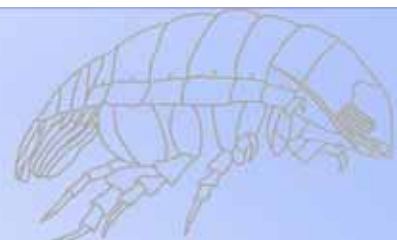


SAM e-Rapport

Seksjon for anvendt miljøforskning - marin



e-Rapport nr. 10-2009

Undersøkelse av de marine miljøforholdene i 2009 utenfor Mjelstad restdeponi, Osterøy kommune

**Per-Otto Johansen
Erling Heggøy**



UNI FOB
UNIVERSITETSFORSKNING BERGEN

UNIFOB as

**SAM-marin**

Seksjon for anvendt miljøforskning

UNIFOB - Seksjon for anvendt miljøforskning

Høyteknologisenteret, Thormøhlensgt. 49, 5006 Bergen, Norway 55 58 44 05  55 58 45 25

Rapportens tittel: Undersøkelse av de marine miljøforholdene i 2009 utenfor Mjelstad restdeponi, Osterøy kommune.	Dato: 11.09.2009
	Antall sider og bilag: 44
Forfatter(e): Per-Otto Johansen og Erling Heggøy	Prosjektleder: E. Heggøy
	Prosjektnummer: 802501

Oppdragsgiver: Mjelstad Miljø AS, 5281 Valestrandsfossen	Tilgjengelighet: Åpen
---	--------------------------

Abstract:

The aim of this investigation was to describe the marine environmental conditions in Osterfjorden in the vicinity of the drainpipe of Mjelstad landfill. The investigation is based on chemical- and geological sediment analysis, soft bottom macrofauna and hydrography. The environmental quality is assessed according to the classification system of the Norwegian Pollution control Authority.

The oxygen content of the deep water in Osterfjorden was classified as good. The contents of heavy metals, PCB and PAH in the sediment were generally low. The concentration of benzo(a)pyren in the deep stations had decreased from 2004 to 2009. The content of heavy metals were slightly higher in the deep stations than in the shallow one as before. The environmental conditions of the benthic fauna were good and had improved at one of the deep stations.

Keywords:	Emneord:
Recipient	Resipient
Benthos	Bunndyr
Sediment	Sediment
Hydrography	Hydrografi
Landfill	Fyllplass
Heavy metals	Tungmetaller
PAH and PCB	PAH og PCB

ISSN NR.: 1890-5153

SAM e-Rapport nr. 10-2009

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	25.09.2009	<i>Per-Otto Johansen</i>
Prosjektet / undersøkelsen:	25.09.2009	<i>Erling Heggøy</i>

INNHold

1 INNLEDNING.....	4
2 MATERIALE OG METODER	5
2.1 Undersøkellesområdet.....	5
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder	6
2.2.1 Hydrografi.....	6
2.2.2 Sediment	7
2.2.3 Kjemiske undersøkelser	7
2.2.4 Bunndyr.....	8
3 RESULTATER OG DISKUSJON.....	9
3.1 Hydrografi	9
3.2 Strandsonen	10
3.3 Sediment.....	10
3.4 Tungmetaller	12
3.5 Polyklorerte bifenyler – PCB	14
3.6 Polysykliske aromatiske hydrokarboner – PAH.....	15
3.7 Bunndyr	16
4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON.....	21
5 TAKK.....	23
6 LITTERATUR	23
7 VEDLEGG.....	24

1 INNLEDNING

Denne rapporten omhandler en miljøundersøkelse som ble foretatt 9.-10. mars 2009 i sjøen utenfor Mjelstad restdeponi. Undersøkelsen er foretatt på oppdrag for Mjelstad Miljø as. Formålet med undersøkelsen var å studere miljøforholdene i området rundt sigevannsledningen fra Mjelstad restdeponi. Resultatene er sammenliknet med tidligere marine undersøkelser for Mjelstad restdeponi (Johansen et al.. 1999; Johansen et al.. 2001; Vassenden et al.. 2005) Denne undersøkelsen vil sammen med tidligere målinger fungere som et referensemateriale for framtidige undersøkelser.

Restdeponiet som dekker omlag 90 dekar, har dobbel bunntetting. I restdeponiet lagres industri- og bygningsavfall. Mengden restavfall som ble mottatt ved Mjelstad Miljø AS i perioden 1999-2008, er vist i Tabell 1.1. Sigevannsledningens utslippspunkt er plassert på ca. 30 meters dyp i Osterfjorden. Et oppdrettsanlegg ligger øst for utslippspunktet for sigevannet.

Tabell 1.1 Mottatt restavfall (tusen tonn) ved Mjelstad Miljø as 1999-2008.

År	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Mottatt (1000 tonn)	15	44	44	52	51	52	80	67	66	64

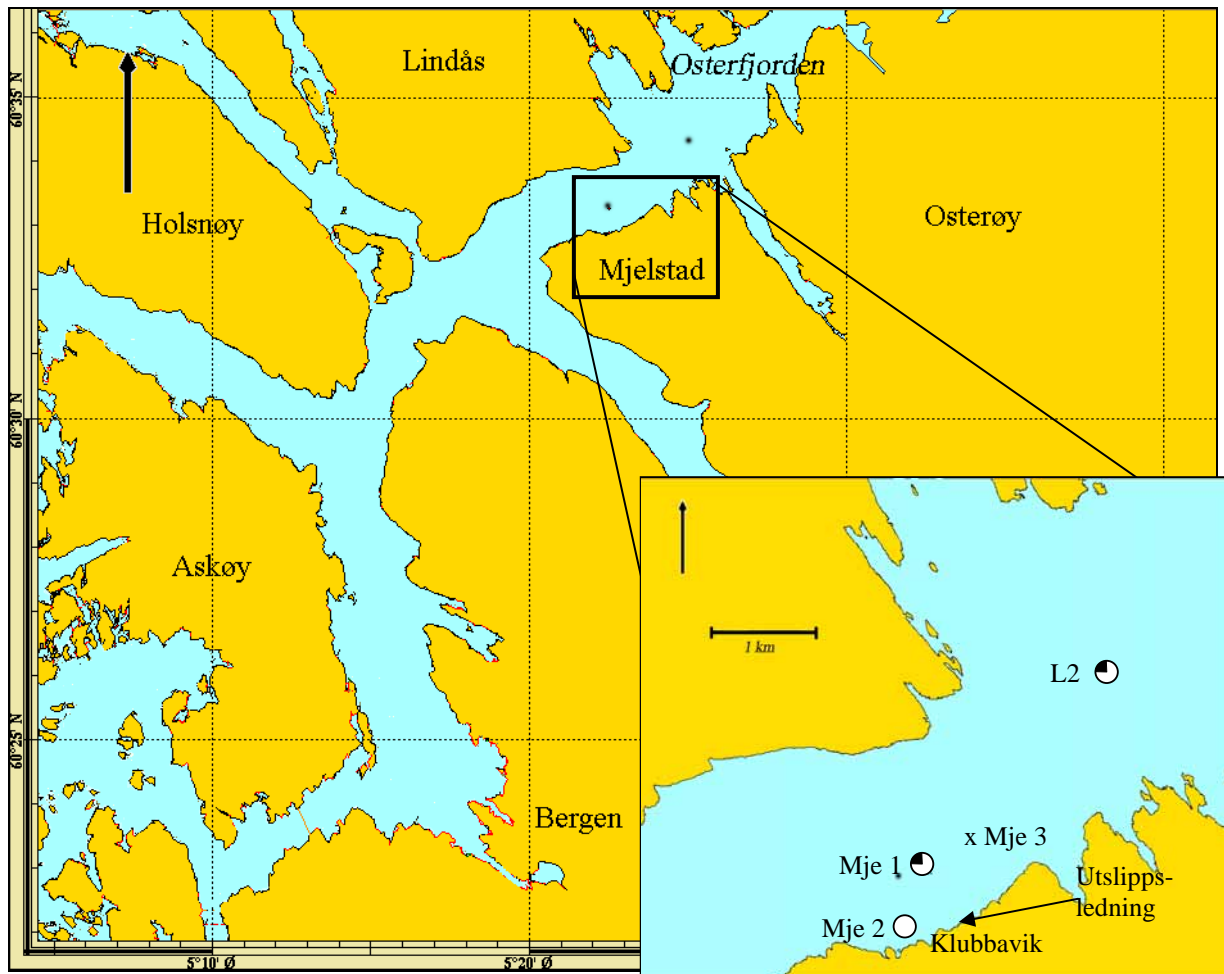
Undersøkelsen inneholder hydrografi (vannprøver), sedimentbeskrivelse og bunnfauna (dyrene som lever i og på sjøbunnen). I tillegg inngår resultater fra målinger av tungmetaller, polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og polyklorerte bifenyler (PCB) i sedimentet. Samlet sett skal undersøkelsen kunne gi et bilde av miljøtilstanden i undersøkelsesområdet i forhold til miljøvernmyndighetens miljøkvalitetskriterier.

Undersøkelsen er utført ved Seksjon for Anvendt Miljøforskning i henhold til akkreditering gitt av Norsk Akkreditering til prøvetaking, taksonomisk analyse og faglige vurderinger og fortolkninger under akkrediteringsnummer Test157.

2 MATERIALE OG METODER

2.1 Undersøkelsesområdet

Undersøkelsesområdet ligger på vestsiden av Osterøy (Figur 2.1). Utslippsstedet for sigevannsledningen ligger i den sørlige delen av Osterfjorden. Fra utslippspunktet heller bunnen bratt ned mot omlag 580 meters dyp. Referansestasjonen Mje 3 fra 1999 og 2001 ble i 2004 erstattet med stasjon L2 som ligger 2,5 km mot nordøst i Osterfjorden. Data 80-90-tallet på stasjon L2 er presentert i Vassenden et al., 2005. Omskiftningen ble gjort for å få større avstand mellom de to stasjonene i dypet av Osterfjorden.



Figur 2.1. Kartskisse over innsamlingsområdet med innsamlingsstasjoner. I 2009 ble det tatt bunnprøver fra tre stasjoner, L2, Mje 1 og Mje 2. Stasjon L2 erstattet Mje 3 som ble undersøkt i 1999 og 2001. Et oppdrettsanlegg ble plassert øst for Mje 3 mellom innsamlingen i 1999 og 2001. Plasseringen av utslippsledningen fra Mjelstad restdeponi er angitt på kartet (utløp på 30 m dyp). Stasjonene er markert med symboler som indikerer miljøforholdene med hensyn på en helhetlig vurdering. ○ = svært bra, ◐ = bra, ◑ = middels, ◒ = dårlige miljøforhold og ◓ = dødt.

2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Innsamling av bunnprøver ble foretatt 9. og 10. mars 2009 fra M/S *Solvik*.

Stasjonsopplysninger er gitt i Tabell 2.1. Posisjonene er tatt fra differensiert GPS med gradnett WGS-84. Vanddypet på stasjonene ble målt med fartøyets ekkolodd.

Stasjon Mje 2 er plassert på grunt vann i Klubbavik. Det var vanskelig å ta gode prøver på denne stasjonen. Det er ikke mulig å ta prøver nærmere utslippspunktet da bunnen er svært bratt nær utslippspunktet. Stasjon Mje 1 ligger på dypt vann utenfor utslippspunktet, og referansestasjonen L2 ligger litt lengre nordøst i Osterfjorden (Figur 2.1).

Tabell 2.1. Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet i mars 2009. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Det ble benyttet 0,1 m² van Veen grabb som tar 17 liter sediment, og en grabb som har et ekstra kammer for uttak av kjemi og geologi som tar 21 liter sediment.

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøve volum (l)	Andre opplysninger
St. Mje 1 9.3.09	Osterfjorden 60°33,265'N 05°22,529'Ø	579	1	21	1. hugg geologi
			2	21	1.-3. hugg kjemi
			3	21	1-5. hugg biologi
			4	21	
			5	21	Grått finkornet sediment, med et brunt sjikt på toppen.
St. Mje 2 9.3.09	Klubbavik 60°32,889'N 05°22,535'Ø	10	1	-	1. hugg geologi
			2	-	1.-3. hugg kjemi
			3	-	4-8. hugg biologi
			4	4	
			5	2	Fin sand med stein
			6	2	
			7	5	Mange bomhugg
			8	2	
St. L2 10.3.09	Osterfjorden 60°34,437'N 05°24,187'Ø	575	1	21	1. hugg geologi
			2	21	1.-3. hugg kjemi
			3	21	1-5. hugg biologi
			4	21	
			5	21	Grått finkornet sediment, med et brunt sjikt på toppen.

2.2.1 Hydrografi

Temperatur, oksygeninnhold og saltholdighet ble målt på stasjon L2. Til innsamling av vannprøver ble det benyttet Nansen vannhentere med vendetermometer. Ledningsevnen i vannprøvene ble målt med et salinometer (Autolab, modell MK-III) og saltholdigheten beregnet. Vannets tetthet ble også beregnet. Tettheten øker i sjøvann med økende

saltholdighet og/eller synkende temperatur. Oksygeninnholdet ble bestemt etter Winklers metode og oksygenmetningen ble beregnet. Siktedypet ble målt med Secchi-skive (en hvit skive med 25 cm diameter).

2.2.2 Sediment

Fra hver stasjon ble det tatt en prøve til bestemmelse av partikkelfordeling og organisk innhold i sedimentet. Partikkelfordelingen ble bestemt i laboratoriet ved at prøven ble løst i vann og siktet gjennom en 0,063 mm sikt. Partiklene som var større enn 0,063 mm ble tørket og tørrsiktet slik at de kunne grupperes i størrelsesgrupper. Partikler mindre enn 0,063 mm ble gruppert i størrelsesgrupper vha. pipetteanalyse (Buchanan 1984). Det organiske innholdet (prosent glødetap) i sedimentet ble bestemt som vekttapet av prøven mellom tørking og brenning (Norsk Standard 4764).

