

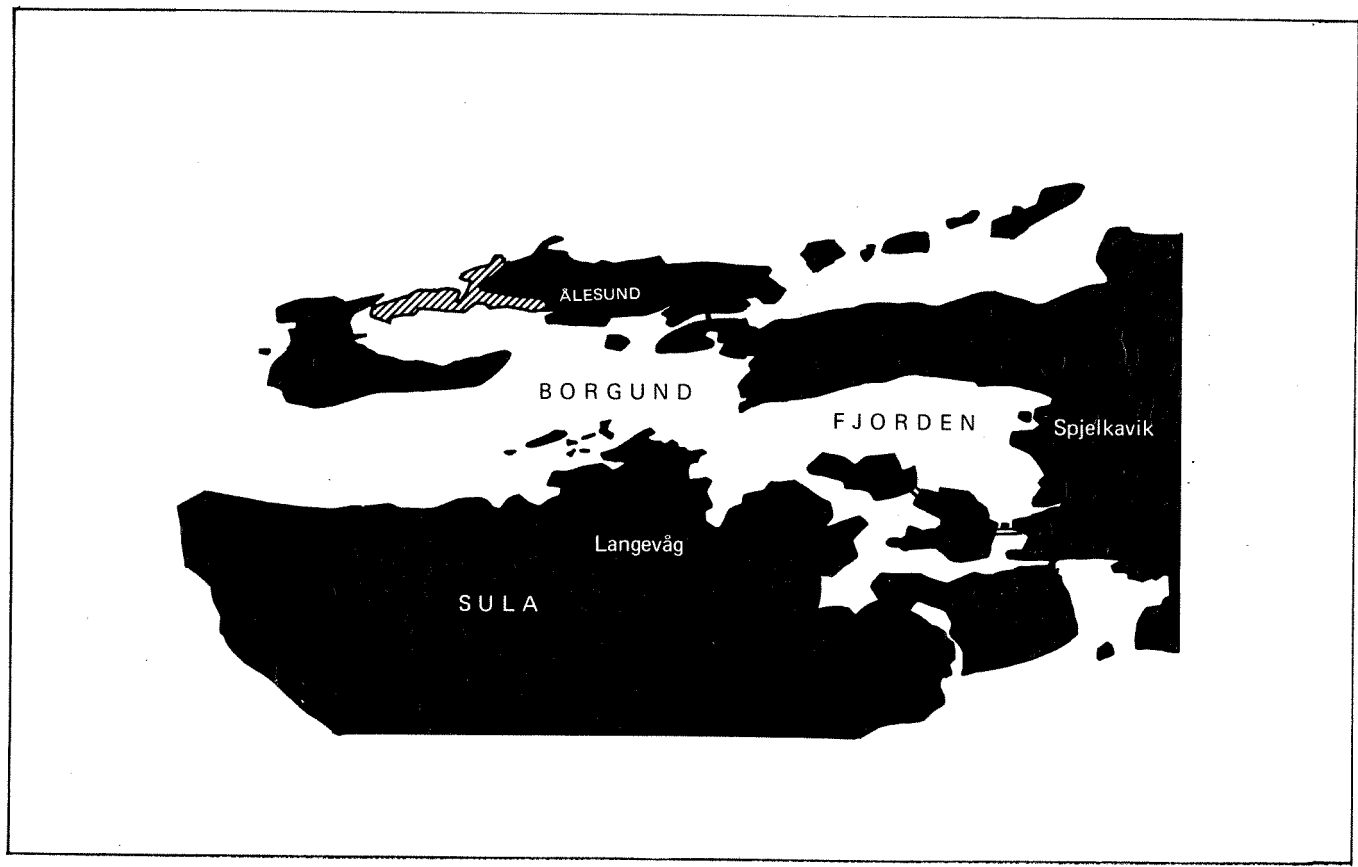


Statlig program for forurensningsovervåking

Rapport 172/84

Oppdragsgivere	Fylkesmannen i Møre og Romsdal Sula kommune Ålesund kommune
Deltakende institusjoner	NIVA Sula kommune Ålesund kommune

Rutineovervåking Borgundfjorden 1983





Statlig program for forurensningsovervåking

Det statlige programmet omfatter overvåking av forurensningsforholdene i

**luft og nedbør
grunnvann
vassdrag og fjorder
havområder**

Overvåkingen består i langsiktige undersøkelser av de fysiske, kjemiske og biologiske forhold.

Hovedmålsettingen med overvåkingsprogrammet er å dekke myndighetenes behov for informasjon om forurensningsforholdene med sikte på best mulig forvaltning av naturressursene.

Hovedmålet spenner over en rekke delmål der overvåkingen bl.a. skal:

gi informasjon om tilstand og utvikling av forurensningssituasjonen på kort og lang sikt.

registrere virkningen av iverksatte tiltak og danne grunnlag for vurdering av nye forurensningsbegrensende tiltak.

påvise eventuell uheldig utvikling i resipienten på et tidlig tidspunkt.

over tid gi bedre kunnskaper om de enkelte vannforekomsters naturlige forhold.

Sammen med overvåkingen vil det føres kontroll med forurensende utslipp og andre aktiviteter.

For å sikre den praktiske koordineringen av overvåkingen av luft, nedbør, grunnvann, vassdrag, fjorder og havområder og for å få en helhetlig tolkning av måleresultatene er det opprettet et arbeidsutvalg.

Følgende institusjoner deltar i arbeidsutvalget:

**Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk (DVF)
Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt (FHI)
Norges Geologiske Undersøkelser (NGU)
Norsk institutt for luftforskning (NILU)
Norsk institutt for vannforskning (NIVA)
Statens forurensningstilsyn (SFT)**

Overvåkingsprogrammet finansieres i hovedsak over statsbudsjettet. Statens forurensningstilsyn er ansvarlig for gjennomføring av programmet.

Resultater fra de enkelte overvåkingsprosjekter blir publisert i årlige rapporter.

Henvendelser vedrørende programmet kan i tillegg til de aktuelle institutter rettes til Statens forurensningstilsyn, Postboks 8100, Dep. Oslo 1, tlf. 02 - 22 98 10.

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd



NIVA

Hovedkontor
Postadresse:
Postboks 333
0314 Oslo 3
Brekkeveien 19
Telefon (02)23 52 80

Sørlandsavdelingen
Postadresse:
Grooseveien 36
4890 Grimstad
Telefon (041)43 033

Østlandsavdelingen
Postadresse:
Rute 866, 2312 Ottestad
Postgiro: 4 07 73 68
Telefon (065)76 752

Rapportnummer: 8000307
Undernummer: IV
Løpenummer: 1701
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Rutineovervåking Borgundfjorden 1983 (Overvåkingsrapport 172/84)	Dato: 16/11-1984
	Prosjektnummer: 8000307
Forfatter (e): Jarle Molvær Torgeir Bakke	Faggruppe: HYDRØKOLOGI
	Geografisk område: Møre og Romsdal
	Antall sider (inkl. bilag): 38

Oppdragsgiver: Fylkesmannen i Møre og Romsdal Sula kommune, Alesund kommune	Oppdragsg. ref. (evt. NTF-nr.):
---	---------------------------------

Ekstrakt:

Hovedkonklusjonen etter 3½ års overvåking er at tilstanden i Borgundfjorden er stabil. Det samsvarer med at belastningen er nær konstant. I fjordområdets overflatelag og strandsone er det lokale effekter nær utslipp av industrielt eller kommunalt avløpsvann. I Mauseidvågens og Aspøvågens dypvann forekommer regelmessig kritiske oksygenforhold i vinterhalvåret. I Åsefjordens dypvann kan det periodevis opptre dårlige oksygenforhold nær bunnen vinterstid. Oksygenforholdene er imidlertid neppe til hinder for torskeinnslag og gyting. For Aspøvågen og Åsefjorden bør belastningen reduseres. For de andre fjordområdene synes dyputslipp etter enkel rensing å være tilstrekkelig.

4 emneord, norske: Statlig program
1. Overvåkingsrapport 172/84
2. Borgundfjord
3. Vannforurensning
4. Bløtbunnsfauna
Rutineovervåking 1983

4 emneord, engelske:
1. Monitoring
2. Borgundfjord
3. Water pollution
4. Soft bottom fauna

Prosjektleder:

Jarle Molvær

Divisjonssjef:

Hans Holm

For administrasjonen:

H. J. Jansen

Kare Ovevivi

ISBN 82-577-0884-4



Statlig program for forurensningsovervåking

0-8000307

RUTINEOVERVAKING BORGUNDFJORDEN 1983

Statlig program for forurensningsovervåking

Prosjektleder : Jarle Molvær
Medarbeider : Torgeir Bakke

For administrasjonen : J. E. Samdal
Lars N. Overrein

INNHOOLD

	Side:
FORORD	3
1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	4
2. INNLEDNING	6
2.1 Områdebeskrivelse	6
2.2 Vannbruk og forurensninger	6
2.3 Overvåkingsprogrammet	8
3. RESULTATER	11
3.1 Oksygenforholdene i 1983 sammenlignet med tidligere år	11
3.2 Oksygenforhold, torskeinnsig og gyting	12
3.3 Dyreliv på bløtbunn i fjordsystemets dypbassenger	14
3.3.1 Stasjonsbeskrivelse, arts- og individantall	14
3.3.2 Samfunnskarakteristikk	17
3.3.3 Likhetsanalyse	23
3.3.4 Diskusjon	23
3.4 Strandsoneundersøkelser	28
3.5 Behovet for rensetekniske tiltak	30
4. LITTERATURHENVISNINGER	32
VEDLEGG	33

FORORD

Overvåking av forurensningstilstanden i Borgundfjorden inngår i det statlige program for forurensningsovervåking som administreres av Statens forurensningstilsyn (SFT). Foruten det statlige informasjonsbehov tar prosjektet sikte på å dekke Sula og Ålesund kommuners behov for kjennskap til forurensningssituasjonen i mer lokale områder av fjordsystemet.

Statens forurensningstilsyn og de nevnte kommuner har gitt NIVA i oppdrag å gjennomføre prosjektet. Overvåkingen begynte i juni 1980 og har pågått ut 1983. Fra og med 1984 blir det et opphold i overvåkingen. Denne rapporten presenterer resultatene for 1983 og delvis også for 1982.

Prøveinnsamlingen har vært utført med stor grad av lokal deltakelse. Vi retter en takk til ingeniør Steinar Eikrem, Sula kommune, ingeniør Svein Lied, Ålesund kommune, (prøveinnsamling hydrokjemi) og fisker Jens L. Molvær, Langevåg (båtfører, prøveinnsamling).

De hydrokjemiske dataene er lagret i SFTs database for overvåkingsdata. Rådataene for de biologiske undersøkelsene er oppbevart som tabeller.

Ved NIVA har cand. real. Torgeir Bakke hatt ansvaret for de biologiske undersøkelsene, cand. real. Jarle Molvær har hatt ansvaret for de hydrokjemiske undersøkelsene samt saksbehandling.

1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

Hovedkonklusjonene etter 3½ års undersøkelser:

- I. Forurensningstilstanden i Borgundfjordområdet er i hovedtrekkene stabil. Det samsvarer med at belastningen er nær konstant. I en bedømmelse av tilstanden må det skjelnes mellom overflatelag og dypvann.
- II. I fjordområdets overflatelag er virkningene av kommunalt og industrielt avløpsvann begrenset til lokale effekter som tidvis redusert siktedyp, nedslamming av bunn og organismer og økt forekomst av grønnalger i strandsonen.
- III. I Aspøvågens dypvann mellom bunn (40 m) og ca. 30 m dyp forekommer regelmessig kritiske oksygenforhold i vinterhalvåret, med til dels sterkt redusert bunnfauna som resultat. Det samme gjelder for Mauseidvågen mellom ca. 60 m og 25-30 m dyp. Begge lokalitetene er sårbare for belastning med organisk materiale, og utslipp av kommunalt og industrielt avløpsvann bidrar til situasjonen. Dette gjelder også dypvannet i Åsefjorden, der oksygenforholdene i en periode vinterstid oftest må karakteriseres som dårlige.
- IV. Undersøkelsene har ikke gitt grunnlag for å hevde at oksygenforholdene er ugunstige for torskeinnsiget og gytingen vinterstid.
- V. Ved gjennomføring av rensetekniske tiltak bør det primært legges vekt på dyputslipp i god avstand fra land, samt fjerning av flytestoffer og sedimenterbart materiale. For Aspevågen og Åsefjorden vil omfattende avlastning være ønskelig.

