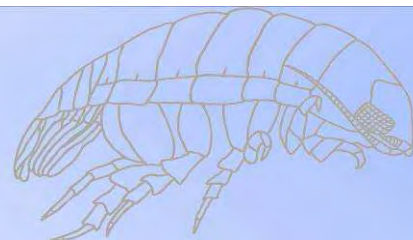


SAM e-Rapport

Seksjon for anvendt miljøforskning – marin
UNIFOB - Universitetsforskning i Bergen

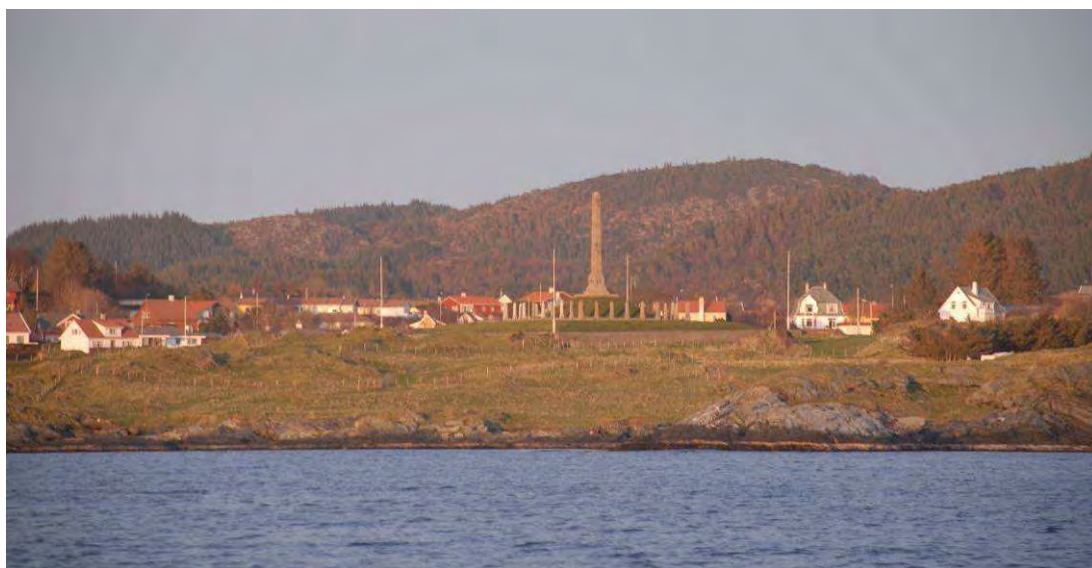


e-Rapport nr. 21-2008

Marinbiologisk undersøkelse av miljøforholdene ved Årebrot avfallsplass i 2008.

Erling Heggøy

Per-Otto Johansen





SAM-marin

Seksjon for anvendt miljøforskning

UNIFOB - Seksjon for anvendt miljøforskning

Høyteknologisenteret, Thormøhlensgt. 49, 5006 Bergen, Norway 55 58 44 64 ☎ 55 58 45 25

Rapportens tittel: Marinbiologisk undersøkelse av miljøforholdene ved Årebrot avfallsplass i 2008.	Dato: 3.10.2008
	Antall sider og bilag: 56
Forfatter(e): Erling Heggøy og Per-Oto Johansen	Prosjektleder: Erling Heggøy
	Prosjektnummer: 801607

Oppdragsgiver: Haugaland Interkommunale Miljøverk	Tilgjengelighet: Åpen
--	--------------------------

Abstract:

The aim of this investigation was to describe the environmental conditions in the vicinity of Årebrot municipal landfill in Haugesund county.

This investigation comprises studies of oxygen, salinity, temperature and transparency in the water, the littoral hard bottom community, marine soft bottom communities, sediment composition and content of heavy metals, PAH and PCB in the sediment in 2008. Comparisons were made with the investigations from 1997, 1998 and 2003.

The concentrations of heavy metals, PAH and PCB in the sediment were low at the examined stations in 2008. Decaying seaweed was found near the drainpipe ending in 2008 as in 1998 and 2003. The exchange of the sea water in the area is good and none or little negative effects from the drainpipe were observed on the benthic fauna.

Keywords: Recipient Benthos Sediment Hydrography	Emneord: Resipient Bunndyr Sediment Hydrografi
--	--

ISSN NR.: 1890-5153

SAM e-Rapport nr. 21-2008

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	10/9-2008	P.O. Johansen
Prosjektet / undersøkelsen:	10/9-2008	Erling Heggøy

Seksjon for anvendt miljøforskning
Høyteknologisenteret i Bergen
Thormøhlensgate 49
N-5006 Bergen

Tlf.: 55 58 44 65
Fax.: 55 58 45 25
Internet: www.sammarin.unifob.uib.no/
E-post: fornavn.etternavn@bio.uib.no
Foretaksreg. nr. 985 827 117 MVA



INNHold

1 INNLEDNING	4
2 MATERIALE OG METODER.....	5
2.1 Undersøkelsesområdet.....	5
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder	5
2.2.1 Hydrografi	8
2.2.2 Strandundersøkelser	8
2.2.3 Sedimentundersøkelser.....	8
2.2.4 Kjemiske analyser	9
2.2.5 Bunndyrsundersøkelser	9
3 RESULTATER OG DISKUSJON	10
3.1. Hydrografi	10
3.2 Strandundersøkelser	12
3.3 Sedimentundersøkelser.....	14
3.4 Kjemianalyser	16
3.5 Bunndyrsundersøkelser.....	18
4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON.....	23
5 TAKK	25
6 LITTERATUR.....	25
7 VEDLEGG.....	26

1 INNLEDNING

Denne rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse foretatt på faste stasjoner utenfor avfallsplassen på Årebrot i Haugesund kommune (Figur 2.1-2.3). Det ble tidligere foretatt innsamlinger fra de samme stasjonene i 2003, 1998 og 1997 (Johansen et. al 2003; Johannessen et. al 1999; Myhrvold et. al 1998).

Deponiet ved Årebrot ble opprettet i 1964. I 1997 ble det opprettet en ny fylling med sigevannsoppsamling og gassavbrenning. Dette var i drift frem til 2003 da det ble opprettet en ny fylling. Fra 1964 til 2007 er det deponert omlag 567 000 tonn avfall.

Formålet har vært å dokumentere eventuelle effekter på livet i sjøbunnen og strandsonen fra deponiet. Denne undersøkelsen er sammenlignet med tidligere undersøkelser i området, for å avdekke eventuelle endringer.

De marine miljøforholdene beskrives på grunnlag av vann- (hydrografi) og bunnprøver (sediment, bunnfauna og kjemi). Resultatene vurderes opp mot SFT's tilstandsklassifisering av miljøkvalitet (Molvær et al. 1997 og Bakke et al. 2007).

Seksjon for anvendt Miljøforskning (SAM-marin), som har foretatt undersøkelsen, er en gruppe ved Unifob Miljøforskning. SAM-marin har foretatt marine miljøundersøkelser siden 1970, på oppdrag for kommuner, fylkeskommuner, oljeselskaper og fiskeoppdrettere. SAM-marin er akkreditert av Norsk Akkreditering for prøvetaking, taksonomisk analyse, faglige vurderinger og fortolkninger under akkrediteringsnummer Test157.

Undersøkelsen er finansiert av HIM Haugaland Interkommunale Miljøverk – Årebrot Miljøpark.

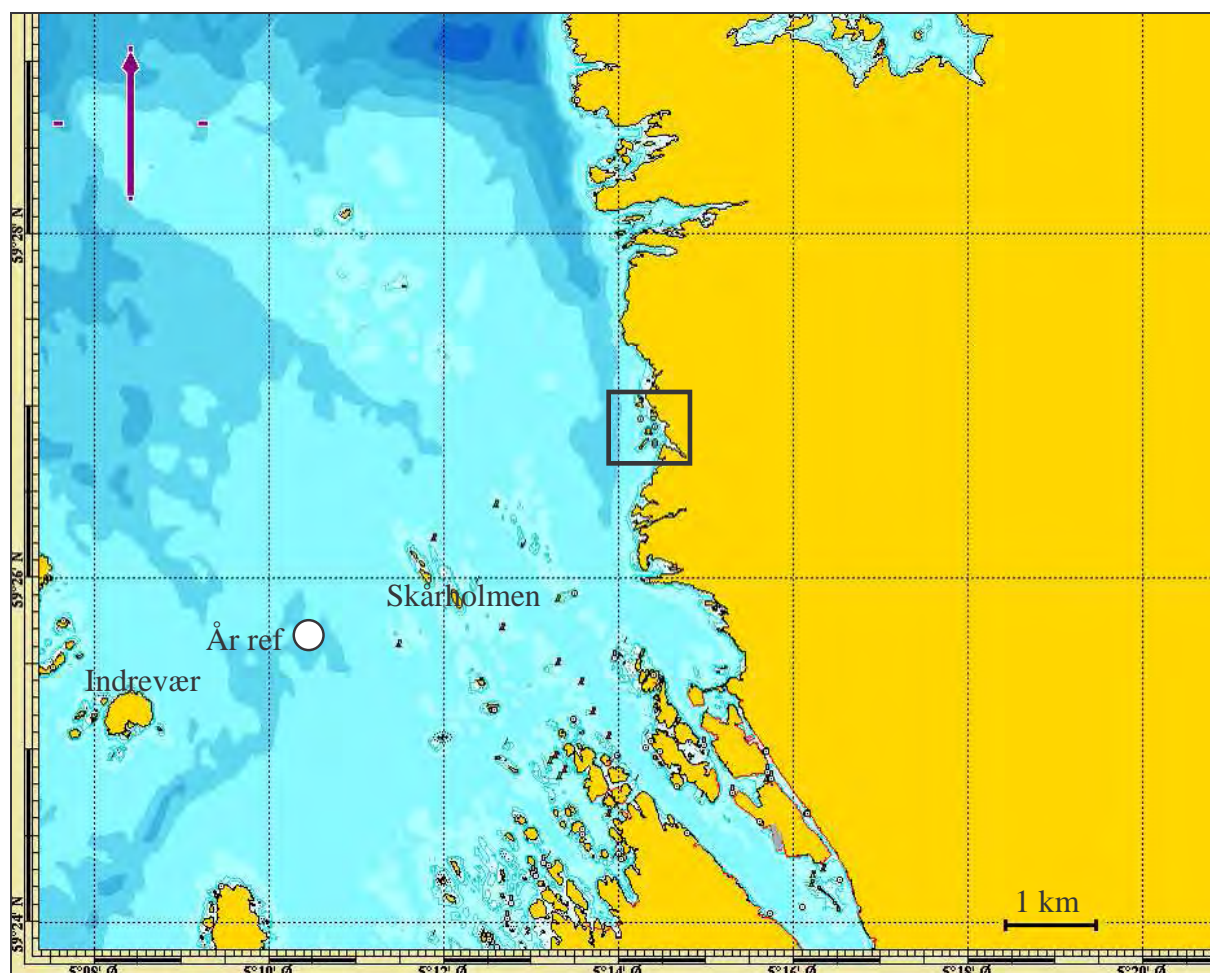
2 MATERIALE OG METODER

2.1 Undersøkellesområdet

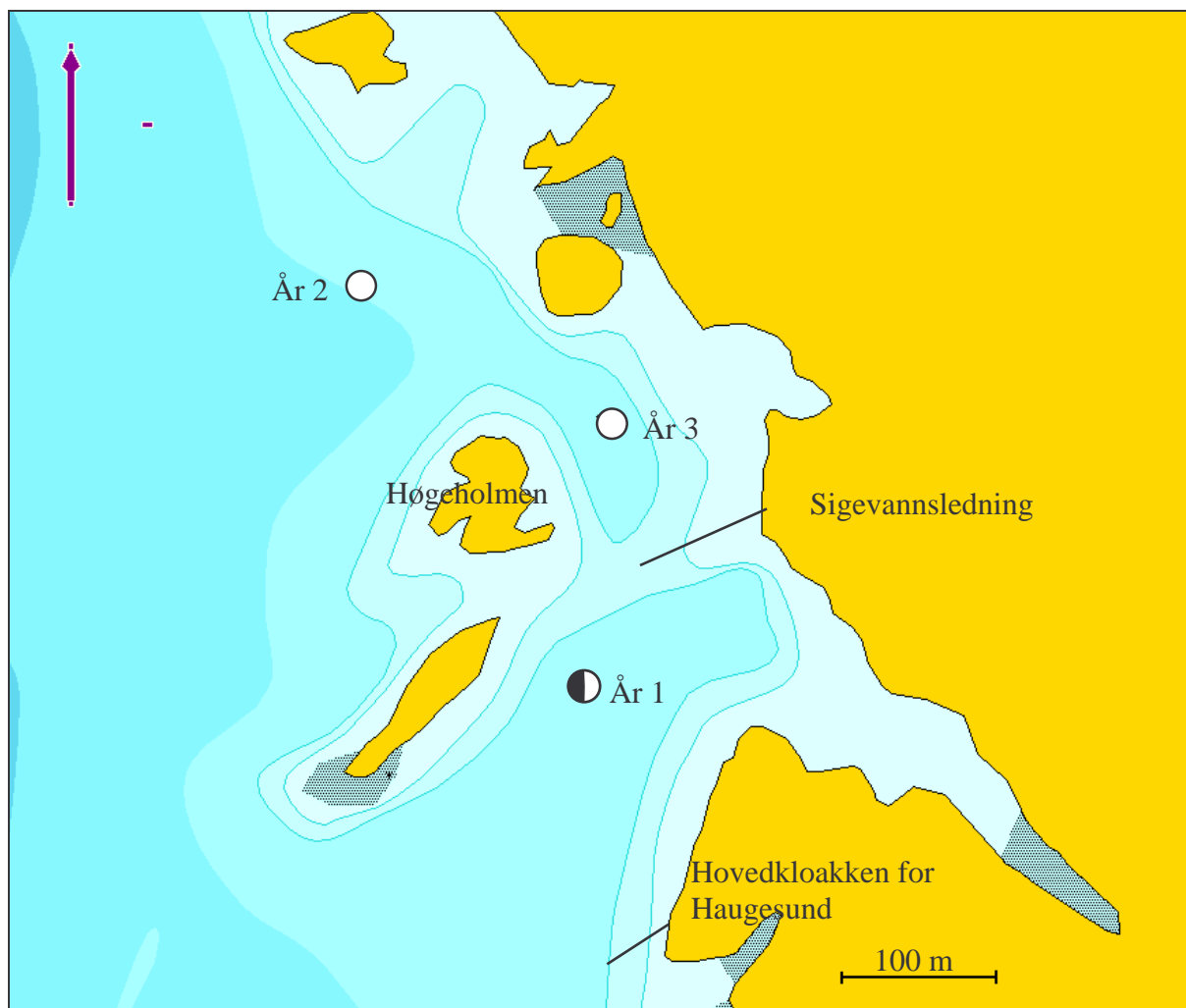
Bunnstasjonene som ble undersøkt er plassert i sjøen utenfor Årebrot, og på Sletta mellom Indrevær og Skaarholmen (Referansestasjonen) (Figur 2.1). Sigevannsledningens utslippspunkt er plassert på ca 15 m dyp innenfor Høgeholmen, mellom stasjon År 1 og År 3. Stasjonene ligger åpent til ut mot Sletta. Strandsonen i området er eksponert. Omlag 200 m sør for År 1 slippes hovedkloakken for Haugesund (38 000 pe) ut på 25 m dyp.

