

**Grunnlagsundersøkelse ved
Årabrot - Etablering av utslipp
av kommunalt avløpsvann fra
Haugesund kommune**

Rapport RF-98/005

Vår referanse: 613/654420	Forfatter(e): Arne Myhrvold, Veslemøy Eriksen, Staffan Hjøhlman (UNIFOB), Are Jacobsen, Narve Brattenborg, Øyvind F. Tvedten	Versjonsnr. / dato: Vers. 1 / 05.01.98
Ant. sider: 32 ekskl. vedlegg	Faglig kvalitetssikrer: Odd Ketil Andersen	Gradering: Åpen
ISBN: 87-7220-869-5	Oppdragsgiver(e): Haugesund kommune	Åpen fra (dato):
Forskningsprogram:	Prosjektittel: Miljøundersøkelse ved Årabrot	

Emne:

Utføre en grunnlagsundersøkelse av miljøet i forbindelse med at Haugesund kommune etablerer nytt utslipp av kommunalt avløpsvann ved Årabrot.

Undersøkelsen har omfattet;

- fjæresonen
- hardbunn, under fjæresonen
- sedimentundersøkelser
- hydrografi og næringssalter

Emne-ord:

kommunalt avløpsvann, fjæresone, hardbunn, bløtbunnsfauna, hydrografi, næringssalter.

RF - Rogalandforskning er sertifisert etter et kvalitetssystem basert på NS - EN ISO 9001


Prosjektleder
Arne Myhrvold


for RF - Miljø og næringsutvikling
for Kåre Netland

Innhold

INNLEDNING.....	1
MATERIALE OG METODE.....	3
Vannsøyle.....	3
Hardbunn.....	3
Strandsone.....	4
Transekt.....	5
Bløtbunn.....	5
Innsamlingsprogram sediment.....	5
Sedimentbeskrivelse og kjemi.....	5
Bunndyr.....	7
Mål på diversitet.....	8
RESULTATER OG DISKUSJON.....	9
Vannsøyle.....	9
Hydrografi.....	9
Næringsalter og klorofyll.....	10
Siktedyp.....	12
Organisk innhold.....	12
Hardbunn.....	14
Strandsone.....	14
Tungmetaller i snegl og tang i strandsonen.....	19
Dykkerundersøkelse, ruteanalyse.....	19
Dykkerundersøkelse, transektanalyse.....	20
Bløtbunn.....	20
Sedimentbeskrivelse og kjemi.....	20
Metaller i sedimentet.....	22
Bunndyr.....	22
KONKLUSJON.....	26

Sammendrag

Undersøkelsen er utført på oppdrag for Haugesund kommune. Formålet med undersøkelsen har vært å kartlegge naturtilstanden i resipienten vest av Årabrot, før det nye utslippet av kommunalt avløpsvann etableres i løpet av høsten 1997. Undersøkelsen har pågått i perioden oktober 1996 til juni 1997.

- **Hydrografi og næringsalter.** Hydrografi dataene viste liten forskjell mellom de ulike stasjonene. Et sprangsjikt begynner å utvikle seg i mai og i løpet av juni etableres et tydelig sprangsjikt på ca 20 m. I november er vannmassene mer homogene og sprangsjiktet ikke lenger markert. Det ble ikke målt lave oksygen verdier i bunnvannet.

Det var ingen tydelig forskjell i næringssaltinnholdet eller klorofyll mellom stasjonene. Innholdet var på nivå med det som tidligere er funnet i samme område.

- **Hardbunnsamfunn.** Forekomster av planter og dyr på hardbunn i fjæra og ned til 27 m dybde ble dokumentert. Det ble ikke funnet tydelige tegn på menneskeskapt overgjødsling (eutrofiering).

Innholdet av tungmetaller i strandsnegl og sagtang var lavt, og tilstanden kan klassifiseres som *god*.

- **Sediment.** Det ble målt høye verdier for organisk karbon (TOC) og nitrogen (TN) på alle stasjonene, men de høye TOC og TN verdiene ser ikke ut til å påvirke faunaen i området. Verdiene fra glødetapsanalysen var forholdsvis lave for alle stasjonene.
- **Bunndyr.** Faunaen ble i hovedsak dominert av børstemark (polychaeta og oligochaeta). Artssammensetningen tyder på at tilstanden i det undersøkte området er god. Innslag av typiske indikatorarter for organisk forurensing på enkelte stasjoner kan imidlertid tyde på en viss tilførsel av organisk materiale til deler av det undersøkte området.

Vurdert utfra de gjennomførte undersøkelsene av vannsøyle, hardbunnsamfunn, sediment og bunndyrssamfunn, kan naturtilstanden i resipienten vest av Årabrot beskrives som god.

Forord

Denne undersøkelsen er utført på oppdrag fra Haugesund kommune. Undersøkelsen er utført som en grunnlagsundersøkelse for å kartlegge naturtilstanden i resipienten vest av Årabrot, før det nye utslippet av kommunalt avløpsvann etableres i løpet av høsten 1997.

Undersøkelsen har pågått i perioden oktober 1996 til juni 1997. Prøver fra vannsøylen samt hydrografidata er samlet inn av Petrotech as i Haugesund.

Undersøkelsen av hardbunnssamfunn, fjæresone og dykking, er utført av Staffan Hjøhlmann, Are Jacobsen, Narve Brattenborg og Arne Myhrvold, hvor de tre førstnevnte har stått for opparbeiding av materialet og rapportering av den biologiske delen.

Sedimentundersøkelsen er utført av Håvard Nygård og Arne Myhrvold, det biologiske materialet er artsbestemt av Veslemøy Eriksen, Kristin M. Nodland og Per B. Wikander.

Alle kjemiske analyser er utført av RF-Miljølab, bortsett fra TOC og TN analysene som ble analysert av Mikrokjemi AB.

Takk til alle deltagere i prosjektet, og en spesiell takk til Svein Langaker som har vært kontaktperson i Haugesund kommune.

Stavanger 05. januar 1998

Arne Myhrvold

Innledning

Denne undersøkelsen er en grunnlagsundersøkelse som med hensikt å kartlegge naturtilstanden i resipienten vest av Årabrot før det nye utslippet av kommunalt avløpsvann etableres i løpet av høsten 1997.

Utslippet på Årabrot vil komme i drift i løpet av høsten 1997. Et mekanisk renseanlegg vil etableres i 1998 og utslippet vil være på 60 meters dyp.

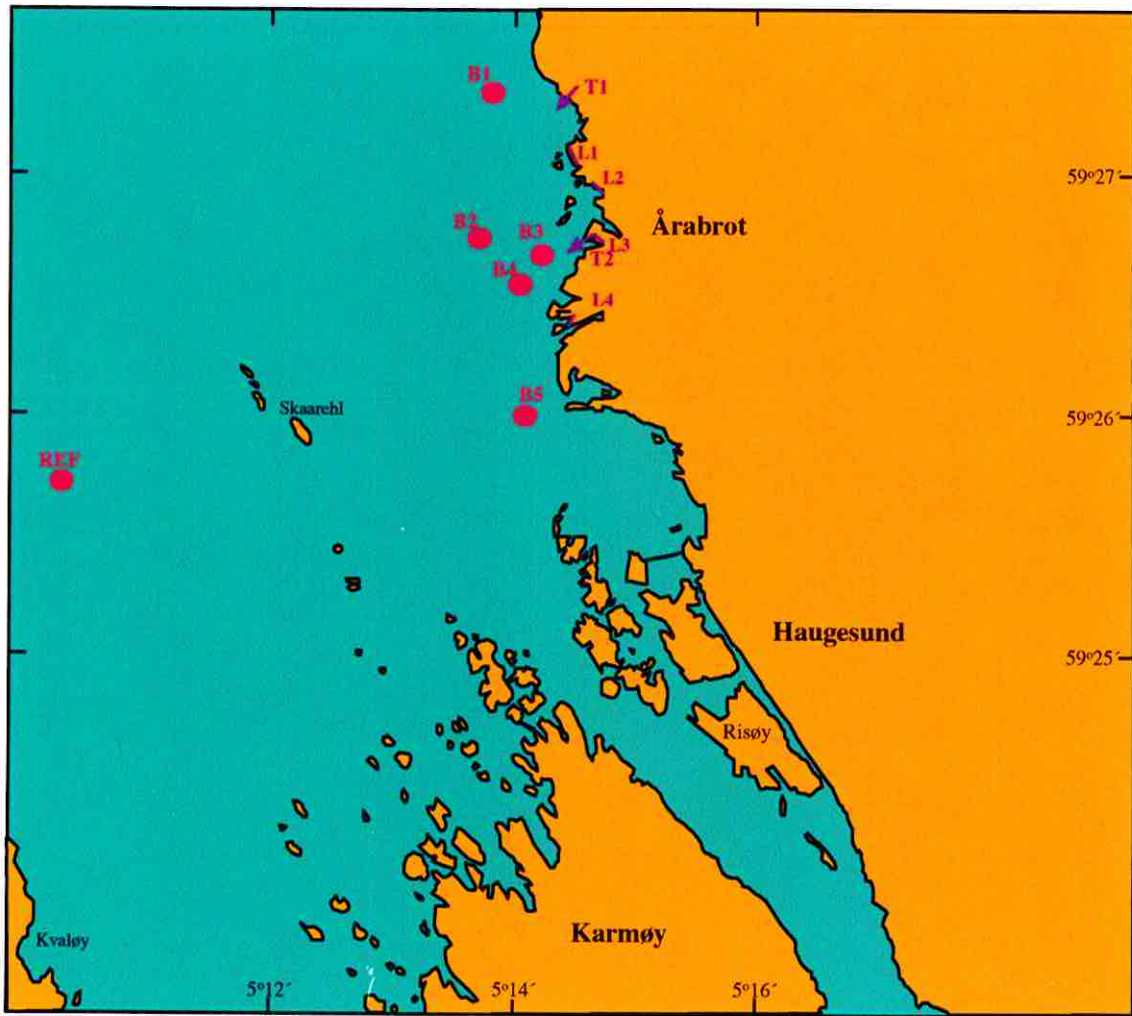
Omfanget til grunnlagsundersøkelsen er godkjent av fylkesmannens miljøvernavdeling.

Undersøkelsen har omfattet følgende;

- Vannsøyle, hvor det er målt næringssalter, klorofyll, organisk innhold (TOC) og hydrografi på seks stasjoner.
- Hardbunn, hvor det er gjort samfunnsanalyser på fire stasjoner i strandsonen, og langs to transekter ned til 30 m dyp. Det ble i tillegg målt tungmetall innhold i snegl og tang fra de fire stasjonene i strandsonen.
- Bløtbunn, det ble gjort bunndyrsanalyser ved seks stasjoner. Det ble i tillegg tatt prøver for analyse av tungmetaller og organisk innhold i sedimentet på de samme stasjonene.
- Innlagring og strømforhold i området ble kartlagt, og er rapportert i egen rapport (Langfeldt 1997).

Figur 1 viser stasjonsplassering for de ulike analysene.

Nærmere beskrivelse av de enkelte delene er gjort i kapittel 2.



Figur 1. Kart over området med innregnede stasjoner. Vannsøyledata og bløtbunnsundersøkelser ble samlet fra stasjon B1 til B5 og fra REF (referansestasjonen). L1 til L4 er stasjoner fra strandsoneundersøkelsen, mens T1 og T2 er de to hardbunnstransektene.

Materiale og Metode

Vannsøyle

Det ble samlet inn prøver fra seks stasjoner, se Figur 1. Prøvene ble samlet inn fra fem tidspunkt, 14. okt. 96, 12. nov. 96, 28. mai 97, 10. juni 97 og 25. juni 97.

Oksygen, temperatur og saltholdighet (OTS) ble målt som vertikalprofil fra overflaten og til bunnen.

Klorofyll ble målt som én integrert prøve fra det øvre vannsjikt, med prøver fra, overflaten, 10, 20 og 30 meters dyp.

Prøver til analyse av total organisk karbon (TOC) og næringssalter, total fosfor og total nitrogen (tot. P og tot. N), ble tatt fra 1 og 20 meters dyp, samt 10 meter over bunnen.

Siktedyp ble målt rutinemessig ved hvert tokt.

Næringssaltinnholdet ble analysert i henhold til Norsk Standard. Totalt nitrogen ble analysert etter NS 4743 2/93, totalt fosfor etter NS 4725 3/84 og klorofyll etter intern RF metode, modifisert etter (Strickland and Parsons 1972). TOC ble analysert etter NS-ISO 8245 1/91.

Hardbunn

Hardbunnssamfunnet består av planter og dyr som lever tilknyttet hardbunnen i et gitt område. Med hardbunn forstår vi fjell- og steinbunn, i motsetning til bløtbunn, dvs. sand- og mudderbunn. Et karakteristisk innslag i marine hardbunnssamfunn er bentiske (bunntilknyttede) makroalger, som populært går under navnet "tang og tare". Den vitenskapelige betydningen av "tang" og "tare" er to spesifikke ordner av brunalger (Fucales, henholdsvis Laminariales) og i tekstens fortsettelse vil begrepene bli brukt i denne betydningen. Blant makroalgene finner vi foruten brunalger også rød- og grønnalger. Makroalgene mangler røtter i egentlig forstand, og de fleste vokser utelukkende på hardbunn. Hardbunnssamfunnet omfatter også en rekke dyregrupper, mange av disse fastvokst på fjell, alger og skall av andre dyr. Fisk blir tradisjonelt ikke inkludert i hardbunnsundersøkelser, bl.a. fordi dette ville kreve en egen metodikk.

Store deler av hardbunnssamfunnet er stedbundet og derfor i stor grad påvirket av vannkvaliteten i den nærmeste omgivelser. Unormalt høye konsentrasjoner av næringssalter har for eksempel ført til redusert artsmangfold (Munda 1967, Borowitska 1972), økt mengde av hurtigvoksende ettårige makroalger (Knutzen 1986) og redusert mengde av flerårige makroalger, som tang og tare. Forandringer i vannkvaliteten kan derfor påvises ved å undersøke artssammensetningen på hardbunn.

Målet med hardbunnsundersøkelsen er å beskrive den nåværende tilstanden i området som bakgrunn for eventuelle senere undersøkelser, etter etablering av det planlagte

kommunale utslippet. Undersøkelsen innebærer en dokumentasjon av plante- og dyreforekomster i fjæra og på dybder ned til 27 m.