Sedimentets kornfordeling forteller noe om strømforholdene. I et område med gode strømforhold vil finere partikler bli ført bort og grovere partikler vil bli liggende igjen. Dette gjenspeiles i kornfordelingen, som da vil vise at mesteparten av partiklene i sedimentet ligger i den grovere del av størrelsesspekteret. I et område med lite strøm vil finere partikler synke til bunns og avleires i sedimentet. Kornfordelingskurven vil da vise at mesteparten av partiklene er i leire/silt fraksjonen dvs. mindre enn 0,063 mm.

2.2.3 Kjemiske undersøkelser

Fra hver av stasjonene ble det med en 0,1 m² stor van Veen grabb tatt tre parallelle prøver av sjøbunnen (sedimentet) til måling av konsentrasjonene av polyklorerte bifenyler (PCB), polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og av tungmetallene bly (Pb), kadmium (Cd), kobber (Cu), krom (Cr), kvikksølv (Hg) og sink (Zn). Sedimentprøvene til kjemianalyser ble pakket i Rilsan plastposer, og frosset inntil de skulle analyseres. Analysene ble utført ved AnalyCen AS, som er akkreditert for kjemisk analyse under akkrediteringsnummer Test 043. Metodikken/prinsippene for metallanalysene, PAH og PCB er beskrevet i vedleggsdelen. Klassifiseringen i SFT's tilstandsklasser av tungmetaller, PCB₇, PAH₁₆, benzo(a)pyren i bunnsediment ble utført i henhold til Bakke et al. (2007).

2.2.4 Bunndyr

Opplysninger om antall hugg og sedimentvolum i de enkelte hugg er gitt i Tabell 2.1. Komplette artsliste er presentert i Vedleggstabell 1. Bunndyrmaterialet er oppbevart på Zoologisk museum ved Universitetet i Bergen.

Ved innsamling av bunnprøvene ble det brukt en van Veen grabb. Grabben er et kvantitativt redskap (redskap som samler mengde eller antall organismer per areal- eller volumenhet) og som tar prøver av et fast areal av bløtbunn, i dette tilfellet $0,1 \text{ m}^2$. Hardheten av sedimentet avgjør hvor dypt grabben graver ned i sedimentet. Sedimentvolumet i grabben gir et mål på hvor langt ned i sedimentet grabben tar prøve og volumet av hver prøve beregnes.

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. I henhold til NS-EN ISO 16665, skal grabben ha minst 60 % perforering i toppen for å forhindre at det blir dannet en trykkbølge foran grabben som presse vekk dyrene på overflaten. Ved denne undersøkelsen hadde grabben som ble brukt på Mje 2, mindre enn 60 % perforering og for å hindre at det ble dannet en trykkbølge foran grabben, ble farten på grabben redusert før den nådde bunnen. Sedimentprøvene 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 større enn 1 mm. Prøvene ble konservert i 4 % formalin nøytralisert med boraks. I laboratoriet ble sedimentprøvene skyllet på nytt, dyrene sortert ut og overført til egnet konserveringsmiddel for oppbevaring og artsbestemmelse. Så langt det har latt seg gjøre er dyrene fra prøvene bestemt til art. Artslisten (Vedleggstabell 1) omfatter hele artsmaterialet, også planktonorganismer som er fanget av den åpne grabben på vei ned. Under bearbeidelsen er det tatt hensyn til dette, og i analysene er det bare tatt med dyr som lever på, eller nedgravd i sedimentet.

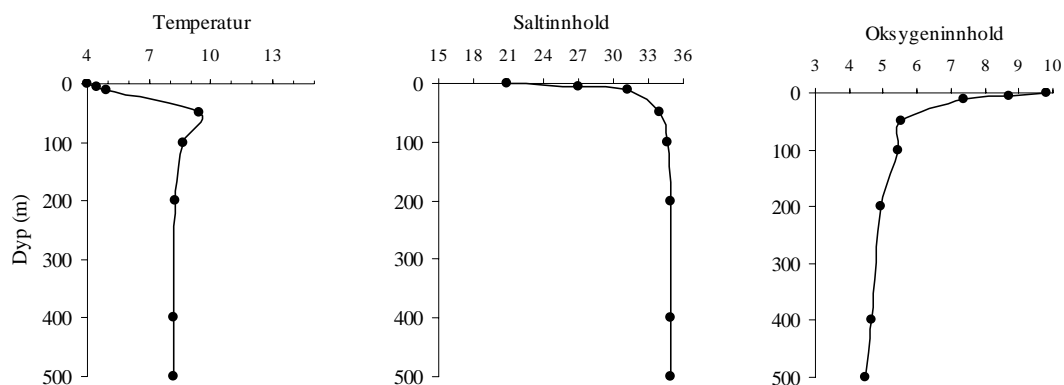
For å avgjøre eventuell påvirkning av faunaen i undersøkelsesområdet ble antall arter og individer i prøvene talt. Diversitet (H') og jevnhet (J) ble beregnet (univariat analyse). For å sammenligne faunaen mellom de enkelte stasjonene i tid og rom ble det utført cluster- og ordinasjonsanalyse (multivariate analyser). Se generelt vedlegg for beskrivelse av metodene. Klassifiseringen av bunnfauna og oksygeninnhold i bunnvannet ble utført i etter Molvær et al. (1997).

3 RESULTATER OG DISKUSJON

3.1 Hydrografi

Resultatene fra vannmålingene er vist i Figur 3.1 og Tabell 3.1. Målingene ble foretatt på på stasjon L2 den 10. mars 2009.

Hydrografidataene fra 2009 viste et tydelig skille mellom vannmassene i overflaten og de underliggende vannmassene. Overflatelaget hadde lav temperatur, saltholdighet og tetthet. Nedbør og ferskvannsavrenning til Osterfjorden gir et overflatelag med brakkvann med lavere tetthet enn de underliggende vannmassene. Den 10. mars 2009 var saltholdigheten i overflaten 20,93 psu, i 10 m dyp hadde saltholdigheten steget til 31,23 og i bunnvannet på 500 m dyp var saltholdigheten 34,94. Temperaturen i overflaten (4,0° C) økte ned til 50 m dyp (9,4° C) og sank deretter til 8,2° C i 500 m dyp. Dette er den høyeste temperaturen som vi har målt i bunnvannet på denne stasjonen i Osterfjorden og det er 0,6° C høyere enn temperaturen i oktober 2004 (jfr. Vassenden et al. 2005).



Figur 3.1. Temperatur, saltholdighet og oksygeninnhold fra overflaten og til 500 meter på stasjon L2 den 10. mars 2009.

Tabell 3.1. Resultater fra hydrografimålingene i fjorden utenfor Mjelstad 10. mars 2009.

Stasjon	Dato	Dyp	Temp.	Saltholdighet	Tetthet	Oksygen	Oks.met.	Sikt
Dato		(m)	(°C)	(psu)	(σ_t)	(ml/l)	(% metning)	(m)
L 2	10.03.2009	0	4.0	20.93	16.67	9.83	123.27	3
		5	4.5	27.02	21.45	8.72	115.24	
		10	5.0	31.23	24.72	7.39	101.60	
		50	9.4	33.94	26.25	5.53	85.76	
		100	8.7	34.58	26.86	5.42	83.07	
		200	8.3	34.91	27.18	4.95	75.39	
		400	8.2	34.93	27.21	4.65	70.63	
		500	8.2	34.94	27.22	4.47	67.95	

Oksygeninnholdet varierte fra 9,83 ml/l i overflaten til 4,47 ml/l i 500 m dyp. I 50-100 m dyp viser oksygenprofilen knekk som skyldes vann fra oksygenfattige basseng lengre inne i fjordsystemet, noe som ikke er uvanlig å finne i Osterfjorden. Ved undersøkelsene i 1999, 2001 og 2004 har oksygenivået i 500 m dyp vist en synkende tendens (4,45 ml/l - 3,38 ml/l). Økningen av oksygen i mars 2009 viser innstrømming av oksygenrikere vann til bunnen av Osterfjorden. Etter SFT's klassifisering av miljøtilstand tilsvarer oksygeninnholdet i mars 2009 tilstandsklasse I-II (god-meget god).

Siktedypet var 3 m i mars 2009. Liten sikt i overflatelaget på vårparten kan ha sammenheng med oppblomstring av planteplankton.

3.2 Strandsonen

I forbindelse med innsamlingen av bunnprøver ble det foretatt en befaring i strandsonen den 9. mars 2009 der hvor sigevannsledningen fra deponiet går ut i sjøen. Det var et tangbelte med blæretang (*Fucus vesiculosus*), grisetang (*Ascophyllum nodosum*) og sagtang (*Fucus serratus*). Det ble også observert et grønt algefelt på berget og fjøreblod (*Hildenbrandia rubra*). Dessuten var det litt blåskjell (*Mytilus edulis*), rur (*Semibalanus balanoides*) og korstroll (*Asterias rubens*). Strandlinjen ved sigevannsledningen virket normal og omtrent som ved forrige undersøkelse i 2004.

3.3 Sediment

Resultatene fra de sedimentbeskrivende undersøkelsene (partikkelanalyse og glødetap) er gitt i Tabell 3.2 og Figur 3.2.

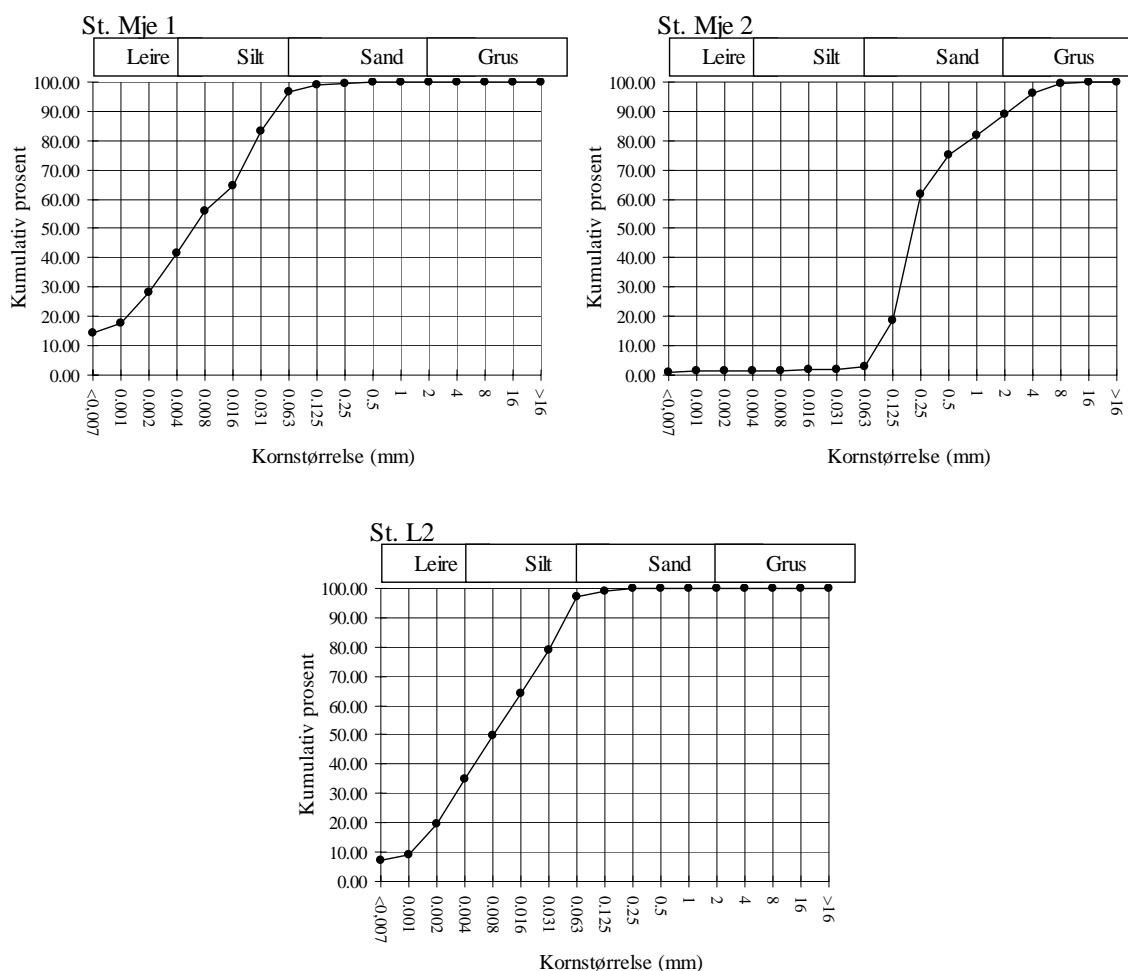
På de to dypeste stasjonene, Mje 1 og L2, var sedimentet grått og finkornet med et tynt brunt sjikt på toppen. Leir/silt innholdet var 97 % på begge stasjonene ved undersøkelsen i 2009. Dette er på sammenivå med det som er registrert i tidligere undersøkelser (93-98 %) i området.

Sedimentet på den grunne stasjonen Mje 2 bestod for det meste av sand (86 %) og grus (11 %) og leir/silt-innholdet ble målt til 3 %. På grunn av naturlig variasjon i bunntype på denne stasjonen har leir/silt-innholdet variert en del med 79 % i 1999, 2 % i 2001 og 1 % i 2004. Variasjonen kan ha sammenheng med at det ved alle undersøkelsene har det vært vanskelig å få gode prøver på Mje 2 i tillegg til at bunnen på denne stasjonen er heterogen.

