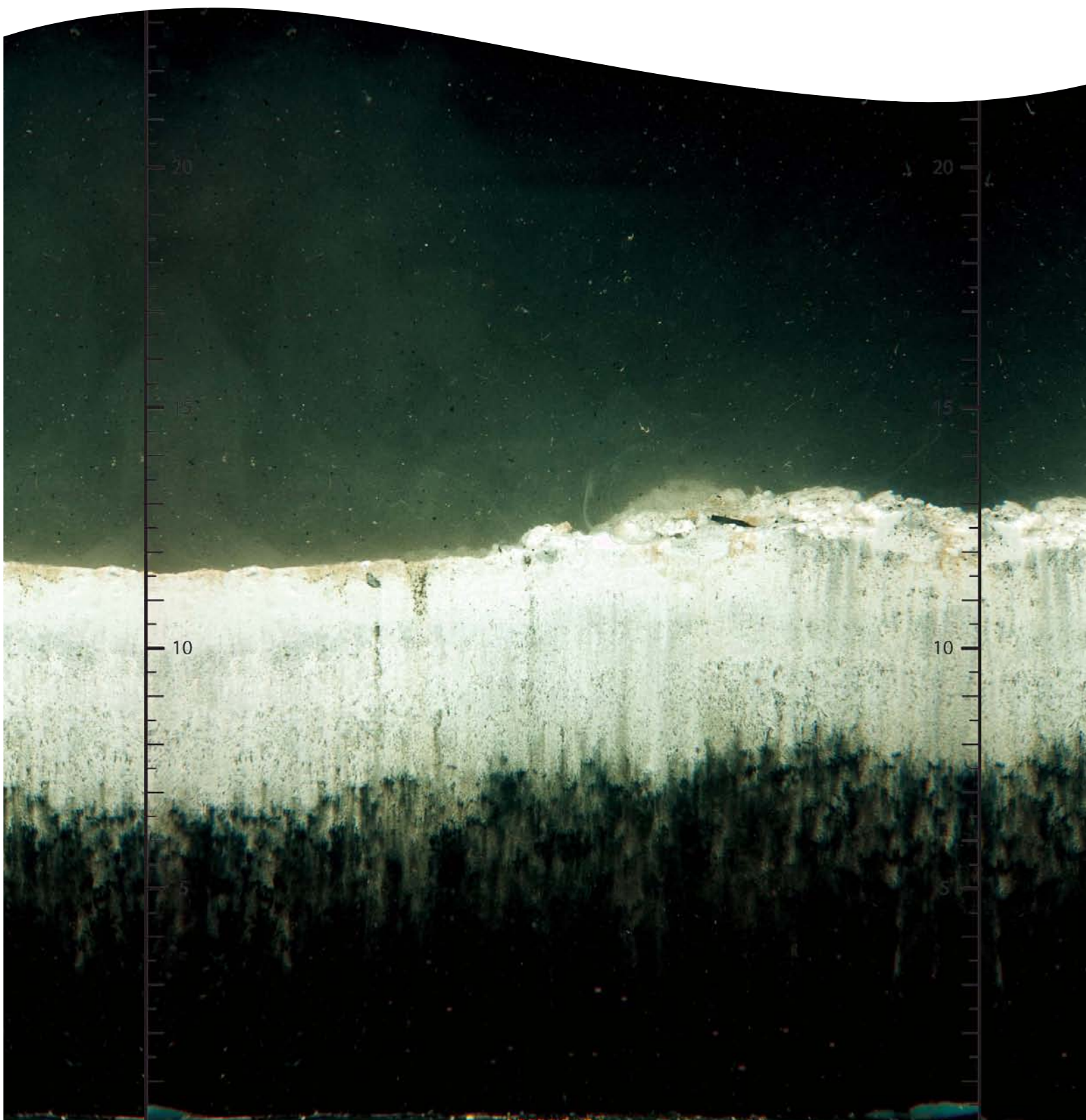


Tildekking av TBT-forurensede sedimenter ved Fiskerstrand verft, Møre og Romsdal — faunatilstand før tildekking og et år etter



**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 Tildekking av TBT-forurensede sedimenter ved Fiskerstrand verft, Møre og Romsdal - faunatilstand før tildekking og et år etter.	Løpenr. (for bestilling) 6249-2011	Dato 25/11 2011
	Prosjektnr. Undernr. O-27310.3	Sider Pris 19
Forfatter(e) Hilde C. Trannum, Bjørnar Beylich, Gunhild Borgersen, Morten T. Schaanning	Fagområde Tiltak mot forurensning	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Møre og Romsdal	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Norges forskningsråd, Fiskerstrand verft AS, Opticap prosjektgruppe	Oppdragsreferanse
---	-------------------

**Sammendrag**

I forbindelse med tildekking av TBT-forurensede sedimenter ved Fiskerstrand verft er det foretatt en undersøkelse av faunatilstanden før og et år etter tildekking. To testfelt ble dekket med hhv. biokalk (KA) og biokalk iblandet aktivt kull (AC). Et tredje område fungerte som referanse og ble ikke behandlet. Et år etter tildekking viste faunasammensetningen på testfeltene større grad av likhet med referansestasjonen enn før tildekking. Dette ble tolket som et positivt resultat av endret bunnsstrat. Det var ikke klare forskjeller mellom de to testmaterialene i faunaresponsen, men artsantallet og diversitetsindeksene indikerte noe bedre utvikling på KA enn på AC. Et år er for kort tid til at faunatilstanden kan bli normal, og faunasammensetningen etter tildekking var typisk for et samfunn i et tidlig suksesjonsstadium. Således er det for tidlig å vurdere hvorvidt tildekkingen gir opphav til en artsrik og sunn bunnfauna på sikt.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bløtbunnsfauna</li> <li>2. Forurensede sedimenter</li> <li>3. Tildekking</li> <li>4. Sedimentopprensning</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Soft bottom fauna</li> <li>2. Contaminated sediments</li> <li>3. Capping</li> <li>4. Sediment remediation</li> </ol>
--	---

*Hilde C. Trannum*

Hilde C. Trannum

Prosjektleder

*Mats Walday*

Mats Walday

Forskningsleder

*Kristoffer Næs*

Kristoffer Næs

Forskningsdirektør

**Tildekking av TBT-forurensede sedimenter ved  
Fiskerstrand verft, Møre og Romsdal -  
Faunatilstand før tildekking og et år etter**

## Forord

Forskningsprosjektet Opticap gjennomføres av NGI, NIVA, Agder Marine, Hustadmarmor, Secora og NOAH (med økonomisk støtte fra Forskningsrådet, Secora, Agdermarine, Hustadmarmor, NOAH, Norsk Hydro og Klif). En sentral del av prosjektet er å utføre feltstudier med tynn tildekking, og ulike testforsøk har i denne sammenheng blitt utført. Den foreliggende rapporten beskriver faunatilstanden før og 1 år etter testtildekkingen utenfor Fiskerstrand Verft i Sula kommune, Møre og Romsdal.

