



O-89082 • E 90422

Bunnfauna i terskelfjorder i Aust-Agder

Undersøkelser etter
vannutskiftningene vinteren 1989

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

O-89082	Undernr.: .
E-90422	
Løpenr:	Begr. distrib.:
2686	

Hovedkontor Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (47 2) 23 52 80 Telefax (47 2) 39 41 89	Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47 41) 43 033 Telefax (47 41) 44 513	Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47 65) 76 752 Telefax (47 65) 78 402	Vestlandsavdelingen Breiviken 5 5035 Bergen - Sandviken Telefon (47 5) 95 17 00 Telefax (47 5) 25 78 90	Akvaplan-NIVA A/S Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47 83) 85 280 Telefax (47 83) 80 509
--	---	--	--	--

Rapportens tittel: Bunnfauna i terskelfjorder i Aust-Agder. Undersøkelser etter vannutskiftningene vinteren 1989.	Dato: Trykket: 29. 1. 1992 NIVA 1992
	Faggruppe: Marin eutrofi
Forfatter(e): Eivind Oug	Geografisk område: Aust-Agder
	Antall sider: Opplag: 26

Oppdragsgiver: Fylkesmannen i Aust-Agder NIVA	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt: <p>I en rekke fjorder på Sørlandet ble råttent dypvann løftet til få meters dyp vinteren 1989 og forårsaket dødelighet av fisk og bunndyr. Prøvetaking av bløtbunnsfauna ble foretatt i Gjevingpollen ved Risør, Høydal i Tvedestrandsfjorden, Sjøverstø/Låddalsfjorden i Moland, Isefjærfjorden i Høvåg og Eidekilen ved Grimstad. Generelt viste undersøkelsen at dyrelivet i fjordene ikke ble påført alvorlige skader ved vannutskiftningene, men i indre Isefjærfjorden var faunaen unormal, muligens på grunn av dødelighet. Det var svært arts- og individrike prøver fra Gjevingpollen, Tvedestrandsfjorden og ytre Isefjærfjorden.</p>
--

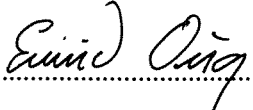
4 emneord, norske

1. Terskelfjorder
2. Bunnvannsforying
3. Bløtbunnsfauna
4. Aust-Agder

4 emneord, engelske

1. Land-locked fjords
2. Basin water exchange
3. Soft-bottom fauna
4. Aust-Agder county

Prosjektleder


.....

For administrasjonen


.....

ISBN 82-577-2040-0

NIVA-SØRLANDSAVDELINGEN

O - 89082, E - 90422

BUNNFAUNA I TERSKELFJORDER I AUST-AGDER

Undersøkelser etter vannutskiftningene vinteren 1989

Grimstad 29. januar 1992

Prosjektleder : Eivind Oug
Medarbeidere : Per Bie Wikander
Bjarne Karlsen

FORORD

Dette arbeidet ble gjennomført som en følge av flere dramatiske hendelser i kystområdene i 1988 og 1989. Størst oppmerksomhet var det omkring oppblomstringen av den giftige planktonalgen Chrysochromulina polylepsis våren 1988. Vinteren 1989 var det så omfattende vannutskiftninger i mange terskelfjorder fra Telemark til Vest-Agder. Råttent dypvann som ble brakt til overflaten, medførte dødelighet av fisk, pigghuder og skalldyr.

Den 15. februar 1989 ble det holdt et møte mellom NIVA og Miljøvernavdelingene i Vest-Agder, Aust-Agder og Telemark for å diskutere forvaltningsrettede kystøkologiske prosjekter på Sørlandskysten. Møtet etterlyste bl.a. mer kunnskap om miljøtilstand og prosesser i terskelfjordene. Etter møtet utarbeidet NIVA i kontakt med fylkesing. Eva Boman forslag til enkle undersøkelser i fjordene i Aust-Agder med hovedvekt på bunnfauna. Tilsagn til undersøkelsene ble gitt i brev fra Fylkesmannen i Aust-Agder av 8. mars 1989. Undersøkelsene har også vært støttet ved NIVAs egne forskningsmidler.

Feltarbeidet ble gjennomført med F/F "H.H. Gran" med skipper og mannskap fra Risøya Folkehøyskole. Per B. Wikander var ansvarlig for prøvetaking og har bestemt alle bløtdyr i materialet. Prøvene ble sortert av Bjarne Karlsen. Eivind Oug har bestemt andre dyregrupper og står ansvarlig for rapportering.

Kontaktperson hos Fylkesmannen i Aust-Agder har vært fylkesing. Eva Boman. Hun takkes for stor velvillighet under arbeidet.

Prosjektet har tatt uforholdsmessig lang tid. Dels skyldes dette ønsket om å legge en smule egeninnsats i arbeidet og dels et lengre sykefravær. Trøsten får være at faunistiske data ikke blir foreldet - snarere tvert imot.

Eivind Oug

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
FORORD	2
1. SAMMENDRAG	4
2. INNLEDNING	5
3. METODIKK	7
3.1. Valg av lokaliteter	7
3.2. Prøvetaking	7
3.3. Behandling av prøvene	7
4. RESULTATER	9
4.1. De undersøkte lokalitetene	10
4.1.1. Gjevingpollen	10
4.1.2. Tvedestrandsfjorden	14
4.1.3. Moland	14
4.1.4. Isefjærfjorden	17
4.1.5. Eidekilen	22
5. DISKUSJON	24
6. LITTERATUR	26

1. SAMMENDRAG

Denne undersøkelsen ble gjennomført etter de omfattende vannutskiftningene i terskelfjorder på Sørlandet vinteren 1989. I mange fjorder ble råttent dypvann løftet til få meters dyp, noe som førte til misfarging av vannet og dødelighet av fisk og bunnorganismer. Formålet ved undersøkelsen var å gi nærmere beskrivelser av konsekvensene for dyrelivet i fjordene i Aust-Agder. Samtidig skulle prøvetakingen sikre referansemateriale for senere bruk.

Hovedvekten ble lagt på bløtbunnsfauna. Prøvetakingen ble foretatt med bunnslede og bunngrabb (0.1 m² Petersen-grabb). Alle sledeprøvene er bearbeidet mens grabbmaterialet er lagret for eventuell senere bruk. Prøvene ble innsamlet 27-28 april 1989.

De undersøkte lokalitetene var i Gjevingpollen i Risør (3 stasjoner), Høydal i Tvedestrandsfjorden (1 stasjon), Sjøverstø/Låddalsfjorden i Moland (2 stasjoner), Isefjærfjorden i Høvåg (3 stasjoner) og Eidekilen i Grimstad (2 stasjoner).

Det var svært arts- og individrike prøver fra Gjevingpollen (st. PI), Tvedestrandsfjorden (st. PIV) og ytre del av Isefjærfjorden (st. PIX). På lokalitetene i Moland og i Eidekilen var det dårlig bunn med svært fattig fauna. I disse områdene kunne det ikke påvises noen spesielle skadevirkninger av vannutskiftningene.

En prøve fra indre Isefjærfjorden (st. PVII, 5 m) viste unormale resultater. Dette kan skyldes dødelighet av bunnfauna i området, men det var høye individtall av enkelte snegl og muslinger (Hydrobia spp., Corbula gibba, Mysella bidentata) i prøven. Noen fullstendig utslettelse av bunnfauna har derfor ikke funnet sted. Utstrømmingen av dårlig vann førte heller ikke til alvorlige skader utover i fjorden (st. PIX).

Generelt tyder undersøkelsen på at dyrelivet i terskelfjordene ikke ble påført alvorlige skader ved vannutskiftningene vinteren 1989. Dette har nok sammenheng med at mange av artene som lever i terskelfjordene, er svært tolerante overfor organisk belastning og vil kunne klare seg gjennom perioder med sviktende oksygenforhold.

2. INNLEDNING

Vinteren 1988-89 var det omfattende vannutskiftninger i terskelfjordene på Sørlandet. I mange av fjordene ble råttent dypvann løftet til få meters dyp, noe som førte til omfattende dødelighet av fisk og bunnorganismer. Observasjonene av dette ble gitt store oppslag i massemedia, ikke minst som følge av at dramatiske naturbegivenheter er blitt nyhetsstoff etter Chrysochromulina-oppblomstringen sommeren 1988.

Oppmerksomheten var størst omkring Trysfjord i Vest-Agder og Hellefjorden ved Kragerø. I Trysfjord ble død fisk observert første gang omkring nyttårsskiftet 1988-89 samtidig som vannet var sterkt misfarget (lysgrønt) og blakket. Tilsvarende ble observert flere ganger i januar og februar. Dykkere rapporterte om høy dødelighet av bunnorganismer som sjøstjerner, kråkeboller og krabber i tillegg til fisk. Som en følge av disse meldingene gjennomførte NIVA vinteren 1989 en undersøkelse av hydrografi og bunnfauna i Trysfjorden for å beskrive vannutskiftningen og virkningene for bunnorganismer (Oug 1989). Til samme tid foretok Forskningsstasjonen Flødevigen undersøkelser av vannutskiftningen i et utvalg fjorder fra Kragerø til Mandal, deriblant Hellefjorden og Trysfjorden (Bøhle et al. 1989).