Sammendrag for 1983-undersøkelsene:

1. I 1983 omfattet programmet overvåking av oksygenforholdene i Aspøvdågen, Åsefjorden, Mauseidvågen og selve Borgundfjordens dypvann. I de samme fire fjordpartier samt Heissafjorden ble det innsamlet prøver av bløtbunnsfaunaen. Videre ble organismesamfunnet i strandsonen undersøkt på en stasjon i Veddevika.
2. Oksygenforholdene i 1983 viste små avvik fra tidligere år. I Aspøvdågen gjorde kombinasjonen av en stor dypvannsutskiftning før første prøveserie og en tilsvarende utskiftning i oktober-november at oksygenforholdene var gode ved alle tre prøveseriene. Det samme var tilfelle for Åsefjorden, selv om oksygenkonsentrasjonen i 100 m dyp var såpass lav som 3,8 ml/l i månedsskiftet november/desember, Også i selve Borgundfjorden var oksygenforholdene gode og jevnførbare med tilstanden i 1981 og 1982.

I Mauseidvågen var oksygenforholdene nærmest bunnen kritiske ved alle tre prøveseriene. Resultatene samsvarte med målingene for 1980-82.

3. Bløtbunnsamfunnet i Heissafjorden var i 1982 og 1983 rikt, stabilt og mangfoldig. Det var intet som tydet på at utslippene til Borgundfjordsystemet har virkninger her. Åsefjorden og Borgundfjordens dypbassenger hadde også en normal, om enn noe fattig, bløtbunnsfauna, dominert av én eller et fåtall arter som er vanlige langs norskekysten. Åsefjorden var fattigere enn den nærliggende Borgundfjorden, noe som kan ha sin årsak i tidvis lave oksygenkonsentrasjoner ved bunnen. Begge bassengenes bunnfauna synes å være relativt stabile. Aspøvdågens dypbasseng hadde en redusert bunnfauna og forholdene var tydelig verre i 1983 enn i 1982. Faunaen var i 1983 dominert av en musling som forekommer i høye tettheter ved kloakkforurensing. Foruten periodevis oksygenmangel i vannmassen, er årsaken at sedimentene er sterkt belastet med organisk materiale og sannsynligvis også metaller. Bunnfaunaen i Mauseidvågens dypbasseng var meget fattig og sedimentene luktet tydelig av hydrogen-sulfid. Årsaken til den magre faunaen var utvilsomt kritiske oksygenforhold ved bunnen.
4. En registrering av strandsonesamfunnet i Veddevika ble foretatt sommeren 1983 for å se om en mulig tendens til forbedring fra 1980 til 1981 hadde vedvart. Antall arter registrert i 1983 var fordoblet i forhold til tidligere, og selv om mange av de nye artene hadde lav forekomst, tyder resultatene på at lokaliteten er i fortsatt bedring.

2. INNLEDNING

2.1 Områdebeskrivelse

Et oversiktskart over området er vist på fig. 1.

For enkelthets skyld velger vi å kalle hele området for Borgundfjorden. Dette kan inndeles i 5 underområder: Heissafjorden, Aspøvågen, selve Borgundfjorden, Asefjorden og Mauseidvågen.

Av den langsgående bunnprofilen (fig. 2) fremgår at det er mindre under-sjøiske rygger (terskler) i Heissafjorden (82 m) og i ytre del av Asefjorden (82 m). Det største dyp (142 m) ligger i selve Borgundfjorden. Utenfor Mauseidvågen er et avgrenset basseng med største dyp på ca 60 m og terskel på ca. 15 m dyp mot Borgundfjorden. I Aspøvågen er det også et basseng med største dyp på 42 m og med terskel på ca. 28 m dyp.

Hovedforbindelsen mot åpent hav går gjennom Breisundet. Dessuten har området en viss forbindelse med omkringliggende fjordområder gjennom fire grunne og trange løp. De to største er Steinvågsundet mot Valderhaugsfjorden med en minste bredde på ca. 60 m og et minste dyp på ca. 6 m og Vegsundet mot Storfjorden med minste bredde på ca. 60 m og minste dyp på ca. 4 m.. To mindre sund er Hellesundet i Alesund og Nørvesundet.

Målt i luftlinje er fjorden ca. 16 km lang fra Spjelkavik til Breisundet. Overflatearealet er 35 km².

2.2 Vannbruk og forurensninger

Borgundfjorden gir gode muligheter for bading, fiske og annet friluftsliv for en befolkning på 30-40.000 mennesker. Videre regnes fjorden som en viktig del av kyst-torskens gytefelt på Nord-Vestlandet, med et betydelig torskefiske vinterstid. En del bedrifter, spesielt fiskeforedlingsindustrien, bruker sjøvann i bearbeidelse av råvarene.

Fjorden tilføres urensset kommunal kloakk fra en befolkning på ca. 35.000 mennesker, samt en rekke typer industrielt avløpsvann. Forurensningstilførslene til fjordområdet ble kartlagt i 1976-1977 og antas å ha endret seg lite siden.

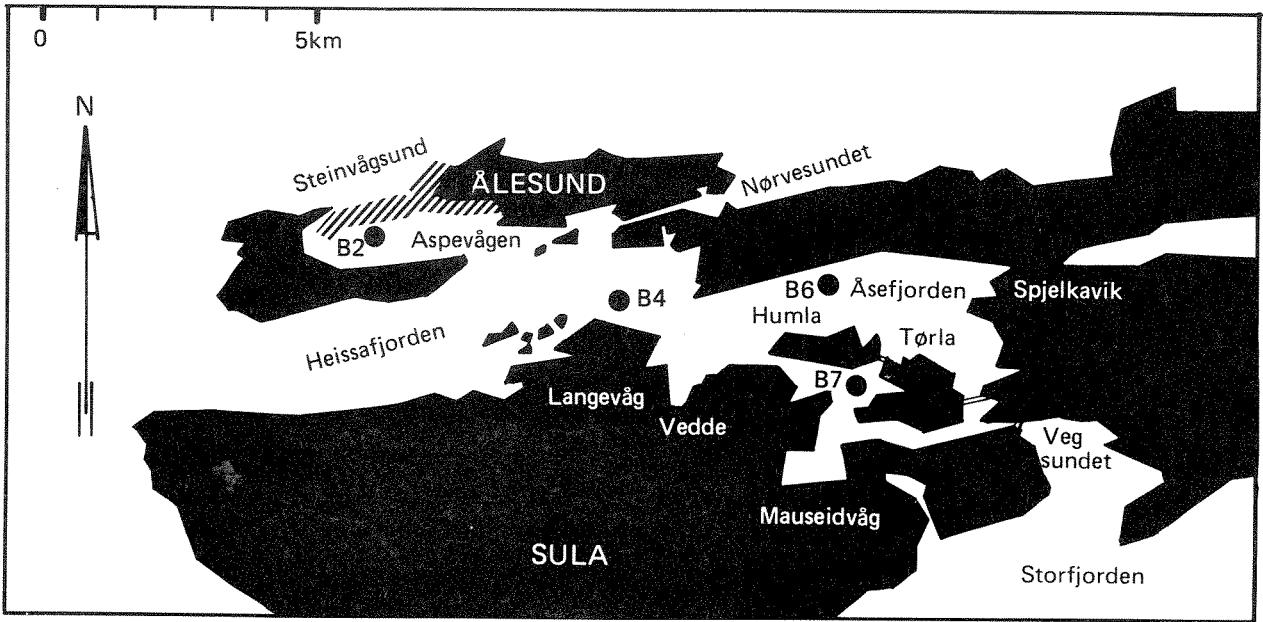


Fig. 1. Hydrokjemistasjoner i Borgundfjorden 1983.

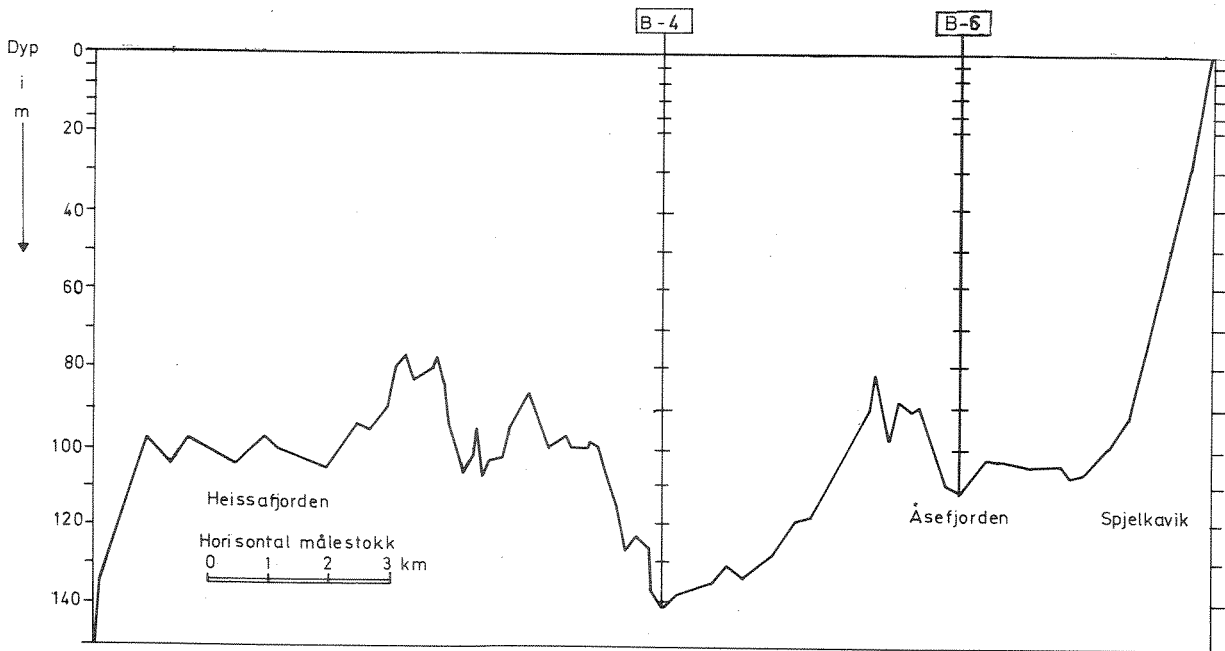


Fig. 2. Langsgående bunnprofil fra Heissafjorden til Spjelkavik.

Av fosfor tilføres fjordområdet totalt ca. 45 tonn/år, hvorav befolkningen står for ca. 60% og industri ca. 33%. Nitrogen-tilførslene utgjør ca. 280 tonn pr. år, fordelt med ca. 50% på befolkning og ca. 45% på industri. For organisk stoff er tallene henholdsvis ca. 1.850 tonn/år som BOF_7 , fordelt med ca. ca. 47 % og ca. 52 % på henholdsvis befolkning og industri. Utslippene av metaller og organisk miljøgifter er ubetydelige.

2.3 Overvåkingsprogrammet

Formålet med overvåkingsprogrammet er å gi myndighetene opplysninger om:

- . Den eksisterende forurensningssituasjon i Borgundfjorden.
- . Eventuelle utviklingstendenser.
- . Behov for rensetekniske tiltak og effekter av slike.

Forslag til overvåkingsprogram ble utarbeidet av NIVA våren 1980 og prøveinnsamlingen begynte i juni 1980. Programmet er blitt ajourført hvert år.

Overvåkingen består av en hydrokjemisk og en biologisk del. Den hydrokjemiske delen har i 1983 tatt sikte på å følge med i oksygenforholdene i dypbassengene hvor muligheten for oksygenproblem er tilstede. Forholdene under torskeinnsiget og gytingen vinterstid er av spesiell interesse. Likeledes tilstanden senhøstes før dypvannsutskiftninger inntreffer og oksygenforholdene bedres. Prøver ble innsamlet på fire stasjoner, se fig. 1. Arbeidsprogrammet framgår av tabell 1. Tidspunktene var 1. mars, 25. april og 29. november.

Den biologiske delen av overvåkingsprogrammet bestod av undersøkelser av bløtbunnsfauna og av organismesamfunn i strandsonen, se fig. 3.

