</b>	<b>ok</b>			<b>ok</b>	
<b>Kolle Y</b>	1	6,60	75,00	id	17,00	5,10	6,00		17,00	id	8,50	id	30,00	42,00	76,20
	2	6,80	93,00	id	18,00	4,70	6,10	0,17	19,00	id	8,80	id	27,00	41,00	75,70
	3	9,60	97,00	id	19,00	3,90	8,90	0,20	30,00	id	7,30	8,90	29,00	70,00	68,60
	<b>snitt</b>	<b>7,67</b>	<b>88,33</b>	-	<b>18,00</b>	<b>4,57</b>	<b>7,00</b>	<b>0,19</b>	<b>22,00</b>	-	<b>8,20</b>	<b>4,63</b>	<b>28,67</b>	<b>51,00</b>	<b>73,50</b>
	stdv	1,68	11,72	-	1,00	0,61	1,65	0,02	7,00	-	0,79		1,53	16,46	4,25
		<b>I</b>		<b>I</b>	<b>I</b>	<b>ok*</b>	<b>ok</b>	<b>ok</b>	<b>ok</b>	<b>ok*</b>	<b>ok</b>			<b>ok</b>	

**Vedleggstabell 4.** Innhold av PAH (mg/kg TS) i bunnsediment fra Kollevågen i 2011. id = ikke detektert (verdi under deteksjonsgrensa).. For gjennomsnitt er halve deteksjonsgrensa benyttet. Tilstandsklasser fra KLIF er oppgitt.

	Analysis Hugg	Naphthalene µg/kg ts	Acenaphthylene µg/kg ts	Acenaphthene µg/kg ts	Fluorene µg/kg ts	Phenanthrene µg/kg ts	Anthracene µg/kg ts	Fluoranthene µg/kg ts	Pyrene µg/kg ts
<b>Kolle 1</b>	1	10,00	10,00	10,00	20,00	200,00	40,00	510,00	380,00
	2	20,00	id	20,00	20,00	220,00	40,00	520,00	390,00
	3	20,00	id	20,00	20,00	210,00	40,00	510,00	380,00
	<b>Snitt</b>	<b>16,67</b>	<b>8,89</b>	<b>16,67</b>	<b>20,00</b>	<b>210,00</b>	<b>40,00</b>	<b>513,33</b>	<b>383,33</b>
	stdv	5,77	-	5,77	0,00	10,00	0,00	5,77	5,77
	<b>tilstand</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>III</b>	<b>III</b>
<b>Kolle 2</b>	1	id	id	id	id	id	id	10,00	id
	2	id	id	id	id	id	id	10,00	10,00
	3	id	id	id	id	10	id	20,00	10,00
	<b>Snitt</b>	-	-	-	-	<b>6,67</b>	-	<b>13,33</b>	<b>8,33</b>
	stdv	-	-	-	-	-	-	5,77	-
	<b>tilstand</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>II</b>
<b>Kolle 3</b>	1	id	id	id	id	20	id	50,00	40,00
	2	id	id	id	id	id	id	20,00	10,00
	3	id	id	id	id	id	id	20,00	20,00
	<b>Snitt</b>	-	-	-	-	<b>10,00</b>	-	<b>30,00</b>	<b>23,33</b>
	stdv	-	-	-	-	-	-	17,32	15,28
	<b>tilstand</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>II</b>
<b>Kolle Y</b>	1	id	id	id	id	id	id	id	id
	2	id	id	id	id	70,00	20,00	100,00	80,00
	3	10,00	id	20,00	20,00	200,00	60,00	330,00	260,00
	<b>Snitt</b>	<b>6,67</b>	-	<b>10,00</b>	<b>10,00</b>	<b>91,67</b>	<b>28,33</b>	<b>145,00</b>	<b>115,00</b>
	stdv	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b>tilstand</b>	<b>II</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>III</b>	<b>II</b>

**Vedleggstabell 4 forts.** Innhold av PAH (mg/kg TS) i bunnsediment fra Kollevågen i 2011. id = ikke detektert (verdi under deteksjonsgrensa).. For gjennomsnitt er halve deteksjonsgrensa benyttet. Tilstandsklasser fra KLIF er oppgitt.