Undersøkelsen ble foretatt i to perioder, Tabell 1. Fjæreundersøkelsene ble foretatt av Staffan Hjøhlman med assistanse fra Arne Myhrvold. Dykkeundersøkelsen ble utført av Narve Brattenborg (transekt) og Are Jacobsen (ruteanalyse) med assistanse fra Arne Myhrvold. Dykkene på den ene stasjonen (T1) ble utført fra reketråleren "Heidi" som ble ført av Rolf Rasmussen. Plasseringen av stasjonene ble valgt utfra kart, men endelig plassering ble bestemt i felt, med tanke på tilgjengelighet (Figur 1).

Tabell 1. Tidspunkter, type undersøkelser og deltakere ved feltperiodene.

Tidspunkt	Type undersøkelse	Deltakere
24. - 25.6.1997	Undersøkelse i fjæra på lavvann. Stasjonene L1 - L4. Semikvantitativ metode.	Staffan Hjøhlman Arne Myhrvold
21. - 22.7.1997	Dykkeundersøkelse. Stasjonene T1 og T2. Semikvantitativ (transekt) og kvantitativ (ruteanalyser) metode.	Narve Brattenborg Are Jacobsen Arne Myhrvold Rolf Rasmussen (skipper)

Strandsone

Fire fjærestasjoner ble undersøkt (Stasjon L1 - L4) og plasseringen ble dokumentert på kart (Figur 1) og med foto slik at det er mulig å finne tilbake til nøyaktig de samme stedene ved senere anledninger. Vår intensjon var å undersøke 50 m strandlinje pr. stasjon, men på noen av stasjonene var det bare mulig å finne strandavsnitt ned mot 30 m som var homogene med hensyn til bølgeeksponering og substrattyppe. Stasjonene ble gjennomgått for planter og dyr fra og med marebek-beltet (*Calothrix / Verrucaria maura*) i sjøsprøytesonen og så langt ned som vannstanden tillot (springfjære). Dette tilsvarte øvre del av butarebeltet (*Alaria esculenta*) (Stasjon L1), øvre grense for fingertare (*Laminaria digitata*) (Stasjon 2 og 3), henholdsvis øvre del av sagtangbeltet (*Fucus serratus*) (Stasjon 4). Alle arter, større enn ca. 1 mm, som ble funnet i løpet av 45-60 minutter på hver stasjon ble notert. Mengden av artene ble anslått semikvantitativt (dominerende, vanlig eller spredt forekomst). Det ble tatt prøver av arter som vanskelig lar seg bestemme i felt, for senere identifisering under stereolupe og mikroskop.

Fra hver av de fire stasjonene i strandsonen ble det samlet inn strandsnegl (*Littorina littorea*) og sagtang (*Fucus serratus*) for analyse av tungmetaller. Ved analyse av strandsneglene ble operculum skåret bort, slik at bare de bløte delene av sneglen ble oppsluttet. Ved analyse av sagtang ble toppskuddet oppsluttet. Materialet ble oppløst i konsentrert salpetersyre i mikrobølgeovn. Til verifisering av resultatene for hhv. snegl og tang, ble referansematerialet CRM 278 (mussel tissue) og CRM 279 (sea lettuce) benyttet. Analysene ble utført som beskrevet i kapittel 2.3.2, hvor også analyser av referanse materialet er vist (Tabell 3).

Transekt

Undersøkelse av bunnen ved det planlagte utslippsstedet ble utført av dykkere. To typer undersøkelse ble gjennomført; ruteanalyse og transektanalyse.

Ruteanalyse utføres av en dykker som går ned til valgt dyp og plasserer der et rutenett på bunnen. Rutenettet ble plassert tilfeldig ved at dykkeren slapp 2 stålrammer fra 1,5-2 meters høyde over det valgte dypet. Målet på rammene var 0,5 * 0,5 meter, delt opp i 25 ruter for å lette bedømmelsen av mengde dyr og alger. Mengde ble angitt i antall individ eller dekningsgrad. Det ble utført fire ruteanalyser ved hver av de to stasjonene T1 og T2, to på 5 meters dyp og to på 10 meters dyp.

Transektanalyse utføres av en dykker som foretar registreringer av flora og fauna langs en på forhånd bestemt trasé. I denne undersøkelsen ble et 100 meter langt synketau lagt ut fra land (supralittoralen) og rett utover. Dykkeren begynte undersøkelsen ytterst, på 27 meters dyp, og arbeidet seg inn mot land. Det ble foretatt registrering av alger og dyr i intervaller innover mot land.

Arter det ikke var mulig å bestemme i felten, ble det tatt prøver av. Senere ble disse opparbeidet og bestemt i laboratorium. Fisk, og da særlig leppefisk ble observert, men ikke kvantifisert i denne undersøkelsen.

Bløtbunn

Innsamlingsprogram sediment

Bunndyrsprøvene ble tatt med en 0,1 m² van Veen grabb, og det ble tatt fire replikate hugg pr. stasjon. Prøvene ble siktet gjennom sikter med hull diameter 5 og 1 mm, slik at prøvene er kvantitative for bentisk infauna >1,0 mm. Prøvene ble fiksert med 4 % formalin og nøytralisert med boraks. Prøvene ble samlet inn 21. juli 1997. Posisjon til stasjonene er oppgitt basert på GPS. Tabell 2 viser posisjon, dyp og kommentarer til sedimentet på de fire stasjonene.

Sedimentbeskrivelse og kjemi

Prøvene ble samlet inn fra de øverste to cm av sedimentet. Analysene ble utført fra det første grabbhugget pr. stasjon. Partikkelsammensetningen i sedimentet ble analysert ved våtsikting etter standard metode beskrevet av Buchanan (1984).

Innhold av organisk karbon (TOC) og nitrogen (TN) er analysert på elementanalysator, etter at uorganiske karbonater som kalkskall o.l var fjernet med saltsyre. Mengden organisk materiale i sedimentet er også analysert som glødetap, og er beregnet etter innveing av tre parallelle prøver etter tørking ved 105 °C og etter gløding ved 550 °C (NS 4764).

Tabell 2. Stasjonsplassering og sedimentbeskrivelse på de seks stasjonene som ble prøvetatt for analyse av bunndyrssamfunn.

Stasjon	Posisjon	Dyp	Kommentarer
B1	59° 27' 37" N 05° 13' 94" Ø	140 m	Finkornet skjellsand med noe mudder. En del børstemark med "harde" sand-tuber, sannsynligvis <i>Melitta cristata</i> . Fant også en sjømus og en sjøedderkopp. Fargen på sedimentet var brunlig til olivengrønn.
B2	59° 26' 67" N 05° 13' 91" Ø	118 m	Mudderbunn, med grålig farge. Faunaen var dominert av børstemark i muddertuber.
B3	59° 26' 66" N 05° 14' 25" Ø	55 m	Grov skjellsand, hvor det meste av materialet ble liggende på 5mm sikten. Det ble observert lite liv. Fargen på sedimentet var brungrå.
B4	59° 26' 60" N 05° 14' 08" Ø	113 m	Grålig mudder med en del grove skjellfragmenter. Grå leire lenger ned i sedimentet.
B5	59° 25' 85" N 05° 14' 00" Ø	54 m	Grått sediment. Skjellsand med en del mudder. Det var mange børstemark. Det ble også funnet en pyntekrabbe.
Ref.	59° 25' 66" N 05° 10' 50" Ø	130 m	Bunnforholdene varierte relativt mye over korte avstander. Grålig mudder med skjellsand og store skjellfragmenter. 3 hugg måtte forkastes p.g.a. steiner som hindret grabben i å lukkes.

Sedimentprøvene for metallanalysene ble tørket ved 50 °C til konstant vekt. Prøvene ble deretter knust og homogenisert i en agarmorter. Materialet ble oppløst i konsentrert salpetersyre i mikrobølgeovn. Deretter ble prøvene fortynnet til tilstrekkelig volum. Til verifisering av resultatene ble referansematerialet MESS-1 benyttet. Metallene er, med unntak av kvikksølv, analysert i en ICP-MS. For kvikksølv er det benyttet kalddampatomabsorpsjon.

Tabell 3. Resultater fra analyser av referansemateriale i forhold til analysene i denne undersøkelsen. Alle verdier er gitt som mg/kg, it - står for ikke tilgjengelig, og ia - for ikke analysert.

Element	Mess Sediment			BCR279 Sea lettuce		BCR278 Mussel tissue	
	Ref-Verdi	Rf-normal Verdi	RF-verdi Denne måling	Ref-verdi	RF-verdi	Ref-Verdi	RF-verdi Denne måling
	mg/g tørrvekt			mg/g tørrvekt		mg/g tørrvekt	
Krom (Cr)	71	26,44	25,47	i.t.	9,20	0,80	1,30
Jern (Fe)	30520	22008	23677	i.t.	2118	133	104
Nikkel (Ni)	29,5	24,0	22,9	i.t.	14,2	i.t.	0,5
Kobber (Cu)	25,1	22,1	21,6	13,1	11,7	9,6	8,5
Sink (Zn)	191	169	166	51,3	47,9	76,0	71,9
Arsen (As)	10,6	9,8	9,0	3,1	3,1	5,9	5,7
Kadmium (Cd)	0,59	0,61	0,61	0,27	0,22	0,34	0,30
Tinn (Sn)	i.t.	0,70	0,78	i.t.	0,72	i.t.	0,15
Bly (Pb)	34,0	26,9	28,4	13,5	12,3	1,9	1,7
Kvikksølv (Hg)	i.t.	0,20	0,20	i.t.	ia.	i.t.	ia.

Resultatet fra referansematerialet er vist i Tabell 3. Disse viser et forventet resultat for sedimentprøvene. Dette innebærer at enkelte av metallene ligger noe lavere i verdi i forhold til referansematerialet, dette er forventet i og med at NS 4770 ikke er en totaloppløsning. Resultatet fra blåskjellanalysen viser en god overensstemmelse med de oppgitte verdiene, med unntak av for kvikksølv. De noe lavere verdiene for kvikksølv i prøven i forhold til referansematerialet, kan tyde på at de rapporterte verdiene for kvikksølv i blåskjell er noe for lave.

Bunndyr

Bunndyrsfaunaen er i hovedsak immobil. Faunaen kan derfor betraktes som et "speil" på den forurensningsbelastning området har vært utsatt for, og ikke bare representere et øyeblikksbilde, slik tilfellet er om det blir målt ulike parametre i vannsøylen. Derfor er bunndyrsundersøkelser ofte benyttet for å vurdere effekten av ulike forurensning.

Antallet av arter og individer er primære resultater i bunndyrsundersøkelser. Etersom antallet arter og individer i upåvirkede marine sedimenter kan være høyt og derfor vanskelig å få oversikt over, er det hensiktsmessig å sammenfatte informasjonen ved bruk av ulike beregningsmetoder og grafiske fremstillinger.

Ved å redusere datasett med mange variable (her vil hver art representere en variabel) til enklere tall eller informative figurer, vil det på grunn av de enkelte metoders svakheter være fare for at vesentlig informasjon går tapt. Metodene har ulike fordeler og ulemper, og det er derfor vanlig å benytte flere utfyllende og til dels overlappende metoder. I denne undersøkelsen er analysene utført ved hjelp av beregninger og figurfremstillinger som er anbefalt og vanlig brukt i tilsvarende resipientundersøkelser.

På laboratoriet ble alle dyr plukket ut under lupe, og overført til egnet konserveringsmiddel. Dyrene ble identifisert til art så langt dette har vært mulig. Muslinger og snegler ble artsbestemt av Per B. Wikander, krepsdyrene av Kristin M. Nodland, mens Veslemøy Eriksen har stått for identifiseringen av de resterende gruppene.

Taksonomiske grupper (art og slekt) som er tatt med i de videre analysene, er tatt med ut fra følgende kriterier:

- Artene lever i bunnsedimentet
- Artene er samlet kvantitativt med grabben
- Individene holdes tilbake på sikt med maskevidde 1 mm
- Individene er identifisert til art, slekt eller familie. Unntaket er fåbørstemarkene (Oligochaetae), disse er bare bestemt til gruppe, men er likevel tatt med i analysene.

Dette medfører at grupper som rundmakk samt kolonidannende arter som hydrozoer og svamper ikke er med i analysene. Krepsdyr uten tilknytning til sedimentet er også utelatt fra de videre analyser.

Mål på diversitet

Diversitet blir beregnet ut fra antall arter og fordeling av individene på artene i prøven. Med høyt antall arter og jevn individ fordeling mellom artene, vil prøven ha høy diversitet. Diversitet er beregnet som Shannon-Wieners diversitetsindeks (H') (Shannon & Weaver 1963), jevnhet (Pielou 1966), samt diversitetskurver (Hurlbert 1971).

Shannon-Wiener indeksen beregnes som:

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

Hvor $p_i = n_i / N$, s = totalt antall arter, n_i = antall individer av i 'te art og N = totalt antall individer.

De beregnede verdiene sammenlignes med *grenseverdier* gitt av SFT (Molvær m. fl. 1997).

Jevnhet (J) er et mål på hvor jevnt individene er fordelt mellom artene. Verdiene ligger mellom 0 og 1. Verdien vil gå mot 0 om de fleste individene tilhører en art, mens den vil være 1 om alle artene er representert med like mange individer. Ved maksimal diversitet, vil alle artene være representert med like mange individer, det vil si at $H' = \log_2 S = H_{\max}$. Forholdet mellom observert- (H') og maksimal diversitet (H_{\max}), kan derfor sees som et mål på jevnhet (Magurran 1988). Jevnhet beregnes som:

$$J = \frac{H'}{\log_2 S} = \frac{H'}{H_{\max}}$$

Forventet antall arter er beregnet etter Hurlberts formel fra 1971 (Hurlbert 1971):

$$E(S_n) = \sum_{i=1}^s \left[1 - \frac{\binom{N - N_i}{n}}{\binom{N}{n}} \right]$$

hvor $E(S_n)$ = forventet antall arter i en delprøve av n tilfeldig valgte individer, N = totalt antall individer i prøven, S = totalt antall arter i prøven, og N_i = antall individer av art i .

Det regnes ut forventet antall arter ved 100 individer ($E_{S_{n=100}}$), verdiene sammenlignes med *grenseverdier* gitt av SFT (Molvær m. fl. 1997).

Resultater og Diskusjon

Vannsøyle

Hydrografi

Sjøvannets tetthet er en funksjon av saltholdighet og temperatur, som igjen danner forutsetningene for vannmassenes stabilitet. Med økende oppvarming på våren og forsommeren dannes et relativt stabilt lag med lettere vannmasser på overflaten. Denne effekten forsterkes av ferskvann fra land. Skillet mellom de underliggende vannmasser, sprangsjiktet, blir gradvis liggende på større dyp utover sommeren. Sprangsjiktet representerer i prinsippet en barriere for blanding og transport av næringssalter og organismer mellom de to vannlagene, og hindrer f. eks. planteplankton å synke ned i de deler av vannsøylen hvor lyset er utilstrekkelig for plantevekst.

