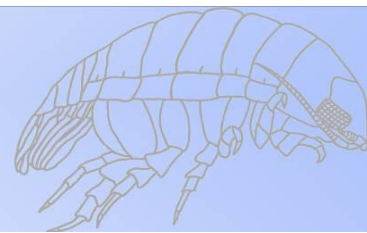


SAM e-Rapport

Seksjon for Anvendt Miljøforskning – Marin
Uni Miljø



e-rapport nr: 16-2013



MOM-C undersøkelse fra lokalitet Kråka, Smøla kommune August 2012

Rune Haugen

Ragni Torvanger

Stian Ervik Kvalø



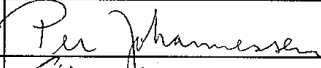
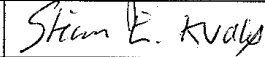
	SAM-Marin	
SAM-Marin Thormøhlensgt. 55, 5008 Bergen, Norway Tlf: 55 58 43 41 · Fax 55 58 45 25		Internet: www.uni.no E-post: sam-marin@uni.no Foretaksreg. nr. 985 827 117 MVA

Rapportens tittel: MOM-C undersøkelse fra lokalitet Kråka, Smøla kommune August 2012.	Dato: 02.05.13 Antall sider og bilag: 37
Forfatter(e): Rune Haugen, Ragni Trovanger, Stian Ervik Kvalø	Prosjektleder: Stian Ervik Kvalø Prosjektnummer: 806920

Oppdragsgiver: Salmar Farming AS	Tilgjengelighet: Åpen
----------------------------------	-----------------------

Abstract: A recipient survey was conducted at the aquaculture facility at Kråka, Smøla municipality to see wheter the aquaculture facility has any influence on the recipient. In general the conditions were good with regards to the parameters studied; fauna, phosphorous, copper, organic matter in sediment for the remote station, Kra 3. The bottom conditions on the other stations were difficult to ascertain as hard substrate and rocks made sampling difficult, the results from these stations, however show no strong indication of pollution from the aquaculture facility..

Keywords: Sediment, benthos, survey, environment	Emneord: Sediment, benthos, miljøundersøkelse	ISSN NR.: 1890-5153 SAM e-Rapport nr. 16-2013
--	---	--

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	Per Johannessen	
Prosjektet / undersøkelsen:	Stian Ervik Kvalø	

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

Følgende er utført akkreditert:

Prøvetaking til Fauna, kjemi og geologi analyser, samlet av: Christian Bøe, Rune Haugen

Litoralundersøkelse utført av: -

Sortering av sediment utført av: Ragna Tveiten, Natalia Korableva, Nargis Islam

Identifikasjon av marin fauna utført av: Tom Alvestad og Frøydis Lygre

Rapportering utført av: Rune Haugen, Ragni Torvanger, Stian Ervik Kvalø

Glødetapsanalyser utført av: Helge Grønning

Kornfordelingsanalyser utført av: Helge Grønning

Ikke akkreditert:

Prøvetaking ved Stasjon Kra 1 og Kra 2 ikke akkreditert grunnet, stein og hardbunn som medførte ikke lukkede grabber.

LEVERANDØRER

Toktfartøy: Blåstal

Kjemiske analyser utført av: Eurofins Norsk Miljøanalyse AS med deres underleverandør

Eurofins Umwelt Ost GmbH (Freiberg) **akkrediteringsnummer** Test 003,D-PL-14081-01-00

Akkreditert: Fosfor, kobber, sink, TOC

Ikke akkreditert: -

Andre:

INNHOOLD

1 INNLEDNING	5
2 MATERIALE OG METODER.....	6
2.1 Undersøkelsesområdet.....	6
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder	6
2.2.1 Hydrografi	9
2.2.2 Sediment.....	9
2.2.3 Kjemiske analyser	9
2.2.4 Bunndyr	10
2.3 Produksjonsdata fra anlegget	12
3 RESULTATER OG DISKUSJON	13
3.1 Hydrografi	13
3.2 Sediment.....	14
3.3 Kjemi.....	16
3.4 Bunndyr	17
4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	20
5 TAKK	20
6 LITTERATUR.....	21
7 VEDLEGG.....	22
Vedleggstabell 1. MOM-B parametre	31
Vedleggstabell 2. Artsliste	32
Vedleggstabell 3. Geometriske klasser.....	35
Vedleggstabell 4. Analysebevis.....	36

1 INNLEDNING

Rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse fra oppdrettslokaliteten Kråka, nord for Hopen Smøla kommune. Innsamlingene ble gjennomført 13. august 2012.

Formålet med denne resipientundersøkelsen var å studere miljøforholdene i sjøområdet under og i nærområdet til oppdrettslokaliteten Kråka. Med resipient menes her et sjøområde som mottar utslipp fra oppdrettsanlegget. Resipientundersøkelsen skal gi tilstandsbeskrivelse av miljøforholdene, og vil være referansemateriale for senere undersøkelser.

De marine miljøforholdene beskrives på grunnlag av vann- (hydrografi) og bunnprøver (sediment, bunnfauna og kjemi). Resultatene vurderes opp mot KLIFs tilstandsklassifisering av miljøkvalitet (Molvær *et. al.*, 1997 og Bakke *et. al.*, 2007), Vanndirektivets indekser (Direktorats gruppa Vanndirektivet 2009) og mot C-delen av MOM-systemet (Norsk Standard NS 9410).

Undersøkelsen er utført av Seksjon for Anvendt Miljøforskning – Marin (SAM-Marin) og Havbrukstjenesten på oppdrag fra Salmar Farming AS. SAM-Marin er en seksjon ved Uni Reserach AS. SAM-Marin har foretatt marine miljøundersøkelser siden 1970 og gjennomfører marine miljøundersøkelser og miljøovervåkning på oppdrag fra blant annet kommuner, oljeselskap, bedrifter og oppdrettere. SAM-Marin er akkreditert av Norsk Akkreditering for prøvetaking, taksonomisk analyse, faglige vurderinger og fortolkninger under akkrediteringsnummer Test157. Havbrukstjenesten AS er en privat eid bedrift som har utført fiskehelsetjenester for oppdrettsnæringen i 22 år og utført miljøundersøkelser i 12 år. En del av erfaringen består i utførelsen av MOM B-undersøkelser i en årrekke. Havbrukstjenesten har et samarbeid med SAM-Marin for utførelse av akkrediterte MOM C-undersøkelser.

2 MATERIALE OG METODER

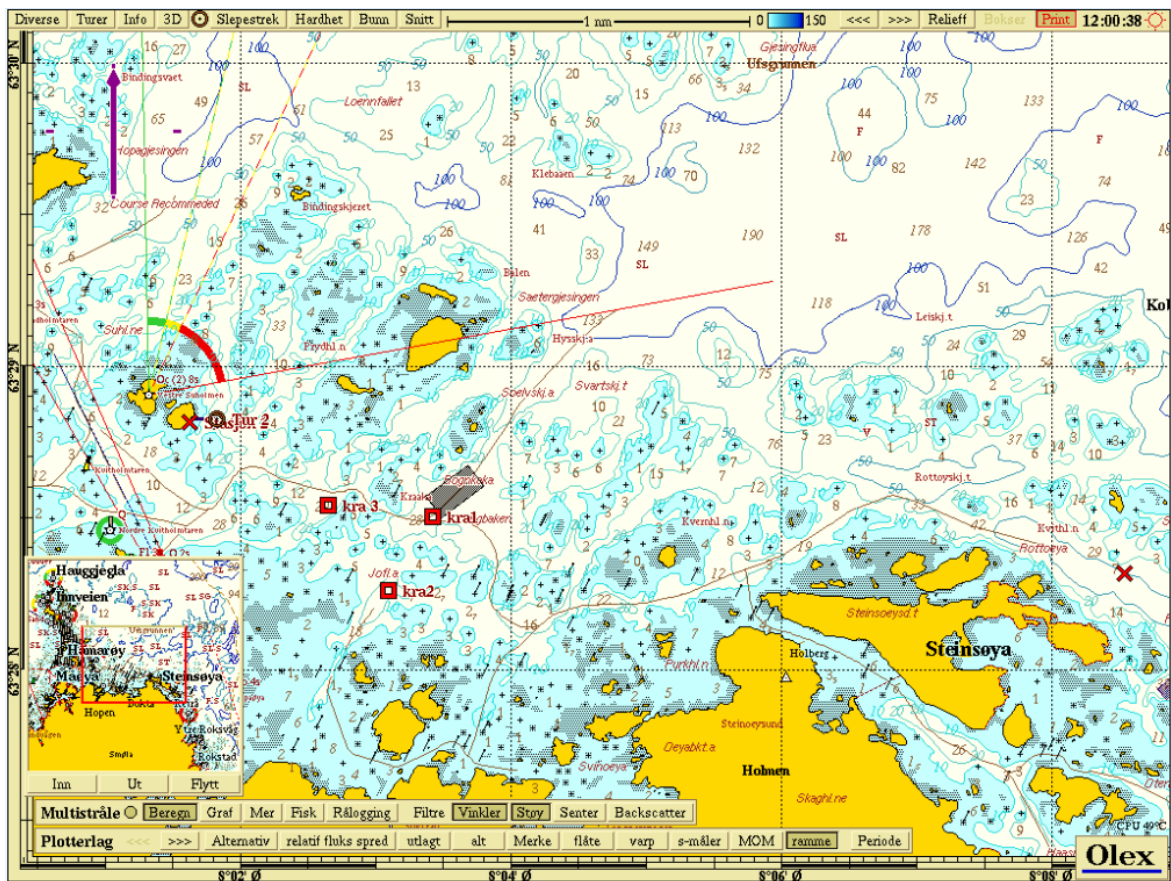
2.1 Undersøkellesområdet

Lokaliteten ligger i Bindingsvaet mellom Hopen og Veidholmen, Smøla kommune, på 35 m meters dyp. (Figur 2.1 og 2.2). På alle kanter av anlegget ligger det grunner og skjær, og ingen sund som munner ut i den nordlige delen av Ramsøyfjorden er dypere enn 20 m.

