

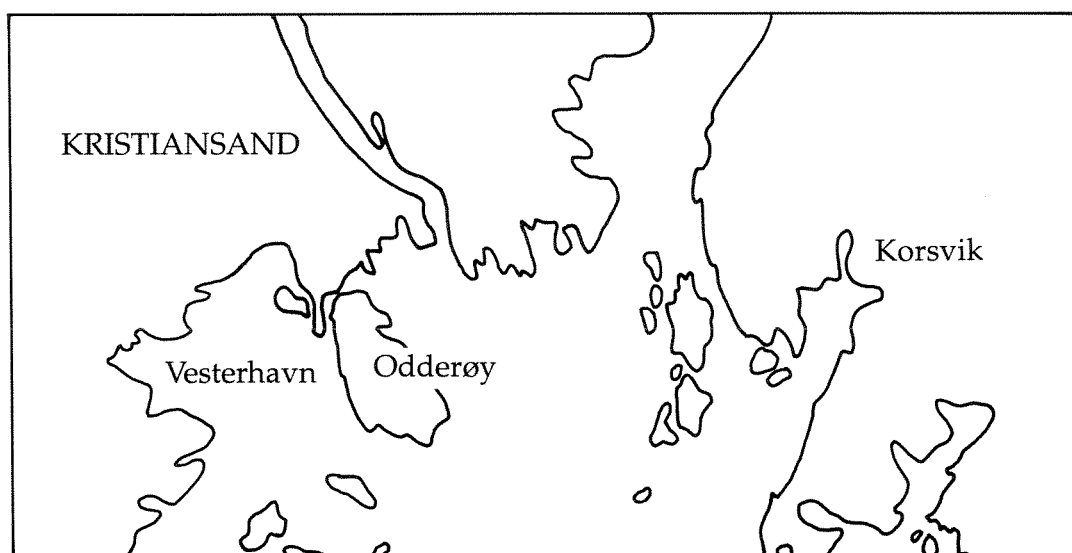


O-92128


Overvåking av
Kristiansandsfjorden

1992

Hardbunnsorganismer
og bløtbunnsfauna ved Odderøya,
i Vesterhavn og i Korsvikfjorden



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.:	Undernr.:
O-92128	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
3075	

Hovedkontor	Sørlandsavdelingen	Østlandsavdelingen	Vestlandsavdelingen	Akvaplan-NIVA A/S
Postboks 173, Kjelsås	Televeien 1	Rute 866	Thormøhlensgt 55	Søndre Tollbugate 3
0411 Oslo	4890 Grimstad	2312 Ottestad	5008 Bergen	9000 Tromsø
Telefon (47) 22 18 51 00	Telefon (47) 37 04 30 33	Telefon (47) 62 57 64 00	Telefon (47) 55 32 56 40	Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 22 18 52 00	Telefax (47) 37 04 45 13	Telefax (47) 62 57 66 53	Telefax (47) 55 32 88 33	Telefax (47) 77 68 05 09

Rapportens tittel: Overvåking av Kristiansandsfjorden 1992-93. Hardbunnsorganismer og bløtbunnsfauna ved Odderøya, i Vesterhavn og i Korsvikfjorden.	Dato: Trykket: 6.5.1994 NIVA 1994
Forfatter(e): Eivind Oug Tone Jacobsen Frithjof Moy	Faggruppe: Komm. forurensninger
	Geografisk område: Vest-Agder
	Antall sider: Opplag: 56 60

Oppdragsgiver: Kristiansand kommune	Oppdragsg. ref.:
--	------------------

Ekstrakt:

Fjordområdet ved Odderøya og Dybingen, som blir resipient for det nye Odderøya renseanlegg, hadde generelt gode forhold, men var stedvis noe påvirket av næringssalter, organiske tilførsler og mineralpartikler fra industri. I dypområdene ved Odderøya var forholdene klart bedre enn i 1983. Også i Vesterhavn-området var forholdene vesentlig forbedret, vist ved betydelig økte artstall for gruntvannsorganismer sammenlignet med 1982/83 og stedvis rik tangvegetasjon i fjæresonen. Vesterhavn er allikevel fortsatt preget av næringssalter og utslipp fra industri. I Korsvikfjorden var forholdene gode, men det var stedvis tegn til nedslamming og påvirkning av næringssalter på grunt vann. I dypområdene i Korsvikfjorden var det bare små endringer i forhold til 1977 og 1983. Utslippene fra renseanlegget kan ha helt lokale virkninger, men påvirker generelt området i liten grad.