Bløtbunnsundersøkelsene ble foretatt første gang 7/5-82 på 5 stasjoner (fig. 3) lokalisert til dypbassengene i Heissafjorden (95 m dyp), Aspøvågen (40 m), Borgundfjorden (135 m), Asefjorden (100 m) og Mauseidvågen (60 m). På hver stasjon ble det tatt 5 prøver med $0,1 \text{ m}^2$ Petersen grabb. Prøvene ble umiddelbart siktet gjennom 1 mm sikt og alt materiale på sikten fiksert i 4 % nøytralisert formalin. Innsamlingen ble gjentatt etter samme mønster 21/4-83.

Tabell 1. Arbeidsprogram for hydrokjemistasjonene i 1983

Stasjon	Prøver	Antall prøvedyp	Antall prøveserier	Parametre og observasjoner		
				Temperatur saltholdighet ¹⁾	Oksygen	Siktedyp, vind, vær, bølgehøyde m.m.
B2	Dypvann	3	3	x	x	Alle stasjoner
B4	"	3	3	x	x	
B6	"	3	3	x	x	
B7	"	3	3	x	x	

1) Dessuten målinger av temperatur og saltholdighet med salinoterm ned til følgende dyp: St. B2 (30 m), st. B4 (60 m), st. B6 (60 m) og st. B7 (30 m)

I laboratoriet ble 3 av prøvene fra hver stasjon hvert år (grabb nr. 1, 3 og 5) sortert under lupe og all fauna identifisert, fortrinnsvis til art, og telt opp. Artsidentifiseringen er så godt som mulig blitt foretatt til samme nivå på alle prøver.

Det ferdige rådatamateriale i form av artslistene, med individantall for hver art, er gitt i Vedlegg 2 i tabellform og lagret i EDB-anlegg. All databearbeidelse er foretatt ved bruk av EDB.

Undersøkelse av strandsamfunnet på stasjon A5 Veddevika (fig. 3) ble gjort 28/7-83. Metodikk var identisk med tidligere registreringer:

Stasjonen ble delt i en øvre, en midtre og en nedre sone med henholdsvis øvre kant av rurbeltet og øvre kant av algebeltet som grenser. Registreringene ble gjort ved snorkeldykking. Notater om forekomst ble gjort på stedet og en del former ble samlet for nærmere identifikasjon.

Innen hver sone ble organismene registrert etter en relativ tetthetsskala:

- E : enkeltfunn
- S : spredt
- V : vanlig
- D : dominerende

Skalaen er subjektiv, men vil kunne avdekke større endringer over tid, selv ved ulike observatører fra gang til gang.

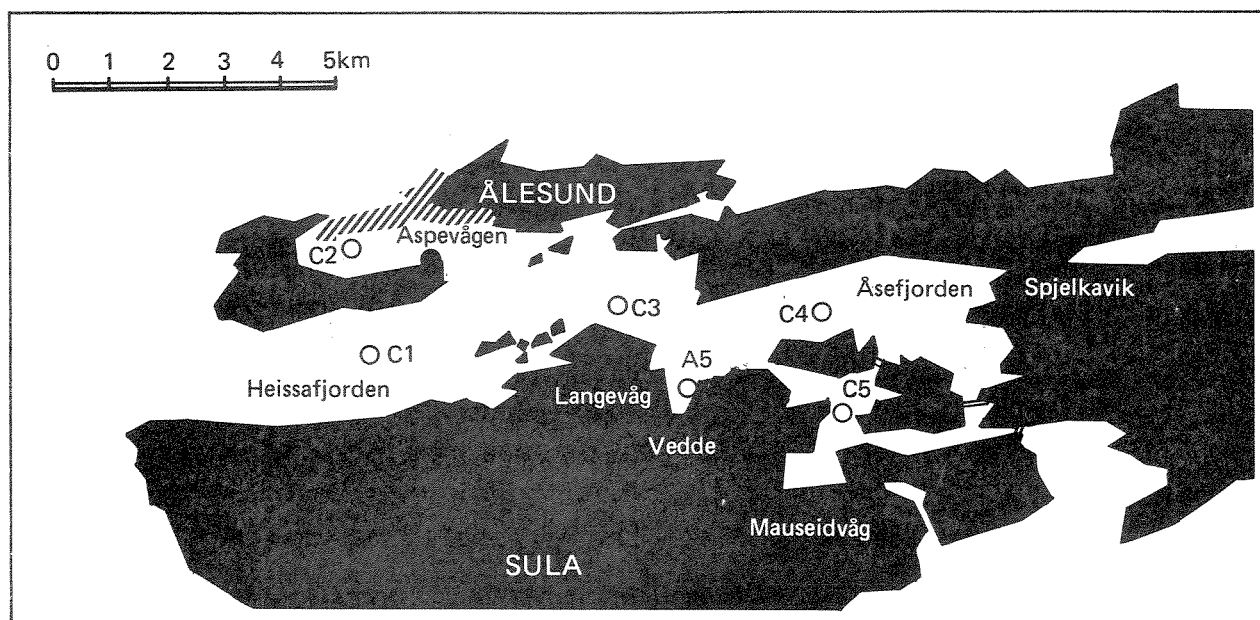


Fig. 3. Stasjoner for undersøkelse av bløtbunnsfauna i 1983.

3. RESULTATER

3.1 Oksygenforholdene i 1983 sammenlignet med tidligere år

Som tidligere nevnt ble det i 1983 innsamlet tre prøveserier fra dypvannet på stasjonene B2, B4, B6 og B7 (se stasjonskart, fig. 1). Resultatene er i sin helhet gjengitt i Vedlegg 1. Tabell 2 viser de målte oksygenkonsentrasjonene. I tabellen er også lagt inn de kriteriene som tidligere har vært brukt ved bedømmelsen av oksygenforholdene i fjorden.

På st. B2, Aspøvangen, var oksygenforholdene gode ved alle tre tidspunktene. Det har vært (minst) en dypvannsutskiftning mellom april- og novembertoktene. Sannsynligvis har denne vannutskiftningen foregått i oktober-november. Forut for denne lå sannsynligvis oksygenkonsentrasjonen i 40 m dyp i intervallet 1,5-3 ml/l, som det var om høsten både i 1980, 1981 og 1982 (se Molvær og Bakke 1983, s. 19).

På st. B4, Borgundfjorden, var forholdene i november 1983 jevnførbare med dem som ble registrert ved tilsvarende tidspunkt i 1981 og 1982. En økning i temperatur og saltholdighet i 80-130 m dyp fra april til november (se Vedlegg 1, tabell 2) viser at det har foregått en betydelig vannutskiftning. Det faktum at temperaturen økte, tyder på at den foregikk om høsten, i likhet med st. B2.

På st. B6, Asefjorden, viste målingene i mars at dypvannet (100 m dyp) var delvis utskiftet siden desember 1982, da konsentrasjonen var 2,6 ml O₂/l. I april hadde en fullstendig utskiftning funnet sted. Vi vet ikke hvor lave oksygenkonsentrasjonene ble før effekten av vinterutskiftning(e) gjorde seg gjeldende, men det er ikke usannsynlig at de kom ned i det kritiske området (< 2 ml O₂/l). En markert økning av temperatur og saltholdighet i 100 m dyp fra april til november tyder på at det også her har vært en delvis dypvannsfornyelse (se Vedlegg 1, tabell 3). Dette forklarer sannsynligvis at oksygenforholdene i november var bedre enn ved noenlunde tilsvarende tidspunkt i 1981 (3,0 ml/l) og 1982 (2,6 ml/l).

På st. B7, Mauseidvågen, var oksygenforholdene nærmest bunnen kritiske ved alle tre prøveseriene. De tre foregående år er dypvannet her blitt utskiftet i tidsrommet februar-april (se Molvær og Bakke 1983, s. 20).

I april 1983 var imidlertid ikke vannmassen i 55 m dyp fornyet ennå. Som for de andre stasjonene viser målingene av temperatur og saltholdighet at det har vært en fornyelse av dypvannet i tidsrommet mai-november. Uten tilførsel av nytt vann (oksygen) ville det ha vært hydrogensulfid i 55 m dyp i november. Forholdene da var i hovedtrekkene de samme som ved tilsvarende tidspunkt i 1980, 1981 og 1982.

Ved Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt (O.R.Godø, pers. medd.) har vi fått opplyst at man der ikke utførte oksygenmålinger i Borgundfjorden vinteren 1983.

Tabell 2. Oksygenkonsentrasjoner i ml/l under de tre toktene i 1983

Skravur: Kritiske oksygenforhold, 0-2 ml O₂/l

Sort: Dårlige oksygenforhold, 2-3,5 ml O₂/l

St. B2				St. B4				St. B6				St. B7			
Dyp	Dato			Dyp	Dato			Dyp	Dato			Dyp	Dato		
m	1/3	25/4	29/11	m	1/3	25/4	29/11	m	1/3	25/4	29/11	m	1/3	25/4	29/11
30	6,4	5,6	5,8	80	6,5	6,1	5,8	60	6,4	6,5	6,1	30	6,6	6,3	2,2
40	6,5	6,5	5,7	100	6,4	6,2	5,7	80	6,2	6,0	5,8	40	1,2	5,1	
				130	6,3	6,2	4,4	100	4,1	6,1	3,8	55	0,5	0,7	0,6

3.2 Oksygenforhold, torskeinnsig og gyting.

Et sentralt spørsmål mht. oksygenforhold er om disse under torskeinnsiget og gytingen vinterstid gir negative konsekvenser. For fullstendighetens skyld skal vi drøfte den muligheten nærmere, men vi understreker at dette er et spørsmål som bør vurderes av Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt.

Torsken gyter i hele fjordområdet, men for vår problemstilling er Åsefjorden viktigst. Dypet hvor fisken gyter vil i stor grad være bestemt av vanntemperaturen, og kan dermed variere fra år til år. Godø og Slotsvik (1981) har utredet Borgundfjordens rolle som gyteområde for torsk og oppgir at skreien gyter i vann med temperatur mellom ca. 4^o C og ca. 6^o C, helst 4,5^o - 5,5^o C. Kysttorsken kan gyte ved temperaturer over 6,5^o C.

Noen timer etter gytingen vil de befruktede eggene flyte opp til overflaten der torskelarvene klekkes ut etter ca. 2 uker. Et avgjørende spørsmål i denne sammenheng er da: *Er oksygenforholdene tilfredsstillende for torsken som skal gyte, slik at unnvikelsesreaksjoner unngås og gytingen foregår normalt?* Nå er torskens oksygenbehov under selve gytingen lite kjent. Sannsynligvis er det høyere enn normalt fordi torsken i dette tidsrommet er nokså aktiv. Til tross for denne usikkerheten synes svaret på spørsmålet å være "ja". For det første foregår torsk einnsiget oftest under eller etter innstrømninger av kystvann som har tilstrekkelig lav temperatur. Dermed vil torsken følge oksygenrikt vann som nylig har funnet veien inn i fjorden. Videre vil disse innstrømmingene vanligvis skifte ut det relativt varme og oksygenfattige dypvannet som måtte finnes i de enkelte bassengene. Skulle dette ikke skje, vil det gamle dypvannet ligge igjen som "lommer" med så høy temperatur at torsken heller ikke av den grunn gyter der.

Et annet hovedspørsmål er om oksygenforholdene er uskadelige for de befruktede eggene i tiden før de forlater dypvannet. Fra Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt (S. Titlestad, pers. medd.) har vi fått opplyst at torskkeegg kan tåle svært lave oksygenkonsentrasjoner (\geq 25% metning). Med en temperatur på 5^o C og saltholdighet 34^o/oo i Åsefjordens dypvann, tilsvarer 25% metning en oksygenkonsentrasjon på 1,8 ml/l. Til sammenligning er 1.95 ml/l (29%) laveste konsentrasjon som har blitt målt i Åsefjorden (mars 1977). Temperaturen i dypvannet var da 6.8-7.3^o C. Ser vi dessuten dette i sammenheng med vurderingene av foregående spørsmål, må svaret være at oksygenforholdene i fjorden neppe utgjør noe problem for torsk einnsiget og gytingen.

3.3 Dyreliv på bløtbunn i fjordsystemets dypbassenger

3.3.1 Stasjonsbeskrivelse, arts- og individantall

Stasjon C1 Heissafjorden (referansestasjon)

Tilsvarende sedimentstasjonene A6 og A7 under basisundersøkelsen i 1976-77.

Dyp 95 - 100 m.

Fjordens beliggenhet med stor åpning mot Breisundet i vest og god vannutskiftning gjør at den kan betraktes som relativt upåvirket av utslippene til Borgundfjorden. Sedimentanalysen i basisundersøkelsen 1977 viste også med få unntak at bunnen hadde lavt organisk innhold, lavt N/P-forhold, og lavt nivå av tungmetaller sammenlignet med fjordsystemet forøvrig (Bokn & al. 1979). Bunnen er av sand iblandet skjellsand og ga relativt grunne grabbprøver (ca. 1/2 - 2/3 fylling).