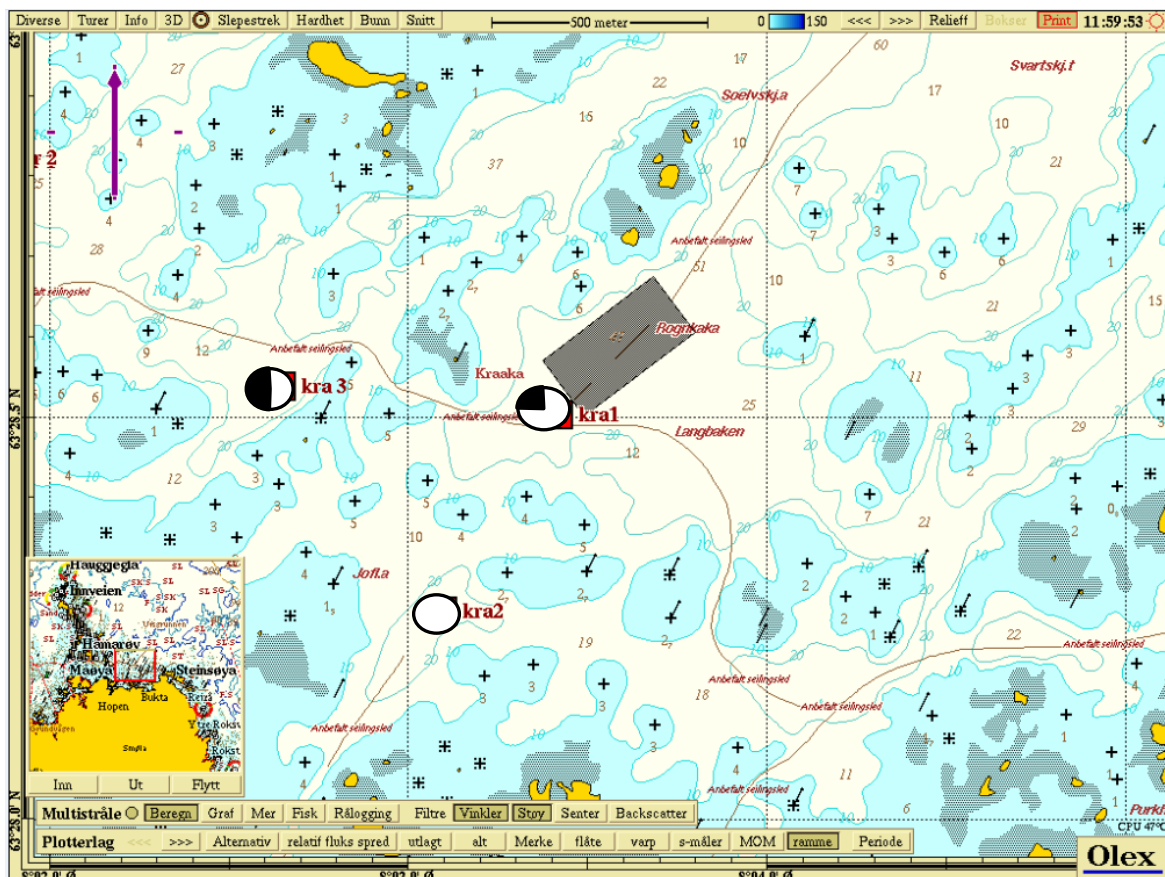
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Prøveinnsamlingene ble gjennomført av Christian Bøe og Rune Haugen fra Havbrukstjenesten AS 13.08.12. Det ble tatt prøver fra en stasjon ved anlegget, en i overgangssonen og en stasjon i dypet av svaet.

Det ble også tatt vannprøver for hydrografi fra stasjonen i den dypeste delen av sundene (Kra 3), den 14.mars 2013. Detaljerte opplysninger om stasjonene er gitt i Tabell 2.1. Måling av oksygen, temperatur og saltholdighet i vannsøylen ble utført vha. en CTD-sonde SD204 med oksygensensor. For å hente ut data ble programvaren Minisoft SD200w benyttet.



Figur 2.1: Oversiktskart over sjøområdet nord av Hopen. Firkant viser kartutsnittet for undersøkelsesområdet ved Kråka..



Figur 2.2: Skisse av anleggets plassering med punkt for prøvestasjonsstasjoner tegnet inn. Eksakt plassering av stasjonen er gitt i Tabell 2.1. Kart kilde: Olex.

Tabell 2.1: Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet i område og navn. Hugg merket me * ikke akkreditert grunnet for lite prøvemateriale/ikke lukket. Posisjonering ved hjelp av GPS. Det ble benyttet en van Veen- grabb, som brukes til biologi-, kjemi- og geologiprøver.

Stasjon Dato	Sted Posisjon	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøve volum (l)	Andre opplysninger
Kra 1 13.08.12	Område 63° 28.503 N 08° 03.418 Ø	33	1*	1,5	Kjemi og geologi, pH og Eh Biologi; ikke akkreditert Ingen prøver tatt; Ingen godkjente hugg etter standard, da alle 6 hugg enten var åpen med stein i kjeften eller var tomme, grunnet hard steinholdig bunn
			2*	1,5	
			3*	n/a	
Kra 2 13.08.12	Område 63° 28.259 N 08° 03.096 Ø	23	1*	1,7	Kjemi og geologi, pH og Eh Biologi; ikke akkreditert Ingen prøver tatt; Ingen godkjente hugg etter standard, da alle 6 hugg enten var åpen med stein i kjeften eller var tomme, grunnet hard steinholdig bunn
			2*	3,2	
			3*	n/a	
Kra 3 13.08.12	Område 63° 28.539 N 08° 02.647 Ø	29	1	10,7	Kjemi og geologi, pH og Eh Biologi Biologi
			2	13,0	
			3	14,0	

2.2.1 Hydrografi

Oksygeninnholdet i vannmassene er helt avgjørende for de fleste former for liv i sjøen. I åpne områder med god vannutskiftning og sirkulasjon er oksygenforholdene oftest tilfredsstillende. Stor tilførsel av organisk materiale kan imidlertid føre til at oksygeninnholdet i vannet blir lavt fordi oksygen forbrukes ved nedbrytning av organisk materiale. Terskler og trange sund kan føre til dårlig vannutskiftning, og dermed redusert tilførsel av nytt oksygenrikt vann. Hydrogensulfid (H_2S), som er giftig, kan dannes og dyrelivet vil dø ut. Er vannet mettet med oksygen vil metningen være 100 %. Oksygeninnholdet i oksygenmettet vann varierer med temperatur og saltholdighet. Vannet kan være overmettet med oksygen, det vil si over 100 %.

2.2.2 Sediment

Det ble tatt ut en prøve til analyse av organisk innhold (% glødetap) og analyse av kornfordeling, fra det samme hugget hvor det ble tatt ut prøve for kjemiske analyser.

Partikkelfordelingen bestemmes ved at prøven først løses i vann og siktes gjennom en 0,063 mm sikt. Partikler større enn 0,063 mm ble tørrsiktet, og for partikler mindre enn 0,063 mm ble pipetteanalyse benyttet for gruppering i størrelsesgrupper (Buchanan, 1984). Kornfordelingen av sedimentprøver presenteres i kurveform, der partikkelstørrelsen (mm) fremstilles langs x-aksen og den prosentvise vektandelen (kumulativt) langs y-aksen. Kumulativ vektprosent betyr at vekten av partikler med ulike kornstørrelser blir summert inntil alle partiklene i prøven er tatt med, det vil si 100 %.

Partikkelstørrelsen i sedimentet forteller noe om strømforholdene like over bunnen. I områder med sterk strøm vil finere partikler bli ført bort og kun grovere partikler vil bli liggende igjen. Dette gjenspeiles i kornfordelingskurven, som da vil vise at hoveddelen av partiklene i sedimentet tilhører den grove delen av størrelsesspekteret. I områder med lite strøm vil finere partikler synke til bunns og avsettes i sedimentet. Kornfordelingskurven vil da vise at mesteparten av partiklene er i leire/silt-fraksjonen.

Organisk innhold i sedimentet måles som prosent glødetap, og beregnes som differansen mellom tørking og brenning i samsvar med Norsk Standard 4764. Organisk innhold i sedimentet er ofte korrelert med kornstørrelse, der finpartikulært sediment ofte har høyere innhold av organisk materiale enn grovt sediment. I områder med svake strømmer og finere partikler kan sedimentet bli oksygenfattig få cm under sediment-overflaten, og lukte råttent (H_2S). Dette vil være spesielt fremtredende der bunnvannet inneholder lite oksygen og/eller i områder med stor organisk tilførsel.

2.2.3 Kjemiske analyser

Det ble tatt ut prøve fra det ene hugget fra hver stasjon til analyse av kjemiske parametrene. Analysene ble utført av Eurofins AS (akkrediteringsnummer Test 003). Analysene av fosfor (P), sink (Zn) og kobber (Cu) ble utført etter NS-EN-ISO 11885. Analysene av totalt organisk karbon (TOC) ble utført etter AJ 31. Innholdet av tørrstoff ble analysert etter NS 4764-1. Tilstandsklassen vil bli gitt for de av de målte parametrene som inngår i KLIF's manual (Molvær *et. al*, 1997 og Bakke *et. al*, 2007) (Tabell 2.2).

Surhetsgrad (pH) og redokspotensialet (Eh) i sedimentprøvene ble målt med henholdsvis WTW pH meter type pH3110 og Radiometer MeterLab PHM 201 portable pH meter. Eh ble

målt både med platinaelektrode og en referanseelektrode av typen Ag/AgCl-elektrode fylt med mettet KCl-løsning.

2.2.4 Bunndyr

Artssammensetningen i bunnprøver gir viktige opplysninger om hvordan miljøforholdene er i et område. Miljøforholdene i bunnen og i vannmassene over bunnen gjenspeiler seg i bunnfaunaen. De fleste bløtbunns-artene er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere langtidseffekter fra miljøpåvirkning. Miljøforholdene er avgjørende for hvilke arter som forekommer og fordelingen av antall individer per art i et bunndyrssamfunn. I et uforurenset område vil det vanligvis være forholdsvis mange arter, og det vil være relativt jevn fordeling av individer blant artene. Flertallet av artene vil oftest forekomme med et moderat antall individer. I bunndyrsprøver fra uforurensete områder vil det ofte være minst 20-30 arter i en grabbprøve, men det er ikke uvanlig å finne over 50 arter. Naturlig variasjon mellom ulike områder gjør det vanskelig å anslå et "forventet" artsantall. Ved dårlige miljøforhold vil få eller ingen arter være tilstede i sedimentet.

Ved innsamling av bunnprøver ble det brukt en van Veen grabb. Grabben er et kvantitativt redskap (redskap som samler mengde eller antall organismer per areal- eller volumenhet) som tar prøver av et fast areal av bløtbunn, i dette tilfellet 0,1 m². Hardheten av sedimentet avgjør hvor dypt grabben graver ned i sedimentet. Sediment-volumet i grabben gir et mål på hvor langt ned i sedimentet grabben tar prøve, og volumet av hver prøve måles. En full 0,1 m² grabb har et volum på 17 liter. Hoveddelen av gravende dyr oppholder seg i de øverste 5-10 cm av sedimentet. Det er derfor ønskelig at en prøve blir tatt ned til 5 cm i sedimentet, det vil si grabben bør inneholde minst 3 liter sediment. Prøver med mindre enn 3 liter sediment kan imidlertid være tilstrekkelig for å gi en god beskrivelse av miljøforholdene.

Grabbinholdet ble vasket gjennom to sikter, der den første sikten har hulldiameter 5 mm og den andre 1 mm (Hovgaard 1973). Prøvene ansees som kvantitative for dyr som er større enn 1 mm. Prøvene ble fiksert ved tilsetting av 4 % formalin nøytralisert med boraks. I laboratoriet ble prøvene skylt på nytt i en 1 mm sikt, før dyrene ble sortert ut fra sediment-restene og overført til egnet konserveringsmiddel for oppbevaring. Så langt det har latt seg gjøre er dyrene fra prøvene bestemt til art. Bunndyrsmaterialet er oppbevart i SAM-Marins lokaler, ved Høyteknologisenteret i Bergen i 5 år.

Artslisten omfatter det fullstendige materialet (Vedleggstabell 2). Kun dyr som lever nedgravd i sedimentet eller er sterkt tilknyttet bunnen er tatt med i bunndyranalysene. Planktoniske organismer som ble fanget av den åpne grabben på vei ned og krepsdyr som lever fritt på bunnen er inkludert i artslisten, men utelatt fra analysene.

I Vedleggsdelen presenteres en kort omtale av metodene som ble benyttet ved analyse av det innsamlede bunndyrsmaterialet. Shannon-Wieners diversitetsindeks ble brukt for å beregne artsmangfoldet (artsdiversiteten) ut fra arts- og individantallet i en prøve (se Generelt Vedlegg). På grunnlag av bunnfaunaen som identifiseres kan artene inndeles i geometriske klasser. Antall arter i hver geometrisk klasse kan plottes i figurer der kurveforløpet viser faunastrukturen. Kurveforløpet kan brukes til å vurdere miljøtilstanden i et område. Det er ikke nødvendig for leseren å ha full forståelse av metodene som er brukt i rapporten for å kunne vurdere resultatet av undersøkelsen.