Det organiske innholdet (målt som % glødetap) i bunnsedimentet ble målt til 12,7 % på Mje 1 og L2 i 2009. Tidligere målinger fra de dype stasjonene har variert fra 12,2 % til 13,6 %. På stasjon Mje 2 var det organiske innholdet lavt med 0,9 % i 2009. Tidligere er det målt fra 0,6 % til 0,8 % med organisk materiale på denne stasjonen.

Tabell 3.2 Prosentvis innhold av leir, silt, sand, grus og glødetap i sedimentet fra stasjonene Mje 1, Mje 2 og L2 ved undersøkelsen i 2009.

Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% glødetap)	Leire (%)	Silt (%)	Leire+Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
Mje 1	579	12.7	42	55	97	3	0
Mje 2	10	0.9	2	1	3	86	11
L2	575	12.7	35	62	97	3	0



Figur 3.2 Kornfordeling (mm) langs x-aksen og kumulativ vektprosent langs y-aksen av sedimentprøver fra stasjonene Mje 1, Mje 2 og L2 i mars 2009.

3.4 Tungmetaller

Innholdet av tungmetall i sedimentet fra mars 2009 er vist i Tabell 3.3. En oversikt over prøvene fra 1999, 2001, 2004 og 2009 er gitt i Tabell 3.4. Analysebevis er presentert i Vedleggstabell 4. Den nye SFT-klassifiseringen av miljøgifter i sedimenter er angitt i Bakke et al. (2007). Det ble tatt tre parallelle prøver til analyse av tungmetallinnholdet fra hver stasjon i 2009 og i 2004. I 1999 og 2001 ble det kun tatt en prøve fra hver stasjon og prøvene ble da analysert ved et annet analyselaboratorium enn i 2004 og 2009. Siden det ble tatt kun en parallell i 1999 og 2001 er verdiene på disse analysene usikre.

Ved alle stasjonene har metallkonsentrasjonene ligget lavere på den grunne stasjonen (Mje 2) enn på dypt vann (Mje 1, Mje 3 og L2) som hadde et mer finkornet sediment. Partiklene i finkornet sediment binder ofte mer miljøgifter enn grovkornet sediment.

På den grunne stasjonen (Mje 2) lå alle metallene i tilstandsklasse I (bakgrunnsnivå). Det ene hugget skilte seg noe ut på Mje 2 med litt høyere konsentrasjoner enn de to andre og indikerer en heterogen fordeling i bunnssubstratet. På de dype stasjonene (Mje 1 og L2) var konsentrasjonene av kadmium, kobber, krom og sink tilstandsklasse I (bakgrunn), mens bly og kvikksølv lå i tilstandsklasse II (god).

Konsentrasjonene var generelt lave for de undersøkte tungmetallene i 2009. På Mje 1 hadde kobber-konsentrasjonene gått fra tilstandsklasse II (god) i 2004 til I (bakgrunn) i 2009 og dessuten hadde en tilsvarende endring skjedd på stasjon L2 for kadmium- og kobber. For øvrig var de gjennomsnittlige metallkonsentrasjonene i 2009 omrent som i 2004.

Tabell 3.3. Konsentrasjoner av metaller med gjennomsnitt og standardavvik (SD) i sedimentet ved Mjelstad restdeponi i 2009. Tungmetallinnhold er oppgitt i mg/kg tørt sediment. Der parallellene er under deteksjonsgrensen (*), er halve deteksjonsgrensen brukt ved utrekning av gjennomsnittet. SFT`s tilstandsklasser (T.kl.) er oppgitt i henhold til Bakke et al. (2007).

Stasjon/hugg	Bly	T.kl.	Kadmium	T.kl.	Kobber	T.kl.	Krom	T.kl.	Kvikksølv	T.kl.	Sink	T.kl.
	(mg/kg)		(mg/kg)		(mg/kg)		(mg/kg)		(mg/kg)		(mg/kg)	
Mje 1, 1 hugg	57.0	II	<0.033	I	32.0	I	46.0	I	0.26	II	140.0	I
Mje 1, 2 hugg	63.0	II	<0.042	I	33.0	I	45.0	I	0.32	II	140.0	I
Mje 1, 3 hugg	66.0	II	<0.034	I	34.0	I	49.0	I	0.35	II	150.0	II
Mje 1/snitt	62.0	II	*0,018	I	33.0	I	46.7	I	0.31	II	143.3	I
Mje 1/SD	4.6		-		1.0		2.1		0.05		5.8	
Mje 2, 1 hugg	69.0	II	<0.052	I	37.0	II	62.0	I	0.35	II	170.0	II
Mje 2, 2 hugg	2.1	I	<0.051	I	2.2	I	5.7	I	0.01	I	20.0	I
Mje 2, 3 hugg	2.1	I	<0.066	I	2.5	I	6.0	I	0.01	I	24.0	I
Mje 2/snitt	24.4	I	*0,028	I	13.9	I	24.6	I	0.12	I	71.3	I
Mje 2/SD	38.6		-		20.0		32.4		0.20		85.5	
St. L2 1 hugg	20.0	I	<0.038	I	8.7	I	16.0	I	0.08	I	44.0	I
St. L2 2 hugg	40.0	II	<0.036	I	22.0	I	33.0	I	0.14	I	97.0	I
St. L2 3 hugg	58.0	II	<0.035	I	29.0	I	52.0	I	0.30	II	140.0	I
L 2/snitt	39.3	II	*0,018	I	19.9	I	33.7	I	0.17	II	93.7	I
L 2/SD	19.0		-		10.3		18.0		0.11		48.1	

Tabell 3.4. Innhold av metaller i sedimentet ved Mjelstad restdeponi i 1999, 2001, 2004 og 2009. Tungmetallinnhold er oppgitt i mg/kg tørt sediment. Konsentrasjonene i 2004 og 2009 er gjennomsnittet av tre paralleller, mens det er en parallell i 1999 og 2001. Det hefter usikkerhet rundt de relativt høye verdiene av spesielt bly, kobber, sink og krom i 2001 (analysert ved et annet analyselaboratorium enn seinere). Etter 2004 erstatter stasjon L2 stasjon Mje 3. Der en eller flere av parallellene er under deteksjonsgrensen (merket *), er halve deteksjonsgrensen brukt ved utrekning av gjennomsnitt. SFT`s tilstandsklasser (T.kl.) er oppført i henhold til Bakke et al. (2007).

Stasjon	Prøve	År	Pb		Cd		Cu		Cr		Hg		Zn	
			T.kl.		T.kl.		T.kl.		T.kl.		T.kl.		T.kl.	
Mje 1	1	1999	102.0	IV	0,26	II	42,5	II	81.0	II	0,52	II	179.0	II
Mje 1	1	2001	280.0	IV	0,14	I	142,0	IV	220.0	II	0,52	II	484.0	III
Mje 1	Snitt	2004	68.0	II	*0,20	I	38.0	II	50.0	I	0,35	II	133.0	I
Mje 1	Snitt	2009	62.0	II	*0,02	I	33.0	I	46.7	I	0,31	II	143.3	I
Mje 2	1	1999	3,0	I	0,03	I	3,7	I	8,2	I	<0,07	I	26,1	I
Mje 2	1	2001	10,2	I	0,02	I	15,7	I	21,7	I	0,01	I	63,3	I
Mje 2	Snitt	2004	3,6	I	<0,07	I	3,9	I	7,8	I	0,02	I	24,0	I
Mje 2	Snitt	2009	24.4	I	*0,03	I	13.9	I	24.6	I	0.12	I	71.3	I
Mje 3	1	1999	100.0	III	0,24	I	42,6	II	82,0	II	0,52	II	179,0	II
Mje 3	1	2001	245.0	IV	0,10	I	130,0	IV	195,0	II	0,58	II	420,0	III
L2	Snitt	2004	72.0	II	*0,41	II	38.0	II	59.0	I	0,35	II	147.0	I
L2	Snitt	2009	39.3	II	*0,02	I	19.9	I	33.7	I	0.17	II	93.7	I

3.5 Polyklorerte bifenyler – PCB

Innholdet av PCB₇ i sedimentet i 2009 er vist i Tabell 3.5. Historiske data er presentert i Tabell 3.6. Analysebevisene er presentert i Vedleggstabell 4. Det ble tatt tre parallelle prøver til analyse av PCB fra hver stasjon i 2004 og 2009. I 1999 og 2001 ble det kun tatt en prøve fra hver stasjon. SFT-klassifiseringen av syv PCB-forbindelsene er angitt i Bakke et al. (2007).

Konsentrasjonene av PCB₇ var under deteksjonsgrensen på alle tre stasjonene i 2009 (tilstandsklasse I - bakgrunnsnivå).

På den grunne stasjonen, Mje 2 lå de gjennomsnittlige konsentrasjonene av PCB i tilstandsklasse I (bakgrunn) i 2009 som i 2004. I forhold til 2004 var konsentrasjonene redusert fra tilstandsklasse II (god) i 2004 til tilstandsklasse I (bakgrunn) i 2009 på de to dype stasjonene (Mje 1 og L2).

Tabell 3.5. Innhold av organiske miljøgifter i sedimentet ved Mjeldstad restdeponi i 2009. Konsentrasjonene av PCB og PAH med gjennomsnitt og standardavvik (SD) er oppgitt i µg/kg tørt sediment og tørrstoff er oppgitt i prosent. PCB₇ er summen av de syv enkeltforbindelsene nr. 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180. PAH₁₆ er summen av 16 ulike PAH-forbindelser hvor en av dem er benzo(a)pyren. Kvantifiseringsgrensen ble forhøyet på Mje1 og L2 pga lavt tørrstoffinnhold i sedimentet. T.kl. angir SFT's tilstandsklasser av PAH og PCB i sediment i henhold til Bakke et al. (2007).

Stasjon	Hug	Σ PCB(7) (µg/kg)	T.kl.	Σ PAH(16) (µg/kg)	T.kl.	Benzo(a)pyren (µg/kg)	T.kl.	Tørrstoff (%)
	g							
Mje 1	1	<4,0	I	1200	II	110	II	29,9
	2	<4,0	I	1700	II	140	II	24,0
	3	<4,0	I	1600	II	120	II	26,8
	Snitt	<4,0	I	1500	II	123	II	26,9
	SD	-	-	265	-	15	-	3,0
Mje 2	1	<2,0	I	<200	I	<10	I	76,6
	2	<2,0	I	<200	I	<10	I	77,7
	3	<2,0	I	<200	I	<10	I	75,3
	Snitt	<2,0	I	<200	I	<10	I	76,5
	SD	-	-	-	-	-	-	1,2
L2	1	<4,0	I	1000	II	80	II	26,3
	2	<4,0	I	840	II	70	II	27,8
	3	<4,0	I	1100	II	90	II	28,7
	Snitt	<4,0	I	980	II	80	II	27,6
	SD	-	-	131	-	10	-	1,2

Tabell 3.6. Innhold av organiske miljøgifter i sedimentet ved Mjeldstad restdeponi i 1999, 2001 og 2004. Konsentrasjonene av PCB og PAH er oppgitt i $\mu\text{g}/\text{kg}$ tørt sediment. I 2004 og 2009 er det tatt 3 paralleller fra hver stasjon, mens det i 1999 og 2001 kun var tatt en parallell. Stasjon Mje 3 ble erstattet av stasjon L2 fra 2004. T.kl. angir SFT`s tilstandsklasser. im = ikke målt. SFT`s tilstandsklassene (T.kl.) er oppgitt i henhold til Bakke et al. (2007).

Stasjon-år	Prøve nr.	Sum PCB ₇	T.kl.	Sum PAH ₁₆	T.kl. Benzo (a) pyren	T.kl. Tørrstoff %
Mje 1 – 1999	1	58,0	III	im	-	im
Mje 1 – 2001	1	21,7	III	1840	II	240
Mje 1 – 2004	snitt	11,0	II	1500	II	150
Mje 1 – 2009	snitt	<4,0	I	1500	II	123
Mje 2 – 1999	1	<3,9	I	im	-	im
Mje 2 – 2001	1	4,5	I	73,5	I	7,4
Mje 2 – 2004	snitt	<4,0	I	<200	I	<10
Mje 2 – 2009	snitt	<2,0	I	<200	I	<10
Mje 3 – 1999	1	<4,4	I	im	-	im
Mje 3 – 2001	1	31,7	III	1640	II	220
L2 – 2004	snitt	8,0	II	990	II	100
L 2- 2009	snitt	<4,0	I	980	II	80

3.6 Polysykliske aromatiske hydrokarboner – PAH

Innholdet av summen av 16 PAH-forbindelser (EPA protokoll 8310) i sedimentet i 2009 er vist i Tabell 3.5. Historiske data er vist i Tabell 3.6. Analysebevisene er presentert i Vedleggstabell 4. Det ble tatt tre prøver til analyse av PAH fra hver stasjon i 2009 som i 2004. I 2001 ble det kun tatt en prøve fra hver stasjon og i 1999 ble det ikke analysert for PAH.

Summen av de 16 PAH-forbindelsene og enkeltforbindelsen benzo(a)pyren ligger til grunn i klassifiseringen til SFT (Bakke et al. 2007).

PAH₁₆ ble ikke detektert (tilstandsklasse I - bakgrunn) på den grunne stasjonen (Mje 2) i 2009 som i 2004. Konsentrasjonene av PAH₁₆ og enkeltforbindelsen benzo(a)pyren var i 2009 omtrent som i 2004 på de to dype stasjonene (Mje 1 og L2) og fikk tilstandsklasse II (god).