Samlet artsantall for tre grabbprøver var relativt høyt: 52 i 1982, 56 i 1983 (tabell 3). 59 - 67 % av artene tilhørte gruppen børstemark (polychaeta). Gjennomsnittlig antall individer pr. m² var henholdsvis 890 og 670 de to årene.

Tallmessig dominerende arter varierte noe fra 1982 til 1983. I 1982 dominerte muslingen Thyasira cf. flexuosa (cf. betyr "høyst sannsynlig art flexuosa"). Slangestjernen Amphiura chiajei og børstemarken Tharyx marioni og Paramphinome jeffreysi var også hyppig forekommende. I 1983-materialet var børstemarken Streblosoma intestinalis hyppigst forekommende (ikke funnet i 1982). Andre vanlige arter var muslingene Thyasira cf. flexuosa og børstemarken Tharyx marioni.

Stasjon C2 Aspøvågen

Tilsvarende sedimentstasjon A5 under basisundersøkelsen i 1976-77.

Dyp 30-40 m.

Bunnen her består av svart H₂S-holdig mudder iblandet sand, stein og store mengder materiale fra land (slagg, avfall, trebiter). Inntrykket av sedimen-

tet stemte overens med beskrivelsen gitt i basisundersøkelsen i 1977 (Bokn & al. 1979). Tungmetallanalyse utført i 1977 viste en betydelig forurensning av bly, kvikksølv og spesielt sink i sedimentene på stasjon C2 (Bokn & al. 1979, fig. 6.2). Faunaen var mager. I 1982 ble 20 arter funnet (tabell 3) hvorav 10 arter børstemark. I 1983 var artsantallet bare 7, inklusive 3 arter børstemark. Faunatettheten var i 1982 614 ind./m², men sank til 80 ind./m² i 1983. Klart dominerende art i 1982 var muslingen Abra nitida. Den var sterkt redusert i 1983. Andre vanlige arter i 1982 var muslingen Thyasira cf. flexuosa, børstemarken Heteromastus filiformis og et krepsdyr Diastylis lucifera tilhørende gruppen Cumacea. Kun en art var vanlig i 1983: muslingen Corbula gibba. Pigghuder manglet helt. Prøvene hadde stort innslag av svartfargede døde skjell og rør av børstemarken Pectinaria sp. Fikserte prøver utskilte et metallaktig belegg på væskeoverflaten og veggene i prøveglassene og hadde en meget ubehagelig, stikkende lukt.

Tabell 3. Oversikt over arts- og individrikhet samt økologiske samfunns-karakteristika på bløtbunnstasjoner i Borgundfjord-systemet 1982 og 1983

Stasjon	Ar	Antall arter pr. 0,3m ²	Antall individer pr. m ²	Shannon-Wiener diversitet	Jevnhet	Dominans index
C1 Hessafjord	82	52	890	3,23	0,49	15,0
	83	56	670	3,22	0,49	17,9
C2 Aspøvågen	82	20	614	1,87	0,29	44,5
	83	7	80	1,21	0,39	66,7
C3 Borgundfjord	82	36	996	1,99	0,18	54,2
	83	46	1066	2,21	0,18	50,3
C4 Asefjord	82	29	526	2,59	0,44	27,2
	83	31	346	2,48	0,37	43,4
C5 Mauseidvåg	82	5	50	1,17	0,56	60,0
	83	3	14	1,04	0,91	47,6

Stasjon C3 Borgundfjorden

Tilsvarende sedimentstasjon A4 under basisundersøkelsen i 1976-77.

Dyp 135-140 m.

Bunnen består av løst mudder iblandet litt skallrester. Basisundersøkelsen i 1976-77 viste liten grad av metallforurensning og organisk belastning (Bokn & al. 1979). Artsantallet i 1982 var 35, mens det i 1983 ble registrert 46 arter. Børstemarken utgjorde henholdsvis 53 og 65 % av disse.

Individtettheten var den høyeste av alle stasjonene begge årene, henholdsvis 996 og 1066 ind./m². Både i 1982 og 1983 dominerte børstemarken Paramphinome jeffreysi (ca. 50 % av alle individer). Andre vanlige arter begge årene var børstemarken Tharyx marioni og bivalven Thyasira cf. flexuosa.

Stasjon C4 Asefjorden

Ca. 2 km vest for sedimentstasjon A1 i basisundersøkelsen i 1976-77.

Dyp 100-110 m.

Substratet her var likt stasjon C3, men faunaen var magrere både i arts- og individtall. Antallet arter var noenlunde stabilt fra 1982 til 83 (29 - 31 arter), mens individtettheten gikk noe ned.

Børstemarkene utgjorde 66-68 % av alle artene. Klart vanligste art begge år var børstemarken Paramphinome jeffreysi. I 1982 var også Thyasira cf. flexuosa og børstemarken Diplocirrus glaucus relativt hyppig forekommende. Begge år var få, men store, individer av mudderreken Calocaris macandreae fremtredende i prøvene.

Stasjon C5 Mauseidvåg

Dyp 50-55 m.

Substratet besto av meget løst mudder iblandet lange, tomme rør av børstemarken Hyalinoecia tubicola.

Sedimentet luktet klart av hydrogensulfid i 1983, men ikke i 1982 og heller ikke under basisundersøkelsen i 1976-77 (Bokn & al. 1979).

Både arts- og individantall var meget lavt begge år. I 1982 ble 5 arter med tilsammen 15 individer funnet (dvs. 50 ind./m²). 9 av individene tilhørte muslingen Thyasira flexuosa. I 1983 ble bare 3 arter, alle børstemark, registrert og antall individer var så lavt som 4 (tilsvarer 14 ind./m²).

3.3.2 Samfunnskarakteristikk

Diversitet, jevnhet, dominans

Diversitet er et mål for mangfoldet i organismsamfunnet. Høy diversitet har man i et samfunn med et stort antall individer spredt over et stort antall arter. Høy diversitet henger bl.a. sammen med gunstige miljøforhold og en ikke for stor tilgang på næring. Næringsbelastning kan føre til at opportunistiske arter øker i tetthet og blir dominerende med lav diversitet som følge. Fysiske og kjemiske stressfaktorer kan ha en lignende virkning.

To anerkjente måter å beregne samfunnenes diversitet på, er forsøkt benyttet.

I den ene blir diversiteten beregnet etter en metode av Hurlbert (1971):

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

N_i = individantall av i-te art

N = det samlede individantall i prøven

n = det samlede individantall i en prøve $\frac{n}{N}$ så stor som hovedprøven

$E(S_n)$ = det forventede antall arter i en delprøve på n individer fra en prøve som inneholder N individer, S arter og N_i individer av i-te art.

$E(S_n)$ kan beregnes for alle prøvestørrelser hvor $n < N$. Diversiteten vil da framstå som en kurve. Kurven beskriver artsantallet som funksjon av individantallet.

Høyt artsantall i forhold til individantall betyr høy diversitet. Dette gir brattere kurve enn lav diversitet.

I figur 4 er diversitetskurvene tegnet inn for alle stasjoner der mer enn 10 individer ble registrert, dvs. alle unntatt stasjon C5 i 1983. Figuren viser at stasjon C1 har høyest diversitet begge årene, at C3 og C4 har lavere og noenlunde lik diversitet og at C2 og C5 har lav diversitet. Forskjellen mellom 1982 og 1983 er også mindre enn forskjellen mellom stasjonene.

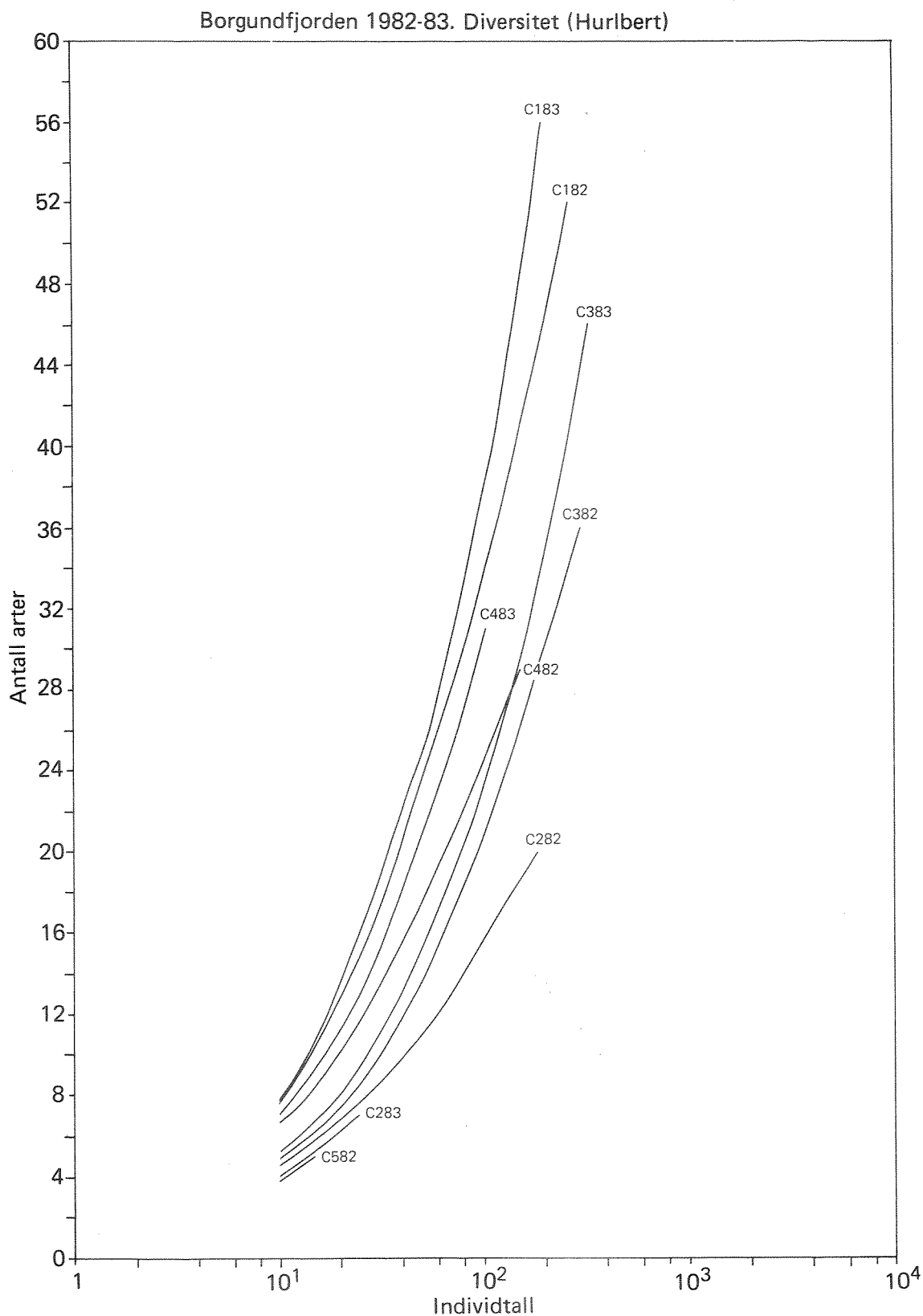


Fig. 4. Diversitetskurver (artsantall som funksjon av individtall, Hurlberts, 1971) for bløtbunnsstasjoner i Borgundfjorden 1982 og 1983. På stasjon C5 1983 var prøvene så individfattige at diversitetskurve ikke kunne beregnes.

I figur 5 er toppunktene på diversitetskurvene for hver stasjon tegnet inn på en skala som indikerer hvor stasjonene ligger i forhold til diversiteten funnet i en rekke norske rene og forurensede fjord-lokaliteter (Rygg 1984a). Etter dette klassifiseres diversiteten som høy på stasjon C1 begge årene, normal på stasjon C3 og C4 begge årene, mens stasjon C2 og C5 1982 hadde moderat diversitet. De to siste stasjonene hadde imidlertid for lave individtall til at diversitet målt med denne metode er pålitelig.