Direktoratsgruppa for gjennomføring av vanndirektivet har gitt retningslinjer for å klassifisere miljøkvaliteten i marine områder. Veileder 01:2009 – Klassifisering av miljøtilstand i vann,

Økologisk og kjemisk klassifisering klassifiseringssystem for kystvann, innsjøer og elver i henhold til vannforskriften. Denne veilederen skal på sikt erstatte KLIF's veileder 97:03 (TA 1467/1997) - Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann. Når bunndyr brukes i klassifisering, benyttes Shannon-Wiener diversitetsindeks (H') og ømfintlighetsindeksene NQI1 og NQI2 (Tabell 2.5). Tilstandsklassene kan gi et godt inntrykk av de reelle miljøforhold, særlig når de benyttes sammen med artssammensetningen i prøvene. Shannon-Wiener diversitet er beregnet ut fra individfordelingen hos artene. NQI1 og NQI2 tar i tillegg til artsmangfoldet også hensyn til hvilke forurensingstolerante arter (ømfintlighet) som er tilstede i prøvene. For en grundigere gjennomgang av disse indeksene, se Vedlegg 1. Shannon-Wiener diversitetsindeks er i denne rapporten beregnet både for sum av grabbhugg (97:03) og for gjennomsnittet (01:2009) slik det står beskrevet i de to veilederne. Klassegrensene for Shannon-Wiener er også forskjellige i de to veilederne, se tabell 2.2. Helt opp til anleggene og i overgangssonen er det utarbeidet en egen standard (MOM) for beregning av miljøtilstanden (NS 9410) (Tabell 2.3).

Tabell 2.2: Klassifisering av de undersøkte parameterne som inngår i Molvær *et. al*, 1997, Bakke *et. al*, 2007 og Veileder 01:2009, Direktoratets-gruppen Vanndirektivet 2009. Organisk karbon er total organisk karbon korrigert for finfraksjonen i sedimentet.

Parameter	Veileder	Måleenhet	Tilstandsklasser					
			I	II	III	IV	V	
			Bakgrunn/ Meget god	God	Moderat/ Mindre god	Dårlig	Svært dårlig	
Dypvann	Oksygen *	97:03	ml O ₂ / l	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
	Oksygen metn. **	97:03	%	>0,65	65-50	50-35	35-20	<0,20
Sediment	Shannon-Wiener ind. (H')	01:2009		>3,8	3,0-3,8	1,9-3,0	0,9-1,9	<0,9
	Shannon-Wiener indeks (H')	97:03		>4	3-4	2-3	1-2	<1
	NQI1	01:2009		>0,72	0,63-0,72	0,49-0,63	0,31-0,49	<0,31
	NQI2	01:2009		>0,65	0,54-0,65	0,38-0,54	0,20-0,38	<0,20
	Organisk karbon	97:03	mg TOC/g	<20	20-27	27-34	34-41	>41
	Sink	TA 2229	mg Zn/ kg	<150	150-360	360-590	590-4500	>4500
	Kobber	TA 2229	mg Cu/ kg	<35	35-51	51-55	55-220	>220

*Omregningsfaktoren til mgO₂ / l er 1,42

** Oksygenmetningen er beregnet for saltholdighet 33 og temperatur 6°C

Tabell 2.3: Vurdering av miljøtilstanden i nærsonen og overgangssonen ved oppdrettsanlegg. Hentet fra Norsk Standard 9410 (MOM).

Miljøtilstand	Kriterier
Miljøtilstand 1 (meget god)	Minst 20 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² . Ingen av artene må utgjøre mer enn 65 % av det totale individantallet.
Miljøtilstand 2 (god)	5-19 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² . Mer enn 20 individer utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² . Ingen av artene utgjør mer enn 90 % av det totale individantallet.
Miljøtilstand 3 (dårlig)	1 til 4 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ²
Miljøtilstand 4 (meget dårlig)	Ingen makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² .

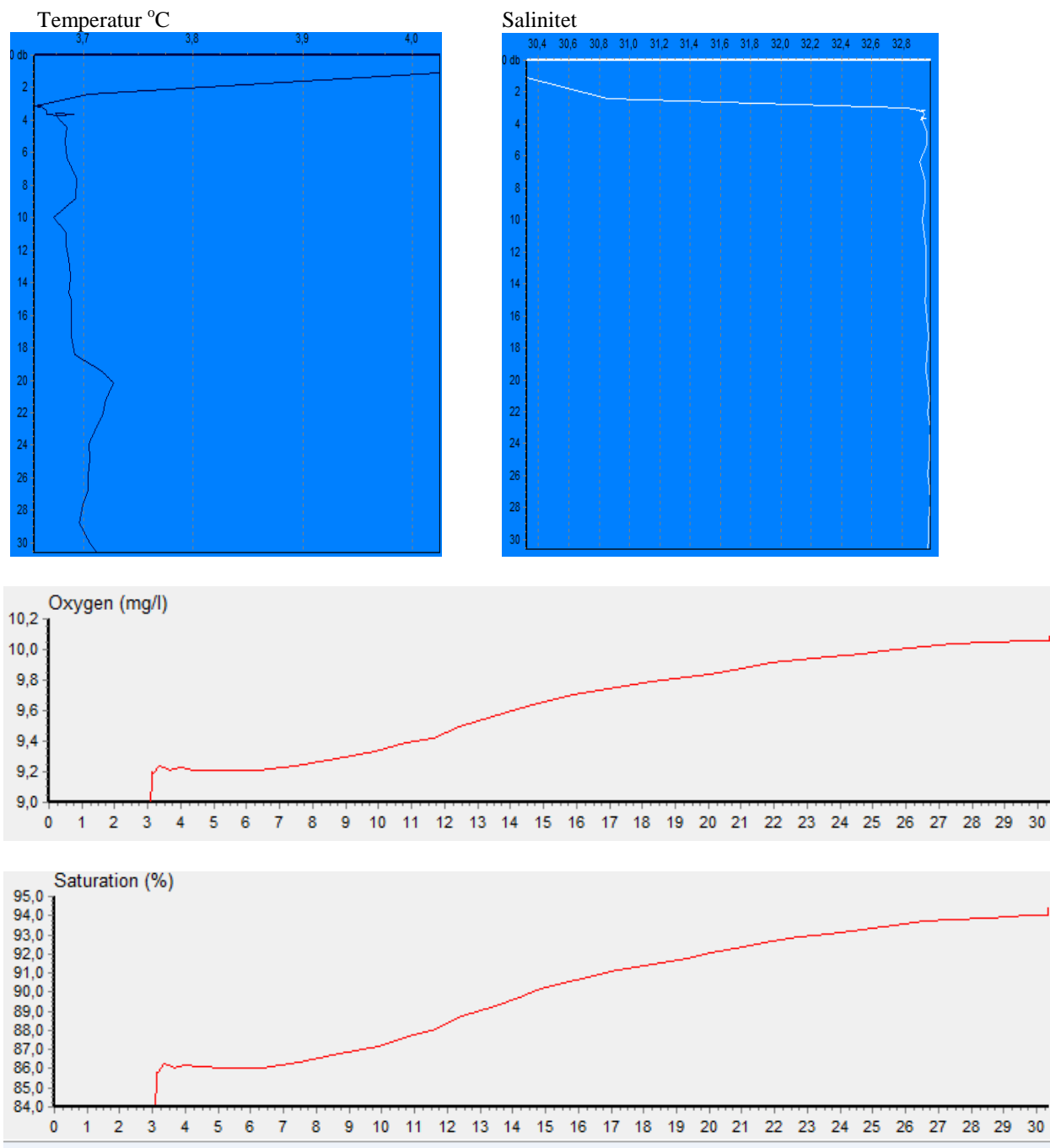
2.3 Produksjonsdata fra anlegget

På lokalitet Kråka startet produksjonen på tidlig 2000- tallet. Førrige utsett ble slaktet ut i august 2009. Anlegget ble tatt i bruk rett etter MOM C prøvene ble tatt, og har følgelig lite/ingen utføring som kan ha påvirket området i de siste 3 år.

3 RESULTATER OG DISKUSJON

3.1 Hydrografi

Saltholdighet, temperatur og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og til like over bunnen på stasjon Kra 3 den 14. mars 2013. Resultatene fra denne undersøkelsen presenteres i Figur 3.1.



Figur 3.1: Temperatur, Salinitet, Oksygen i % metning og mg/l på Kra 3, målt med CTD-sonde fra overflaten og ned til 30 meter den 14.03.13. Oksygeninnhold i ml/l er beregnet fra mgO₂/l med en omregningskoeffisient på 1,42.

Temperaturen på Kra 3 var 3,7 °C i overflatelaget og helt ned til bunnen. Likeledes var saliniteten meget lik gjennom hele vannsøylen, og lå på 30,8 ved overflaten og økte jevnt ned til bunnen til 32,9.

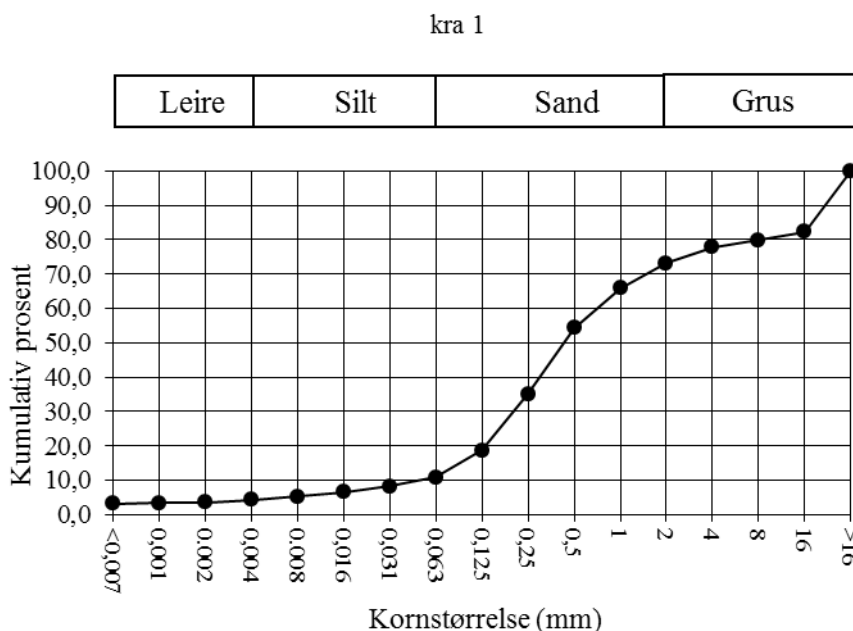
Oksygeninnholdet var relativt jevnt gjennom vannsøylen. I overflatelaget lå konsentrasjonen på 9,2 mg/l. Oksygeninnholdet økte deretter jevnt til 10,1 mg/l ved bunnen. Dette gir et oksygeninnhold på rundt 7,1 ml/l som plasserer bunnvannet i KLIF's tilstandsklasse I (meget god).