3.7 Bunndyr

Resultatene fra bunndyrsundersøkelsene er presentert i Tabell 3.7, Figurene 3.3-3.5. samt Vedleggstabellene 1-3.

Stasjon Mje 1 ligger på 579 m dyp utenfor utslippsledningen. Stasjon Mje 1 hadde 59 arter fordelt på 2651 individer i mars 2009 (Tabell 3.7). Dette er en økning i både arts- og individantall da det tidligere er identifisert 32-50 arter fordelt på 233-1533 individer. Artsdiversiteten som var 3,18 ved undersøkelsen i 2009, er høyere enn det som ble registrert i 2004. Antall individer hadde steget fra 2004 til 2009. Den mest dominerende arten i 2009 som ved de tidligere undersøkelsene, var børstemarken *Spiochaetopterus bergensis* med 49,8 % av alle individene (Vedleggstabell 2). Den nestvanligste arten i 2009 som var skjullet *Kelliella abyssicola*, hadde økt fra 2,5 % i 2004 til 10,4 % i 2009. Faunalikheten mellom 2004 og 2009 for denne stasjonen var på 72,3 % (Figur 3.4-3.5). Stasjon Mje 1 fikk SFT's tilstandsklasse II (god) ved undersøkelsene i både 1999 og 2001. I 2004 fikk stasjonen tilstandsklasse III (mindre god) og viste en forbedring til tilstandsklasse II (god) i 2009.

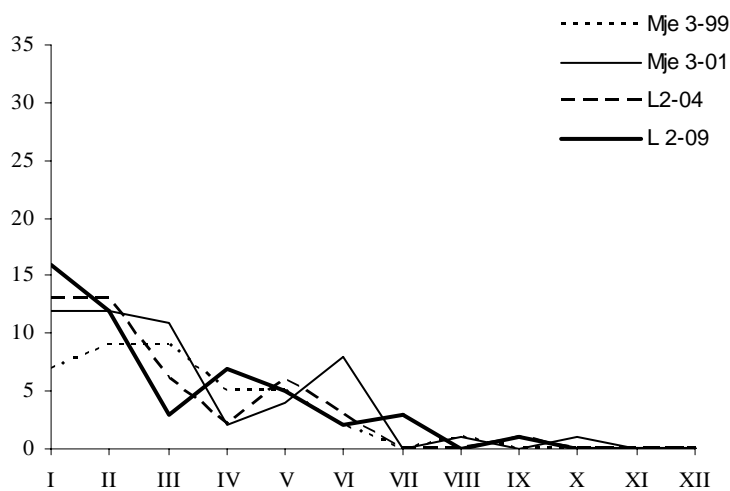
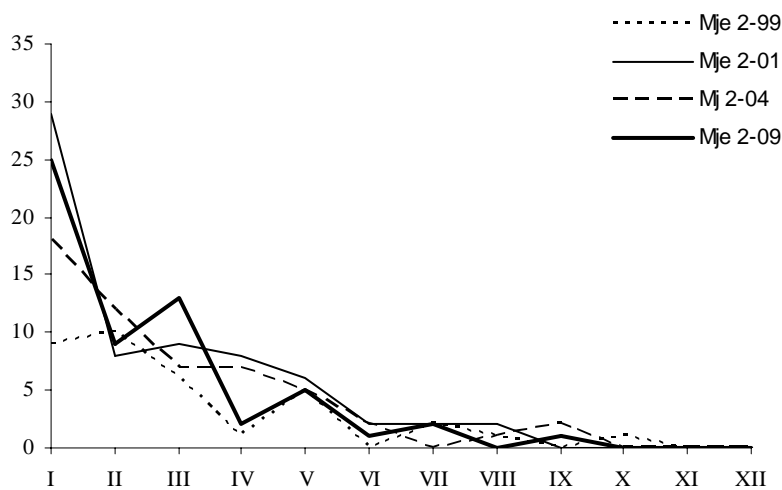
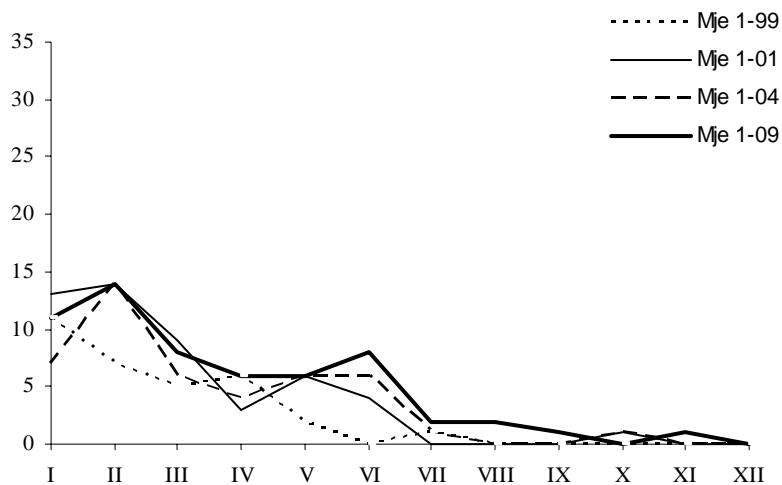
Referansestasjonen, L2 ligger på 575 m dyp i Osterfjorden nordøst for utslippspunktet. Denne stasjonen erstattet Mje 3 som lå på 585 m dyp. Stasjon L2 hadde 49 arter fordelt på 831 individer i 2009. Det ble det funnet 38 arter i 1999 (Mje 3), 51 arter i 2001 (Mje 3) og 44 arter i 2004 (L2). Diversiteten som var 3,81 i 2009, lå noe høyere enn tidligere i dette området (Mje 3 og L2) i perioden 1999-2004. Individantallet på L2 lå omtrent på samme nivå som i 2004. Børstemarken *Spiochaetopterus bergensis* som var den mest tallrike arten (51,3 %) i 2004 sank til 31,9 % i 2009. Faunasammensetningen hadde på denne stasjonen 69 % likhet for 2004 og 2009. Stasjonen lå i tilstandsklasse II (god) i både 2004 og 2009.

Stasjon Mje 2 som ligger på 10 m dyp, hadde 58 arter fordelt på 861 individer ved undersøkelsen i 2009. Artsantallet hadde gått opp og individantallet hadde gått ned i forhold til 2004 da det ble det funnet 54 arter fordelt på 1222 individer. På denne stasjonen ble det i 2001 ble det brukt en større grabb enn i 1999, 2004 og 2009 og ved sammenlikninger må det tas hensyn til dette. De tre vanligste artene var børstemarkene *Prionospio cirrifera* (39,0 % i 2004 og 38,2 % i 2009), *Scoloplos armiger* (22,9 % i 2004 og 13,9 % i 2009) og *Chaetozone*

sp. (11,1 % i 2004 og 13,8 % i 2009). De multivariate analysene viste at sammensetningen av faunaen på Mje 2 hadde en likhet på 55,9 % for 2004 og 2009. Diversiteten på denne stasjon Mje 2 var 3,43 i 2009 og 3,14 i 2004 og denne stasjonen fikk SFT's tilstandsklasse II (god) i både 2004 og i 2009.

Tabell 3.7. Antall individer og arter, artsdiversitet (H'), jevnhet (J) og beregnet maksimal diversitet (H' max) for hver enkelt prøve (grabbhuggnummer) og totalt for hver stasjon i 2009. Tidligere resultater fra er oppgitt som totalt på stasjonen (5 hugg). Klassifisering av miljøkvalitet i tilstandsklasser (SFT's t.kl.) er gjort ut fra artsdiversitet (H') (Molvær et al., 1997). Ved undersøkelsen på Mje 2 i 2001 ble det brukt 0,2 m² grabb, ellers ble det brukt 0,1 m² van Veen grabb.

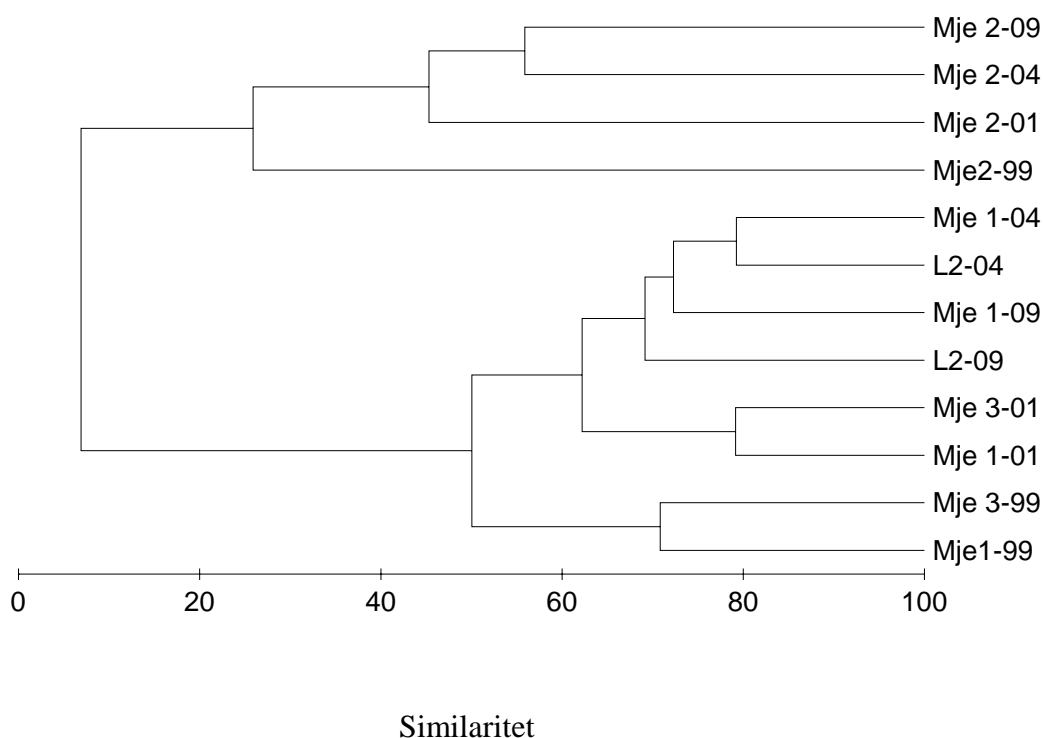
Stasjon	Dato	Areal (m ²)	Hugg	Antall individer	Antall arter	Diversitet H'	Jevnhet J	H' H'	SFT's t.kl
Mje 1	12.02.99	0.5	sum	233	32	3.86	0.77	5.00	II
Mje 1	15.06.01	0.5	sum	950	50	3.07	0.54	5.64	II
Mje 1	13.10.04	0.5	sum	1533	45	2.54	0.46	5.49	III
			1	527	33	2.54	0.50	5.04	
			2	591	35	3.21	0.63	5.13	
			3	521	35	3.21	0.63	5.13	
			4	466	43	3.21	0.59	5.43	
			5	546	34	2.85	0.56	5.09	
Mje 1	9.3.09	0.5	sum	2651	59	3.18	0.54	5.88	II
Mje 2	12.02.99	0.5	sum	1195	35	2.38	0.46	5.13	III
Mje 2	15.06.01	1.0	sum	1005	66	4.04	0.67	6.04	I
Mje 2	12.10.04	0.5	sum	1222	54	3.14	0.55	5.75	II
			4	275	32	2.86	0.57	5.00	
			5	136	29	3.37	0.69	4.86	
			6	72	16	2.74	0.68	4.00	
			7	307	31	3.25	0.66	4.95	
			8	71	17	2.82	0.69	4.09	
Mje 2	9.3.09	0.5	sum	861	58	3.43	0.59	5.86	II
Mje 3	12.02.99	0,5	sum	555	38	3.55	0.68	5.25	II
Mje 3	15.06.01	0,5	sum	1327	51	3.41	0.60	5.67	II
L2	13.10.04	0,5	sum	755	44	3.08	0.56	5.46	II
			1	282	28	3.33	0.69	4.81	
			2	151	28	3.62	0.75	4.81	
			3	113	25	3.93	0.85	4.64	
			4	154	30	3.81	0.78	4.91	
			5	131	23	3.54	0.78	4.52	
L2	10.3.09	0.5	sum	831	49	3.81	0.68	5.61	II



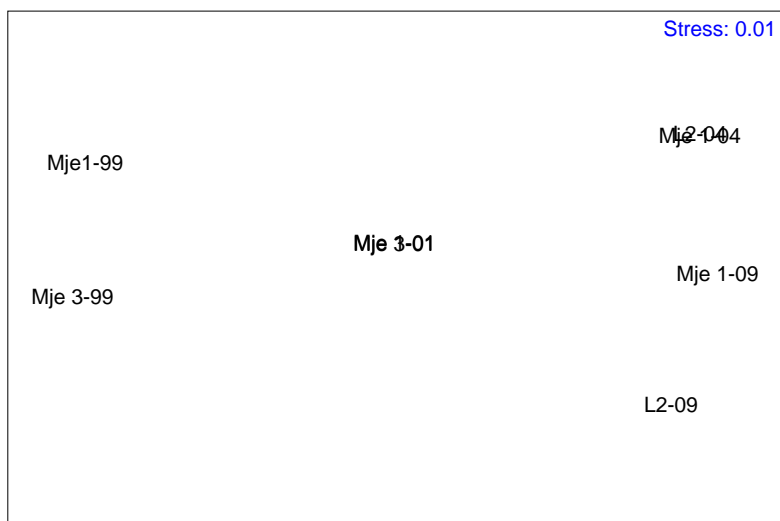
Figur 3.3. Antall arter langs y-aksen mot geometriske klasser langs x-aksen i prøvene fra stasjonene Mje 1, Mje 2, Mje 3 og L2.