	Analysis Hugg	Chrysene µg/kg ts	Benzo(b) fluoranthene µg/kg ts	Benzo(k) fluoranthene µg/kg ts	Benzo(a) pyrene µg/kg ts	Dibenzo(ah) anthracene µg/kg ts	Benzo(ghi) perylene µg/kg ts	Indeno(123cd) pyrene µg/kg ts	Benzo(a) anthracene µg/kg ts
<b>Kolle 1</b>	1	170,00	360,00	110,00	200,00	40,00	200,00	200,00	180,00
	2	180,00	380,00	120,00	220,00	30,00	230,00	180,00	190,00
	3	150,00	360,00	110,00	190,00	40,00	190,00	190,00	200,00
	<b>Snitt</b>	<b>166,67</b>	<b>366,67</b>	<b>113,33</b>	<b>203,33</b>	<b>36,67</b>	<b>206,67</b>	<b>190,00</b>	<b>190,00</b>
	stdv	15,28	11,55	5,77	15,28	5,77	20,82	10,00	10,00
	<b>tilstand</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>IV</b>	<b>IV</b>	<b>IV</b>
<b>Kolle 2</b>	1	id	10,00	id	10,00	id	10,00	10,00	id
	2	id	20,00	id	20,00	id	20,00	id	id
	3	id	10,00	id	id	id	id	10,00	id
	<b>Snitt</b>	<b>-</b>	<b>13,33</b>	<b>-</b>	<b>11,67</b>	<b>-</b>	<b>11,67</b>	<b>8,33</b>	<b>-</b>
	stdv	-	5,77	-	-	-	-	-	-
	<b>tilstand</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>
<b>Kolle 3</b>	1	30,00	40,00	20,00	30,00	id	30,00	20,00	30,00
	2	id	20,00	id	id	id	10,00	id	id
	3	10,00	20,00	id	10,00	id	10,00	10,00	10,00
	<b>Snitt</b>	<b>15,00</b>	<b>26,67</b>	<b>10,00</b>	<b>15,00</b>	<b>-</b>	<b>16,67</b>	<b>11,67</b>	<b>15,00</b>
	stdv	-	11,55	-	-	-	11,55	-	-
	<b>tilstand</b>	<b>II</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>I</b>	<b>II</b>
<b>Kolle Y</b>	1	id	id	id	id	id	id	id	id
	2	40,00	60,00	20,00	50,00	id	40,00	50,00	40,00
	3	130,00	220,00	80,00	160,00	20,00	110,00	130,00	150,00
	<b>Snitt</b>	<b>58,33</b>	<b>95,00</b>	<b>35,00</b>	<b>71,67</b>	<b>10,00</b>	<b>51,67</b>	<b>61,67</b>	<b>65,00</b>
	stdv	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b>tilstand</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>I</b>	<b>IV</b>	<b>III</b>	<b>III</b>

**Vedleggstabell 4 forts.** Innhold av PAH (mg/kg TS) i bunnsediment fra Kollevågen i 2011. id = ikke detektert (verdi under deteksjonsgrensa).. For gjennomsnitt er halve deteksjonsgrensa benyttet. Tilstandsklasser fra KLIF er oppgitt.

		PAH 10 VROM (sum)	PAH 16 EPA (sum)	TPH (C10- C12)	TPH(C16- C21)	TPH(C21-C30)	TPH(C30- C35)	TPH(C35-C40)	TPH(C10-C40) sum
	Analysis Hugg	µg/kg dm	µg/kg dm	mg/kg ts	µg/kg ts	mg/kg ts	mg/kg ts	mg/kg ts	mg/kg ts
<b>Kolle 1</b>	1	1800	2600	id	id	id	14,00	9,90	41,00
	2	1900	2800	47	id	14	20,00	9,50	94,00
	3	1800	2600	id	id	23	20,00	9,40	58,00
	<b>Snitt</b>	<b>1833,33</b>	<b>2666,67</b>	<b>16, 67</b>	-	<b>14,33</b>	<b>18,00</b>	<b>9,60</b>	<b>64,33</b>
	stdv	57,74	115,47	-	-	-	3,46	0,26	27,06
<b>tilstand</b>		<b>III</b>							<b>I</b>
<b>Kolle 2</b>	1	40	50	id	id	id	id	id	id
	2	30	60	id	id	id	id	id	id
	3	50	80	id	id	id	6,60	id	id
	<b>Snitt</b>	<b>40</b>	<b>63,33</b>	-	-	-	<b>4,20</b>	-	-
	stdv	10	15,28	-	-	-	-	-	-
<b>tilstand</b>		<b>I</b>							<b>I</b>
<b>Kolle 3</b>	1	220	300	id	id	id	7,60	id	id
	2	30	60	id	id	id	7,60	id	id
	3	80	120	id	id	id	7,60	id	id
	<b>Snitt</b>	<b>110,00</b>	<b>160,00</b>	-	-	-	<b>8,60</b>	-	-
	stdv	98,49	124,90	-	-	-	0,00	-	-
<b>tilstand</b>		<b>I</b>							<b>I</b>
<b>Kolle Y</b>	1	id	id	id	id	id	id	id	id
	2	440	590	id	id	id	9,60	id	39,00
	3	1400	1900	id	id	id	11,00	6,50	48,00
	<b>Snitt</b>	-	-	-	-	-	<b>7,87</b>	<b>4,17</b>	<b>35,33</b>
	stdv	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>tilstand</b>		<b>II-III</b>							<b>I</b>