Tabell 4. Temperatur, saltholdighet og oksygen verdier i overflatevann og ved bunn på de stasjonene B1-B5 og Ref. i undersøkelsesperioden.

Stasjon	Parameter	14. okt. 96		12. nov. 96		28. mai 97		10. juni 97		25. juni 97	
		overfl.	Bunn	overfl.	Bunn	overfl.	Bunn	overfl.	Bunn	overfl.	Bunn
B1 (140m)	temp °C	11,3	7,3	9,4	8,6	8,4	6,7	12,5	6,7	11,2	6,8
	salinitet	31,8	34,6	31,9	34,3	32,2	34,6	28,8	34,8	31,3	34,9
	oks. mg/l	7,5	7,9	7,6	7,5	7,9	7,2	6,1	6,3	-	-
B2 (118m)	temp °C	11,3	7,0	9,3	8,6	8,5	6,7	12,5	6,6	11,0	6,8
	salinitet	31,8	34,7	31,9	34,3	32,2	34,7	28,7	34,7	31,2	34,9
	oks. mg/l	7,1	8,0	7,6	7,5	8,2	7,3	6,1	6,5	-	-
B3 (55m)	temp °C	12,0	9,0	9,5	10,1	8,7	6,5	12,5	11,8	10,3	7,5
	salinitet	31,1	33,7	31,9	32,9	32,2	33,9	29,0	30,0	31,8	34,1
	oks. mg/l	7,7	8,3	7,7	7,9	8,3	8,2	7,3	7,4	-	-
B4 (113m)	temp °C	11,3	7,0	9,3	7,8	8,6	6,7	12,6	6,9	11,1	6,8
	salinitet	31,7	34,7	31,8	34,6	32,2	34,7	28,9	35,6	31,5	34,8
	oks. mg/l	7,2	8,0	7,8	7,5	8,3	7,5	6,8	7,1	-	-
B5 (54m)	temp °C	11,4	7,3	9,1	9,2	8,6	6,6	12,9	8,3	11,1	6,8
	salinitet	31,6	34,6	31,3	34,0	32,2	34,2	29,7	33,9	31,3	34,7
	oks. mg/l	7,0	8,1	7,8	7,7	8,2	7,8	7,5	7,5	-	-
Ref. (130m)	temp °C	11,7	7,5	9,2	9,6	7,9	6,2	12,6	7,5	-	-
	salinitet	31,9	34,6	31,6	34,2	32,5	34,4	29,0	-	-	-
	oks. mg/l	7,3	7,4	7,7	7,2	7,4	6,9	-	-	-	-

I Figur 2 er det plottet saltholdighetsprofiler for hver prøvetaking på de seks stasjonene ved Årabrot. I Tabell 4 er temperatur-, saltholdighet- og oksygenverdier presentert for overflatevann og ved bunn på de prøvetatte stasjoner i undersøkelsesperioden.

Det er liten forskjell i de målte verdier mellom de ulike stasjonene.

I oktober 96 var det et klart tetthetssprang på ca. 35 m. På den grunne stasjonen B3, lå det noe grunnere på ca. 25 m. Temperaturen var fortsatt relativt høyere i overflatevannet, med 12 °C, og ca. 7,5 °C i bunnvannet. I november er det tydelig at vannmassen er mer homogene, og tetthetsspranget ikke lenger så markert. Temperaturforskjellen mellom overflaten og bunnvannet er også mindre markert. Dette er typisk for høst situasjoner, hvor overflatevannet kjøles ned grunnet kjøligere vær, samtidig som det blåser mer, og vannsøylen vil dermed bli utsatt for større grad av omrøring.

I mai 97 har vannmassen begynt å stabilisere seg igjen, temperaturen øker i overflatevannet igjen, og det er et svakt sprangsjikt på ca. 20 m. Ved målingen 10. juni er det kommet inn et markert ferskere vann med saltholdighet på ca. 29 i de øverste 20 m. Ved målingen 25. juni er det en typisk sommersituasjon, med et markert tetthetssprang på ca. 20 m.

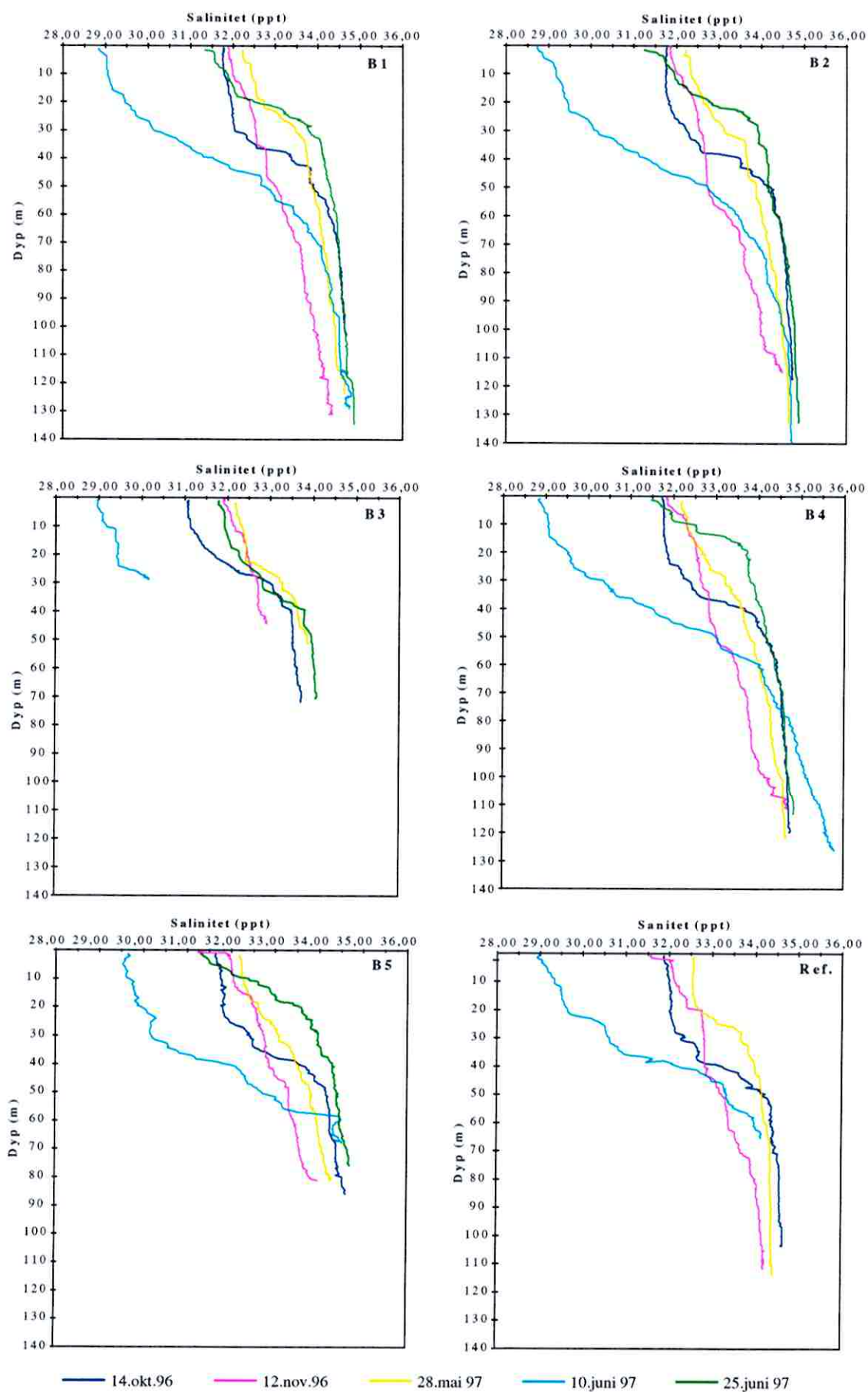
Det ble ikke målt lave oksygenverdier i bunnvannet i løpet av undersøkelsen.

Næringsalter og klorofyll

Klorofyllinnholdet følger en forholdsvis lik tidsutvikling for stasjonene i undersøkelsesperioden (Figur 3). De høyeste verdiene ble målt 10. juni 1997 og de laveste i november 1996. Klorofyllinnholdet varierer med årstiden og det er høyest innhold når det er mye planktonalger i sjøen. Dette er særlig tydelig ved våroppblomstringen av alger. Det er ikke grunnlag for å si at det var noen forskjell mellom stasjonene. Resultatene er under eller lik grensen mellom tilstandsklassene meget god og god, som SFT setter for klorofyllinnhold i overflatevann om sommeren. Sammenlignet med målinger som er gjort for Haugesund kommune i årene 1991 - 1996 var klorofyllinnholdet ved Årabrot på samme nivå.

Det var tildels stor spredning av fosfor innhold mellom de ulike stasjonene. Enkelt prøver (3 stk) skilte seg mye ut fra de andre. Dette skyldes sannsynligvis en feil under innsamling og behandling av prøvene. Bortsett fra disse tre, viser de andre resultatene samme trend. Det var høyest innhold av fosfor om høsten/vinteren 1996, men også i mai 1997 var verdiene høye. Laveste verdier ble målt i juni 1997. Vanligvis er næringsaltinnholdet variabelt om våren og lavt om sommeren da algene bruker opp disse stoffene i vannet. Variasjonene om våren er koblet til periodevis omrøring hvor næringsrikt dypvann bringes opp til overflaten. I forhold til SFT's kriterier for vannkvalitet var fosforinnholdet i tilstandsklasse I (*meget god*) og II (*god*). Generelt var nivået av fosfor likt eller noe høyere enn det som er funnet i andre undersøkelser for Haugesund kommune.

Resultater og Diskusjon



Figur 2. Saltholdighetsprofiler fra stasjonene B1-B5 og referansestasjonen.

Innholdet av nitrogen var lavere enn SFT's grense for tilstandsklasse I. Nivåene er innenfor resultatene som er målt i undersøkelser for Haugesund kommune. På stasjonene var det en økning i innholdet fra mai til juni og dette kan ha sammenheng med økt tilførsel av nitrogen via brakkvann, og at denne tilførselen var større enn det som algene kunne omsette til vekst.

Siktedyp

Resultatene fra siktedyp målingene viser at siktedypet er lavest om sommeren når planteplankton konsentrasjonen er høy og høyest om vinteren når konsentrasjonen av planteplankton er lav (Tabell 5).

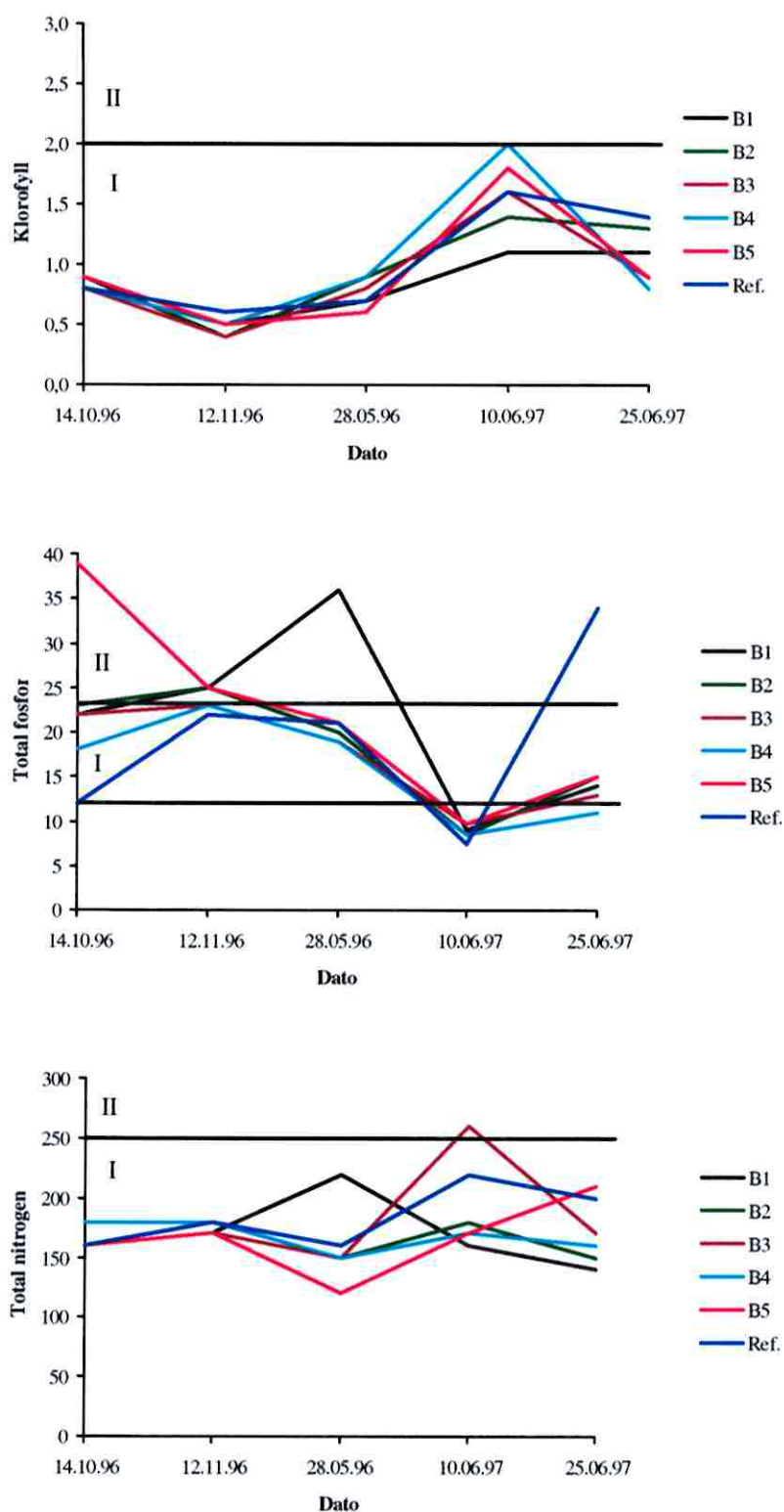
Tabell 5. Siktedyp på de prøvetatte stasjonene i undersøkelsesperioden.