2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

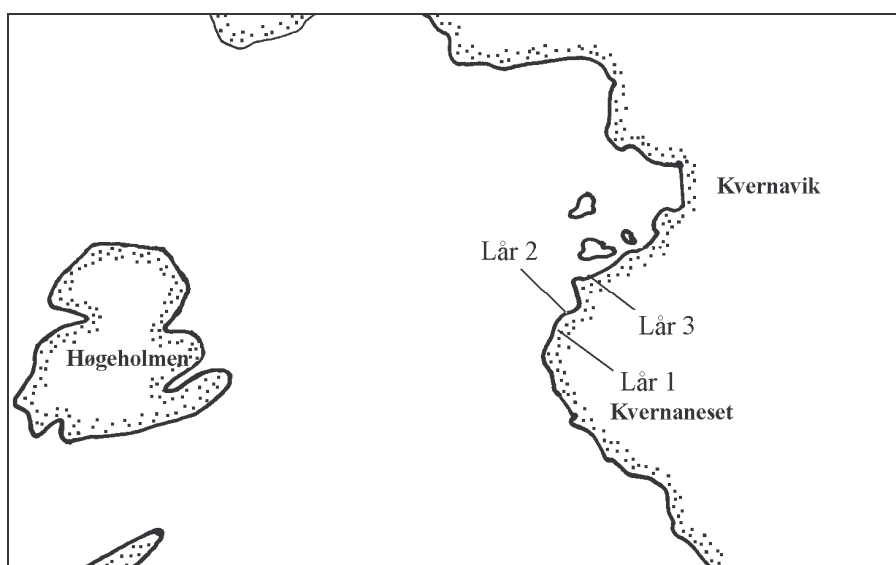
Innsamling av bunnprøver og vannprøver ble foretatt 8.-9. april 2008 fra *Aurelia*. Stasjonsopplysninger er gitt i Tabell 2.1. Posisjonene er tatt fra differensiert GPS (satellitt-navigator) med gradnett WGS-84. Dypet på stasjonene ble målt med fartøyets ekkolodd.



Figur 2.1. Oversiktskart over innsamlingsområdet. Kvadratet viser plasseringen av kartutsnittet for Figur 2.2. Stasjonen er markert med symbol som indikerer miljøforholdene med hensyn på en helhetlig vurdering. ○ = svært bra, ◐ = bra, ◑ = middels, ◒ = dårlige miljøforhold og ● = dødt. Kartkilde Olex.



Figur 2.2. Kartutsnitt over innsamlingsområdet like utenfor Årebrot. Sigevannsledningens utløp er vist på kartet. Stasjonene er markert med symboler som indikerer miljøforholdene med hensyn på en helhetlig vurdering. ○ = svært bra, ◐ = bra, ◑ = middels, ◒ = dårlige miljøforhold og ● = dødt. Kartkilde Olex.



Figur 2.3. Oversikt over de tre semikvantitative littoralstasjonene ved Årebrot.

Tabell 2.1. Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet 8. og 9. april 2008. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Det ble benyttet 0,1 m² van Veen grabb. Full grabb inneholder 17 liter sediment.

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøve volum (l)	Andre opplysninger
St. År ref. 8.4.08	Årebrot 59° 25,626'N 05° 10,464'Ø	130	1	10	Finkornet grått sediment med litt fin grus. Fra 1-3. hugg ble det tatt prøver for analyse av tungmetall og kornfordeling.
			2	10	
			3	11	
			4	11	
			5	12	
			6	11	
			7	12	
			8	10	
St. År 1 9.4.08	Årebrot 59° 26,789'N 05° 14,412'Ø	17	1	4	Grov skjellsand med noen steiner. Mye tare. Fra 1-3. hugg ble det tatt prøver for analyse av tungmetall, PAH, PCB og kornfordeling. Vanskelig å få prøve pga. mye tare, 15 bom hugg.
			2	5	
			3	2	
			4	5	
			5	4	
			6	3	
			7	3	
			8	4	
St. År 2 9.4.08	Årebrot 59° 26,925'N 05° 14,260'Ø	34	1	6	Skjellsand og fin sand. En del tomme blåskjellskall. Fra 1-3. hugg ble det tatt prøver for analyse av tungmetall og kornfordeling. Fire bom hugg.
			2	6	
			3	6	
			4	6	
			5	9	
			6	6	
			7	6	
			8	6	
St. År 3 9.4.08	Årebrot 59° 26,880'N 05° 14,424'Ø	18	1	5	Skjellsand med varierende mengde sand. Noe mørkere sandholdig sediment nede i sedimentet. Noe grovere rødfarget skjellsand i 6. og 8. hugg. Fra 1-3. hugg ble det tatt prøver for analyse av tungmetall og kornfordeling.
			2	4	
			3	6	
			4	6	
			5	6	
			6	6	
			7	6	
			8	6	

2.2.1 Hydrografi

Hydrografiprøver ble tatt på stasjonene År ref og År 3. Måling av temperatur og saltholdighet i vannsøylen ble utført vha. en STD/CTD-sonde SD204. For å hente ut og analysere dataene ble den tilhørende programvaren Minisoft SD200w versjon 3.9.126 benyttet. Tettheten av sjøvannet (σ_t) ble beregnet. Tettheten i sjøvann øker med økende saltholdighet og avtagende temperatur. Til oksygenmålinger ble det tatt vannprøver med Nansen-vannhentere. Oksygeninnholdet (ml/l) i sjøvannsprøver ble bestemt i vannprøver etter Winkler metode og oksygenmetningen (% metning) ble beregnet.

2.2.2 Strandundersøkelser

Strandsonen er leveområde for en rekke alger og dyr med ulike toleranser for de fysiske forholdene i fjæren, som tørrlegging, temperatur og saltholdighet. Mange av algene og dyrene finnes derfor i bestemte soner i fjæren. I tillegg er bølgepåvirkning, bunnsstrat og tilgangen på næringssalter avgjørende faktorer for mengdefordelingen mellom de ulike dyre- og algegruppene.

Det ble foretatt en semikvantitativ undersøkelse på tre stasjoner ved lavvann 26. juni 2008. Ved en semikvantitativ undersøkelse blir forekomsten av alle alger og dyr større enn 1 mm registrert. I denne rapporten ble forekomsten gitt etter en tredelt skala (1: spredt, 2: vanlig, 3: dominerende) som ved undersøkelsen i 2003. Det ble tatt fotografier av stasjonene og strandsonen rundt. Fotodokumentasjonen blir oppbevart hos SAM-Marin.

2.2.3 Sedimentundersøkelser

Fra hver stasjon ble det tatt en blandprøve fra tre hugg til bestemmelse av partikkelfordeling og organisk innhold. 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 ved hjelp av pipetteanalyse (Buchanan 1984). Det organiske innholdet (prosent glødetap) i sedimentet ble bestemt som vekttapet mellom tørrvekt og askefri tørrvekt i samsvar med Norsk Standard 4764.

Sedimentets kornfordeling forteller noe om strømforholdene. I et område med gode strømforhold vil finere partikler bli ført bort og grovere partikler 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.

2.2.4 Kjemiske analyser

Tre parallelle sedimentprøver fra hver av de fire bunnstasjonene ved Årebrot ble pakket i Rilsan miljøposer og lagret i fryseboks inntil de ble analysert ved AnalyCen (akkrediteringsnummer Test 043). Sedimentet ble undersøkt for bly, jern, kadmium, kobber, kvikksølv, nikkel, sink. Sedimentet fra År 1 ble i tillegg undersøkt for PCB, PAH og NPD.

Tabell 2.2. Grenseverdier og inndeling i tilstandsklasser etter miljøgifter i sediment. Klassifisering av de undersøkte parametrene som inngår i Molvær et al. (1997) og Bakke et al. 2007. Organisk karbon er total organisk karbon korrigert for finfraksjonen i sedimentet.

Parameter	Måleenhet	Tilstandsklasse					
		I Bakgrunn (meget god)	II God	III Moderat (mindre god)	IV Dårlig	V Svært dårlig (meget dårlig)	
Dypvann	Oksygen	ml O ₂ /l	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
Sediment	Shannon-Wiener indeks	(H')	>4	4-3	3-2	2-1	<1
	Hurlberts indeks	ESn=100	>26	26-18	18-11	11-6	<6
	Organisk karbon	mg/g	<20	20-27	27-34	34-41	>41
	Bly	mg/kg	<30	30-83	83-100	100-720	>720
	Kadmium	mg/kg	<0,25	0,25-2,6	2,6-15	15-140	>140
	Kobber	mg/kg	<35	35-51	51-55	55-220	>220
	Kvikksølv	mg/kg	<0,15	0,15-0,63	0,63-0,86	0,86-1,6	>1,6
	Nikkel	mg/kg	<30	30-46	46-120	120-840	>840
	Sink	mg/kg	<150	150-360	360-590	590-4500	>4500
	Benzo(a)pyren	µg/kg	<6	6-420	420-830	830-4200	>4200
	PAH	µg/kg	<300	300-2000	2000-6000	6000-20000	>20000
	PCB	µg/kg	<5	5-17	17-190	190-1900	>1900

2.2.5 Bunndyrsundersøkelser

Fra hver bunnstasjon ble det tatt fem grabbprøver som ble undersøkt for bunndyr. Grabben er et kvantitativt redskap, som tar prøver av et fast areal av bløtbunn. I 2008 ble det brukt en 0,1 m² van Veen grabb. Hvor dypt grabben graver ned i bunnen er avhengig av hardheten til sedimentet. For å få et mål på hvor langt ned i sedimentet grabben tar prøve, ble sedimentvolumet av hver grabbprøve målt. Det er ønskelig at en prøve blir tatt ned til 5 cm i

sedimentet, dvs. grabben bør inneholde minst 3 liter sediment. Sedimentet ble deretter 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 konserverte i 4 % formalin og nøytralisert med borax. I laboratoriet ble prøvene skyllet på nytt, dyrene sortert ut fra sedimentrestene og overført til egnet konserveringsmiddel for oppbevaring og artsbestemmelse. Så langt det har latt seg gjøre er dyrene fra prøvene bestemt til art. Opplysninger om antall hugg og sedimentvolum i de enkelte hugg er gitt i Tabell 2.1. Bunn dyrsmaterialet er oppbevart på Zoologisk museum ved Universitetet i Bergen. Komplet artsliste er presentert i Vedleggstabell 2. Artslisten 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'), jevnhet (J) og ES_{100} beregnet (univariat analyse). Faunen ble sammenliknet med historiske data ved hjelp av to multivariate metoder; clusteranalyse og MDS. De uni- og multivariate metodene er beskrevet nærmere i det Generelle Vedlegget.

3 RESULTATER OG DISKUSJON

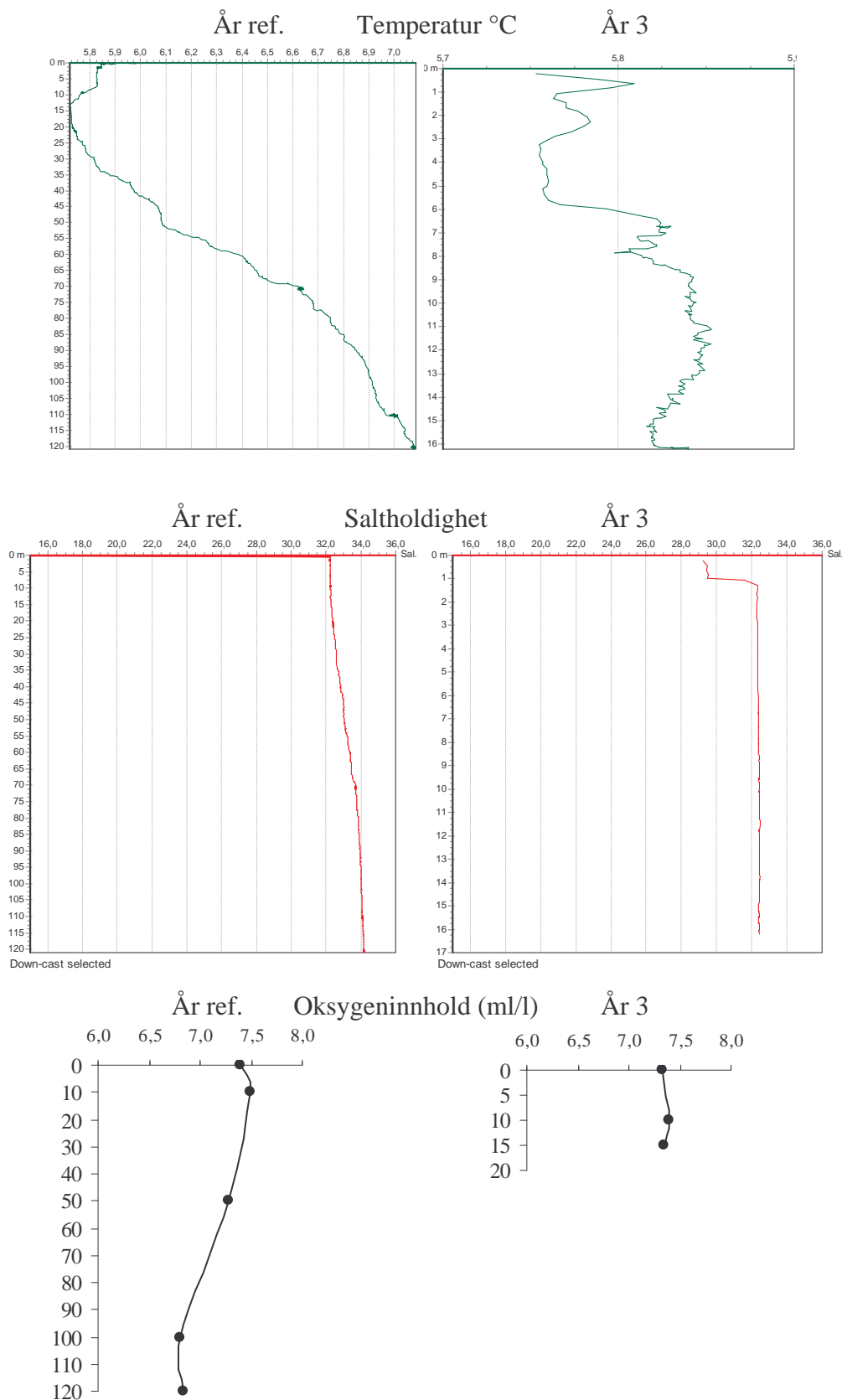
3.1. Hydrografi

Resultatene fra målingene er vist i Figur 3.1 og Tabell 3.1. Målingene ble foretatt fra overflaten til like over bunnen, og gir et øyeblikksbilde av forholdene i vannsøylen på de aktuelle stasjonene.

På referansestasjonen År ref sank temperaturen fra 5,8 °C i overflaten til 5,7 °C på 15 m dyp før den steg til 7,1 °C ved bunnen. Saltholdigheten steg fra 32,2 i overflaten til 34,2 ved bunnen. Oksygeninnholdet var tilfredsstillende i hele vannsøylen. På År 3 var det et noe ferskere lag i overflaten med en saltholdighet på 29,9. Utover dette var det bare små endringer nedover i vannsøylen.

Det er god vannutskifting i området, og tilfredsstillende oksygeninnhold i bunnvannet på begge stasjonene og fikk SFT's tilstandsklasse - I meget god.

Seksjon for anvendt miljøforskning



Figur 3.1. Temperatur, saltholdighet og oksygeninnhold plottet mot dypet på stasjonene År ref. og År 3.

Tabell 3.1. Hydrografimålinger fra april 2008.

Stasjon	Dato	Dyp (m)	Saltholdighet	Temperatur (°C)	Tetthet (σ_t)	Oksygen (ml/l)	Oksygen (% metning)	Sikt (m)
År ref	08.04.2008	1	32,23	5,85	25,39	7,40	100	11
		2	32,24	5,83	25,40			
		3	32,25	5,83	25,42			
		5	32,25	5,83	25,42			
		7	32,23	5,83	25,42			
		10	32,25	5,76	25,46	7,49	101	
		15	32,28	5,73	25,51			
		20	32,40	5,73	25,62			
		25	32,48	5,77	25,71			
		30	32,59	5,82	25,81			
		40	32,82	5,97	26,02			
		50	33,03	6,09	26,22	7,28	98	
		60	33,39	6,39	26,51			
		70	33,71	6,62	26,78			
		80	33,85	6,75	26,91			
90	33,96	6,85	27,03					
100	34,04	6,91	27,13	6,80	92			
120	34,17	7,08	27,31	6,84	92			
År 3	09.04.2008	1	29,92	5,77	23,57	7,32	99	12
		2	32,32	5,78	25,47			
		3	32,32	5,76	25,48			
		5	32,34	5,76	25,50			
		7	32,41	5,83	25,56			
		10	32,42	5,84	25,58	7,39	100	
15	32,41	5,82	25,60	7,34	99			

3.2 Strandundersøkelser

Det ble foretatt en undersøkelse av strandsonen 26. juni 2008. Artslisten fra undersøkelsen er vist i Vedleggstabell 1. I alt ble det funnet 40 arter, noe som er på nivå med det som er funnet tidligere (Tabell 3.2). Utbredelsen av de mest dominerende artene hadde ikke endret seg siden undersøkelsen i 2003.