Prøvetaking av bløtbunnsfauna ble foretatt den 20. august 2010 og 5. september 2011 av NIVAs medarbeidere Bjørnar Beylich (2010), Gunhild Borgersen (2010), Marijana Brkljacic (2011) og Rune Roland Hansen (2011) og skipper Lodve Gjendemsjø med båten "Havblikk".

Sortering ble foretatt av Marijana Brkljacic, Maria Kaurin og Tea Turtumøygard og identifisering av Gunhild Borgersen, Marijana Brkljacic og Jesper Hansen (Akvaplan-niva).

Oppdragsgiver i prosjektet er Norges forskningsråd, Fiskerstrand verft AS og Opticap prosjektgruppe. Prosjektleder Espen Eek fra NGI takkes for et godt samarbeid underveis i prosjektet.

Grimstad, 7. desember 2011

*Hilde C. Trannum*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>Summary</b>	<b>6</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>7</b>
<b>2. Materiale og metoder</b>	<b>8</b>
2.1 Feltarbeid	8
2.2 Analyser og beregninger	10
<b>3. Resultater og diskusjon</b>	<b>11</b>
<b>4. Konklusjon</b>	<b>15</b>
<b>5. Referenser</b>	<b>16</b>
<b>6. Vedlegg</b>	<b>17</b>

---

## Sammendrag

Tildekking av rene sedimenter på toppen av forurensede sedimenter er en metode som gjør det mulig å behandle forurensede sedimenter *in situ*. Hovedformålet med forskningsprosjektet Opticap er å teste ut forskjellige måter å dekke til forurenset sediment. I den sammenheng er det utført feltstudier med tynn tildekking på sediment forurenset med tributyltinn (TBT) ved Fiskerstrand verft på Mørkysten. I denne felttesten ble tynn tildekking med suspendert kalk fra Hustadmarmor AS (Biokalk; KA) og suspendert kalk blandet med aktivt kull (AC) på et sterkt TBT-forurenset sediment testet ut. Testfeltet, som hadde et areal på 11 000 m<sup>2</sup>, ble delt opp i to delområder; et på ca 9 000 m<sup>2</sup> (dekket med KA) og et på ca 2 000 m<sup>2</sup> (dekket med AC). Tildekkingen ble gjennomført i september 2010, og bunnfaunaen ble kartlagt både før og et år etter tildekking.

Tildekking med begge materiale førte til en utskiftning av bunnfaunaen på de respektive lokalitetene. Etter tildekking ble faunaen mer lik faunaen på referansestasjonen enn den var før tildekking, hvilket helt klart viser at tildekkingen har medført en endring av sedimentenes beskaffenhet av vesentlig betydning for faunaen. Det var ikke klare forskjeller mellom de to testmaterialene i faunaresponsen, men artsantallet og diversitetsindeksene indikerte noe bedre utvikling på KA enn på AC. Et år er imidlertid for kort tid til utvikling av en normal bunnfauna, og faunasammensetningen etter tildekking var typisk for et samfunn i et tidlig suksesjonsstadium. Det er derfor for tidlig å vurdere hvorvidt tildekkingen gir opphav til en artsrik og normalt fungerende bunnfauna på sikt, og oppfølgende prøver bør tas etter en tid, for eksempel etter tre år.

## Summary

Title: Capping of TBT-contaminated sediments at Fiskerstrand shipyard, Møre og Romsdal – Faunal condition prior to capping and 1 year after.

Year: 2011

Authors: Hilde C. Trannum, Bjørnar Beylich, Gunhild Borgersen, Morten T. Schaanning

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-5984-1

Sediment capping by placing clean materials over contaminated sediments, is a method which makes it possible to treat contaminated sediments *in situ*. The main aim of the research-project Opticap is to test various methods of capping of contaminated sediments. In this context there have been conducted field studies with thin capping of sediments contaminated by tributyltin (TBT) at Fiskerstrand shipyard at the Møre coast. In this field test, thin capping with suspended limestone from Hustadmarmor AS (“Biokalk”; KA) and suspended limestone mixed with active coal (AC) was tested on a strongly TBT-contaminated sediment. The test field, having a total area of 11 000 m<sup>2</sup>, was divided into two smaller areas; one area of ca 9 000 m<sup>2</sup> (capped with KA) and one area of ca 2 000 m<sup>2</sup> (capped with AC). The capping was conducted in September 2010, and the bottom fauna was investigated prior to and one year after capping.

Capping with both materials initiated a replacement of the bottom fauna on the respective locations. After capping, the faunal composition on the test fields showed a larger degree of similarity with the reference station than prior to capping, which clearly indicates that the capping lead to a change of the sediments of significant importance for the bottom fauna. There were no clear differences between the test materials regarding the faunal response, but number of species and the diversity indices indicated somewhat better development on KA than on AC. One year is, however, too short time for establishment of a normal fauna, and the faunal composition after capping was typical of a community in an early successional stage. Thus, it is too early to evaluate whether the capping leads to a diverse and healthy bottom fauna in a long term perspective, and new samples should be collected after some time, e.g. after three years.