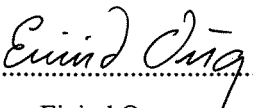
4 emneord, norske

1. Kristiansand
2. Kommunale forurensninger
3. Hardbunnsamfunn
4. Bløtbunnsamfunn

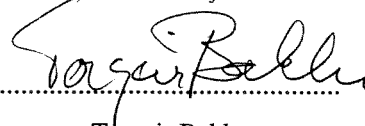
4 emneord, engelske

1. Kristiansand
2. Municipal discharges
3. Hard bottom communities
4. Soft bottom fauna

Prosjektleder


.....
Eivind Oug

For administrasjonen


.....
Torgeir Bakke

ISBN 82-577-2529-3

O - 92128

OVERVÅKING AV KRISTIANSANDSFJORDEN 1992-93

Hardbunnsorganismer og bløtbunnsfauna ved
Odderøya, i Vesterhavn og i Korsvikfjorden

Grimstad, 6. mai 1994

Prosjektleder: Eivind Oug

Medarbeidere: Tone Jacobsen
Frithjof Moy
Frank Kjellberg
Pirkko Rygg
Brage Rygg
Bodil Ekstrøm

FORORD

Denne undersøkelsen er gjennomført på oppdrag av Kristiansand kommune. Kommunen har nylig oppført og satt i drift et større renseanlegg for kommunalt avløpsvann på Odderøya med utslipp til hovedbassenget i Kristiansandsfjorden. Undersøkelsen ble gjennomført like før renseanlegget ble satt i drift. Samtidig er det gjennomført undersøkelser ved renseanlegget i Korsvikfjorden og i Vesterhavn for å beskrive tilstanden i disse områdene av fjorden.

Forslag til undersøkelser ble diskutert på et møte 18. mai 1992 hvor representanter for Kristiansand kommune, Fylkesmannens miljøvernavdeling og NIVA deltok. Et programforslag ble deretter gitt av NIVA 12. juni 1992. Tilsagn til undersøkelsene ble gitt i brev av 29. juni 1992 fra miljøvernssjefen, Kristiansand kommune.

Undersøkelsene på hardbunn (strandsone og dykkerregistreringer) ble utført av Tone Jacobsen og Frithjof Moy. Prøvetakingen for bløtbunn ble foretatt av Tone Jacobsen og Frank Kjellberg. I opparbeidelse av bunnprøvene har Bodil Ekstrøm, Pirkko Rygg og Brage Rygg deltatt.

Miljøvernssjef Øystein Holvik i Kristiansand kommune takkes for velvillig samarbeid.