Den andre diversitetsberegningen er basert på Shannon-Wiener diversitetsindeks (Shannon og Weaver 1963) og gir en verdi H' for hver prøve (grabb, stasjon o.l.) ut fra formelen

$$H' = - \sum_{c=1}^S (p_i) (\ln p_i)$$

der s er antall arter og

$$p_i = \frac{\text{antall individer av art "i"}}{\text{totalantall individer i prøven}}$$

H' antar verdier fra 0 og oppover og verdier større enn 3 karakteriserer vanligvis et rikt samfunn. Beregnede verdier av H' er gitt i tabell 3. Den viser at bare stasjon C1 har diversitet høyere enn 3 begge årene. Nest høyest diversitet ble funnet på stasjon C4. C3 lå noe lavere og ikke så mye høyere enn C2, mens stasjon C5 hadde klart lavest H' -verdier. Også etter denne indeks var det større likhet mellom de to tidspunktene på samme stasjon enn mellom to og to stasjoner, dvs. ingen stasjoner har overlappende H' -verdier.

Diversiteten H' baserer seg i ulik grad på både artsantall og hvordan tettheten er av de enkelte artene. Jevnhetsindeksen J indikerer separat den siste av de to samfunnsegenskapene som H' er funksjon av: Fordelingen av individer på de arter som forekommer. J regnes ut etter formelen

$$J = \frac{H'}{\log_2 S} \quad (\text{Pielou 1975})$$

S er antall arter. J kan ha verdier fra 0 - 1 der høy verdi indikerer at individene er jevnt fordelt på de arter som finnes. Verdier av J er angitt i tabell 3. Bortsett fra Stasjon C5 som med 3 arter og 4 individer i 1983 får ekstremt høy jevnhet, så ligger jevnheten under 0,5 på alle stasjoner. Dette er relativt lavt. Tabellen viser også at økningen i diversitet på

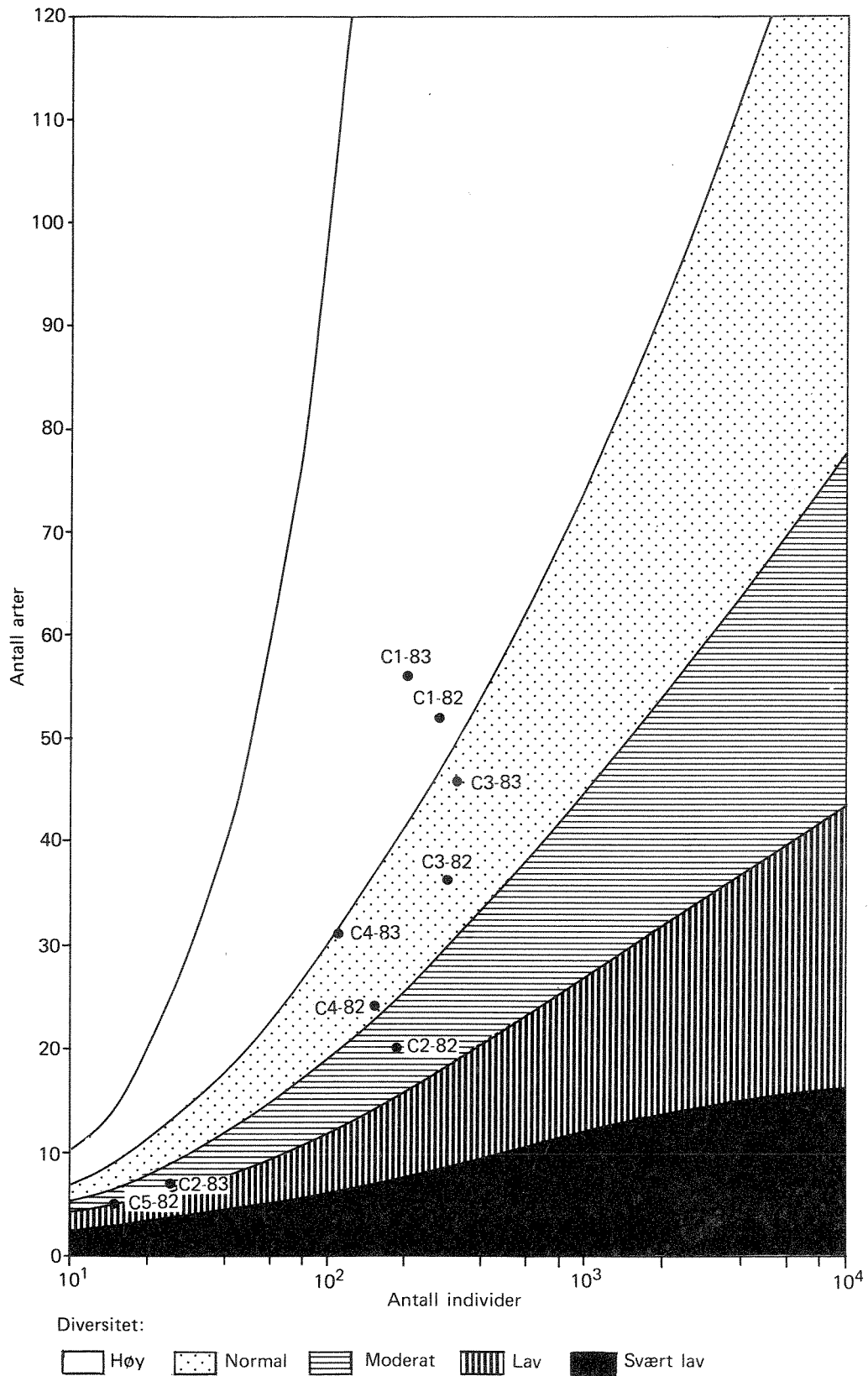


Fig. 5. Borgundfjordens bløtbunnsfauna. Diversitetskurvenes endepunkter (cf. Fig. 4), dvs. totale arts- og individtall tegnet inn på klassifiseringsskala over diversitet basert på 120 stasjoner i ca. 12 norske rene og forurensede fjordområder (Rygg, 1984).

stasjon C3 fra 1982 til 1983 ikke er ledsaget av økning i jevnhet, dvs. at det er introduksjonen av nye arter i 1983, de fleste sjeldne, som øker diversiteten. Stor variasjon i sjeldne arter må påregnes når man baserer undersøkelsen på få grabbhugg. Tabellen viser også at reduksjonen i diversitet på stasjon C2 fra 1982 til 1983 ledsages av økt jevnhet og skyldes derfor i første rekke det drastiske fallet i antall arter registrert.

Et visuelt mål for i hvor stor grad et samfunn er dominert tallmessig av en eller få arter fås ved konstruksjon av dominansprofiler: For hver stasjon hvert år beregnes hvor mye hver arts individantall er i prosent av det totale antall individer. De ti vanligste artene rangeres etter fallende prosentverdi (høyeste prosent gis rang 1, nest-høyest gis rang 2 osv.) og man plottes hver arts prosentverdi mot artens rang i et koordinatsystem. Den kurve som fremkommer mellom disse punktene (dominansprofilen) gir et grafisk bilde av om samfunnet domineres av et fåtall, en, eller ingen arter. En profil som stiger jevnt mot y-aksen (f.eks. figur 6a) indikerer at ingen utpregede dominanter finnes. En profil som har en kraftig knekk oppover like ved y-aksen (f.eks. figur 6b for 1983) indikerer at en art (muligens en opportunist) dominerer samfunnet tallmessig. Figur 6a-e viser dominansprofilene for alle stasjonene begge år. Figuren viser at stasjon C1 er klart minst dominant. Likeledes viser stasjon C2 1983, C3 begge år, og C4 1983 et klart dominant samfunn. Stasjon C5 har også utpreget dominant profil til tross for at jevnhetsindeks er høy. Dette viser først og fremst at det har liten verdi å regne jevnhetsindeks på et så magert materiale som 3 grabbhugg fra den fattige stasjon C5.

Y-verdien for høyeste punkt på dominansprofilen er også brukt separat som en dominansindeks (tabell 3). Den viser hvor stor andel (prosent) av samlet antall individer som tilhører den vanligste arten. Tabellen viser at på stasjon C1 hadde vanligste art bare 15-18 % av alle individene, mens på stasjon C3 hørte 50-54 % av alle individene til den dominerende arten. Stasjon C2 øket noe i dominans fra 1982 til 1983 og forskjellen er markant idet det var to forskjellige arter som dominerte de to årene. Stasjon C4 har også økt i dominans, men her var det samme art som dominerte begge år.

DOMINANSPROFIL
BORGUNDFJORD

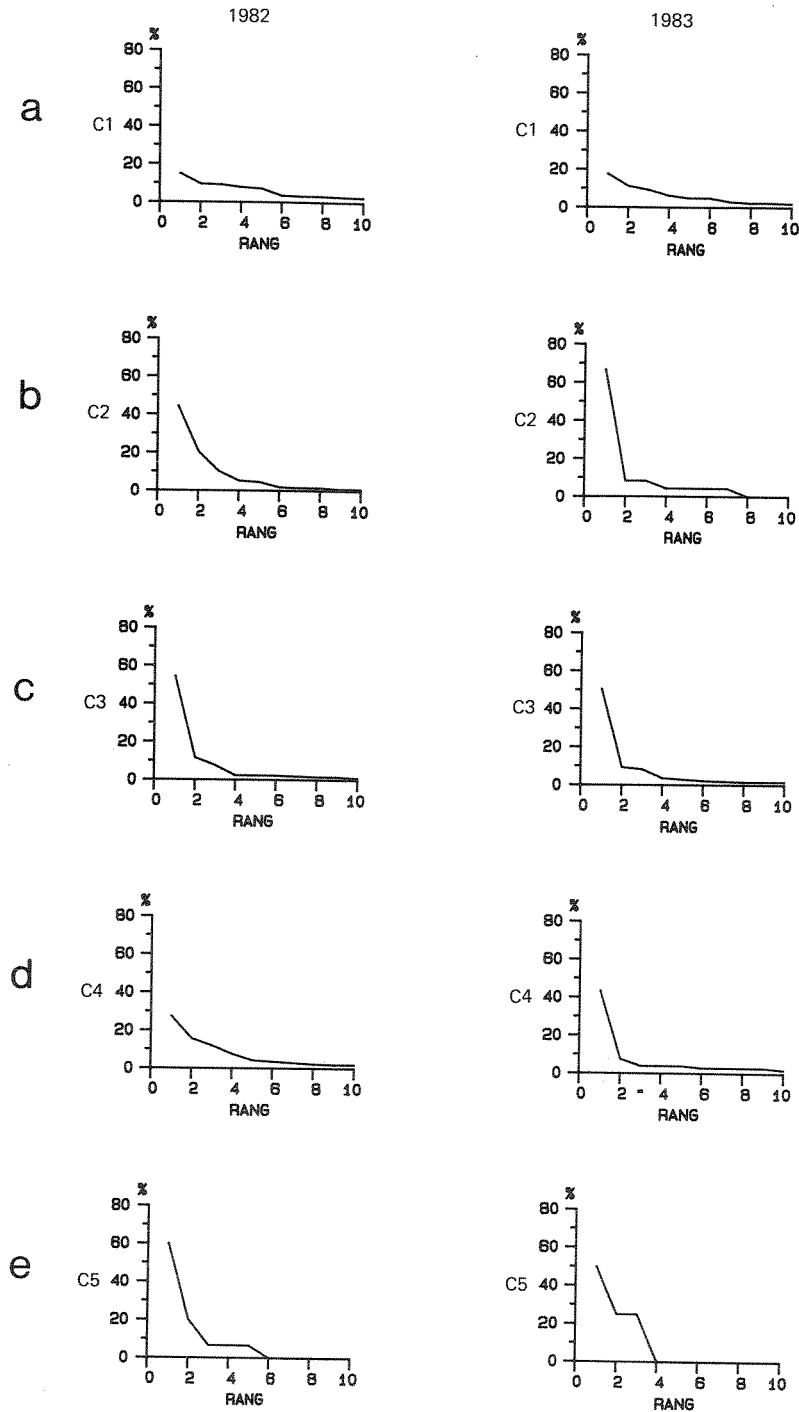


Fig. 6. Dominansprofiler for bløtbunnsfauna i Borgundfjorden. De 10 vanligste artene er rangert etter relativ tetthet (antall individer av arten som prosent av totalt individantall) og relativ tetthet er plottet som funksjon av rang. Se forøvrig forklaring side 21

3.3.3 Likhetsanalyse

Datamaterialet er blitt benyttet til å analysere likheten i faunasammensetning mellom stasjoner og år ved bruk av en indeks for likhet. Likheten mellom to og to kombinasjoner av stasjoner og år er beregnet ved hjelp av Bray-Curtis similaritetsindeks B (Clifford & Stephenson 1975) (se Vedlegg 2). Indeksen kan anta verdier fra 0 og oppover og stor likhet gir lav B-verdi. Alle stasjon/år-kombinasjonene er deretter gruppert etter innbyrdes likhet ved hjelp av en grupperings- eller "cluster"-analyse og grupperingen anskueliggjøres grafisk i et dendrogram. Et slikt dendrogram for alle stasjonene er gitt i figur 7. X-aksen i figuren angir B-verdier, og dess lenger mot venstre to stasjoner er forbundet med loddrett strek dess større er likheten. Figur 7 viser at både C1, C3 og C4 har større innbyrdes likhet over tid, enn likheten mellom to stasjoner. Dessuten danner C3 og C4 en gruppe med stor innbyrdes likhet ($B < 0,6$), mens C1 er noe forskjellig fra denne gruppen igjen. Stasjonene C2 og C5 viser liten likhet hverken innbyrdes over tid, med hverandre - eller med de øvrige stasjonene. Dette sees ved at stasjon C2 83 har størst likhet med C5 82 og at C5 83 er svært forskjellig fra disse igjen. B-verdiene for de to årene på samme stasjon er jevnt over relativt høye sammenlignet med andre undersøkelser, dvs. relativt lav likhet, noe som i stor grad kan skyldes at bare tre grabbhugg er bearbeidet.