# 1. Innledning

Forskningsprosjektet Opticap gjennomføres av NGI, NIVA, Agder Marine, Hustadmarmor, Secora og NOAH (med økonomisk støtte fra Forskningsrådet, Secora, Agdermarine, Hustadmarmor, NOAH, Norsk Hydro og Klif). En sentral del av prosjektet er å utføre feltstudier med tynn tildekking, og slike feltstudier har blitt utført i tre ulike områder:

1. Uttesting av utleggingsteknikk i forbindelse med tildekking på dypvannsdeponi ved Malmøykalven
2. Uttesting av passive og aktive materialer i tynne lag i ytre Grenlandsfjord
3. Uttesting av tildekking på sediment forurenset med tributyltinn (TBT) ved Fiskerstrand verft på Mørkysten.

I tillegg er det gjennomført et bokscore forsøk ved Marin Forskningsstasjon Solbergstrand med ni forskjellige tynnsjiktmaterialer, bl.a. aktivt kull og avgangsmasser fra Hustadmarmor. Forsøket viste moderate effekter på bunnfaunaen i bokser tilsatt aktivt kull (Näslund et al., in prep.) og feltforsøket i Grenland har ytterligere bekreftet dette resultatet (Schaanning et.al., 2011). Avgangsmassene som ble testet i boks-core forsøket inneholdt rester av produksjonskjemikalier og testene er derfor ikke relevant for feltforsøket ved Fiskerstrand der et annet produkt som ikke inneholder de samme kjemikalierestene ble benyttet.

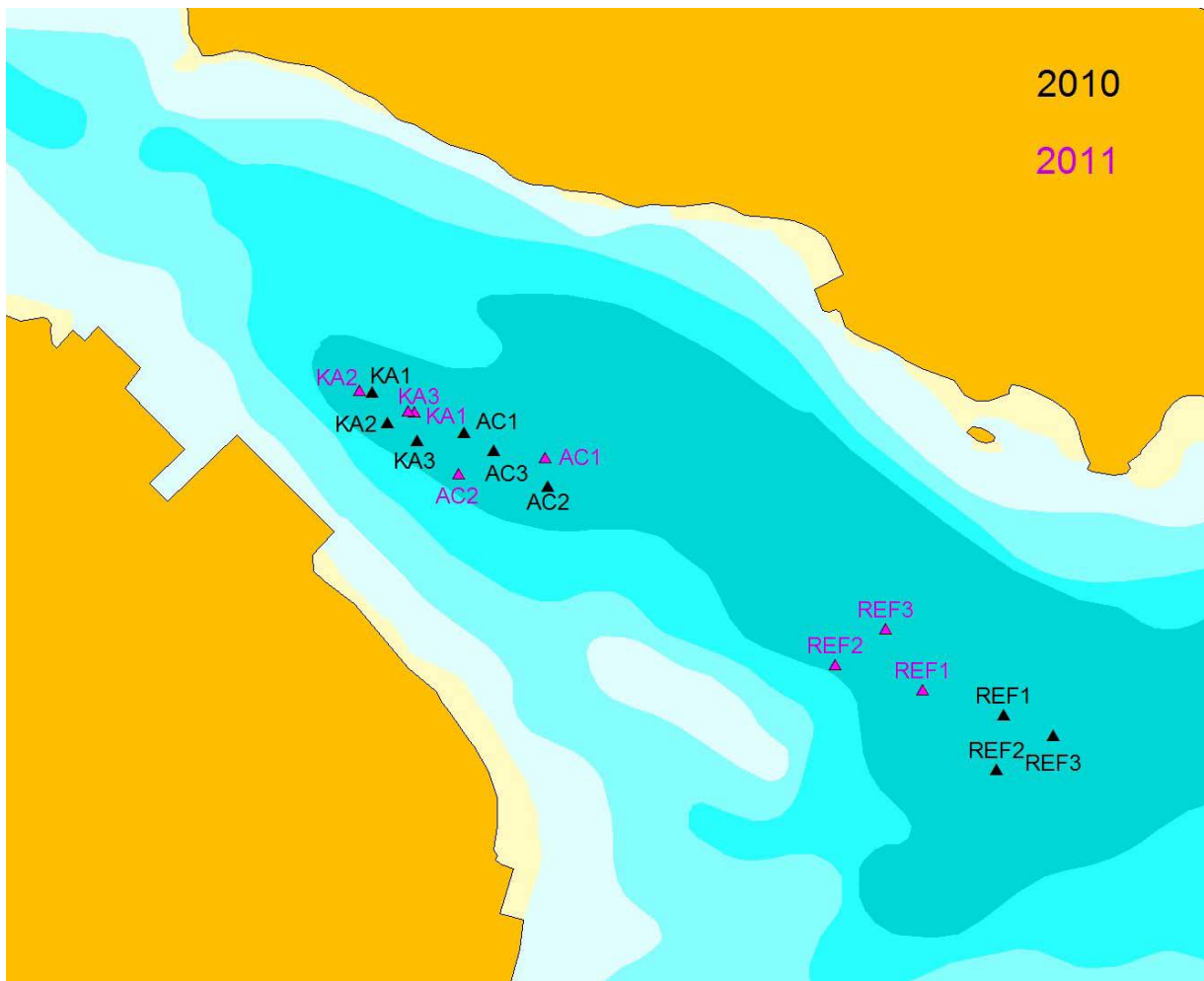
Den foreliggende rapporten beskriver faunatilstanden før og 1 år etter testtildekkingen utenfor Fiskerstrand Verft i Sula kommune, Møre og Romsdal. I denne felttesten (Opticap, 2011) ble tynn tildekking med suspendert kalk fra Hustadmarmor AS (Biokalk; KA) og suspendert kalk blandet med aktivt kull (AC) på et sterkt TBT-forurenset sediment testet ut. Testfeltet, på til sammen 11 000 m<sup>2</sup>, ble delt opp i to delområder; et på ca 9 000 m<sup>2</sup> (dekket med suspendert kalk) og et på ca 2 000 m<sup>2</sup> (dekket med AC blandet med Biokalk). Tildekkingen ble gjennomført 7. og 8. september 2010. Det var planlagt en tykkelse på 5 cm av begge materialene. Dekklagenes tykkelse og jevnhet ble kartlagt ved fotografering med sedimentprofilkamera (SPI) etter tildekking, og dekklagets tykkelse ble da målt til et gjennomsnitt på 4,7 cm. Det ble funnet dekkmasse på sedimentet i alle undersøkte punkter i testfeltet.