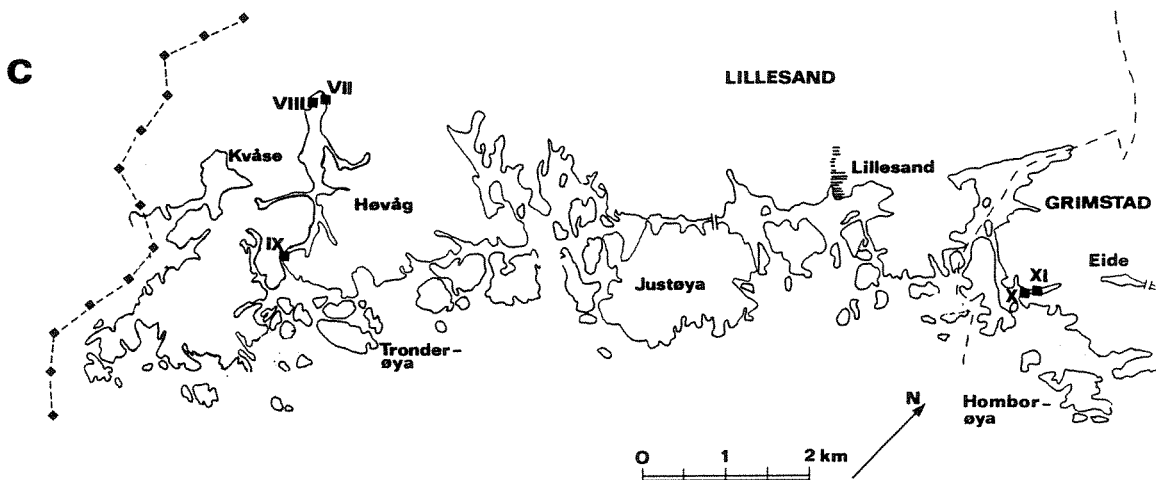
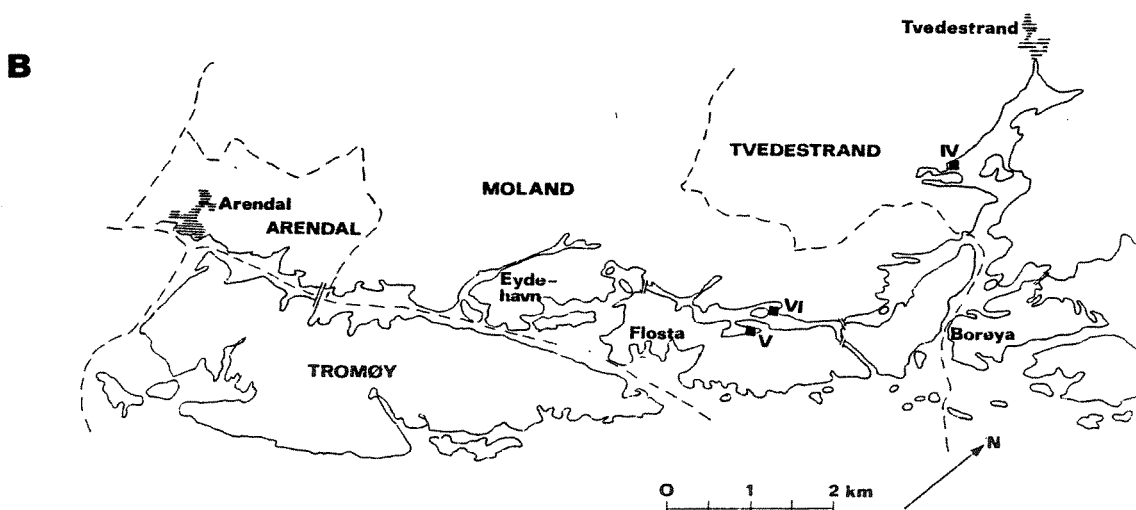
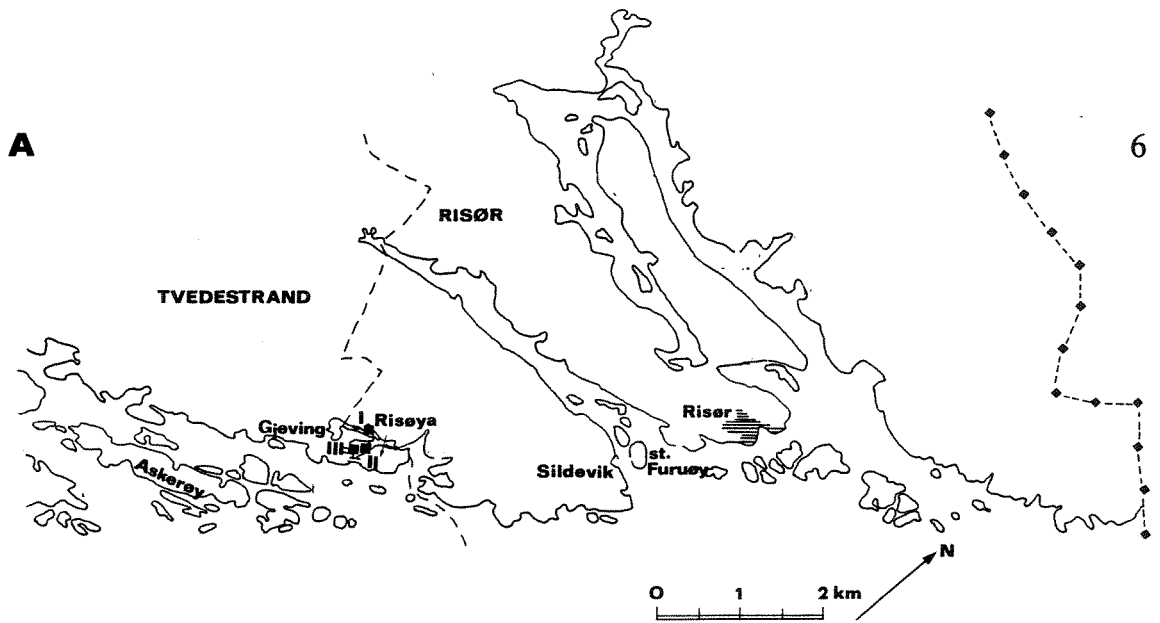
Også i Aust-Agder kom det meldinger om dødelighet av fisk og bunndyr i flere fjorder. Spesielt i Isefjærfjorden i Høvåg ble det rapportert om dødelighet på så grunt vann som 0.5 m dyp. Snegl krøp oppover til øverst i strandkanten og ble der sittende i et tett belte.

På grunn av disse meldingene ønsket miljøvernmyndighetene å gjennomføre nærmere undersøkelser av vannutskiftningen og konsekvensene for dyrelivet i fjordene. Det ble prioritert å skaffe kunnskap om flest mulig lokaliteter. Formålet med undersøkelsene var:

- Beskrive i hvilken grad utskiftningen av råttent bunnvann førte til dødelighet av bunnorganismer.
- Sikre et referansemateriale for senere bruk.

Hovedvekten i undersøkelsene ble lagt på bløtbunnsfauna. Studier av bløtbunnsamfunn er i dag blant de beste metoder til å beskrive virkninger av miljøforandringer og overvåke endringer i tilstanden over tid. Det ble videre lagt vekt på å gjennomføre prøvetakingen etter vannutskiftningen i fjordene, men før normalt tidspunkt for våroppblomstringen på kysten. Dette var av hensyn til muligheten for ny oppblomstring av giftige alger som kunne påvirke dyrelivet i fjordene.

De fleste undersøkelsene i terskelfjordene på Sørlandet har omfattet hydrografi og vannkvalitet. I Aust-Agder har undersøkelser vært foretatt av f.eks. Strøm (1936), Bøhle (1986, 1987), Bøhle et al. (1989) og Dahl & Danielsen (1987). Biologiske data er mer sparsomme, men enkelte resipientundersøkelser har gitt relevante data, f.eks. Rygg & Wikander (1985). Denne undersøkelsen ble også gjennomført for å gi generell kunnskap om bunnfauna i terskelfjordene.



Figur 1. Lokalteter for prøvetaking.

A. I Gjevingpollen ved Risøya på grensen mellom Tvedestrand og Risør kommuner (st. I-III).

B. I Tvedestrandsfjorden og ved Flosta (Moland kommune) (st. IV-VI).

C. I Isefjærfjorden (Lillesand kommune) og ved Eide (Grimstad kommune) (st. VII-XI).

3. METODIKK

3.1. Valg av lokaliteter

Undersøkelsene ble fortrinnsvis lagt til fjorder og poller (kiler) hvor det tidligere har vært undersøkelser av vannkvaliteten. De biologiske observasjonene kan derved sammenholdes med de hydrografiske forholdene. Flere av fjordene ble også undersøkt vinteren 1989 (Bøhle et al. 1989).

