

# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse: Brekke 23 52 80  
Postboks 333, Blindern Gaustadalleen 46 69 60  
Oslo 3 Kjeller 71 47 59

Rapportnummer: 0-8000307
Undernummer: III
Løpenummer: 1526
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel:  Rutineovervåking Borgundfjorden 1982 (Overvåkingsrapport - 93/83)	Dato: 5. sept. 1983
Forfatter(e):  Jarle Molvær Torgeir Bakke	Prosjektnummer: 0-8000307
	Faggruppe: Hydroøkologi
	Geografisk område: Møre og Romsdal
	Antall sider (inkl. bilag): 28

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn, Sula kommune, Ålesund kommune	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt:  
Forurensningssituasjonen i Borgundfjorden er temmelig stabil, noe som samsvarer med at belastningen har endret seg lite de siste 8-10 år. Generelt synes fjordområdet hovedbassenger å tåle den nåværende belastning relativt godt. Forurensningsproblemer som registreres på organismsamfunn i strandsonen er oftest lokale og skyldes forsøpling eller dårlig sjøføring av avløpsvann. I enkelte av fjordbassengene er imidlertid bunnfaunaen sterkt utarmet, noe som primært skyldes perioder med dårlige oksygenforhold. Forholdet mellom nitrogen og fosfor i Åsefjordens overflatelag i sommerhalvåret tyder på at nitrogen oftest opptrer som begrensende faktor for planteplanktonproduksjonen.

4 emneord, norske: Statlig Program
1. Overvåkingsrapport 93/83
2. Vannforurensning
3. Vannkjemi
4. Hardbunnfauna
5. Bløtbunnfauna
6. Borgundfjord, Sula, Ålesund

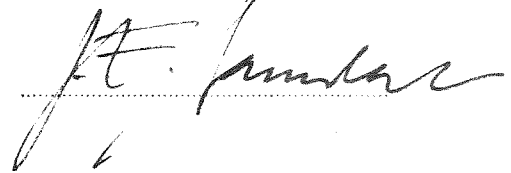
Prosjektleder:

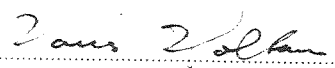
4 emneord, engelske:
1. Monitoring
2. Water pollution
3. Hydrochemistry
4. Hard bottom fauna
5. Soft bottom fauna
6. Borgundfjord

For administrasjonen:



Divisjonssjef:





ISBN 82-577-0670-1







# Statlig program for forurensningsovervåking

0-8000307

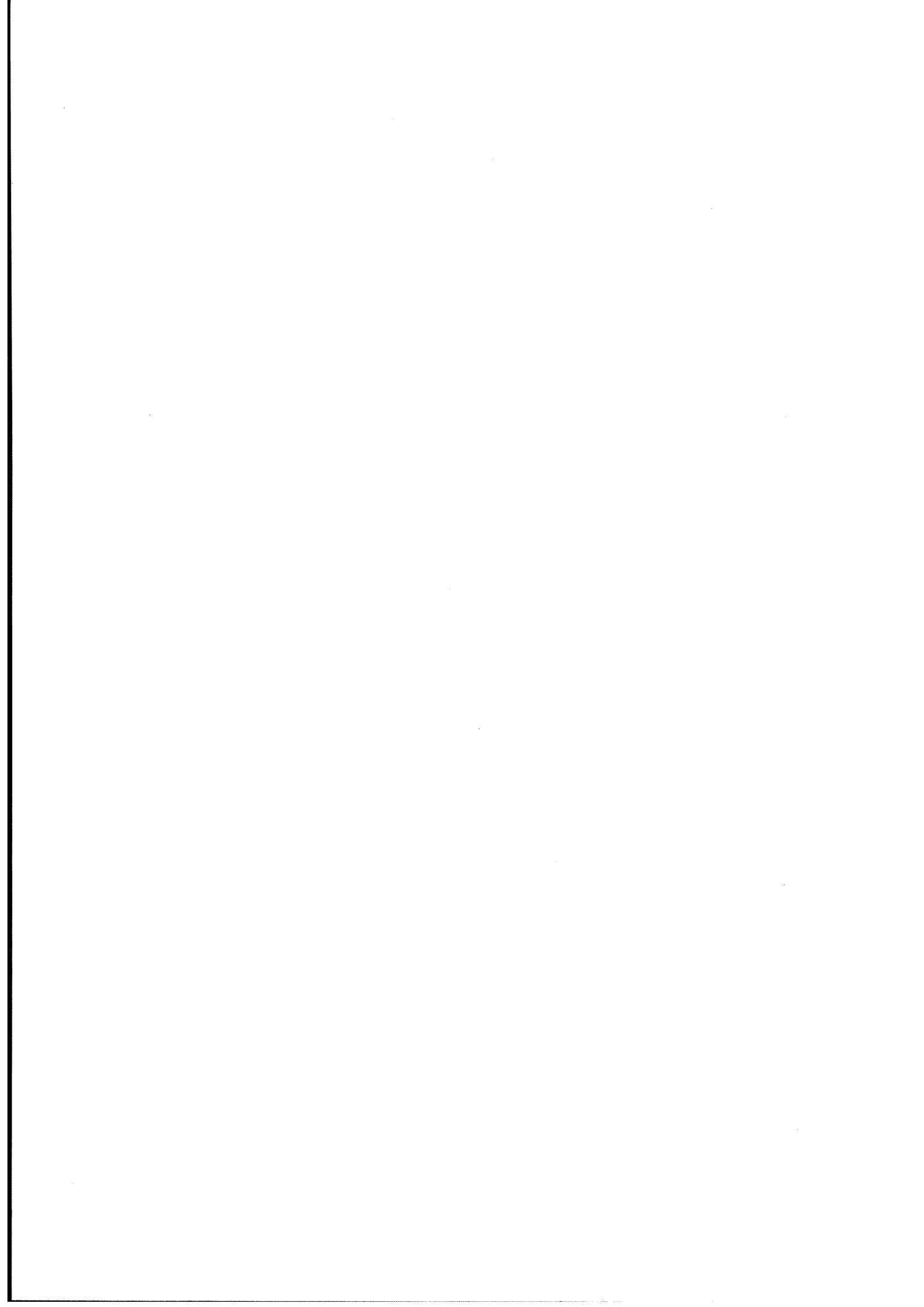
RUTINEOVERVÅKING BORGUNDFJORDEN 1982

Statlig program for forurensningsovervåking

5. september 1983

Prosjektleder : Jarle Molvær  
Medarbeider : Torgeir Bakke

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



## 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 Alesund 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. Feltarbeidet begynte i juni 1980 og foreliggende rapport presenterer resultater fra tidsrommet 1980-82, med særlig vekt på 1982-resultatene.

Prøveinnsamlingen utføres med stor grad av lokal deltakelse. Vi retter en takk til ingeniør Steinar Eikrem, Sula kommune, ingeniør Svein Lied, Alesund kommune (prøveinnsamling hydrokjemisk), fisker Jens L. Molvær, Langevåg (båtfører, prøveinnsamling) og lektor Torbjørn Nerland, Alesund (biologiske undersøkelser, databearbeidelse).

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.

INNHold

	Side:
FORORD	1
1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	3
2. INNLEDNING	5
2.1 Områdebeskrivelse	5
2.2 Vannbruk og forurensninger	5
2.3 Overvåkingsprogrammet	7
3. RESULTATER	10
3.1 Klimatiske forhold i 1982	10
3.2 Vannkvalitet	12
3.3 Biologiske undersøkelser av flora og fauna på hardbunn nedenfor tidevannssonen	21
3.4 Dyreliv på bløtbunn i fjordsystemets dypbassenger	25
LITTERATUR	28

## 1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

- I 1982-undersøkelsene i Borgundfjorden har omfattet undersøkelser av vannkvalitet på 8 stasjoner, flora og fauna på hardbunn (3 stasjoner) og bløtbunnsfauna (5 stasjoner).
- II Hovedkonklusjonen fra undersøkelsene er at tilstanden i området er temmelig stabil. Dette samsvarer med at belastningen ikke har endret seg vesentlig de siste 8-10 år. Generelt sett synes fjordområdet å tåle dagens belastning relativt bra. Forurensningsproblemene som registreres ned til ca. 20 m dyp er vanligvis lokale og har sammenheng med forsøpling eller dårlig sjøføring av urensset avløpsvann. Enkelte bassenger har imidlertid alvorlige oksygenproblemer i vinterhalvåret.
- III Vannkvaliteten i Aspevågens overflatelag var bra også i 1982. Organismesamfunnet på hardbunn er bra utviklet, men nedslamming og store mengder fast avfall gir bunnen et skjemmende utseende. Foreløpige resultater fra bløtbunnsfaunaundersøkelsen tyder på kritiske forhold. Hovedårsaken til dette er dårlige oksygenforhold og nedslamming.
- IV For Åsefjorden som helhet har verken vannkvaliteten i overflate- laget eller de biologiske undersøkelsene ned til ca. 20 m dyp påvist noen forurensningsproblem. Stasjonen utenfor Spjelkavik viser imidlertid en klar påvirkning i form av høye konsentrasjoner av fosfor og nitrogen. I vinterhalvåret kan oksygenforholdene i dypvannet være dårlige, og bunnfaunaen er markert fattigere enn på nærliggende stasjoner. Forholdene skyldes en for stor belastning med organisk materiale i forhold til vannutskiftningen.

Under torskeinnsiget og gytingen vinteren 1982 var imidlertid oksygenforholdene ikke kritiske; minimum ca. 3,5 ml O<sub>2</sub>/l, 54 % metning i 90 m dyp.