Tabell 3.2. Antall arter registrert på de tre undersøkte stasjonene i 2003 og 2008. I 1998 ble bare ett større område undersøkt.

År	Lår 1	Lår 2	Lår 3	Totalt
15. juni 1998				44
30. juni 2003	26	30	30	42
26. juni 2008	21	22	28	40

Innerst i Kvernevik var det ved undersøkelsen i 2008 et rustfarget belegg i strandsonen (Figur 3.2). Belegget var imidlertid ikke like fremtredende i 2008 som i 2003. Det var fortsatt store mengder strandsnegl i dette området, som trolig beiter ned algene i området. Det ble også registrert misfargede tangplanter.



Figur 3.2. Oversiktbilder fra undersøkelsen i 2003 A) og 2008 B) og C).

3.3 Sedimentundersøkelser

Resultatene fra de sedimentbeskrivende undersøkelsene (partikkelanalyse og glødetap) er gitt i Tabell 3.3 og Figur 3.3

Sedimentet på referansestasjonen, År-ref. bestod av grå og finkornet sand og hadde et leir/silt innhold på 18 % i 2008. Leir/silt innholdet på denne stasjonen ble målt til 20 % i 2003 og 28 % (korrigert verdi) i 1998.

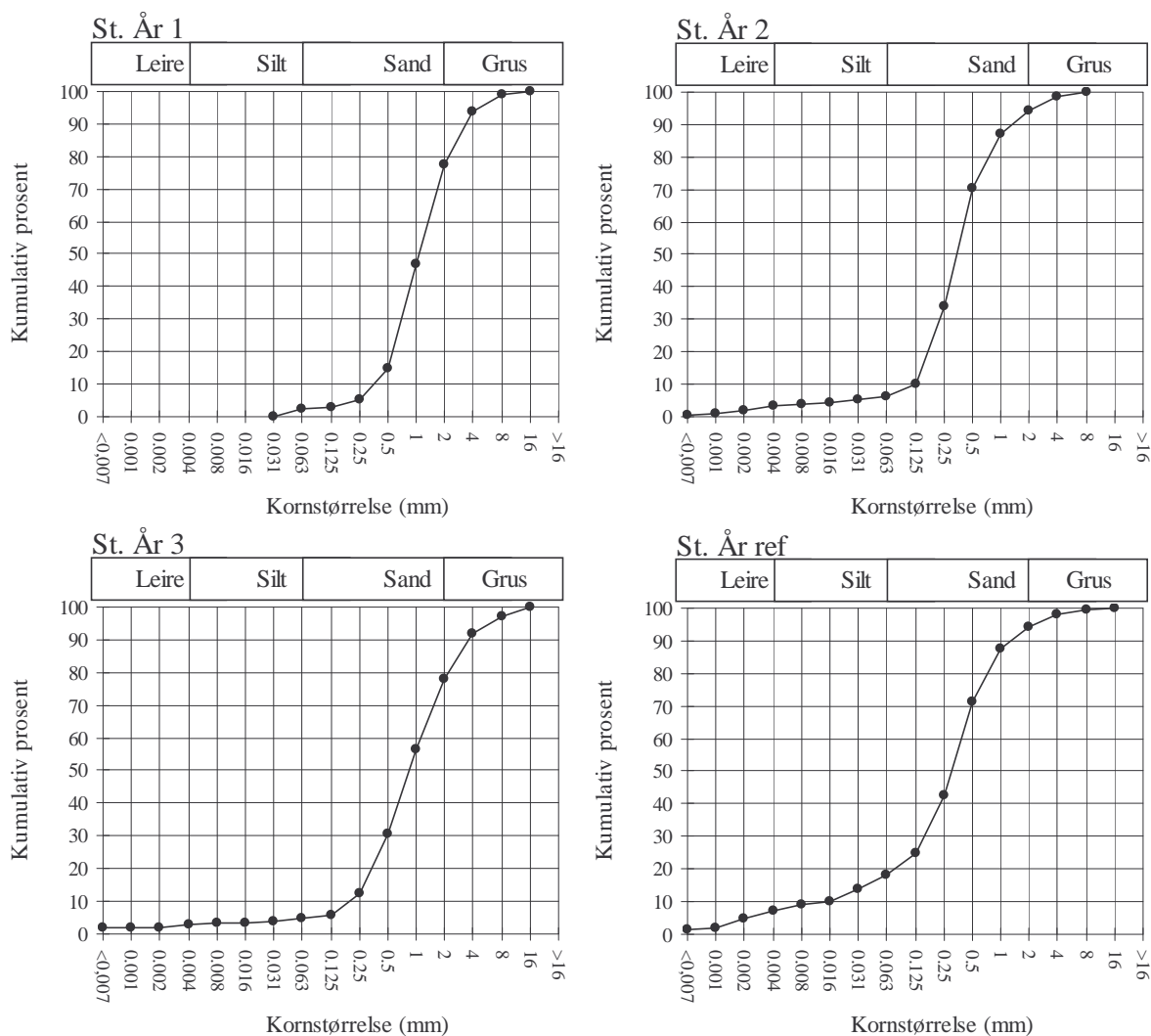
Sedimentet på de tre stasjonene År 1, År 2 og År 3 bestod av skjellsand. Leir/silt innholdet varierte fra 2 % til 6 % i 2008, og var i samme størrelsesorden som i 1998 og 2003. Sandinnholdet var henholdsvis 75 %, 88 % og 74 % på År 1, År 2 og År 3. Til sammen utgjorde sand og grus mer enn 94 % på hver av disse tre stasjonene, noe som indikerer meget gode strømforhold i dette området.

Det organiske innholdet i bunnsedimentet var lavt på stasjonene År 1, År 2 og År 3 og ble målt til 3,1-5,3 % i 2008, tilsvarende det som ble målt i 2003 (3,1-4,1 %) og 1998 (2,4-2,9 %). På stasjon År-ref ble innholdet av organisk materiale målt til 2,7 % i 2008, mens det var 4,8 % i juni 1998 og til 4,9 % i februar 2003. Målingene som ble foretatt i juli 1997 lå på omtrent samme nivå. Tilførselen av organisk materiale er ikke så stor at det blir opphopning av organisk materiale på bunnen. Ved prøvetakingen i 2008 ble det observert mye tare på bunnen som i 2003 og 1998.

Tabell 3.3. Prosentvis innhold av organisk materiale (% glødetap), leir, silt, leire+silt (finfraksjon), sand og grus i sedimentet fra de undersøkte stasjonene i 2008.

Stasjon	Organisk innhold (% glødetap)	Leire (%)	Silt (%)	Leire+Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
År 1	5.3	0	2	2	75	22
År 2	3.1	3	3	6	88	6
År 3	3.2	3	2	5	74	22
År ref.	2.7	7	11	18	76	6

Seksjon for anvendt miljøforskning



Figur 3.3. Kornfordelingskurver fra sedimentet på de undersøkte stasjonene i 2008. Kornfordelingen (mm) er vist langs x-aksen og kumulativ vektprosent langs y-aksen.

3.4 Kjemianalyser

Resultatene fra kjemianalysene av sedimentet er vist i Tabell 3.4 - 3.5, Figur 3.4 og Vedleggstabell 6. I vedlegget er det også tatt med en kort beskrivelse av et utvalg av de undersøkte kjemiske parametrene.

Tabell 3.4. Gjennomsnittsverdier med standardavvik for tungmetaller, PAH og PCB fra 3 paralleller i sedimentet i 2008. Fargekodene I: Bakgrunn, II: God, III: Moderat, IV: Dårlig og V: Svært Dårlig angir SFT's tilstandsklasser for de parametrene hvor det er utarbeidet tilstandsklasser. Jern inngår ikke i SFT's manual.

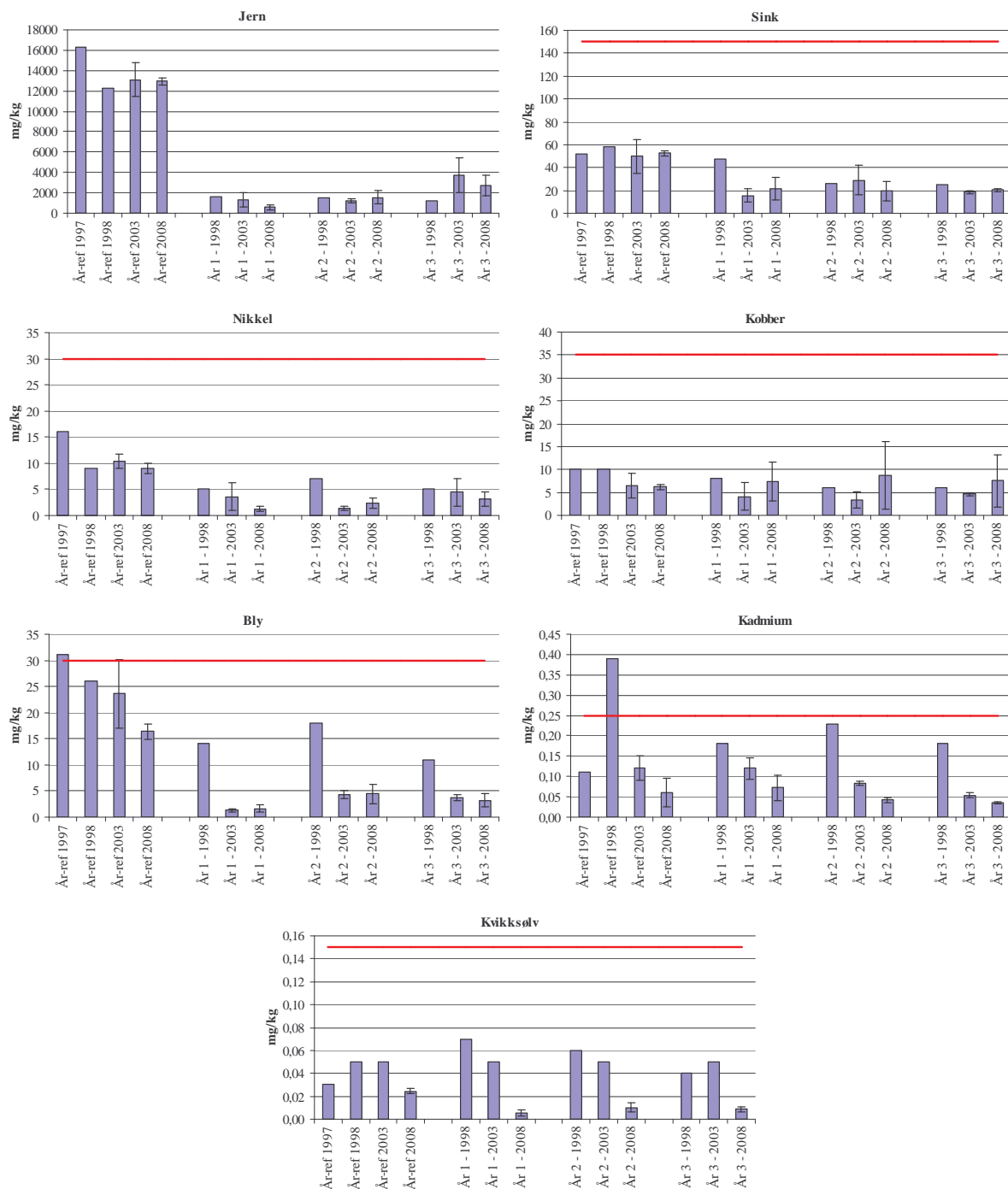
Stasjon	År 1		År 2		År 3		År ref	
Hugg	Snitt	Sd	Snitt	Sd	Snitt	Sd	Snitt	Sd
Metaller (mg/kg)								
Bly	1,6	I 0,7	4,4	I 1,9	3,2	I 1,2	16,3	I 1,5
Jern	553	227	1547	682	2667	1007	12933	379
Kadmium	0,072	I 0,030	0,042	I 0,006	0,034	I 0,003	0,060	I 0,035
Kobber	7,3	I 4,2	8,7	I 7,4	7,5	I 5,7	6	I 1
Kvikksølv	0,006	I 0,003	0,010	I 0,004	0,009	I 0,002	0,024	I 0,002
Nikkel	1,2	I 0,5	2,4	I 1,0	3,1	I 1,3	9,0	I 1,0
Sink	22	I 10	19	I 9	20	I 2	52	I 2
PCB(7) (mg/kg)	<0,002	I -						

Metaller

Konsentrasjonene av de undersøkte metallene lå alle i SFT's tilstandsklasse I (Bakgrunn) med unntak av jern som ikke inngår i SFT's manual. Det ble ikke funnet noen større endringer i konsentrasjonene av de undersøkte tungmetallene sammenlignet med forrige undersøkelse. De noe høyere verdien på referansestasjonen har sammenheng med at et mer finkornet sediment på denne stasjonen som "holder" bedre på metallene.

I 1997 og 1998 ble det bare tatt en prøve fra hver stasjon. Dette kan forklare forskjellene i verdiene av bly og kadmium i 1998 sammenlignet med de andre målingene.

Seksjon for anvendt miljøforskning



Figur 3.4. Innhold av tungmetaller i sedimentet ved de undersøkte stasjonene fra 1997 til 2008. Det ble bare tatt en enkel prøve fra hver stasjon ved undersøkelsene i 1997 og 1998, mens det for 2003 og 2008 tatt tre paralleller. For 2003 og 2008 er gjennomsnittsverdien med standardavviket presentert i figuren. Kvikksølv ble ikke detektert i 2003 og søylene i figuren angir deteksjonsgrensen. Rød strek angir grensen mellom SFT's tilstandsklasse I og II.

Polysykliske Aromatiske Hydrokarboner (PAH)

Innholdet av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i sedimentet på stasjon År 1 fra 2008 og 2003 er vist i Tabell 3.5. Det ble funnet litt lavere innhold av benzo(a)pyren i 2008

sammenlignet med 2003. Siden de nye grenseverdiene i klassifiseringssystemet til SFT er lavere, kom den gjennomsnittlige konsentrasjonen av benzo(a)pyren i sedimentet i 2003 i tilstandsklasse II (god), mens det i 2008 lå i SFT's tilstandsklasse I (bakgrunn). Summen av de 16 PAH forbindelsene hadde økt litt i 2008 sammenlignet med 2003, men var fortsatt godt innenfor SFT's tilstandsklasse I (bakgrunn), som har en øvre grense på 300 µg/kg.

Tabell 3.5. Konsentrasjonen av PAH og benzo(a)pyren i sedimentet på stasjon År 1 (målt som µg/kg tørrstoff). Fargekodene I: Bakgrunn, II: God, III: Moderat, IV: Dårlig og V: Svært Dårlig angir SFT's tilstandsklasser.

År	2003			2008		
	Snitt		s.d.	Snitt		s.d.
Benzo(a)pyren	6,5	II	4,3	2,27	I	2,64
Sum PAH-16 uten naftalen	70,2	I	38,4	107	I	12

Polyklorerte bifenyler (PCB)

Innholdet av PCB ble målt i sedimentet fra År 1 (Tabell 3.4). Det ble ikke funnet PCB verdier over deteksjonsgrensen ved undersøkelsen i 2008 som ved undersøkelsen i 2003. Deteksjonsgrensen var i 2008 på 0,002 mg/kg. Øvre grense for SFT's tilstandsklasse er 0,005 mg/kg. Dette plasserer målingene fra 2008 i SFT's tilstandsklasse I (Bakgrunn).

3.5 Bunnundersøkelser

Resultatene fra bunnundersøkelsene i de tre områdene er presentert i Tabell 3.6, Figur 3.5-3.6 og Vedleggstabell 2 - 5.

På referansestasjonen År ref ble det i 2008 funnet 115 arter med til sammen 979 individer på 0,5 m². Diversiteten ble beregnet til 5,82, og plasserer stasjonen i SFT's tilstandsklasse I (Meget god). Dette er litt flere arter og individer enn hva som er funnet tidligere (Tabell 3.6). Diversiteten har også økt for hver undersøkelse. Den foreslåtte nye indeksen NQI viser også at det er blitt en rikere fauna på stasjonen (Tabell 3.6). Fordelingen av arter i de ulike geometriske klassene viser små endringer i forhold til tidligere (Figur 3.5). Av de mest tallrike artene var det sju børstemarkar hvor børstemarken *Eclysippe vanelli* var den mest tallrike.