Det var ingen vesentlige endringer i de geometriske klassene i forhold til tidligere (Figur 3.3). Faunasammensetningen ved de fire siste undersøkelsene var tydelig forskjellig mellom den grunne stasjonen (Mje 2) og de dype stasjonene (Mje 1 og L2) og hadde en likhet på kun 6,9 % (Figurene 3.4 og 3.5). I løpet av tiårsperioden fra 1999 til 2009 hadde faunaen endret seg på alle stasjonene. Stasjon L2 og Mje 1 hadde ca 70 % likhet for 2004 og 2009. De relativt små faunaendringene på de dype stasjonene kan foruten naturlig variasjon også ha sammenheng med oppdrettsanlegg som er plassert i nærheten av det undersøkte området.

Bunnfaunaen viste at bunnforholdene var gode i 2009 og de tre undersøkte stasjonene fikk alle tilstandsklasse II (god).



Figur 3.4. Dendrogrammet viser faunalikheten mellom prøvene tatt fra stasjonene Mje 1, Mje 2, Mje 3 og L2. Cluster-analysen er utført på stasjonsnivå. Bray-Curtis similaritet er gitt som prosent langs x-aksen. Beregningene er foretatt på fjerderot-transformerte og standardiserte artsdata. Prøvene er tatt med 0,1 m² grabb med unntak av Mje 2 i 2001 hvor 0,2 m² grabb ble benyttet.



Figur 3.5. To-dimensjonalt MDS plott av bunnfaunaresultatene fra stasjonene Mje 1, Mje 2, Mje 3 og L2. Pga stor ulikhet mellom de grunne prøvene på Mje 2 og de dype prøvene (øverst), er analysen også utført med kun de dype prøvene (nederst). Beregningene er foretatt på fjerderot-transformerte og standardiserte artsdata. Prøvene er tatt med 0,1 m² grabb med unntak av Mje 2 i 2001 hvor en 0,2 m² grabb ble benyttet.

4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten som tar for seg de marine miljøforholdene ved utslippspunktet for sigevann fra Mjelstad restdeponi i 2009 og vil sammen med tidligere undersøkelser fungere som et referansemateriale for framtidige undersøkelser. Rapporten omfatter undersøkelser av hydrografi, sediment, bunnfauna samt en befaring i strandsonen ved utslippsledningen. Det ble utført kjemisk analyse av sedimentprøver for tungmetaller, polyklorerte bifenyler (PCB) og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Hovedresultatene fra undersøkelsen av miljøgifter og bunndyr er vist i Tabell 4.1 i form av tilstandsklasser etter Statens forurensningstilsyns kriterier for miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Molvær et al. 1997; Bakke et al. 2007). SFT's klassifiseringssystem deler miljøforhold og forurensning inn i fem klasser der beste klasse er I.

Tabell 4.1. Miljøtilstandsklasse for bunnfauna og miljøgifter i mars 2009.

	Mje 1 (579 m dyp)	Mje 2 (10 m dyp)	L2 (575 m dyp)
Tungmetaller			
Bly (Pb)	II	I	II
Kadmium (Cd)	I	I	I
Kobber (Cu)	I	I	I
Krom (Cr)	I	I	I
Kvikksølv (Hg)	II	I	II
Sink (Zn)	I	I	I
PCB₇	I	I	I
PAH₁₆	II	I	II
Benzo(a)pyren	II	I	II
Bunnfauna	II	II	II

Strandlinjen ved sigevannsledningen var frisk og omtrent som ved forrige undersøkelse. Oksygeninnholdet i bunnvannet på 500 m dyp den 10. mars 2009 lå i tilstandsklasse I-II (meget god - god).

Sedimentet på de dype stasjonene var mer finkornet enn på den grunne stasjonen Mje 2. Det ble ikke registrert noen vesentlig endringer i glødetap og kornfordeling fra forrige undersøkelse.

Alle de undersøkte tungmetallene på den grunne stasjonen (Mje 2) var lave og lå i tilstandsklasse I (bakgrunnsnivå) i 2009, som tidligere. På de to dype stasjonene (L2 og Mje 1) lå tungmetallene i tilstandsklasse I (bakgrunn) og II (god). PCB₇ ble ikke detektert på noen av stasjonene i 2009. PAH₁₆ og benzo(a)pyren lå i tilstandsklasse II (god) på de dype stasjonene og i tilstandsklasse I (bakgrunn) på den grunne stasjonen.

Undersøkelsen i 2009 viste en rik bunnfauna på de tre undersøkte stasjonene (Mje 1, Mje 2 og L2) som alle fikk tilstandsklasse II (god). Det var en forbedring på den ene dype stasjonen (Mje 1) fra 2004 til 2009. Ellers var det bare mindre endringer i faunasammensetningene fra 2004 til 2009 som foruten naturlig variasjoner også kan ha sammenheng med et oppdrettsanlegg som er plassert i nærheten av det undersøkte området.

Totalinntrykket er at det var gode forhold i sjøen utenfor Mjelstad restdeponi i 2009 og i noen tilfelle var det en forbedring fra forrige undersøkelse.

5 TAKK

Vi vil takke skipper Leon Pedersen ombord på M/F *Solvik* for et hyggelig tokt. Partikkelfordelingsanalysene og bestemmelsen av organisk innhold i sedimentet ble utført av H. Grønning. Sorteringen av bunnprøvene ble utført av R. Tveiten, T. Ensrud og E.Y.A. Amin. Bunnfaunaen ble artsbestemt av P. Johannessen. P. Johannessen, G. Vassenden og T. Ensrud deltok på toktet.

6 LITTERATUR

- Bakke T, Bredvold G, Kallquist T, Oen A, Eek E, Ruus A, Kibsgaard A, Helland A, Hylland K. 2007. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann – Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. *SFT-veiledning* nr. 2229/2007. 12 s.
- Buchanan JB. 1984. Sediment analysis. In: Holme, NA, McIntyre, AD, editors. *Methods for the study of marine benthos*. Oxford, Blackwell scientific publications. p. 41-65.
- Hovgaard, P. 1973. A new system of sieves for benthic samples. *Sarsia* 53:15-18.
- Johansen P-O, Botnen H og Johannessen PJ. 1999. Undersøkelse av miljøforholdene ved Mjelstad restdeponi på Osterøy i 1999. *IFM Rapport* nr.9, 1999. Institutt for fiskeri og marinbiologi, Universitetet i Bergen. 38 p.
- Johansen P-O, Vassenden G, Botnen H og Johannessen PJ. 2001. Undersøkelse av miljøforholdene ved Mjelstad restdeponi på Osterøy i 2001. *IFM Rapport* nr.18, 2001. Institutt for fiskeri og marinbiologi, Universitetet i Bergen. 56 p.
- 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 p.
- Norsk Standard NS 4764. 1980. Vannundersøkelse. Tørrstoff og gløderest i vannslam og sedimenter. *Norges Standardiseringsforbund*.
- Vassenden G, Johansen P, Johannessen P 2005. Undersøkelse av miljøforholdene i sjøen utenfor Mjelstad restdeponi på Osterøy i 2004. *Vestbio 2-2005*. 47 s.

7 VEDLEGG

<i>Vedleggstabell 1. Artsliste</i>	<i>25</i>
<i>Vedleggstabell 2. De ti mest tallrike artene</i>	<i>29</i>
<i>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser.....</i>	<i>31</i>
<i>Vedleggstabell 4. Analysebevis for kjemiske analyser.</i>	<i>32</i>
GENERELL VEDLEGGSDDEL	36
<i>Analyse av bunndyrsdata</i>	<i>36</i>
<i>Kjemisk analysemetodikk.....</i>	<i>44</i>

Vedleggstabell 1. Artsliste



UNIVERSITETSFORSKNING BERGEN AS
**SEKSJON FOR ANVENDT
MILJØFORSKNING (SAM)**



Test 157

Høyteknologisenteret i Bergen, 5006 Bergen
Telefon: 55 58 44 64 Telefaks: 55 58 45 25

BENTHOS ARTSLISTE

Oppdragsgiver (navn og adresse): Mjelstad Miljø AS, 5281 Valestrandfossen

Prosjekt nr.: 802501

Prøvetakingssted (område): Osterfjorden

Dato for prøvetaking: 9. og 10. mars 2009

Ansvarlig for prøvetaking (firma): SAM-Marin

Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: -

Artene er identifisert av: Per Johannessen

Metode: Materialet er framskaffet i henhold til akkreditering gitt av Norsk Akkreditering til prøvetaking og taksonomisk analyse under akkrediteringsnummer Test 157. Undersøkelsen følger Norsk Standard NS 9423 og interne standard forskrifter.

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 tilstede 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 3 sider.

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

Signatur:.....*P.O. Johannessen*.....
Signaturberettiget

Seksjon for Anvendt Miljøforskning

ARTSLISTE BENTHOS Mjelstad 9-10. mars 2009	Mje 1					Mje 2					L 2				
	1	2	3	4	5	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5
* Hydrozoa indet.		+		+	+										1
ANTHOZOA															
Pavonaria sp.			1												
Cerianthus lloydii						2	1/1							1	
Edwardsia sp.						4									
* Nemertini indet.	4	9	11	6	2	+	2	1	2	1	3	3		4	
* Nematoda indet.		6	3	3	7	10	3	1	60	2	5	3		1	3
POLYCHAETA															
Paramphinome jeffreysii	7	13/3	2/2	4	1						0/1	2			
Aphrodita aculeata	0/1														
Polynoidae indet.				1											
Eunoe nodosa										1					
Pholoe baltica							1		1	2/1					
Eumida ockelmanni							3	1							
Eteone flave						2			1/1						
Eteone longa									1						
Gyptis rosea	1			1											
Kefersteinia cirrata									1						
Ophiidromus flexuosus												1			
Glyphohesione klatti												1			
Pilargis sp.		2	3		1						1			1	
Ehlersia cornuta											1				
Ceratocephale loveni												1			
Nephtys caeca						1	1								
Nephtys hombergi								1							
Nephtys longosetosa	2	0/1		0/1	1							0/1	3	2	0/1
Glycera alba						1									
Glycera lapidum			1/1		1	3/1	3	3/1	10/2	3					
Goniada maculata					1	1		1							
Goniada norvegica															1
Paradiopatra fiordica	3/1	6/3	4/2	8/8	13/4						2/1	5	1/2	3	1
Paradiopatra quadricuspis			2/2	1/1	1/2								1		
Lumbrineridae indet.	3	18	12	11	4	1	6				8	4	2	5	6
Phylo norvegicus				1	1						0/1			1	
Scoloplos armiger						22/2	10/3	5/1	45/18	12/2					
Aonides paucibranchiata							1	2		1					
Malacoceros vulgaris						6	1		36	6					
Polydora sp.	1	2					1								
Prionospio cirrifera						141	56/2	36	63	30/1					
Prionospio fallax						5		1	1						
Prionospio dubia		0/2	1	1/1	2/2						1/1	0/2	1	2/3	0/4
Scoelepis korsuni							1								
Spio sp.						8	3	3	8						
Spiophanes kroeyeri	2	5	1/3	2	7						1	1	1		2
Spiochaetopterus bergensis	289	275	247	224	284						113	44	25	47	36
Aricidea suecica		4	8	6							1		3	3	1
Levinsenia gracilis	3	15/2	8/3	8/1	1						16	1/1	0/1	6/1	6
Paraonis sp.		1		1	3										

Seksjon for Anvendt Miljøforskning

ARTSLISTE BENTHOS Mjelstad 9-10. mars 2009	Mje 1					Mje 2					L 2				
	1	2	3	4	5	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5
Aphelochaeta sp.	21	42	38	29	25	1			2		32	16	8	16	19
Chaetozone sp.						37	2	3	74	3					
Chaetozone christie						3	2		2/2						
Chaetozone jubata	2	3/1	1/5	3	3/3						5	1	2/1		2
Brada villosa				1											
Diplocirrus glaucus											1				
Ophelina norvegica			0/2	1	1								1	1	1
Scalibregma inflatum								1	1						
Capitella capitata									0/1						
Heteromastus filiformis	8	28	18	26	13						22	14/2	7	15/1	16/2
Mediomastus fragilis						2	1	0/1		1					
Clymenura borealis				3											
Rhodine loveni	1														
Myriochele heeri		0/1			63									3	
Myriochele oculata					2										
Owenia borealis						2	2/2		1/1						
Pectinaria auricoma							1		1	1					
Pectinaria koreni									1						
Pectinaria belgica													1		
Ampharete lindstroemi		2													
Amythasides macroglossus	1	15	9	1	10						1	1		1	
Polycirrus latidens			1												
Amaeana trilobata	1	1		1										1	
Terebellides stroemi	4/2	7/3	4/7	2/4	4/3					1	6/3		2	2/2	1/1
Sabellidae indet.						1		1							
Jasmineira sp.										1					
Hydroides norvegica						2/1	6/2	5/3	1/4						
Pomatoceros triqueter						1									
SIPUNCULA															
Sipuncula indet.	1			1											
Onchnesoma steenstrupi			3	1	1										
Nephasoma cf. minutum	1	1	4	2	2										
CRUSTACEA															
* Calanus finmarchicus	4	2	11	6	1						2	5		4	3
* Calanus hyperboreus		1													
* Chiridius armatus	6	7	11	3	2						3	2	1	4	3
* Euchaeta norvegica											1				1
* Metridia longa	1	1	2										1		1
* Candacia armata			1												1
* Conchoecia sp.		1	2	1							2	1		2	
* Mysidacea indet.	1		1								1				1
* Eudorella hirsuta					1										
* Diastylodes serrata	1														
* Amphipoda indet.				3	1	7	2	6	2						1
Eriopisa elongata		3/2		2/1							2	4	8	5/2	1/1
* Pontophilus norvegicus			1												
Calocarides coronatus				1								1			0/1
* Paguridae indet.										1					
* Liocarcinus pusillus							1								