Grimstad, 6. mai 1994

Eivind Oug
prosjektleder

INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD.....	2
INNHOLDSFORTEGNELSE.....	3
1. KONKLUSJONER OG SAMMENDRAG	4
1.1. Mål og hovedkonklusjoner	4
1.2. Sammendrag	4
2. INNLEDNING.....	6
2.1. Bakgrunn for undersøkelsene	6
2.2. Formål	6
2.3. Undersøkelsens faglige innhold og avgrensninger	7
2.4. Bruk av hardbunns- og bløtbunnsundersøkelser i resipientvurderinger ...	7
3. OMRÅDEBESKRIVELSE	8
3.1. Undersøkelsesområdet	8
3.2. Forurensningstilførsler	8
3.3. Brukerinteresser	10
3.4. Tidligere undersøkelser.....	10
4. MATERIALE OG METODER	12
4.1. Hardbunn.....	12
4.1.1. Stasjonsvalg.....	12
4.1.2. Prøvetaking.....	13
4.2. Bløtbunn.....	13
4.2.1. Valg av stasjoner	13
4.2.2. Prøvetaking.....	14
4.2.3. Tallbehandling	14
5. UNDERSØKELSER PÅ HARDBUNN OG I STRANDSONEN.....	16
5.1. Strandsonen	16
5.1.1. Vesterhavn.....	16
5.1.2. Odderøya - Dybingen	18
5.1.3. Østerhavn	18
5.1.4. Korsvikfjorden.....	19
5.1.5. Sammenfatning av fjæreundersøkelsene	19
5.2. Dykketransakter	22
5.2.1. De enkelte dykkestasjonene	22
5.2.2. Vurdering av dykketransaktene	24
5.3. Vurdering av resultatene	25
6. BLØTBUNNSUNDERSØKELSER	26
6.1. Bunnsedimenter.....	26
6.2. Fauna.....	28
6.2.1. Odderøya.....	28
6.2.2. Korsvikfjorden.....	31
6.2.3. Sammenligning med tidligere prøvetaking	32
6.3. Vurdering av resultatene	36
LITTERATUR.....	37
VEDLEGG	39

1. KONKLUSJONER OG SAMMENDRAG

1.1. Mål og hovedkonklusjoner

Undersøkelsen har hatt som mål:

- Beskrive miljøtilstanden i nærområdet til Odderøya før utslippet fra renseanlegget settes i verk. Data fra undersøkelsen skal danne grunnlag for eventuell senere overvåking.
- Klarlegge eventuelle forandringer i miljøtilstanden ved utslippsstedet til renseanlegget i Korsvikfjorden.
- Dokumentere graden av miljøforbedring i områder av Kristiansandsfjorden hvor forurensningsbelastningen er redusert.

Hovedkonklusjoner:

Sjøområdet nær Odderøya renseanlegg var noe påvirket av næringssalter på grunt vann og av organiske tilførsler og mineralpartikler fra industri på dypere vann. Dette må tilføres fra Vesterhavn-området. I dypområdet mellom Odderøya og Dybingen var det klart bedre forhold enn i 1983. På sydspissen av Odderøya var det gode forhold. Prøvetakingen danner et godt grunnlag for en senere overvåking av utslippene fra det nye renseanlegget.

I Korsvikfjorden var det gode forhold, men på grunt vann var det enkelte steder tegn til næringssaltpåvirkning og nedslamming. I dypområdet av fjorden var det bare små forandringer i forhold til 1977 og 1983. Utslipet fra renseanlegget kan ha helt lokale virkninger, men generelt viser undersøkelsene at utslippet påvirker området i liten grad.

I Vesterhavn var det klart bedre forhold sammenlignet med undersøkelsene i 1982/83. På alle undersøkte lokaliteter var antall arter i fjæresonen økt, og flere steder var det rik tangvegetasjon i strandkanten. Forbedringene var markante ved Myrodden og ved KMV-tomta. Vesterhavn er imidlertid fortsatt preget av næringssalter og industriutslipp.

I Østerhavn var lokalitetene i fjæresonen preget av ferskvann og næringssalter. Det kunne ikke påvises noen større endringer siden 1982/83.

1.2. Sammendrag

Kristiansand kommune har satt i drift et større renseanlegg for kommunalt avløpsvann på Odderøya fra høsten 1993. I Korsvikfjorden har det vært i drift et renseanlegg siden 1978. Denne undersøkelsen skal beskrive miljøforholdene i resipientene, ved Odderøya som en forundersøkelse og i Korsvikfjorden som en kontroll av virkningene av utslippet. Undersøkelsene omfatter også gruntvannsområder i Vesterhavn hvor det har vært en betydelig reduksjon i tilførslene av forurensninger fra industri og kommunalt avløpsvann over de senere årene.

Undersøkelsene har faglig to hovedmomenter:

- registreringer av fastsittende organismer (alger og dyr) på fjell i strandsonen og ned til ca. 30 m
- beskrivelse av fauna i bløte bunnsedimenter

Feltarbeidet ble gjennomført i juli 1992 (fjæra/dykkertransekt) og juni 1993 (bløtbunn).