**Vedleggstabell 5.** Innhold av fenol, kreosol og insektmidler (mg/kg TS) i bunnsediment fra Kollevågen i 2011. id = ikke detektert (verdi under deteksjonsgrensa).. For gjennomsnitt er halve deteksjonsgrensa benyttet.

Hugg		Phenol µg/kg ts	p-cresol µg/kg ts	cresols (sum) µg/kg ts	4,4-DDD, 2,4- DDT		4,4-DDD		2,4-DDE		DDT/DDE/DDD (sum)
					µg/kg ts	µg/kg ts	µg/kg ts	µg/kg ts	µg/kg ts	µg/kg ts	µg/kg ts
<b>Kolle 1</b>	1	20,00	id	id	7,00	id	id	id	id	id	7,00
	2	30,00	id	id	7,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	11,00
	3	30,00	id	id	7,00	id	id	id	id	id	7,00
	<b>Snitt</b>	<b>26,67</b>	-	-	<b>7,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>8,33</b>
	stdv	5,77	-	-	0,00	-	-	-	-	-	2,31
<b>tilstand</b>		<b>I(A)</b>		<b>I(A)</b>						<b>II</b>	
<b>Kolle 2</b>	1	30,00	id	id	id	id	id	id	id	id	id
	2	60,00	20,00	20,00	id	id	id	id	id	id	id
	3	220,00	10,00	10,00	id	id	id	id	id	id	id
	<b>Snitt</b>	<b>103,33</b>	<b>15,00</b>	<b>15,00</b>	-	-	-	-	-	-	-
	stdv	102,14	7,07	7,07	-	-	-	-	-	-	-
<b>tilstand</b>		<b>I(A)</b>		<b>I(A)</b>						<b>I</b>	
<b>Kolle 3</b>	1	id	id	id	1,00	id	id	id	id	id	1,00
	2	id	id	id	id	id	id	id	id	id	id
	3	id	id	id	id	id	id	id	id	id	id
	<b>Snitt</b>	-	-	-	<b>0,67</b>	-	-	-	-	-	-
	stdv	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>tilstand</b>		<b>I(A)</b>		<b>I(A)</b>						<b>I-II</b>	
<b>Kolle Y</b>	1	id	id	id	id	id	id	id	id	id	id
	2	id	id	id	id	id	id	id	id	id	id
	3	id	id	id	id	id	id	id	id	id	id
	<b>Snitt</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	stdv	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>tilstand</b>		<b>I(A)</b>		<b>I(A)</b>						<b>I</b>	

**Vedlegg 6.** Analysebevis fra de kjemiske analysene i sedimentprøver og sedimentfeller.**Sedimentfeller:**

**Eurofins Norsk Miljøanalyse AS, avd. Bergen**

F. reg. 965 141 618 MVA  
Box 75  
NO-5841 Bergen

Tlf: +47 94 50 42 42

Uni Research AS  
HiB, Seksjon for anvendt miljøforskning (SAM)  
5006 BERGEN  
Attn: Tor Ensrud

**AR-11-MX-001098-01**

  
**EUNOBE-00001299**

Prøvemottak: 31.10.2011  
Temperatur:  
Analyseperiode: 31.10.2011-17.11.2011  
Referanse: 611101, 805319,  
ref:63/11

**ANALYSERAPPORT**

Prøvenr.:	<b>441-2011-1102-050</b>	Prøvetakingsdato:	31.10.2011		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	KOL 1	Analysestartdato:	31.10.2011		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
<b>PCB 7</b>					
PCB 101	4.38	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
PCB 118	5.88	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
PCB 138	13.9	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
PCB 153	12.1	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
PCB 180	7.05	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
PCB 28	3.34	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
PCB 52	4.40	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
Sum 7 PCB	51.0	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	1