3.3.4 Diskusjon

I programforslaget for 1982 og 1983 ble det antydnet at bearbeidelse av 3 av 5 replikate grabbhugg fra hver stasjon bare ville kunne indikere stasjonenes karakter i grove trekk, men at full opparbeidelse ville være nødvendig for å minske den innbyrdes variasjon (støy) slik at statistisk testing av forskjeller ville bli meningsfylt. Selv om denne rapport er basert på bare 3 av de 5 prøvene, har vi valgt å anvende bearbeidelses-metoder som til dels bare er fullt ut berettiget dersom materialet var større. Målsettingen har primært vært å gi en så fyldig beskrivelse av bløtbunssamfunnene på de utvalgte stasjoner som mulig og vi har ikke foretatt statistisk testing av eventuelle forskjeller i tid og rom.

BORGUNDFJORD
BUNNFAUNA 82 83

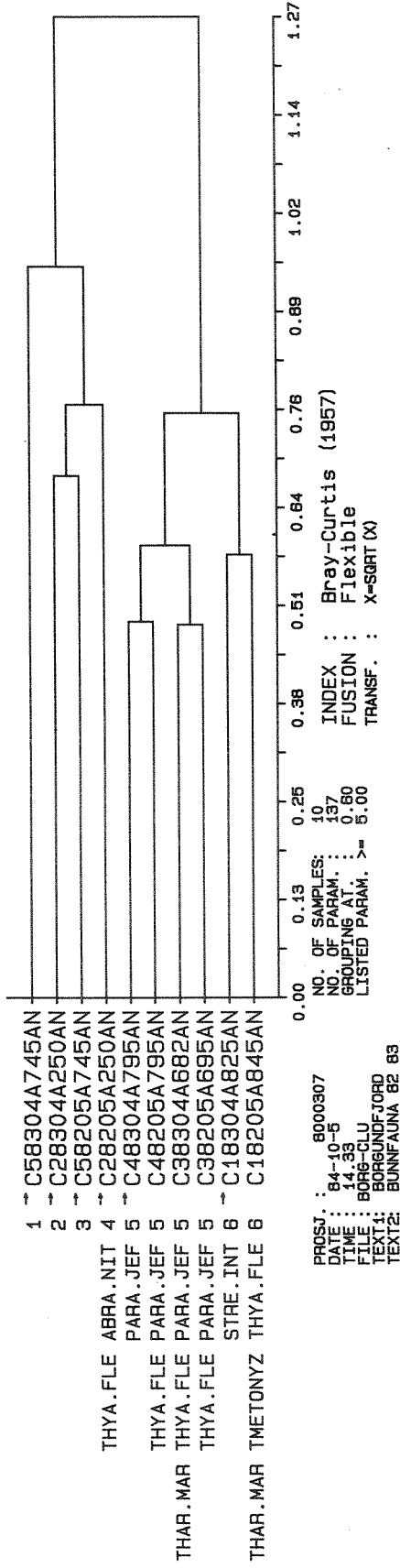


Fig. 7. Borgundfjordens bløtbunnsfauna. Gruppering av stasjoner/år etter Likhet i faunasammensetning. Den horisontale akse angir verdier for Likhet etter Bray-Curtis Likhetsindeks (jfr. Vedlegg 2). Økende indeksverdi gir fallende likhet. Hver stasjon er representert med en horisontal linje og posisjonen til den loddrette forbindelseslinjen mellom to stasjoner angir Likhetsverdien mellom disse. De fire første tegn i koden til venstre for diagrammet identifiserer stasjon/år (f.eks. C5 83).

Referansestasjon C1 Heissafjord må karakteriseres som en rik og mangfoldig stasjon til tross for at det fast pakkede sedimentet førte til at grabbprøvene var relativt grunne. Diversiteten var høy begge årene, det var ingen tegn til at en eller et fåtall arter dominerte. De hyppigst forekommende arter var slike som ellers var vanlige i hele fjordsystemet (Thyasira Sp.) eller vanlige uforurensede, sandholdige lokaliteter andre steder (f.eks. slangestjernerne Amphiura chiajei og A. filiformis).

Samfunnsparametrene forandret seg lite fra 1982 til 1983 (tabell 3), men likhetsindeksen mellom de to årene ($B = 0,67$) viste at det var en relativt stor forskjell i artssammensetning. Mye av dette skyldes utvilsomt at 3 grabbhugg bare vil fange et utsnitt av den eksisterende fauna. Det er derfor sannsynlig at to serier à 3 grabbhugg tatt samtidig fra stasjon C1 ville resultert i en tilsvarende likhetsindeks. Det konkluderes derfor med at stasjon C1 er stabil og ikke påvirket av utslipp til fjordsystemet.

Stasjon C2 Aspøvdågen er en sterkt belastet stasjon. Analyser viste at sedimentene var sterkt forurenset av tungmetaller i 1977, og de metallaktige utfellinger i prøveglassene både i 1982 og 1983 tyder på at metallbelastningen er vedvarende høy. Sedimentene hadde også tydelig H_2S -lukt både i 1977 og i 1982/83. Begge deler forklarer den fattige faunaen i sedimentene i 1982. Rygg (1984) har påvist en signifikant negativ sammenheng mellom artsdiversitet (Hurlberts) og tungmetallnivå ved sammenstilling av en rekke norske fjordundersøkelser. Diversitetsverdien funnet på stasjon C2 i 1982 tilsvarer de man etter Rygg's beregninger ville forvente, med et metallinnhold som fantes i 1977.

Undersøkelsen viste også at faunaen var blitt merkbart fattigere i 1983 både på arter og individer. Diversiteten var lavere enn i 1982 og dominansen øket. Muslingen Abra nitida som i 1982 dominerte alle tre grabbhuggene er en av de mest vanlige arter langs norskekysten både i rene og noe forurensede områder. Den var så godt som forsvunnet i 1983 og dominansen var overtatt av en annen musling Corbula gibba som er en karakterart i kloakkforurenset område. Samtidig forsvant en rekke mindre fremtredende arter. Årsaken til forverringen kan være flere, men synes bl.a. å ha sammenheng med kritisk lave oksygenkonsentrasjoner ved bunnen i oktober 1982 (Molvær & Bakke 1983). Bløtbunnsfaunaen viste at stasjonen allerede i 1982 var sterkt belastet, og bunnfaunaen kan ha vært på grensen til sammenbrudd

allerede da. Funn av mange tomme rør av børstemarken Pectinaria i 1982 tyder imidlertid på at forholdene relativt kort tid tidligere har vært bedre med hensyn til oksygenforhold.

Stasjon C3 Borgundfjord og C4 Åsefjord hadde begge et midlere høyt artstall og spesielt C3 hadde for fjordsystemet her et høyt individtall. Begge stasjonene var sterkt dominert av børstemarken Parmaphinome jeffreysi som er en liten, men vanlig bløtbunnsart. Dette ga lav diversitet, lav jevnhet og høy dominans og gir mye av forklaringen på at de to stasjonene ble gruppert sammen i likhetsanalysen.

Dominansen av P. jeffreysi var klart sterkest på stasjon C3, hvilket ga en tydelig knekk i dominansprofilene (figur 6c) og de laveste jevnhetsverdier funnet på noen stasjon (tabell 3). Denne dominansen var så kraftig at selv om artstallet var nesten 30 % høyere i 1983 enn i 1982 forandret de øvrige samfunnskarakterene seg lite (tabell 3). Stasjonen karakteriseres derfor som stabil og dominant.

Stasjon C4 hadde begge årene lavere arts- og individantall enn C3, men både SW-diversitet og jevnhet var høyere. Dette skyldes hovedsakelig mindre bestand av den dominerende P. jeffreysi (143-150 ind./m² på C4 mot 538 ind./m² på C3). I tillegg inneholdt 1982-materialet fra C4 et forholdsmessig stort innslag av muslingen Thyasira flexuosa og børstemarken Diplocirrus glaucus, begge meget vanlige fjordarter uten spesiell preferanse for rene eller belastede områder.

Den noe magrere faunaen funnet på stasjon C4 i forhold til C3 regnes for å være reell, og man skal ikke se bort fra at dette kan være en naturlig lokal forskjell, f.eks. koblet til dyp. Mye av forskjellen i individtall mellom stasjonene i 1982 skyldes forskjell i tetthet av P. jeffreysi. I 1983 skyldes forskjellen også minsket tetthet av en rekke arter på stasjon C4. Forskjellen i artsrikhet skyldes i hovedsak arter som er sjeldne, spesielt enkelte bløtdyr. Basisundersøkelsen 1977 kan indikere at C4 var noe mer belastet enn C3 m.h.t. metaller og organisk materiale, men forskjellene er små. Dessuten lå sedimentstasjonene i Åsefjorden ca. 2 km øst for C4 og nærmere fjordbunnen. Den har derfor sannsynligvis vært mer belastet enn C4. Sedimentenes beskaffenhet forøvrig synes å være meget lik på de to stasjonene.

Faunaforskjellene kan imidlertid også skyldes at Åsefjorden tidvis har hatt dårlige oksygenforhold, dog ikke kritiske (Molvær og Bakke 1983, fig. 11).

Funn av store individer av mudderreken Calocaris macandrea på stasjon C4 begge år viser dessuten at oksygenkonsentrasjonene ikke har vært kritiske i en periode på 5-6 år bakover i tid. Store eksemplarer av denne arten kan bli mer enn 7 år gamle (Nordsjøen, Buchanan 1963). Det er likevel mulig at de tilsynelatende normalt tilbakevendende perioder med oksygenivåer under 3 ml/l ved bunnen kan være en stressfaktor alvorlig nok til å gi en redusert fauna på stasjon C4 i forhold til den godt oksygenerte stasjon C3.

Dominans av børstemarken Paramphinome jeffreysi kan ikke tolkes som et tegn på et opportunistisk samfunn som ved masseforekomst av andre børstemark (f.eks. Capitella capitata). P. jeffreysi er en liten, frittlevende rov-børstemark som lever i de øvre 2-4 cm av bunnen. Den er også rapportert som dominerende i andre områder, f.eks. Årdalsfjord (Rygg, upubl.) og utenfor vestkysten av Sverige (Josefson 1981), men høy tetthet av arten har ikke sammenheng med lav diversitet eller andre tegn på et belastet samfunn. Dens høye forekomst spesielt på stasjon C3 tolkes derfor som et resultat av naturlige prosesser.

Stasjon C5 Mauseidvåg var klart den magreste av alle stasjonene i undersøkelsen, selv om stasjon C2 i 1983 karakteriseres som nesten like dårlig.

Både arts- og individtall og de øvrige samfunnskarakterer viser en nesten utryddet bunnfauna. Sedimentene hadde i 1983 en klar lukt av hydrogensulfid, noe som samsvarer med lave oksygenkonsentrasjoner nær bunnen (tabell 2). Det er derfor liten tvil om at det er hyppig forekommende, oksygenfattig, stagnerende vann ved bunnen som er årsak til den svakt utviklede faunaen. De tomme rør av den store børstemarken Hyalinocira tubicola tyder på at forholdene har vært bedre over lengre tid tidligere, men da disse rørene er meget motstandsdyktige mot nedbrytning er det umulig å si noe om hvor lenge dette er siden.