Seksjon for Anvendt Miljøforskning

ARTSLISTE BENTHOS Mjelstad 9-10. mars 2009	Mje 1					Mje 2						L 2				
	1	2	3	4	5	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	
MOLLUSCA																
Caudofoveata indet.	4	1	2	2	1							2			1	
Leptochiton asellus							1									
Acmaea virginea							0/1									
Aporrhais pespelecani									0/1							
Euspira pulchella						1	1		2/1							
Haliella stenostoma		1		1/1								1/2	1/1	1	2	
Vitreolina philippi							1		3							
Eulimella compatilis	2	3			1											
Aplysia punctata										1						
Nudibranchia indet.										1						
Nucula tumidula	6/4	10/3	6/4	9/2	9/1							5/3	1/1	5	1 3/1	
Yoldiella messanensis												1				
Yoldiella lucida	1/1	1	1	1/1	1								2	2		
Yoldiella nana				0/1												
Pseudomalletia obtusa	2			1								1				
Cyclopecten imbrifer	0/2															
Delectopecten vitreus	1	0/5	0/8	0/1	1/3											
Monia sp.										0/1						
Lucinoma borealis						0/1	1		0/2	0/1						
Thyasira flexuosa						9	11			1						
Thyasira obsoleta			3									1/1	1			
Thyasira sarsii		3/1	1/2	2										1		
Thyasira equalis	25/10	36/13	18/2	20/2	9/2							12/2	20	13/2	6/2 8/1	
Thyasira granulosa				1								1				
Axinulus eumyaria	2	2/1	9/1	4	3							6	2	0/1		
Mendicula ferruginea	8/1	9/4	8/1	4/1	7/1							5/3	4/1	8	7 2	
Adontorhina similis	1		1													
Montacuta ferruginosa												4/4	1		0/1	
Mysella tumidula			1												1	
Parvicardium ovale						0/1										
Parvicardium scabrum						0/1	0/1		0/1							
Abra longicallus	0/1	1	1	1								1	1			
Abra nitida															1	
Kelliella abyssicola	80/12	32/3	50/6	43/4	39/7							11/2	8/3	7	4/1 9	
Dosinia lincta						0/1				0/1						
Corbula gibba						0/1			0/2							
ECHINODERMATA																
Astropecten irregularis							1									
Amphipholis squamata						1			1/1	0/1						
Amphiura filiformis									0/1							
Amphilepis norvegica	4/5	1	1	1/3	2							1		0/1	1	
Ophiura affinis								1								
Ophiura albida						5/2	3/2	0/2	6/4	1						
Echinus acutus						1										
Brissopsis lyrifera											1	1				
Echinocardium flavescens							1			+						
Leptosynapta sp.						1	+									
POGONOPHORA																
* Siboglinum fiordicum	+		+	+	+											
* Chaetognatha indet.	1	2	2	1	1							1	1			
* Fiske egg.				1								1		1		
* VARIA				+	+				+				+			

Vedleggstabell 2. De ti mest tallrike artene

De mest tallrike artene i prøvene på stasjonene Mje 1, Mje 2, Mje 3 og L2. Antall individer av hver art, prøvedyp, prøveareal og prosent av antall individer.

Mje 1-99				Mje 1-01				Mje 1-04			
Art	579 m	0,5 m ²	Kum (%)	Art	579 m	0,5 m ²	Kum (%)	Art	579 m	0,5 m ²	Kum (%)
	Antall	(%)			Antall	(%)			Antall	(%)	
<i>Spiochaetopterus bergensis</i>	70	30,0	30,0	<i>Spiochaetopterus bergensis</i>	518	54,5	54,5	<i>Spiochaetopterus bergensis</i>	987	64,4	64,4
Lumbrineridae indet.	21	9,0	39,1	<i>Kelliella abyssicola</i>	58	6,1	60,6	<i>Aphelochaeta</i> sp.	72	4,7	69,1
<i>Thyasira equalis</i>	18	7,7	46,8	<i>Thyasira eumyaria</i>	40	4,2	64,8	<i>Thyasira equalis</i>	53	3,5	72,5
<i>Paradiopatra fiordica</i>	15	6,4	53,2	<i>Paradiopatra fiordica</i>	34	3,6	68,4	<i>Thyasira eumyaria</i>	39	2,5	75,1
<i>Terebellides stroemi</i>	14	6,0	59,2	<i>Thyasira ferruginea</i>	32	3,4	71,8	<i>Kelliella abyssicola</i>	38	2,5	77,6
<i>Nucula tumidula</i>	14	6,0	65,2	<i>Paraonis</i> sp.	27	2,8	74,6	<i>Nucula tumidula</i>	37	2,4	80,0
<i>Thyasira eumyaria</i>	10	4,3	69,5	<i>Nucula tumidula</i>	26	2,7	77,4	<i>Paradiopatra fiordica</i>	34	2,2	82,2
<i>Kelliella abyssicola</i>	10	4,3	73,8	Lumbrineridae indet.	24	2,5	79,9	<i>Thyasira ferruginea</i>	32	2,1	84,3
<i>Heteromastus filiformis</i>	8	3,4	77,3	<i>Heteromastus filiformis</i>	24	2,5	82,4	<i>Heteromastus filiformis</i>	29	1,9	86,2
<i>Thyasira ferruginea</i>	7	3,0	80,3	<i>Thyasira equalis</i>	23	2,4	84,8	<i>Nephasoma cf. minutum</i>	25	1,6	87,8

Mje 2-99				Mje 2-01				Mje 2-04			
Art	10 m	0,5 m ²	Kum (%)	Art	10 m	1,0 m ²	Kum (%)	Art	10 m	0,5 m ²	Kum (%)
	Antall	(%)			Antall	(%)			Antall	(%)	
<i>Scoloplos armiger</i>	700	58,6	58,6	<i>Prionospio cirrifera</i>	233	23,2	23,2	<i>Prionospio cirrifera</i>	477	39,0	39,0
<i>Hydrobia ulvae</i>	161	13,5	72,1	<i>Chaetozone setosa</i>	193	19,2	42,4	<i>Scoloplos armiger</i>	280	22,9	61,9
<i>Macoma calcarea</i>	86	7,2	79,3	<i>Hydroides norvegica</i>	97	9,7	52,0	<i>Chaetozone</i> sp.	136	11,1	73,1
<i>Asterias rubens</i>	66	5,5	84,8	<i>Scoloplos armiger</i>	86	8,6	60,6	<i>Aonides paucibranchiata</i>	51	4,2	77,3
<i>Capitella capitata</i>	25	2,1	86,9	<i>Pomatoceros triqueter</i>	49	4,9	65,5	<i>Glycera alba</i>	34	2,8	80,0
<i>Mediomastus fragilis</i>	22	1,8	88,8	<i>Glycera alba</i>	33	3,3	68,8	<i>Spio filicornis</i>	22	1,8	81,8
<i>Phyllodoce groenlandica</i>	21	1,8	90,5	<i>Thyasira flexuosa</i>	30	3,0	71,7	<i>Vitreolina philippi</i>	21	1,7	83,6
<i>Eteone longa</i>	20	1,7	92,2	<i>Harmothoe</i> sp.	26	2,6	74,3	<i>Pholoe baltica</i>	18	1,5	85,0
<i>Hediste diversicolor</i>	20	1,7	93,9	<i>Spiophanes bombyx</i>	23	2,3	76,6	<i>Capitella capitata</i>	18	1,5	86,5
<i>Mya arenaria</i>	13	1,1	95,0	<i>Owenia fusiformis</i>	22	2,2	78,8	<i>Mediomastus fragilis</i>	16	1,3	87,8

Vedleggstabell 2. fortsetter. De ti mest tallrike artene

L2-04				Mje 3-99				Mje 3-01			
		575 m	0,5 m ²			585 m	0,5 m ²			585 m	0,5 m ²
Art	Antall	(%)	Kum (%)	Art	Antall	(%)	Kum (%)	Art	Antall	(%)	Kum (%)
<i>Spiochaetopterus bergensis</i>	387	51,3	51,3	<i>Spiochaetopterus bergensis</i>	227	40,9	40,9	<i>Spiochaetopterus bergensis</i>	567	42,7	42,7
<i>Heteromastus filiformis</i>	53	7,0	58,3	<i>Terebellides stroemi</i>	52	9,4	50,3	<i>Kelliella abyssicola</i>	177	13,3	56,1
<i>Thyasira equalis</i>	51	6,8	65,0	Lumbrineridae indet.	34	6,1	56,4	<i>Thyasira ferruginea</i>	54	4,1	60,1
<i>Aphelochaeta</i> sp.	48	6,4	71,4	<i>Paradiopatra fiordica</i>	28	5,0	61,4	<i>Thyasira eumyaria</i>	52	3,9	64,1
<i>Thyasira ferruginea</i>	24	3,2	74,6	<i>Aphelochaeta</i> sp.	25	4,5	65,9	<i>Aphelochaeta</i> sp.	51	3,8	67,9
<i>Nucula tumidula</i>	23	3,0	77,6	<i>Heteromastus filiformis</i>	25	4,5	70,5	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	50	3,8	71,7
<i>Terebellides stroemi</i>	19	2,5	80,1	<i>Nucula tumidula</i>	20	3,6	74,1	<i>Terebellides stroemi</i>	47	3,5	75,2
<i>Paradiopatra fiordica</i>	18	2,4	82,5	<i>Thyasira eumyaria</i>	16	2,9	76,9	<i>Nucula tumidula</i>	42	3,2	78,4
Lumbrineridae indet.	17	2,3	84,8	<i>Kelliella abyssicola</i>	15	2,7	79,6	<i>Paradiopatra fiordica</i>	35	2,6	81,0
<i>Thyasira eumyaria</i>	17	2,3	87,0	<i>Thyasira ferruginea</i>	12	2,2	81,8	Lumbrineridae indet	33	2,5	83,5

Mje 1-2009				Mje 2-2009				L 2-2009			
		579 m	0,5 m ²			10 m	0,5 m ²			575 m	0,5 m ²
Art	Antal	prosen	kum%	Art	Antall	prosen	kum%	Art	Antal	prosen	kum%
	l	t				t			l	t	
<i>Spiochaetopterus bergensis</i>	1319	49.8	49.8	<i>Prionospio cirrifera</i>	329	38.2	38.2	<i>Spiochaetopterus bergensis</i>	265	31.9	31.9
<i>Kelliella abyssicola</i>	276	10.4	60.2	<i>Scoloplos armiger</i>	120	13.9	52.1	<i>Aphelochaeta</i> sp.	91	11.0	42.8
<i>Aphelochaeta</i> sp.	155	5.8	66.0	<i>Chaetozone</i> sp.	119	13.8	66.0	<i>Heteromastus filiformis</i>	79	9.5	52.3
<i>Thyasira equalis</i>	137	5.2	71.2	<i>Malacoceros vulgaris</i>	49	5.7	71.7	<i>Thyasira equalis</i>	66	7.9	60.3
<i>Heteromastus filiformis</i>	93	3.5	74.7	<i>Glycera lapidum</i>	26	3.0	74.7	<i>Kelliella abyssicola</i>	45	5.4	65.7
<i>Myriochele heeri</i>	64	2.4	77.1	<i>Ophiura albida</i>	25	2.9	77.6	<i>Levinsenia gracilis</i>	32	3.9	69.6
<i>Nucula tumidula</i>	54	2.0	79.1	<i>Hydroides norvegica</i>	24	2.8	80.4	<i>Mendicula ferruginea</i>	30	3.6	73.2
<i>Paradiopatra fiordica</i>	52	2.0	81.1	<i>Spio</i> sp.	22	2.6	82.9	Lumbrineridae indet.	25	3.0	76.2
Lumbrineridae indet.	48	1.8	82.9	<i>Thyasira flexuosa</i>	21	2.4	85.4	<i>Eriopisa elongata</i>	23	2.8	78.9
<i>Mendicula ferruginea</i>	44	1.7	84.6	<i>Chaetozone christie</i>	9	1.0	86.4	<i>Nucula tumidula</i>	20	2.4	81.3

Vedleggstabell 3. Geometriske klasser

Antall arter i de ulike geometriske klassene på stasjonene Mje 1, Mje 2, Mje 3 og L2 Ved undersøkelsene ble det brukt 0,1 m² van Veen grabb med unntak av ved Mje 2 i 2001 hvor det ble brukt 0,2 m² grabb.

G.kl.	Mje 1- 99	Mje 1- 01	Mje 1- 04	Mje 1- 09	Mje 2- 99	Mje 2- 01	Mj 2- 04	Mje 2- 09	Mje 3- 99	Mje 3- 01	L2- 04	L 2- 09
I	11	13	7	11	9	29	18	25	7	12	13	16
II	7	14	14	14	10	8	12	9	9	12	13	12
III	5	9	6	8	6	9	7	13	9	11	6	3
IV	6	3	4	6	1	8	7	2	5	2	2	7
V	2	6	6	6	5	6	5	5	5	4	6	5
VI	0	4	6	8	0	2	2	1	2	8	3	2
VII	1	0	1	2	2	2	0	2	0	0	0	3
VIII	0	0	0	2	1	2	1	0	1	1	0	0
IX	0	0	0	1	0	0	2	1	0	0	1	1
X	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
XI	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
XII	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Vedleggstabell 4. Analysebevis for kjemiske analyser.