Sammenlignet med 1976-77 synes konsentrasjonene av fosfor og nitrogen i overflatelaget i 1980-82 å ligge noe lavere. Forholdet mellom nitrogen og fosfor i fjordens overflatelag i sommerhalvåret tyder på at nitrogen oftest opptrer som begrensende faktor for planteplanktonproduksjonen. For å redusere planktonproduksjonen og dermed bedre oksygenforholdene i dypvannet tyder resultatene dermed på at man oppnår mer ved å begrense nitrogen-tilførslene enn fosfortilførslene.

- V I overflatelaget utenfor Mauseidvåg er det ikke blitt påvist effekter av forurensning. I dypbassenget (ca. 60 m dypt) er imidlertid oksygenforholdene kritiske store deler av året. Dette skyldes liten vannutskifting kombinert med tilførsler av nedbrytbart organisk materiale fra primærproduksjonen i vannmassene og via utslipp fra land. Faunaen her var meget fattig og bestod av noen få individer av muslinger og børstemark.
- VI I Veddevika preges stadig forholdene av utslipp fra sildoljefabrikken når denne er i gang. Ellers er vannkvaliteten som for de andre stasjonene.
- VII Utenfor Langevåg er vannkvaliteten generelt sett god. Resultatene tyder på en viss nedgang i konsentrasjoner av fosfor og nitrogen i overflatelaget siden 1976-77. Noen sikker forklaring på dette kan ikke gis, men bedre sjøføring av det kommunale avløpsvannet er sannsynligvis mye av årsaken.



## 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, Aspevågen, selve Borgundfjorden, Åsefjorden 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 Åsefjorden (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 Aspevågen er det også et basseng med største dyp på 42 m og med terskel på ca. 28 m dyp.

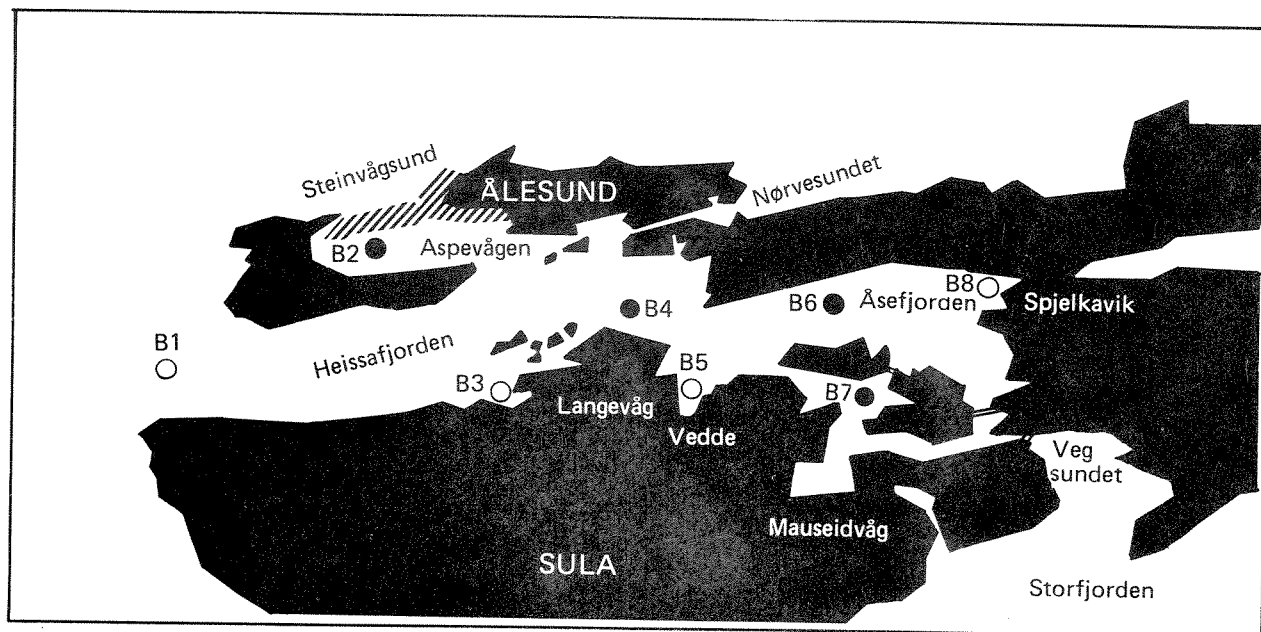
Hovedforbindelsen mot åpent hav går gjennom Breisundet. Dessuten har området en viss forbindelse med omkringliggende fjordområder gjennom fire grunne og trange løp. De to største er Steinvågsundet mot Valderhaugsfjorden med en minste bredde på ca. 60 m og et minste dyp på ca. 6 m, og Vegsundet mot Storfjorden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

Målt i luftlinje er fjorden ca. 16 km lang fra Spjelkavik til Breisundet. Overflatearealet er 35 km<sup>2</sup>.

### 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. Forurensningstilførselene til fjordområdet ble kartlagt i 1976-1977 og antas å ha endret seg lite siden.



- Overflateprøver
- Prøver av overflate og dypvann

Fig. 1. Hydrokjemistasjoner i Borgundfjorden 1982.

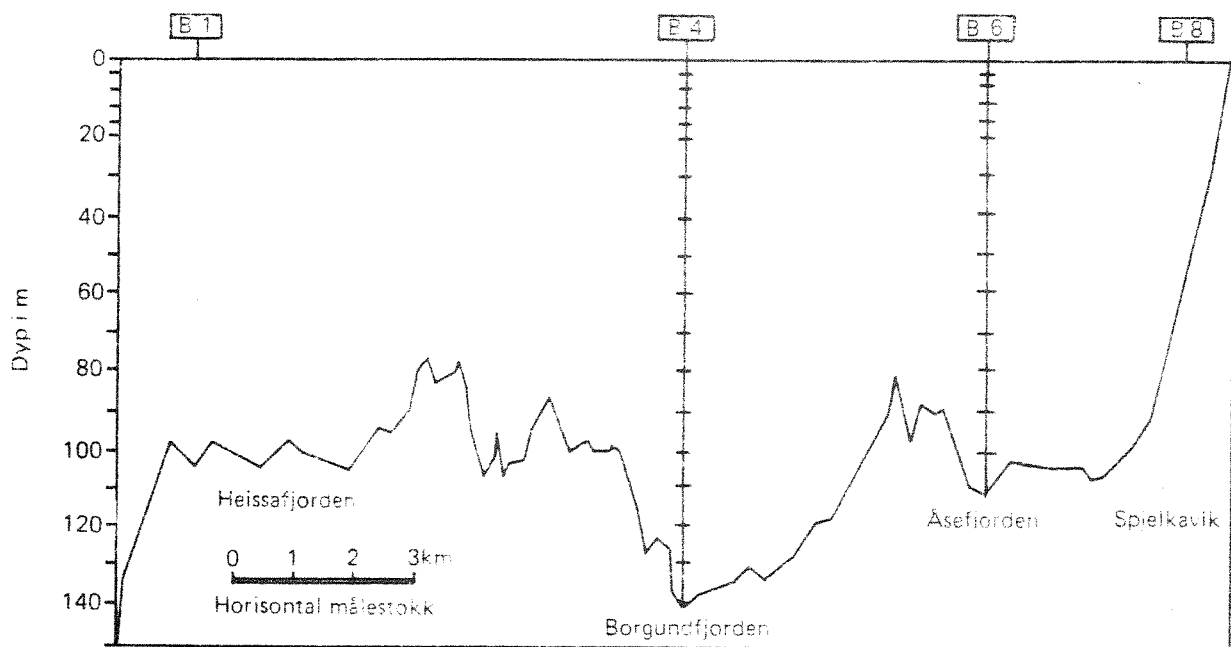


Fig. 2. Langsgående bunnprofil fra Heissafjorden til Spjelkavik.

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  $\text{BOF}_7$ , fordelt med ca. 47 % og ca. 52 % på henholdsvis befolkning og industri. Utslippene av metaller og organiske miljøgifter er små.

### 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 (Molvær og Haugen, 1980) og prøveinnsamlingen begynte i juni 1980. Programmet å jourføres hvert år.

Overvåkingen består av en hydrokjemisk og en biologisk del. I det hydrokjemiske måleprogrammet inngår 8 stasjoner. Stasjonene inndeles i to typer: Overflatestasjoner, hvor det bare innsamles prøver fra 0-2 m dyp og hydrokjemistasjoner hvor det innsamles vannprøver både fra overflatelag og dypvann. Stasjonsplasseringen er vist på fig. 1.

Det gjennomføres to typer tokt:

- overflatetokt der det tas prøver fra 0-2 m dyp fra alle stasjoner, men ingen prøver fra dypvannet. Prøver innsamles omlag annenhver uke i sommerhalvåret.
- Hovedtokt der det også innsamles prøver fra dypvannet. Prøvene innsamles 6 ganger pr. år.

I 1982 ble det innsamlet 14 prøveserier. Tabell 1 gir en oversikt over tidspunkt og type tokt, og tabell 2 viser arbeids- og analyseprogram under hovedtoktene.

Tabell 1. Toktoversikt Borgundfjorden 1982.

Dato	Type tokt
8. februar	Hovedtokt
15. mars	Overflate
26. april	- " -
10. mai	Hovedtokt
25. mai	Overflate
8. juni	- " -
5. juli	Hovedtokt
19. juli	Overflate
2. august	- " -
16. august	Hovedtokt
6. september	Overflate
27. september	- " -
18. oktober	Hovedtokt
13. desember	- " -

Tabell 2. Toktfrekvens, prøveinnsamling og analyseprogram for hydrokjemistasjonene i 1982.