I alt ble det tatt prøver på 11 lokaliteter. De undersøkte områdene var i Gjevingpollen, Tvedestrandsfjorden og i Moland i østre del av fylket og i Isefjærfjorden og Eidekilen i vestre del av fylket. Områdene er vist på kart i Figur 1 og lokalitetene for prøvetaking i Figurene 2-7. I flere poller, hvor det ville vært av stor interesse å ta prøver, var det ikke mulig å komme inn med båt på grunn av trangt innløp eller svært grunn terskel. Dette gjelder blant annet Kvastadkilen i Tvedestrand og Jorandstadkilen i Moland som begge er godt undersøkt hydrografisk.

3.2. Prøvetaking

Prøvetakingen ble gjennomført fra NIVA's fartøy F/F "H.H. Gran". På de fleste av lokalitetene ble det tatt prøver både med en lett bunnslede (kvalitative prøver) og en 0.1 m² Petersen-type bunnsgrabb (kvantitative prøver). Ved å benytte begge redskapstyper gir prøvetakingen et godt inntrykk av artsrikheten samtidig som det sikres sammenligningsmateriale for senere bruk.

Prøvene ble innsamlet 27-28 april 1989. Tabell 1 gir oversikt over innsamlingsprogrammet.

Sledeprøvene ble tatt på steder med mest mulig jevn bunn uten større dybdevariasjoner. Så fremt mulig ble sleden trukket i 5 minutter tilsvarende en strekning på ca. 200 m. Grabbprøvene ble tatt på jevn bløt bunn. På hver grabb-stasjon ble det tatt 4 parallelle prøver, men disse er slått sammen før videre bearbeiding. All prøvetaking ble gjort i moderate dyp der det kunne forventes å være dyreliv, dvs. på dyp grunnere enn det vanlige nivået for råttent dypvann.

3.3. Behandling av prøvene

Prøvene ble vasket på 5 og 1 mm sikter i felt. Siktematerialet ble konservert i 4 % nøytralisert formaldehyd-løsning.

Sledeprøvene ble prioritert for videre bearbeiding. Ved opparbeidelsen ble dyrene sortert fra siktematerialet, identifisert og telt. Materialet er overført til alkohol for oppbevaring.

Grabbprøvene er ikke opparbeidet. Materialet oppbevares ved NIVA-Sørlandsavdelingen og vil kunne opparbeides etter behov.

Tabell 1. Oversikt over prøvetakingslokaliteter, innsamlingsprogram og innsamlet materiale.

Lokalitet	Stasjons- kode	Dyp (m)	Redskap	Dato	Status
<u>Gjevingpollen</u>					
v/Gloppe	P I	5-7	Slede	27.4.89	rap.
"	P I	5	Grabb	"	lagret
v/Bergøy	P II	20	Slede	"	rap.
v/Bergøy	P III	13	Grabb	"	lagret
<u>Tvedestrandsfjorden</u>					
Høydal	P IV	18-27	Slede	"	rap.
"	"	18	Grabb	"	lagret
<u>Moland</u>					
Låddalsfjorden	P V	5-7	Slede	"	rap.
"	"	5	Grabb	"	lagret
Sjøverstø	P VI	11	Grabb	"	lagret
<u>Isefjærfjorden</u>					
v/Isefjær	P VII	5	Slede	28.4.89	rap.
"	"	5	Grabb	"	lagret
"	P VIII	10-11	Slede	"	rap.
v/Jaktevigen	P IX	9	Slede	"	rap.
"	"	9	Grabb	"	lagret
<u>Eidekilen</u>					
v/Vessøy	P X	17	Slede	"	rap.
ytre	P XI	5	Slede	"	rap.

4. RESULTATER

I alt ble det tatt prøver med bunnslede på ni lokaliteter (Tabell 2). Ikke uventet var det sort bløtt mudder med tildels sterk lukt av hydrogensulfid på flere av de undersøkte lokalitetene. Grabbprøver ble tatt på syv lokaliteter (Tabell 3). Prøvene ble tatt på varierende bunn fra fin sand til bløtt mudder, men på de fleste lokalitetene var det lukt av hydrogensulfid i sedimentet.

Tabell 2. Prøvetaking med bunnslede. Lokaliteter, dyp og beskrivelse av bunnforhold. Lukt av hydrogensulfid (H_2S): +++ sterk, ++ moderat, + svak, - ingen lukt.

Lokalitet	Stasjons- kode	Dyp (m)	H_2S	Bunnforhold
<u>Gjevingpollen</u>				
v/Gloppe	P I	5-7	-	Mørk mudder med trådformete rødalger
v/Bergøy	P II	20	+++	Sort bløtt mudder
<u>Ivedestrandsfjorden</u>				
Høydal	P IV	18-27	-	Mørk silt med fin sand
<u>Moland</u>				
Låddalsfjord	P V	5-7	++	Svartbrun bløtt mudder med plantefragmenter
<u>Isefjærfjorden</u>				
v/Isefjær	P VII	5	-	Fin sand med buskformede rødalger, sleden helt tilstoppet av alger
"	P VIII	10-11	+++	Sort bløtt mudder
v/Jaktevigen	P IX	9	+	Skjellsand med detritus
<u>Eidekilen</u>				
v/Vessøy	P X	17	+++	Sort bløtt mudder
ytre	P XI	5	+++	Sort bløtt mudder

Tabell 3. Prøvetaking med bunngrabb. Lokaliteter, dyp, gjennomsnittlig fyllingsgrad og beskrivelse av bunnforhold. Lukt av hydrogensulfid (H₂S): +++ sterk, ++ moderat, + svak, - ingen lukt.

Lokalitet	Stasjons- kode	Dyp (m)	Fyllings- grad	H ₂ S	Bunnforhold
<u>Gjevingpollen</u>					
v/Gloppe	P I	5	1:1	+++	Sort bløtt mudder med brunt topplag, dypere olivenfarget
v/Bergøy	P III	13	1:1	+	Grå silt med fin sand og skjellsand
<u>Tvedestrandsfjorden</u>					
Høydal	P IV	18	1:3	-	Fin sand
<u>Moland</u>					
Låddalsfjord	P V	5	1:1	+++	Sort bløtt mudder med brunt topplag, dypere olivenfarget. Plantefragmenter
Sjøverstø	P VI	11	1:1	+++	Sort bløtt mudder med brunt topplag, dypere oliven. Mye detritus.
<u>Isefjærfjorden</u>					
v/Isefjær	P VII	5	?	++	Fin sand, sagflis
v/Jaktevigen	P IX	9	?	++	Variierende mellom prøvene, fra skjellsand til bløtt sort mudder

4.1. De undersøkte lokalitetene

4.1.1. Gjevingpollen

Gjevingpollen er en liten poll ved Risøya i Tvedestrand kommune. Pollen har dyp ned til ca. 25 m og en terskel på ca. 15 m omtrent ved brua over til Risøya. De indre områdene av pollen er grunne med vanddyp ned til 12 m. Her er det en ny terskel på ca. 2 m. Det foreligger hydrografiske observasjoner fra mai 1985 (Bøhle 1986).

I pollen ble det tatt prøver inne ved Gloppe (st. PI) og i hovedbassenget mellom Bergøy og Risøya (st. PII, PIII) (Figur 2). Ved Gloppe ble det tatt grabb og slede på samme sted. I hovedbassenget viste sledeprøven fra 20 m (st. PII) at dypområdet i pollen hadde råttent bunnsediment med høyt innhold av hydrogensulfid. Grabbprøvene ble derfor tatt på noe grunnere vann (st. PIII), dvs. omtrent på nivå med terskeldypet.

På st. PI viste sledeprøven et mørk svært fint, men luktfritt sediment. I grabbprøvene var det derimot sterk lukt av hydrogensulfid (Tabell 2, 3). Dette kan skyldes at sedimentet var sterkt reduserende under overflaten. Lokale variasjoner i området kan heller ikke utelukkes.

Tabell 4. Fullstendig artsliste for bunnsledeprøven fra stasjon PI:
Gloppe i Gjevingpollen (5-7 m), 27 april 1989.

NEMATODA (rundmark)	
Nematoda indet	895
POLYCHAETA (mangebørstemark)	
Capitella capitata	8
Exogone sp.	69
Harmothoe sp.	19
Heteromastus filiformis	1
Kefersteinia cirrata	1
Macrochaeta clavicornis	106
Nereimyra punctata	17
Ophiodromus flexuosus	122
Pholoe minuta	43
Platynereis dumerilii	5
Polydora sp.	23
Protodorvillea kefersteini	49
Spio mecnikowianus	20
Syllidia armata	323
OLIGOCHAETA (fåbørstemark)	
Oligochaeta indet	95
PROSOBRANCHIA (forgjellesnegl)	
Bittium reticulatum	1
Hydrobia sp.	363
Nassarius pygmaeus	1
Onoba aculea	26
OPISTHOBANCHIA (bakgjellesnegl)	
Akera bullata	1
Ebala nitidissima	5
Elysia viridis	9
Retusa truncatula	33
Retusa umbilicata	6
BIVALVIA (muslinger)	
Abra alba	3
Musculus marmoratus	6
Mya sp.	5
Mysella bidentata	174
Mytilus edulis	12
Parvicardium ovale	3
APHIPODA (tanglopper)	
Gammarus sp.	6
Microdeutopus sp.	5
Corophium bonelli	4
INSECTA (insekter)	
Chironomidae indet	2
ASCIDIACEA (sekkedyr)	
Ascidiacea indet	4
PISCES (fisk)	
Gobiidae indet	1

Sledeprøven fra st. PI var artsrik (Tabell 4). En rekke av artene er typiske for bløtbunnsområder på grunt vann, men er kjent å tolerere dårlige oksygenforhold. Dette gjelder for eks. den lille muddersneglen Hydrobia. Store mengder rundmark og høye individtall for børstemarkene Ophiodromus flexuosus og Syllidia armata indikerer mindre gode forhold. Ophiodromus er en karakteristisk art som i pollene gjerne finnes i store mengder på grensen mellom oksygenert og anoksisk miljø.