Stasjon	14. okt. 96	12. nov. 96	28. mai 97	10. juni 97	25. juni 97
B1	11	14	8	5	5
B2	13	17	6	5	6
B3	12	15	7	5	6
B4	12	15	6	5	6
B5	12	17	6	4	6
Ref.	11	13	11	5	5

Organisk innhold

Organisk innhold i vannprøvene ble målt som TOC, og samtlige prøver hadde lavere innhold enn deteksjonsgrensen på 2,5 mg/l. De lave verdiene tyder på at vannmassene i området ikke belastes med utslipp av organisk materiale.

Resultater og Diskusjon



Figur 3. Klorofyll A ($\mu\text{g/l}$) i integrert prøve ned til 30 m, total fosfor ($\mu\text{g/l}$) og total nitrogen ($\mu\text{g/l}$) i 1 m dyp på stasjonene B1-B5 utenfor Årabrot og på referansestasjon (Ref.). Horisontale streker markerer skille mellom ulike tilstandsklasser etter SFT's klassifisering av vannkvalitet (sommer, overflatevann).

Hardbunn

Det ble ikke observert tydelige tegn på menneskeskapt påvirkning, hverken ved fjære- eller dykkeundersøkelsen. Effekter av gjødsling ble observert på fjærestasjonene L1 og L2 i form av måsegrønske-forekomster (*Prasiola stipitata*). Slike forekomster er som regel resultat av naturlig gjødsling fra sjøfugl.

Strandsone

Felles for fjærestasjonene (L1 - L4) var at de var vendt mot vest og at det ikke ble observert større ferskvannspåvirkning. Antall arter som ble funnet på fjærestasjonene var 62 (45 planter og 17 dyr, Tabell 6). Artsantallet på de enkelte stasjonene varierte mellom 33 og 44. Fullstendig artsliste presenteres i Vedleggstabell 1.

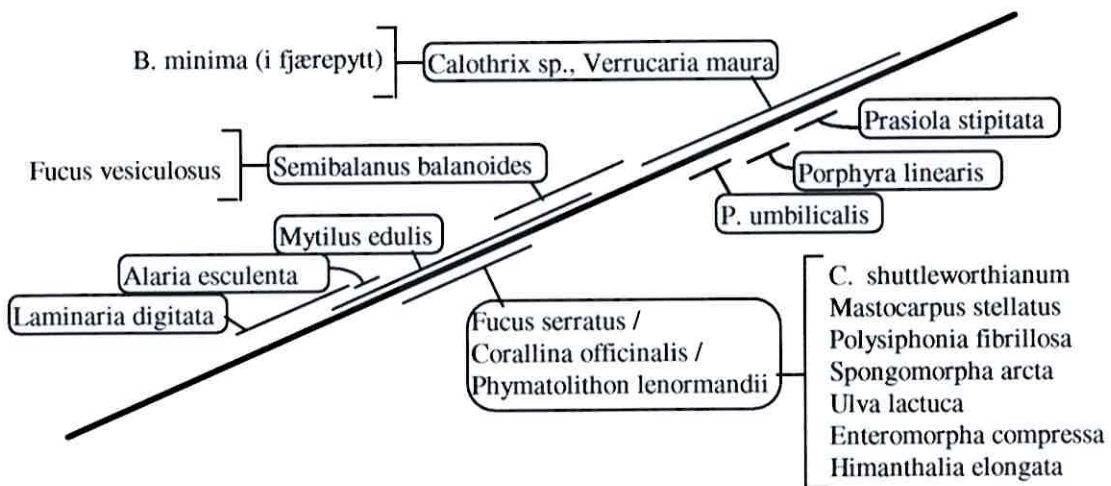
Tabell 6. Antall arter på fjærestasjonene.

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	Totalt
Planter	31	30	27	29	45
Dyr	9	7	6	15	17
SUM	40	37	33	44	62

Stasjon L1. Middels eksponert lokalitet. Forekomster av måsegrønske (*Prasiola stipitata*) i marebekkeltet vitner om gjødsling fra sjøfugl. Langs ca. 5 m av strandlinjen, midt på stasjonen, var det særdeles store forekomster av grønnalgen *Spongomorpha arcta* i nedre del av fjæra, og stort sett bart fjell i øvre del.



Figur 4. Stasjon L1. I forgrunnen et strandavsnitt med store forekomster av stor grønneddott (*Spongomorpha arcta*), og mest bart fjell over dette (se tekst). (Foto: S. Hjøhlman).

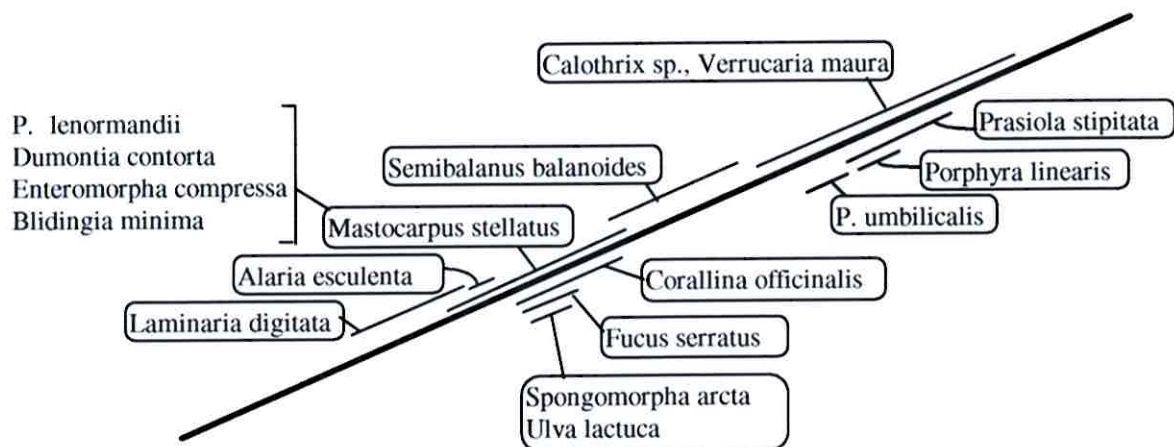


Figur 5. Sonering av dominerende arter på Stasjon L1. Soneringen ble ikke målt opp, men de enkelte artenes utbredelse er her tegnet omtrentlig i forhold til hverandre (i rammer). Arter i klammer var hovedsakelig knyttet til én av sonene, men hadde en mer diffus utbredelse.

Stasjon L2. Middels eksponert lokalitet. Forekomster av måsegrønnske (*Prasiola stipitata*) i marebekkeltet vitner om gjødsling fra sjøfugl. Av tangartene var bare sagtang (*F. serratus*) til stede, best utviklet i nordre, henholdsvis søndre del av stasjonen. Längs noen meter av strandlinjen midt på stasjonen manglet sagtang og flere av de ellers dominerende artene, f. eks. grønnalgene *S. arcta* og *U. lactuca*, rur (*S. balanoides*) og krasing (*C. officinalis*). Her var det mye bart fjell med albusnegl (*P. vulgata*) og flekker av vorteflik (*Mastocarpus stellatus*).



Figur 6. Stasjon L2. I sentrum av bildet et område med mye bart fjell (se tekst). Høyt oppe på fjellet, til høyre i bildet, er fjellet grønnfarget av måsegrønnske (*Prasiola stipitata*) (Foto: S. Hjøhlmán).

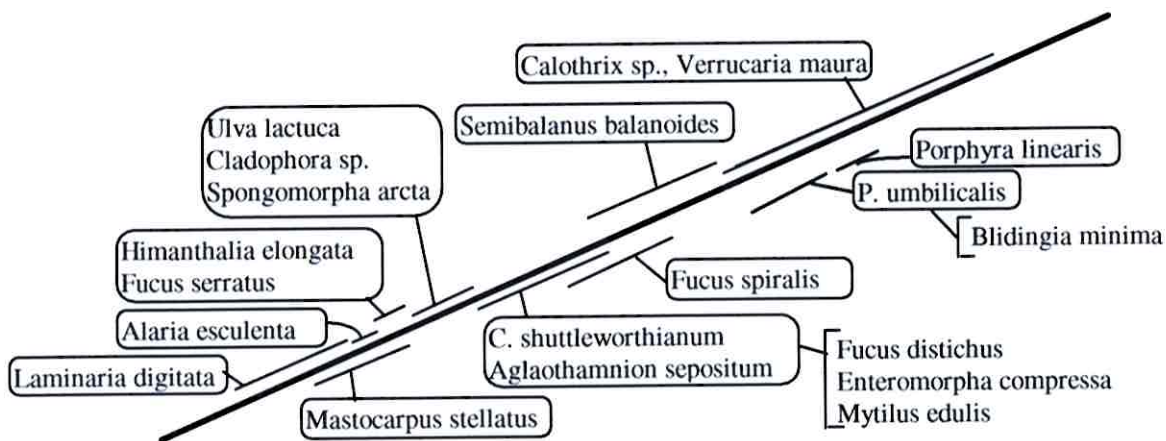


Figur 7. Sonering av dominerende arter på Stasjon L2. Se Figur 5 for forklaringer.

Stasjon L3. Eksponert lokalitet. Dette var den mest eksponerte stasjonen overfor bølgeeksponering. Tilstedeværelsen av pigget rekeklo (*Ceramium shuttleworthianum*), busket havpyrd (*Aglaothamnion sepositum*), båetang (*Fucus distichus*) og knapptang (*Himanthalia elongata*) gjenspeiler dette.



Figur 8. Stasjon L3. Eksponert lokalitet. Tydelig sonering. (Foto: S. Hjøhlman).

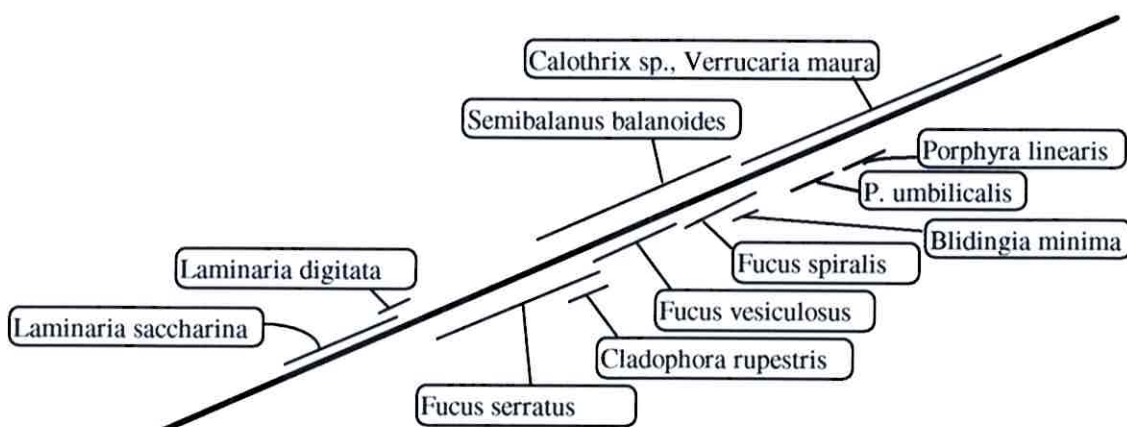


Figur 9. Sonering av dominerende arter på Stasjon L3. Se Figur 5 for forklaringer.

Stasjon L4. Middels eksponert / beskyttet lokalitet. Det var velutviklede belter av spiraltang (*F. spiralis*), blæretang (*F. vesiculosus*) og sagtang på stasjonen.



Figur 10. Stasjon L4. Relativt beskyttet lokalitet med store tangforekomster. Sagtang lengst nede, blæretang og spiraltang høyere opp i bildet. På fjellveggen i bakgrunnen (utenfor stasjonen) henger grisctang (*Ascophyllum nodosum*). Arten ble ikke funnet på selve stasjonen. (Foto: S. Hjøhlman).



Figur 11. Sonering av dominerende arter på Stasjon L4. Se Figur 5 for forklaringer.

Tungmetaller i snegl og tang i strandsonen

Innholdet av tungmetaller i strandsnegl og sagtang er vist i Tabell 7. De målte verdiene var lave, og innenfor det som av SFT klassifiserer som tilstand I - *meget god* (Molvær m. fl. 1997). De to uthevede verdiene på L2 og L4 klassifiseres som *god*.

Tabell 7. Innhold av tungmetall i strandsnegl og sagtang fra de fire strandsone stasjonene L1-L4. Alle verdier er gitt som mg/kg tørrvekt.

	Snegl L1	Snegl L2	Snegl L3	Snegl L4	Tang L1	Tang L2	Tang L3	Tang L4
Krom (Cr)	1,08	8,96	2,54	2,65	0,38	0,25	0,38	0,16
Nikkel (Ni)	3,23	4,83	4,58	4,95	2,28	1,13	1,35	0,68
Kobber (Cu)	42,93	50,49	20,29	44,02	2,60	3,27	2,38	1,26
Sink (Zn)	46,81	43,94	32,35	42,39	71,45	34,97	42,24	18,11
Arsen (As)	16,33	11,96	7,58	41,64	39,28	24,93	31,59	17,58
Kadmium (Cd)	0,50	0,34	0,28	0,90	1,30	0,54	0,95	0,52
Bly (Pb)	0,80	1,05	1,98	0,92	0,92	1,62	0,43	0,18
Jern (Fe)	764,15	898,59	714,93	918,59	96,85	117,94	95,06	36,79
Tinn (Sn)	0,16	0,19	0,15	0,14	0,05	0,04	0,04	0,02

Dykkerundersøkelse, ruteanalyse

Både Stasjon T1 og T2 besto av tareskog, noe skjermet for havdønninger. De to dominerende algeartene er *Laminaria hyperborea* (stortare) som danner tareskog og *Lithothamnion glaciale* (klassifisert rødalge) som dekket mye av bunnen. Stortaren ble delt inn i store og små individer. De store (1,5 meters høyde og større) danner et «canopy»-lag i tareskogen, bladene utgjør et jevnt lag som dekker bunnen i 1-1,5 meters høyde. De små individene danner et spredt undervegetasjonslag.

Opplysninger om den enkelte stasjon:

Stasjon T1

Rute 1, 10 meters dyp: Bunnen hadde en helning på 20 %. Rødalger dekket 100% av 10 ruter, dvs. 40 % av det totale rutenett. Bunnen var karakterisert av mye skjellrester, spesielt blåskjell.

Rute 2, 10 meters dyp: Bunnen hadde en helning på 10 %, mye algerester

Rute 3, 5 meters dyp: Flat bunn, tett tareskog

Rute 4, 5 meters dyp: 20 % helning på bunn. 2 stortare, en på 1,5 meter og en på 2 meter.