Analyserapport

Moss

Analycen

UNIFOB AS
Gisle Vassenden
Seksjon for anvendt miljøforskning (SAM)
Høyteknologisenteret
5020 Bergen

Rapport utført av
akkreditert laboratorium

Report issued by
Accredited Laboratory



Side 1/4

Kundenummer	8183600-1456341	Prøvemottak	20.03.2009			
Prøvetyp	Sedimentprøve	Analyserapport klar	27.03.2009			
Oppdragsmerket	Stedskode: 611101 Sedimentprøver, 802501 ref 04/09					
Sted for prøvetaking	Mje 1					
Lab.nr.	NOV016993-09	NOV016994-09	NOV016995-09	NOV016996-09	NOV016997-09	
Tatt ut	09.03.2009	09.03.2009	09.03.2009	09.03.2009	09.03.2009	
Merket	Mje 1, 1 hugg	Mje 1, 2 hugg	Mje 1, 3 hugg	Mje 2, 1 hugg	Mje 2, 2 hugg	
Parameter	Enhet					
Tørrestoff	%	29.9	24.0	26.8	76.6	77.7
Sum PAH(16)	mg/kg TS	1.2	1.7	1.6	<0.20	<0.20
Naftalen	mg/kg TS	<0.02	<0.02	<0.02	<0.01	<0.01
Acenaftylene	mg/kg TS	<0.02	<0.02	<0.02	<0.01	<0.01
Acenaften	mg/kg TS	<0.02	<0.02	<0.02	<0.01	<0.01
Fluoren	mg/kg TS	<0.02	<0.02	<0.02	<0.01	<0.01
Fenantren	mg/kg TS	0.06	0.09	0.11	<0.01	<0.01
Antracen	mg/kg TS	0.03	0.04	0.04	<0.01	<0.01
Fluoranten	mg/kg TS	0.20	0.27	0.21	<0.01	<0.01
Pyren	mg/kg TS	0.16	0.21	0.26	<0.01	<0.01
Benzo(a)antracen	mg/kg TS	0.09	0.15	0.20	<0.01	<0.01
Crysen	mg/kg TS	0.09	0.12	0.12	<0.01	<0.01
Benzo(b)fluoranten	mg/kg TS	0.19	0.25	0.17	<0.01	<0.01
Benzo(k)fluoranten	mg/kg TS	0.10	0.13	0.12	<0.01	<0.01
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	0.11	0.14	0.12	<0.01	<0.01
Indeno(1,2,3,cd)pyren	mg/kg TS	0.11	0.13	0.14	<0.01	<0.01
Dibenzo(a,h)antracen	mg/kg TS	0.02	0.02	0.02	<0.01	<0.01
Benzo(g,h,i)perylene	mg/kg TS	0.12	0.15	0.14	<0.01	<0.01
PCB(7) Totalsum	mg/kg TS	<0.0040	<0.0040	<0.0040	<0.0020	<0.0020
PCB 28	mg/kg TS	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0005	<0.0005
PCB 52	mg/kg TS	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0005	<0.0005
PCB 101	mg/kg TS	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0005	<0.0005
PCB 118	mg/kg TS	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0005	<0.0005
PCB 153	mg/kg TS	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0005	<0.0005
PCB 138	mg/kg TS	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0005	<0.0005
PCB 180	mg/kg TS	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0005	<0.0005
Bly, Pb	mg/kg TS	57	63	66	69	2.1
Kadmium, Cd	mg/kg TS	<0.033	<0.042	<0.034	<0.052	<0.051
Kobber, Cu	mg/kg TS	32	33	34	37	2.2
Krom, Cr	mg/kg TS	46	45	49	62	5.7
Kvikksølv, Hg	mg/kg TS	0.26	0.32	0.35	0.35	0.0077
Sink, Zn	mg/kg TS	140	140	150	170	20

Analyse vurderingen er ikke endel av det akkrediterte dokument, kun som ett tillegg til analyserapporten
Forklaring til forkortelsene og *, se baksiden.

Analyserapport

Moss

Analycen

UNIFOB AS
Gisle Vassenden
Seksjon for anvendt miljøforskning (SAM)
Høyteknologisenteret
5020 Bergen

Rapport utført av
akkreditert laboratorium

Report issued by
Accredited Laboratory



Side 2 (4)

Kundenummer	8183600-1456341	Prøvemottak	20.03.2009
Prøvetyp	Sedimentprøve	Analyserapport klar	27.03.2009
Oppdragsmerket	Stedskode: 611101 Sedimentprøver, 802501 ref 04/09		
Sted for prøvetaking	Mje 1		

Lab.nr. Tatt ut Merket	NOV016998-09 09.03.2009 Mje 2, 3 hugg	NOV016999-09 09.03.2009 St. L2 1 hugg	NOV017000-09 09.03.2009 St. L2 2 hugg	NOV017001-09 09.03.2009 St. L2 3 hugg	
Parameter	Enhet				
Tørrestoff	%	75.3	26.3	27.8	28.7
Sum PAH(16)	mg/kg TS	<0.20	1.0	0.84	1.1
Naftalen	mg/kg TS	<0.01	<0.02	<0.02	<0.02
Acenaftylen	mg/kg TS	<0.01	<0.02	<0.02	<0.02
Acenaften	mg/kg TS	<0.01	<0.02	<0.02	<0.02
Fluoren	mg/kg TS	<0.01	<0.02	<0.02	<0.02
Fenantren	mg/kg TS	<0.01	0.06	0.05	0.06
Antracen	mg/kg TS	<0.01	0.02	0.02	0.03
Fluoranten	mg/kg TS	<0.01	0.15	0.13	0.16
Pyren	mg/kg TS	<0.01	0.12	0.11	0.14
Benzo(a)antracen	mg/kg TS	<0.01	0.09	0.07	0.09
Crysen	mg/kg TS	<0.01	0.07	0.07	0.07
Benzo(b)fluoranten	mg/kg TS	<0.01	0.16	0.12	0.18
Benzo(k)fluoranten	mg/kg TS	<0.01	0.09	0.06	0.09
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	<0.01	0.08	0.07	0.09
Indeno(1,2,3,cd)pyren	mg/kg TS	<0.01	0.08	0.06	0.11
Dibenzo(a,h)antracen	mg/kg TS	<0.01	<0.02	<0.02	0.02
Benzo(g,h,i)perylen	mg/kg TS	<0.01	0.10	0.08	0.12
PCB(7) Totalsum	mg/kg TS	<0.0020	<0.0040	<0.0040	<0.0040
PCB 28	mg/kg TS	<0.0005	<0.0010	<0.0010	<0.0010
PCB 52	mg/kg TS	<0.0005	<0.0010	<0.0010	<0.0010
PCB 101	mg/kg TS	<0.0005	<0.0010	<0.0010	<0.0010
PCB 118	mg/kg TS	<0.0005	<0.0010	<0.0010	<0.0010
PCB 153	mg/kg TS	<0.0005	<0.0010	<0.0010	<0.0010
PCB 138	mg/kg TS	<0.0005	<0.0010	<0.0010	<0.0010
PCB 180	mg/kg TS	<0.0005	<0.0010	<0.0010	<0.0010
Bly, Pb	mg/kg TS	2.1	20	40	58
Kadmium, Cd	mg/kg TS	<0.066	<0.038	<0.036	<0.035
Kobber, Cu	mg/kg TS	2.5	8.7	22	29
Krom, Cr	mg/kg TS	6.0	16	33	52
Kvikksølv, Hg	mg/kg TS	0.0053	0.080	0.14	0.30
Sink, Zn	mg/kg TS	24	44	97	140

Analysevurderingen er ikke endel av det akkrediterte dokument, kun som ett tillegg til analyserapporten
Forklaring til forkortelsene og *, se baksiden.

Analyserapport

Moss

Analycen

UNIFOB AS
Gisle Vassenden
Seksjon for anvendt miljøforskning (SAM)
Høyteknologisenteret
5020 Bergen

Rapport utført av
akkreditert laboratorium

Report issued by
Accredited Laboratory



Side 3 (4)

Kundenummer	8183600-1456341	Prøvemottak	20.03.2009
Prøvetyp	Sedimentprøve	Analysereport klar	27.03.2009
Oppdragsmerket	Stedskode: 611101 Sedimentprøver, 802501 ref 04/09		
Sted for prøvetaking	Mje 1		

Parameter	Enhet	Måleu.	Ref/Metode basert på	Lab
Tørrestoff	%	±15%	NS 4764-1	○
Sum PAH(16)	mg/kg TS	±30-35%	NTR 329 Sintef	○
Naftalen	mg/kg TS	±30-35%	NTR 329 Sintef	○
Acenaftylene	mg/kg TS	±30-35%	NTR 329 Sintef	○
Acenaften	mg/kg TS	±30-35%	NTR 329 Sintef	○
Fluoren	mg/kg TS	±30-35%	NTR 329 Sintef	○
Fenantren	mg/kg TS	±30-35%	NTR 329 Sintef	○
Antracen	mg/kg TS	±30-35%	NTR 329 Sintef	○
Fluoranten	mg/kg TS	±30-35%	NTR 329 Sintef	○
Pyren	mg/kg TS	±30-35%	NTR 329 Sintef	○
Benzo(a)antracen	mg/kg TS	±30-35%	NTR 329 Sintef	○
Crysen	mg/kg TS	±30-35%	NTR 329 Sintef	○
Benzo(b)fluoranten	mg/kg TS	±30-35%	NTR 329 Sintef	○
Benzo(k)fluoranten	mg/kg TS	±30-35%	NTR 329 Sintef	○
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	±30-35%	NTR 329 Sintef	○
Indeno(1,2,3,cd)pyren	mg/kg TS	±30-35%	NTR 329 Sintef	○
Dibenzo(a,h)antracen	mg/kg TS	±30-35%	NTR 329 Sintef	○
Benzo(g,h,i)perylene	mg/kg TS	±30-35%	NTR 329 Sintef	○
PCB(7) Totalsum	mg/kg TS	±25-30%	NTR 329 Sintef	○
PCB 28	mg/kg TS	±25-30%	NTR 329 Sintef	○
PCB 52	mg/kg TS	±25-30%	NTR 329 Sintef	○
PCB 101	mg/kg TS	±25-30%	NTR 329 Sintef	○
PCB 118	mg/kg TS	±25-30%	NTR 329 Sintef	○
PCB 153	mg/kg TS	±25-30%	NTR 329 Sintef	○
PCB 138	mg/kg TS	±25-30%	NTR 329 Sintef	○
PCB 180	mg/kg TS	±25-30%	NTR 329 Sintef	○
Bly, Pb	mg/kg TS	±20%	NS-EN ISO 11885	○
Kadmium, Cd	mg/kg TS	±20%	NS-EN ISO 11885	○
Kobber, Cu	mg/kg TS	±20%	NS-EN ISO 11885	○
Krom, Cr	mg/kg TS	±20%	NS-EN ISO 11885	○
Kvikksølv, Hg	mg/kg TS	±20%	NS 4768-1 m	○
Sink, Zn	mg/kg TS	±15%	NS-EN ISO 11885	○

Analysevurderingen er ikke endel av det akkrediterte dokument, kun som ett tillegg til analyserporten
Forklaring til forkortelsene og *, se baksiden.



Analysrapport

Moss

Analycen

UNIFOB AS
Gisle Vassenden
Seksjon for anvendt miljøforskning (SAM)
Høyteknologisenteret
5020 Bergen

Rapport utført av
akkreditert laboratorium

Report issued by
Accredited Laboratory



Side 4 (4)

Kundenummer	8183600-1456341	Prøvemottak	20.03.2009
Prøvetyp	Sedimentprøve	Analysrapport klar	27.03.2009
Oppdragsmerket	Stedskode: 611101 Sedimentprøver, 802501 ref 04/09		
Sted for prøvetaking	Mje 1		

Kemisk kommentar:

NOV016993-09 PAH og PCB: forhøyet kvantifiseringsgrense pga lavt TS
NOV016999-09 PCB og PAH: Kvantifiseringsgrensen forhøyet pga.lavt % TS.
NOV016995-09 PCB og PAH: Kvantifiseringsgrensen forhøyet pga.lavt % TS
NOV016994-09 PAH og PCB: forhøyet kvantifiseringsgrense pga lavt TS
NOV017001-09 PCB og PAH: Kvantifiseringsgrensen forhøyet pga.lavt % TS
NOV017000-09 PCB og PAH: Kvantifiseringsgrensen forhøyet pga.lavt % TS

Anna A Kubberød

Ved spørsmål, ta kontakt med support@analycen.no eller på telefon 69279803 / 69279822

Analyse vurderingen er ikke endel av det akkrediterte dokument, kun som ett tillegg til analysrapporten
Forklaring til forkortelsene og *, se baksiden.

GENERELL VEDLEGGSEDEL

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.

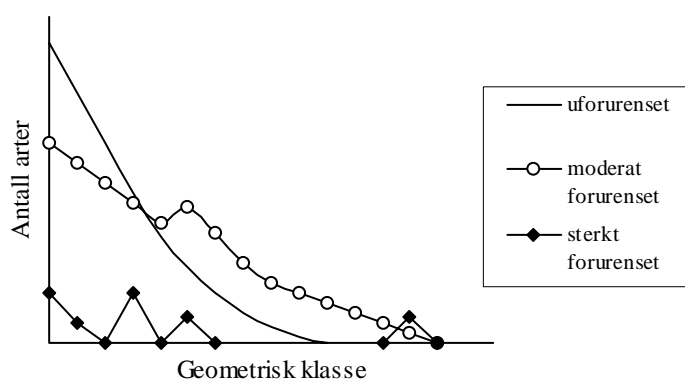
Geometriske klasser

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 & 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 & 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. Statens forurensningstilsyn (SFT) legger imidlertid vekt på indeksen når miljøkvaliteten i et område skal anslås på bakgrunn av bunnfauna.