Det var svært få gravende organismer i prøven. Dyrelivet synes derfor å være begrenset til bunnoverflaten. Dette er typisk for bunnsområder som er betydelig organisk belastet og hvor det utvikles hydrogensulfid i bunnsedimentet, men hvor vannmassene er oksygenerte.

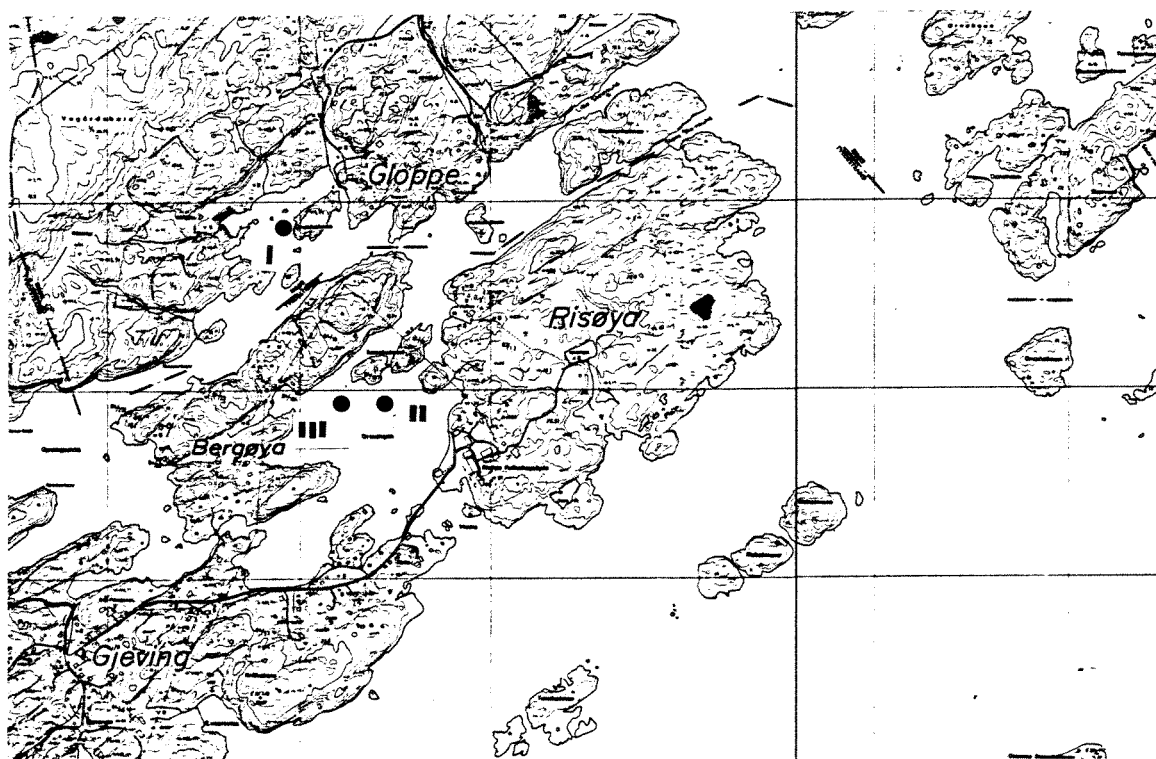
Sledeprøven fra st. PII luktet sterkt av hydrogensulfid, men var ikke uten liv (Tabell 5). De to dominerende artene, børstemarkene Capitella capitata og Ophiodromus flexuosus, er begge karakteristiske i organisk overbelastede miljøer hvor de lever på bunnoverflaten eller knyttet til det øverste bunnsjiktet. Dette viser at det var oksygen i vannmassene helt til bunnen, men det var ikke nok til å opprettholde bestander av gravende organismer.

Bøhle (1986) fant i mai 1985 oksygen i hele vannmassen i pollens ytre område, men det var nedsatte verdier nær bunnen. I det indre området var det gode oksygenforhold til 5 m dyp, men hydrogensulfid i vannet på 10 m. Disse observasjonene er i godt samsvar med bunnfaunaprøvene, men prøven fra st. PII indikerer at oksygenforholdene ved bunnen også i det ytre pollområdet er svært dårlige, sannsynligvis inntreffer det periodevis oksygensvikt.

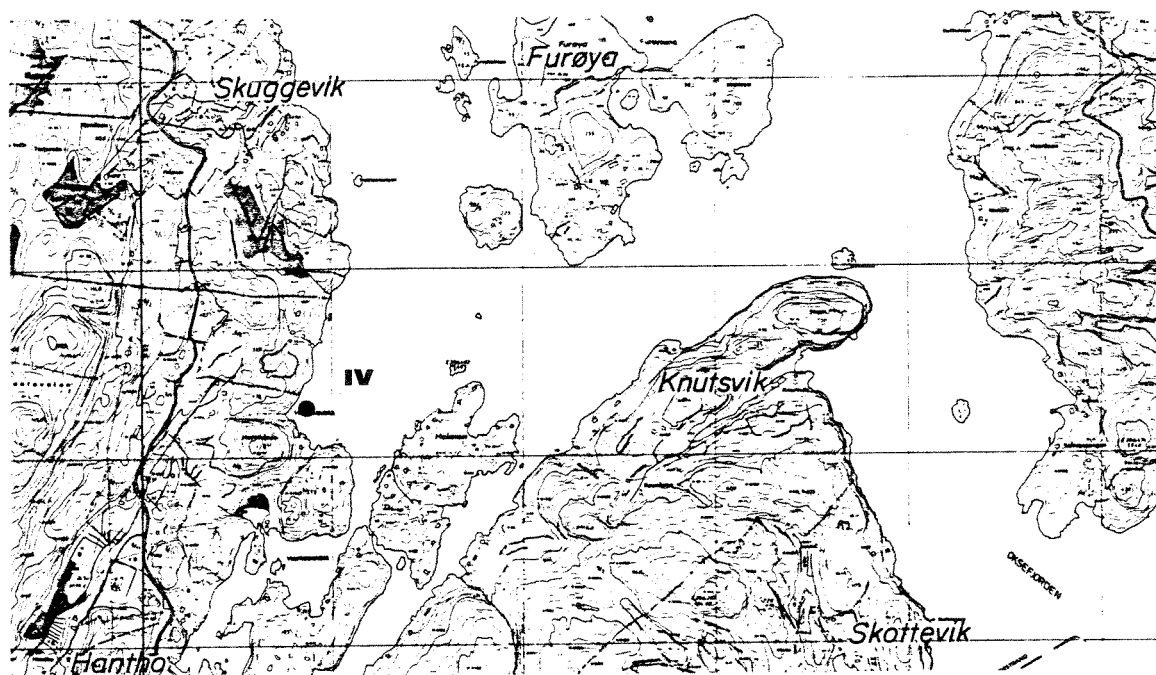
Noen omfattende dødelighet i pollen på grunn av vannutskiftning vinteren 1989 kan neppe ha funnet sted.

Tabell 5. Fullstendig artsliste for bunnsledeprøven fra stasjon PII: Bergøy i Gjevingpollen (20 m), 27 april 1989.

POLYCHAETA (mangebørstemark)	
Capitella capitata (Fabricius 1780)	277
Glycera alba (O.F.Mueller 1776)	1
Macrochaeta clavicornis	1
Ophiodromus flexuosus (Delle Chiaje 1822)	15
Pholoe minuta (Fabricius 1780)	1
OLIGOCHAETA (fåbørstemark)	
Oligochaeta indet	1
PROSOBRANCHIA (forgjellesnegl)	
Bittium reticulatum	1
BIVALVIA (muslinger)	
Abra alba (W.Wood 1802)	1



Figur 2. Lokalteter i Gjevingpollen.



Figur 3. Lokalitet for prøvetaking i Tvedestrandsfjorden

4.1.2. Tvedestrandsfjorden

Tvedestrandsfjorden er en lang fjord med flere terskler. Den innerste og grunneste terskelen er ved Furøy på 17 m dyp. Den midterste ligger ved Saltnes og har et dyp på 24 m. Mellom terskelene er det et basseng på 55 m, mens det innenfor den indre terskelen er et stort basseng med dyp ned til nærmere 90 m. Fjordens hydrografi er beskrevet av Dahl, Dahl og Danielsen (1985). Bunnfaunaundersøkelser ble foretatt i 1983-84 (Rygg og Wikander 1985).