Stasjon År 1 som ligger like ved sigevannsutslippet hadde i 2008, 50 arter med til sammen 2455 individer. Dette gav en diversitet på 2,47 som plasserer stasjonen i SFT's tilstandsklasse III (Mindre God). Dette er en bedring i forhold til tidligere da et høyt individantall og noe lavere artsantall har gitt en lavere diversitet og dårligere miljøtilstand i henhold til SFT's manual (Tabell 3.6). Også den nye indeksen NQI viser en bedring av bunnfaunaen på stasjonen. De geometriske klassene viste en positiv utvikling ved at det var flere arter i den første geometriske klassen og ingen arter i geometrisk klasse XIII og XIV slik som tidligere

(Figur 3.5). Den mest tallrike gruppa var fåbørstemarkene (*Oligochaeta*) med 1208 individer. Den nestmest talrike arten var børstemarken *Malacoceros fuliginosa* med 673 individer. Både fåbørstemarkene og børstemarkene *Malacoceros fuliginosa* og *Capitella capitata* kan opptre i stort antall i områder med tilførsel av organisk materiale. Faunasammensetningen tyder på at stasjonen blir tilført organisk materiale. Dette kan komme fra hovedkloakken for Haugesund som slippes ut 200 m sør for stasjonen (Figur 2.1). Stasjonen blir også tilført organisk materiale fra løsrevet tang og tare. Fåbørstemarkene og børstemarken *Malacoceros fuliginosa* har også tidligere vært de mest talrike, men da med et enda høyere individantall. Det høye individantallet til disse artene trekker ned diversiteten.

I prøvene fra stasjon År 2 ble det i 2008 funnet 53 arter med til sammen 1036 individer. Diversiteten ble beregnet til 4,40 som gav SFT's tilstandsklasse I (Meget god) som ved undersøkelsene i 1998 og 2003 (Tabell 3.6). Det var ingen sterkt dominerende arter i prøvene. Den mest tallrike arten var børstemarken *Mediomastus fragilis* med 140 individer som utgjorde 13,5 % av alle individene (Vedleggstabell 5).

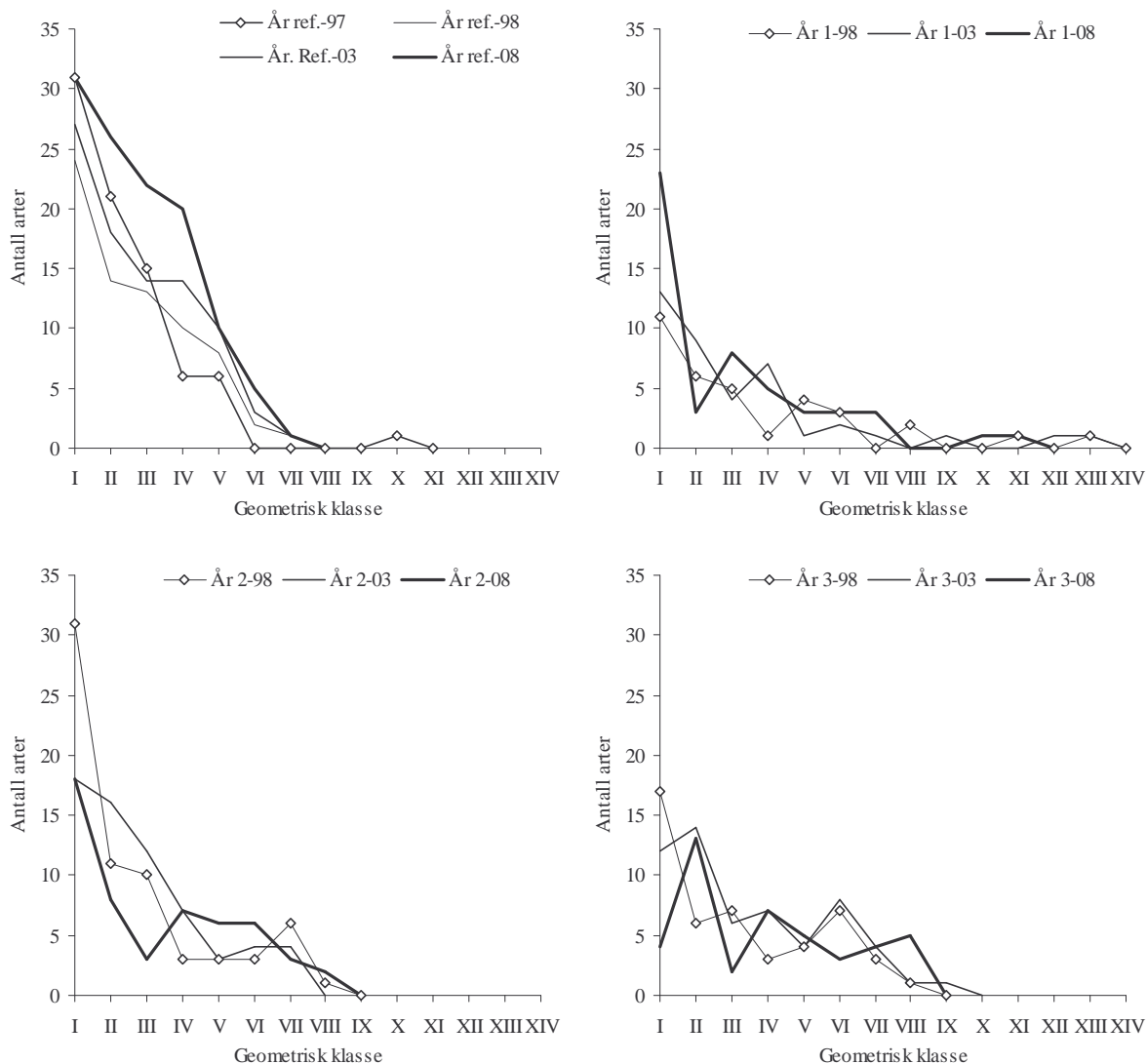
I sedimentet fra År 3 ble det i 2008 funnet 43 arter med til sammen 1443 individer. Diversiteten ble beregnet til 4,22 noe som plasserer stasjonen i SFT's tilstandsklasse I (Meget god), som i 1998 og 2003 (Tabell 3.6). Den mest tallrike arten var børstemarken *Glycera lapidum* med 168 individer som utgjorde 17,3 % av alle individene registrert i prøvene. I 2008 var det noe færre arter i den første geometriske klassen enn hva som er funnet tidligere. Forøvrig var det ingen større endringer sammenlignet med tidligere.

I de multivariate analysene grupperes dataene fra År ref i en gruppe, År 1 i en gruppe og År 2 og År 3 i en gruppe (Figur 3.6). Dette viser at det har vært forholdsvis små endringer i bunnfaunaen på stasjonene. Den største endringen er på År ref fra 1997 til 1998. Dette kan komme av at et annet laboratorium opparbeidet prøvene i 1997.

Tabell 3.6. Antall individer og arter, artsdiversitet, jevnhet, ES₁₀₀, AMBI og NQI-1. Fargekodene I: Meget god, II: God, III: Mindre god, IV: Dårlig og V: Meget Dårlig angir SFT's tilstandsklasser for de parametrene hvor det er utarbeidet tilstandsklasser. Den foreslåtte klassifiseringen for NQI er vist i det generelle vedlegget.

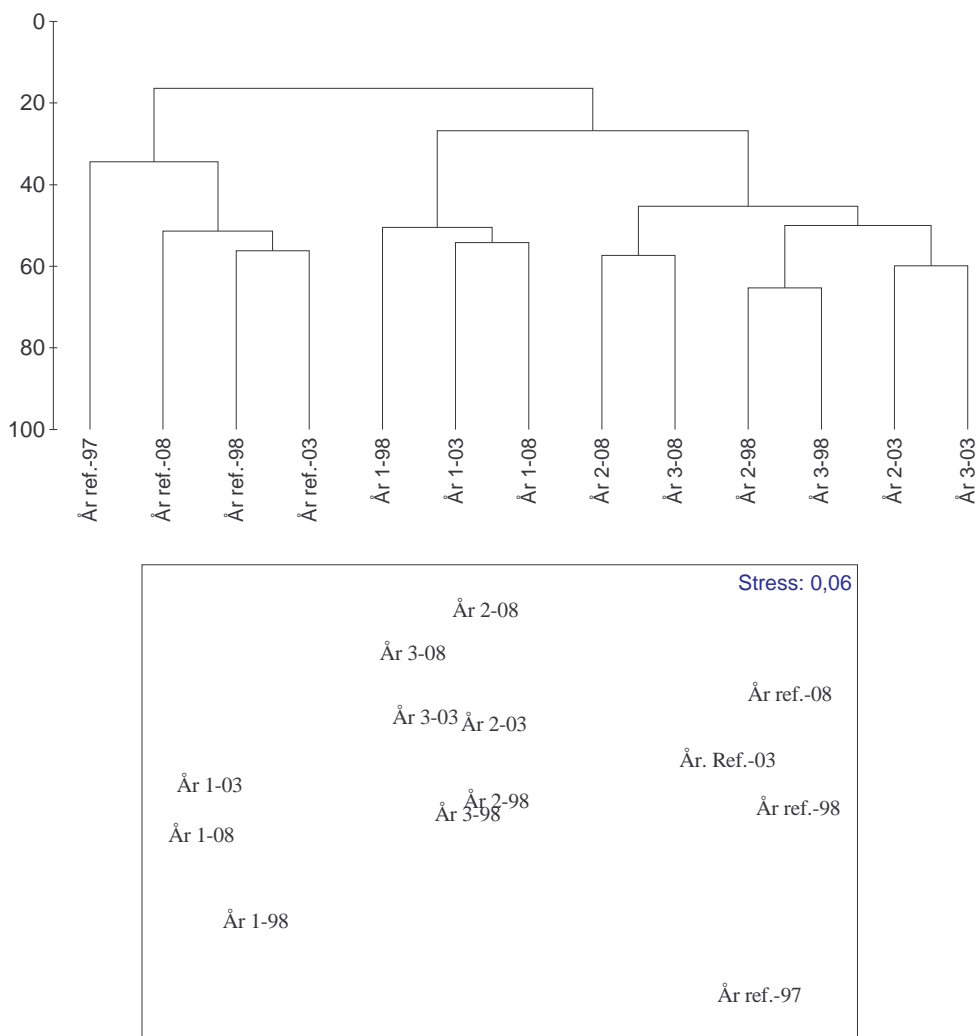
Stasjon	m ²	Antall arter	Antall individer	Jevnhet (J)	Diversitet (H')	ES ₍₁₀₀₎	AMBI	NQI-1
År ref.-97	0,4	80	838	0,49	3,11 II	26,44 I	2,72	0,73
År ref.-98	0,4	72	571	0,83	5,14 I	37,36 I	2,32	0,76
År ref.-03	0,5	87	735	0,84	5,40 I	41,14 I	2,41	0,76
År ref.-08	0,5	115	979	0,85	5,82 I	47,43 I	1,47	0,85
År 1-98	0,4	34	7223	0,31	1,56 IV	7,30 IV	5,71	0,39
År 1-03	0,5	40	7845	0,28	1,48 IV	6,45 IV	5,47	0,42
År 1-08	0,5	50	2455	0,44	2,47 III	13,92 III	4,69	0,52
År 2-98	0,4	68	1063	0,70	4,25 I	23,99 II	3,27	0,67
År 2-03	0,5	64	722	0,78	4,69 I	30,55 I	2,27	0,74
År 2-08	0,5	53	1036	0,77	4,40 I	25,68 II	2,66	0,69
År 3-98	0,4	48	973	0,74	4,16 I	22,58 II	3,11	0,65
År 3-03	0,5	57	1535	0,74	4,32 I	25,25 II	2,54	0,69
År 3-08	0,5	43	1443	0,78	4,22 I	22,30 II	2,36	0,68

Seksjon for anvendt miljøforskning



Figur 3.5. Antall arter (langs y-aksen) og geometiske klasser (langs x-aksen) i prøvene. Årstallene og stasjonsnummer er oppgitt i figurene. Prøvearealet på de ulike stasjonene er oppgitt i tabellen som viser diversiteten.

Seksjon for anvendt miljøforskning



Figur 3.6. Dendrogram fra clusteranalyse og MDS-plott av bunnfaunaresultatene fra de undersøkte stasjonene. Analysene er utført på stasjonsnivå Basert på Bray-Curtis indeks. Beregningene er foretatt på fjerderots-transformerte artsdata. Prøvearealene er angitt i diversitetstabellen. Med forkortelsen År 2-08 menes stasjon År 2 fra 2008. Stressverdien fra Mds-plottet er 0,06.

4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse foretatt ved Årebrot avfallsplass i 2008. Rapporten omfatter undersøkelser av hydrografi, strandsoner, kjemiske undersøkelser av sedimentet og bunnfauna analyser. Sedimentprøvene ble samlet inn i april mens strandsonen ble undersøkt i juni. Resultatene fra årets undersøkelse er sammenlignet med resultatene fra undersøkelsene i 1997, 1998 og 2003.

Fra deponiet ble tatt i bruk i 1964 og frem til 2007 er det deponert om lag 567 000 tonn avfall. Sigevannsledningens utslippspunkt er plassert ifølge utslippstillatelsen på ca. 15 m dyp innenfor Høgeholmen.

Hovedresultatene fra undersøkelsen er gjengitt i Tabell 4.1. Verdiene er fargelagt etter Statens forurensningstilsyns kriterier for miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Dette systemet deler miljøforhold og forurensning inn i fem klasser (I-V) hvor I er best.

Tabell 4.1. Miljøtilstandsklasse for hver av de undersøkte parametrene fra 1997 til 2008. Fargekodene I: Bakgrunn (Meget God), II: God, III: Moderat (Mindre god), IV: Dårlig og V: Svært Dårlig (Meget Dårlig) angir SFT's tilstandsklasser for de parametrene hvor det er utarbeidet tilstandsklasser.

	År ref.				År 1			År 2			År 3		
	1997	1998	2003	2008	1998	2003	2008	1998	2003	2008	1998	2003	2008
Bly	31,0	26,0	23,63	16,30	14,0	1,34	1,60	18,0	0,81	4,40	11,0	0,64	3,20
Jern	16305	12303	13100	12933	1602	1317	553	1513	184	1547	1214	1697	2667
Kadmium	0,11	0,39	0,12	0,06	0,18	0,12	0,07	0,23	0,01	0,04	0,18	0,01	0,03
Kobber	10,15	10,00	6,42	6,0	8,00	4,12	7,3	6,00	1,85	8,7	6,00	0,33	7,5
Kvikksølv	0,03	0,05	<0,05	0,02	0,07	<0,05	0,01	0,06	<0,05	0,01	0,04	<0,05	0,01
Nikkel	16,08	9,00	10,4	9,0	5,00	3,61	1,2	7,00	0,38	2,4	5,00	2,67	3,1
Sink	51,65	58,0	49,7	52,0	47,0	15,6	22,0	26,0	12,9	19,0	25,0	1,2	20,0
Benzo(a)pyren					6,5	2,3							
PAH					70,2	107							
PCB					<0,07	<0,002							
Bunnfauna													
Diversitet (H')	3,11	5,14	5,40	5,82	1,56	1,48	2,47	4,25	4,69	4,40	4,16	4,32	4,22

Det er god vannutskifting i området, og tilfredsstillende oksygeninnhold i bunnvannet på begge stasjonene som ved de tidligere undersøkelsene.

Det ble ikke registrert noen vesentlige endringer i strandsonen sammenlignet med 2003. På de tre semikvantitative stasjonene nedenfor deponiet kunne en ikke se noen endringer i flora og fauna sammensetningen sammenlignet med tidligere. Livet i strandsonen var fortsatt påvirket

i et lite avgrenset område ved overløpet fra fyllingen. Det ble imidlertid funnet en redusert utbredelse av det rustfargede belegget i strandsonen i dette området.

Innholdet av de undersøkte tungmetallene, polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og polyklorerte bifenyler (PCB) var i SFT's tilstandsklasse I (bakgrunn) på alle stasjonene.

Innholdet av tungmetallene var generelt lavere i 2008 sammenlignet med tidligere år.

Innholdet av PAH og PCB var uendret sammenlignet med 2003.

Bunnfaunen fikk beste tilstand på stasjonene År ref, År 2 og År 3. På År 1 er bunnfaunaen påvirket av tilførsel av organisk materiale. Det antas at det organiske materialet kommer fra hovedkloakken fra Haugesund, som slippes ut 200 m sør for stasjonen, og fra løsrevet tang og tare. I 2008 fikk stasjonen SFT's tilstand II (God). Dette er opp en tilstandsklasse sammenlignet med de to tidligere undersøkelsene.