Stasjon T2

Rute 1, 10 meters dyp: Flat bunn. Skjellrester dekket mye av bunn, noe algerester

Rute 2, 10 meters dyp: Flat bunn. Halvparten av rutenett over stor *Lithothamnion*-dekket stein, noe skjellrester på bunn

Rute 3, 5 meters dyp: 40% helning på bunn, tett kraftig tareskog, mye drag i sjøen.

Rute 4, 5 meters dyp: 10 % helning på bunn, noe algerester

Sjøstjerner (*Asterias rubens*, *Leptasterias muelleri*) opptrådte både som små og store individer. Det ble ikke observert kråkeboller under ruteanalysen.

Mosdyr (*bryozoa*) dekket mye av stortarestilken på de store individene. Det ble ikke observert tegn til at stortarestilken hadde blitt beitet på. Flere amphipod-arter (*Jassa falcata*, *Dexamine thea*, *Parajassa pelagica*, *Ampithoe rubricata*) ble observert, alle normalt forekommende i tareskog.

Dykkerundersøkelse, transektanalyse

Stasjon T1. Under transektet på Stasjon T1 ble tett stortareskog observert fra 25 meters dyp opp til 3 meters dyp. Fra 3 til 0 meter dominerte algene butare (*Alaria esculenta*) og fingertare (*Laminaria digitata*). I littoralen observerte man store mengde blåskjell (*Mytilus edulis*), og i supralittoralen albueskjell (*Patella vulgata*) og rur (*Balanus balanoides*).

Stasjon T2. Ved Stasjon T2 var dybdeutbredelsen av *L. hyperborea* omtrent den samme. *L. digitata* og *A. esculenta* dominerte også her fra 0 til 3 meter. I littoralen og supralittoralen dominerte de samme artene som på Stasjon T1. Sjøstjerner fins i alle transektlengder fra 27 til 3 meter. Taskekrabbe (*Cancer pagurus*) opptrer fra 27 til 10-15 m dyp.

Resultatene fra stasjonene T1 og T2 er m. a. o. svært like.

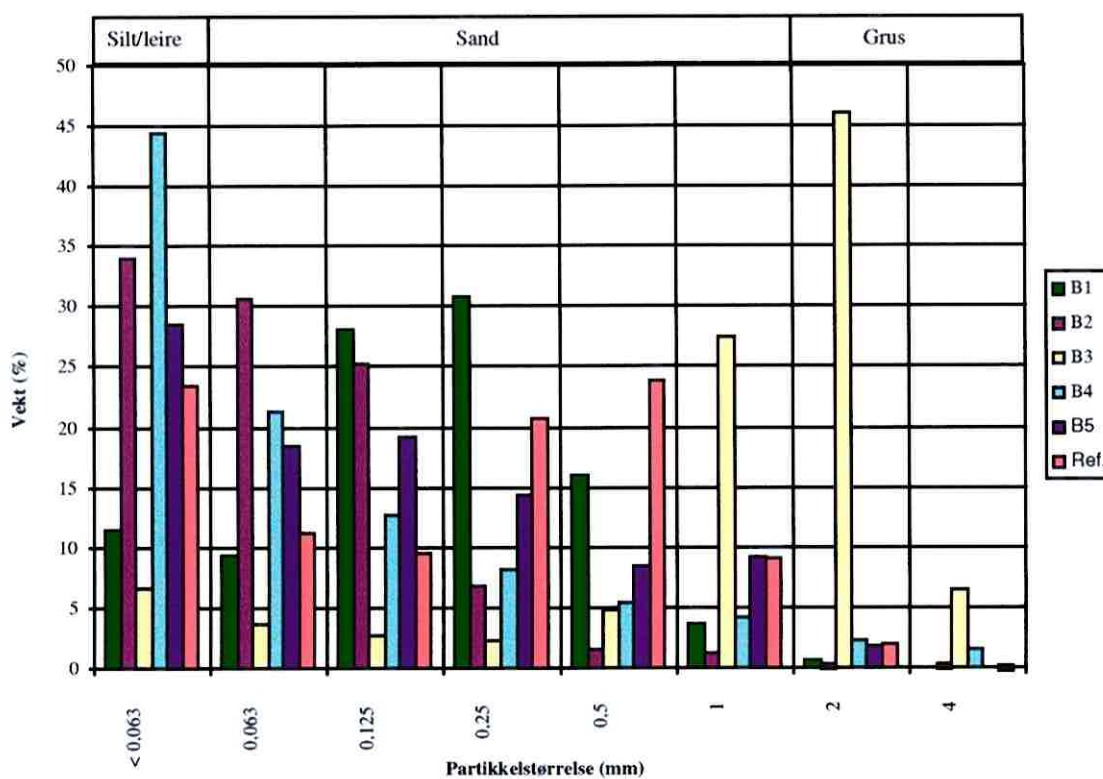
Bløtbunn

Sedimentbeskrivelse og kjemi

Partikkelstørrelsesfordelingen i sedimentprøvene fra stasjonene er presentert i Figur 12. Sedimentet på stasjon B2, B4 og B5 hadde den høyeste andelen finpartikulært materiale, og er typiske sedimentasjonsområder. Sedimentet på B1 er noe grovere, med et større innslag av sandpartikler. Stasjon B3 hadde det klart groveste sedimentet, med ca. 45% i grusfraksjonen. Sedimentet på referanse stasjonen er mer jevnt fordelt, men med hovedandelen i sandfraksjonen.

Akkumulasjonsområder er områder med lave strømhastighet, og hvor finpartikulært materiale sedimenterer. Slike områder inneholder som regel høyere verdier av for eksempel organisk materiale og tungmetaller enn der det er grovere sedimenter. Dette skyldes både lavere strømhastighet og dermed mindre utvasking samt de mindre partiklenes relative store overflate, som kan absorbere forurensning.

Det forventes derfor at konsentrasjonen av organisk materiale og tungmetaller, vil være høyere på stasjon B2, B4 og B5 enn på de øvrige.



Figur 12. Kumulativ partikkelstørrelsesfordeling i sedimentprøvene fra sedimentstasjonene.

Andel finstoff i sedimentet og organisk innhold i sedimentet målt som totalt organisk karbon (TOC), totalt nitrogen (TN) og glødetap er gitt i Tabell 8.

Tabell 8. Mengde finfraksjon og organisk innhold målt som totalt organisk karbon (TOC), totalt nitrogen (TN), og glødetap i sedimentet fra Årabrot.

	B1	B2	B3	B4	B5	Ref.
TOC (mg C/g)	61,7	41,0	52,5	100,0	78,5	78,7
TN (mg N/g)	1,4	0,8	1,8	1,2	4,7	2,3
Glødetap (%)	4,3	5,7	5,3	11,8	8,2	5,5
Finfraksjon (% < 63 µm)	11,5	34,0	6,6	44,4	28,6	23,4

De målte TOC og TN verdiene er generelt høye på alle stasjonene, og TOC verdiene klassifiseres som *meget dårlige* (Molvær m. fl. 1997). Verdiene fra glødetapsanalysen var forholdsvis lave for alle stasjonene, og det høyeste glødetapet ble målt på stasjon B4 som også hadde høyeste mengde finfraksjon og høyest TOC verdi i sedimentet. Stasjon B4 var plassert på 113 m, og var en av de dypeste stasjonene i undersøkelsen.

Høye TOC og TN verdier er også tidligere målt i området, men det ser ikke ut til at disse høye verdiene påvirker faunasammensetningen i området (Eriksen m.fl. 1997, Myhrvold m. fl. 1997).

Metaller i sedimentet

Resultatene fra metallanalysene i sedimentet er gitt i Tabell 9. De målte verdiene for metallene krom, nikkel, kobber, sink, arsen, kadmium og kvikksølv var lave, og tilstanden kan klassifiseres som *Ubetydelig - lite forurenset* (Molvær m. fl. 1997). Verdiene målt for bly var noe høyere og tilstanden på stasjon B2, B4, B5 og Ref. klassifiseres som *Moderat forurenset*, for de andre stasjonene klassifiseres tilstanden som *Ubetydelig - lite forurenset*.

Tabell 9. Innhold av tungmetaller i sedimentet på de seks stasjonene. Verdiene er oppgitt som mg/kg tørrvekt.

Metall	B1	B2	B3	B4	B5	Ref.
Krom (Cr)	8,63	18,83	4,95	11,89	16,69	15,80
Jern (Fe)	10157	12520	6807	9663	16245	16305
Nikkel (Ni)	9,81	19,00	10,07	14,53	18,34	16,08
Kobber (Cu)	6,32	17,49	6,10	11,80	52,98	10,15
Sink (Zn)	31,65	55,23	20,50	37,87	84,41	51,65
Arsen (As)	5,20	6,50	7,03	6,77	12,60	8,15
Kadmiu (Cd)	0,08	0,09	0,05	0,07	0,12	0,11
Tinn (Sn)	0,37	0,99	0,53	0,76	9,70	0,42
Bly (Pb)	18,88	38,88	23,77	31,33	58,95	31,00
Kvikksølv (Hg)	0,03	0,07	0,04	0,06	0,09	0,03

Bunndyr

Antall individer, arter og mål på diversitet på de seks stasjonene ved Årabrot er gitt i Tabell 10.

Antall individ varierer fra 1432 (stasjon B5) til 785 (stasjon B2). Det høyeste artsantallet ble funnet på referanse stasjonen. Artsrikheten ble beregnet ved å bruke to diversitets-indeks; Shannon-Wieners indeks og Hurlberts indeks. De beregnede verdiene klassifiseres noe ulikt i henhold til SFTs verdier avhengig av type indeks. Det høye artsantallet på stasjonene indikerer at tilstanden er god.

Tabell 10. Antall arter og individer, samt indekser for artsrikhet; jevnhetsindeks, Shannon-Wieners indeks og Hurlberts indeks for forventet artsantall. Tilstandsklasse er gitt i henhold til SFT (Molvær m. fl. 1997).

Stasjon	Individ- antall (N)	Artsantall (S)	Jevnhets indeks (J)	Shannon- Wiener indeks (H')	SFT klasse	Hurlbert indeks (ESn=100)	SFT klasse
B1	1276	79	0,44	2,79	Mindre god	21,1	God
B2	785	59	0,63	3,73	God	26,9	Meget god
B3	913	81	0,74	4,68	Meget god	33,5	Meget god
B4	1088	77	0,72	4,53	Meget god	31,3	Meget god
B5	1432	93	0,51	3,31	God	26,7	Meget god
Ref.	881	105	0,52	3,46	God	30,1	Meget god

Diversitetsindekser forenkler at komplekst sett av data vedrørende arter og individer til et enkelt tall. Indeksene tar ikke hensyn til de ulike artene, og det undersøkte området kan derfor ha en total utskiftning av arter uten at dette kommer til uttrykk i endrede diversitetsindeks verdier. Den videre gjennomgang av områdets tilstand baseres derfor på både kunnskap om hver enkelt arts levesett og evne til å tåle organisk anrikede sedimenter.

Antall individer av dominerende arter på stasjonene er vist i Tabell 11. Faunaen domineres hovedsakelig av børstemark (polychaeta og oligochaeta).

Stasjon B1. Stasjonen ligger nord for den planlagte utslippsledningen og er den dypeste stasjonen i undersøkelsen. Sedimentet på stasjonen bestod hovedsakelig av sandpartikler. Mange børstemarken *Melinna cristata* utgjør over 60 % av faunaen på stasjonen. Denne arten er vanlig på mudderbunn og på litt mer grovere bunn. *M. cristata* er en rørbyggende børstemark og lever av organisk stoff i bunnmateriale. Det er funnet populasjoner av *M. cristata* bestående av over 5000 individer pr. m² (Fauchald & Jumars 1979). En annen dominerende art på stasjonen er mangebørstemarken *Myriochele oculata*. Arten bygger rør som er tett belagt med bunnmateriale og finnes på de fleste bunntyper, men foretrekker mudder bunn. I norske fjorder kan den forekomme i tette bestander og er en av de mest vanligste mangebørstemarkene (Kirkegaard 1996).

Det ble funnet 1276 individ fordelt på 79 arter, diversiteten på stasjonen ble beregnet til 2,79 som klassifiseres som *mindre god*. Det høye individantallet av *Melinna cristata* er årsaken til den lave diversiteten. Artsammnesetningen tyder ikke på at stasjonen er utsatt for organisk belastning.

Stasjon B2. Denne stasjonen var plassert på 118 m. Sedimentet på stasjonen hadde en relativ høy andel finpartikulært materiale sammenlignet med de andre stasjonene. Faunaen på stasjonen domineres av fåbørstemark (Oligochaeta) som utgjør ca 44 % av materiale. Fåbørstemark arter er opportunistiske og kjent for å dominere i områder utsatt

for organisk belastning. *Pista cristata*, en rørbyggende overflate detritus spiser, er den nest mest dominerende arten på stasjonen.

På stasjonen ble de funnet 785 individ fordelt på 59 arter og tilstanden klassifiseres som *god*.