3.4 Strandsoneundersøkelser

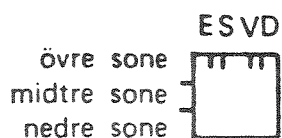
Stasjon A5 Veddevika

Strandsonen her er smal og går over i bløtbunn med enkelte store steiner på 1-1,5 m dyp. Den vertikale soneinndeling av organismene er utydelig. Av de artene som er registrert tidligere var det først og fremst fjærerur (Balanus balanoides) som viste tydelig endring (figur 8) ved at det våren 1983 hadde foregått et sterkt nedslag av nye larver i øvre og midtre sone. Denne arten har normalt stor variasjon i rekruttering fra år til år. Det synes også som om sukkertare (Laminaria saccharina) har hatt en gradvis fremgang i nedre sone siden 1980 og med den påvekst-mosedyret Electra pilosa.

Den mestmerkbare endring siden 1981 var imidlertid en dobling i antall arter registrert, fra 17 i 1980 og 1981 til 34 i 1983. Alle de nye artene var enkeltfunn eller hadde spredt forekomst. Enkelte er små former og kan derfor ha vært oversett tidligere. Inntreden av andre skyldes utvilsomt et høyere nivå av artsidentifikasjon i 1983 enn tidligere. Likevel er økningen i artsantall såvidt betydelig at den indikerer en bedring av stasjonen i forhold til forrige undersøkelse. Rapporten fra undersøkelsen i 1981 (Molvær & Bakke 1981) antyder at økt grønnalgevekst kunne være første steg på vei mot en bedring av samfunnet. En slik utvikling synes å ha gått videre til 1983 med inntreden både av nye rød- og brunalger og dyrearter og noe tilbakegang av grønnalger. Registreringene er imidlertid ikke eksakte nok til å teste om tendensen er reell, og årasken til en eventuell bedring er uklar. Vannet i området inneholdt fortsatt en del flytende fiskeslo. Bunnen var ikke merkbart preget av slo og det var heller ingen oljet overflatefilm som registrert tidligere.

Art	1981	1982	1983	Art	1981	1982	1983
RØDALGER				<i>Spirorbis</i> (posthornmark)			
<i>Bornemaisonia hamifera</i> (Trailliella-stadiet)				KREPSDYR			
<i>Callithamnion corymbosum</i>				<i>Balanus balanoides</i> (fjærerur)			
<i>Ceramium strictum</i> (rekeklo)				<i>Balanus balanus</i> (rur)			
<i>Chondrus crispus</i> (krusflik)				<i>Cancer pagurus</i> (taskekrabbe)			
<i>Corallina officinalis</i> (krasing)				BLØTDYR			
<i>Gigartina stellata</i> (vorteflik)				<i>Acmaea</i> sp.			
cf. <i>Hildenbrandia</i> (fjæreblood)				<i>Patella vulgata</i> (albuskjell)			
<i>Polysiphonia nigrescens</i> (tangdokke)				<i>Littorina littorea</i> (vanlig strandsnegl)			
<i>Porphyra</i> cf. <i>miniata</i> (fjærehinne)				<i>Modiolus modiolus</i> (0-skjell)			
BRUNALGER				<i>Nucella lapillus</i> (purpurnegl)			
<i>Chorda filum</i> (martaum)				<i>Buccinum undatum</i> (kongssnegl)			
<i>Desmarestia viridis</i> (mykt kjerringhår)				PIGGHUDER			
<i>Ectocarpus siliquosus</i> (vanlig brunslid)				<i>Asterias rubens</i> (korstroll)			
<i>Halidrys siliquosa</i> (skulptetang)				<i>Echinus esculentus</i> (sjøpinnsvin)			
<i>Laminaria saccharina</i> (sukkertare)				MOSEDYR			
GRØNNALGER				<i>Electra pilosa</i>			
<i>Chladophora</i> sp. (grønndusk)				<i>Membranipora membranacea</i>			
<i>Codium fragile</i> (pollpryd)				TUNIKATER (SJØPUNGER)			
<i>Enteromorpha</i> spp. (tarmgrønske)				<i>Ascidia indet</i>			
cf. <i>Rhizoclonium</i>				<i>Ciona intestinalis</i>			
<i>Ulva lactuca</i> (havsalat)				<i>Corella parallelogramma</i>			
BØRSTEMARK				<i>Didemnum</i> sp.			
<i>Pomatoceros triqueter</i> (trekantmark)							

Fig. 8. Strandstasjon A5 Veddevika. Vertikalutbredelse av alger og dyr i strandsonen 1980-83. Aksene i hvert diagram er:



E: enkeltfunn, S: spredt, V: vanlig, D: dominerende

3.5 Behovet for rensetekniske tiltak

I en vurdering av behovet for rensetekniske tiltak for å bedre tilstanden i fjordområdet, må man skjelle mellom tilstand i overflatelag/strandsone og i dypvann/bunn. Tilstanden kan kort oppsummeres slik:

Overflatelag/strandsone er preget av lokale problem, mens forholdene i hovedvannmassene og den alt overveiende delen av fjorden er god. Disse lokale problemene er knyttet til store punktutslipp (Vedde) og til dårlig sjøføring av utslipp. For Åsefjorden og muligens også Aspevågen kan det være svake effekter over større områder.

Resultatene for dypvannet/bunnfauna viser kritiske forhold i Mauseidvågen og deler av Aspevågen. I Åsefjordens dypvann er tilstanden betenkelig. I selve Borgundfjorden (st. B3 på fig. 3) er det ikke blitt registrert negative effekter på bunnfaunaen, men oksygenkonsentrasjonene i vinterhalvåret kan bli så lave (< 4 ml/l, < 60 % metning i 1981 og 1982) at det er grunn til varsomhet.

Vi understreker at hygieniske forhold ikke er undersøkt, men må tas i betraktning ved planlegging av tiltak.

Basert på denne tilstandsbeskrivelsen kan vi se følgende behov for tiltak:

- Bedre sjøføring av avløpsvannet: vil eliminere storparten av den tilgrising og grønnalgevekst som nå utgjør lokale problemer i strandsonen.
- Fjerning av flytestoffer og sedimenterbart stoff: på grunn av svak sjiktning i vannmassene vil avløpsvannet sterkt fortynt ofte finne veien til overflaten. Det sammen gjelder flytestoffer og suspendert materiale. Rensingen vil bidra til å unngå ansamlinger av sjøfugler over utslippene, redusert spredning av bakterier og redusert nedslamming av bunnen omkring utslippet. Dette bør gjelde alle større utslipp, evt. med unntak for områder hvor slike hensyn spiller mindre rolle.
- Reduserte utslipp av fosfor, nitrogen og organisk stoff: vil redusere planktonbestanden i overflatelag, forekomst av grønnalger i strandsonen

og oksygenforbruket i dypvannet. Resultatene fra undersøkelsen viser at det av hensyn til dypvannet/bunnfauna og muligens også forholdene i overflatelaget er behov for å reducere utslippene til både Aspevågen og Åsefjorden.

Det finnes ikke referansemateriale eller beregningsgrunnlag for å avgjøre hvor mye belastningen må reduseres for å eliminere problemene i dypvannet og på bunnen. Det skyldes for det første at den betydning fosfor og nitrogen i vannmassene har for primærproduksjonen varierer med tiden. Videre er det uvisst hvor stor andel av det organiske materialet fra primærproduksjonen som belaster dypvannet. Den beste løsningen er å omgå problemet med nitrogen og/eller fosfor som begrensende stoff ved å overføre avløpsvannet til bedre resipienter. Alternativet er primærfellingsanlegg med rensegrad på 80-95 % for fosfor og 60-70 % for organisk stoff.

For selve Borgundfjorden bør ikke belastningen/oksygenforbruket i dypvannet øke.

Utenfor Mauseidvågen er tilstanden god i overflatelag/strandsone, mens tilstanden i dypvannet/bunnen er svært dårlig. En vurdering av aktuelle tiltak er gitt tidligere og vi henviser til denne (Molvær 1982).

4. LITTERATURHENVISNINGER

- Bokn, T., Kjellberg, F., Kvalvågnæs, K., Molvær, J. og Skei, J. 1979: Resipientundersøkelse av Borgundfjorden ved Alesund. NIVA-rapport 0-74088. Oslo.
- Buchanan, J.B., 1963: The biology of Calocaris macandreae (crustacea: Thalassinidea. J. Mar. biol. Ass. U.K. 43: 729-747.
- Clifford, H.T. and Stephenson, W., 1975: An Introduction on Numerical Classification. Academic Press. 229 pp.
- Godø, O.R. og Slotsvik, N. 1981: Borgundfjordtorsken. Ein rapport til Alesund kommune om Borgundfjorden si rolle som gyteområde for torsk. Fisken og Havet. Serie B. 1981. Nr. 2.
- Hurlbert, S.N., 1971: The non-concept of species diversity Ecology 53: 577-586.
- Josefson, A.B., 1981: Persistence and structure of two deep macrobenthic communities in the Skagerrak (west coast of Sweden). J. exp. mar. Biol. Ecol., 50:63-97.
- Lance, G.N. og Williams, W.T., 1967: A general theory of classificatory sorting strategies. I. Hierarchical systems. Comput J. 9: 373-380.
- Molvær, J., 1982: Vurdering av ønskelig rensegrad for RA2, Sula kommune. NIVA-notat 0-8000307. Oslo
- Molvær, J. og Bakke, T. 1982: Rutineovervåking Borgundfjorden 1981. NIVA-rapport 0-8000307. Oslo.
- Molvær, J. og Bakke, T. 1983: Rutineovervåking Borgundfjorden 1982. NIVA-rapport 0-8000307. Oslo.
- Pielou, E.C., 1975: Ecological Diversity. New York. Wiley.
- Rygg, B., 1984a: Bløtbunnsfaunaundersøkelser. Et godt verktøy ved marine resipientvurderinger. NIVA-rapport OF-80610. Oslo.
- Rygg, B., 1984b: Sammenheng mellom marine bløtbunnsfaunasamfunns artsdiversitet og sedimentenes miljøgiftinnhold. NIVA-rapport OF-80612. Oslo.
- Shannon, C.E. and Weaver, W., 1963: The Mathematical Theory of Communication, Univ. of Illinois Press, Urbana, 118 pp.

V E D L E G G

Tabell VI - V4

Hydrokjemidata fra st. B2, B4, B6 og B7
i 1983

Anmerkning til tabellene:

- TEMP = temperatur
SAL = saltholdighet
O2 = oksygen
O2-METN = oksygen-metning
DENS = vannets tetthet (σ_t) uttrykt ved
 $\sigma_t = (\varrho - 1) + 1000$, der ϱ er vannets
egenvekt. En DENS-verdi på f.eks.
26.50 tilsvarer en egenvekt på
1.02650 tonn/m³

Tabell V1. Stasjon B2, Aspevågen. Hydrokjemiske målinger i 1983.