Gode strømforhold og stor bølgeeksponering gjør at det undersøkte området utenfor Årebrot er gunstig resipient for sigevannet fra deponiet. Miljøforholdene må imidlertid følges opp med jevne mellomrom for å se at floraen og faunaen i området ikke tar skade.

5 TAKK

Vi vil takke T. Sørlie ombord på *Aurelia* for et hyggelig tokt. Partikkel- fordelingsanalysene og bestemmelsen av organisk innhold i sedimentet er utført av H. Grønning. Sorteringen av bunnprøvene er utført av A. Amin, T. Kronstad og R. Tveiten. P. Johannessen har artsbestemt bunnfaunaen. T. Ensrud og E. Heggøy deltok på toktet.

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. In: Holme, NA, McIntyre, AD, editors. *Methods for the study of marine benthos*. Oxford, Blackwell scientific publications. s. 41-65.
- Field, J.G., K.R. Clarke, R.M. Warwick 1982. A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. - *Marine Ecology Progress Series* 8:37-52.
- Hovgaard, P. 1973. A new system of sieves for benthic samples. *Sarsia* 53:15-18.
- Johannessen P, Hjohlman S, Botnen H. Undersøkelse av miljøforholdene ved Årabrot avfalls plass i Haugesund i 1998. IFM Rapport nr. 5 - 1999. Universitetet i Bergen. 43 s.
- Johansen P-O, Heggøy E, Vassenden G, Botnen B, Johannessen P. 2003. Undersøkelse av miljøforholdene ved Årebrot avfalls plass ved Haugesund i 2003.
- 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.
- Myhrvold A, Eriksen V, Hjohlman S, Jakobsen N, Brattenborg N, Tvedten ØF. 1998. *Grunnlagsundersøkelse ved Årabrot - Etablering av utslipp av kommunal avløpsvann fra Haugesund kommune*. RF98/005. Åpen Rapport. Rogalandforskning 28 s.
- Norsk Standard NS 4764: 1980. Vannundersøkelse. Tørrstoff og gløderest i vannslam og sedimenter. *Norges Standardiseringsforbund*.

7 VEDLEGG

Vedleggstabell 1. Litoral artsliste	27
Vedleggstabell 2. Artsliste bunndyr.....	29
Vedleggstabell 3. Geometriske klasser	37
Vedleggstabell 4. Univariante analyser.	38
Vedleggstabell 5. De mest tallrike artene.....	39
Vedleggstabell 6. Analysebevis.....	41
GENERELL VEDLEGGSDDEL	47
Analyse av bunndyrsdata	47
Litt om de undersøkte kjemiparametrene	55

Vedleggstabell 1. Litoral artsliste



UNIVERSITETSFORSKNING BERGEN AS
SEKSJON FOR ANVENDT
MILJØFORSKNING (SAM)
Høyteknologisenteret i Bergen,
Thormøhlensgate 49, 5006 Bergen
Telefon: 55 58 44 64 Telefaks: 55 58 45 25



ARTSLISTE FOR SEMIKVANTITATIV LITORALUNDERSØKELSE

Oppdragsgiver (navn og adresse): HIM Haugaland Interkommunal Miljøverk – Årebrot Miljøpark, 5574 Skjold.

Prosjekt nr.: 801607.

Prøvetakingssted (område): Årebrot.

Dato for prøvetaking: 26. juni 2008.

Ansvarlig for prøvetaking (firma): UNIFOB, SAM-Marin.

Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: Ingen.

Artene identifisert av: Erling Heggøy.

Metode: Materialet er framskaffet i henhold til akkreditering gitt av Norsk Akkreditering til prøvetaking og taksonomisk analyse under akkrediteringsnummer Test 157. Undersøkelsen følger NS-EN ISO 19493:2007 og interne standard forskrifter.

Opplysninger om merker i artslisten:

På hver stasjon er 8 meter strandlinje målt opp. Mengden av hver art blir gitt ut fra det nivå i fjæresonen hvor den har størst utbredelse.

cf foran et artsnavn betyr at artsbestemmelsen er usikker.

* ved art angir at det er knyttet avvik til prøven.

Andre opplysninger:

Tabellen starter på neste side og består av 1 side(r).

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

Signatur: 
Signaturberettiget

Seksjon for anvendt miljøforskning

Side 1/1				
Artsnavn	Stasjon	Lår 1	Lår 2	Lår 3
RØDALGER				
Aglaothamnion sepositum		3	3	2
Ceramium shuttleworthianum		3	2	2
Ceramium sp.		1		
Chondrus crispus				1
Corallina officinalis		2	2	3
Hildenbrandia rubra		1	1	1
Mastocarpus stellatus		3	3	2
Membranoptera alata				1
Palmaria palmata			2	
Phymatolithon lenormandii		2	2	1
Polysiphonia brodiaei			1	
Polysiphonia stricta			1	
Porphyra umbilicalis		3	3	1
BRUNALGER				
Alaria esculenta		3	3	1
Chordaria flagelliformis				1
Elachista fucicola				1
Fucus serratus		1		2
Fucus vesiculosus				1
Laminaria digitata		2	3	3
Petalonia fascia				1
Ralfsia sp.				1
Leathesia difformis				1
GRØNNALGER				
Acrosiphonia arcta		1	1	
Chaetomorpha sp.				1
Chaetomorpha aera		1		
Cladophora rupestris				1
Ulva sp		1	1	1
Prasiola stipitata		1		
LAV OG BLÅGRØNNALGE				
Calothrix sp., Verrucaria maura		3	3	
FASTSITTENDE DYR				
Anthozoa indet.			1	
Actinia equina				1
Bryozoa indet (skorpe)				1
Bryozoa indet (kalk) Umbonula littoralis				1
Membranipora membranacea				1
Mytilus edulis		2	2	
Semibalanus balanoides		3	3	3
FRITTLIVENDE DYR				
Amphipoda indet.		1	3	
Littorina littorea			1	
Nucella lapillus		2	1	3
Patella vulgata		3	3	3

Vedleggstabell 2. Artsliste bunndyr



UNIVERSITETSFORSKNING BERGEN AS
SEKSJON FOR ANVENDT
MILJØFORSKNING (SAM)
Høyteknologisenteret i Bergen, 5006 Bergen
Telefon: 55 58 44 64 Telefaks: 55 58 45 25



BENTHOS ARTSLISTE

Oppdragsgiver (navn og adresse): HIM Haugaland Interkommunal Miljøverk – Årebrot Miljøpark, 5574 Skjold.

Prosjekt nr.: 801607.

Prøvetakingssted (område): Årebrot, Sletta.

Dato for prøvetaking: 8.-9. april 2008.

Ansvarlig for prøvetaking (firma): UNIFOB Sam-marin.

Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: Ingen.

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 7 sider.

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

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

Seksjon for anvendt miljøforskning

Side 1/7	Stasjon:	År 1	År 1	År 1	År 1	År 1	År 2	År 2	År 2	År 2	År 2
		09.04.2008					09.04.2008				
	Taksa Hugg nr.:	4	5	6	7	8	4	5	6	7	8
*	PORIFERA indet.		+	+	+	+					
	CNIDARIA										
*	HYDROZOA										
*	Hydrozoa indet.	+	+	+	+++	+++	+	+			
*	ANTHOZOA										
	Cerianthus lloydii						1	5	4	3/1	0/1
	Edwardsia sp.						8	11	11	5	1
	Actinidae indet.	4	4		2	1					
*	PLATYHELMINTES indet.					1					
*	NEMERTINI indet.	2	4	1	6	3	8	6	1	6	3
*	NEMATODA indet.	30	40	50	50	30	20	30	30	20	2
	ANNELIDA										
	POLYCHAETA										
	Polynoidae indet.		1								
	Malmgreniella lunulata						2	1			
	Levinsenia gracilis							1			
	Pholoe assimilis	2									
	Pholoe baltica					1	2	6	3	2/1	2
	Phyllodoce groenlandica		10/1	6	2	1					
	Eumida sanguinea						1				
	Eteone longa						2/1	4/1	2	3	3
	Kefersteinia cirrata	2	19/1	2/1	11	4/1		0/1	0/1		
	Syllidae indet.		2			3	1	4	1	5	2
	Langerhansia cornuta		1								
	Exogone sp.	1	1	3				11	2	2	1
	Ceratocephale loveni	1									
	Nereis pelagica		1								
	Platynereis dumerilii		1								
	Glycera lapidum						11/3	21/9	18/11	24/2	9
	Goniada maculata							0/1			
	Lumbrineridae indet.						2	4	4	4	
	Protodorvillea kefersteini						1	2	11	1	
	Ophryotrocha sp.		4	2		1					
	Naineris quadricuspida		0/1								
	Orbinia sp										1
	Scoloplos armiger						24/4	29/1	22/1	20/3	24/1
	Aonides paucibranchiata						9	17/3	32/2	8/4	8/1
	Aonides oxycephala	44/1		28/6		1	5/1	4	7/3	3/3	4
	Malacoceros fuliginosa		212/19	200/8	213/3	14/4					
	Malacoceros vulgaris						1	22	6	6	1
	Polydora sp.		1					1	2		
	Prionospio cirrifera						4	12/1	9	9	3
	Prionospio fallax							1			
	Spio sp.						5	4	5	4	1
	Spiophanes bombyx						5	1		0/1	2
	Chaetozone sp					1	16	10	5	11	31
	Aphelochaeta sp.						13	20		11	6
	Lipobranchus jeffreysii							1			

Seksjon for anvendt miljøforskning

Side 2/7	Stasjon:	År 1	År 1	År 1	År 1	År 1	År 2	År 2	År 2	År 2	År 2
		09.04.2008					09.04.2008				
Taksa	Hugg nr.:	4	5	6	7	8	4	5	6	7	8
Capitella capitata			31/4	13/2	12	43/1					
Mediomastus fragilis					1		25	26/7	14/1	34/2	30/1
Notomastus latericeus										1	
Arenicolides ecaudata		1/1	6/4	5/4	6/2	7/5					1
Myriochele oculata							1	2			
Owenia borealis							9	6	3	8	6
Pectinaria auricoma										1	
Sabellides indet.		2	4								
Lysippides fragilis											1
Eclysippe vanelli								1			
Pista lornensis								2	2		
Nicolea venustula			3	2		1	1/1				
Polycirrus norvegicus							6/1	8	1/2	2/2	2
Polycirrus plumosus		1									
Sabellidae indet.							7	10	15	8	11
Hydroides norvegica									1		
Spirorbis sp.		18	2	4	2						
OLIGOCHAETA indet.		20	1		7	1180	2	5	1	1	
CRUSTACEA											
* Calanus finmarchicus		51	39	32	104	109	21	6	97	41	57
* Calanus hyperboreus			4		3	3	1			1	6
* Verruca stroemi			12	1							
* Nebalia sp.		1									
* Mysidacea indet.			1			1					
* Idotea sp.											2
* Idotea spp.		4	153	74	27	204					
* Janira maculosa		1	1								
* Munna sp.			4								
* Amphipoda indet.		8	27	480	43	63	11	5	4	2	7
* Caprellidae indet.			1								
* Corophium sp.		8	52	9	8	7			1	1	
* Decapoda larve						1			1		1
* Galathea intermedia		1									
* Paguridae indet.		3	3	1							
* Liocarcinus pusillus			2		2						
MOLLUSCA											
Margarites helycinus		1	3/1	1							
Gibbula tumida		26	24/3		8/1	1/1					
Lacuna vincta				4		1					
Onoba semicostata			1					1			
Rissoa parva			15								
Euspira pulchella						1		3	3		
Nassarius incrassata		0/1	0/2								
Chrysallida nivosa					1						
Nudibranchiata indet.			1		9	1					
Mytilidae indet.		1									
Musculus discors			6/2								

Seksjon for anvendt miljøforskning

Side 3/7	Stasjon:	År 1	År 1	År 1	År 1	År 1	År 2	År 2	År 2	År 2	År 2
		09.04.2008					09.04.2008				
Taksa	Hugg nr.:	4	5	6	7	8	4	5	6	7	8
Modiolula phaseolina			1			0/1					
Modiolus modiolus		0/1									
Mytilus edulis			0/11		0/1						
Thyasira flexuosa							1				
Mysella bidentata							1	1/1		1	1
Parvicardium scabrum							1				
Dosinia lincta									1		
Timoclea ovata		0/1									
Hiatella sp.			2			2					
Thracia villosiuscula								1			
* BRYOZOA											
* Bryozoa skorpeformet		+	++	++	+	+		+		+	+
* Bryozoa grenet		++	++	++	++	++	+	+	+	+	+
ECHINODERMATA											
Asteroidea indet.			0/1								
Astropecten irregularis							0/2	0/2	0/1	0/3	0/1
Asterias rubens		0/1									
Ophiopholis aculeata			1								
Amphipholis squamata		6/2	6/5	1		2					
Ophiura affinis							1				1
Ophiura albida				0/1							
Echinus esculentus				0/1							
Echinocyamus pusillus							0/1				
Echinocardium flavescens								1	2		
HOLOTUROIDEA											
Synaptidae indet.			1								
* CHAETOGNATHA indet.					1						
ASCIDIACEA											
Ascidiacea indet.		23	8	1	6	5		2	1		
CHORDATA											
* Branchiostoma lanceolatum							2	1	2		
* PISCES egg.		1	3		2	3			12		28
* VARIA		+	+	+	+	+		+			

Seksjon for anvendt miljøforskning

Side 4/7	Stasjon:	År 3	År 3	År 3	År 3	År 3	År ref.	År ref.	År ref.	År ref.	År ref.
		09.04.2008					08.04.2008				
Taksa	Hugg nr.:	4	5	6	7	8	4	5	6	7	8
* PORIFERA indet.							+	+	+	+	+
Sycon sp.				1		1					
CNIDARIA											
* HYDROZOA											
* Hydrozoa indet.								+	+	+	+
* ANTHOZOA											
Cerianthus lloydii		2			5	1	0/1	1			
Edwardsia sp.		3	3	6	7	7					1
Paraedwardsia cf. arenaria		2			1						
* PLATYHELMINTES indet.											
* NEMERTINI indet.		2	2	4	8	1	18	6	16	10	11
* NEMATODA indet.		30	20	50	30	50	2	2	7	6	3
ANNELIDA											
POLYCHAETA											
Paramphinome jeffreysii							10	8	4	2/1	5/1
Aphrodita aculeata										1	
Malmgreniella lunulata			1	1/1							
Levinsenia gracilis								1	1	3	1
Paradoneis lyra							1	1		3	1
Pholoe baltica		2	10	21/3	3	10/3	1/1	1	1	0/2	4
Sthenelais limicola							1				
Sphaerodoropsis baltica									1		
Pisione remota				4/1	0/1	12/2					
Chaetoparia nilssoni							1		1	1	1
Phyllodoce rosea										1	
Eumida bahusiensis				2		1					
Eulalia viridis				1		6/2					
Eteone longa		2	0/2	2/1	2	2					
Kefersteinia cirrata		1			3						
Ophiodromus flexuosus								2	0/1		
Syllidae indet.		3	2	13	4	11		1	1	1	
Exogone sp.		4			4	2	1		2	1	
Glycera alba									1	1/2	3
Glycera lapidum		20/3	23/2	34/7	35/4	31/9	1/1	2	2/1	2	
Glycera rouxii									1/1		2
Glycinde nordmanni								1	0/1		
Goniada maculata							2/2	5/3	3/1	3/4	3/4
Lumbrineridae indet.							15	8	11	9	7
Drilonereis filum							1	1			
Protodorvillea kefersteini		4	1	10	3/1	4					
Parougia sp				6		4					
Orbinia sertulata							1				
Scoloplos armiger		54/5	55/11			5					
Aonides paucibranchiata		16/2	11/1	15	26/2	16					
Aonides oxycephala		14	21/4	32/4	28/1	26/1					
Laonice cirrata									1		1
Laonice sarsi							1		1		
Malacoceros vulgaris		16	17	22/1	14	24					