Tabell 11. Dominerende arter på hver stasjon vist som antall individer pr. 0.4 m² og tilhørende faunagruppe for hver art (MBM; manglebørstemark, FBM; fåbørstemark, FM; flatmark, M; musling; K krepsdyr; PH; pigghud)

Stasjon og arter	Fauna gruppe	Antall individ	% av N	Stasjon og arter	Fauna gruppe	Antall individ	% av N
B1				B4			
<i>Melinna cristata</i>	MBM	770	60,3%	<i>Capitella capitata</i>	MBM	279	25,6%
<i>Myriochele oculata</i>	MBM	164	12,9%	<i>Chaetozone setosa</i>	MBM	111	10,2%
<i>Nothria conchylega</i>	MBM	31	2,4%	<i>Scoloplos armiger</i>	MBM	72	6,6%
<i>Sabellidae</i> indet	MBM	30	2,4%	<i>Thyasira sarsi</i>	M	67	6,2%
<i>Notomastus latericeus</i>	MBM	26	2,0%	<i>Nebalia bipes</i>	K	62	5,7%
<i>Pista cristata</i>	MBM	16	1,3%	<i>Idothea</i> sp	K	42	3,9%
<i>Thyasira ferruginea</i>	M	13	1,0%	<i>Abra nitida</i>	M	33	3,0%
B2				B5			
<i>Oligochaeta</i> indet	FBM	345	43,9%	<i>Melinna cristata</i>	MBM	815	56,9%
<i>Pista cristata</i>	MBM	64	8,2%	<i>Sabellides octocirrata</i>	MBM	103	7,2%
<i>Nemertini</i> indet	FM	37	4,7%	<i>Myriochele oculata</i>	MBM	49	3,4%
<i>Prionospio cirrifera</i>	MBM	29	3,7%	<i>Pholoe inornata</i>	MBM	34	2,4%
<i>Lumbrinereis</i> sp	MBM	26	3,3%	<i>Notomastus latericeus</i>	MBM	21	1,5%
<i>Chaetozone setosa</i>	MBM	24	3,1%	<i>Owenia fusiformis</i>	MBM	20	1,4%
<i>Tharyx micintoshi</i>	MBM	21	2,7%	<i>Pista cristata</i>	MBM	20	1,4%
B3				Referanse			
<i>Oligochaeta</i> indet	FBM	241	26,4%	<i>Melinna cristata</i>	MBM	512	58,1%
<i>Sabellidae</i> indet	MBM	63	6,9%	<i>Oligochaeta</i> indet	FBM	30	3,4%
<i>Pholoe inornata</i>	MBM	58	6,4%	<i>Myriochele oculata</i>	MBM	22	2,5%
<i>Malacoceros fuliginosa</i>	MBM	49	5,4%	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	MBM	19	2,2%
<i>Ophiuroidea</i> juv. indet	PH	39	4,3%	<i>Chaetozone setosa</i>	MBM	17	1,9%
<i>Polycirrus medusa</i>	MBM	37	4,1%	<i>Pholoe inornata</i>	MBM	16	1,8%
<i>Capitella capitata</i>	MBM	32	3,5%	<i>Notomastus latericeus</i>	MBM	16	1,8%

Stasjon B3. Stasjonen er plassert på 55 m og hadde det klart grovste sedimentet i undersøkelsen. Det ble funnet 913 individ fordelt på 81 arter og tilstanden for stasjonen beskrives som *meget god*. Fåbørstemarkene dominerer og utgjør over en fjerdedel av faunaen. Arter av børstemarkfamilien Sabellidae utgjør ca 7 % av faunamateriale og er mest tallrik etter fåbørstemarkene. Sabellidae arter er filterfiltrerende og trives i områder med høy vannutskiftning. Andre dominerende arter er børstemarkene *Pholoe inornata* og *Malacoceros fuliginosa*. Begge disse artene er tolerante overfor forurensing.

Stasjon B4. Denne stasjonen hadde høyest innhold finpartikulært materiale. Den mest tallrike arten er mangebørstemarken *Captitella capitata*. Dette er en art som lever på alle typer bunn hvor den bygger rør og ligger på sedimentoverflaten. *C. capitata* er en opportunistisk art som trives i områder som er belastet med organisk materiale. Andre dominerende arter på stasjonen er mangebørstemarkene *Chaetozone setosa*, *Scoloplos amiger* og muslingen *Thyasira sarsi*. Alle disse artene kan forekomme i områder som er belastet med organisk materiale. Det høyeste antallet krepsdyr ble funnet på denne stasjonen.

Tilstanden for stasjonen beskrives som *meget god*. Innslaget av arter som er tolerante for forurensing tyder imidlertid på en viss tilførsel av organisk materiale til området.

Stasjon B5. Dette er den grunneste stasjonen i undersøkelsen (54 m) og den ligger sør for det planlagte utslippet. På stasjonen ble det funnet 1432 individ fordelt på 93 arter. Diversiteten ble beregnet til 3.3 og tilstanden klassifiseres som *god*. Faunaen domineres av mangebørstemarken *Melinna cristata*. Arten utgjør over halvparten av faunamateriale. *Sabellides octocirrata* er den nest mest tallrike arten på stasjonen. Denne arten hører til samme familie som *M. cristata*. *S. octocirrata* lever i tynne rør som ofte er festet til steiner, arten finnes i både sand, mudder og blandet bunn. *M. cristata* og *S. octocirrata* utgjør tilsammen ca 64 % av faunaen på stasjonen.

Referanse stasjon. Referansestasjonen er plassert vest for de andre stasjonene. Faunaen domineres, som for stasjonene B1 og B5, av mangebørstemarken *Melinna cristata*. Arten utgjør ca 58 % av faunamateriale. Det ble funnet 881 individ fordelt på 105 arter. Diversiteten ble beregnet til 3.5 som klassifiseres som *god*. Andre dominerende arter på stasjonen, foruten fåbørstemarkene, er mangebørstemarkene *Myriochele oculata*, *Paramphinome jeffreysii*. *P. jeffreysii* er en frittlevende børstemark som finnes på sand- og mudderbunn.

Artssammensetningen på referanse stasjonen samsvarer med de andre stasjonene, og stasjonen anbefales å brukes som referanse stasjon i fremtidige undersøkelser. En ulempe er at bunnforholdene varierte relativt mye over korte avstander ved stasjonen.

Konklusjon

Hydrografidataene viste liten forskjell mellom de ulike stasjonene. Et sprangsjikt begynner å utvikles i mai og i løpet av juni etableres et tydelig sprangsjikt på ca 20 m. I november er vannmassene mer homogene og sprangsjiktet ikke lenger markert. Det ble ikke målt lave oksygenverdier i bunnvannet.

Det var ingen tydelig forskjell i næringssaltinnholdet eller klorofyll mellom stasjonene. Innholdet var på nivå med det som tidligere er funnet i samme område.

Forekomster av planter og dyr på hardbunn i fjæra og ned til 27 m dybde ble dokumentert. Det ble ikke funnet tydelige tegn på menneskeskapt overgjødning (eutrofiering). Innholdet av tungmetaller i strandsnegl og sagtang var lavt, og tilstanden kan klassifiseres som *god*.

Det ble målt høye TOC og TN verdier på alle stasjonene, men de høye TOC og TN verdiene ser ikke ut til å påvirke faunaen i området. Verdiene fra glødetapsanalysen var forholdsvis lave for alle stasjonene.

Faunaen ble i hovedsak dominert av børstemark (polychaeta og oligochaeta). Artssammensetningen tyder på at tilstanden i det undersøkte området er god. Innslag av typiske indikatorarter for organisk forurensing på enkelte stasjoner kan imidlertid tyde på en viss tilførsel av organisk materiale til deler av det undersøkte området.

Utifra de gjennomførte undersøkelsene av vannsøyle, hardbunnssamfunn, sediment og bunndyrssamfunn, kan naturtilstanden i resipienten vest av Årabrot beskrives som god.

Referanser

- Borowitzka, M. A. 1972. Intertidal algal species diversity and the effect of pollution. - *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 23: 73-84.
- Buchanan, J. B. (1984). Sediment analysis. *Methods for the study of marine benthos*. N. A. Holme and A. D. Mc Intyre. Oxford, Blackwell Scientific Publications: 41-65.
- Eriksen, V., A. Myhrvold & R. Bechmann (1997). *Resipientundersøkelse i Karmsundet 1997*. - RF-97/256. Konfidensiell rapport. RF- Rogalandsforskning. 33 pp.
- Fauchald, K. & P.A. Jumars (1979). The diet of worms: A study of polychaete feeding guilds. *Oceanography and Marine Biology -An Annual Review*. 17:193-284.
- Hurlbert, S. H. (1971). "The nonconcept of species diversity: A critique and alternative parameters." *Ecology* 52: 577-586.
- Kirkegaard, J.B. (1996). *Havbørsteorme II*. Dansk naturhistorisk forening. 451 pp.
- Knutzen, J. 1986. Effekter av kloakkvannutslipp og overgjødning på fastsittende marine alger. - *Blyttia* 44:15-21.
- Langfeldt, J.C. (1997). *Beregning av innlagringsdyp og fortykning for et planlagt kloakkutslipp ved Årabrot, Haugesund Kommune*. - RC Consultants (23551-1). 29 pp.
- Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. London, Croom Helm.
- Molvær, J., J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei & J. Sørensen (1997). *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann*. Veiledning. SFT. 36 pp.
- Munda, I. 1967. Observations on the benthic marine algae in a land-locked fjord (Nordåsvatnet) near Bergen, Western Norway. - *Nova Hedwigia* 14:519-548.
- Myhrvold, A.U., Å. Molversmyr, A. Bergheim & V. Eriksen (1997). *Kartlegging av tilstand og årsak til organisk forurensing i Karmsundet*. - RF-97/199. Åpen rapport. - RF-Rogalandsforskning. 34 pp.
- Pielou, E. C. (1966). "Species-diversity and pattern-diversity in the study of ecological succession." *Journal of Theoretical Biology* 10: 370-383.

Referanser

Shannon, C. E. and W. Weaver (1963). *The mathematical theory of communication*, University of Illinois Press, Urbana.

Strickland, J. D. H. and T. R. Parsons (1972). *A practical handbook of seawater analysis*, Fish. Res. Board Can. Bull. 167. 2.nd. edition.

Vedlegg

Vedlegg 1 - Artslister fra hardbunnsanalysen

Vedlegg 2 - Artsliste fra bunndyrsanalysen

Vedlegg 3 - Næringssalter og klorofyll

Vedlegg 4 - Partikkelsammensetning i sedimentet

Vedlegg 5 - Metallanalyser i sedimentet

Vedlegg 1 - Hardbunn

Vedlegg 1. Artsliste fra hardbunnsanalysene (transekt og ruteanalyse)

Transekt på hardbunn; stasjon T1							
	Transekt Lengde	Bunnforhold	Dekningsgrad			Antall pr m2	Registrert men ikke mengdeestimert
			1=0-20%	2=20-60%	3=60-100%		
Supralittoralen/øvre littoralen		Fjell					
Porphya umbilicalis				2			
Balanus balanoides				2			
Patella vulgata					3		
Midtre og nedre del av littoralen		Fjell					
Balanus balanoides				1			
Patella vulgata						1	
Aglaothamnion sepositum				1			
Mastocarpus stellatus				2			
Ceramium shuttleworthianum				1			
Corallina officinalis				1			
Mytilus edulis			3				
0-2 m	0-3 m	Fjell					
Alaria esculenta				2			
Laminaria digitata				2			
Phymatolithon lenormandii				1			
Laminaria hyperborea				1			
Palmaria palmata				1			
Mastocarpus stellatus							x
2-5 m	3-10 m	Fjell, bratt					
Laminaria hyperborea				3			
Alaria esculenta				1			
Ceramium nodulosum							x
Membranoptera alata				1			
Rhodomela confervoides				1			
Ptilota gunneri				1			
Phycodrys rubens							x
Polysiphonia elongata							x
Polysiphonia stricta							x
Palmaria palmata				1			
Dilsea carnososa							x
Halichondria panicea							x
Electra pilosa				1			
Membranipora membranacea				1			
Echinus esculenta						1	
Asterias rubens							x
Spirorbis borealis						x	
Bryozoa sp.						x	
Pomatoceros triqueter						x	
5-10 m	10-25 m	Fjell					
Laminaria hyperborea				3			
Membranoptera alata				1			
Polysiphonia elongata							x
Polysiphonia stricta							x
Rhodomela confervoides				1			
Phycodrys rubens				1			
Delesseria sanguinea				1			
Halichondria panicea							x
Electra pilosa				1			
Membranipora membranacea				1			
Asterias rubens							x
Echinus esculenta							x
Marthasterias glacialis							x
Halichondria panicea				1			
Botryllus schlosseri				1			
Cancer pagurus						2	
Gibbula sp.						x	
Ophiuroidea (slangestjerner)							
10-15 m	25-40 m	Fjell					
Laminaria hyperborea				3			
Membranoptera alata						x	

Vedlegg 1. Artsliste fra hardbunnsanalysene (transekt og ruteanalyse)

	Transekt Lengde	Bunnforhold	Dekningsgrad			Antall pr m2	Registrert men ikke mengdeestimert
			1=0-20%	2=20-60%	3=60-100%		
Polysiphonia elongata						x	
Polysiphonia stricta						x	
Rhodomela confervoides						x	
Phycodryas rubens						x	
Delesseria sanguinea				1			
Dilsea carnosa						x	
Callophyllis laciniata						x	
Halichondria panicea						x	
Electra pilosa				1			
Membranipora membranacea				1			
Asterias rubens						x	
Echinus esculenta						x	
Dynamena pumila				1			
Obelia geniculata				1			
Botryllus schlosseri						x	
Cancer pagurus						x	
Ciona intestinalis						x	
15-20 m	40-60 m	Fjell,					
Laminaria hyperborea		tynt siltlag		3			
Polysiphonia elongata						x	
Phycodryas rubens						x	
Delesseria sanguinea				1			
Callophyllis laciniata						x	
Bonnemasonia hamifera (2n)						x	
Halichondria panicea						x	
Electra pilosa				1			
Membranipora membranacea				1			
Asterias rubens					1		
Echinus esculenta					1		
Dynamena pumila				1			
Obelia geniculata				1			
Solaster endeca						x	
Cancer pagurus						x	
Ciona intestinalis						x	
Alcyonium digitatum						x	
Cliona celata						x	
20-25	60-80 m	Fjell,					
Laminaria hyperborea		tynt siltlag		3(2)			
Phycodryas rubens						x	
Delesseria sanguinea				2			
Bonnemasonia hamifera (2n)				1			
Lithophyllum sp.						x	
Lithothamnion glaciale						x	
Halichondria panicea						x	
Electra pilosa				1			
Membranipora membranacea				1			
Asterias rubens					1		
Echinus esculenta					1		
Obelia geniculata						x	
Cancer pagurus						x	
Ciona intestinalis						x	
Clavelina lepadiformis						x	
Alcyonium digitatum						x	
25-27 m	80-100 m	Fjell,					
Laminaria hyperborea		tynt siltlag		1 (små individ)			
Delesseria sanguinea				1			
Bonnemasonia hamifera (2n)				1			
Lithophyllum sp.						x	
Lithothamnion glaciale						x	
cf. Flustra foliacea				1			
Asterias rubens					1		
Echinus esculenta					1		
Cancer pagurus						x	
Clavelina lepadiformis						x	
Alcyonium digitatum						x	

Vedlegg 1. Artsliste fra hardbunnsanalysene (transekt og ruteanalyse)