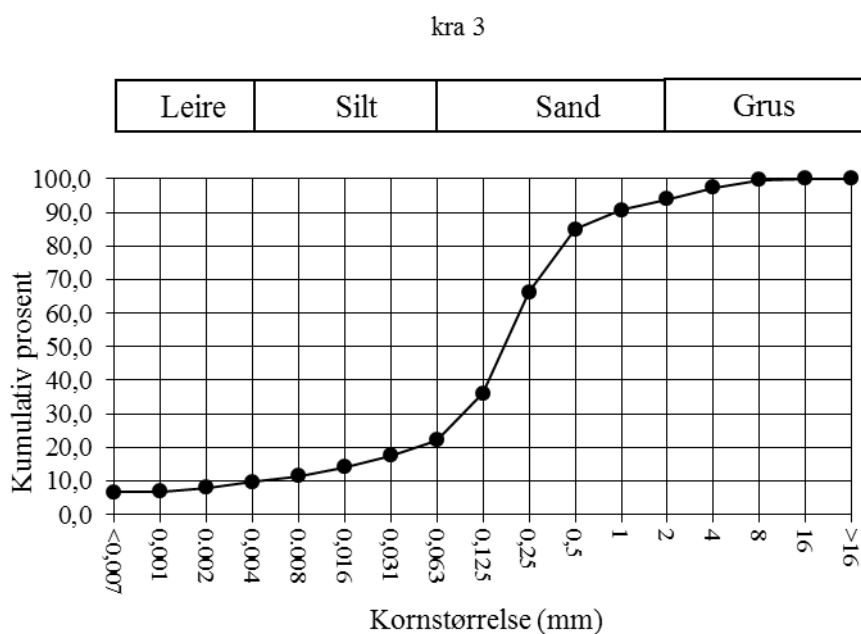
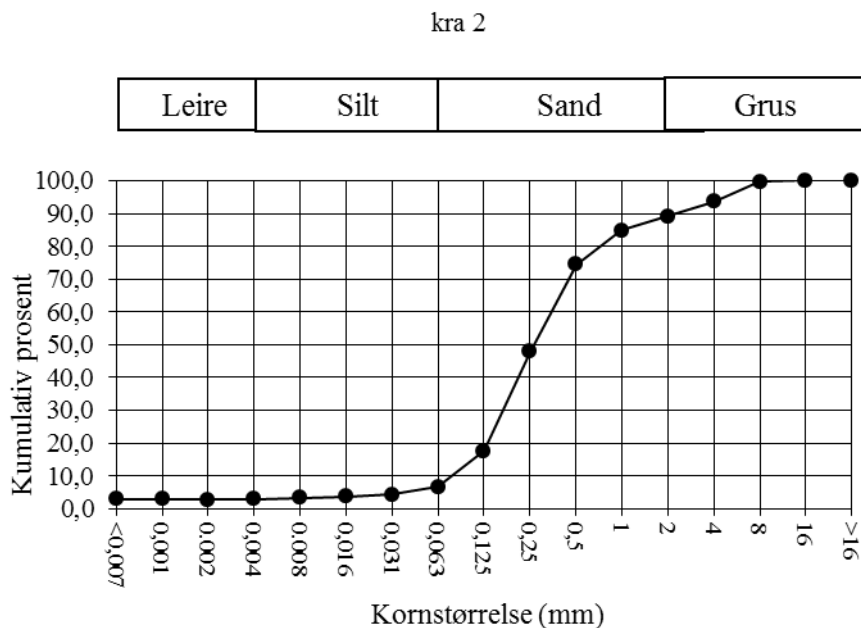
3.2 Sediment

Resultatene fra sedimentundersøkelsene er presentert i Tabell 3.1 og Figur 3.2.

Tabell 3.1: Oversikt over dyp, organisk innhold (% glødetap) og kornfordeling i sedimentprøver fra stasjonene ved Kråka, august 2012

Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% glødetap)	Leire (%)	Silt (%)	Leire+Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
Kra 1	33	6,9	4	7	11	62	27
Kra 2	23	6,4	3	4	7	83	11
Kra 3	29	8,9	10	12	22	72	6





Figur 3.2: Kornfordeling (mm) langs x-aksen og kumulativ vektprosent langs y-aksen av sediment prøver fra stasjonene ved Kråka, august 2012.

Ved alle stasjonene var sedimentet grovt og bestod i hovedsak av sand, med en del grus. På Kra 1 og Kra 2 var det som nevnt problemer med akkrediterte hugg grunnet en stor mengde stein på bunnen. På Kra 1 var det 62 % sand og 27 % grus, resterende var en blanding av leire og silt. Ved Kra 2 var det hele 83 % sand og 11 % grus. Kra 3 bestod av 72 % sand og 22 % blanding silt/leire og 6 % grus. Glødetapet var relativt lavt på alle, og høyest med 8,9 % på Kra 3. Det organiske innholdet var dermed relativt lavt, og innenfor det normale.

3.3 Kjemi

Sedimentanalyser

Verdiene for tungmetallene sink og kobber var lave ved alle tre stasjonene og alle fikk beste tilstandsklasse (TK) I. Likeledes var fosforverdien normalt lav ved alle stasjonene. Når det gjelder totalt organisk karbon (TOC) var det utslag ved forhøyede verdier på alle stasjonene. TOC for Kra I ga TK III (moderat/ mindre god), mens Kra 2 fikk TK II (god) for TOC. Ved Kra 3 var TOC verdien dårligst og fikk TK IV (dårlig). Dette indikerer at Kra 3- prøven inneholder mye organisk materiale. Glødetapet var innenfor det som anses som normalt på samtlige stasjoner. Da det har vært lite og ingen oppdrettsvirksomhet i området de siste 2- 3 årene, er det grunn til å tro at innholdet av organisk materiale har annen kilde enn oppdrett, som rester av råttent tang og tare eller andre naturlige kilder.

Tabell 3.2: Innholdet av undersøkte kjemiske parametre i sedimentet og innholdet av tørrstoff (TS). Tilstandsklasser (TK.) er oppgitt etter KLIF's klassifisering (Bakke *et. al.*, 2007) for sink, kobber og normalisert TOC.

Stasjon	Totalt organisk karbon g/kg	Normalisert TOC mg/g	TK	Fosfor mg/kg TS	Sink mg/kg TS	TK	Kobber mg/kg TS	TK	Tørrstoff (TS) %
Kra 1	15	31,1	III	460	16	I	5	I	54,9
Kra 2	9,2	26	II	530	9	I	9	I	59,3
Kra 3	23	37	IV	390	17	I	7	I	48,3

Måling av pH og redokspotensialet (E_h)

Resultatene fra pH og redokspotensialet (E_h) sammen med de andre vurderingene av sedimentet som er felles for en MOM-B undersøkelse er vist i Vedleggstabell 1.

Målingen av pH og E_h på nærstasjonen viste en normal høy pH og normalt redokspotensiale på stasjonene Kra 1 og Kra 2, som begge fikk TK 1 etter MOM standarden. Stasjonsnavn Kra 3, hadde og høy normal pH, men E_h var lav, og dermed fikk Kra 3 tilstandsklasse 2 etter MOM.

Tabell 3.3: Målte pH og E_h verdier i sedimentet fra de undersøkte stasjonene. Den beregnede pH/E_h verdien går fra 0 til 5 hvor 0 er best. Tilstanden går fra 1 til 4 hvor 1 er best.

Stasjon	pH	E _h	pH/E _h poeng	Tilstand
Nærsone	7,59	34	0	1
Overgangssone	7,65	-3	0	1
Fjernsone	7,67	-236	2	2

3.4 Bunndyr

Resultatene fra bunndyrsundersøkelsene er gitt i Tabell 3.4-3.5, Figur 3.3-3.5, og i Vedleggstabellene 2-3. Resultatene fra bunndyrsanalysene gir et bilde av miljøforholdene ved lokaliteten i november 2011. De fleste bløtbunns-artene er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere effekter fra miljøpåvirkning integrert over tid.

Nærsonestasjonen Kra 1, ligger på 33m dyp like ved anlegget. På grunn av problemer med å få tilstrekkelige mengder sediment i grabben under prøvetakingen (hardbunnstasjon), ble prøvematerialet mangelfullt. Det ble funnet 43 arter med til sammen 370 individer. Siden mengden materiale ikke var tilstrekkelig og standarden *Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg (NS 9410:2007)* er definert for bløtbunnstasjoner, kunne ikke materialet fra denne stasjonen sammenlignes med de andre stasjonene og det ble derfor ikke gjort videre analyser av det biologiske materiale på stasjonen.

Overgangssonestasjonen Kra 2 ligger på 23m dyp sørvest for anlegget. På grunn av problemer med å få tilstrekkelige mengder sediment i grabben under prøvetakingen (hardbunnstasjon), ble prøvematerialet mangelfullt. Det ble det funnet kun 7 arter med til sammen 95 individer. Siden mengden materiale ikke var tilstrekkelig og standarden *Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg (NS 9410:2007)* er definert for bløtbunnstasjoner, kunne ikke materialet fra denne stasjonen sammenlignes med de andre stasjonene og det ble derfor ikke gjort videre analyser av det biologiske materiale på stasjonen.

Ute i fjernsonen på Kra 3 (på 29m) fant man 32 arter med til sammen 336 individer. Diversiteten ble beregnet til 3,28 som plasserer stasjonen i KLIF's tilstandsklasse II (God). Blant de ti mest tallrike artene fant man kun børstemarkar og 1 bløtdyr. Indeksene (NQI1 og NQI2) som indikerer jevnhet og fordelingen av robuste og sårbare arter havnet begge i tilstandsklasse III (Moderat). Dette indikerer moderate forhold på stasjonen, noe som også støttes opp av fordelingen av de geometriske klassene. De multivariate analysene viser at det var stor likhet mellom huggene (62 %) på stasjonen (Figur 3.4).

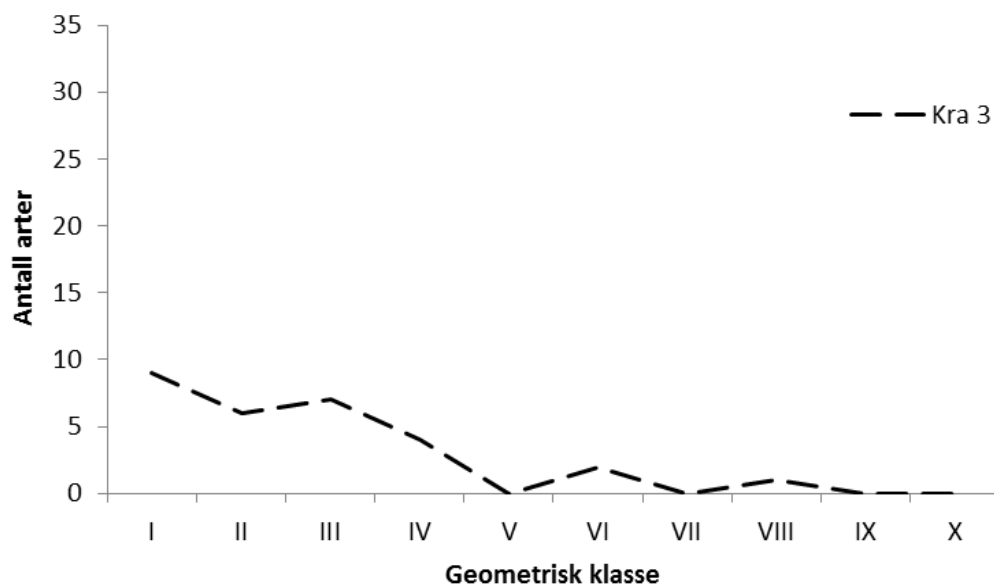
Tabell 3.4: Antall individer, arter, diversitet (H'), jevnhet (J), ømfintlighet (AMBI) og de sammensatte indeksene for arts mangfold og ømfintlighet (NQI1 og NQI2) hver enkelt prøve (grabbhuggnummer) og totalt for hver stasjon. Blå: svært god, Grønn: god, Orange: dårlig, Rød: svært dårlig (se generell vedleggsdel).