Stasjon	Prøver tas fra	Antall prøvedyp	Ant. prøveserier 1981	Parametre og observasjoner					
				Temperatur Salthold.	Oksygen	Tot.fosf., tot.nitrogen, ortofosfat, nitrat+nitritt, ammonium	Klorofyll a	Tot.org. karbon	Siktedyp, vind, vær, bølgeh. m.m.
B1	Overfl.	1	14	x		x	x	x	Alle stasjoner og alle tokt.
B2	Overfl. Dypvann	1 2	14 6	x x	x	x	x		
B3	Overfl.	1	14	x		x	x		
B4	Overfl. Dypvann	1 3	14 6	x x	x	x	x		
B5	Overfl.	1	14	x		x	x	x	
B6	Overfl. Dypvann	1 3	14 6	x x	x	x x	x	x	
B7	Overfl. Dypvann	1 3	14 6	x x	x	x	x		
B8	Overfl.	1	14	x		x	x		

Den biologiske del av overvåkingen består av tre typer undersøkelser. Strandovervåking, undersøkelse av hardbunn nedenfor tidevannssonen ned til 20 m dyp og bløtbunnsundersøkelser i fjordsystemets dypbassenger.

De to sistnevnte aspekter ble dekket i 1982.

Bløtbunnsundersøkelser ble foretatt 7/5-82 på 5 stasjoner (fig. 3) lokalisert til dypbassengene i Heissafjorden (95 m), Aspevågen (40 m), Borgundfjorden (135 m), Åsefjorden (90-100 m) og Mauseidvågen (60 m). På hver stasjon ble det tatt 5 prøver med 0,1 m<sup>2</sup> Petersen grabb. Prøvene ble siktet gjennom 1 mm sikt og materialet på sikten fiksert i 4% nøytralisert formalin for sortering, identifikasjon og telling av sedimentlevende dyr.

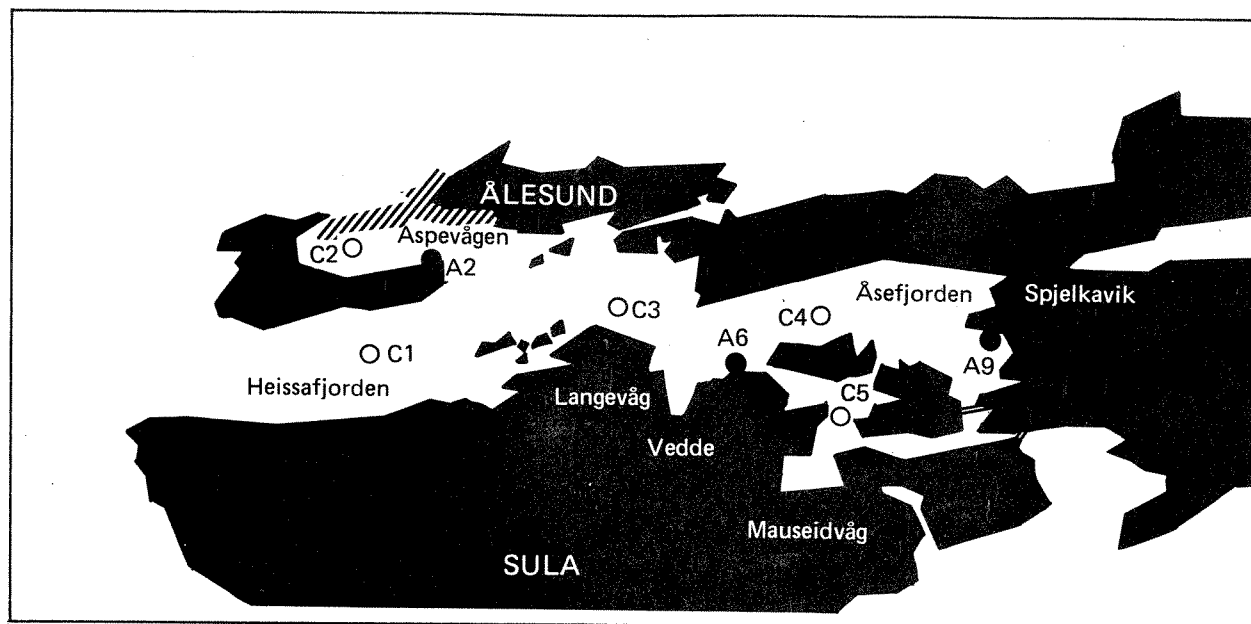
Fauna og flora på hardbunn nedenfor tidevannssonen ble registrert på tre stasjoner tilsvarende strandsonestasjonene A2 Slinningen nord, A6 Fiskarstranda og A9 Remvik i perioden 18.-19./12. På hver stasjon ble alger og dyr registrert i dypene 5, 10, 15 og 20 m ved hjelp av dykkere (en zoolog og en botaniker).

Organismene ble registrert etter en relativ tetthetsskala:

- E: Enkeltpunn
- 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. Registrering ble gjort dels ved notater på stedet, dels ved prøveinnsamling for nærmere identifikasjon.

Ifølge programforslaget skulle registreringene i 1982 også omfatte undersøkelse av strandsonestasjon A5 Veddevika, hvor tidligere års observasjoner indikerte at organismsamfunnene kunne være i endring. På grunn av tidspress kunne ikke undersøkelsen av A5 kobles sammen med de øvrige biologitoktene i 1982, og eget tokt for dette formål ville bli uforsvarlig kostbart. Undersøkelsen av A5 er derfor foretatt i 1983 (juli).



- Hardbunn fra 5 – 20 m
- Bløtbunn

Fig. 3. Stasjoner for undersøkelse av organismesamfunn på bløtbunn (C1 - C5) og hardbunn nedenfor tidevannssonen (A2, A6, A9).

### 3. RESULTATER

#### 3.1 Klimatiske forhold i 1982

Temperatur- og nedbørsforhold i 1982 er i grove trekk fremstilt på fig. 4-5. Dataene er hentet fra Klimatologiske månedsoversikter (MI 1982, 1983). Temperaturen i vinterhalvåret var gjennomgående noe høyere enn normalt, mens temperaturen i sommerhalvåret stort sett lå litt under normalen. Nedbørsdataene viser at månedlig nedbør fram til august oftest lå under normalen, mens tidsrommet august-desember var nedbørsrikt.

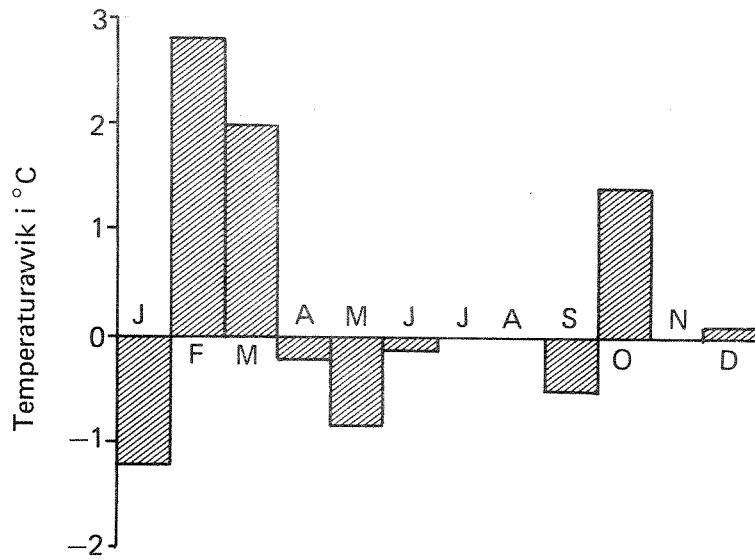


Fig. 4. Månedlig middeltemperatur på Vigra flystasjon i 1982 fremstilt som avvik fra normalen.

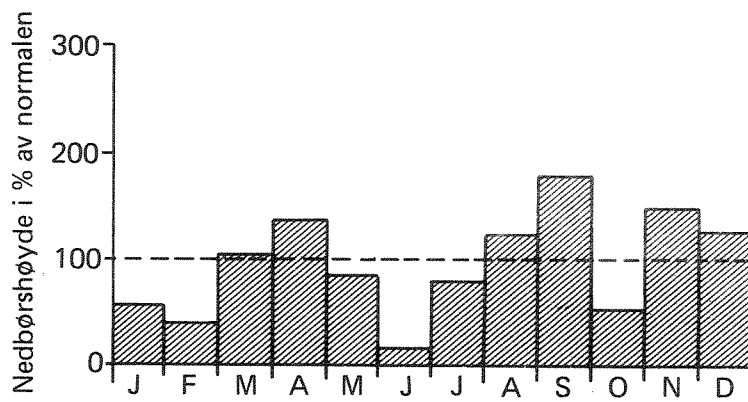


Fig. 5. Månedlig nedbør på Vigra flystasjon i 1982 som prosent av normalen.

### 3.2 Vannkvalitet

I det etterfølgende gis en kort beskrivelse av tilstanden i 1982. Videre gjøres en sammenligning med resultater fra tidligere års undersøkelser med sikte på å påvise eventuelle utviklingstendenser.

#### Overflatelaget

Fjordens ferskvannstilførsel er liten og i 1982 varierte saltholdigheten i overflaten på stasjonene mellom ca. 27,4 o/oo og 33,4 o/oo; lavest i de indre områdene. Temperaturen i overflaten varierte mellom ca. 3 °C vinterstid og ca. 18 °C sommerstid. Vannmassene var til vanlig svakt sjiktet.

Oppgitt ved størrelsen  $\sigma_t$  \*) var midlere tetthet i overflaten i 1983 lik 23,4. Laveste verdi var 20,1 og høyeste var 26,5. Høyeste verdi i dypvannet var  $\sigma_t = 27,4$ .

Fig. 6-7 viser resultater av målinger av totalfosfor og totalnitrogen i overflaten (0-2 m) på st. B1 i Breisundet og på st. B6 i Åsefjorden for 1980-82. De andre stasjonene i området vil være noe forskjellige med hensyn til konsentrasjon, men utviklingsforløpet over året er i hovedtrekkene som for disse to stasjonene. I 1982 var nitrogenkonsentrasjonene særlig høye i juli-august. Dette kan det ikke gis noen rimelig forklaring på.