Seksjon for anvendt miljøforskning

Side 5/7	Stasjon:	År 3	År 3	År 3	År 3	År 3	År ref.	År ref.	År ref.	År ref.	År ref.
		09.04.2008					08.04.2008				
Taksa	Hugg nr.:	4	5	6	7	8	4	5	6	7	8
Polydora sp.							2		3	1	1
Prionospio cirrifera							2		1		2
Prionospio fallax							2		1		
Spiophanes kroeyeri							10/3	1/2	6/2	3	3
Aricidea catherinae								1	1	2	
Paraonis sp.							6	3	6		
Chaetozone sp			2						6	2	3
Cirratulus cirratus					2						
Aphelochaeta sp.				1	1		4	2	3	1	9
Macrochaeta polyonyx							1				
Diplocirrus glaucus							0/1	1	1	1/1	
Ophelina acuminata											1
Ophelina cylindricauda							1	2	7	2	1
Travisia forbesii				2/1	2	6/7					
Pseudoscalibregma pavum							1				
Capitella capitata			1								
Heteromastus filiformis							3	2		5/2	2
Mediomastus fragilis		14/2	4/3	13/2	24	8					
Notomastus latericeus				1			2	5	4	6	6
Arenicolides ecaudata		0/1									
Euclymene affinis							3	3/2	1	2	3/1
Euclymene droebachiensis							1				
Heteroclymene robusta									1	1	
Isocirrus planiceps											1
Praxillura longissima							1				
Rhodine loveni							0/1		1		1
Maldanidae indet.									2		
Myriochele oculata							8	5	2	1	2
Owenia borealis		1	2				1		2/1	2/1	3
Pectinaria auricoma							3	1	2	2/1	3/1
Ampharete falcata										1	1
Ampharete finmarchica							4/1	1/1	3	6/2	2/1
Ampharete lindstroemi							3				3/1
Sabellides octocirrata									1	1	1
Sosane sulcata											3
Amphicteis gunneri									4/1	3/2	1
Mugga wahrbergi							1				
Amythasides macroglossus							12	6/2	5/1	3	5
Eclysippe vanelli							11/1	6/1	43/1	15	19/6
Samytha sexcirrata							8/5	3	3/4	13/3	6/3
Amage auricula							2				1
Melinna elisabethae							2/1	4	4/1	1	0/1
Pista lornensis							1/1		2		
Polycirrus norvegicus		8	10/2	46/14	3	48/18	0/1	0/1	2	3/1	1
Polycirrus medusa								0/1	1		
Amaeana trilobata									2		
Trichobranchus roseus							5	4	3/1	6/1	3
Terebellides stroemi							2/1	2/2	1		4

Seksjon for anvendt miljøforskning

Side 6/7	Stasjon:	År 3	År 3	År 3	År 3	År 3	År ref.	År ref.	År ref.	År ref.	År ref.
		09.04.2008					08.04.2008				
Taksa	Hugg nr.:	4	5	6	7	8	4	5	6	7	8
Sabellidae indet.		2	3	2	2		2	3	2	3	3
Euchone papillosa							1/1		0/1		1
Polygordius lacteus						109					
OLIGOCHAETA indet.				28	2	33					
SIPUNCULA							1			4	
Phascolion strombus							1				
Onchnesoma steenstrupi							2		2		
CRUSTACEA											
* Calanus finmarchicus		95	52	22	13	7	2	1	4		3
* Calanus hyperboreus		2		1	2						
* Bradyidius sp.								1			
* Lophogaster typicus											1
* Eudorella truncatula							1	1			
* Diastylis sp.									1		
* Campylaspis costata							2			1	
* Campylaspis rubicunda										1	
* Gnathia maxillaris											1
* Natatolana borealis			0/1	0/2			1				1
* Limnoria lignorum						1					
* Astacilla longicornis										2	
* Amphipoda indet.		1		1	1	4	1	1		2	15
* Corophium sp.			1								
* Paguridae indet.		1				1					
* Liocarcinus pusillus				1	1	2					
* PYCNOGONIDA indet.							3	1			1
MOLLUSCA											
Caudofoveata indet.							1	1	3	1	
Solenogastres indet.										1	
Leptochiton asellus						0/1					
Euspira pulchella				2	1					0/1	
Retusa umbilicata							1			1	
Philine scabra								1			
Nudibranchiata indet.		2		3	5	3					
Nucula nucleus							1	0/3			4/3
Nucula sulcata							2	1	2		
Nucula tumidula							1				
Nuculoma tenuis							4	3	3	4	
Nuculana minuta									1/1	2/1	
Yoldiella philippiana							5/2	5/2	4	8/1	5
Crenella decussata				1		1					
Bathyarca pectunculoides							1				
Similipecten similis									0/1		
Lucinoma borealis								1			
Myrtea spinifera							1	1	1		
Thyasira flexuosa							4	4	2/1		2
Thyasira sarsii								1/1	1	0/1	1
Thyasira equalis							1	3	3	2	2

Seksjon for anvendt miljøforskning

Side 7/7	Stasjon:	År 3	År 3	År 3	År 3	År 3	År ref.	År ref.	År ref.	År ref.	År ref.
		09.04.2008					08.04.2008				
Taksa	Hugg nr.:	4	5	6	7	8	4	5	6	7	8
Thyasira croulinensis								1/1	1		
Thyasira ferruginea							2/1	4	1		1
Thyasira pygmaea								1			
Montacuta ferruginosa							1	0/1			
Mysella bidentata				1		1					
Astarte montagui			3	2				0/1			
Parvicardium minimum							2/2	4/4	1/2	5/1	2/1
Abra nitida							1/1	1	0/1	3/1	1/1
Arctica islandica								0/1			
Chamelea striatula	0/1					1					
Timoclea ovata								1	1		
Thracia convexa									0/1		
Cuspidaria abbreviata										1	
Antalis entale							2		1	1	
Antalis occidentale								0/1			
Pulsellum lofotense								3		1	
* BRYOZOA											
* Bryozoa skorpeformet		+		+		+					
* Bryozoa grenet		+	+	++	+	++		+		+	
ECHINODERMATA											
Astropecten irregularis	0/1	0/1									0/2
Amphipholis squamata				14/55	2	14/44					
Amphiura chiajei							1/4	0/5	1/2	1/13	1/5
Ophiura albida											0/1
Ophiura sp.							0/3		0/1		
Ophiuridae indet							0/1				0/1
Echinocyamus pusillus									2		
Brissopsis lyrifera								1			
Echinocardium flavescens							1				
HOLOTUROIDEA											
Echinocucumis hispida									0/1		
ENTEROPNEUSTA indet.							4	6	5	4	3
* CHAETOGNATHA indet.											
Pterobranchia indet							+	+			
ASCIDIACEA											
Ascidiacea indet.				10		15	1			1	
Botrylloides leachi				+							
CHORDATA											
* PISCES egg.		13	15	5	3	7					
* VARIA		+		+	+	+	+		+	+	

Vedleggstabell 3. Geometriske klasser

Antall arter i de ulike geometriske klassene.

	År ref. 97	År ref. 98	År. ref. 03	År ref. 08		År 1 98	År 1 03	År 1 08		År 2 98	År 2 03	År 2 08		År 3 98	År 3 03	År 3 08
I	31	24	27	31		11	13	23		31	18	18		17	12	4
II	21	14	18	26		6	9	3		11	16	8		6	14	13
III	15	13	14	22		5	4	8		10	12	3		7	6	2
IV	6	10	14	20		1	7	5		3	7	7		3	7	7
V	6	8	10	10		4	1	3		3	3	6		4	4	5
VI	0	2	3	5		3	2	3		3	4	6		7	8	3
VII	0	1	1	1		0	1	3		6	4	3		3	4	4
VIII	0	0	0	0		2	0	0		1	0	2		1	1	5
IX	0					0	1	0		0		0		0	1	0
X	1					0	0	1							0	
XI	0					1	0	1								
XII						0	1	0								
XIII						1	1									
XIV						0	0									

Vedleggstabell 4. Univariate analyser.

	Hugg nr.	m ²	Antall arter	Antall individer	Jevnhet (J)	Diversitet (H')	ES ₍₁₀₀₎
År ref.-08	4		71	218	0,90	5,56	48,20
	5		58	165	0,93	5,46	46,29
	6		72	221	0,87	5,34	48,12
	7		56	196	0,91	5,26	42,29
	8		55	179	0,90	5,22	43,10
	Sum	0,5	115	979	0,85	5,82	47,43
År 1-08	4		20	161	0,73	3,14	16,00
	5		34	428	0,57	2,88	18,62
	6		16	295	0,44	1,74	10,76
	7		14	287	0,43	1,62	10,57
	8		21	1284	0,15	0,64	5,56
	Sum	0,5	50	2455	0,44	2,47	13,92
År 2-08	4		32	182	0,84	4,21	25,65
	5		40	288	0,84	4,49	28,04
	6		30	210	0,84	4,11	24,15
	7		27	199	0,86	4,07	23,07
	8		26	157	0,77	3,63	21,37
	Sum	0,5	53	1036	0,77	4,40	25,68
År 3-08	4		22	185	0,76	3,38	18,17
	5		19	195	0,75	3,19	15,76
	6		29	386	0,79	3,85	19,91
	7		24	188	0,79	3,63	20,33
	8		29	489	0,78	3,80	19,76
	Sum	0,5	43	1443	0,78	4,22	22,30

Vedleggstabell 5. De mest tallrike artene.

År ref.-97	Antall	%	Kum %
Melinna cristata	512	61	61
OLIGOCHAETA indet.	30	4	65
Myriochele oculata	22	3	67
Paramphinome jeffreysii	19	2	70
Chaetozone setosa	17	2	72
Pholoe inornata	16	2	74
Notomastus latericeus	16	2	75
Owenia fusiformis	10	1	77
Parvicardium ovale	10	1	78
Glycera capitata	9	1	79
Paraonis sp.	9	1	80

År ref.-03	Antall	%	Kum %
Heteromastus filiformis	85	12	12
Spiophanes kroeyeri	59	8	20
Lumbrineris sp.	39	5	25
Paraonis sp.	39	5	30
Pholoe baltica	31	4	34
Polycirrus norvegicus	27	4	38
Notomastus latericeus	25	3	41
Paramphinome jeffreysii	23	3	45
Eclysippe vanelli	23	3	48
Thyasira ferruginea	19	3	50

År 1-98	Antall	%	Kum %
OLIGOCHAETA indet.	4617	63,9	64
Malacoceros fuliginosa	1886	26,1	90
Capitella capitata	222	3,1	93
Kefersteinia cirrata	194	2,7	96
Aonides oxycephala	63	0,9	97
Arenicola marina	54	0,7	97
Phyllodoce groenlandica	41	0,6	98
Lepidonotus squamatus	25	0,3	98
Ophryotrocha sp.	21	0,3	99
Protodorvillea kefersteini	19	0,3	99
Lacuna vincta	19	0,3	99

År 1-08	Antall	%	Kum %
OLIGOCHAETA indet.	1208	49,2	49
Malacoceros fuliginosa	673	27,4	77
Capitella capitata	106	4,3	81
Aonides oxycephala	80	3,3	84
Gibbula tumida	64	2,6	87
Asciacea indet.	43	1,8	89
Kefersteinia cirrata	41	1,7	90
Arenicolides ecaudata	41	1,7	92
Spirorbis sp.	26	1,1	93
Amphipholis squamata	22	0,9	94

År ref.-98	Antall	%	Kum %
Heteromastus filiformis	77	13	13
Melinna elisabethae	42	7	21
Eclysippe vanelli	40	7	28
Sabellidae indet.	28	5	33
Myriochele oculata	26	5	37
Notomastus latericeus	26	5	42
Diplocirrus glaucus	20	4	45
Paraonis sp.	19	3	49
Aphelochaeta sp.	17	3	52
Chaetozone setosa	16	3	54
Lumbrineris sp.	16	3	57

År ref.-08	Antall	%	Kum %
Eclysippe vanelli	103	11	11
Lumbrineridae indet.	50	5	16
Samytha sexcirrata	48	5	21
Amythasides macroglossus	34	3	24
Amphiura chiajei	33	3	27
Yoldiella philippiana	32	3	31
Paramphinome jeffreysii	31	3	34
Goniada maculata	30	3	37
Spiophanes kroeyeri	30	3	40
Parvicardium minimum	24	2	42

År 1-03	Antall	%	Kum %
Malacoceros fuliginosa	5051	64,4	64
OLIGOCHAETA indet.	2113	26,9	91
Phyllodoce groenlandica	331	4,2	96
Mytilus edulis	111	1,4	97
Kefersteinia cirrata	50	0,6	98
Ophryotrocha sp.	34	0,4	98
Modiolus modiolus	21	0,3	98
Arenicolides ecaudata	15	0,2	98
Amphipholis squamata	13	0,2	99
Capitella capitata	12	0,2	99

År 2-98	Antall	%	Kum %
OLIGOCHAETA indet.	189	17,8	18
Aonides oxycephala	102	9,6	27
Aonides paucibranchiata	100	9,4	37
Edwardsia sp.	97	9,1	46
Scoloplos armiger	80	7,5	53
Glycera alba	77	7,2	61
Polycirrus norvegicus	70	6,6	67
Typosyllis sp.	58	5,5	73
Exogone sp.	49	4,6	77
Pholoe inornata	32	3,0	80

Vedleggstabell 5. forts.

År 2-03	Antall	%	Kum %
Aonides paucibranchiata	90	12,5	12
Edwardsia sp.	84	11,6	24
Scoloplos armiger	67	9,3	33
Glycera alba	64	8,9	42
Malacoceros vulgaris	39	5,4	48
Owenia fusiformis	37	5,1	53
Sabellidae indet.	33	4,6	57
Heteromastus filiformis	32	4,4	62
Pholoe baltica	29	4,0	66
Pista lornensis	24	3,3	69

År 3-98	Antall	%	Kum %
OLIGOCHAETA indet.	196	20,1	20
Edwardsia sp.	94	9,7	30
Polycirrus norvegicus	86	8,8	39
Aonides oxycephala	67	6,9	46
Aonides paucibranchiata	63	6,5	52
Scoloplos armiger	61	6,3	58
Glycera alba	48	4,9	63
Typosyllis sp.	47	4,8	68
Exogone sp.	47	4,8	73
Crenella decussata	37	3,8	77

År 3-08	Antall	%	Kum %
Glycera lapidum	168	17,3	17
Polycirrus norvegicus	149	15,3	33
Aonides oxycephala	131	13,5	46
Scoloplos armiger	130	13,4	59
Amphipholis squamata	129	13,3	73
Polygordius lacteus	109	11,2	84
Malacoceros vulgaris	94	9,7	94
Aonides paucibranchiata	89	9,1	103
Mediomastus fragilis	70	7,2	110
OLIGOCHAETA indet.	63	6,5	116

År 2-08	Antall	%	Kum %
Mediomastus fragilis	140	13,5	14
Scoloplos armiger	129	12,5	26
Glycera lapidum	108	10,4	36
Aonides paucibranchiata	84	8,1	44
Chaetozone sp	73	7,0	52
Sabellidae indet.	51	4,9	56
Aphelochaeta sp.	50	4,8	61
Prionospio cirrifera	38	3,7	65
Edwardsia sp.	36	3,5	68
Malacoceros vulgaris	36	3,5	72


År 3-03	Antall	%	Kum %
Polycirrus norvegicus	309	20,1	20
Syllidae indet.	173	11,3	31
Aonides paucibranchiata	122	7,9	39
Aonides oxycephala	108	7,0	46
Edwardsia sp.	84	5,5	52
Polygordius sp.	78	5,1	57
Scoloplos armiger	63	4,1	61
Pholoe baltica	63	4,1	65
Pisione remota	60	3,9	69
OLIGOCHAETA indet.	56	3,6	73

Vedleggstabell 6. Analysebevis

Analyserapport

Moss

UNIFOB AS
Helge Botnen
SAM-marin
Thormøhlensgt. 49
5006 Bergen

AnalyCen 

Rapport utført av
akkreditert laboratorium

Report issued by
Accredited Laboratory



Kundenummer	8183600-1275801	Prøvemottak	29.04.2008
Prøvetyp	Sedimentprøve	Analysereport klar	08.05.2008
Oppdragsmerket	Prosjektnr: 801607 ref.nr: 12/08		
Sted for prøvetaking	År 1		

Lab.nr.	NOV013743-08	NOV013744-08	NOV013745-08	NOV013746-08
Merket	År ref Hugg 1	År ref Hugg 2	År ref Hugg 3	År 1 Hugg 1
Tatt ut	28.04.2008	28.04.2008	28.04.2008	28.04.2008