*markerer avvik ved prøvetaking

Stasjon	Hugg	Individer	Arter	Diversitet (H')	Jevnhet (J)	H'-max	AMBI	NQI1	NQI2	MOM TK	KLIF TK
Kra 1*	2	370	43								
<i>Nærsonen</i>	SUM	370	43								
	SNITT	370	43								
Kra 2*	2	95	7								
<i>Overgangs</i>	SUM	95	7								
<i>sonen</i>	SNITT	95	7								
Kra 3	2	226	22	2,32	0,52	4,46	4,80	0,49	0,35		
	3	96	21	3,99	0,91	4,39	2,51	0,67	0,65		
<i>Fjernsonen</i>	SUM	322	29	3,21	0,66	4,86					
	SNITT	161	22	3,16	0,71	4,43	3,65	0,58	0,50		II

*Markerer avvik under prøvetaking

I – Meget god	II - God	III – Mindre god	IV – Dårlig	V – Meget dårlig
---------------	----------	------------------	-------------	------------------



Figur 3.3: Antall arter langs (y-akse) er plottet mot geometriske klasser (x-akse) i prøvene.

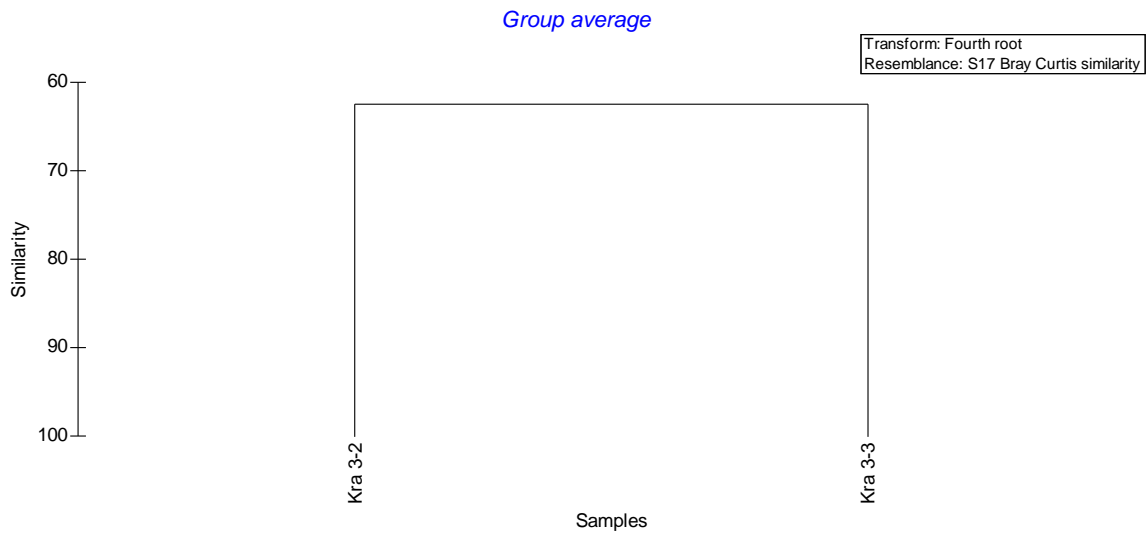
Tabell 3.5: De ti mest tallrike artene. Tabellen oppgir antall individer av hver art og prosent av antall individer for bunnstasjonene.

Kra 1 - Arter	Antall individ	%	Kum %
<i>Caulleriella killariensis</i>	96	26	26
<i>Mediomastus fragilis</i>	31	8	34
<i>Paraonis sp.</i>	28	8	42
<i>Chaetozone sp.</i>	22	6	48
<i>Scoloplos armiger</i>	21	6	54
<i>Thyasira flexuosa</i>	20	5	59
<i>Sabellidae indet.</i>	13	4	62
<i>Aricidea suecica</i>	12	3	66
<i>Enteropneusta indet.</i>	12	3	69
<i>Spio sp.</i>	10	3	72

Kra 2 - Arter	Antall individ	%	Kum %
<i>Oligochaeta indet.</i>	55	58	58
<i>Thyasira flexuosa</i>	28	29	87
<i>Actiniaria indet.</i>	5	5	93
<i>Crenella decussata</i>	4	4	97
<i>Owenia borealis</i>	1	1	98
<i>Spio sp.</i>	1	1	99
<i>Lucinoma borealis</i>	1	1	100

Kra 3 - Arter	Antall individ	%	Kum %
<i>Capitella capitata</i>	137	43	43
<i>Paraonis sp.</i>	38	12	54
<i>Scalibregma inflatum</i>	33	10	22
<i>Thyasira flexuosa</i>	15	5	15
<i>Lucinoma borealis</i>	14	4	9
<i>Chaetozone sp.</i>	13	4	8
<i>Polydora sp.</i>	13	4	8
<i>Actiniaria indet.</i>	6	2	6
<i>Ampharete lindstroemi</i>	5	2	3
<i>Lanassa venusta</i>	5	2	3
<i>Owenia borealis</i>	5	2	3
<i>Pseudopolydora pulchra</i>	5	2	3
<i>Sabellidae indet.</i>	5	2	3

SAM-Marin/Havbrukstjenesten



Figur 3.4: Cluster plot på hugg-nivå av stasjonene undersøkt i 2012. Beregningene er foretatt på standardiserte og fjerderots-transformerte artsdata. Basert på Bray-Curtis indeks. Plot viser faunalikhet mellom de ulike grabbhugg og stasjoner.

4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene i sjøen ved oppdrettslokaliteten Kråka, nord av Hopen, Smøla kommune. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført 13.08.12. Det ble samlet prøver fra tre stasjoner, en ved anlegget, en i overgangssonen og en i dypet av fjorden.

Sedimentet på alle stasjonene var grovt og bestod i hovedsak av sand, med en del grus. Bare Kra 3 hadde relativt mye andel av leire og silt, totalt 22 %. På Kra 1, nærstasjonen og Kra 2, mellomstasjonen hadde vi store problemer med å få akkrediterte prøver, og sediment analysen på disse to stasjonene er derfor noe usikker om den representerer virkeligheten. Det var mange mislykkede forsøk med stein i kjeften, og at det dermed er en større andel av stein i området, uansett gir sediment analysen oss et bilde. Glødetapet var relativt lavt, men noe forhøyet for Kra 3.

Alle stasjonene hadde lave verdier for tungmetallene sink og kobber og fikk beste tilstand, likeledes var fosfor verdien normalt lave. TOC verdiene var forhøyde, og spesielt Kra 3, som fikk TK IV hadde høye verdier for organisk karbon. Kra 1 fikk TK III og Kra 2 fikk TK II for TOC, og viser et visst innhold av organisk materiale. Glødetapet var innenfor det som anses å være normalt. Dette viser at spesielt fjernstasjonen Kra 3 har en større påvirkning av organisk materiale. Da det ikke har blitt drevet oppdrett de siste 3 år, er det grunn til å tro at denne påvisning av organisk materiale har en naturlig årsak, med kilde i det lokale/ regionale økosystemet. Måling av pH og Eh ga beste tilstand for Kra 1 og Kra 2, mens Kra 3 fikk tilstandsklasse 2.

Grunnet lite grabbinhold og ikke akkrediterte hugg på nær- og mellomstasjonen ble faunaen ikke undersøkt i detalj, og den kan dermed ikke tilstandsklassifiseres. Ut fra artene som var tilstede på de to stasjonene ser man ingen sterk indikasjon på påvirkning fra anlegget. Fjernstasjonen fikk nest beste tilstand for fauna, tilstand 2, etter KLIF.

På stasjonen i fjernsonen får bunnvannet beste karakter med tanke på oksygeninnhold (Tilstandsklasse 1).

Totalt sett kan vi si at analysene viser normale forhold på bunnen ved de ulike stasjonene, bortsett fra at det er fra noe til mye påvirkning av organisk materiale. Da det ikke er drevet oppdrett i området de siste 3 år er det stor grunn til å tro at dette kommer fra fauna eller flora som blir liggende på bunnen, som tang og tare.

5 TAKK

På toktet deltok Christian Bøe og Rune Haugen fra Havbrukstjenesten AS. Sedimentanalysene ble utført av Helge Grønning. Bunnprøvene ble sortert av Ragna Tveiten, Natalia Korableva og Nargis Islam. Bunndyrene ble identifisert av Frøydis Lygre og Tom Alvestad.

6 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.
- Buchanan JB. 1984. Sediment analysis. Pp. 41-65 in: N.A. Holme & A.D. McIntyre (eds). *Methods for the study of marine benthos*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Direktoratsgruppa Vanndirektivet 2009. Veileder 01:2009 Klassifisering av miljøtilstand i vann.
- Hovgaard P. 1973. A new system of sieves for benthic samples. *Sarsia* 53:15-18.
- Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. *SFT-veiledning* nr. 97:03. 36 s.
- Norsk Standard NS 9410. 2000. Miljøovervåkning av marine matfiskanlegg. Norges Standardiseringsforbund
- Norsk Standard NS 4764. 1980. Vannundersøkelse. Tørrstoff og gløderest i vannslam og sedimenter. *Norges Standardiseringsforbund*.

7 VEDLEGG

<u><i>Vedleggstabell 1. MOM-B parametre</i></u>	31
<u><i>Vedleggstabell 2. Artsliste</i></u>	32
<u><i>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser</i></u>	35
<u><i>Vedleggstabell 4. Analysebevis</i></u>	36

Generell vedleggsdel**Analyse av bunndyrsdata****Generelt**

De fleste bløtbunnsarter er flerårig og lite mobile, og undersøkelser av bunnfaunaen kan derfor avspeile miljøforholdene både i øyeblikket og tilbake i tiden. Miljøforholdene er avgjørende for hvilke arter som forekommer og fordelingen av antall individer per art i et bunndyrs-samfunn. I et uforurenset område vil det vanligvis være forholdsvis mange arter, og det vil være relativt jevn fordeling av individene blant artene. Flertallet av artene vil oftest forekomme med et moderat antall individer. I våre bunndyrsprøver fra uforurensete områder vil det vanligvis være minst 20 - 30 arter i én grabbprøve (0,1 m²), men det er heller ikke uvanlig å finne 50 arter. Naturlig variasjon mellom ulike områder gjør det vanskelig å anslå et "forventet" artsantall.

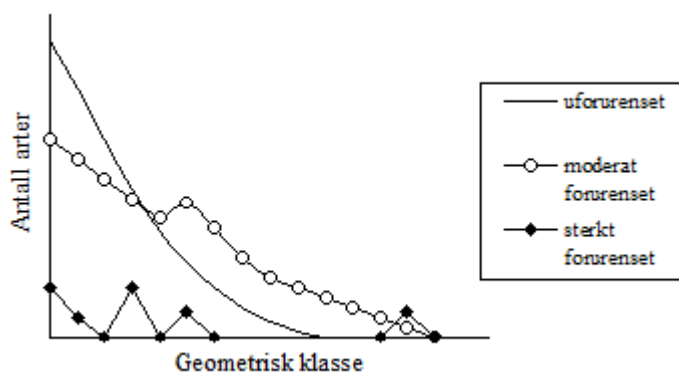
Geometriske klasser

På grunnlag av bunnfaunaen som identifiseres kan artene inndeles i geometriske klasser. Artene fordeles i grupper etter hvor mange individer hver art er representert med. Det settes opp en tabell der det angis hvor mange arter som finnes i ett eksemplar, hvor mange som finnes i to til tre eksemplarer, fire til syv osv. En slik gruppering kalles en geometrisk rekke, og gruppene som kalles geometriske klasser nummereres fortløpende I, II, III, IV, osv. Et eksempel er vist i Tabell v1. For ytterligere opplysninger henvises til Gray og Mirza (1979) og Pearson et al. (1983).