Den undersøkte lokaliteten ved Høydal (st. PIV, Figur 3) ligger i det midtre bassenget. Sedimentet i sleden var mørk silt og sand, mens det i grabben var fin sand (Tabell 2, 3). Innholdet av sand indikerer at det er strøm og vannbevegelser ned til bunnen. Det var ikke hydrogensulfid i bunnsedimentet.

Sledeprøven var artsrik, men var dominert av typiske 'forurensningsarter' som Capitella capitata og Ophiodromus flexuosus (Tabell 6). Ophiodromus, som er en større form, utgjorde det meste av prøvens biomasse. Forekomsten av disse artene tyder på mindre gode forhold, og gir et annet inntrykk av forholdene enn sedimentet visuelt skulle tilsi.

Sledeprøven ble tatt langs en skråning over et dybdeintervall på omtrent ti meter (18-27 m). Det er derfor mulig at sledetrekket har gått langs en gradient fra dårlige forhold i det dypeste området til frisk bunn der trekket ble avsluttet. Grabbprøvene ble tatt ved det grunneste punktet (18 m). Dahl et al. (1985) viste at under 20 m avtar oksygeninnholdet med dypet i det midtre fjordbassenget, men de fant ikke oksygensvikt til noen tid av året. Derimot viste de tidligere bunnprøvene, tatt lenger ut og på større dyp i bassenget (57 m), dårlige forhold så godt som uten liv både i 1983 og 1984 (Rygg og Wikander 1985).

Artssammensetningen i sledeprøven viste liten likhet til grabbstasjonene fra undersøkelsen i 1985. Generelt er dette ikke unormalt fordi slede og grabb fanger svært ulikt. Det ble heller ikke tatt grabbstasjon i tilsvarende dyp i samme område av fjorden. Hovedinntrykket av prøven stemmer imidlertid med de tidligere bunnprøvene. Trolig er det generelt dårlige forhold på bunnen dypere enn 25-30 m i denne delen av fjorden.

Det kan ikke vises til noen unormal dødelighet av bunnfauna som følge av vannutskiftning vinteren 1989.

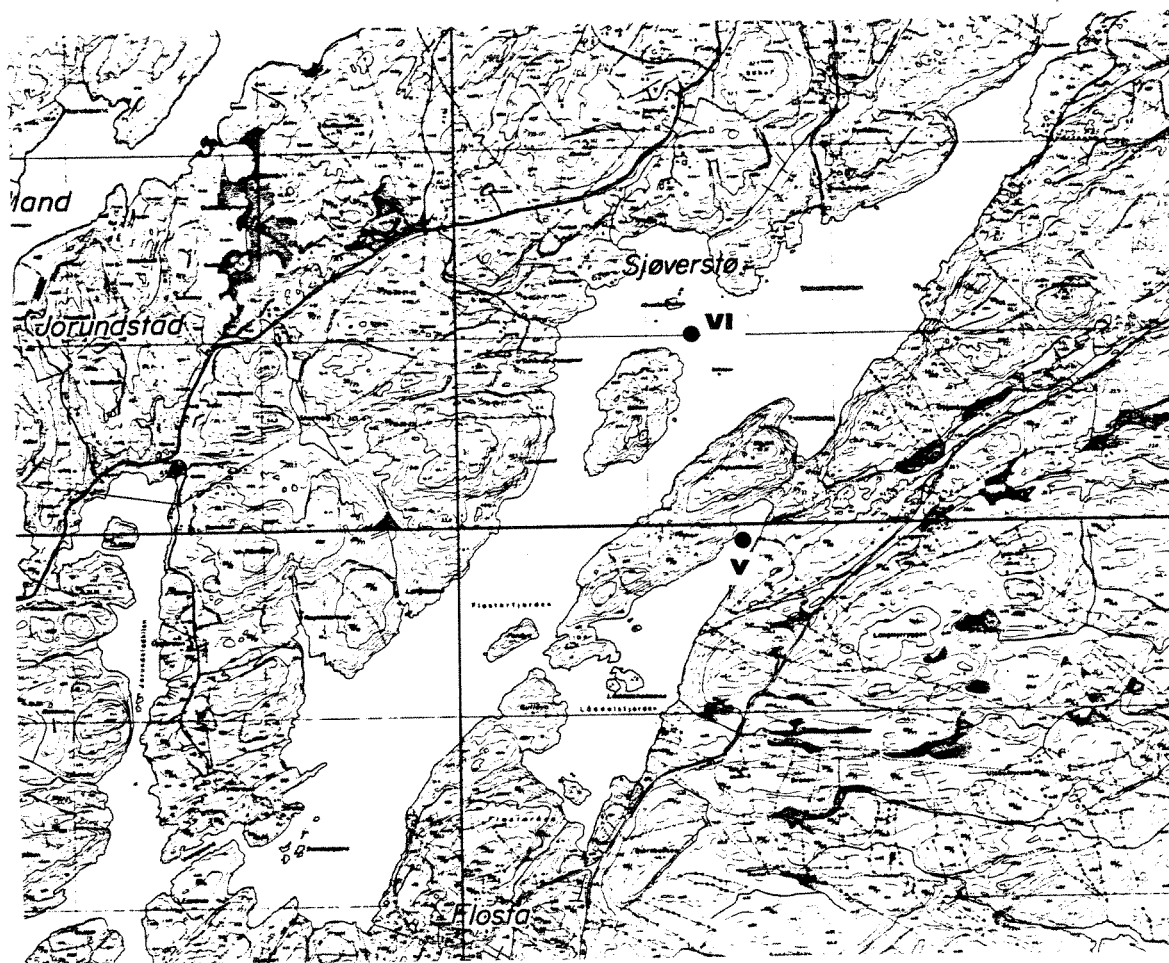
4.1.3. Moland

De to lokalitetene i Moland ligger begge i det trange og innelukkede fjordsystemet på innsiden av Flosta (Figur 4). Området er grunt og preget av mange mindre bassenger og terskler etter hverandre. Bøhle (1986, 1987) gir hydrografiske data for flere lokaliteter i området (Jorandstadkilen, Lindviga) som viser dårlige oksygenforhold dypere enn 5-8 m, i hvert fall om sommeren og høsten. I Jorandstadkilen, som har vært spesielt undersøkt, var det full vannutskiftning vinteren 1989. Sannsynligvis utskiftes vannet nesten hver vinter (Bøhle et al. 1989).

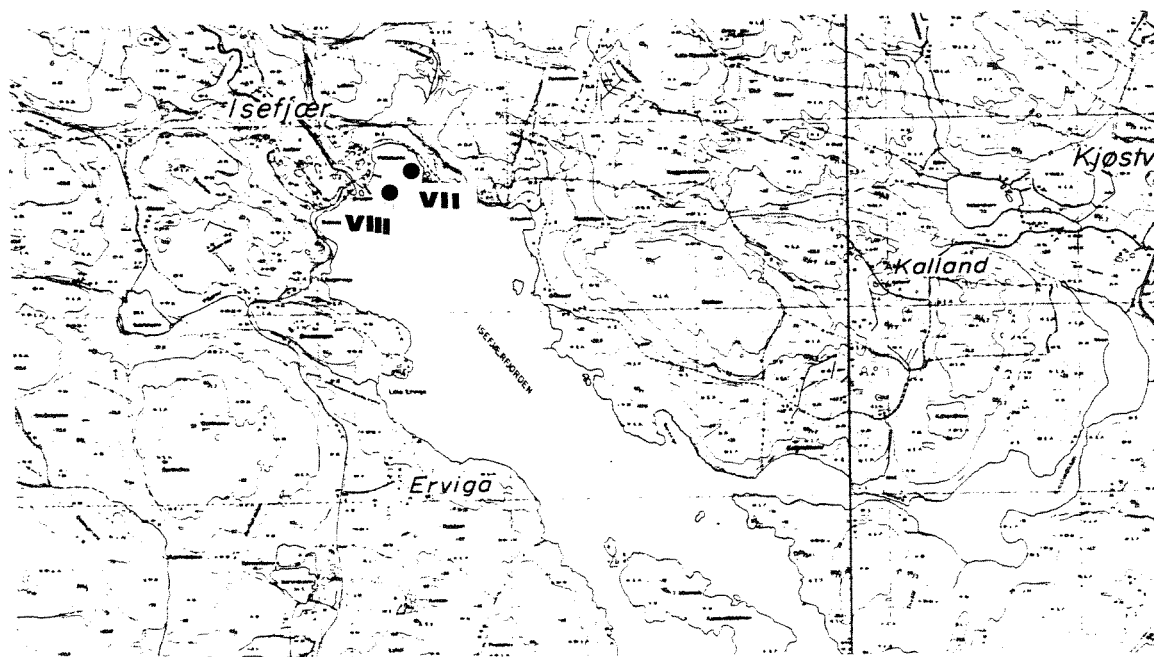
Det ble tatt prøver med både slede og grabb på grunt vann i den innelukkede Låddalsfjorden (st. PV) og med grabb på litt dypere vann utenfor Sjøverstø (st. PIV). Prøvene bar preg av høy organisk belastning. Alle prøvene viste sort bløtt mudder med høyt innhold av hydrogensulfid. I sedimentet var det mye planterester.