Prøvenr.:	<b>441-2011-1102-051</b>	Prøvetakingsdato:	31.10.2011		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	KOL 2	Analysestartdato:	31.10.2011		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
<b>PCB 7</b>					
PCB 101	4.41	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
PCB 118	6.84	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
PCB 138	12.7	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
PCB 153	11.1	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
PCB 180	7.51	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
PCB 28	6.24	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
PCB 52	5.80	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
Sum 7 PCB	54.6	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	1

**Tegnforklaring:**

\* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

< :Mindre enn, > :Større enn, nd :Ikke påvist, MPN :Most Probable Number, cfu :Colony Forming Units, MU :Uncertainty of Measurement, LOQ :Kvantifiseringsgrense

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 1 av 3



Prøvenr.:	<b>441-2011-1102-052</b>	Prøvetakingsdato:	31.10.2011		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerking:	KOL 3	Analysestartdato:	31.10.2011		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
<b>PCB 7</b>					
PCB 101	2.56	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
PCB 118	3.90	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
PCB 138	6.10	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
PCB 153	6.50	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
PCB 180	3.45	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
PCB 28	2.48	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
PCB 52	3.13	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
Sum 7 PCB	28.1	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	1

Prøvenr.:	<b>441-2011-1102-053</b>	Prøvetakingsdato:	31.10.2011		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerking:	KOL 4	Analysestartdato:	31.10.2011		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
<b>PCB 7</b>					
PCB 101	1.83	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
PCB 118	4.90	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
PCB 138	8.28	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
PCB 153	7.41	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
PCB 180	5.32	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
PCB 28	2.29	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
PCB 52	5.44	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
Sum 7 PCB	35.5	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	1

Prøvenr.:	<b>441-2011-1102-054</b>	Prøvetakingsdato:	31.10.2011		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerking:	KOL 5	Analysestartdato:	31.10.2011		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
<b>PCB 7</b>					
PCB 101	3.45	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
PCB 118	3.47	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
PCB 138	7.25	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
PCB 153	4.37	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
PCB 180	1.94	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
PCB 28	2.55	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
PCB 52	5.24	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
Sum 7 PCB	28.3	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	1

**Tegnforklaring:**

\* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

&lt; :Mindre enn, &gt; :Større enn, nd :Ikke påvist, MPN :Most Probable Number, cfu :Colony Forming Units, MU :Uncertainty of Measurement, LOQ :Kvantifiseringsgrense

Opplysninger om målesikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 2 av 3

AR-11-MX-001098-01



EUNOBE-00001299



Prøvenr.:	<b>441-2011-1102-055</b>	Prøvetakingsdato:	31.10.2011		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerking:	KOL 6	Analysestartdato:	31.10.2011		
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
<b>PCB 7</b>					
PCB 101	2.05	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
PCB 118	2.80	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
PCB 138	4.18	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
PCB 153	3.12	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
PCB 180	2.30	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
PCB 28	0.67	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
PCB 52	5.78	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	0.1
Sum 7 PCB	20.9	µg/kg TS		NS-EN 12766-2	1

**Kopi til:**

Kristin Hatlen (kristin.hatlen@uni.no)

Bergen 17.11.2011

Tommie Christensen

Avd.leder, Kundesenter

**Tegnforklaring:**

\* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

&lt; :Mindre enn, &gt; :Større enn, nd :Ikke påvist, MPN :Most Probable Number, cfu :Colony Forming Units, MU :Uncertainty of Measurement, LOQ :Kvantifiseringsgrense

Opplysninger om målesikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 3 av 3

**Bunnsediment:****Verification: Default analysis report (Analytico, Barneveld)**

Your project number	Kollevag Sedime
Certificate number	2011043397
Your project name	Kollevag Sediments
Your order number	Kollevag Sediments
Start date	18-03-2011
Report date	
Date sampling	
Sampler	