Antall arter i hver geometriske klasse kan plottes i figurer hvor kurveforløpet viser faunastrukturen. Kurveforløpet kan brukes til å vurdere miljøtilstanden i området. I et upåvirket område vil kurven falle sterkt med økende geometrisk klasse og ha form som en avkuttet normalfordeling. Dette skyldes at det er relativt mange individfattige arter og at få arter er representert med høyt individantall. I følge Pearson og Rosenberg (1978) er et slikt samfunn log-normalfordelt. Dette er antydnet i Figur v1. I et moderat forurenset område vil kurven ha et flatere forløp. Det er her færre sjeldne arter og de dominerende artene øker i antall og utvider kurven mot høyere geometriske klasser. I et sterkt forurenset område vil kurveforløpet være varierende, typisk er små topper og nullverdier (Figur v1)

Tabell v1. Eksempel på inndeling i geometriske klasser.

Geometrisk klasse	Antall ind./art	Antall arter
I	1	23
II	2 - 3	16
III	4 - 7	13
IV	8 - 15	9
V	16 - 31	5
VI	32 - 63	5
VII	64 - 127	3
VIII	128 - 255	0
IX	256 - 511	2



Figur v1. Geometrisk klasse plottet mot antall arter for et uforurenset, moderat forurenset og for et sterkt forurenset område.

Univariate metoder

De univariate metodene reduserer den samlede informasjonen som ligger i en artsliste til et tall eller indeks, som oppfattes som et mål på artsrikdom. Utfra indeksen kan miljøkvaliteten i et område vurderes, men metodene må brukes med forsiktighet og sammen med andre resultater for at konklusjonen skal bli riktig. Klima og forurensningsdirektoratet (Klif) legger imidlertid vekt på indeksen når miljøkvaliteten i et område skal anslås på bakgrunn av bunnfauna (Molvær et al. 1997 og Direktorsgruppen Vanndirektoratet 2009, Tabell v2 og v3).

Diversitet.

Shannon-Wieners diversitetsindeks (H') beskrives ved artsmangfoldet (S , totalt antall arter i en prøve) og jevnhet (J , fordelingen av antall individer per art) (Shannon og Weaver 1949). Diversitetsindeksen er beskrevet av formelen:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

der: $p_i = n_i/N$, n_i = antall individer av art i , N = totalt antall individer i prøven eller på stasjonen og S = totalt antall arter i prøven eller på stasjonen.

Diversiteten er vanligvis over tre i prøver fra uforurensete stasjoner. Ved å beregne den maksimale diversitet som kan oppnås ved et gitt antall arter, H'_{\max} ($= \log_2 S$), er det mulig å uttrykke jevnheten (J) i prøven på følgende måte:

$$J = \frac{H'}{H'_{\max}} \quad (\text{Pielou 1966}),$$

der: H' = Shannon Wiener indeks og H'_{\max} = diversitet dersom alle arter har likt individantall.

Dersom $H' = H'_{\max}$ er J maksimal og får verdien en. J har en verdi nær null dersom de fleste individene tilhører en eller få arter.

Hurlbert diversitetsindeks $ES(100)$ er beskrevet som:

$$ES_{100} = \sum_{i=1}^S 1 - \left[\frac{(N - N_i)!}{(N - N_i - 100)! \cdot 100!} \right] / \left[\frac{N!}{(N - 100)! \cdot 100!} \right]$$

hvor ES100 = forventet antall arter blant 100 tilfeldig valgte individer i en prøve med N individer, s arter, og Ni individer av i-ende art.

Diversitetsindekse SN er beskrevet som:

$$SN = \ln S / \ln(\ln N)$$

hvor S er antallet arter, og N er antallet individer i prøven

Ømfintlighet

Ømfintlighet bestemmes ved indeksene ISI og AMBI. Beregning av ISI er beskrevet av Rygg (2002). Sensitivitetsindeksen AMBI (Azti Marin Biotic Index) tilordner en ømfintlighetsklasse (økologisk gruppe, EG): EG-I: sensitive arter, EG-II: indifferente arter, EG-III: tolerante, EG-IV: opportunistiske, EG-V: forurensningsindikerende arter (Borja et al., 2000). Mer enn 4000 arter er tilordnet en av de fem økologiske gruppene av faunaekspert. Sammensetningen av makrovertebratsamfunnet i form av andelen av økologiske grupper indikerer omfanget av forurensningspåvirkning.

Sammensatte indekser

Sammensatte indekser NQI1 og NQI2 bestemmes ut fra både artsmangfold og ømfintlighet. NQI1 er brukt i NEAGIG (den nordost-atlantiske interkalibreringen). De fleste land bruker nå sammensatte indekser av samme type som NQI1 og NQI2.

NQI-indeksene er beskrevet ved hjelp av formelene:

$$\text{NQI1 (Norwegian quality status, version 1)} = [0.5*(1-\text{AMBI}/7) + 0.5*(\text{SN}/2.7)*(N/(N+5))]$$

$$\text{NQI2 (Norwegian quality status, version 2)} = [0.5*(1-\text{AMBI}/7) + 0.5*(H'/6)]$$

hvor AMBI er en sensitivitetsindeks, SN og H' diversitetsindekser, og N er antall individer i prøven.

Referansetilstand og klassegrenser

Artsdiversiteten (H') og NQI1 beregnes for hver prøve (grabbhugg) og gjennomsnittet klassifiserer stasjonen etter veileder 01:2009. I tillegg blir diversitetsindeksen for summen av antall dyr på stasjonen regnet ut og rapportert i henhold til Molvær et al. 1997 for sammenligning med historiske data. Diversiteten og fordelingen av sårbare vs. robuste arter brukes deretter til å gi området en tilstandsklasse som varierer fra I (meget god) til V (meget dårlig) (Tabell v2 og v3)

Tabell v2 :Tabellen under gir en oversikt over klassegrenser og referansetilstand for de ulike indeksene i henhold til veileder 01:2009*:

Indikativ parameter	Referanse-verdi	Økologiske tilstandsklasser basert på observert verdi av indikativ parameter (nye verdier, 2008)				
		Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
NQI1	0.78	>0.72	0.63-0.72	0.49-0.63	0.31-0.49	<0.31
NQI2	0.73	>0.65	0.54-0.65	0.38-0.54	0.20-0.38	<0.20
H'	4.4	>3.8	3.0-3.8	1.9-3.0	0.9-1.9	<0.9
ES ₁₀₀	32	>25	17-25	10-17	5-10	<5
ISI	9.0	>8.4	7.5-8.4	6.1-7.5	4.2-6.1	<4.2

* Tallverdiene er foreløpig de samme for alle regioner og vanntyper. Etter hvert som ny kunnskap blir tilgjengelig, vil det bli vurdert om det er grunnlag for å innføre differensierte klassegrenser for regioner og vanntyper.

Tabell v3 Klassifisering av tilstand for organisk innhold i sediment og bløtbunnsfauna.
Veiledning 97:03- Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann.

Parametre			Tilstandsklasser				
			I Meget god	II God	III Mindre god	IV Dårlig	V Svært dårlig
Artsmangfold	Hulberts	indeks	>26	26-18	18-11	11-6	<6
bløtbunnsfauna	Shannon-Wiener	indeks	>4	4-3	3-2	2-1	<1

Multivariate analyser

I de ovenfor nevnte metodene legges det ingen vekt på hvilke arter som finnes i prøvene. For å få et inntrykk av likheten mellom prøver der det blir tatt hensyn både til hvilke arter som finnes i prøvene og individantallet, benyttes multivariate metoder. Prøver med mange felles arter vil etter disse metodene bli karakterisert som relativt like. Motsatt blir prøver med få felles arter karakterisert som forskjellige. Målet med de multivariate metodene er å omgjøre den flerdimensjonale informasjonen som ligger i en artsliste til noen få dimensjoner slik at de viktigste likhetene og forskjellene kan fremtre som et tolkbart resultat.

Klassifikasjon og ordinasjon

I denne undersøkelsen er det benyttet en klassifikasjonsmetode (clusteranalyse) og en ordinasjonsmetode (multidimensjonal scaling (MDS) som utfra prøvelikhet grupperer sammen stasjoner med relativt lik faunasammensetning. Forskjellen mellom de to metodene er at clusteranalysen bare grupperer prøvene, mens ordinasjonen viser i hvilken rekkefølge prøvene skal grupperes og dermed om det finnes gradienter i datamaterialet. I resultatet av analysen vises dette ved at prøvene grupperer seg i et ordnet system og ikke bare i en sky med punkter. Ofte er faunagradianter en respons på ulike typer av miljøgradienter. Miljøgradienten trenger ikke å være en gradient fra “godt” til “dårlig” miljø. Gradienten kan f.eks. være mellom brakkvann og saltvann, mellom grunt og dypt vann, eller mellom grovt og fint sediment.

For at tallmessig dominerende arter ikke skal få avgjørende betydning for resultatet av de multivariate analysene, og for at arter som forekommer med få individer skal bli tillagt vekt, blir artsdata 4. rot transformert før de multivariate beregningene blir utført. Data er også standardisert for å redusere effekten av ulike prøveareal. Både klassifikasjons- og ordinasjonsmetoden bygger i utgangspunktet på Bray-Curtis similaritetsindeks (Bray og Curtis 1957) gitt i % som:

$$S_{jk} = 100 \left\{ 1 - \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\}$$

Hvor: S_{jk} = likheten mellom to prøver, j og k

y_{ij} = antallet i i'te rekke og j'te kolonne i datamatriksen

y_{ik} = antallet i i'te rekke og k'te kolonne i datamatriksen per totalt antall arter

p = totalt antall arter

Clusteranalysen fortsetter med at prøvene grupperes sammen avhengig av likheten mellom dem. Når to eller flere prøver inngår i en gruppe blir det beregnet en ny likhet mellom denne gruppen og de andre gruppene/prøvene som så danner grunnlaget for hvilken gruppe/prøve gruppen skal knyttes til. Prosessen kalles “group average sorting” og den pågår inntil alle prøvene er samlet til en gruppe. Resultatene fremstilles som et dendrogram der prøvenes prosentvise likhet vises. Figur v2 viser et dendrogram hvor prøvene har stor faunalikhet og et dendrogram hvor prøvene viser liten faunalikhet.