## 2. Materiale og metoder

### 2.1 Feltarbeid

Bløtbunnsprøver ble samlet inn 20. august 2010 og 5. september 2011 med en van Veen grabb med et prøvetakingsareal på 0,1 m<sup>2</sup>. Tre grabbskudd ble tatt på hver av de tre stasjonene angitt i Figur 1, med unntak av stasjon AC i 2011, hvor det ikke var mulig å få tre fullgode prøver. Posisjoner og dyp er gitt i Tabell 1. Under prøvetakingen ble det på hver stasjon foretatt en visuell beskrivelse av bunnsedimentets beskaffenhet og karakter (lukt, farge, synlige dyr mm), se Tabell 2 og Tabell 3. Prøvene ble deretter skylt forsiktig på sifter med 5 mm og 1 mm hullstørrelse for fjerning av finmateriale. Sikteresten ble fiksert i 4-6 % nøytralisert formaldehydløsning, og fraktet til laboratoriet for bearbeiding.



Figur 1. Kart over posisjoner for bløtbunnsprøvetaking; svart: 2010, rosa 2011.

Tabell 1. Koordinater og dyp til stasjonene i 2010 og 2011.

År	Stasjon	x-koord	y-koord	Dyp (m)
2010	KA1	62,4430	6,2771	39
2010	KA2	62,4428	6,2774	37
2010	KA3	62,4427	6,2779	37
2010	AC1	62,4428	6,2786	37
2010	AC2	62,4425	6,2800	35
2010	AC3	62,4427	6,2791	34
2010	REF1	62,4413	6,2875	42
2010	REF2	62,4409	6,2875	43
2010	REF3	62,4412	6,2883	42
2011	REF1	62,4414	6,2862	42
2011	REF2	62,4415	6,2848	39
2011	REF3	62,4418	6,2855	37
2011	KA1	62,4429	6,2778	39
2011	KA2	62,4430	6,2769	40
2011	KA3	62,4429	6,2777	36
2011	AC1	62,4427	6,2799	33
2011	AC2	62,4425	6,2786	34

Tabell 2. Dyp og sedimentkarakteristikk for bløtbunnsprøvene ved Fiskerstrand 20. august 2010.

Stasjon	Prøve	Karakteristikk	Kommentar
KA	KA1	< 10 l.	3 bomhugg
	KA2	8-10 l.	
	KA3	5 l?	
AC	AC1	5 l. Stein, sand, skjellrester. Noen store stein.	
	AC2	7 l. Mye grus og småstein.	
	AC3	5-9 l.	
REF	REF1	Helt full prøve. Silt.	
	REF2	Helt full prøve.	
	REF3	Helt full prøve.	

Tabell 3. Dyp og sedimentkarakteristikk for bløtbunnsprøvene ved Fiskerstrand 5. september 2011.

Stasjon	Prøve	Karakteristikk	Kommentar
KA	KA1	10 l. Lyst gråvhitt topplag med små rørbyggende børstemark. Under helt hvitt kalklag, ca 3 cm tykt. Grått sediment nederst. Skjev grabboverflate.	Mange bomhugg (ca 12), i de fleste tilfeller som følge av stein i grabbkjeften. I tillegg krøll på vaier.
	KA2	Helt full prøve, med lagdeling som KA1. Sjøstjerne.	
	KA3	10 l. Sediment som KA1.	
AC	AC1	7-8 l. Gråhvitt topplag. Skjev sedimentoverflate. Skjellsand, stein i sikterest. Muslingen <i>Thyasira</i> observert.	Over 20 bomhugg, hovedsakelig pga. stein i grabbkjeften. Etter to timers forsøk på å ta siste prøve, måtte dette oppgis.
	AC2	8 l. Som AC1.	
REF	REF1	Helt full prøve. Koksgrått sediment. Overflaten presset mot nettingen i toppluken.	7 bomhugg.
	REF2	Helt full prøve. Koksgrått sediment med noe lukt.	
	REF3	14 l.	

## 2.2 Analyser og beregninger

På laboratoriet ble faunaen grovsortert i hovedgrupper og deretter artsbestemt av spesialister på de respektive gruppene.

På grunnlag av artslister og individtall ble det regnet ut indekser for artsmangfold og ømfintlighet. Indeksverdiene regnes ut for hver grabb, og gjennomsnittet brukes til å klassifisere den økologiske tilstanden på stasjonen. Følgende parametre ble benyttet:

- artsmangfold ved indeksen  $H'$  (Shannon-indeksen)
- ømfintlighet ved indeksen ISI (Indicator Species Index)
- sammensatte indekser NQI1 og NQI2 (Norwegian Quality Index), som kombinerer både artsmangfold og ømfintlighet

Klassegrensene er angitt i veileder 01:2009 "Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver" og samsvarer med de økologiske tilstandsklassene gitt i EUs Vanddirektiv. Det er anbefalt å vektlegge den sammensatte indeksen NQI1 ved tilstandsklassifisering, da det er denne som er interkalibrert mellom flest land. Det må påpekes at klassifiseringssystemet fremdeles er under utvikling, slik at klassifiseringen ikke bør tolkes absolutt.  $ES_{100}$  (Hurlberts diversitetsindeks; forventet antall arter ved 100 tilfeldig utplukkede individ fra en prøve) inngår også i klassifiseringssystemet, men er ikke benyttet her fordi flere av artene hadde færre enn 100 individ.

I tillegg til utregning av indekser er det utført multivariat statistikk for å vurdere endringer i faunasammensetning over tid og grad av likhet mellom de ulike lokalitetene. Første trinn i en slik analyse er utregning av en likhetsindeks (Bray-Curtis) som beskriver grad av likhet mellom prøver. Ved bruk av denne lages så et cluster-diagram og et MDS-plott. I cluster-plottet (dendrogram) grupperes prøvene suksessivt sammen, slik at prøvene med størst likhet sammenføres lenger ned i dendrogrammet enn prøver med mindre likhet. Prosessen ender med en enkelt gruppe som inneholder alle prøvene. MDS-plott er en ordinasjon av prøvene, hvor prøvene angis som punkter, og hvor avstanden mellom punktene reflekterer ulikheten mellom dem.