Analysis	Unit	1 (856-1)	2 (856-2)	3 (856-3)	4 (856-4)	5 (856-5)
<b>Characteristics</b>						
Dry matter	% (w/w)	22.2	19.7	22.1	81.1	71
Organic matter	% (w/w) dm	17.4	20.5	17	1.5	2.4
Fraction < 2 µm (Clay)	% (w/w) dm	13.9	15.6	14.2	5.8	9.2
<b>Characteristics</b>						
Fraction < 2 µm (Clay)	% (w/w) dm	13.9	15.6	14.2	5.8	9.2
<b>Metals</b>						
Arsenic (As)	mg/kg dm	16	16	16		
Barium (Ba)	mg/kg dm	250	250	290	97	69
Cadmium (Cd)	mg/kg dm	0.41	0.57			
Chromium (Cr)	mg/kg dm	61	66	57	15	17
Cobalt (Co)	mg/kg dm	9.3	7.7	9.6	6	4
Copper (Cu)	mg/kg dm	110	120	110	9.7	11
Mercury (Hg)	mg/kg dm	1.2	1.3	1.1		0.054
Lead (Pb)	mg/kg dm	110	120	110	5.9	9.8
Molybdenum (Mo)	mg/kg dm	6.3	5.9	6.9		
Nickel (Ni)	mg/kg dm	23	23	23	8.9	9.5
Tin (Sn)	mg/kg dm	43	49	44		
Vanadium (V)	mg/kg dm	84	87	84	44	28
Zinc (Zn)	mg/kg dm	200	210	200	43	33
<b>Phenols</b>						
Phenol	mg/kg dm	0.02	0.03	0.03	0.03	0.06
p-Cresol	mg/kg dm					0.02
Cresols (sum)	mg/kg dm					0.02
<b>Polycyclic Aromatic Hydrocarbons</b>						
Naphtalene	mg/kg dm	0.01	0.02	0.02		
Acenaphtylene	mg/kg dm	0.01				
Acenaphtene	mg/kg dm	0.01	0.02	0.02		
Fluorene	mg/kg dm	0.02	0.02	0.02		
Phenanthrene	mg/kg dm	0.2	0.22	0.21		
Anthracene	mg/kg dm	0.04	0.04	0.04		
Fluoranthene	mg/kg dm	0.51	0.52	0.51	0.01	0.01
Pyrene	mg/kg dm	0.38	0.39	0.38		0.01
Benzo(a)anthracene	mg/kg dm	0.18	0.19	0.2		
Chrysene	mg/kg dm	0.17	0.18	0.15		
Benzo(b)fluoranthene	mg/kg dm	0.36	0.38	0.36	0.01	0.02
Benzo(k)fluoranthene	mg/kg dm	0.11	0.12	0.11		
Benzo(a)pyrene	mg/kg dm	0.2	0.22	0.19		
Dibenzo(ah)anthracene	mg/kg dm	0.04	0.03	0.04		
Benzo(ghi)perylene	mg/kg dm	0.2	0.23	0.19	0.01	0.02
Indeno(123cd)pyrene	mg/kg dm	0.2	0.18	0.19	0.01	
PAH 10 VROM (sum)	mg/kg dm	1.8	1.9	1.8	0.04	0.03
PAH 16 EPA (sum)	mg/kg dm	2.6	2.8	2.6	0.05	0.06

SAM-Marin

Analysis	Unit	1 (856-1)	2 (856-2)	3 (856-3)	4 (856-4)	5 (856-5)
<b>Organic Chlorinated Pesticides</b>						
4,4 -DDD + 2,4 -DDT	mg/kg dm	0.007	0.007	0.007		
DDT/DDE/DDD (sum)	mg/kg dm	0.007	0.011	0.007		
4,4 -DDE	mg/kg dm		0.002			
2,4 -DDD	mg/kg dm		0.002			
<b>Total Petroleum Hydrocarbons</b>						
TPH (C30-C35)	mg/kg dm	14	20	20		
TPH (C35-C40)	mg/kg dm	9.9	9.5	9.4		
TPH (sum C10-C40)	mg/kg dm	41	94	58		
TPH (C10-C12)	mg/kg dm		47			
TPH (C21-C30)	mg/kg dm		14	23		
TPH (C16-C21)	mg/kg dm					
<b>PolyChlorinated Biphenyl (PCB)</b>						
PCB 118	mg/kg dm		0.003			
PCB (7) (sum)	mg/kg dm		0.003			
<b>Metals</b>						
Barium (Ba)	mg/kg dm	250	250	290	97	69
Chromium (Cr)	mg/kg dm	61	66	57	15	17
Cobalt (Co)	mg/kg dm	9.3	7.7	9.6	6	4
Copper (Cu)	mg/kg dm	110	120	110	9.7	11
Lead (Pb)	mg/kg dm	110	120	110	5.9	9.8
Nickel (Ni)	mg/kg dm	23	23	23	8.9	9.5
Vanadium (V)	mg/kg dm	84	87	84	44	28
Zinc (Zn)	mg/kg dm	200	210	200	43	33
Arsenic (As)	mg/kg dm	16	16	16		
Mercury (Hg)	mg/kg dm	1.2	1.3	1.1		0.054
Molybdenum (Mo)	mg/kg dm	6.3	5.9	6.9		
<b>Legend</b>						
1	856-1	6000286				
2	856-2	6000287				
3	856-3	6000288				
4	856-4	6000289				
5	856-5	6000290				
6	856-6	6000291				
7	856-7	6000292				
8	856-8	6000293				
9	856-9	6000294				
10	856-10	6000295				
11	856-11	6000296				
12	856-12	6000297				