I MDS-analysen gjøres similaritetsindeksene mellom prøvene om til rangtall. Punkter som skal vise likheten mellom prøvene projiseres i et 2- eller 3- dimensjonalt rom (plott) der avstanden mellom punktene er et mål på likhet. Figur v3 viser et MDS-plott uten tydelig gradient. Det andre plottet viser en tydeligere en gradient da prøvene er mer inndelt i grupper. Prosessen med å gruppere punktene i et plott blir gjentatt inntil det oppnås en “maksimal” projeksjon av punktene. Hvor godt plottet presenterer dataene vises av en stressfaktor gitt som:

$$\text{Stress} = \sum_j \sum_k (d_{jk} - \hat{d}_{jk})^2 / \sum_j \sum_k d_{jk}^2$$

Hvor: \hat{d}_{jk} = predikert avstand til den tilpassede regresjonslinjen som korresponderer til dissimilariteten d_{jk} gitt som:

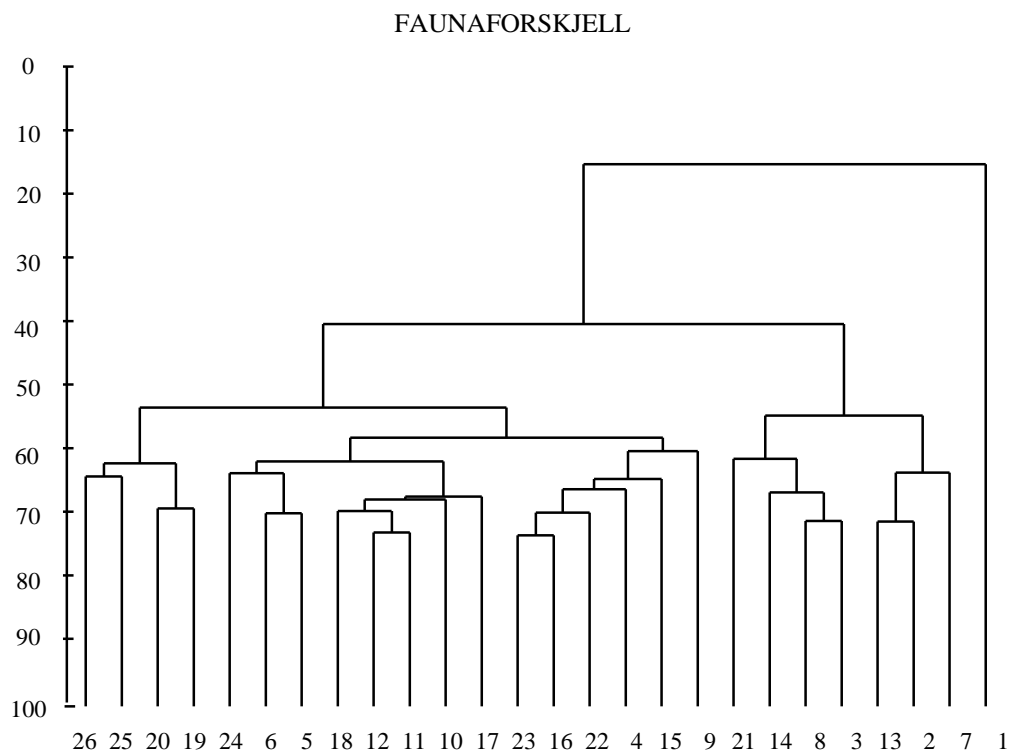
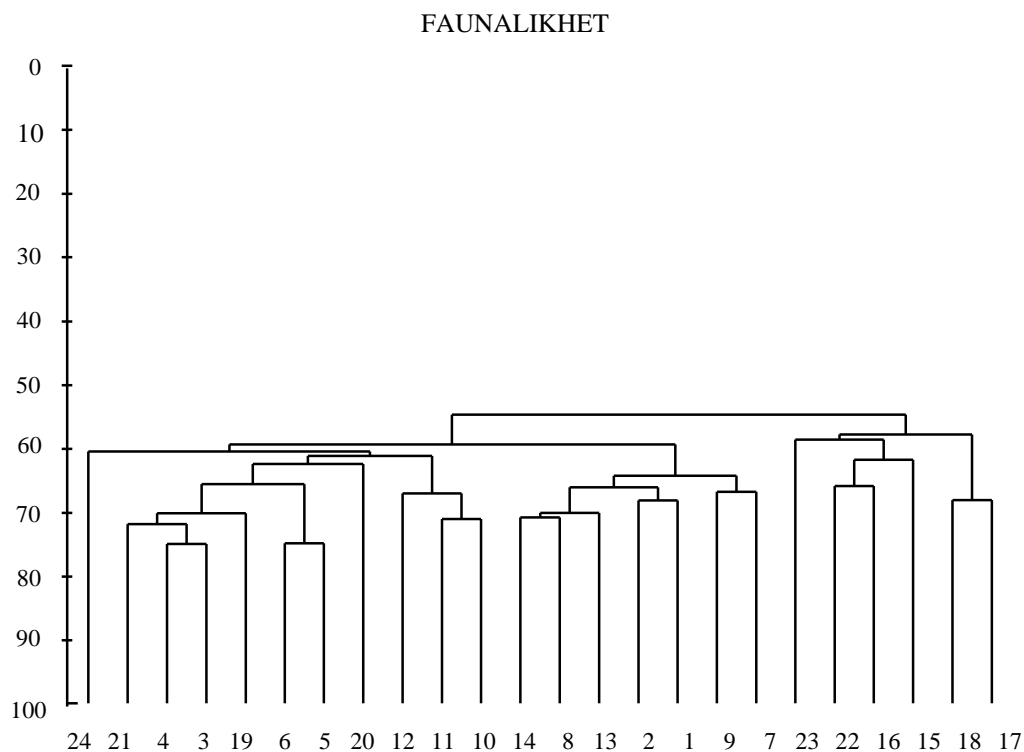
$$d_{jk} = 100 \left\{ \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\} \text{ og avstand (d).}$$

Dersom plottet presenterer data godt blir stressfaktoren lav, mens høy stressfaktor tyder på at data er dårlig eller tilfeldig presentert. Følgene skala angir kvaliteten til plottet basert på stressfaktoren: $< 0,05$ = svært god presentasjon, $< 0,1$ = god presentasjon, $< 0,2$ = brukbar presentasjon, $> 0,3$ plottet er litt bedre enn tilfeldige punkter.

Dataprogrammer

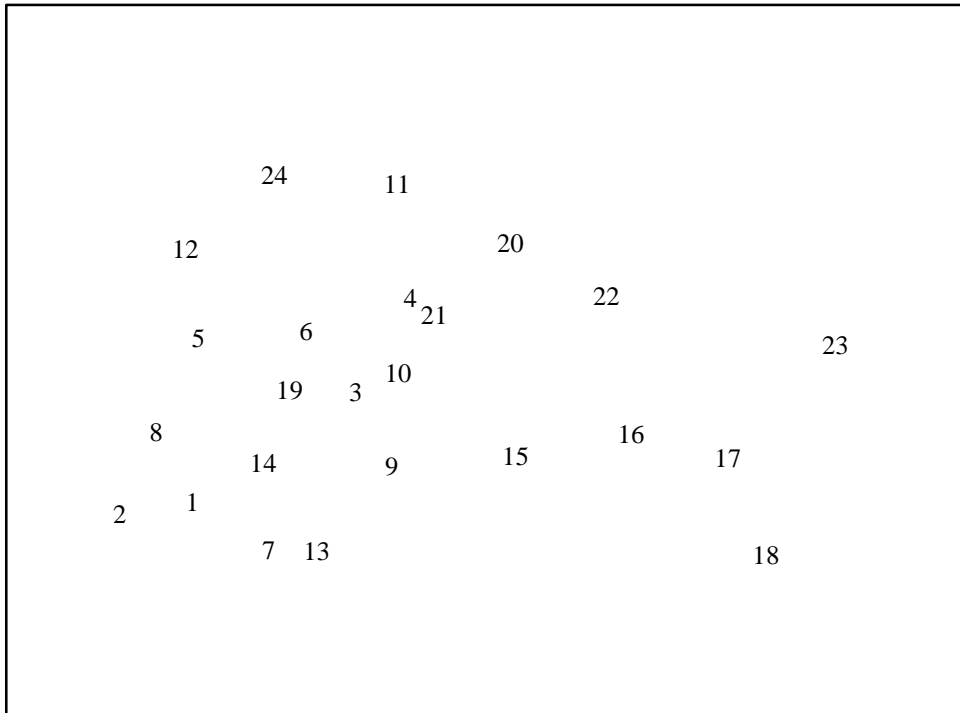
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet (H'), jevnhet (J), H'-max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt “Diversi”. Dataprogram og makro er laget av Knut Årrestad ved Institutt for fiskeri- og marinbiologi, UiB.

De multivariate analysene er utført med dataprogrammer fra programpakken Primer fra Plymouth Marine Laboratory i England. Clusteranalysen er utført med programmet Cluster, til MDS-analysen er programmet Mds benyttet. Azti Marine Biotic Index beregnes ved hjelp av dataprogrammet AMBI.

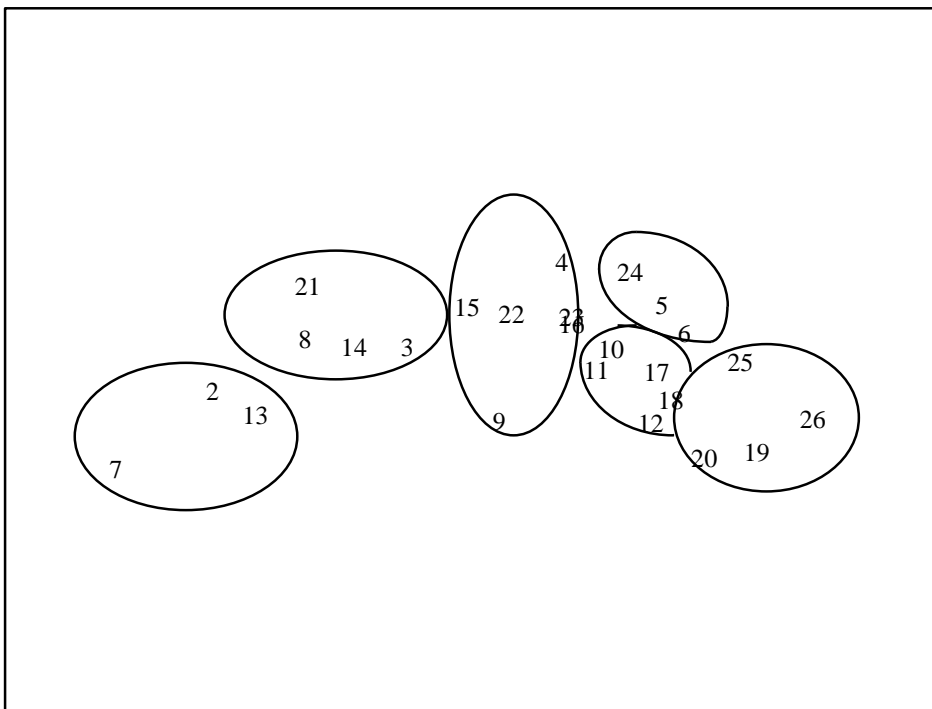


Figur v2. Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

INGEN GRADIENT



GRADIENT



Figur v3. MDS-plott som viser faunalikheten mellom prøver. Øverste plott viser ingen klar gradient, mens nederste plott viser en tydeligere gradient.