Tabell 6. Fullstendig artsliste for bunnsledeprøven fra stasjon PIV: Høydal i Tvedestrandsfjorden (18-27 m), 27 april 1989.

ANTHOZOA (koralldyr)	
Edwardsia longicornis	1
NEMERTINEA (båndmark)	
Nemertinea indet	11
NEMATODA (rundmark)	
Nematoda indet	60
POLYCHAETA (mangebørstemark)	
Capitella capitata (Fabricius 1780)	108
Chaetozone setosa Malmgren 1867	8
Glycera alba	14
Heteromastus filiformis (Claparede 1864)	8
Macrochaeta clavicornis	1
Myriochele oculata Zaks 1922	1
Ophiodromus flexuosus (Delle Chiaje 1822)	238
Phyllodoce sp	1
Polydora sp	6
Prionospio cirrifera Wiren 1883	1
Prionospio malmgreni Claparede 1868	41
Spio filicornis (O.F.Mueller 1766)	1
OPISTHOBANCHIA (bakgjellesnegl)	
Retusa umbilicata (Montagu)	4
Akera bullata Mueller 1776	1
BIVALVIA (muslinger)	
Abra alba (W.Wood 1802)	89
Abra nitida (Mueller 1789)	1
Arctica islandica (Linne 1767)	2
Astarte montagui Dillwyn 1817	1
Chamelea striatula	1
Corbula gibba (Olivi 1792)	9
Mysella bidentata (Montagu 1803)	91
Nucula nitidosa (Winckworth)	1
Tellina pygmaea	1
DECAPODA (tifotkreps)	
Philocheras bispinosus Hailstone	1
OPHIUROIDEA (slangesterner)	
Amphiura filiformis (O.F.Mueller)	1
Ophiura affinis Luetken	1
ECHINOIDEA (kråkeboller)	
Echinocardium cordatum (Pennant)	4
HOLOTHUROIDEA (sjøpølser)	
Leptosynapta inhaerens (O.F. Mueller)	2
ASCIDIACEA (sekkedyr)	
Ascidiacea indet	1
PISCES (fisk)	
Gobiidae indet	1



Figur 4. Lokalteter ved Sjøverstø og Låddalsfjorden innenfor Fløsta.



Figur 5. Lokalteter i indre del av Isefjærfjorden

Sledeprøven fra Låddalsfjorden (Tabell 7) var svært fattig og bekrefter at forholdene var dårlige. Alle artene kan tolerere høy organisk belastning. Slekten Polydora (børstemark) omfatter en rekke arter som ofte opptrer i tungt forurensede områder, f.eks er Polydora dominerende i indre Oslofjord.

Området synes generelt å være betydelig organisk belastet og ha en svært fattig fauna. Under disse forholdene kan vannutskiftningen vinteren 1989 neppe ha hatt noen spesielle skadevirkninger.

Tabell 7. Fullstendig artsliste for bunnsledeprøven fra stasjon PV: Låddalsfjorden i Moland (5-7 m), 27 april 1989.

CNIDARIA (nesledyr)	
Aurelia aurita	1
NEMATODA (rundmark)	
Nematoda indet	1
POLYCHAETA (mangebørstemark)	
Capitella capitata (Fabricius 1780)	1
Ophiodromus flexuosus (Delle Chiaje 1822)	3
Polydora sp	21
Syllidia armata Quatrefages 1865	1

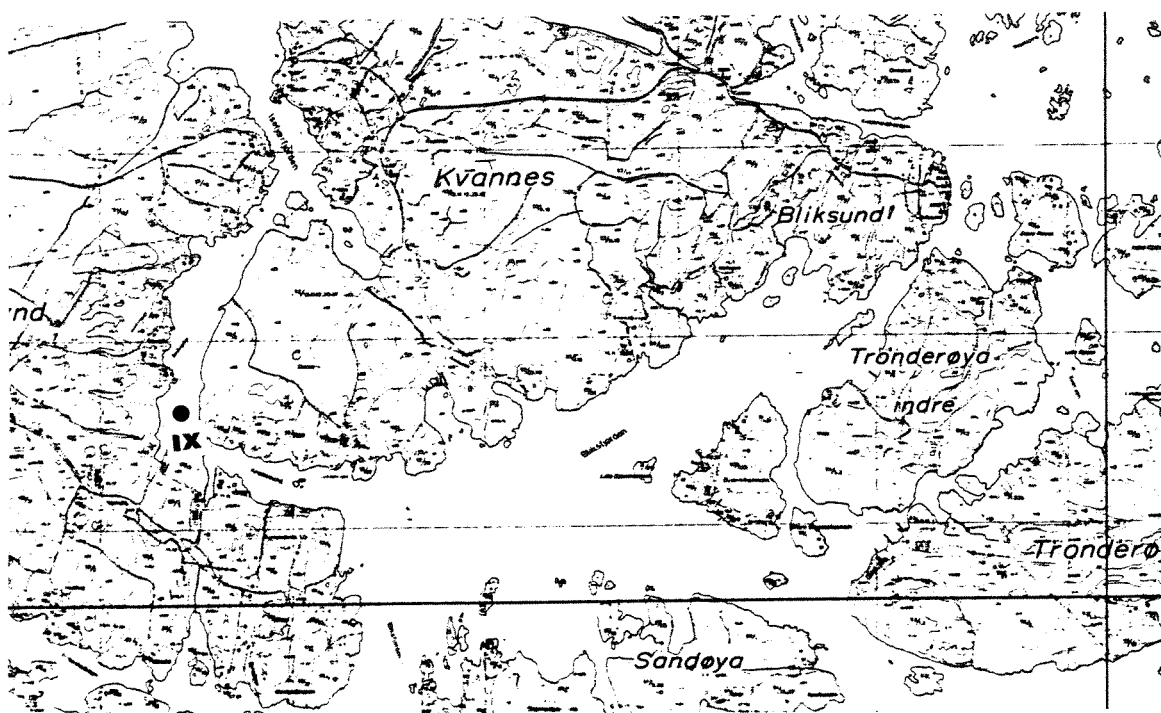
4.1.4. Isefjærfjorden

Isefjærfjorden i Høvåg har et smalt og trangt innløp med flere terskler. Den grunneste terskelen er på ca. 3 m. I indre del utvider fjorden seg og har dyp ned til 22 m. I fjorden ble det rapportert om dødelighet av fisk og pigghuder helt opp til fjæresonen under fornying av dypvannet vinteren 1989.

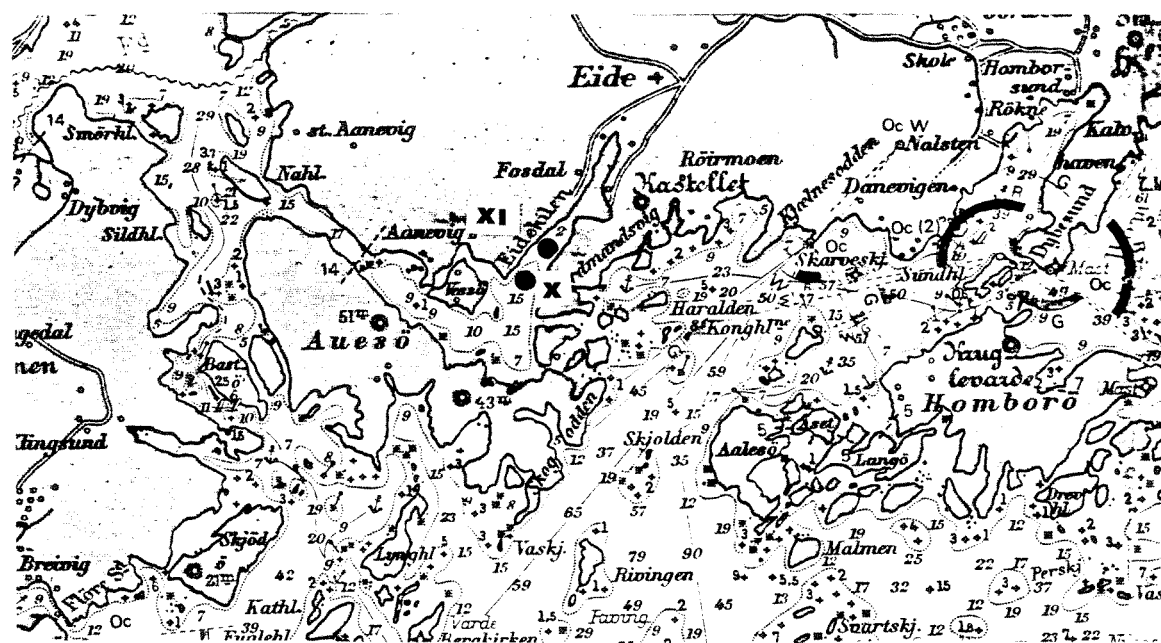
I forbindelse med vannutskiftningen foretok Bøhle et al. (1989) hydrografiske målinger i fjorden i januar og mars 1989. I januar var bare overflatevannet fullt oksygenert, mens det fra 1 m dyp var betydelig nedsatte verdier. Dypere enn 10 m var det hydrogensulfid i vannet. I mars var vannet oksygenert i hele vannsøylen, men med nedsatte verdier nærmest bunnen. Fjorden har også vært undersøkt tidligere. Det har da blitt funnet oksygen ned til 10 m, men hydrogensulfid i vannet dypere nede (Strøm 1936, Bøhle 1986).