Det er av interesse å se om konsentrasjonene av fosfor- og nitrogenforbindelser i fjordens overflatelag har endret seg siden basisundersøkelsen i 1976-77. Ved slike sammenligninger bør forskjeller kunne vises statistisk med 90% sannsynlighet eller mer. Konsentrasjonene i vannmassene er i hovedsaken bestemt av tilførslene, blandings- og fortynningsforhold, sedimentering samt biologiske prosesser. For å eliminere effekten av biologiske prosesser i sommerhalvåret har bare data fra vinterhalvåret blitt brukt. Eller kunne man risikere at et relativt høyt prøveantall i sommerhalvåret for 1980-82 kombinert med lave næringsssaltkonsentrasjoner sommerstid feilaktig vil gi utslag som forskjeller i en sammenlignende test.

---

\*)

Størrelsen  $\sigma_t$  er et forenklet uttrykk for vannets egenvekt  $\rho$  og uttrykkes ved  $\sigma_t = (\rho - 1) \times 1000$ . En  $\sigma_t$ -verdi på f.eks. 26,5 tilsvarer en egenvekt på 1,0265 tonn/m<sup>3</sup>.



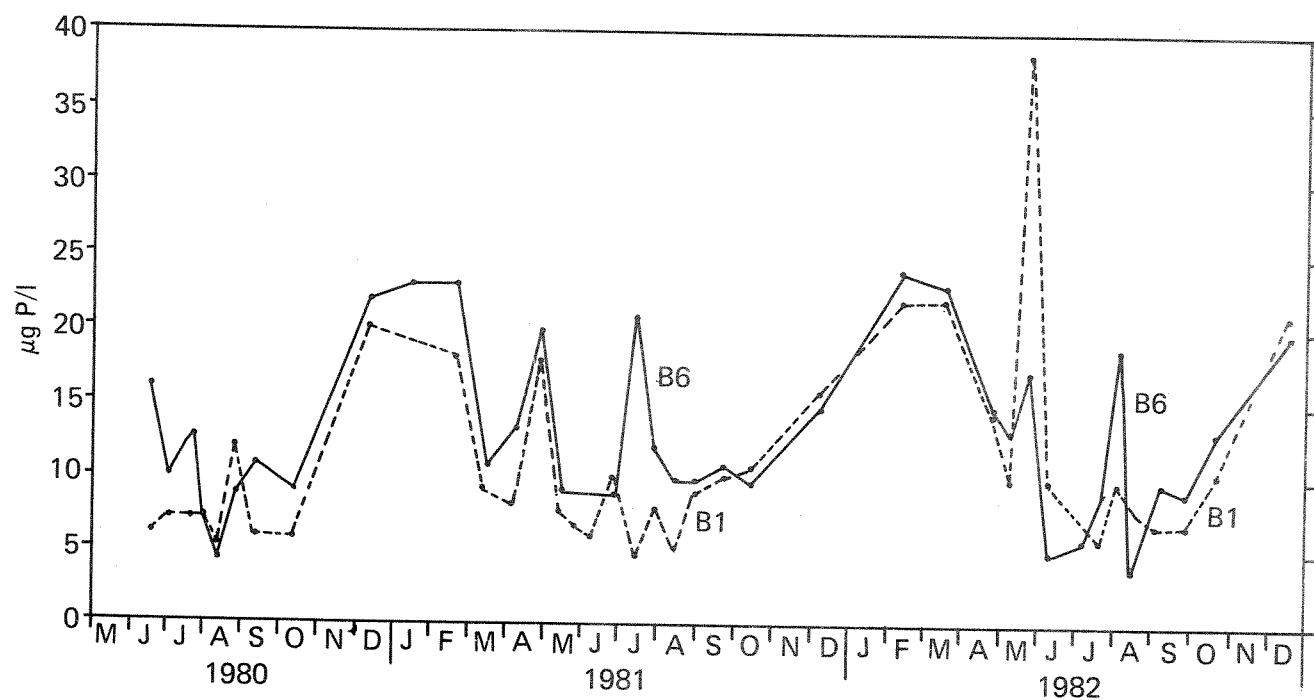


Fig. 6. St. B1 og B6. Konsentrasjoner av totalfosfor i 0-2 m dyp juni 1980 - desember 1982.

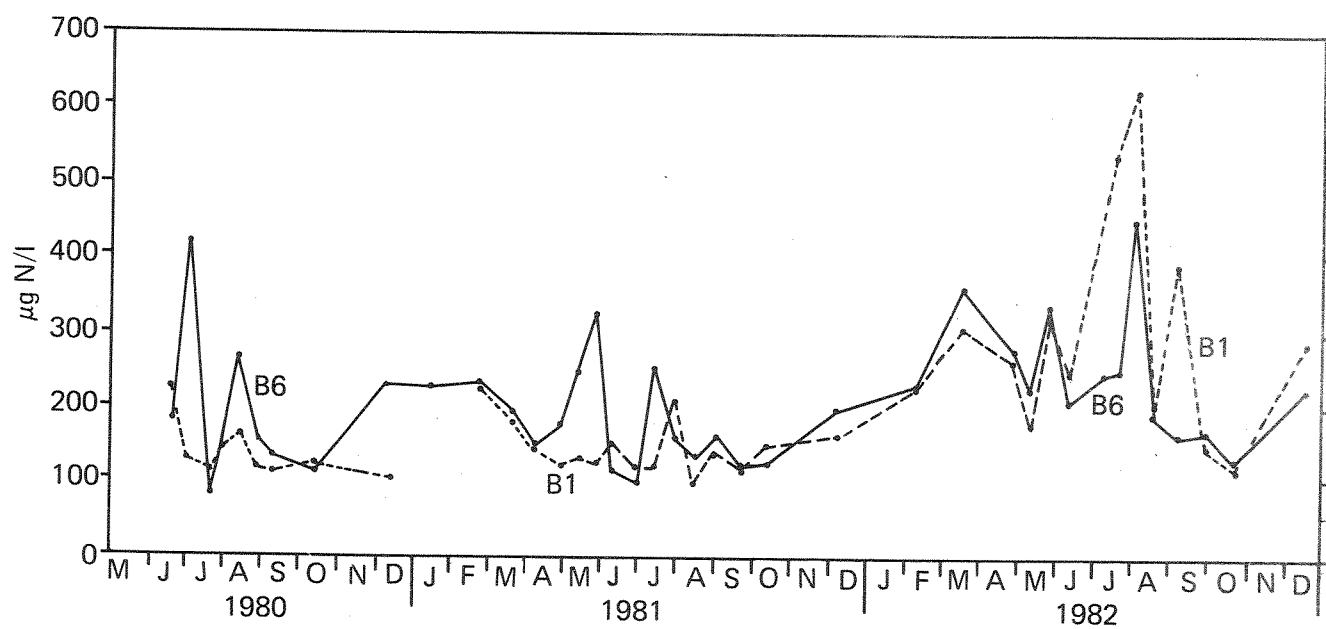


Fig. 7. St. B1 og B6. Konsentrasjoner av totalnitrogen i 0-2 m dyp juni 1980 - desember 1982.

For stasjonene B2, B3 og B6 er konsentrasjonene i 0-2 m dyp for 1976-77 sammenlignet med tilsvarende resultater fra 1980-81 ved hjelp av en t-test og en ikke-parametrisk test (Mann - Whitney). Resultatene er oppsummert i tabell 3 der betegnelsen "signifikant" betyr 90% sannsynlighet eller mer.

Det må i utgangspunktet være klart at med så få tall som dette - spesielt fra 1976-77 - må forskjellene være store før de kan påvises med denne sannsynligheten.

Tabell 3. Aritmetisk middel av data fra 0-2 m dyp i vinterhalvåret 1976-77 (indeks 1) sammenlignet med tilsvarende data fra 1980-82 (indeks 2) ved bruk av t-test. Prøvetall står i parentes.

Sta- sjon	Total fosfor µg P/l	Ortofosfat µg P/l	Total nitrogen µg N/l	Nitrat + nitritt µg N/l	Ammonium µg N/l
B 2	P <sub>1</sub> = 19,3 (4) P <sub>2</sub> = 16,6 (9) Ikke sign.	P <sub>1</sub> = 15,5 (4) P <sub>2</sub> = 13,0 (9) Ikke sign.	N <sub>1</sub> = 211 (4) N <sub>2</sub> = 237 (10) Ikke sign.	N <sub>1</sub> = 55 (4) N <sub>2</sub> = 60 (10) Ikke sign.	N <sub>1</sub> = 26 (4) N <sub>2</sub> = 32 (10) Ikke sign.
B 3	P <sub>1</sub> = 19,0 (4) P <sub>2</sub> = 15,2 (10) Ikke sign.	P <sub>1</sub> = 15,2 (4) P <sub>2</sub> = 11,6 (10) Ikke sign.	N <sub>1</sub> = 537 (4) N <sub>2</sub> = 228 (10) Signifikant	N <sub>1</sub> = 60 (4) N <sub>2</sub> = 58 (10) Ikke sign.	N <sub>1</sub> = 212 (4) N <sub>2</sub> = 22 (10) Signifikant
B6	P <sub>1</sub> = 21,0 (4) P <sub>2</sub> = 14,0 (10) Signifikant	P <sub>1</sub> = 17,0 (4) P <sub>2</sub> = 10,3 (10) Signifikant	N <sub>1</sub> = 275 (4) N <sub>2</sub> = 206 (11) Signifikant	N <sub>1</sub> = 63 (4) N <sub>2</sub> = 61 (11) Ikke sign.	N <sub>1</sub> = 50 (4) N <sub>2</sub> = 44 (11) Ikke sign.

For st. B2, Aspevågen, kan det ikke påvises signifikante forskjeller mellom de to datasettene. Det kan tas som et uttrykk for at belastningen på overflatelaget ikke har endret seg vesentlig i tidsrommet 1976-82.