Parameter	Enhet				
Jern, Fe	mg/kg TS	13100	12500	13200	590
Tørrestoff	%	61.9	64.4	60.8	75.6
PCB 101	mg/kg TS				<0.0005
PCB 118	mg/kg TS				<0.0005
PCB 138	mg/kg TS				<0.0005
PCB 153	mg/kg TS				<0.0005
PCB 180	mg/kg TS				<0.0005
PCB 28	mg/kg TS				<0.0005
PCB 52	mg/kg TS				<0.0005
PCB(7) totalsum	mg/kg TS				<0.0020
Acenaften.	mg/kg TS				<0.01
Acenaftülen.	mg/kg TS				<0.01
Antracen.	mg/kg TS				<0.01
Benzo(a)antracen.	mg/kg TS				<0.01
Benzo(a)pyren.	mg/kg TS				<0.01
Benzo(b)fluoranten.	mg/kg TS				<0.01
Benzo(g,h,i)perylene.	mg/kg TS				<0.01
Benzo(k)fluoranten.	mg/kg TS				<0.01
Crysen.	mg/kg TS				<0.01
Dibenzo(a,h)antracen.	mg/kg TS				<0.01
Fenantren.	mg/kg TS				<0.01
Fluoranten.	mg/kg TS				<0.01
Fluoren.	mg/kg TS				<0.01
Indeno(1,2,3,cd)pyren.	mg/kg TS				<0.01
Naftalen.	mg/kg TS				<0.01
Pyren.	mg/kg TS				<0.01
Sum PAH(16)	mg/kg TS				<0.20
Sink, Zn	mg/kg TS	54	50	53	24
Nikkel, Ni	mg/kg TS	9.4	7.8	9.7	1.6
Bly, Pb	mg/kg TS	18	15	16	1.7
Kadmium, Cd	mg/kg TS	<0.081	<0.078	0.10	0.093
Kobber, Cu	mg/kg TS	6.8	5.7	6.2	12
Kvikksølv, Hg	mg/kg TS	0.027	0.023	0.023	0.0053

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
Helge Botnen
SAM-marin
Thormøhlensgt. 49
5006 Bergen

Rapport utført av
akkreditert laboratorium

Report issued by
Accredited Laboratory



Kundenummer	8183600-1275801	Prøvemottak	29.04.2008
Prøvetyp	Sedimentprøve	Analyserapport klar	08.05.2008
Oppdragsmerket	Prosjektnr: 801607 ref.nr: 12/08		
Sted for prøvetaking	År 1		


Lab.nr.	NOV013747-08	NOV013748-08	NOV013749-08	NOV013750-08
Merket	År 1 Hugg 2	År 1 Hugg 3	År 2 Hugg 1	År 2 Hugg 2
Tatt ut	28.04.2008	28.04.2008	28.04.2008	28.04.2008

Parameter	Enhet	NOV013747-08 År 1 Hugg 2 28.04.2008	NOV013748-08 År 1 Hugg 3 28.04.2008	NOV013749-08 År 2 Hugg 1 28.04.2008	NOV013750-08 År 2 Hugg 2 28.04.2008
Jern, Fe	mg/kg TS	310	760	840	1600
Tørrstoff	%	67.7	59.0	70.6	52.7
PCB 101	mg/kg TS	<0.0005	<0.0005		
PCB 118	mg/kg TS	<0.0005	<0.0005		
PCB 138	mg/kg TS	<0.0005	<0.0005		
PCB 153	mg/kg TS	<0.0005	<0.0005		
PCB 180	mg/kg TS	<0.0005	<0.0005		
PCB 28	mg/kg TS	<0.0005	<0.0005		
PCB 52	mg/kg TS	<0.0005	<0.0005		
PCB(7) totalsum	mg/kg TS	<0.0020	<0.0020		
Acenaften.	mg/kg TS	<0.01	<0.01		
Acenaftalen.	mg/kg TS	<0.01	<0.01		
Antracen.	mg/kg TS	<0.01	<0.01		
Benzo(a)antracen.	mg/kg TS	<0.01	0.02		
Benzo(a)pyren.	mg/kg TS	<0.01	0.02		
Benzo(b)fluoranten.	mg/kg TS	<0.01	0.02		
Benzo(g,h,i)perylene.	mg/kg TS	<0.01	<0.01		
Benzo(k)fluoranten.	mg/kg TS	<0.01	<0.01		
Crysen.	mg/kg TS	<0.01	0.02		
Dibenzo(a,h)antracen.	mg/kg TS	<0.01	<0.01		
Fenantren.	mg/kg TS	<0.01	0.02		
Fluoranten.	mg/kg TS	<0.01	0.02		
Fluoren.	mg/kg TS	<0.01	<0.01		
Indeno(1,2,3,cd)pyren.	mg/kg TS	<0.01	<0.01		
Naftalen.	mg/kg TS	<0.01	<0.01		
Pyren.	mg/kg TS	<0.01	0.02		
Sum PAH(16)	mg/kg TS	<0.20	0.12		
Sink, Zn	mg/kg TS	11	30	9.9	27
Nikkel, Ni	mg/kg TS	0.74	1.4	1.4	2.5
Bly, Pb	mg/kg TS	0.89	2.2	2.3	5.3
Kadmium, Cd	mg/kg TS	<0.074	0.085	<0.071	<0.095
Kobber, Cu	mg/kg TS	3.7	6.3	3.0	17
Kvikksølv, Hg	mg/kg TS	0.0030	0.0085	0.0057	0.011

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
Helge Botnen
SAM-marin
Thormøhlensgt. 49
5006 Bergen

Rapport utført av
akkreditert laboratorium

Report issued by
Accredited Laboratory



Kundenummer	8183600-1275801	Prøvemottak	29.04.2008
Prøvetyp	Sedimentprøve	Analyserapport klar	08.05.2008
Oppdragsmerket	Prosjektnr: 801607 ref.nr: 12/08		
Sted for prøvetaking	År 1		

Lab.nr.	NOV013751-08	NOV013752-08	NOV013753-08	NOV013754-08
Merket	År 2 Hugg 3	År 3 Hugg 1	År 3 Hugg 2	År 3 Hugg 3
Tatt ut	28.04.2008	28.04.2008	28.04.2008	28.04.2008

Parameter	Enhet				
Jern, Fe	mg/kg TS	2200	3600	2800	1600
Tørrstoff	%	57.6	67.7	74.4	78.1
PCB 101	mg/kg TS				
PCB 118	mg/kg TS				
PCB 138	mg/kg TS				
PCB 153	mg/kg TS				
PCB 180	mg/kg TS				
PCB 28	mg/kg TS				
PCB 52	mg/kg TS				
PCB(7) totalsum	mg/kg TS				
Acenaften.	mg/kg TS				
Acenaftülen.	mg/kg TS				
Antracen.	mg/kg TS				
Benzo(a)antracen.	mg/kg TS				
Benzo(a)pyren.	mg/kg TS				
Benzo(b)fluoranten.	mg/kg TS				
Benzo(g,h,i)perylene.	mg/kg TS				
Benzo(k)fluoranten.	mg/kg TS				
Crysen.	mg/kg TS				
Dibenzo(a,h)antracen.	mg/kg TS				
Fenantren.	mg/kg TS				
Fluoranten.	mg/kg TS				
Fluoren.	mg/kg TS				
Indeno(1,2,3,cd)pyren.	mg/kg TS				
Naftalen.	mg/kg TS				
Pyren.	mg/kg TS				
Sum PAH(16)	mg/kg TS				
Sink, Zn	mg/kg TS	21	22	19	20
Nikkel, Ni	mg/kg TS	3.3	4.6	2.8	2.0
Bly, Pb	mg/kg TS	5.7	4.4	3.2	2.0
Kadmium, Cd	mg/kg TS	<0.087	<0.074	<0.067	<0.064
Kobber, Cu	mg/kg TS	6.1	14	5.1	3.5
Kvikksølv, Hg	mg/kg TS	0.014	0.010	0.0094	0.0064

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

Analyserapport

Moss

UNIFOB AS
Helge Botnen
SAM-marin
Thormøhlensgt. 49
5006 Bergen

AnalyCen 

Rapport utført av
akkreditert laboratorium

Report issued by
Accredited Laboratory



Kundenummer	8183600-1275801	Prøvemottak	29.04.2008
Prøvetyp	Sedimentprøve	Analysereport klar	08.05.2008
Oppdragsmerket	Prosjektnr: 801607 ref.nr: 12/08		
Sted for prøvetaking	År 1		

Lab.nr.
Merket
Tatt ut

Parameter	Enhet	Måleu.	Ref/Metode basert på	Lab
Jern, Fe	mg/kg TS	±20%	NS-EN ISO 11885	○
Tørrestoff	%	±15%	NS 4764-1	○
PCB 101	mg/kg TS	±25-25%	NTR 329 Sintef	○
PCB 118	mg/kg TS	±25-25%	NTR 329 Sintef	○
PCB 138	mg/kg TS	±25-25%	NTR 329 Sintef	○
PCB 153	mg/kg TS	±25-25%	NTR 329 Sintef	○
PCB 180	mg/kg TS	±25-25%	NTR 329 Sintef	○
PCB 28	mg/kg TS	±25-25%	NTR 329 Sintef	○
PCB 52	mg/kg TS	±25-25%	NTR 329 Sintef	○
PCB(7) totalsum	mg/kg TS	±25-25%	NTR 329 Sintef	○
Acenaften.	mg/kg TS	±30-35%	NTR 329 Sintef	○
Acenaftylen.	mg/kg TS	±30-35%	NTR 329 Sintef	○
Antracene.	mg/kg TS	±30-35%	NTR 329 Sintef	○
Benzo(a)antracene.	mg/kg TS	±30-35%	NTR 329 Sintef	○
Benzo(a)pyren.	mg/kg TS	±30-35%	NTR 329 Sintef	○
Benzo(b)fluoranten.	mg/kg TS	±30-35%	NTR 329 Sintef	○
Benzo(g,h,i)perylene.	mg/kg TS	±30-35%	NTR 329 Sintef	○
Benzo(k)fluoranten.	mg/kg TS	±30-35%	NTR 329 Sintef	○
Crysen.	mg/kg TS	±30-35%	NTR 329 Sintef	○
Dibenzo(a,h)antracene.	mg/kg TS	±30-35%	NTR 329 Sintef	○
Fenantren.	mg/kg TS	±30-35%	NTR 329 Sintef	○
Fluoranten.	mg/kg TS	±30-35%	NTR 329 Sintef	○
Fluorene.	mg/kg TS	±30-35%	NTR 329 Sintef	○
Indeno(1,2,3,cd)pyren.	mg/kg TS	±30-35%	NTR 329 Sintef	○
Naftalene.	mg/kg TS	±30-35%	NTR 329 Sintef	○
Pyren.	mg/kg TS	±30-35%	NTR 329 Sintef	○
Sum PAH(16)	mg/kg TS	±30-35%	NTR 329 Sintef	○
Sink, Zn	mg/kg TS	±15%	NS-EN ISO 11885	○
Nikkel, Ni	mg/kg TS	±20%	NS-EN ISO 11885	○
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	○
Kvikksølv, Hg	mg/kg TS	±20%	NS 4768-1 m	○

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

Analyserapport

Moss

UNIFOB AS
Helge Botnen
SAM-marin
Thormøhlensgt. 49
5006 Bergen

AnalyCen 

Rapport utført av
akkreditert laboratorium

Report issued by
Accredited Laboratory



Kundenummer	8183600-1275801	Prøvemottak	29.04.2008
Prøvetyp	Sedimentprøve	Analyserapport klar	08.05.2008
Oppdragsmerket	Prosjektnr: 801607 ref.nr: 12/08		
Sted for prøvetaking	År 1		

Grethe Arnestad
Cand.Mag

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

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

Seksjon for anvendt miljøforskning

Sted (Angir hvor analysen ble utført)

AnalyCen AS, Norge – www.analycen.no

O	Postboks 3055, 1506 Moss, Norge	Tlf.: +47 69 27 98 00
	AnalyCen Ecotox, Norge	
E	Postboks 6875 Rodelokka, 0504 Oslo, Norge	Tlf.: +47 23 23 48 50
	Lantmännen Analycen AB, Sverige – www.analycen.se	
K	Box 9024, 291 09 Kristianstad, Sverige	Tlf.: +46 44 28 11 00
L	Box 905, 531 19 Lidköping, Sverige	Tlf.: +46 51 08 87 00
R	Box 1743, 701 17 Örebro, Sverige	Tlf.: +46 19 605 17 52
U	Box 97, 751 03 Uppsala, Sverige	Tlf.: +46 18 68 10 80
	Lantmännen Analycen A/S, Danmark – www.analycen.dk	
F	Vesterballevej 4., 7000 Fredericia, Danmark	Tlf.: +45 75 94 50 30
	Lantmännen Analycen OY, Finland – www.analycen.fi	
T	Hatanpääkatu, 33900 Tampere, Finland	Tlf.: +358 3 3147 3200
	AnalyCen Polska Sp.2.0.0, Polen	
W	ul. Potocka 4, 01 - 652 Warszawa	Tlf.: +48 600 038 944

Måleusikkerhet

Utvidet relativ måleusikkerhet fremkommet med kontrollprøve på laboratoriet (95% konfidensintervall) og interkalibreringer som laboratoriet har deltatt i.

Før flere av analysene varierer måleusikkerheten innen måleområdet og angis med den verdien som er relevant for det aktuelle resultatet.

Før ytterligere informasjon, vennligst kontakt laboratoriet.

Metodeoversikt og måleusikkerhet fås ved henvendelse til AnalyCen.

Øvrige forklaringer

- ⊗ Ikke akkreditert av AnalyCen AS
- m) Knyttet til metode/ref. Angir at metoden det henvises til har enkelte modifikasjoner. Detaljer fås ved henvendelse til laboratoriet.

Akkreditering

Laboratoriene i Norge er akkreditert av Norsk Akkreditering og sertifisert av SEMKO.

Virksomheten ved laboratoriene oppfylles kravene i

NS-EN ISO 17025, NS-EN ISO 9001 og NS-EN ISO 14001

Analyseresultatene gjelder for analyser av de anførte prøver i den stand de ble mottatt.

Rapporten skal ikke gjengis uten skriftlig godkjenning fra provingslaboratoriet.

Hovedadministrasjon for AnalyCen AS, Norge; Moss. Foretaksnr.: NO 973 191 896 MVA

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.

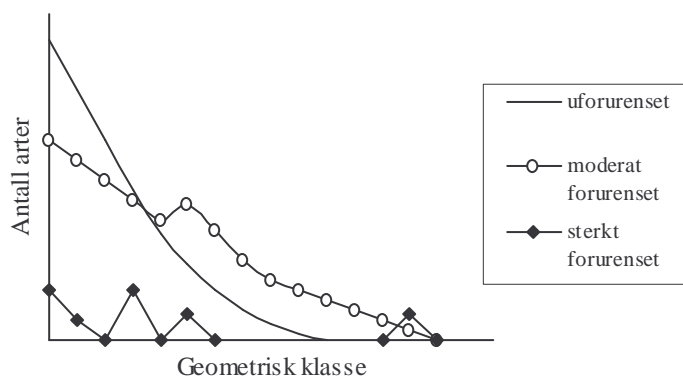
Geometriske klasser

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 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. 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 og 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 og Thélin 1993). Disse er revidert og gitt ut i nytt format (Molvær et al. 1997). Etter disse retningslinjene kan bunndyrsprøvene 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.

NQI og AMBI

Azti Marine Biotic Index (AMBI) er en type indeks som beregnes ut fra sensitiviteten hos artene som finnes i prøvene (Borja et al. 2000). Hver art har av eksperter fått tilegnet en verdi som går fra 1 til 5 hvor arter som finnes under dårlige forhold har fått verdien 5. AMBI-indeksen blir så beregnet ut fra fordelingen de artene som forekommer i prøvene. AMBI er benyttet som sensitivitetselement i tillegg til et diversitetselement i den nye norske

multimetriske indeksen NQI (Norwegian Combination Index). Foreløpige foreslåtte grenser for indeksen NQI-1 er gitt i tabell v3.

Tabell v3. Foreslåtte grenseverdier og referanseverdier for den norske indeksen NQI-1.