### 3. Resultater og diskusjon

Faunaparametre for 2010 og 2011 er vist i Tabell 4. På stasjon AC ble antall arter redusert, mens antall individ økte betydelig fra 2010 til 2011. En slik utvikling indikerer i utgangspunktet en forverring av tilstanden. Også indeksene støtter opp om dette, ettersom både H', NQI1 og NQI2 viste dårligere tilstand i 2011 enn i 2010. I 2011 var tilstanden "dårlig" til "meget dårlig" iht. klassifiseringen. Det var en mye skjevere fordeling mellom artene i 2011 enn i 2010, hvilket medvirker til den dårlige tilstandsklassifiseringen.

På stasjon KA viste både antall arter og antall individ en økning fra 2010 til 2011, og økningen i antall arter tolkes som en forbedring av forholdene. Stasjonen hadde en svært fattig fauna i 2010. I følge NQI1 ble tilstanden forbedret fra 2010 til 2011, mens de andre indeksene viste det motsatte. Tilstanden i 2011 var "moderat" til "dårlig". De sprikende resultatene fra indeksene gjør det nødvendig å støtte seg på artssammensetningen også for å vurdere tilstandsutviklingen.

På referansestasjonen var det nøyaktig like mange arter i 2011 som i 2010, mens individantallet viste en reduksjon. NQI-indeksene var identiske mellom de to årene, med "moderat tilstand" basert på NQI1 og "god tilstand" basert på NQI2. H' og ISI viste begge "moderat tilstand" i 2010, mens de viste "god" og "dårlig" tilstand i 2011. Igjen er det ikke mulig å trekke noen konklusjoner verken om nåværende tilstand eller utvikling basert på indeksene, og man må støtte seg på artssammensetningen.

Det er viktig å merke seg at tilstanden ikke var "meget god" i 2010 eller 2011 på noen av stasjonene, men at den var bedre på referansestasjonen enn på de øvrige stasjonene begge år.

Tabell 4. Faunaparametre for 2010 og 2011 (gjennomsnittsverdier), med tilhørende klassifisering. Fargene angir økologisk tilstandsklasse etter systemet til Vanndirektivet: grønn; god tilstand, gul; moderat tilstand, oransje; dårlig tilstand, rød; meget dårlig tilstand.

År	St.	S	N pr. prøve	H'	ISI	NQI1	NQI2
2010	AC	13,67	159,7	2,48	5,02	0,50	0,42
2011	AC	9,50	1012	0,72	5,15	0,42	0,25
2010	KA	6,00	12,0	2,13	6,11	0,47	0,40
2011	KA	16,67	618,3	1,59	4,91	0,49	0,33
2010	REF	17,33	168,7	2,89	6,33	0,61	0,54
2011	REF	17,33	65,0	3,36	4,72	0,61	0,54

Artssammensetningen er vist i Tabell 5, og de fullstendige artslistene er gitt i Vedlegg. Alle stasjonene var både i 2010 og i 2011 dominert av opportunistiske og forurensningstolerante arter

Børstemarken *Capitella capitata* var den mest dominerende arten på stasjon AC i 2010, og store forekomster av denne arten indikerer svært stor grad av forstyrrelse. I 2011 var børstemarken *Polydora ciliata* den mest dominerende arten på denne stasjonen, og opptrådte i svært høy tetthet. *P. ciliata* er en typisk indikatorart for organisk berikning. Samtidig er den mindre opportunistisk enn børstemarken *C. capitata*.

*Polydora ciliata* var den mest dominerende arten også på stasjon KA i 2011, igjen med svært høy tetthet. Også de andre artene som ble funnet på denne stasjonen både i 2010 og 2011 er typiske ved forstyrrelse. *Capitella capitata* viste en økning i tetthet fra 2010 til 2011, hvilket generelt indikerer en

forverring av forholdene. Det må her påpekes at faunaen i 2010 var veldig fattig, og at det fant sted en økning i antallet arter fra 2010 til 2011, hvilket tolkes som en positiv utvikling.

Referanse-stasjonen var i 2010 dominert av muslingen *Thyasira* sp. og *Thyasira sarsi* og børstemarken *Chaetozone* sp., mens den i 2011 var dominert av *Spio limicola*, *Polydora ciliata* og *T. sarsi*. Det er viktig å notere at tettheten til *P. ciliata* var langt lavere enn på de øvrige stasjonene. Faunatilstanden indikerer bedre forhold på referansestasjonen enn på de øvrige stasjonene begge år, hvilket støttes av indeksene.

Tabell 5. Individtetthet for mest dominerende arter i 2010 og 2011, justert pr. m<sup>2</sup>. Faunagruppe er angitt, hvor B = børstemark, M = mollusk, K = krepsdyr, P = Pigghud, I = Igle og F = Flatorm.

	AC 2010		KA 2010		REF 2010
Capitella capitata (B)	630	Cirratulus cirratus (B)	30	Thyasira sp (M)	427
Corophium crassicorne (K)	260	Lagis koreni (B)	17	Chaetozone sp (B)	390
Protomedeia fasciata (K)	203	Hirudinea indet (I)	17	Thyasira cf. sarsi (M)	277
Pholoe cf. assimilis (B)	173	Capitella capitata (B)	13	Diastylis cf. lucifera (K)	127
Cirratulus cirratus (B)	150	Protomedeia fasciata (K)	10	Spio sp (B)	90
Lagis koreni (B)	57	Corophium crassicorne (K)	10	Leucon nasica (K)	80
Sabellidae indet (B)	17	Turbellaria indet	3	Lagis koreni (B)	60
Gattyana sp (B)	13	Phyllodoce maculata (B)	3	Pseudopolydora cf. antennata (B)	43
Pseudopolydora cf. antennata (B)	13	Pholoe cf. assimilis (B)	3	Phyllodoce groenlandica (B)	30
Podarkeopsis helgolandica (B)	10	Gastropoda indet (M)	3	Thyasira cf. flexuosa (M)	23
	AC 2011		KA 2011		REF 2011
Polydora ciliata (B)	2265	Polydora ciliata (B)	2100	Spio limicola (B)	183
Phyllodoce mucosa (B)	70	Phyllodoce mucosa (B)	143	Polydora ciliata (B)	87
Gattyana cirrhosa (B)	65	Capitella capitata (B)	103	Thyasira sarsi (M)	70
Phyllodoce groenlandica (B)	65	Phyllodoce groenlandica (B)	70	Phyllodoce mucosa (B)	50
Chone sp (B)	10	Nudibranchia indet (M)	57	Phyllodoce groenlandica (B)	37
Philine sp (M)	10	Harmothoe sp (B)	43	Pectinaria koreni (B)	37
Thyasira sarsi (M)	10	Ubestemt indet	30	Dipolydora sp (B)	33
Harmothoe fragilis (B)	5	Nephtys pente (B)	27	Nudibranchia indet (M)	27
Eteone longa/flava (B)	5	Harmothoe imbricata (B)	23	Nephtys pente (B)	17
Nephtys pente (B)	5	Asteroidea indet (P)	23	Gattyana cirrhosa (B)	13