I fjorden ble det tatt prøver aller innerst ved Isefjær (st. P VII og P VIII) og ved Jaktevigen like innenfor den ytterste terskelen (st. P IX) (Figur 5, 6).

På 5 m dyp ved Isefjær (st. P VII) besto bunnsedimentet av fin sand innblandet med sagflis (Tabell 2, 3). Grabbprøvene indikerte at det var hydrogensulfid i sedimentet under overflaten. På bunnen lå det mengder av buskformede rødalger som nærmest tilstoppet sledeprøven. På 10 m var det sort bløtt mudder med høyt innhold av hydrogensulfid. Her ble det ikke tatt grabbprøver.



Figur 6. Lokaltet for prøvetaking i ytre Isefjærfjorden.



Figur 7. Lokalteter ved Eide i Grimstad kommune.

Tabell 8. Fullstendig artsliste for bunnsledeprøven fra stasjon PVII: Isefjær i Isefjærfjorden (5 m), 28 april 1989.

ANTHOZOA (koralldyr)	
Tubularia sp	1
NEMATODA (rundmark)	
Nematoda indet	4
POLYCHAETA (mangebørstemark)	
Pholoe minuta (Fabricius 1780)	1
Polydora sp	1
Prionospio malmgreni Claparede 1868	2
OLIGOCHAETA (fåbørstemark)	
Oligochaeta indet	25
PROSOBRANCHIA (forgjellesnegl)	
Gibbula tumida	1
Hydrobia ulvae (Pennant)	348
Hydrobia ventrosa (Montagu)	2
Rissoa inconspicua Alder	1
Rissoa sarsi	3
OPISTHOBANCHIA (bakgjellesnegl)	
Retusa truncatula (Bruguiere 1792)	8
BIVALVIA (muslinger)	
Corbula gibba (Olivi 1792)	118
Mysella bidentata (Montagu 1803)	684
Mytilus edulis Linne 1758	57
AMPHIPODA (tanglopper)	
Amphipoda indet	1
Corophium bonelli	1
Microdeutopus sp	3
DECAPODA (tifotkreps)	
Paguridae indet	1
INSECTA (insekter)	
Chironomidae indet	1

Arts sammensetningen i sledeprøven fra 5 m dyp (st. P VII) var unormal (Tabell 8). Snegler og muslinger dominerte, mens det bare ble funnet noen ganske få børstemark. Det er ingen nærliggende forklaring til den fattige børstemarkfaunaen. En mulighet er at sleden har fanget selektivt på grunn av alle algene. En annen mulighet er at det har vært stor dødelighet under vannutskiftningen tidligere på vinteren, men at molluskene, som kan lukke seg inne i skall, har hatt mulighet for å klare seg gjennom perioder med råttent vann.

Tabell 9. Fullstendig artsliste for bunnsledeprøven fra stasjon PVIII:
Isefjær i Isefjær fjorden (10-11 m), 28 april 1989.

OLIGOCHAETA (fåbørstemark)	
Oligochaeta indet	137
PROSOBRANCHIA (forgjellesnegl)	
Hydrobia sp	1

Prøven fra 10 m (st. P VIII) var svært fattig og inneholdt så godt som bare fåbørstemark (Tabell 9). På dette dypet var det hydrogensulfid i vannmassene i januar (Bøhle at al. 1989). Tidligere har det vært målt oksygen dypere enn 10 m (Bøhle 1986), men det er nok normalt med oksygensvikt på dette dypet.

Prøvene fra Jaktevigen ved innløpet til fjorden (st. P IX) ble tatt i et dypområde mellom terskler. Bunnsedimentet varierte fra skjellsand til bløt sort mudder med tydelig lukt av hydrogensulfid. Dette er rimeligvis et strømrict område, men hvor finpartikulært materiale avsettes i de dypeste partiene. Bøhle (1986) fant gode oksygenforhold i dette området.

Sledeprøven var svært arts- og individrik (Tabell 10). Børstemarkene var den mest artsrike gruppen, men tallmessig dominerte snegl og muslinger, tildels de samme artene som ble funnet på st. P VII ved Isefjær. Flere arter som tolererer høy organisk belastning, f.eks. børstemarken Ophiodromus, muddersneglene Hydrobia og muslingen Corbula gibba, hadde høye individtall, men prøven var ikke spesielt preget av 'forurensningsarter'. Høy artsrikhet er vanlig på strømrige steder med stor variasjon i bunnforholdene.

Det var ingen forhold ved prøven som kan tyde på dødelighet i forbindelse med vannutskiftningen i fjorden.

Tabell 10. Fullstendig artsliste for bunnsledeprøven fra stasjon PIX:
Jaktevigen i ytre Isefjærfjorden (9 m), 28 april 1989.

NEMERTINEA (båndmark)	
Nemertinea indet	7
POLYCHAETA (mangebørstemark)	
Capitella capitata (Fabricius 1780)	3
Chaetozone setosa Malmgren 1867	5
Diplocirrus glaucus (Malmgren 1867)	1
Exogone naidina	1
Flabelligera affinis M.Sars 1829	3
Harmothoe sp	3
Kefersteinia cirrata (Keferstein 1862)	2
Macrochaeta clavicornis	4
Nephtys hombergii Savigny 1818	25
Nereimyra punctata (O.F.Mueller 1788)	2
Ophiodromus flexuosus (Delle Chiaje 1822)	27
Pectinaria koreni Malmgren 1865	1
Pherusa sp	2
Pholoe minuta (Fabricius 1780)	76
Platynereis dumerilii (Audouin & Milne-Edwards 1834)	7
Polydora sp	1
Prionospio cirrifera Wiren 1883	1
Prionospio malmgreni Claparede 1868	9
Protodorvillea kefersteini (McIntosh 1869)	2
Sphaerosyllis sp	1
Spio filicornis (O.F.Mueller 1766)	5
Syllidia armata Quatrefages 1865	3
PROSOBRANCHIA (forgjellesnegl)	
Bittium reticulatum	1
Hydrobia ulvae (Pennant)	48
Hydrobia ventrosa (Montagu)	97
Nassarius reticulatus	4
Rissoa albella	163
Rissoa inconspicua Alder	21
Rissoa membranacea	1
OPISTHOBANCHIA (bakgjellesnegl)	
Elysia viridis	17
Ophistobanchia indet	1
Philine sp	23
Retusa truncatula (Bruguiere 1792)	73
Retusa umbilicata (Montagu)	1
BIVALVIA (muslinger)	
Abra alba (W.Wood 1802)	314
Abra nitida (Mueller 1789)	32
Arctica islandica (Linne 1767)	2
Corbula gibba (Olivi 1792)	163
Cultellus pellucidus (Pennant)	13
Musculus marmoratus (Forbes)	3
Mya sp	1
Mysella bidentata (Montagu 1803)	14
Mytilus edulis Linne 1758	5
Parvicardium ovale (Sowerby)	2
Parvicardium scabrum (Philippi)	17
Spisula subtruncata (Da Costa)	2
Tellina pygmaea Loven	4
Thyasira sp	2
Venus striatula (Da Costa)	87
CUMACEA (kommakreps)	
Diastylis rugosa G.O.Sars	5
AMPHIPODA (tanglopper)	
Caprellidae indet	5
Microdeutopus sp	19
Photis reinhardi Kroeyer	2

Tabell 10 forts.

DECAPODA (tifotkreps)	
Carcinus maenas (L.)	4
INSECTA (insekter)	
Chironomidae indet	1
ASTEROIDEA (sjøstjerner)	
Asterias rubens L.	2
OPHIUROIDEA (slangestjerner)	
Ophiura robusta Ayres	7
Ophiura texturata Lamarck	5
ECHINOIDEA (kråkeboller)	
Echinocyamus pusillus (O.F.Mueller)	2
Psammechinus miliaris (Gmelin)	5
PISCES (fisk)	
Liparis sp	1
Pleuronectidae indet	1

4.1.5. Eidekilen

Eidekilen i Grimstad kommune ligger ved det østlige innløpet til Kaldvellfjorden. I innløpet er det et basseng med dyp til 17 m og grunne terskler både til sjøen utenfor og Kaldvellfjorden innenfor. Bøhle (1986) fant i mai 1985 godt oksygenererte vannmasser ned til 8 m, mens det var nesten oksygenfritt i 14 m.

Det ble tatt prøver med bunnslede både fra størstedypet (17 m) (st. P X) og på grunt vann (5 m) inne i selve kilen (st. P XI) (Figur 7). Begge prøvene viste sort bløtt mudder med høyt innhold av hydrogensulfid. Det ble ikke tatt grabbprøver på lokaliteten.