Transekt på hardbunn; stasjon T2					
	Transekt	Bunnforhold	Dekningsgrad	Antall pr m2	Registrert men ikke mengdeestimert
	Lengde		1=0-20% 2=20-60% 3=60-100%		
Supralittoralen/øvre littoralen					
Porphyra umbilicalis		Fjell	2		
Balanus balanoides			2		
Patella vulgata				2	
Midtre og nedre del av littoralen					
Balanus balanoides		Fjell	1		
Patella vulgata				1	
Aglaothamnion sepositum			1		
Mastocarpus stellatus			2		
Ceramium shuttleworthianum			1		
Corallina officinalis					x
Fucus distichus			1		
Ulva lactuca			1		
Mytilus edulis			3		
0-2 m	0-3 m	Fjell			
Alaria esculenta			2		
Laminaria digitata			2		
Laminaria hyperborea			1		
Palmaria palmata			1		
Mastocarpus stellatus					x
Ectocarpus fasciculatus			1		
2-5 m	3-15 m	Fjell			
Laminaria hyperborea			3		
Alaria esculenta					x
Membranoptera alata					x
Rhodomela confervoides					x
Ptilota gunneri			1		
Phycodrys rubens					x
Polysiphonia elongata					x
Polysiphonia stricta					x
Palmaria palmata					x
Lithophyllum sp.					
Ectocarpus fasciculatus			1		
Halichondria panicea					x
Electra pilosa			1		
Membranipora membranacea			1		
Dynamena pumila			1		
Obelia geniculata			1		
Echinus esculenta					x
Asterias rubens					x
Spirorbis borealis					x
Calliostoma zizyphinum					x
Ciona intestinalis					x
Actinaria (Sjøroser)					
5-10 m	15-25 m	Fjell, stein			
Laminaria hyperborea			3		
Membranoptera alata			1		
Polysiphonia elongata					x
Polysiphonia stricta					x
Rhodomela confervoides			1		
Phycodrys rubens			1		
Phyllophora crispa					x
Delesseria sanguinea			1		
Desmarestia viridis					x
Halichondria panicea					x
Electra pilosa			1		
Membranipora membranacea			1		
Asterias rubens					x
Echinus esculenta					x
Marthasterias glacialis					x
Ophiuroidea (slangestjerner)					x
Halichondria panicea			1		
Botryllus schlosseri			1		
Cancer pagurus				2	
Calliostoma zizyphinum					x
10-15 m	25-45 m	Fjell			
Laminaria hyperborea			3		
Membranoptera alata					x
Polysiphonia elongata					x

Vedlegg 1. Artsliste fra hardbunnsanalysene (transekt og ruteanalyse)

	Transekt Lengde	Bunnforhold	Dekningsgrad			Antall pr m2	Registrert men ikke mengdeestimert
			1=0-20%	2=20-60%	3=60-100%		
Polysiphonia stricta						x	
Rhodomela confervoides						x	
Phycodrys rubens						x	
Delesseria sanguinea			1				
Dilsea carnosa						x	
Callophyllis laciniata						x	
Halichondria panicea						x	
Electra pilosa			1				
Membranipora membranacea			1				
Asterias rubens						x	
Echinus esculenta						x	
Dynamena pumila			1				
Obelia geniculata			1				
Botryllus schlosseri						x	
Cancer pagurus						x	
Ciona intestinalis						x	
Alcyonium digitatum						x	
15-20 m	45-65 m	Fjellrenne					
Laminaria hyperborea			3				
Polysiphonia elongata						x	
Phycodrys rubens						x	
Delesseria sanguinea			1				
Callophyllis laciniata			1				
Bonnemasonia hamifera (2n)						x	
Halichondria panicea						x	
Electra pilosa			1				
Membranipora membranacea			1				
Asterias rubens						x	
Echinus esculenta						x	
Dynamena pumila			1				
Obelia geniculata			1				
Cancer pagurus						x	
Clavelina lepadiformis						x	
Ciona intestinalis						x	
20-25	65-85 m	Fjell					
Laminaria hyperborea			2				
Phycodrys rubens						x	
Delesseria sanguinea			1				
Bonnemasonia hamifera (2n)						x	
Lithophyllum sp.						x	
Lithothamnion glaciale						x	
Halichondria panicea						x	
Electra pilosa			1				
Membranipora membranacea			1				
Asterias rubens						x	
Echinus esculenta						x	
Obelia geniculata						x	
Adamsia palliata						x	
Eupagurus prideauxi						x	
Cancer pagurus						x	
Ciona intestinalis						x	
Clavelina lepadiformis			2				
Alcyonium digitatum						x	
25-27 m	85-100 m	Fjell, tynt siltlag					
Laminaria hyperborea			1				
Delesseria sanguinea			1				
Bonnemasonia hamifera (2n)						x	
Lithophyllum sp.						x	
Adamsia palliata						x	
Eupagurus prideauxi						x	
Asterias rubens						x	
Stichastrella rosea						x	
Echinus esculenta						x	
Echinus acutus						x	
Cancer pagurus						x	
Clavelina lepadiformis			1				

Vedlegg 1. Artsliste fra hardbunnsanalysene (transekt og ruteanalyse)

Ruteanalyse på hardbunn; stasjon T1

ART	10m rute 1			10m rute 2			5m rute 3			5m rute 4		
	Dekning	antall	forekomst	Dekning	antall	forekomst	Dekning	antall	forekomst	Dekning	antall	forekomst
Laminaria hyperborea adult					2			5			2	
Laminaria hyperborea juv.		7						5				
Lithothamnion glaciale	44			20			36			5		
Asterias rubens adult					6			2			6	
Asterias rubens juv.		3			2			3			2	
Mytilus edulis		2						30	x			x
Lacuna vincta												
Lacuna vincta egg			x									
Gibbula sp.						x					4	
Botryllus schlosseri						x			x			
Ophiopholis aculeata						x					2	
Jassa falcata						x						x
Calliostoma zizyphinum								2				
Delesseria sanguinea									x			x
Parajassa pelagica									x			
Jassa falcata juv.									x			
Corallina officinalis									x			
Littorina sp.									x			
Dexamine thea												x
Halichondria panicea												x
Gibbula umbilicalis												
Idothea emarginata												
Ampithoe rubricata												
Leptasterias muelleri												
Botryllus sp.												
Pleurogona sp.												
Idotea granulosa												x
Metridium senile juv.		1										
Carcinus maenas									x			
Idothea sp.												
EPIFYTTER PÅ STORTARE												
Spirorbis sp.	2											
Bryozoa spp.						x						x
Obelia geniculata									x			x
Phycodryis rubens												x
Electra pilosa												x
Pomatocerus triqueter												
Ciona celata												
Dilcea carnosa			x									
Polysiphonia stricta			x									x
Palmaria palmata			x									
Ptilota gunneri			x									
Electra pilosa						x						
Dynamena pumila									x			
Membranipora membranacea												x
Ptilota plumosa												x
Patina pellucida												x
Ceramium pallidum												
Membranoptera alata												

Ruteanalyse på hardbunn; stasjon T2

ART	10m rute 1			10m rute 2			5m rute 3			5m rute 4		
	Dekning	antall	forekomst	Dekning	antall	forekomst	Dekning	antall	forekomst	Dekning	antall	forekomst
Laminaria hyperborea adult	100				1			4			8	
Laminaria hyperborea juv.												
Lithothamnion glaciale			x	30			5					
Asterias rubens adult					2			2			4	
Asterias rubens juv.								3			2	
Mytilus edulis					40					x		
Lacuna vineta			x									
Lacuna vineta egg												
Gibbula sp.		1			2						1	
Botryllus schlosseri												
Ophiopholis aculeata												x
Jassa falcata						x			x			x
Calliostoma zizyphinum												x
Delesseria sanguinea												
Parajassa pelagica												x
Jassa falcata juv.												
Corallina officinalis									x			
Littorina sp.												
Dexamine thea												
Halichondria panicea												
Gibbula umbilicalis			x									
Idothea emarginata						x						
Ampithoe rubricata									x			
Leptasterias muelleri								1				
Botryllus sp.												x
Pleurogona sp									x			
Idotea granulosa			x									
Metridium senile juv.												
Carcinus maenas												
Idothea sp.					1							
EPIFYTTER PÅ STORTARE												
Spirorbis sp.					1							x
Bryozoa spp.									x			x
Obelia geniculata												x
Phycodrys rubens			x									
Electra pilosa			x						x			
Pomatocerus triqueter								4	x			
Chiona celata												x
Dilcea carnosa												
Polysiphonia stricta												
Palmaria palmata			x			x						
Ptilota gunneri			x									x
Electra pilosa												
Dynamena pumila												x
Membranipora membranacea			x									x
Ptilota plumosa												
Patina pellucida												
Ceramium pallidum			x									
Membranoptera alata												x

Vedlegg 2 - Artsliste fra bunndyrsanalysen

Vedlegg 2. Artsliste fra seks stasjoner ved Årabrot, innsamlet juli 1997. Prøvene er tatt med 0.1 m² grabb. Artsnavn merket med * er ikke med i den videre tallbehandling.

	B1		B2				B3				B4				B5				Referanse																				
	B1.1	B1.2	B1.3	B1.4	B1	B2.1	B2.2	B2.3	B2.4	B2	B3.1	B3.2	B3.3	B3.4	B3	B4.1	B4.2	B4.3	B4.4	B4	B5.1	B5.2	B5.3	B5.4	B5	ref-1	ref-2	ref-3	ref-4	Ref.									
MOLLUSCA																																							
Leptochiton asellus		1			1								4		4				1											1			1						
Leptochiton alveolus																														1			1						
Limaria loscombi													2		2																								
Stenosemus albus																													1				1						
Antalis entale																									1	2		3				5		5					
Antalis occidentale																															2			2					
Hanleya hanleyi																																1			1				
Iothia fulva																														1				1					
Timoclea ovata				2		2						1													2	2		3						7					
Astarte montagui												3														3								3					
Astarte sulcata	1	1	3		5								1	1	2									2	3	2	1							8					
Thyasira croulincensis															1																			1	1				
Thyasira flexuosa								1		1														2	3	5					2			2					
Thyasira sarsi						1		2		3						34	15	3	15	67																			
Thyasira equalis	1		1		2			3	4	7																									1	1			
Thyasira ferruginea	2		11		13																										1				1				
Thyasira cf. obsoleta		1			1																																		
Tropidomya abbreviata								1	1																									1	1				
Similipecten similis											8		2		10								1	1											2				
Corbula gibba																																			1	1			
Lucinoma borealis											1				1					1	2	1	6	4	13									2	2				
Chamelea striatula																																			1	1			
Yoldiella lucida	1				1																																		
Yoldiella tomlini			4	1	5			1	2	3										1				1	2	3	3									3			
Nuculoma minuta	1	3			4																																		
Nuculoma nucleus	1	6			7																																		
Nuculoma tenuis			1	1	2	1			1	2									1	1	2			1		1	1									1			
Modiolula phaseolina		4			4																														8				
Nucula sulcata						1			4	5											1	1	2												2	3			
Nucula nucleus																2				2	3	9	1		13								3	1	1	5			
Limatula subauriculata	1				1						1				1	2																				2			
Limatula gwyni																								1	1														
Palliolium furtivum	1				1																															2	2		
Thracia cf. villosuscula juv.														1	1																								
Chlamys sulcata																																				2	2		
Bathyarca pectunculoides																																				4	4		
Abra nitida			1		1		4	8	7	19						5	23	4	1	33				1	1	2											2		
Palliolium tigrinum																																					1	1	
Cerastoderma ovale																										3										9	10		
Cerastoderma minimum	2		4		6				1	1																2											1	1	
Myrtea spinifera						1			1	2																1	2	3											
Phaxas pellucidus																																					1	1	
Clausinella fasciata													1		1																								
Caudofoveata indet.	2		2		4		4		4	8																											1	4	5
BRACHIOPODA																																							
Crania anomala																																					3	3	
Terebratulina caput serpentis																																					1	1	
ECHINODERMATA																																							
Echinocardium cordatum	1				1																																		
Ophiura affinis											1		1	2	4																							1	
Amphiura filiformis									1	1																												1	
Ophiuroidea juv. indet.						1		1		2	15	2	16	6	39	1	18	10																				1	2
Echinus acutus																																							
Psamemehinus miliaris											3		1	5	9											1													
Brissopsis lyrifera																																						3	3

Vedlegg 3 - Næringsalter og klorofyll

Vedlegg 3. Klorofyll og næringssalt verdier

Stasjon	Dyp (m)	Dato	Klorofyll (µg/l)	TOC (mg/l)	tot. P (µg/l)	tot. N (µg/l)
B1	1	14.10.96		< 2,5	22	160
	10 mob			< 2,5	64	280
	20			< 2,5	18	190
	Integr.prøve		0,9			
B2	1			< 2,5	23	160
	10 mob			< 2,5	25	250
	20			< 2,5	26	180
	Integr.prøve		0,9			
B3	1			< 2,5	22	160
	10 mob			< 2,5	31	180
	20			< 2,5	17	170
	Integr.prøve		0,8			
B4	1			< 2,5	18	180
	10 mob			< 2,5	26	220
	20			< 2,5	22	150
	Integr.prøve		0,8			
B5	1			< 2,5	39	160
	10 mob			< 2,5	24	210
	20			< 2,5	31	160
	Integr.prøve		0,9			
Ref	1			< 2,5	12	160
	10 mob			< 2,5	22	200
	20			< 2,5	15	160
	Integr.prøve		0,8			
B1	1	12.11.96		< 2,5	25	170
	10 mob			< 2,5	30	170
	20			< 2,5	27	180
	Integr.prøve		0,5			
B2	1			< 2,5	25	170
	10 mob			< 2,5	28	160
	20			< 2,5	23	150
	Integr.prøve		0,4			
B3	1			< 2,5	23	170
	10 mob			< 2,5	23	150
	20			< 2,5	22	150
	Integr.prøve		0,4			
B4	1			< 2,5	23	180
	10 mob			< 2,5	30	160
	20			< 2,5	23	150
	Integr.prøve		0,5			
B5	1			< 2,5	25	170
	10 mob			< 2,5	27	170
	20			< 2,5	22	180
	Integr.prøve		0,5			
Ref	1			< 2,5	22	180
	10 mob			< 2,5	26	160
	20			< 2,5	22	140
	Integr.prøve		0,6			
B1	1	28.05.97		< 2,5	36	220
	10 mob			< 2,5	37	240
	20			< 2,5	19	140
	Integr.prøve		0,7			
B2	1			< 2,5	20	150
	10 mob			< 2,5	29	190
	20			< 2,5	17	130
	Integr.prøve		0,9			
B3	1			< 2,5	19	150
	10 mob			< 2,5	21	460 **
	20			< 2,5	19	130
	Integr.prøve		0,8			
B4	1			< 2,5	19	150