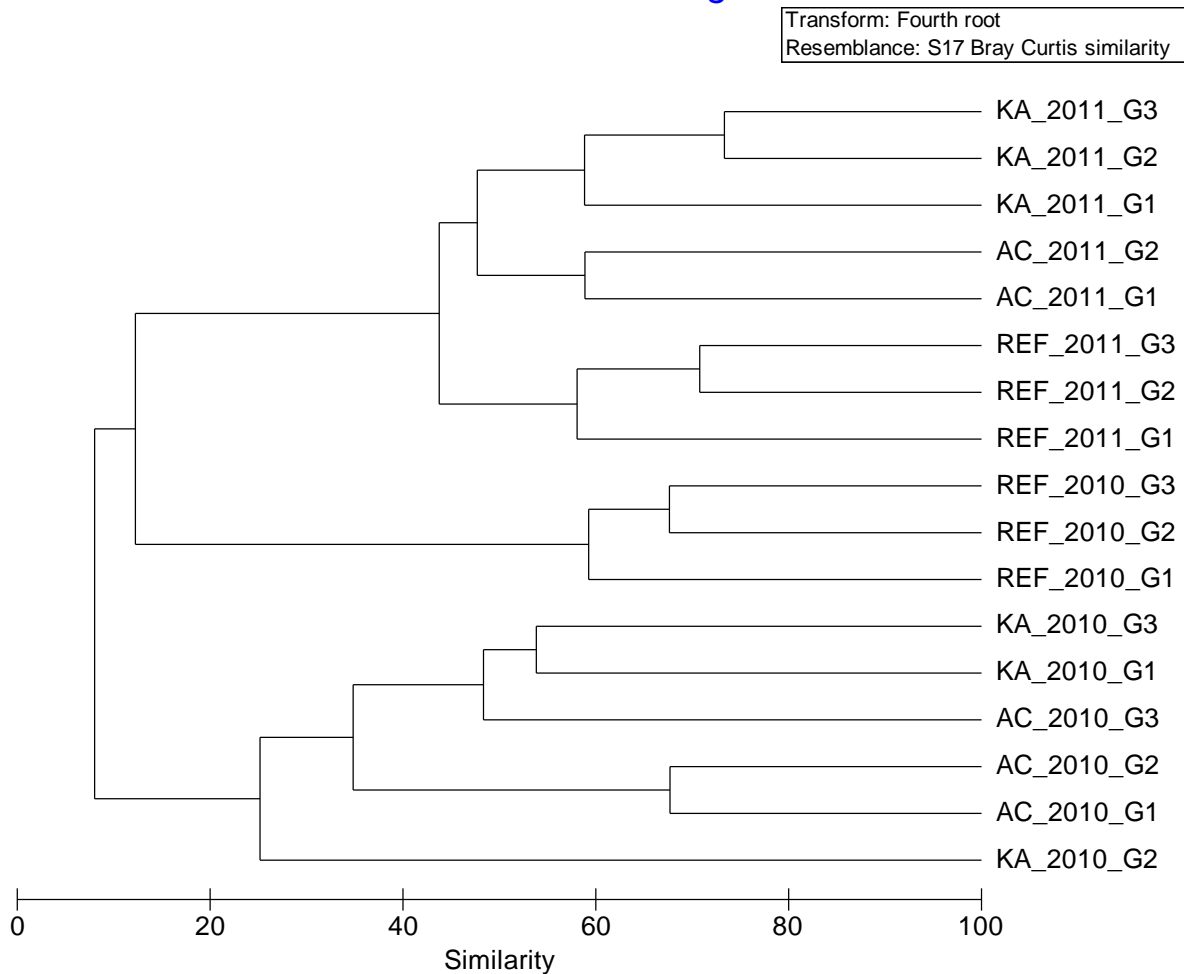
Cluster-plott og MDS-plott er vist i Figur 2 og Figur 3. I cluster-plottet dannet KA- og AC-prøvene fra 2010 en egen gruppe, mens i 2011 ble de gruppert sammen med referanse-stasjonen. Denne tendensen er også tydelig i MDS-plottet. I 2011 var altså faunasammensetningen i KA og AC-områdene mer lik faunasammensetningen i referanseområdet sammenliknet med 2010, hvilket vurderes som en positiv utvikling.

Både på stasjon AC og KA er det som nevnt ganske sprikende mønstre i utvikling fra 2010 til 2011 ut fra indeksene, artssammensetningen og de multivariate analysene, selv om hovedkonklusjonen er at det foregikk en forbedring. I stedet for å vurdere hvorvidt utviklingen indikerer forbedring eller forverring av miljøforholdene, bør resultatene heller tolkes dithen at faunastrukturen representerer en utskiftning av substratet. Artssammensetningen i 2011 er typisk for en fauna i en overgangsfase, og