For st. B3, Molvær, er det en signifikant nedgang i konsentrasjonene av total nitrogen og ammonium. En viss ikke-signifikant nedgang i fosforkonsentrasjonene er også registrert. En mulig forklaring er reduserte utslipp av nitrogen og fosfor fra tekstilfabrikken i nærheten og at kommunalt avløpsvann i økende grad ledes ut på dypt vann hvor fortynningsforholdene er gode og hvor det i mindre grad påvirker vannkvaliteten i overflatelaget.

Nedgangen i konsentrasjonene av total fosfor, ortofosfat og total nitrogen på st. B6, Åsefjorden, er vanskelig å forklare. Alesund kommune, tekniske etater, opplyser at tilførselene av kommunalt avløpsvann til fjorden kan ha økt litt de siste 8-10 år, og at det ikke har skjedd vesentlige endringer med hensyn til sjøføring av avløpsvannet.

På grunnlag av overflatedata fra oktober-mars er det for 1980-82 gjort en sammenligning mellom st. B1 (referansestasjon) og de andre stasjonene. For st. B2, B3, B4, B6 og B7 kunne ikke signifikante forskjeller påvises verken for fosfor- eller nitrogenforbindelser. Den høyeste "signifikansen", ca. 80 %, ble oppnådd for både fosfor- og nitrogenforbindelser i sammenligning mellom st. B1 og B2, Aspevågen. På st. B5, Veddevika, var konsentrasjonene av totalfosfor, ortofosfat og totalnitrogen høyere enn på st. B1. For st. B8, Spjelkavik, var konsentrasjonen av totalfosfor høyere enn for st. B1.

For totalfosfor og totalnitrogen er resultatene gjengitt i fig. 8.

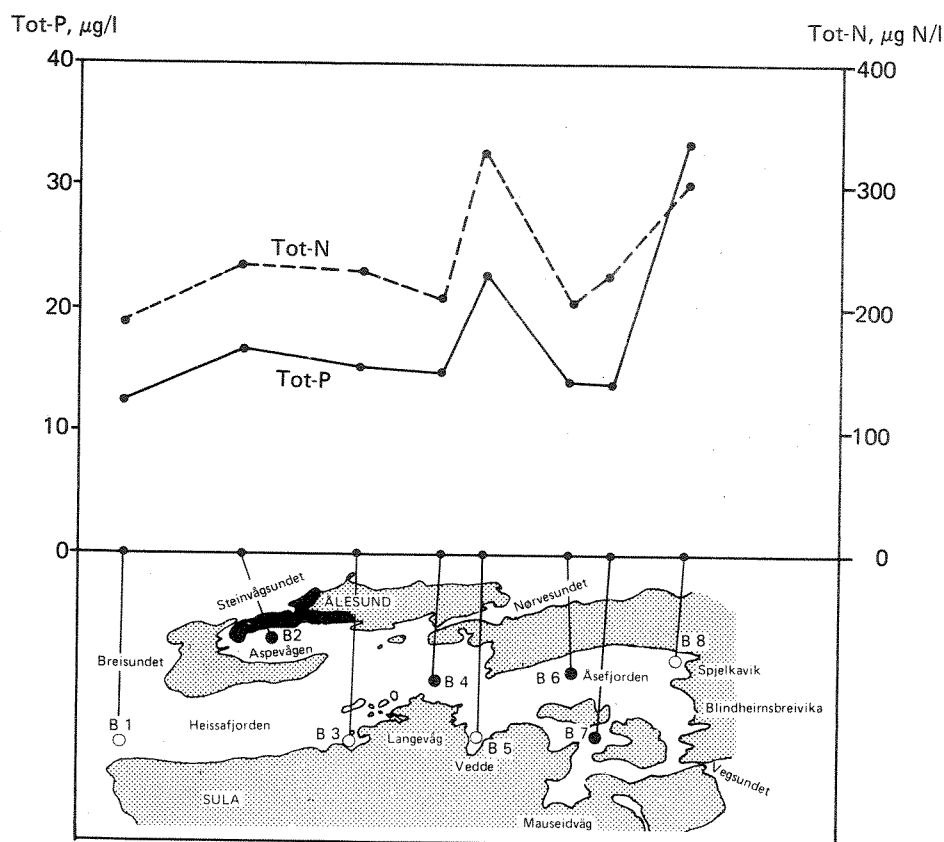


Fig. 8. Middelerverdier av totalfosfor og totalnitrogen i 0-2 m dyp for vintermånedene i 1980-82.

I denne sammenheng bør man være oppmerksom på at sammenligning med st. B1 kan være litt villedende. Grunnen er at de vertikale blandingsprosessene ved denne stasjonen er sterkere enn lenger inne i fjordområdet. Gjennom disse blandingsprosessene tilføres overflatelaget fosfor og nitrogen for dypereliggende lag, og resultatet kan bli et høyere naturlig nivå enn for områdene lenger inne. Effekten av slike blandingsprosesser vil imidlertid være størst i sommerhalvåret da næringssaltkonsentrasjonene i overflatelaget er forholdsvis lave.

Resultatene viser at vannutskiftning i fjordområdet er så stor at tilførslene av fosfor og nitrogen fra land bare medfører små konsentrasjonsøkninger i hovedbassengenes overflatelag.

Forholdet mellom nitrogen (N) og fosfor (P) i vannmassene kan gi opplysninger om hvordan planktonproduksjonen vil endres ved reduserte utslipp av plantenæringssalter. Gjennomsnittlig vil forholdet mellom N og P i marint planteplankton være ca. 7:1 på vektbasis, og man regner med at stoffene opptas fra vannet i noenlunde samme forhold. Et N/P-forhold vesentlig større enn 7:1 i vannmassene tyder dermed på et relativt fosforunderskudd, mens et forhold vesentlig mindre enn 7:1 tyder på nitrogenunderskudd.

Vi har beregnet forholdet (nitrat + nitrit + ammonium)/ortofosfat i 0-2 m dyp for st. B6 og st. B8 i Åsefjorden for sommerhalvåret i 1980, 1981 og 1982.

For st. B6 varierte forholdstallet mellom 1 og 40; medianen var 3.0, antall målinger var 22.

For st. B8 varierte forholdstallet mellom 1 og 36, medianen var 4.5, antall målinger var 15.

Den store variasjonsbredden viser at både N og P til tider kan være i underskudd. Hovedpoenget er imidlertid at P i dette tidsrommet til vanlig ikke har vært begrensende for planktonproduksjonen i Åsefjordens overflatelag. Resultatet er i samsvar med det som ble funnet i 1976-77 (se Bokn et al. 1979, s. 14).

Midlere saltholdighet i Åsefjordens overflatelag er ca. 30 ‰. Resultatet er dermed i samsvar med den vanlige oppfatning at nitrogen oftest vil være den begrensende faktor i marine farvann, og med undersøkelser av Sakshaug et al. (1983) som fant at utenfor Mørkekysten var planktonproduksjonen nær balansert m.h.t. nitrogen og fosfor. Det stemmer også med det faktum at fordi kommunalt avløpsvann normalt har et lavere N/P-forhold enn sjøvann, kan utslipp til marine farvann øke hyppigheten av tilfeller med nitrogenunderskudd i vannmassene.

Det må understrekes at disse resultatene ikke bygger på produksjonsmålinger i vannmassene, noe som kunne ha gitt vesentlig sikrere opplysninger om forholdene. Men totalt sett tyder beregningene på at redusert planktonproduksjon i Åsefjorden og derigjennom bedre oksygenforhold i bunnvannet, mest effektivt oppnås ved å redusere tilførslene av nitrogen. En begrensning av utslippene av fosfor vil også gi en viss gevinst. Størrelsen av denne vil være avhengig av hvor mye man dermed kan øke hyppigheten av situasjoner der fosforunderskudd vil begrense planktonproduksjonen.

#### Oksygenforhold i dypvannet

Tilgang på oksygen er en forutsetning for at høyerestående organismer skal overleve. De fleste marine organismer overlever ikke ved oksygenkonsentrasjon lavere enn 0,8 ml/l. For en generell bedømmelse av oksygenforholdene vil vi benytte følgende enkle skala:

Konsentrasjon ml O <sub>2</sub> /l	Karakteristikk
< 0	Råttent vann
0 - 2	Kritiske oksygenforhold
2 - 3,5	Dårlig, men kan vanligvis tolereres av fisk
>3,5	Tilfredsstillende

Både ved basisundersøkelsen i 1976-77 (Bokn et al., 1979) og ved overvåkingen i 1980-81 (Molvær og Bakke, 1981, 1982) kunne man konstatere at det senhøstes eller utpå vinteren kan oppstå alvorlig oksygenvikt i dypvannet

i en del av Aspevågen, i Åsefjorden og utenfor Mauseidvåg. Oksygenforholdene i Åsefjorden er her av særlig stor interesse fordi dette fjordområdet kan være et viktig gyteområde under torskteinnsiget vinterstid.

Oksygenforholdene i 30-40 m dyp på st. B2, Aspevågen for 1980-82 framgår av fig. 9. Utviklingen i 1982 var ganske lik det som ble registrert i 1981. Etter flere vannutskiftninger i løpet av vinteren gikk dypvannet i mai inn i en stagnasjonsperiode. I 40 m dyp var vannmassen overveiende stagnant fram til oktober. Oksygeninnholdet var da 1,2 ml  $O_2/l$  (18% metning). Dette er det laveste som er blitt registrert. Til sammenligning ble det 10.1.77 målt 1,5 ml  $O_2/l$  (22%) og 1,4 ml  $O_2/l$  (21%) den 13.10.80. Differansene er imidlertid små og det er ikke grunnlag for å si at tilstanden har forverret seg siden 1977.