Det dypeste området (st. P X) må betraktes som dødt. I prøven var det bare to individer av børstemark i dårlig forfatning tilstede (Tabell 11). Også på 5 m dyp (st. P XI) var det svært få arter tilstede i prøven (Tabell 12). Eidekilen må betraktes som tungt organisk belastet. Trolig opptrer det regelmessig oksygenvikt i bunnvannet. Det er også sannsynlig at området utsettes for dårlig vann i mellomliggende dyp under perioder med vannutskiftning i Kaldvellfjorden. Sannsynligvis fornyes bunnvannet i Kaldvellfjorden hver vinter. Vannmassene ble fornyet og var fullt oksygenererte vinteren 1989 (Bøhle et al. 1989).

Tabell 11. Fullstendig artsliste for bunnsledeprøven fra stasjon PX: Vessøy i Eidekilen (17 m), 28 april 1989.

POLYCHAETA (mangebørstemark)	
Euclymene sp	1
Spionidae indet	1

Tabell 12. Fullstendig artsliste for bunnsledeprøven fra stasjon PXI: Eidekilen (5 m), 28 april 1989.

NEMERTINEA (båndmark)	
Nemertinea indet	2
POLYCHAETA (mangebørstemark)	
Heteromastus filiformis (Claparede 1864)	1
Lumbrineris sp	1
Melinna cristata (M.Sars 1851)	1
Tharyx sp	2
PROSOBRANCHIA (forgjellesnegl)	
Hydrobia spp.	65

5. DISKUSJON

De fleste terskelfjordene på Sørlandet har dårlig vannutskiftning og preges av dypvann med kritiske oksygenforhold. Svært mange fjorder har råttent bunnvann. Generelt drives vannutskiftninger av ferskvannstilførsel, vind, vannstandsvariasjoner og tetthetsforskjeller mellom kyst og fjordvann. Større eller mindre vannutskiftninger kan skje hele året, men fullstendig fornying av bunnvannet skjer fortrinnsvis vinterstid når tyngre vannmasser i kystvannet drives opp over terskeldyp og strømmer inn i fjordene (Magnusson et al. 1988).

Vinteren 1989 var spesiell på Sørlandet. Det var uvanlig mildt, samtidig som det var mye vind fra vestlig kant. Alle fjorder og kystområder var isfrie. Disse forholdene ga betingelser for omfattende dypvannutskiftninger. Bøhle et al. (1989) viste at dypvannet ble fornyet i de fleste fjordene. Det var imidlertid bare i enkelte fjorder at råttent vann ble brakt opp mot overflatelagene. Slike hendelser er kjent fra tidligere, f.eks. i Hellefjorden ved Kragerø og Trysfjorden i Søgne (Bøhle et al. 1989, Oug 1989), men det kan gå årtier mellom hver gang det skjer.

I Trysfjorden ble konsekvensene av vannutskiftningen undersøkt ved prøvetaking av bunnfauna i februar mens utskiftningen ennå pågikk (Oug 1989). Det var høy dødelighet av bunnfauna i 8-15 m dyp, men det ble funnet levende individer av enkelte børstemark og muslinger. I det ytre området av fjorden, hvor oppblandet dypvann strømmet ut i mellomliggende vannsjikt, ble det ikke påvist dødelighet. Konsekvensene for fjorden var nok derfor ikke så dramatiske som det kunne synes mens utskiftningen var i gang.

Denne undersøkelsen ble foretatt et par måneder etter at dypvannsfornyningen i fjordene stoppet opp. Det var derfor lite sannsynlig å finne direkte skader slik som døde dyr ved prøvetakingen. Eventuell omfattende dødelighet ville komme til syne ved svært artsfattige prøver på lokaliteter med ellers tilfredsstillende forhold for dyreliv.

På de fleste undersøkte lokalitetene kunne det ikke påvises noe unormalt. I Gjevingpollen, Tvedestrandsfjorden og Låddalsfjorden var det naturlig samsvar mellom fauna og de lokale miljøforholdene. De arts- og individrike prøvene fra st. PI (Gjevingpollen) og st. PIV (Tvedestrandsfjorden) viser at noen vesentlig dødelighet neppe kan ha funnet sted. Det er ikke kjent i hvilken grad det var vannutskiftning i disse områdene, men trolig var utskiftningen omfattende tatt i betraktning forløpet i undersøkte nærliggende områder (f.eks. Avereidkilen, Kvastadkilen, Jorandstadkilen) (Bøhle et al. 1989). Resultatene tyder nok heller på at faunaen ikke har fått særlige skader ved vannutskiftningen.

Prøven fra st. PVII i indre Isefjærfjorden var den eneste som viste unormale resultater. Det er derfor ikke usannsynlig at det har funnet sted en betydelig dødelighet av bunnfauna i området. Dette ville være å vente ut fra rapportene om hvor kraftig utskiftningen var i denne fjorden. Men prøvene viser at noen fullstendig utslettelse av bunnfauna var det ikke tale om. Dette samsvarer med resultatene fra Trysfjord hvor det heller ikke var total dødelighet (Oug 1989). F.eks. klarte muslingen *Gorbula gibba* seg også i Trysfjord selv om den der var tilstede i små antall.

Den svært artsrike prøven fra det trange partiet i ytre Isefjærfjorden (st. PIX) viser at utstrømmingen av dårlig vann ikke førte til alvorlige skader utover i fjorden. Effekter på grunt vann, dvs. over terskeldyp (< 3 m) kan imidlertid ikke utelukkes.

Generelt tyder denne undersøkelsen på at dyrelivet i terskelfjordene ikke ble påført alvorlige skader ved vannutskiftningene. Det er nok vesentlig i denne sammenheng at mange av artene som lever i terskelfjordene, er svært tolerante overfor organisk

belastning og vil kunne klare seg gjennom perioder med sviktende oksygenforhold. Flere arter vil også raskt kunne rekruttere nye bestander dersom høy dødelighet inntreffer. Omfattende dypvannsfornyelser kan derfor neppe betraktes som katastrofer for terskelfjordene, selv om virkningene kan synes dramatiske mens utskiftningen er i gang.

I forbindelse med vannutskiftningene ble det også reist spørsmål om vannkvaliteten i terskelfjordene er blitt dårligere i de siste årtier. Særlig har det vært fokusert på tilførsler av næringssalter til sjø som kan gi forsterket biologisk produksjon (eutrofiering), og som i sin tur kan føre til større oksygenforbruk og større problemer med hydrogensulfid-dannelse i terskelfjordene. Senere års forskningsresultater har påvist trender som tyder på økende eutrofiering i Kattegat og østlige Skagerrak. Nylig er det satt i gang et overvåkingsprogram i ytre kystområder av Sør-Norge for å klarlegge om denne trenden også gjør seg gjeldene over større områder (Rygg 1991). Sannsynligvis vil terskelfjordene på Sørlandet være svært utsatt ved eutrofiering. Det er derfor påkrevd med overvåking også av fjordene for å kunne følge en mulig utvikling i tid samtidig som det behøves mer kunnskap om prosesser og miljøtilstand i fjordene.

6. LITTERATUR

- Bøhle, B. 1986. Østerspoller på Skagerrakkysten. Egnethetsundersøkelser sommeren 1985. Flødevigen meldinger nr. 4-1986. 65 s.
- Bøhle, B. 1987. Hydrografi i fire poller på Skagerrakkysten 1986-1987. Flødevigen meldinger nr. 4-1987. 42 s.
- Bøhle, B., T. Jåvold & K. Kristiansen 1989. Hydrografiske forhold i noen fjorder og poller på Sørlandet vinteren 1989. Flødevigen meldinger nr. 4-1989. 28 s.
- Dahl, E., F.-E. Dahl & D.S. Danielsen 1985. Resipientundersøkelser i Tvedestrandsfjorden 1984. Flødevigen meldinger nr. 4-1985. 80 s.
- Dahl, E. & D.S. Danielsen 1987. Egnethetsundersøkelser for fiskeoppdrett på Skagerrakkysten. Flødevigen meldinger nr. 6-1987. 205 s.
- Magnusson, J., K. Næs & K. Tangen 1988. Resipientundersøkelse av fjordområdet ved Flekkefjord 1986/87. NIVA - rapport nr. 2071. Oslo/Grimstad. 102 s.
- Oug, E. 1989. Vannutskiftning og dødelighet av bunnfauna i Trysfjorden, Vest-Agder 1989. NIVA - rapport nr. 2285. NIVA-Sørlandsavdelingen, Grimstad. 27 s.
- Rygg, B. 1991. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Bløtbunnfaunaundersøkelser 1990. Årsrapport. Statlig prog. forurensningsovervåkning, rapport nr. 444A/91. SFT/NIVA, Oslo. 42 s.
- Rygg, B. & P.B. Wikander 1985. Bunnfaunaundersøkelser i Tvedestrandsfjorden. NIVA - rapport nr. 1795. Oslo/Grimstad. 33 s.
- Strøm, K.M. 1936. Land-locked waters. Skrifter, norske Videnskapsakademiet, mat.-naturvit. klasse 1936(7): 1-85.

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo
ISBN 82-577-2040-0