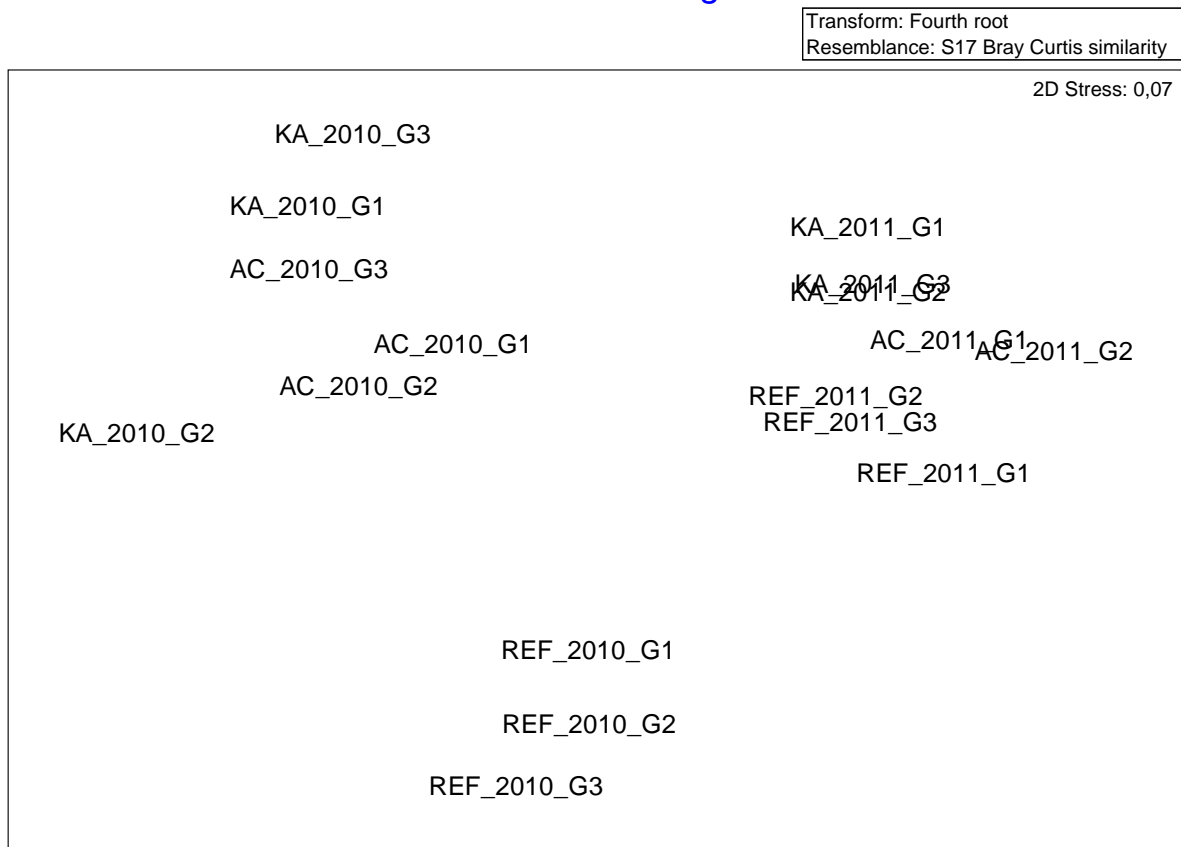
antas ikke å representere et modent samfunn på disse nye substratene. Oppfølgende undersøkelser vil kunne avdekke hvorvidt det dreier seg om en forbedring eller en forverring

Det bør merkes at det fant sted en reduksjon i antall arter på området tildekket med biokalk med aktivt kull (AC), mens det var en økning i antall arter på området tildekket med biokalk uten aktivt kull (KA). Muligens indikerer dette at biokalk uten aktivt kull er et bedre substrat for bunnfaunaen enn biokalk med aktivt kull, men igjen anses det å være for tidlig til å trekke noen konklusjon mht. substratenes beskaffenhet for bunnfaunaen i et langtidsperspektiv.

### Fiskarstrand 2010 og 2011



Figur 2. Cluster-plott av faunaen i 2010 og 2011. Prøvene grupperes suksessivt sammen, slik at prøvene med størst likhet sammenføres lenger mot høyre dendrogrammet enn prøver med mindre likhet

*Fiskarstrand 2010 og 2011*

Figur 3. MDS-plott av faunaen i 2010 og 2011. Prøvene er angitt som punkter, hvor avstanden mellom punktene reflekterer ulikheten mellom dem i artssammensetning.

Både de multivariate analysene og artssammensetningen viste at det fant sted en betydelig endring i faunaen på referansestasjonen. Det kjennes ikke til spesielle forhold som kan ha forårsaket dette. Generelt vil det finne sted naturlige variasjoner i fauna fra år til år, knyttet til for eksempel forstyrrelse av sedimentet pga. storm eller annet, endring i temperatur og mengden og kvaliteten på sedimenterende materiale, endring i rekrutteringsmønstre og tilsynelatende tilfeldig variasjon.

## 4. Konklusjon

Tildekking med biokalk både med (AC) og uten (KA) aktivt kull førte til en utskiftning av bunnfaunaen på de respektive lokalitetene. Etter tildekking ble faunaen mer lik faunaen på referansestasjonen enn den var før tildekking, hvilket helt klart viser at tildekkingen har medført en endring av sedimentenes beskaffenhet av vesentlig betydning for faunaen. Det var ikke klare forskjeller mellom de to testmaterialene i faunaresponsen, men artsantallet og diversitetsindeksene indikerte noe bedre utvikling på KA enn på AC. Imidlertid er faunaen et år etter tildekking typisk for et samfunn i et tidlig suksesjonsstadium med høyt innslag av tolerante arter, lavt artsmangfold, høy individtetthet og lavt innslag av arter med lang levetid. Faunasammensetningen er altså enda ikke representativ for et modent samfunn. For å få informasjon om hvorvidt tildekkingen vil kunne bidra til en normal bunnfauna i et langtidsperspektiv, er det nødvendig med ny undersøkelse etter en tid, for eksempel etter tre år. Det er da også mulig å evaluere hvorvidt det er noen forskjell i tildekkingsmaterialenes beskaffenhet for bunnfaunaen.



## 5. Referenser

Eek, E., Cornelissen, G., Schaanning, M., Beylich, B.A., Evenstad, T.A., Haug, I., Kirkhaug, G., Storholt, P., Bredeveld, G., 2011. Evaluering av gjennomføring av testtildekking i Eidangerfjorden og Ormefjorden. NGI/NIVA rapport no. NGI 20071139-00-120-R, 56.s.