Oksygenforholdene i 80-130 m dyp på st. B4 i selve Borgundfjorden er vist på fig. 10. Tilstanden her var tilfredsstillende for alle tokt i 1982, men det må tilføyes at 3,8 ml  $O_2/l$  (58%) som ble målt i desember, var lavere enn minimumsverdiene fra januar 1977 (4,2 ml  $O_2/l$ , 62%) og desember 1981 (4 ml  $O_2/l$ , ca. 60 %).

Oksygenforholdene på st. B6 i Åsefjorden fremgår av fig. 11. Utviklingen i 1982 var ganske lik 1981. Laveste konsentrasjon i 100 m dyp var 2,6 ml  $O_2/l$  (39 %) 13.12.82. Oksygenkonsentrasjonene i 100 m dyp, 8. februar, forut for torskteinnsiget og etter dette var avsluttet, 10. mai, ble målt til henholdsvis 4,1 ml  $O_2/l$  (63 %) og 5,7 ml  $O_2/l$  (84 %). Økningen i oksygenkonsentrasjon skyldes en utskiftning av dypvannet med kaldere og saltere vann. Temperaturen i 100 m dyp avtok således fra 8,55 °C til 7,0 °C og saltgehalten økte fra 34.674 o/oo til 34.713 o/oo over samme tidsrom.

Her skal også nevnes at Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt i tidsrommet 16. mars - 7. april 1982 gjennomførte to tokt som del av fiskeribiologiske undersøkelser på kysten av Møre og Romsdal og Sør-Trøndelag (Godø og Sunnanå 1982). Ved disse undersøkelsene ble det 30. mars målt 3,59 ml  $O_2/l$  (54 %) i 90 m dyp nær st. B6. Dette betyr at den omtalte vannutskiftning inntraff etter 30. mars.

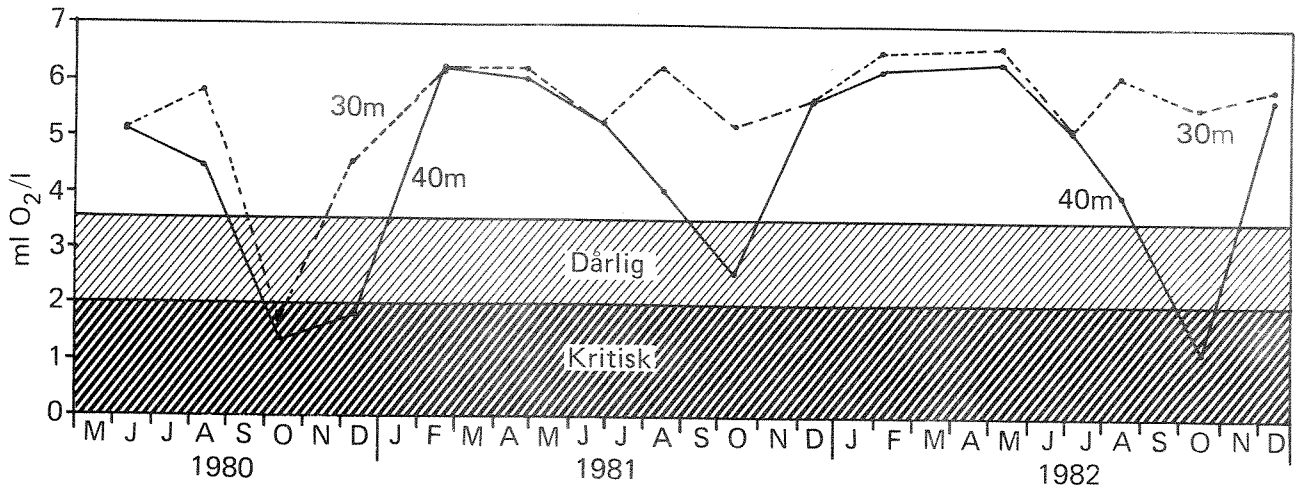


Fig. 9. St. B2, Aspevågen. Oksygenkonsentrasjoner i dypvannet juni 1980 - desember 1982.

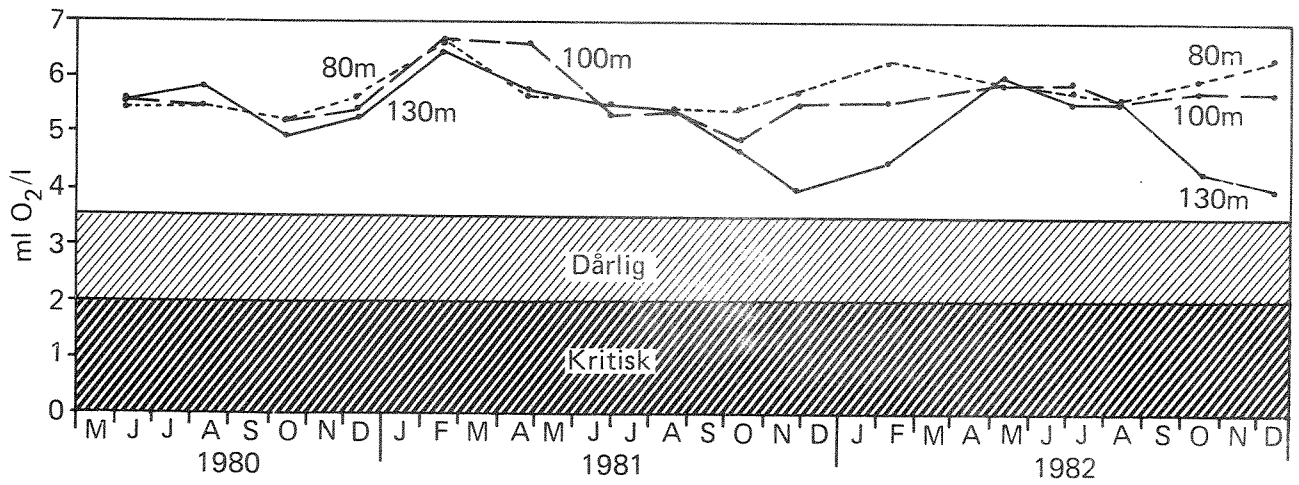


Fig. 10. St. B4, Borgundfjorden. Oksygenkonsentrasjoner i dypvannet juni 1980 - desember 1982.

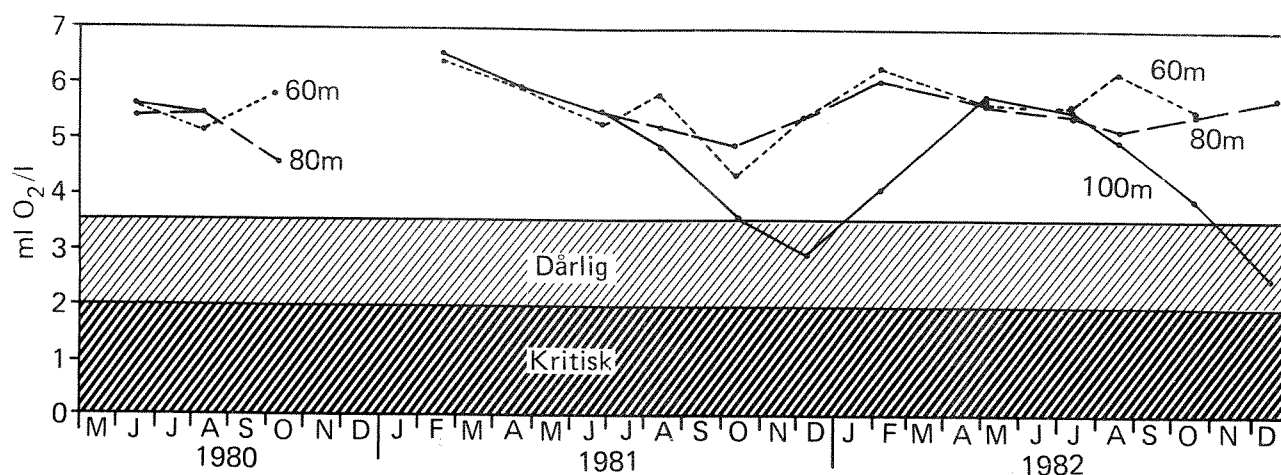


Fig. 11. St. B6, Asefjorden. Oksygenkonsentrasjoner i dypvannet juni 1980 - desember 1982.

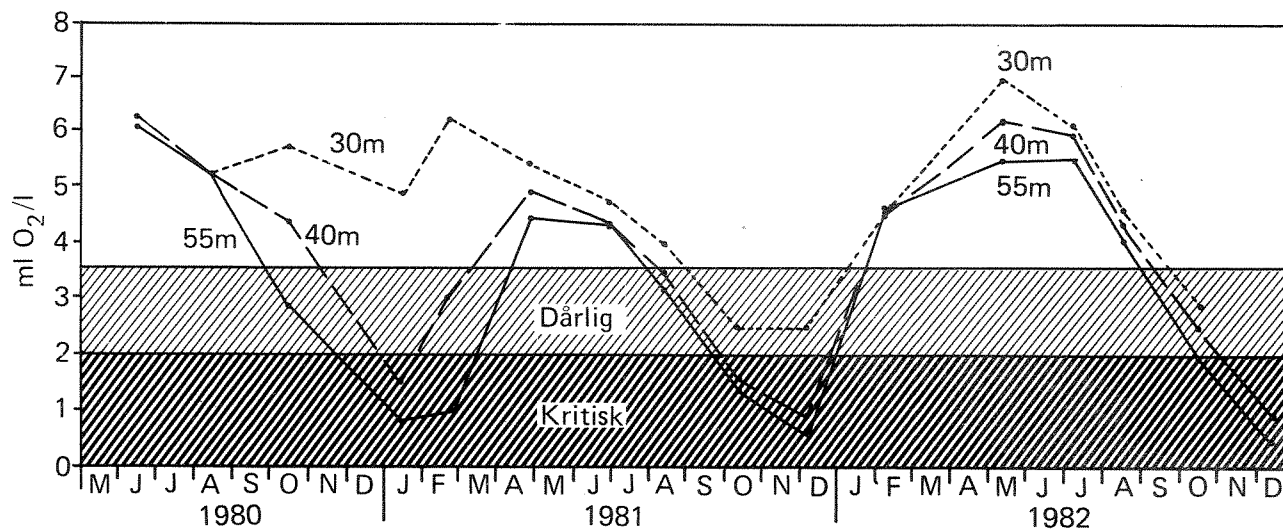


Fig. 12. St. B7, Mauseidvågen. Oksygenkonsentrasjoner i dypvannet juni 1980 - desember 1982.