Vedlegg 3. Klorofyll og næringssalt verdier

	10 mob		< 2,5	27	180
	20		< 2,5	14	110
B5	Integr.prøve	0,9			
	1		< 2,5	21	120
	10 mob		< 2,5	29	160
	20		< 2,5	20	120
Ref	Integr.prøve	0,6			
	1		< 2,5	21	160
	10 mob		< 2,5	28	180
	20		< 2,5	20	150
B1	Integr.prøve	0,7			
	1	10.06.97	< 2,5	9,0	160
	10 mob		< 2,5	21	210
	20		< 2,5	8,0	150
B2	Integr.prøve	1,1			
	1		< 2,5	8,5	180
	10 mob		< 2,5	22	230
	20		< 2,5	8,5	200
B3	Integr.prøve	1,4			
	1		< 2,5	9,7	260
	10 mob		< 2,5	8,5	190
	20		Prøve ikke mottatt fra Petrotech		
B4	Integr.prøve	1,6			
	1		< 2,5	8,5	170
	10 mob		< 2,5	21	220
	20		< 2,5	8,5	160
B5	Integr.prøve	2,0			
	1		< 2,5	9,7	170
	10 mob		< 2,5	12	200
	20		< 2,5	10	180
Ref	Integr.prøve	1,8			
	1		< 2,5	7,5	220
	10 mob		< 2,5	21	190
	20		< 2,5	7,5	140
B1	Integr.prøve	1,6			
	1	25.06.97	< 2,5	14	140
	10 mob		< 2,5	23	240
	20		< 2,5	18	160
B2	Integr.prøve	1,1			
	1		< 2,5	15	150
	10 mob		< 2,5	24	220
	20		< 2,5	21	180
B3	Integr.prøve	1,3			
	1		< 2,5	13	170
	10 mob		< 2,5	20	200
	20		< 2,5	16	160
B4	Integr.prøve	0,9			
	1		< 2,5	11	160
	10 mob		< 2,5	24	200
	20		< 2,5	20	180
B5	Integr.prøve	0,8			
	1		< 2,5	15	210
	10 mob		< 2,5	21	220
	20		< 2,5	20	190
Ref	Integr.prøve	0,9			
	1		< 2,5	34	200
	10 mob		< 2,5	23	210
	20		< 2,5	11	210
	Integr.prøve	1,4			

Vedlegg 4 - Partikkelsammensetning i sedimentet

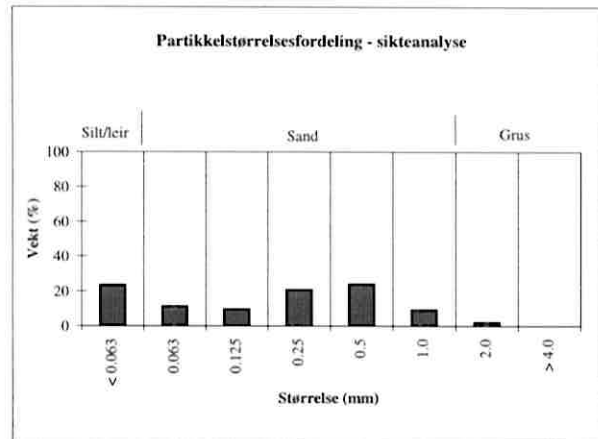
Vedlegg 4. Partikkelsammensetning i sedimentet

Stasjon: Årabrot. St.nr.ref. Hugg nr.1, Lab.ref.nr.: 97194-1

Analyseperiode:02.09.97-10.09.97. RF-Miljølab. Analytiker: hl

Partikkelstørrelsesfordeling i sediment - sikteanalyse

Størrelse (mm)	Phi	Vekt (g)	Vekt (%)	Kumulativ vekt (%)
> 4.0	-3,0	0,02	0,1	100,0
2.0	-2,0	0,48	2,0	99,9
1.0	-1,0	2,18	9,1	97,9
0.5	0,0	5,70	23,9	88,8
0.25	1,0	4,94	20,7	64,9
0.125	2,0	2,29	9,6	44,2
0.063	3,0	2,68	11,2	34,6
< 0.063	4,0	5,59	23,4	23,4
Utg.vekt I (ekskl. org. stoff)		23,88		
Utg.vekt II (inkl. org. stoff)		24,96		
Skjevhet	0,04		Glødetap	5,5 %
Kurtosis	-1,58			

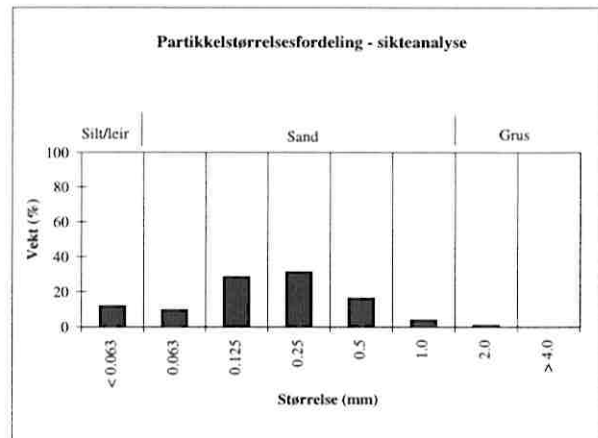


Stasjon: Årabrot. St.nr.1 Hugg nr.1, Lab.ref.nr.: 97194-2

Analyseperiode:02.09.97-10.09.97. RF-Miljølab. Analytiker: hl

Partikkelstørrelsesfordeling i sediment - sikteanalyse

Størrelse (mm)	Phi	Vekt (g)	Vekt (%)	Kumulativ vekt (%)
> 4.0	-3,0	0,00	0,0	100,0
2.0	-2,0	0,16	0,7	100,0
1.0	-1,0	0,88	3,7	99,3
0.5	0,0	3,80	15,9	95,6
0.25	1,0	7,35	30,8	79,7
0.125	2,0	6,70	28,1	48,9
0.063	3,0	2,22	9,3	20,8
< 0.063	4,0	2,73	11,5	11,5
Utg.vekt I (ekskl. org. stoff)		23,84		
Utg.vekt II (inkl. org. stoff)		24,92		
Skjevhet	0,66		Glødetap	4,3 %
Kurtosis	-0,98			

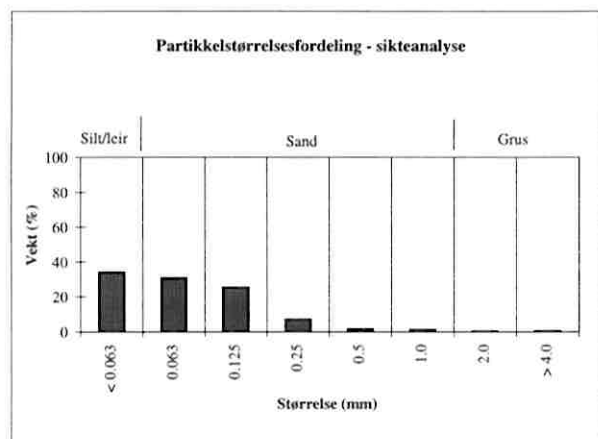


Stasjon: Årabrot. St.nr.2 Hugg nr.1, Lab.ref.nr.: 97194-3

Analyseperiode:02.09.97-10.09.97. RF-Miljølab. Analytiker: hl

Partikkelstørrelsesfordeling i sediment - sikteanalyse

Størrelse (mm)	Phi	Vekt (g)	Vekt (%)	Kumulativ vekt (%)
> 4.0	-3,0	0,08	0,3	100,0
2.0	-2,0	0,06	0,3	99,7
1.0	-1,0	0,27	1,2	99,4
0.5	0,0	0,36	1,5	98,3
0.25	1,0	1,60	6,9	96,7
0.125	2,0	5,88	25,2	89,9
0.063	3,0	7,17	30,7	64,7
< 0.063	4,0	7,94	34,0	34,0
Utg.vekt I (ekskl. org. stoff)		23,36		
Utg.vekt II (inkl. org. stoff)		24,78		
Skjevhet	0,67		Glødetap	5,7 %
Kurtosis	-1,86			

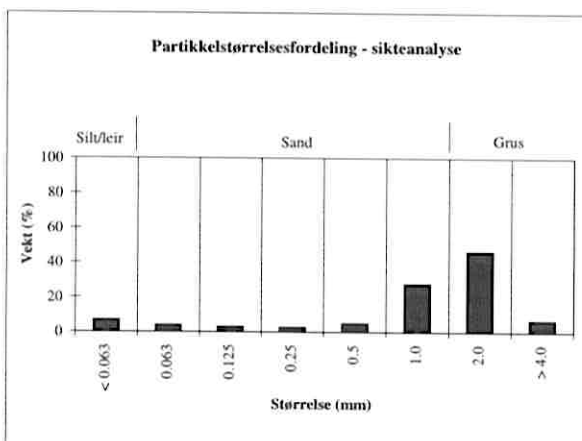


Stasjon: Årabrot. St.nr.3. Hugg nr.1, Lab.ref.nr.: 97194-4

Analyseperiode:02.09.97-10.09.97 RF-Miljølab. Analytiker: hl

Partikkelstørrelsesfordeling i sediment - sikteanalyse

Størrelse (mm)	Phi	Vekt (g)	Vekt (%)	Kumulativ vekt (%)
> 4.0	-3,0	1,51	6,4	100,0
2.0	-2,0	10,84	46,1	93,6
1.0	-1,0	6,46	27,5	47,5
0.5	0,0	1,12	4,8	20,0
0.25	1,0	0,54	2,3	15,2
0.125	2,0	0,64	2,7	12,9
0.063	3,0	0,85	3,6	10,2
< 0.063	4,0	1,55	6,6	6,6
Utg.vekt I (ekskl. org. stoff)		23,51		
Utg.vekt II (inkl. org. stoff)		24,84		
Skjevhet	1,80		Glødetap	5,3 %
Kurtosis	2,43			

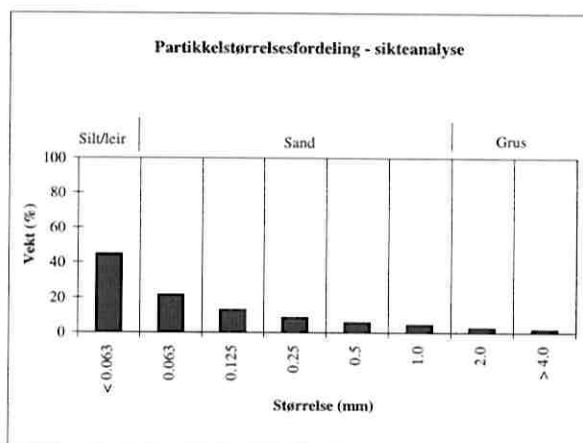


Stasjon: Årabrot. St.nr.4. Hugg nr.1, Lab.ref.nr.: 97194-5

Analyseperiode:02.09.97-10.09.97 RF-Miljølab. Analytiker: hl

Partikkelstørrelsesfordeling i sediment - sikteanalyse

Størrelse (mm)	Phi	Vekt (g)	Vekt (%)	Kumulativ vekt (%)
> 4.0	-3,0	0,33	1,5	100,0
2.0	-2,0	0,51	2,3	98,5
1.0	-1,0	0,95	4,3	96,2
0.5	0,0	1,21	5,4	91,9
0.25	1,0	1,82	8,2	86,5
0.125	2,0	2,81	12,7	78,3
0.063	3,0	4,72	21,3	65,6
< 0.063	4,0	9,86	44,4	44,4
Utg.vekt I (ekskl. org. stoff)		22,21		
Utg.vekt II (inkl. org. stoff)		25,18		
Skjevhet	1,89		Glødetap	11,8 %
Kurtosis	3,62			

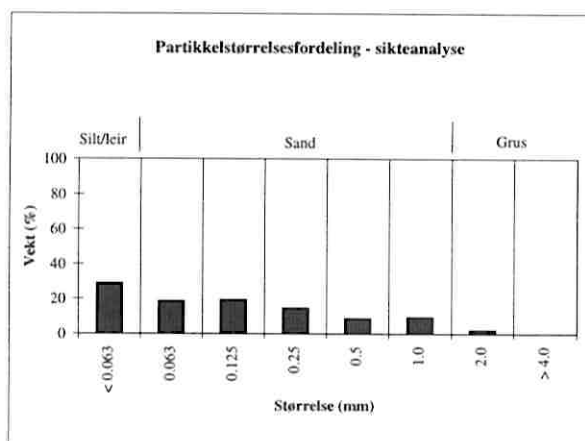


Stasjon: Årabrot. St.nr.5. Hugg nr.1, Lab.ref.nr.: 97194-6

Analyseperiode:02.09.97-10.09.97 RF-Miljølab. Analytiker: hl

Partikkelstørrelsesfordeling i sediment - sikteanalyse

Størrelse (mm)	Phi	Vekt (g)	Vekt (%)	Kumulativ vekt (%)
> 4.0	-3,0	0,00	0,0	100,0
2.0	-2,0	0,43	1,8	100,0
1.0	-1,0	2,14	9,2	98,2
0.5	0,0	1,97	8,5	89,0
0.25	1,0	3,34	14,3	80,5
0.125	2,0	4,47	19,2	66,2
0.063	3,0	4,28	18,4	47,0
< 0.063	4,0	6,66	28,6	28,6
Utg.vekt I (ekskl. org. stoff)		23,29		
Utg.vekt II (inkl. org. stoff)		25,36		
Skjevhet	0,31		Glødetap	8,2 %
Kurtosis	-0,46			



Vedlegg 5 - Metallanalyser i sedimentet

Vedlegg 5. Resultater fra metallanalyser i sedimentet

		B1		B2	B3	B4		B5	Ref
		replikat 1	replikat 2			replikat 1	replikat 2		
Cr 52	Krom (Cr)	8,84	8,42	18,83	4,95	20,95	23,29	16,69	15,80
Fe 57	Jern (Fe)	10183	10132	12520	6807	14334	13906	16245	16305
Ni 60	Nikkel (Ni)	9,96	9,65	19,00	10,07	21,88	21,73	18,34	16,08
Cu 63	Kobber (Cu)	6,20	6,44	17,49	6,10	30,15	33,13	52,98	10,15
Zn 66	Sink (Zn)	30,73	32,56	55,23	20,50	87,60	89,46	84,41	51,65
As 75	Arsen (As)	4,98	5,43	6,50	7,03	9,27	9,30	12,60	8,15
Cd 111	Kadmiu (Cd)	0,05	0,10	0,09	0,05	0,30	0,36	0,12	0,11
Sn 118	Tinn (Sn)	0,38	0,35	0,99	0,53	1,85	1,93	9,70	0,42
Pb 208	Bly (Pb)	18,26	19,49	38,88	23,77	51,57	51,24	58,95	31,00
Hg(CVAAS)	Kvikksølv (Hg)	0,03	0,031	0,073	0,039	0,087	0,06	0,088	0,032
%TS		60,23	60,23	50,26	58,54	41,67	41,67	51,30	58,53