Näslund, J., Samuelsson, G., Gunnarso, J., Nascimento, F, Hans C. Nilsson, H.C., Cornelissen, G., Schaanning, M.T., 2011. A benthic mesocosm study on ecosystem effects of thin layer capping materials suggested for sediment remediation. Submitted to Marine Ecology Progress Series.

Opticap, 2011. Evaluering av gjennomføring av testtildekking på TBT-forurenset sediment utenfor Fiskerstrand cerft i Sula kommune. NGI-rapport 20071139-00-123-R.

Schaanning, M.T., Beylich, B., Samuelsson, G., Raymond, C., Gunnarsson, J., Agrenius, S., 2011. Field experiment on thin-layer capping in Ormefjorden and Eidangerfjorden - Benthic community analyses 2009-2011. NIVA rapport 6257-2011, 57 s.

## 6. Vedlegg

Fullstendige artslister for bunnfaunaprøvene. Tallene angir antall individ pr. prøve.

GRUPPENAVN	ARTSNAVN	AC						KA						REF						
		2010			2011			2010			2011			2010			2011			
		G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	
HYDROZOA	Hydrozoa indet																			1
PLATYHELMINTHES	Turbellaria indet								1											
POLYCHAETA	Gattyana cirrhosa				12	1					3						2	1	1	
POLYCHAETA	Gattyana sp	2	2																	
POLYCHAETA	Harmothoe fragilis					1														
POLYCHAETA	Harmothoe imbricata											2	5							
POLYCHAETA	Harmothoe sp	1								8	2	3								
POLYCHAETA	Eteone longa/flava				1						1	1							2	
POLYCHAETA	Eteone sp													1						
POLYCHAETA	Phyllodoce groenlandica				9	4				3	8	10	9			3	2	6		
POLYCHAETA	Phyllodoce maculata							1												
POLYCHAETA	Phyllodoce mucosa	1			8	6				17	11	15	3	2		3	3	9		
POLYCHAETA	Pholoe assimilis	24	28					1						1						
POLYCHAETA	Pholoe baltica													1						
POLYCHAETA	Hesionidae indet												1							
POLYCHAETA	Nereimyra punctata		1							1							2	2		
POLYCHAETA	Ophiodromus flexuosus	1	1											3	1				1	
POLYCHAETA	Podarkeopsis helgolandica		3																	
POLYCHAETA	Autolytus sp													2						
POLYCHAETA	Syllidae indet	1		1																
POLYCHAETA	Nephtys pente					1				2	4	2					2	2	1	
POLYCHAETA	Dipolydora sp																3	5	2	
POLYCHAETA	Polydora ciliata				330	123				305	147	178				1	8	17		
POLYCHAETA	Pseudopolydora antennata		4											11	1	1				
POLYCHAETA	Spio limicola															17	18	20		
POLYCHAETA	Spio sp													26		1				
POLYCHAETA	Spionidae indet									1										
POLYCHAETA	Spiochaetopterus typicus															1				
POLYCHAETA	Chaetozone sp															76	8	33		
POLYCHAETA	Cirratulidae indet															2				
POLYCHAETA	Cirratulus cirratus	27	10	8				4	5											
POLYCHAETA	Scalibregma inflatum																		1	

GRUPPENAVN	ARTSNAVN	AC						KA						REF					
		2010			2011			2010			2011			2010			2011		
		G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3
POLYCHAETA	Capitella capitata	97	67	25			3		1	2	18	11						1	
POLYCHAETA	Mediomastus fragilis																1		
POLYCHAETA	Galathowenia oculata																1		
POLYCHAETA	Lagis koreni	2	12	3			1		4				8	2	8				
POLYCHAETA	Pectinaria koreni				1					3	1					4	5	2	
POLYCHAETA	Chone sp Sabellidae indet				1	1												1	
POLYCHAETA	Oligochaeta indet	3	2																
OLIGOCHAETA	Oligochaeta indet	2																	
PROSOBRANCHIA	Gastropoda indet						1												
PROSOBRANCHIA	Velutina velutina									1									
PROSOBRANCHIA	Natica sp		1																
OPISTHOBANCHIA	Nudibranchia indet								4	6	7	1				3	5		
OPISTHOBANCHIA	Philine sp	1			2								1					1	
OPISTHOBANCHIA	Coryphella sp												1	1	3				
BIVALVIA	Thyasira flexuosa												2	3	2				
BIVALVIA	Thyasira sarsi	1			2					1	1		32	15	36	10	7	4	
BIVALVIA	Thyasira sp												52	41	35				
BIVALVIA	Kurtiella bidentata													3					
BIVALVIA	Macoma sp																1		
BIVALVIA	Corbula gibba	1	2															1	
CUMACEA	Leucon nasica							1					17	3	4		3	1	
CUMACEA	Leucon sp													1			1		
CUMACEA	Brachydiastylis resima																	1	
CUMACEA	Diastylis lucifera												24	3	11				
CUMACEA	Diastylis sp												2		1				
CUMACEA	Diastylis serrata							1											
AMPHIPODA	Westwoodilla caecula		1																
AMPHIPODA	Dexamine thea													2					
AMPHIPODA	Aora gracilis																1		
AMPHIPODA	Aoridae indet				1					1								1	
AMPHIPODA	Protomeidea fasciata	20	32	9				3							3				
AMPHIPODA	Corophiidae indet													1					
AMPHIPODA	Corophium crassicornis	38	39	1			1	1	1										
AMPHIPODA	Crassiorophium bonelli				1								1	1					

GRUPPENAVN	ARTSNAVN	AC						KA						REF					
		2010			2011			2010			2011			2010			2011		
		G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3	G1	G2	G3
AMPHIPODA	Ischyrocerus anguipes											1							
AMPHIPODA	Ischyrocerus sp																	1	
AMPHIPODA	Caprella sp		2												2	2			
DECAPODA	Anomura indet					1				1									1
DECAPODA	Decapod larver				1														
DECAPODA	Natantia indet											1							
HIRUDINEA	Hirudinea indet								5										
ASTEROIDEA	Asteroidea indet											7							
OPHIUROIDEA	Ophiurida indet	1				1													1
CHAETOGNATHA	Chaetognatha indet																		2
ASCIDIACEA	Ascidiacea indet								1										
VARIA	Ubestemt indet											1	5	3					1 1

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

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



Norsk institutt for vannforskning

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