På stasjon B7 utenfor Mauseidvåg gjentok oksygenutviklingen seg fra tidligere år (fig. 12). Uheldigvis ble prøven fra 30 m dyp i desember knust under forsendelsen, så vi vet derfor ikke om oksygeninnholdet i desember var lavere enn i oktober.

Av det foranstående kan en konkludere med at oksygenforholdene i Asefjordens dypvann og de andre fjordbassengene i 1982 var tilfredsstillende under torskeinnsiget, i gyteperioden og flere måneder etterpå. Videre synes det som om oksygenforholdene i bassengene høsten 1982 var dårligere enn "vanlig". Det samme har vært tilfelle for flere fjorder i Agderfylkene og rundt Bergen (Per Wikander, pers. meddelelse). Årsaken kan i så fall være at den varme sommeren i Sør-Norge i 1982 har medført uvanlig høy planteplanktonproduksjon. Kombinert med liten dypvannsforyngelse utover høsten, kan den etterfølgende sedimentering og nedbrytning av organisk materiale ha medført uvanlig lave oksygenkonsentrasjoner.

### 3.3 Biologiske undersøkelser av flora og fauna på hardbunn nedenfor tidevannssonen.

Flora og fauna på hardbunn fra 5 til 20 m ble undersøkt på stasjonene A2, A6 og A9.

Beliggenhet, topografi og andre særdrag ved stasjonene A6 og A9 er beskrevet i tidligere rapporter. Stasjon A2 var ny i 1981 og dykkerregistrering ble foretatt første gang i 1982. Topografi og andre særdrag på A2 er derfor beskrevet nedenfor.

Ved sammenligning av stasjonene innbyrdes og av samme stasjon over tid er det lagt vekt på artsrikdom av alger og dyr på hver stasjon og likheten i artssammensetningen. Undersøkelsen i 1980 og 1982 representerer henholdsvis en sommer/høst-situasjon og en vintersituasjon. Flere ettårige alger med sterk sommervekst som ble registrert i september 1980 var forsvunnet innen undersøkelsen i desember 1982. Generelt sett var derfor artsriksommen av alger mindre i 1982 enn i 1980 på alle stasjonene (Tabell 4).

### Stasjon A2 Slinningen nord

Dykkerregistreringen foregikk langs en rett linje ut fra Trandamperiets kai rett øst for strandsonestasjon A2 (Molvær og Bakke 1982). Dybden ved kai er 4-6 m med stein og grusbunn. Derfra skråner bunnen ca. 45<sup>0</sup> ned til 20 m, hvor en flatere mudderbunn begynner. Store stein er spredt nedover skråningen fra 5 til 20 m. Hele området var overstrødd med fast avfall, vesentlig av metall (tomfat, jernskrot, maskindeler etc.) og plast (emballasje, maleruller etc.). Området har klart preg av nedslamming.

Totalt sett hadde stasjon A2 noe færre arter enn de to øvrige, både i 1976/77 og i 1982 (Bokn et al. 1979 og Tabell 4). Spesielt algefloreaen indikerte dette, og mye av forklaringen er antatt å være den sterke nedslammingen. Verken den gamle eller den nye stasjon A2 kan likevel karakteriseres som artsfattig generelt.

### Stasjon A6 Fiskærstrand

Registreringene i 1980 omfattet kun algene, i 1982 både alger og dyr. Stasjonen viste heller ikke i 1982 tegn til nedslamming, og hadde en rik flora og fauna. Faunaen i 1982 viste godt samsvar med basisundersøkelsen i vertikalutbredelse av artene, men artsantallet var høyere i 1982 (Tabell 4). Av de nye artene var det bare eremittkreps (Pagurus bernhardus) og slange-stjerner (Ophiura albida) som var vanlige, de øvrige var enkeltfunn og kan ha blitt oversett ved basisundersøkelsen.

### Stasjon A9 Remvik

Stasjonen var mindre nedslammet enn i 1980 og antall dyrearter registrert var over det dobbelte av det som ble funnet to år før (Tabell 4). Økningen skyldes i hovedsak store, lett synlige arter, bl.a. av sekkedyr og pigghuder, og kan følgelig neppe ha blitt oversett i 1980. Algene viste den samme naturlige nedgang i artsrikdom mot vinteren som de øvrige stasjonene.

Tabell 4. Antall arter registrert på de tre dykkerstasjonene i 1980 og 1982.

Stasjon	Organisme	1980	1982
A2	Alger	31	15
	Dyr	19	18
	Totalt	40	33
A6	Alger	34	27
	Dyr	-	26
	Totalt	-	53
A9	Alger	37	27
	Dyr	11	25
	Totalt	48	52

Likheten i fauna og flora mellom 1980 og 1982 innen hver stasjon er søkt uttrykt ved likhetskoeffisienten:

$$C = \frac{2c}{a + b} \cdot 100$$

der a er antallet arter registrert i 1980, b er antallet arter registrert i 1982 og c er antallet arter som var felles for de to årene. Koeffisienten uttrykker antall felles arter som prosent av gjennomsnittlig artsantall funnet pr. år. Den tar forøvrig ikke hensyn til tetthet av den enkelte art, bare om den er registrert eller ikke.

Tabell 5 viser koeffisienten C utregnet for alger og dyr separat samt for totalt artstall. For faunaen på stasjon A6 er 1982 sammenlignet med basisundersøkelser 1976/77. Tabellen viser at ingen av stasjonene utpreger seg med store forandringer (lav C-verdi) over 2-årsperioden 1980-82. Største forandring er i faunaen på stasjon A2. Dette antas å skyldes at stasjonen er flyttet. Artssammensetningen på den gamle og nye A2 gir likevel ingen indikasjon på at den ene av dem er i dårligere tilstand enn den andre.

Tabell 5. Likhet i artssammensetning og -antall mellom 1980 og 1982 på samme stasjon uttrykt ved Sørensens likhetskoeffisient:

$$C = \frac{2c}{a + b} \cdot 100 \quad (\text{Se forklaring i tekst.})$$

Stasjon Organismer	A2	A6	A9
Alger	52,2	65,6	65,6
Dyr	37,8	57,8 <sup>1)</sup>	50,0
Totalt	52,1	-	60,0

1) Sammenligning 1976/77 med 1982

Likhetskoeffisienten mellom to og to stasjoner ved hver av de tre undersøkelserne, basert på algefloraen, er satt opp i Tabell 6. Den viser som ventet at det er noe større likhet mellom A7 og A9 enn mellom A2 og de to øvrige, og at forskjellen er størst mellom A2 og A9. Denne tendensen har holdt seg fra basisundersøkelsen av, og tyder på at stasjonene er stabile i forhold til hverandre.

Tabell 6. Likhet i artssammensetning og -antall av alger mellom to og to stasjoner ved hver av de tre undersøkelsene (1976/77, 1980 og 1982), uttrykt ved Sørensens likhetskoeffisient:

$$C = \frac{2c}{a + b} \cdot 100 \quad (\text{Se forklaring i tekst.})$$

Stasjon	År	A9	A6
A2	1970/77 <sup>1)</sup>	61,4	69,4
	1980	55,9	64,6
	1982	61,9	66,7
A6	1976/77 <sup>1)</sup>	71,4	
	1980	64,8	
	1982	70,4	

1) Verdiene for 1976/77 omfatter også algene i strandsonen.

Tabellene 5 og 6 sammenlignet indikerer at likheten i algeflora mellom 1980 og 1982 på den enkelte stasjon er mindre enn den innbyrdes liket mellom to og to stasjoner, noe som i vesentlig grad skyldes forskjellen mellom sommer-/høstperioden og vinterperioden.

### Oppsummering

Alge- og dyresamfunnet ser ut til å være stabilt på de tre undersøkte hardbunnsstasjonene. Forskjeller kan forklares ved flytting av stasjoner og ulik årstid for registreringene. Aspevågen har, til tross for at den hører til Alesunds indre havneområde, et bra utviklet hardbunnsamfunn, men nedslammingen og den store mengden fast avfall gir bunnen et skjemmende utseende. Fiskarstranda har en meget rik og varierende flora og fauna og ingen tegn til negativ påvirkning. Remvika er eneste stasjon som har endret seg noe siden forrige registrering, idet nedslammingen er redusert med spesielt positiv virkning på dyrelivet.

### 3.4 Dyrelivet på bløtbunn i fjordsystemets dypbassenger

Endelig bearbeidelse av materialet innsamlet i 1982 skal etter programmet ferdiggjøres i 1983. Dette innebærer full artsidentifikasjon og estimat av individtetthet for de enkelte arter som grunnlag for beregning av diversitet etc. Rapporten her gir derfor kun en foreløpig summarisk indikasjon av resultatene. Kun 3 av 5 grabbhugg på hver stasjon er behandlet.

#### Stasjon C1 Heissafjorden (referansestasjon)

Dyp 95-100 m.