ST.B2, ASPEVÅGEN, 830301						
DYP	TEMP	SAL	DENS	O2	O2-MFTN	
M	GRAD CELS	0/00		ML/L	%	
0.000	4.000	32.500	25.798	-	-	-
4.000	4.000	32.500	25.798	-	-	-
8.000	4.200	32.500	25.778	-	-	-
12.000	6.000	33.050	26.012	-	-	-
16.000	6.100	33.300	26.197	-	-	-
20.000	6.400	33.450	26.277	-	-	-
30.000	6.660	33.456	26.248	6.460	93.839	-
40.000	6.540	33.530	26.322	6.520	94.400	-
MAKSIMUM	6.660	33.530	26.322	6.520	94.400	
MINIMUM	4.000	32.500	25.778	6.460	93.839	
ANTALL	8	8	8	2	2	

ST.B2, ASPEVÅGEN, 830425						
DYP	TEMP	SAL	DENS	O2	O2-MFTN	
M	GRAD CELS	0/00		ML/L	%	
0.000	7.100	32.180	25.185	-	-	-
4.000	6.400	32.820	25.780	-	-	-
8.000	6.250	33.120	26.036	-	-	-
12.000	6.200	33.250	26.145	-	-	-
16.000	6.000	33.360	26.257	-	-	-
20.000	6.100	33.450	26.316	-	-	-
30.000	6.030	33.847	26.638	5.570	79.922	-
40.000	6.530	33.546	26.336	6.500	94.188	-
MAKSIMUM	7.100	33.847	26.638	6.500	94.188	
MINIMUM	6.000	32.180	25.185	5.570	79.922	
ANTALL	8	8	8	2	2	

ST.B2, ASPEVÅGEN, 831129						
DYP	TEMP	SAL	DENS	O2	O2-MFTN	
M	GRAD CELS	0/00		ML/L	%	
0.000	6.000	30.400	23.920	-	-	-
1.000	5.800	30.300	23.864	-	-	-
2.000	5.800	30.500	24.022	-	-	-
3.000	7.000	30.900	24.191	-	-	-
5.000	7.700	31.200	24.333	-	-	-
8.000	8.400	31.700	24.626	-	-	-
12.000	9.000	31.500	24.379	-	-	-
16.000	9.000	32.300	25.005	-	-	-
20.000	9.580	32.163	24.806	6.310	97.172	-
25.000	9.900	32.900	25.329	-	-	-
30.000	9.870	32.665	25.151	5.830	90.649	-
40.000	9.820	33.082	25.485	5.760	89.699	-
MAKSIMUM	9.900	33.082	25.485	6.310	97.172	
MINIMUM	5.800	30.300	23.864	5.760	89.699	
ANTALL	12	12	12	3	3	

Tabell V2. Stasjon B4, Borgundfjorden. Hydrokjemiske målinger i 1983.

ST. B4, BORGUNDFJORDEN, 830301						
DYP M	TEMP GRAD C/LS	SAL 0/00	DENS	O2 ML/L	O2-METN %	
0.000	4.500	32.650	25.866	-	-	-
4.000	4.600	32.650	25.856	-	-	-
8.000	4.900	32.700	25.863	-	-	-
12.000	5.100	32.800	25.920	-	-	-
16.000	5.800	33.100	26.076	-	-	-
20.000	6.000	33.300	26.210	-	-	-
25.000	6.200	33.500	26.342	-	-	-
30.000	6.100	33.500	26.355	-	-	-
40.000	5.600	33.500	26.416	-	-	-
50.000	5.600	33.550	26.456	-	-	-
60.000	6.100	33.700	26.513	19.250	276.403	-
80.000	6.710	33.792	26.507	6.510	94.883	-
100.000	7.060	33.964	26.595	6.420	94.444	-
130.000	7.100	34.011	26.626	6.320	93.088	-
MAKSIMUM	7.100	34.011	26.626	19.250	276.403	-
MINIMUM	4.500	32.650	25.856	6.320	93.088	-
ANTALL	14	14	14	4	4	-
ST. B4, BORGUNDFJORDEN, 830425						
DYP M	TEMP GRAD C/LS	SAL 0/00	DENS	O2 ML/L	O2-METN %	
0.000	7.100	32.250	25.240	-	-	-
4.000	7.000	32.530	25.474	-	-	-
8.000	6.350	32.900	25.850	-	-	-
12.000	6.100	33.340	26.229	-	-	-
16.000	6.100	33.380	26.260	-	-	-
20.000	5.950	33.600	26.453	-	-	-
30.000	5.900	33.630	26.483	-	-	-
40.000	5.900	33.660	26.506	-	-	-
50.000	5.900	33.720	26.554	-	-	-
60.000	6.100	33.820	26.608	-	-	-
80.000	6.590	34.098	26.764	6.110	88.980	-
100.000	6.390	34.199	26.870	6.250	90.652	-
130.000	6.430	34.270	26.921	6.240	90.634	-
MAKSIMUM	7.100	34.270	26.921	6.250	90.652	-
MINIMUM	5.900	32.250	25.240	6.110	88.980	-
ANTALL	13	13	13	3	3	-
ST. B4, BORGUNDFJORDEN 831129						
DYP M	TEMP GRAD C/LS	SAL 0/00	DENS	O2 ML/L	O2-METN %	
0.000	5.200	29.900	23.614	-	-	-
1.000	5.200	29.900	23.614	-	-	-
2.000	5.200	29.900	23.614	-	-	-
3.000	6.200	30.500	23.975	-	-	-
4.000	6.500	30.750	24.136	-	-	-
6.000	6.400	30.800	24.188	-	-	-
8.000	6.500	30.800	24.175	-	-	-
12.000	6.800	30.600	23.980	-	-	-
16.000	8.000	31.600	24.605	-	-	-
20.000	8.600	32.200	24.988	-	-	-
25.000	9.400	32.450	25.059	-	-	-
30.000	9.900	33.300	25.642	-	-	-
40.000	9.600	33.450	25.808	-	-	-
45.000	9.600	33.600	25.926	-	-	-
55.000	9.600	34.000	26.238	-	-	-
60.000	9.400	34.200	26.428	-	-	-
80.000	9.060	34.278	26.544	5.870	90.567	-
100.000	8.820	34.446	26.713	5.710	87.720	-
130.000	7.580	34.658	27.067	4.480	67.002	-
MAKSIMUM	9.900	34.658	27.067	5.870	90.567	-
MINIMUM	5.200	29.900	23.614	4.480	67.002	-
ANTALL	19	19	19	3	3	-

Tabell V3. Stasjon B6, Åsefjorden. Hydrokjemiske målinger i 1983.

ST.B6, ASEFJORDEN, 830301

DYP M	TEMP GRAD CELS	SAL 0/00	DENS	O2 ML/L	O2-MFTN %
0.000	4.900	32.650	25.824	-	-
4.000	5.000	32.700	25.852	-	-
8.000	5.600	32.950	25.981	-	-
12.000	5.800	33.150	26.116	-	-
16.000	6.400	33.300	26.150	-	-
20.000	6.700	33.500	26.278	-	-
30.000	6.800	33.650	26.383	-	-
40.000	6.400	33.650	26.435	-	-
50.000	6.400	33.650	26.435	-	-
60.000	6.830	33.745	26.453	6.440	94.098
80.000	7.050	33.909	26.553	6.270	92.183
100.000	7.060	33.921	26.561	4.170	61.327
MAKSIMUM	7.060	33.921	26.561	6.440	94.098
MINIMUM	4.900	32.650	25.824	4.170	61.327
ANTALL	12	12	12	3	3

ST.B6, ASEFJORDEN, 830425

DYP M	TEMP GRAD CELS	SAL 0/00	DENS	O2 ML/L	O2-MFTN %
0.000	7.350	32.200	25.167	-	-
4.000	6.650	32.780	25.717	-	-
8.000	6.250	33.120	26.036	-	-
12.000	6.100	33.310	26.205	-	-
16.000	6.050	33.420	26.298	-	-
20.000	6.100	33.440	26.308	-	-
30.000	6.100	33.580	26.418	-	-
40.000	6.150	33.720	26.523	-	-
50.000	6.100	33.740	26.545	-	-
60.000	6.030	33.738	26.552	6.570	94.203
80.000	6.520	34.172	26.831	6.040	87.859
100.000	6.400	34.184	26.857	6.100	88.480
MAKSIMUM	7.350	34.184	26.857	6.570	94.203
MINIMUM	6.030	32.200	25.167	6.040	87.859
ANTALL	12	12	12	3	3

ST.B6, ASEFJORDEN, 831129

DYP M	TEMP GRAD CELS	SAL 0/00	DENS	O2 ML/L	O2-MFTN %
0.000	5.600	29.700	23.413	-	-
1.000	5.800	29.900	23.548	-	-
2.000	6.700	30.600	23.993	-	-
4.000	7.200	31.100	24.322	-	-
6.000	7.400	31.300	24.453	-	-
8.000	7.800	31.400	24.476	-	-
12.000	8.500	31.800	24.680	-	-
16.000	9.200	32.300	24.974	-	-
20.000	9.300	32.300	24.958	-	-
30.000	10.100	32.850	25.257	-	-
40.000	9.900	33.400	25.720	-	-
50.000	9.800	33.600	25.893	-	-
60.000	9.500	33.780	26.083	6.120	95.053
80.000	9.080	34.203	26.482	5.870	90.564
100.000	7.610	34.666	27.069	3.820	57.174
MAKSIMUM	10.100	34.666	27.069	6.120	95.053
MINIMUM	5.600	29.700	23.413	3.820	57.174
ANTALL	15	15	15	3	3

Tabell V4. Stasjon B7, Mauseidvågen. Hydrokjemiske målinger i 1983.

ST.B7, MAUSEIDVÅGEN, 830301						
DYP	TEMP	SAL	DENS	O2	O2-MFTN	
M	GRAD CELS	0/00		ML/L	%	
0.000	3.400	31.900	25.377	-	-	-
4.000	5.100	32.600	25.762	-	-	-
8.000	5.300	32.800	25.898	-	-	-
12.000	5.700	33.000	26.009	-	-	-
16.000	5.600	33.100	26.100	-	-	-
20.000	5.600	33.100	26.100	-	-	-
30.000	5.560	32.999	26.025	6.690	94.397	
40.000	7.120	33.929	26.559	1.280	18.852	
55.000	7.110	34.183	26.760	0.540	7.964	
MAKSIMUM	7.120	34.183	26.760	6.690	94.397	
MINIMUM	3.400	31.900	25.377	0.540	7.964	
ANTALL	9	9	9	3	3	

ST.B7, MAUSEIDVÅGEN, 830425						
DYP	TEMP	SAL	DENS	O2	O2-MFTN	
M	GRAD CELS	0/00		ML/L	%	
0.000	7.750	31.400	24.483	-	-	-
4.000	6.600	32.760	25.707	-	-	-
8.000	6.350	33.020	25.945	-	-	-
12.000	6.200	33.270	26.161	-	-	-
16.000	6.100	33.370	26.252	-	-	-
20.000	6.100	33.480	26.339	-	-	-
30.000	5.920	33.449	26.337	6.390	91.211	
40.000	6.180	33.566	26.397	5.100	73.303	
55.000	6.990	34.039	26.663	0.700	10.286	
MAKSIMUM	7.750	34.039	26.663	6.390	91.211	
MINIMUM	5.920	31.400	24.483	0.700	10.286	
ANTALL	9	9	9	3	3	

ST.B7, MAUSEIDVÅGEN, 831129						
DYP	TEMP	SAL	DENS	O2	O2-MFTN	
M	GRAD CELS	0/00		ML/L	%	
0.000	4.400	27.600	21.870	-	-	-
1.000	4.600	27.600	21.852	-	-	-
2.000	5.900	28.500	22.432	-	-	-
3.000	7.100	30.100	23.549	-	-	-
4.000	7.900	31.100	24.227	-	-	-
6.000	8.400	31.600	24.547	-	-	-
8.000	8.900	32.100	24.864	-	-	-
12.000	9.100	32.120	24.849	-	-	-
16.000	9.100	32.230	24.935	-	-	-
20.000	9.300	32.600	25.192	-	-	-
25.000	7.900	33.350	25.993	-	-	-
30.000	7.910	33.046	25.753	2.230	33.257	
40.000	8.470	33.292	25.863	-	-	-
55.000	7.140	33.444	26.174	0.670	9.841	
MAKSIMUM	9.300	33.444	26.174	2.230	33.257	
MINIMUM	4.400	27.600	21.852	0.670	9.841	
ANTALL	14	14	14	2	2	

V E D L E G G 2

Kort beskrivelse av metode for similaritetsanalyse og grupperingsprosedyre etter similaritet.

For alle par av stasjoner/år (prøver) er beregnet similaritetsindekser. Bray-Curtis similaritetsindeks (B) (Clifford og Stephenson 1975) er brukt til å sammenligne to prøver (i og j) med parameterverdi \underline{x}_{ni} og \underline{x}_{nj}

for artsantall s

$$B = \frac{\sum_{n=1}^s |X_{ni} - X_{nj}|}{\sum_{n=1}^s (X_{ni} + X_{nj})}$$

Indeksen regnes for alle prøvepar og kan variere fra 0 til 1. Det prøveparet med den minste verdien (mest lik), danner en første gruppe (k) og sammenlignes på nytt med de øvrige prøvene, eventuelt grupper (h). Bray-Curtis indeks regnes på nytt (B_{kh}) ved en fleksibel fusjonsmetode (Lance og Williams 1967) med similaritetsintensitet $\beta = -0.25$ (Clifford og Stephenson 1975):

$$B_{kh} = 0.625 (B_{hi} + B_{hj}) - 0.25 B_{ij}$$

Med fusjonsmetoden kan indeksen overskride 1.