Litteratur til Generelt Vedlegg

- Bakke et al. 2007. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, revidering av klassifisering av metaller og organisk miljøgifter i vann og sedimenter. *Klif publikasjon ta 2229:2007*.
- Berge G. 2002. Indicator species for assessing benthic ecological quality in marine waters of Norway. *NIVA-rapport 4548-2002*.
- Borja, A., Franco, J., Perez, V., 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin* 40 (12), 1100–1114
- Bray JR, Curtis JT. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. - *Ecological Monographs* 27:325-349.
- Gray JS, Mirza FB. 1979. A possible method for the detection of pollution-induced disturbance on marine benthic communities. - *Marine Pollution Bulletin* 10:142-146.
- 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.
- Pearson TH, Rosenberg R. 1978. Macrobenthic succession: in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. - *Oceanography and Marine Biology an Annual Review* 16:229-311.
- Pearson TH, Gray JS, Johannessen PJ. 1983. Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. 2. Data analyses. - *Marine Ecology Progress Series* 12:237-255.
- Pielou EC. 1966. The measurement of species diversity in different types of biological collections. - *Journal of Theoretical Biology* 13:131-144.
- Rygg B, Thélin, I. 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, kortversjon. - *SFT-veiledning* nr. 93:02 20 pp.
- Shannon CE, Weaver, W. 1949. *The mathematical theory of communication*. - University of Illinois Press, Urbana. 117 s.
- Vannportalen.no.. Klassifisering av økologisk tilstand i vann. *Klassifiseringsveileder 01:2009*

Vedleggstabell 1. MOM-B parametre

HAVBRUKSTJENESTEN AS										
Firma: Salmar Farming AS										
Lokalitet: Kråka										
Gr.	Parameter	Poeng	Prøvenummer							Indeks
			Kra 1	Kra 2	Kra 3					
	Dyr	Ja (0) / Nei (1)	0	0	0					0,00
I	Tilstand (Gruppe I)		1							
II	pH	Målt verdi	7,59	7,65	7,67					
	Eh (mV)	Målt verdi	34	-3	-236					
		plus ref. potensial	265	228	-5					
	pH/Eh	Poeng (tillegg D)	0	0	2					0,67
	Tilstand (prøve)		1	1	2					
	Tilstand (Gruppe II)		1							
III	Gassbobler	Ja (4) / Nei (0)	0	0	0					
	Farge	Lys/grå (0)	0	0	0					
		Brun/sort (2)								
	Lukt	Ingen (0)	0	0	0					
		Noe (2)								
		Sterk (4)								
	Konsistens	Fast (0)	0	0	0					
		Myk (2)								
		Løs (4)								
	Grabbvolum (v)	$v < \frac{1}{4}$ (0)	0	0						
		$\frac{1}{4} \leq v < \frac{3}{4}$ (1)								
		$v \geq \frac{3}{4}$ (2)			2					
	Tykkelse på slamlag	$t < 2$ cm (0)	0	0	0					
		$2\text{cm} \leq t < 8\text{cm}$ (1)								
$t \geq 8$ cm (2)										
	Sum		0	0	2					
	Korr. Sum (0,22)		0,00	0,00	0,44					0,15
	Tilstand (prøve)		1	1	1					
	Tilstand (Gruppe III)		1							
	Middelverdi (Gruppe II & III)		0,00	0,00	1,22					0,41
	Tilstand (prøve)		1	1	2					
	Tilstand (Gruppe II & III)		1							
	Ph/Eh/Korr.su m Indeks Middelverdi	Tilstand								
			Tilstand							
			Gruppe 1							Gruppe II og
			A							1,2,3,4
			4							1,2,3
			4							4
			Tilstand							1

Vedleggstabell 2. Artsliste

Vedlegg SF-SAM-505.5

BENTHOS ARTSLISTE

SAM-Marin



SAM-Marin
Thormøhlensgate 55, 5008 Bergen
Telefon: 55 58 43 41 Telefaks: 55 58 45 25



Oppdragsgiver (navn og adresse): Salmar Farming AS
Prosjekt nr.: 806920
Prøvetakingssted (område): Kråka, Smøla Kommune
Dato for prøvetaking: 13.08.2012
Ansvarlig for prøvetaking (firma): Havbruktstjenesten AS
Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: Stasjonene Kra 1 og Kra 2 var hardbunnsstasjoner, og det var derfor vanskelig å få tilstrekkelig sediment i grabben. Materialet på disse stasjonene ble derfor mangelfullt, og ikke nok til biologiske analyser.
Artene er identifisert av: Tom Alvestad og Frøydis Lygre

	Akkreditert	I henhold til standard	Evt. akkrediteringsnummer	Ikke akkreditert
Prøvetaking	<input checked="" type="checkbox"/>	ISO-5667-19	Test 157	<input type="checkbox"/>
Sortering	<input checked="" type="checkbox"/>	ISO-5667-19	Test 157	<input type="checkbox"/>
Identifisering	<input checked="" type="checkbox"/>	ISO-5667-19	Test 157	<input type="checkbox"/>

Opplysninger om merker i artslisten:

For hver stasjon er nr. på grabbhuggene angitt, og under hvert nummer de dyrene som ble funnet i prøvene.

- + i tabellen angir at det var dyr til stede i prøven, men at de ikke er kvantifisert.
- / i tabellen betyr en deling i voksne og unge individer (eksempel 4/2 betyr 4 voksne og 2 unge).
- cf. mellom slekts- og artsnavn betyr at slektsbestemmelsen er sikker, men at artsbestemmelsen er usikker.
- * ved arter eller grupper av arter angir arter eller grupper av arter som ikke er med i eventuelle analyser.
- * ved huggnummer angir at det er knyttet avvik til prøven

Andre opplysninger:

Tabellen starter på neste side og består av:2 sider.

Artslisten skal ikke kopieres i ufullstendig form, uten skriftlig godkjenning fra SAM.

Signatur: 
Godkjent taksonom

SAM-Marin/Havbrukstjenesten

s. 1/2	Stasjon	Kra 1*	Kra 2*	Kra 3	Kra 3
	Dato	13.08.2012	13.08.2012	13.08.2012	13.08.2012
	Dybde	33	23	29	29
	Hugg	2	2	2	3
	ANTHOZOA				
	<i>Virgularia mirabilis</i>			1	0/1
	<i>Cerianthus lloydii</i>	2			
	<i>Actinaria indet.</i>	7	5	3	3
*	NEMERTINI				
*	<i>Nemertini indet.</i>	5			
*	NEMATODA				
*	<i>Nematoda indet.</i>		4	12	5
	POLYCHAETA				
	<i>Ampharete lindstroemi</i>	1/1		0/1	2/2
	<i>Amphicteis gunneri</i>	1			
	<i>Aonides paucibranchiata</i>	3			
	<i>Arenicola marina</i>			0/1	
	<i>Aricidea suecica</i>	12			
	<i>Capitella capitata</i>			133	4
	<i>Caulleriella killariensis</i>	96			
	<i>Caulleriella sp.</i>	6		2	1
	<i>Chaetozone sp.</i>	22		6	7
	<i>Eteone cf. flavum</i>	3			
	<i>Exogone sp.</i>	7			
	<i>Galathowenia oculata</i>	1		2	
	<i>Glycera alba</i>	1		0/1	
	<i>Jasmineira sp.</i>	9			
	<i>Kefersteinia cirrata</i>	2			
	<i>Lanassa venusta</i>				4/1
	<i>Mediomastus fragilis</i>	31			
	<i>Notomastus latericeus</i>	4			3
	<i>Oligochaeta indet.</i>	1	55		
	<i>Ophelina acuminata</i>	2/2			
	<i>Owenia borealis</i>	1/3	1	1/1	2/1
	<i>Paraonis sp.</i>	28		32	6
	<i>Pectinaria koreni</i>	0/1		0/1	
	<i>Pholoe baltica</i>	3			
	<i>Phyllodoce groenlandica</i>	2/1			
	<i>Pista lornensis</i>	3/1			
	<i>Polycirrus norvegicus</i>	3			
	<i>Polydora sp.</i>			4	9
	<i>Polydora spp.</i>	6			
	<i>Protodorvillea kefersteini</i>	4		1	

SAM-Marin/Havbruktstjenesten

s. 2/2	Stasjon	Kra 1*	Kra 2*	Kra 3	Kra 3
	Dato	13.08.2012	13.08.2012	13.08.2012	13.08.2012
	Dybde	33	23	29	29
	Hugg	2	2	2	3
	<i>Pseudopolydora pulchra</i>				5
	<i>Sabellidae indet.</i>	13			5
	<i>Sabellides octocirrata</i>				2
	<i>Scalibregma inflatum</i>	2/4		17/2	5/9
	<i>Scolelepis korsuni</i>	1			
	<i>Scoloplos armiger</i>	14/7		0/2	0/2
	<i>Siboglinum fjordicum</i>				+
	<i>Sosane sulcata</i>			0/2	0/1
	<i>Spio sp.</i>	10	1		
	<i>Syllidae indet.</i>	9			
	SIPUNCULA				
	<i>Phascolion strombus</i>			1	
	CRUSTACEA				
*	<i>Amphipoda indet.</i>	3	1		
*	<i>Copepoda indet</i>	1	1	1	2
*	<i>Decapoda indet larve</i>				8
*	<i>Decapoda indet.</i>	1			
*	<i>Idothea sp.</i>				3
	PYCNOGONIDA				
	<i>Pycnogonida indet.</i>				1
	MOLLUSCA				
	<i>Arctica islandica</i>	0/1			
	<i>Astarte montagui</i>	1			1
	<i>Astarte sp.</i>	1			
	<i>Corbula gibba</i>				1
	<i>Crenella decussata</i>		4		
	<i>Cylichna cylindracea</i>	1			
	<i>Dosinia lupinus</i>	1		1	
	<i>Lucinoma borealis</i>		1	2	12
	<i>Phaxas pellucidus</i>	0/1			
	<i>Phoronida indet.</i>			1	
	<i>Thyasira flexuosa</i>	18/2	28	7/1	7
*	ECHINODERMATA				
	<i>Labidoplax buskii</i>	2			
*	ENTEROPNEUSTA				
	<i>Enteropneusta indet.</i>	12			
*	PISCES				
*	<i>Fiske egg</i>		1		
*	VARIA				+

Vedleggstabell 3. Geometriske klasser

Tabellen angir antall arter i de ulike geometriske klassene.

Geometrisk klasse	Kra 3
I	9
II	6
III	7
IV	4
V	0
VI	2
VII	0
VIII	1
IX	0
X	0

Vedleggstabell 4. Analysebevis



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

Eurofins Environment Testing Norway AS
(Bergen)
F. reg. 065 141 618 MVA
Box 75
NO-5841 Bergen

Tlf: +47 94 50 42 42
Fax:
bergen@eurofins.no

AR-12-MX-002849-01



EUNOBE-00004821

Prøvemottak: 19.10.2012
Temperatur:
Analyseperiode: 19.10.2012-06.11.2012
Referanse:

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	441-2012-1019-022	Prøvetakingsdato:	13.08.2012			
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Stian Kvalø			
Prøvemerkning:	Kra 1, 33m Hugg 1	Analysedato:	19.10.2012			
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:	Grenseverdi
a) Fosfor (P)						
Totalt fosfor (P)	480	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	10	
a) Kobber (Cu)	5	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	1	
a) Sink (Zn)	16	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	1	
a) Totalt organisk karbon (TOC)	15	mg/g tv		EN 13137	0.1	
a) Totalt tørrstoff						
Total tørrstoff	54.9	% (v/v)		EN 14346	0.1	

Prøvenr.:	441-2012-1019-023	Prøvetakingsdato:	13.08.2012			
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Stian Kvalø			
Prøvemerkning:	Kra 2, 23m Hugg 1	Analysedato:	19.10.2012			
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:	Grenseverdi
a) Fosfor (P)						
Totalt fosfor (P)	530	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	10	
a) Kobber (Cu)	3	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	1	
a) Sink (Zn)	9	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	1	
a) Totalt organisk karbon (TOC)	9.2	mg/g tv		EN 13137	0.1	
a) Totalt tørrstoff						
Total tørrstoff	59.3	% (v/v)		EN 14346	0.1	

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 2

AR-12-MX-002849-01



EUNOBE-00004821



Prøvenr.:	441-2012-1019-024	Prøvetakingsdato:	13.08.2012			
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Stian Kvalø			
Prøvemerkning:	Kra 3, 20m Hugg 1	Analysedato:	19.10.2012			
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:	Grenseverdi
a) Fosfor (P)						
Totalt fosfor (P)	390	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	10	
a) Kobber (Cu)	7	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	1	
a) Sink (Zn)	17	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	1	
a) Totalt organisk karbon (TOC)	23	mg/g tv		EN 13137	0.1	
a) Totalt tørrstoff						
Total tørrstoff	48.3	% (v/v)		EN 14348	0.1	

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

a) DIN EN ISO/IEC 17025:2005 D-PL-14081-01-00, Eurofins Umwelt Ost GmbH (Freiberg), OT Tuttendorf, Gewerbepark "Schwarze Kiefern", D-09633, Halsbrücke

Bergen 06.11.2012

Tommie Christensen

Avd.leder, Kundesenter

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 2 av 2