Optimaliserte verdier:

STATUS CODE	STATUS NAME	NQI CLASS VALUE	NQI EQR VALUE
V	BAD	0-0.31	0-0.4
IV	POOR	0.31-0.49	0.4-0.63
III	MODERATE	0.49-0.63	0.63-0.81
II	GOOD	0.63-0.72	0.81-0.92
I	HIGH	0.72-1.00	0.92-1.28
	REFERENCE	0.78	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 faunagrader 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 ulik 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:

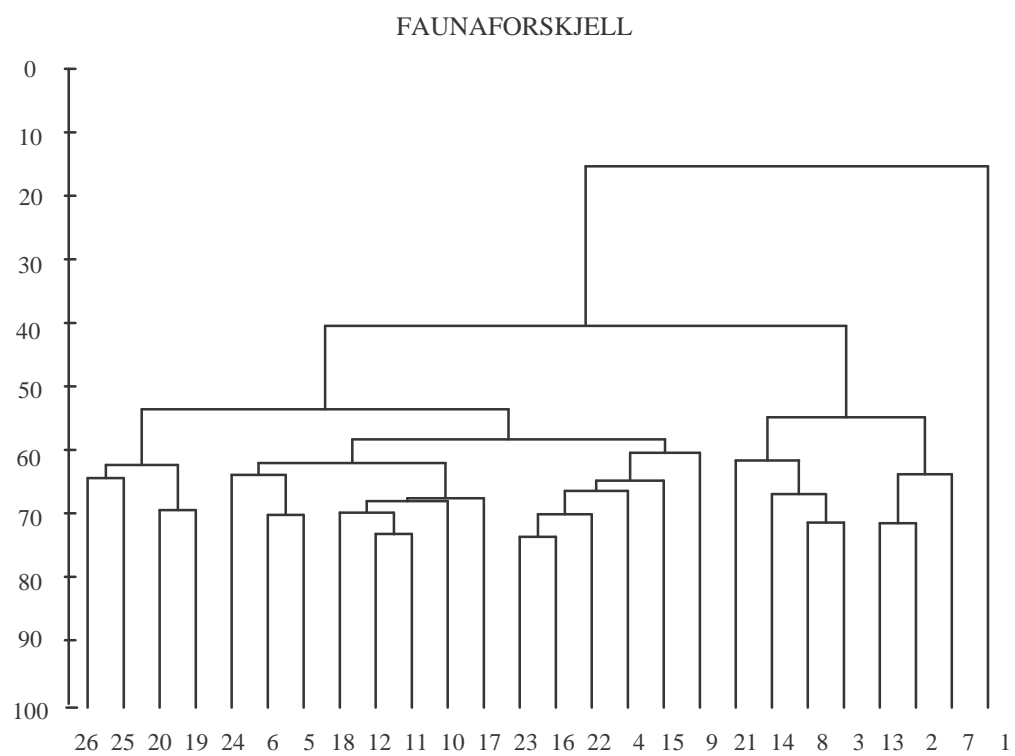
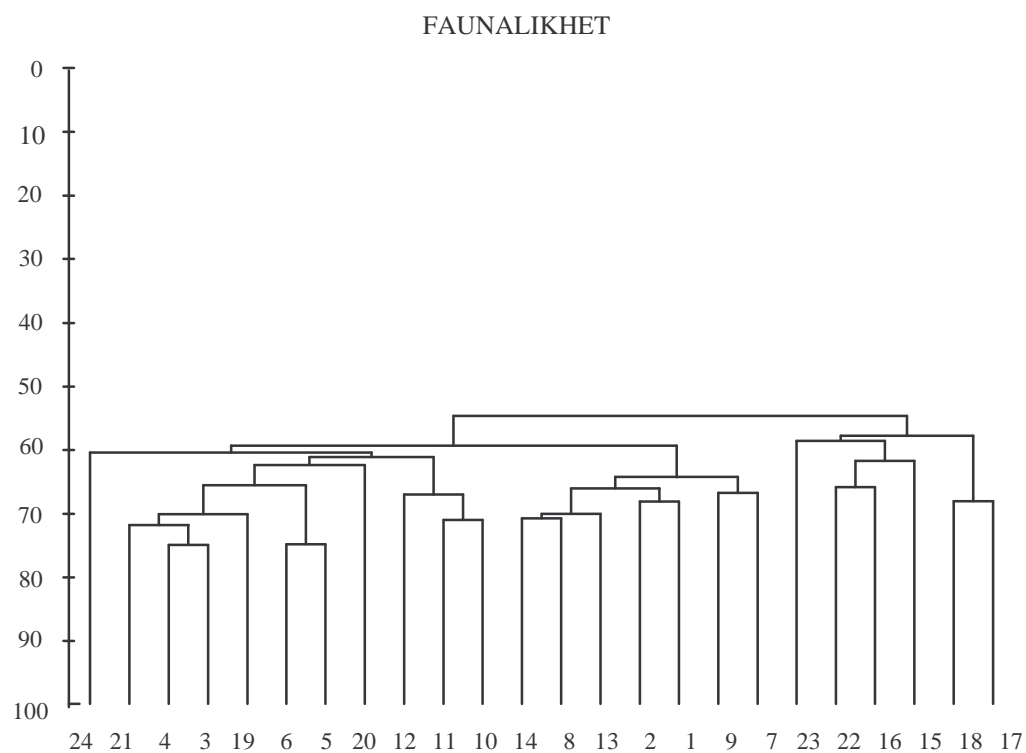
$$d_{jk} = 100 \left\{ \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\} \text{ og avstand (d).}$$

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

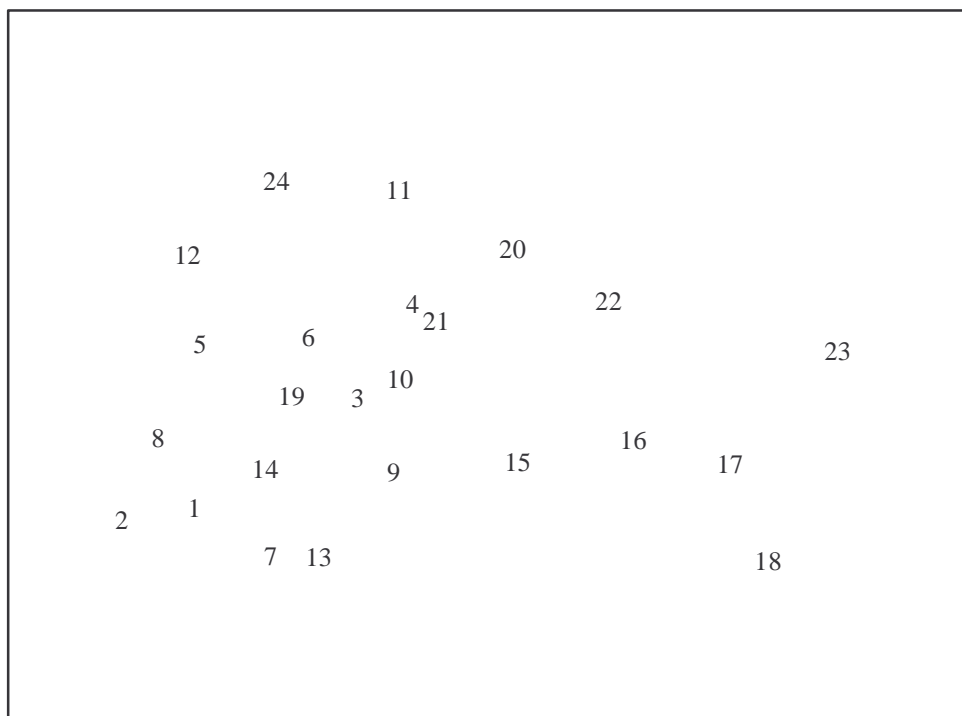
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet (H'), jevnhet (J), H' -max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt “DIVERSI”. Dataprogram og makro er laget 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. Cluster-analysen er utført med programmet CLUSTER, til MDS-analysen er programmet MDS benyttet.

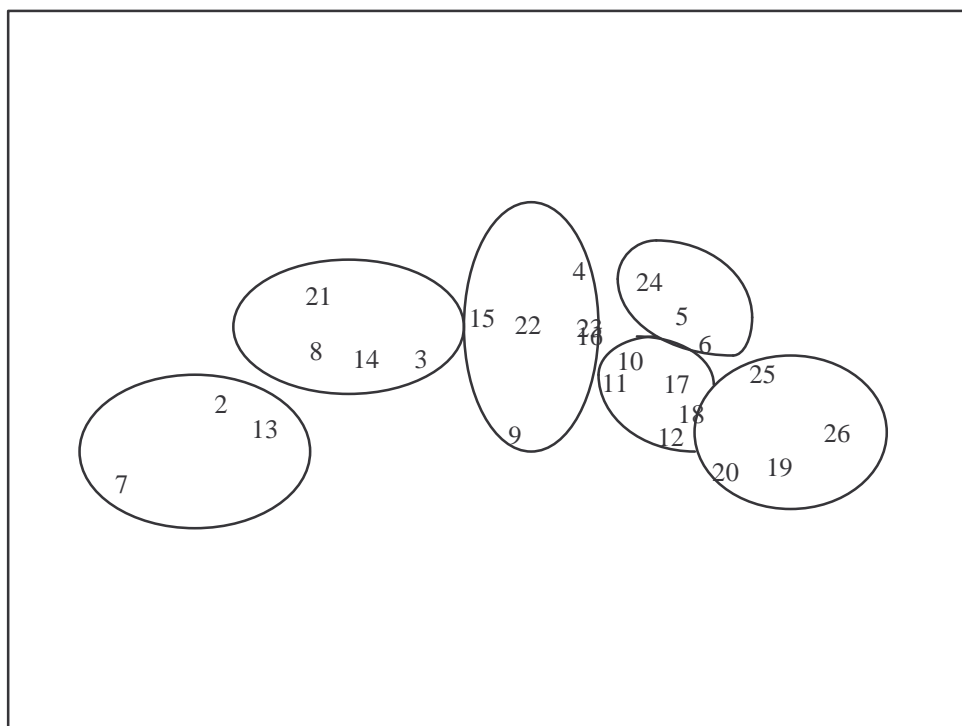


Figur v2. Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

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

- BorjaA, 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.

Litt om de undersøkte kjemiparametrene

Tungmetaller

Alle tungmetaller forekommer naturlig. Noen av metallene spiller, i små konsentrasjoner, en vesentlig rolle for levende organismer, men kan i store mengder være direkte skadelig, mens andre er giftige selv i små konsentrasjoner. Av norske miljøvernmyndigheter vurderes særlig bly, kadmium, kobber og kvikksølv som et betydelig miljøproblem (Dons og Beck 1993).

Bly er et metall med alvorlige giftvirkninger. Bly benyttes blant annet som tilsetningsmiddel i drivstoff for å hindre motorbank, og i startbatterier. Dessuten som tilsetning i messing, i prosjektiler, kabler og som antikorrosivt pigment. Blyutslippene til naturen er redusert og de største kildene nå synes å være utlekking fra gruver og deponier. Hos pattedyr kan bly gi skader som redusert vekst, forstyrrelser i nervesystemet, skader på det bloddannende systemet og svulster i nyrene (Beck og Jaques 1993).

Kadmium er et giftig tungmetall som normalt finnes i små mengder i naturen (Kofstad 1979). Kadmium brukes først og fremst i batterier, men er også et viktig element i offeranoder og legeringer. Utslippene til naturen har gått kraftig ned de siste årene, mens omsetningen av kadmiumholdige produkter ligger omtrent på samme nivå som på midten av 80-tallet. Hos fisk samles kadmium i gjeller, nyrer og tarm (Beck og Jaques 1993). Hos virvelløse dyr har kadmiumbelastning ført til hemmet vekst og reproduksjonsforstyrrelser. Hos pattedyr er nyreskader, kromosomskader og kreft konstatert (Beck og Jaques 1993).

Kobber er for mange organismer et giftig metall, samtidig som det er et vesentlig element i flere enzymer. Kobber brukes hovedsaklig til elektrisk utstyr, vannrør og fyrkjeler. Andre produkter med kobberforbindelser er trebeskyttelsesmidler, notimpregnering, bunnstoff, kunstgjødsel og boreslam. De største utslippene til naturen kommer fra gruver og produkter som inneholder kobber. Kobber har ingen tendens til å samles i næringskjedene, men for vannlevende organismer er kobber akutt giftig. Også for pattedyr kan høye kobberkonsentrasjoner være giftig (Dons og Beck 1993).

Som metall i flytende form har kvikksølv ikke stor giftvirkning. Kvikksølv kan omdannes bakterielt til organiske forbindelser som metylkvikksølv (Kofstad 1979). Dampen fra rent kvikksølv, metylkvikksølv og andre organiske kvikksølvforbindelser er imidlertid meget giftig. Kvikksølv har i dag størst anvendelse i fremstilling av klor og i batterier, termometre og amalgam (Beck og Jaques 1993). Når kvikksølv opptrer som miljøgift, samles det i nyrer, i tarmkanal og i nervesystem (metylkvikksølv), og kan lett oppkonsentreres i næringskjeden. I tillegg har kvikksølv lang biologisk halveringstid (1000 dager i fisk) (Beck og Jaques 1993). Konsekvensene kan bli nyreskader og skader på nervesystemet.

Polyklorerte bifenyler – PCB

PCB (polyklorerte bifenyler) er et kunstig fremstilt stoff med blant annet god kjøle- og isolasjonsevne, og lav vannløselighet. PCB har i tillegg høy stabilitet mot kjemisk og biologisk nedbrytning. De gode kjøle og isolasjonsegenskapene til PCB har gjort at stoffet har blitt benyttet som kjøle og isolasjonsvæske, hovedsaklig i store transformatorer og kondensatorer. Den høye stabiliteten mot nedbrytning gir PCB et "langt" liv i miljøet, og sammen med at PCB løses lett i fett gir dette gode muligheter for at PCB kan samles i biologiske organismer. Ved høy belastning hos pattedyr kan skadevirkninger som nedsatt

forsvar mot sykdom, skader på nervesystemet, reproduksjonsforstyrrelser, adferds- og utviklingsforstyrrelse, leverskade og kreft oppstå.

På grunn av PCB's uheldige egenskaper har stoffet ikke hatt nyanvendelse i Norge siden 1979 og bruk av PCB er idag forbudt. Totalt har ca 2000 tonn med PCB-holdig utstyr blitt innført til Norge (ca 25 % ren PCB-olje), av dette var omtrent 61 tonn fremdeles i bruk i 1993, og ca 1680 tonn var lagret som spesialavfall eller eksportert (Dons og Beck 1993). Resten av det PCB-holdige materialet (ca 260 tonn) har ukjent disponeringsmåte, og det blir antatt at mye av dette kan ligge i avfallsdeponier rundt omkring i Norge.

Polysykliske aromatiske hydrokarboner – PAH

PAH fremstilles ikke kommersielt, men finnes i steinkulltjære og steinkullbek, i mineralolje og mineraloljeprodukter og i kerosot som fås ved destillasjon av steinkulltjære. Kerosot benyttes til treimprignering (Beck og Jaques 1993). PAH tilføres naturen fra aluminiumsverk med søderberganoder, anodefabrikker, kalsiumkarbidverk, ferromanganverk, oljevirkosomheten i Nordsjøen, bileksos, veislitasje, vedfyring, oljefyring, skogbrann, bråtebrann og ved søl av mineralolje og mineraloljeprodukter (Dons og Beck 1993). PAH forbindelser kan spres over store avstander både gjennom atmosfæren og med havstrømmer. De fleste PAH-komponentene brytes ned ved fotokjemiske reaksjoner. PAH-forbindelsene kan reagere med halogener, nitrøse gasser, svovelsyre eller svoveldioksider. Reaksjonsproduktene kan imidlertid være mer skadelig enn de opprinnelige forbindelsene. Benzo(a)pyren som trolig er den skadeligste PAH-forbindelsen brytes ned til ca 50% etter 12 døgn i havvann ved 10 °C. I sedimenter og på fyllinger brytes PAH forbindelsen seinere ned. PAH-forbindelsene samles i enkelte bløtdyrgrupper og i fisk med høyt fettinnhold, men oppkonsentreres ikke i næringskjedene. PAH har gitt negative effekter på organismer selv i lave konsentrasjoner. Nedbrytingproduktene av PAH er mutagene, kreftfremkallende og har negativ innvirkning på immunforsvaret (Dons og Beck 1993).