Fjordens beliggenhet med stor åpning mot Breisundet i vest og god vannutskifting gjør at den kan betraktes som relativt upåvirket av utslippene til Borgundfjorden. Bunnen består av fast skjellsandblandet mudder som ga relativt grunne grabbprøver. Faunaen var karakterisert av børstemark, små muslinger (Thyasira sp.), slangestjerner (Amphiura chiajei og A. filiformis) og krepsdyr (amphipoder); en sammensetning som kan forventes i en upåvirket fjord i Vest-Norge. Det må imidlertid bemerkes at det foreløpige artstallet synes noe lavt sammenlignet med andre tilsvarende fjordbunner.

### Stasjon C2 Aspevågen

Dyp 30-40 m.

Bunnen her består av svart mudder iblandet sand, stein og store mengder materiale fra land (slag, avfall, trebiter). Faunaen var mager og besto vesentlig av muslingene Thyasira sp., Abra nitida, i relativt tett bestand, og til dels Corbula gibba. De to sistnevnte er karakteristiske arter i områder med stor organisk belastning. Thyasira-artene forekommer også hyppig i slike områder, men var i Borgundfjorden karakteristisk på alle bløtbunns-stasjonene. Pigghuder manglet helt. Prøvene hadde stort innslag av svartfargede døde skjell og rør av børstemarken Pectinaria sp. Fikserte prøver utskilte et metallskinnende belegg på væskeoverflaten og veggene, og hadde en meget ubehagelig lukt.

### Stasjon C3 Borgundfjorden

Dyp 135-140 m

Bunnen består av løst mudder iblandet litt skallrester. Faunaen var karakterisert av børstemark, muslinger (Thyrasira), slangestjerner (A. filiformis) og sjøtenner (scaphopoder), og hadde en viss likhet med referansestasjon C1. Faunaen indikerte ikke organisk overbelastning.

### Stasjon C4 Asefjorden

Dyp 100-110 m.

Substratet her var likt stasjon C3, men faunaen var magrere både i arts- og individtall. Thyrasira sp. var karakteristisk. Fremtredende var også få store individer av mudder-reke (Macandreae) og sjøfjær (Pennantulacea). Begge grupper er vanlige innslag i norske fjorders bløtbunnsfauna.

### Stasjon C5 Mauseidvåg

Dyp 50-55 m.

Substratet besto av meget løst mudder iblandet lange, tomme rør av børstemarken Hyalinoecia tubicola, en meget vanlig art langs kysten. Faunaen her

var magrere enn på noen av de øvrige stasjonene og besto kun av få individer av Thyrasira sp. og enkelte børstemark (bl.a. Pectinaria). Mudderet luktet tydelig av hydrogensulfid.

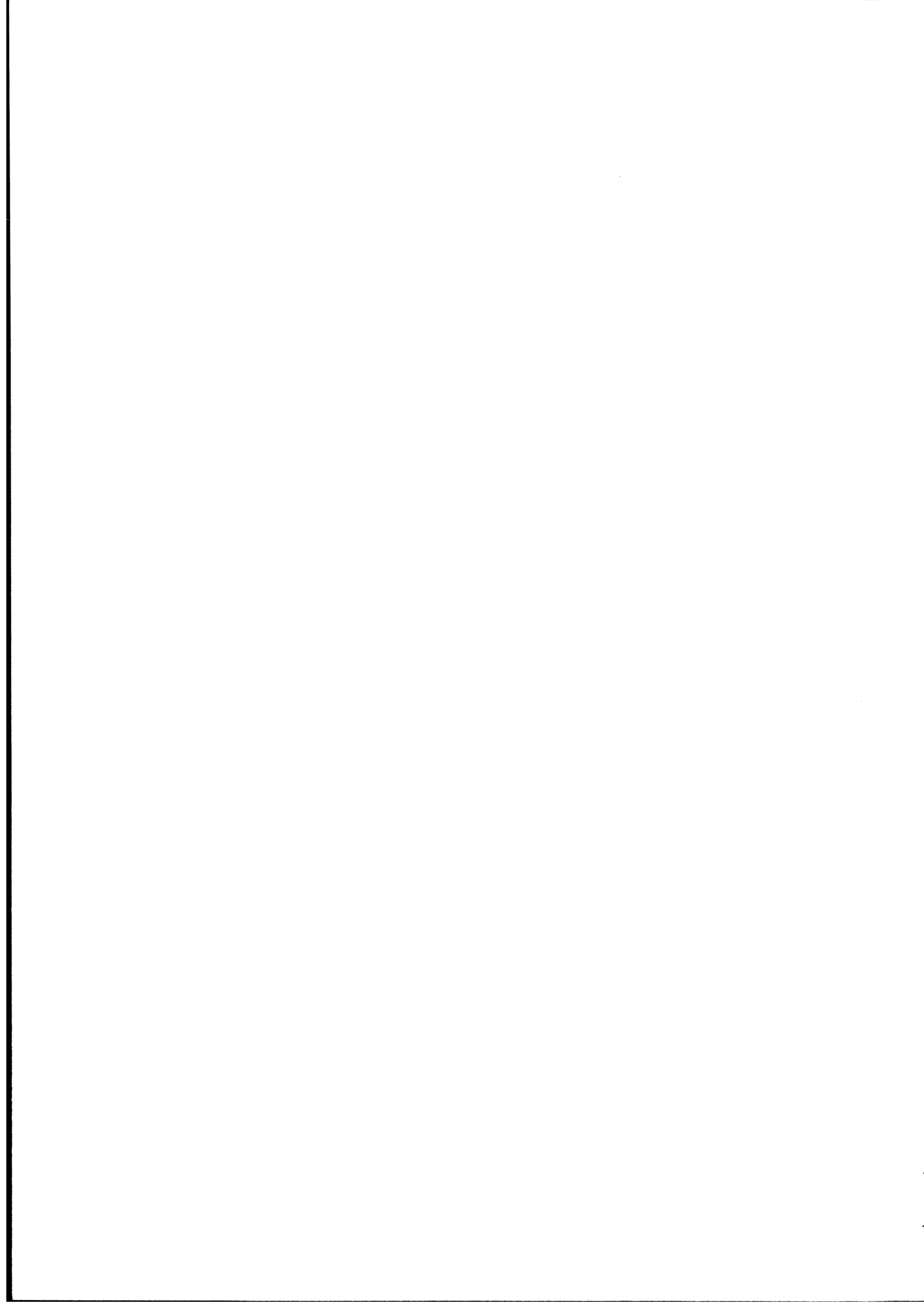
### Oppsummering

Bløtbunnsfaunaen i Borgundfjorden synes ut fra den foreløpige prøvebehandling å være mager i sammenligning med andre tilsvarende fjordsystemer i Vest-Norge. Hvorvidt dette er tilfelle vil den endelige prøvebehandling kunne belyse, ikke minst undersøkelse av børstemarkpopulasjonen. Av de fem undersøkte dypbassengene var det to som utpreget seg med kritiske forhold for bunnfaunaen: Aspevågen og Mauseidvågen.

Aspevågen hadde en utmagret fauna, men med relativt høyt antall individer av de få arter som forekom, spesielt muslinger. Dette er typiske trekk ved samfunn som er kontinuerlig forstyrret. For Aspevågens vedkommende er sannsynligvis belastningen flersidig, dvs. tidvis lave oksygenkonsentrasjoner (Molvær og Bakke 1981, fig. 9, 1982, fig. 13 og fig. 9), mekanisk forstyrrelse ved deponering av fast avfall og muligens også miljøgifter (se Bokn et al. 1979, fig. 6.2).

Mauseidvågen hadde en meget fattig fauna med få individer av de arter som forekom. Dette tolkes som resultat av kritiske oksygenforhold vinteren 1981 og 1982 (Molvær og Bakke 1982, fig. 16). De mange tomme rør av den store børstemarken Hyalinoecia kan indikere at forholdene i lengre perioder tidligere må ha vært gunstige for etablering av bløtbunnsfauna.

Faunaen i Åsefjordens dypbasseng var også magrere enn referansestasjonen C1 og den nærliggende C3 med samme substrattype. Det er nærliggende å angi dårlige oksygenforhold som årsak til dette (Molvær og Bakke 1982, fig. 15), noe som også understøttes av tilsvarende undersøkelse i april 1983, der mudder fra stasjon C4 hadde tydelig lukt av hydrogensulfid. Innslaget av større individer av flerårige dyreformer som mudderreke, sjøfjær og slange-stjerner på C4 våren 1981 tyder imidlertid på at forholdene vinteren før bare har vært dårlige/kritiske over en kort periode.





## LITTERATUR

- Bokn, T., Kjellberg, F., Kvalvågnæs, K., Molvær, J. og Skei, J. 1979: Resipientundersøkelse av Borgundfjorden ved Alesund. NIVA-prosjekt 0-8000307.
- Godø, O.R. og Sunnanå, K. 1982: Intern toktrapport. Havforskningsinstituttet og Institutt for fiskeribiologi, Bergen.
- MI, 1982: Klimatologiske månedsoversikter for månedene januar - september 1982. Blindern, Oslo.
- MI, 1983: Klimatologiske månedsoversikter for månedene oktober - desember 1982. Blindern, Oslo.
- Molvær, J. og Haugen, I. 1980: Nasjonalt program for overvåking av vassdrag og fjorder. Forslag til overvåkingsprogram for Borgundfjorden, Møre og Romsdal. NIVA-prosjekt 0-8000307.
- Molvær, J. og Bakke, T. 1981: Overvåking av Borgundfjorden 1980. Statlig program for forurensningsovervåking, rapportnr. 12/81. NIVA-prosjekt 0-8000307.
- Molvær, J. og Bakke, T. 1982: Overvåking av Borgundfjorden 1981: Statlig program for forurensningsovervåking, rapportnr. 42/82. NIVA-prosjekt 0-8000307.
- Sakshaug, E., Andersen, K., Myklestad, S. og Olsen, Y. 1983. Nutrient status of phytoplankton communities i Norwegian waters (marine, brackish and fresh) as revealed by their chemical composition. *Journal of Plankton Research*, Vol. 5, No. 2.