SAM-Marin

Verification: Default analysis report (Analytico, Barneveld)

Your project number	Kollevag Sedime
Certificate number	2011043397
Your project name	Kollevag Sediments
Your order number	Kollevag Sediments
Start date	18-03-2011
Report date	
Date sampling	
Sampler	

Analysis	Unit	6 (856-6)	7 (856-7)	8 (856-8)	9 (856-9)	10 (856-10)	11 (856-11)	12 (856-12)
<b>Characteristics</b>								
Dry matter	% (w/w)	76.5	43	61.1	59.8	76.2	75.7	68.6
Organic matter	% (w/w) dm	2.1	2.6	1.6	1.8	2.1	2.7	3.3
Fraction < 2 µm (Clay)	% (w/w) dm	2.4	7.4	4.5	6.5	3.2		3.9
<b>Characteristics</b>								
Fraction < 2 µm (Clay)	% (w/w) dm	2.4	7.4	4.5	6.5	3.2		3.9
<b>Metals</b>								
Arsenic (As)	mg/kg dm		4		3.1	6.6	6.8	9.6
Barium (Ba)	mg/kg dm	94	290	260	250	75	93	97
Cadmium (Cd)	mg/kg dm							
Chromium (Cr)	mg/kg dm	16	27	26	28	17	18	19
Cobalt (Co)	mg/kg dm	5.3	14	16	16	5.1	4.7	3.9
Copper (Cu)	mg/kg dm	9.7	35	30	28	6	6.1	8.9
Mercury (Hg)	mg/kg dm		0.12	0.057	0.063		0.17	0.2
Lead (Pb)	mg/kg dm	6.1	16	10	11	17	19	30
Molybdenum (Mo)	mg/kg dm		3.2	2.7	7.1			
Nickel (Ni)	mg/kg dm	7.8	22	23	22	8.5	8.8	7.3
Tin (Sn)	mg/kg dm							8.9
Vanadium (V)	mg/kg dm	38	75	71	77	30	27	29
Zinc (Zn)	mg/kg dm	36	110	100	100	42	41	70
<b>Phenols</b>								
Phenol	mg/kg dm	0.22						
p-Cresol	mg/kg dm	0.01						
Cresols (sum)	mg/kg dm	0.01						
<b>Polycyclic Aromatic Hydrocarbons</b>								
Naphtalene	mg/kg dm							0.01
Acenaphtylene	mg/kg dm							
Acenaphtene	mg/kg dm							0.02
Fluorene	mg/kg dm							0.02
Phenanthrene	mg/kg dm	0.01	0.02				0.07	0.2
Anthracene	mg/kg dm						0.02	0.06
Fluoranthene	mg/kg dm	0.02	0.05	0.02	0.02		0.1	0.33
Pyrene	mg/kg dm	0.01	0.04	0.01	0.02		0.08	0.26
Benzo(a)anthracene	mg/kg dm		0.03		0.01		0.04	0.15
Chrysene	mg/kg dm		0.03		0.01		0.04	0.13
Benzo(b)fluoranthene	mg/kg dm	0.01	0.04	0.02	0.02		0.06	0.22
Benzo(k)fluoranthene	mg/kg dm		0.02				0.02	0.08
Benzo(a)pyrene	mg/kg dm	0.01	0.03		0.01		0.05	0.16
Dibenzo(ah)anthracene	mg/kg dm							0.02
Benzo(ghi)perylene	mg/kg dm		0.03	0.01	0.01		0.04	0.11
Indeno(123cd)pyrene	mg/kg dm	0.01	0.02		0.01		0.05	0.13
PAH 10 VROM (sum)	mg/kg dm	0.05	0.22	0.03	0.08		0.44	1.4
PAH 16 EPA (sum)	mg/kg dm	0.08	0.3	0.06	0.12		0.59	1.9