Diversitet og jevnhet

Diversitet omfatter artsrikdom (S, totalt antall arter i en prøve) og jevnhet (J, fordelingen av antall individer per art). Disse to komponentene er sammenfattet i Shannon-Wieners diversitetsindeks (H') (Shannon & Weaver 1949):

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

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 uforurensede 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.

Statens forurensningstilsyn (SFT) har gitt retningslinjer for klassifisering av miljøkvalitet (Rygg & Thélín 1993). Disse er revidert og gitt ut i nytt format (Molvær et al. 1997). Etter disse retningslinjene kan bunndyrprøvene gis tilstandsklasse. Tilstandsklassen fås ved å sammenlikne den observerte artsdiversiteten i et område med SFT's skala for tilstandsklasse (Tabell v2). Tilstandsklassene varierer mellom I og V, der V er dårligst.

Tabell v2. Tabellen viser inndeling i tilstandsklasser ut fra artsmangfold i bløtbunnsfauna og tilhørende verdier for parametrene Shannon-Wiener indeks og Hurlbert indeks (Molvær et al. 1997).

Parameter	Tilstandsklasse					
	I "Meget god"	II "God"	III "Mindre god"	IV "Dårlig"	V "Meget dårlig"	
Bunndyr	Shannon-Wiener indeks (H')	>4	4-3	3-2	2-1	<1
	Hurlbert indeks ($ES_{n=100}$)	>26	26-18	18-11	11-6	<6

Prøver med jevn fordeling av individene blant artene gir høy diversitet, også ved et lavt artsantall. En slik prøve vil dermed få god "miljøstatus" i følge Molvær et al. (1997) selv om den inneholder få arter. Diversitet er også et dårlig mål på miljøstatus i prøver med mange arter hvor én art er representert med svært mange individer. Diversiteten blir lav som følge av skjev fordeling blant individene (lav jevnhet), men mange arter viser at det er gode miljøforhold. Når vi vurderer miljøforholdene i slike tilfeller vil vi legge større vekt på artsantallet og hvilke arter som er tilstede, enn på diversitet.

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 faunagrader en respons på ulike typer av miljøgrader. 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 ulik prøveareal. Både klassifikasjons- og ordinasjonsmetoden bygger i utgangspunktet på Bray-Curtis similaritetsindeks (Bray & 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:

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

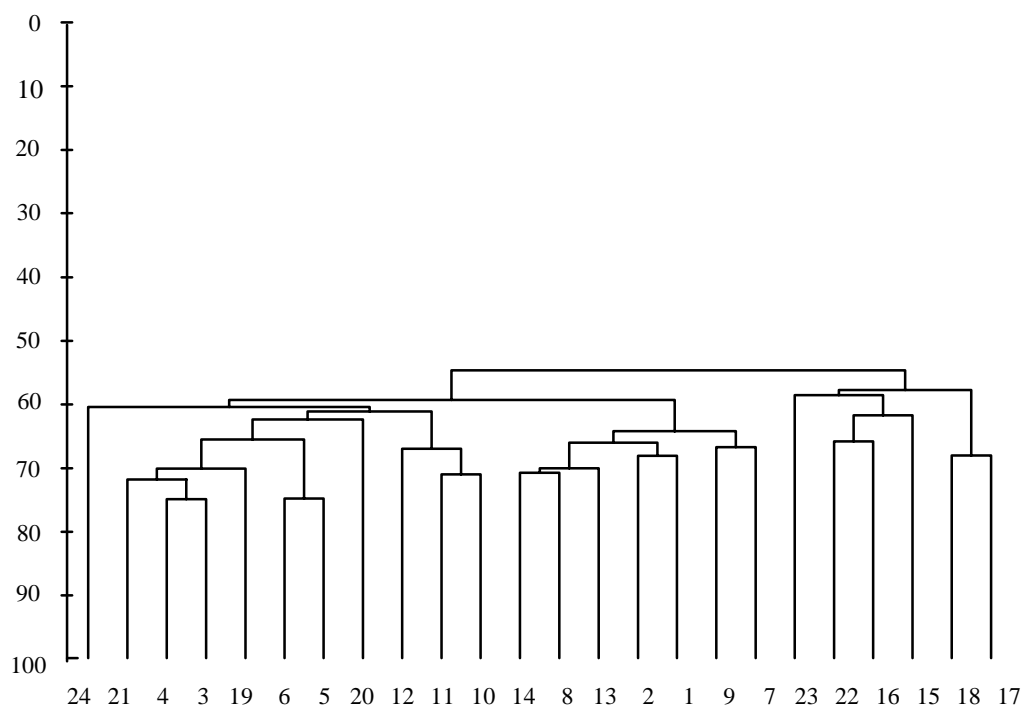
Dersom plottet presenterer data godt blir stressfaktoren lav, mens høy stressfaktor tyder på at data er dårlig eller tilfeldig presentert. Følgene skala angir kvaliteten til plottet basert på stressfaktoren: $< 0,05$ = svært god presentasjon, $< 0,1$ = god presentasjon, $< 0,2$ = brukbar presentasjon,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

Dataprogrammer

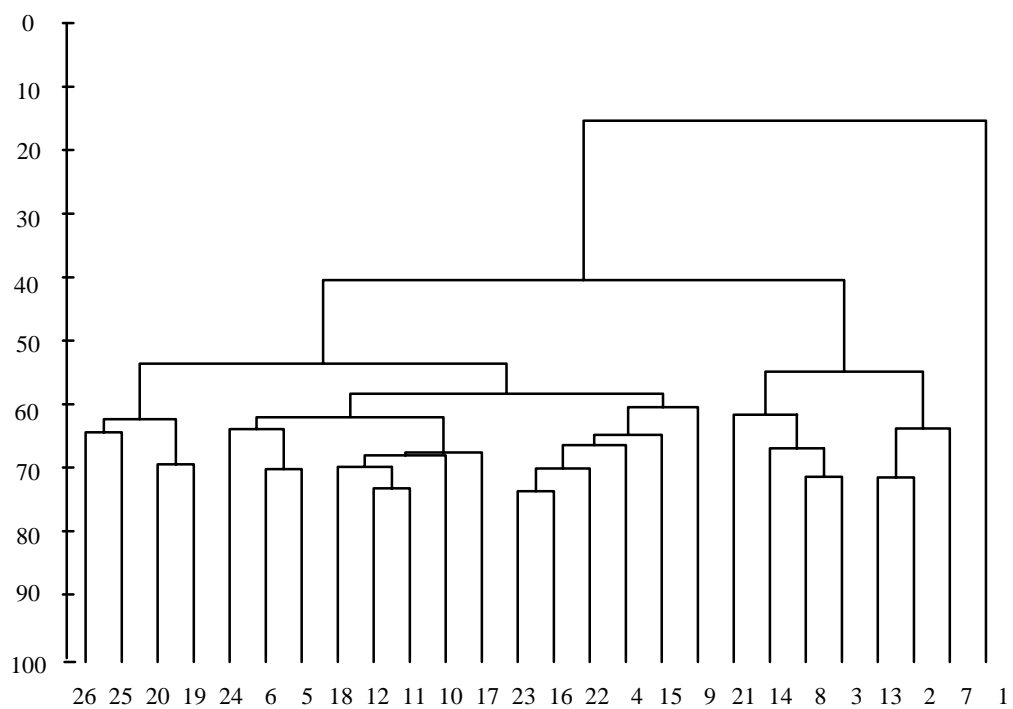
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet (H'), jevnhet (J), H' -max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt "DIVERSI". Dataprogram og makro er laget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

De multivariate analysene er utført med dataprogrammer fra programpakken PRIMER fra Plymouth Marine Laboratory i England. Cluster-analysen er utført med programmet CLUSTER, til MDS-analysen er programmet MDS benyttet.

FAUNALIKHET

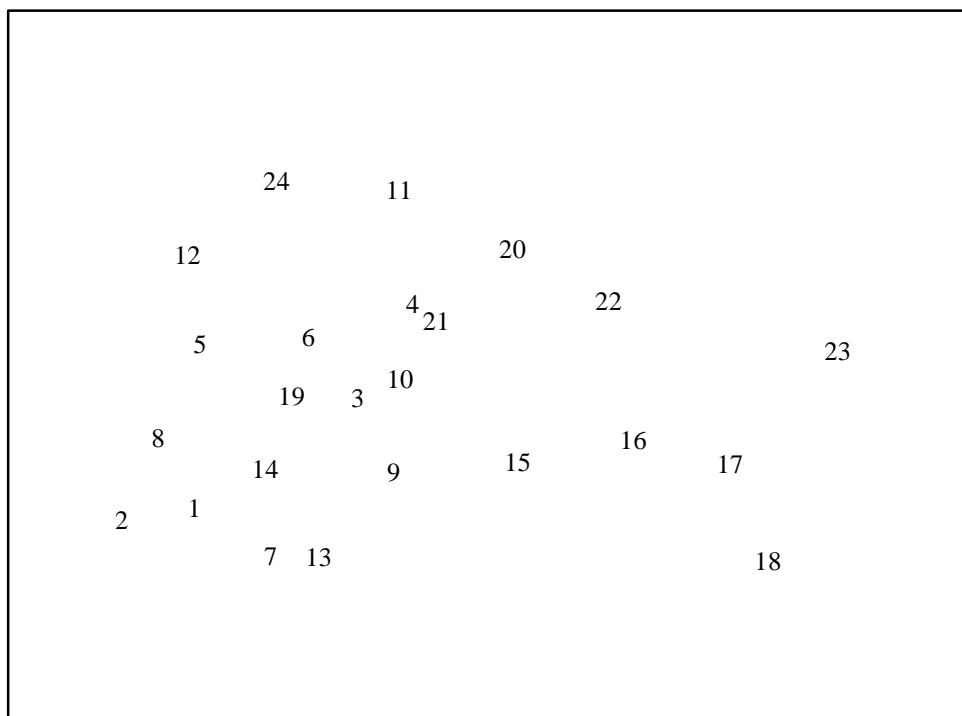


FAUNAFORSKJELL

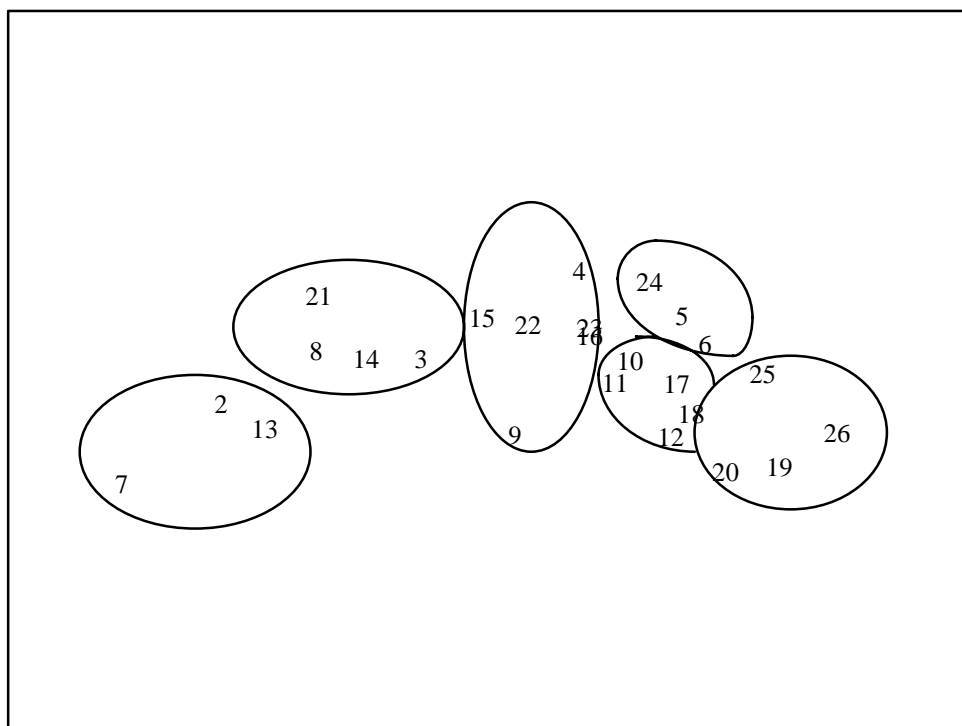


Figur v2. Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

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

- 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, Thélín, 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.

Kjemisk analysemetodikk

Metaller:

Alle metallene blir oppsluttet i lukkede teflonbeholdere i mikrobølgeovn, med $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$. Etter påfølgende filtrering går ekstraktet videre til analyse. Arsen analyseres på grafittovn AAS med Pd-modifikator. Kvikksølv analyseres på en CETAC som er en modifisert kalddampsteknikk (lavere bestemmelsesgrenser enn tradisjonell kalddampsteknikk) hvor tinnklorid er reduksjonsmiddelet for å få Hg i gassfase. Øvrige metaller analyseres på ICP-AES. Alle metallene måles ift. en kalibreringskurve dannet på bakgrunn av standarder med kjente konsentrasjoner.

PAH:

Prøven tilsettes vann med pyrofosfat og ristes i minimum 1 time med sykloheksan/etylacetatblanding tilsatt deutererte PAH-forbindelser som internstandard. Ekstraktet kvantifiseres ved gasskromatografi koblet til et massespektrometer (GC-MS).

PCB:

Metoden bygger på ekstraksjon av PCB fra materialer med hexan og aceton, opprensing med TBA og rykende svovelsyre. Kvantifiseringen skjer med gasskromatografi med elektron capture detector (GC-ECD). Metoden kvantifiserer de 7 PCB forbindelsene: PCB#28, PCB#52, PCB#101, PCB#118, PCB#138, PCB#153, PCB#180.