Undersøkelsene i strandsonen omfattet 14 stasjoner, hvorav alle var tidligere undersøkt (Vesterhavn 4, Østerhavn 2, Odderøya/Dybingen 4, Korsvikfjord 4). På hver stasjon ble alger og dyr registrert semikvantitativt over en strekning på 50 m i 0-1 m dyp. Antall arter på stasjonene varierte mellom 13 og 41. Generelt var det flest arter i Korsvikfjorden. Her var det også i hovedtrekkene en normal fordeling mellom antall arter og mengder av rød-, brun- og grønnalger. På sydspissen av Odderøya var det få arter (13), mest trolig som følge av bølgepåvirkning. På de andre stasjonene i området Odderøya-Dybingen virket strandsamfunnene normale. I Vesterhavn ble det registrert forholdsvis mange arter (15-27), men stasjonen nærmest industriutslippet ved Falconbridge (st. F33: Fig. 2) var svært artsfattig. Lokalitetene var påvirket dels av næringssalter og dels av industriutslipp. Ved alle stasjonene i Vesterhavn var det en økning i antall arter fra 1982/83 til 1992, og ved flere stasjoner var det rik tangvegetasjon i strandkanten. I Østerhavn var det moderate artstall (18-23), men overvekt av grønnalger/påvekstalger viser at området er påvirket av ferskvann og næringssalter.

Dykkerundersøkelsene omfattet fire stasjoner (Myrodden i Vesterhavn, Dybingen nord, Odderøya syd, Korsvikfjorden), hvor tre var tidligere undersøkt. På Myrodden (st. D01: Fig. 2) var det nedslamming og relativt mye grønnalger. Stasjonen var tydelig forurensningspåvirket, men det var en sterk økning i antall arter sammenlignet med 1982/83 (antall algearter økt fra 9-10 til 35) og større forekomster av tang og tare. Dette viser at vannkvaliteten i området er vesentlig forbedret. På Dybingen (st. D05) var det vegetasjon ned til 30 m. Stasjonen var noe næringssaltpåvirket. På sydspissen av Odderøya (st. F37) var det normal algevegetasjon ned til 15 m, men sandbunn dypere nede. I Korsvikfjorden (st. D09) var det høyest artsrikhet med en overvekt av rødalger. Stasjonen var stedvis sterkt nedslammet dypere enn 15 m og var noe påvirket av næringssalter. Det var små forandringer fra 1982/83. Stasjonen ligger svært nær utslippet fra renseanlegget og kan være påvirket av dette. På alle dykkestasjonene ble det registrert flere algearter i 1992 enn i 1982/83.

Prøvetakingen på bløtbunn omfattet de tidligere prøvetatte stasjonene ved Odderøya (K25, 65 m) og i Korsvikfjorden (K7, 70 m) og en ny stasjon plassert mellom Dybingen og Bragdøya (K41, 27 m) (Fig. 2). Prøvene ble tatt med en 0.1 m² 'van Veen'-grabb, 4 paralleller på hver stasjon. En delprøve av sediment ble analysert for glødetap, organisk karbon (TOC) og nitrogen (TN).

Stasjonene ved Odderøya og Dybingen (K25, K41) hadde grått siltig/sandig bunnsediment med normalt til lavt organisk innhold. Det var en artsrik og tilnærmet normal fauna, men prøvene bar preg av noe påvirkning av organiske tilførsler. Det var også sverting på enkelte arter som må skyldes mineralpartikler fra industriutslipp. På K25 var det en betydelig økning i artsrikheten sammenlignet med 1983. Dette viser at miljøtilstanden er vesentlig bedret i området. I Korsvikfjorden (K7) var det finkornet siltig bunnsediment med normalt organisk innhold. Bunnfaunaen var normal og viste klar likhet til prøvene tatt i 1983 og 1977. Det var ingen påvisbare virkninger fra utslippet.

Undersøkelsen viser at området nær utslippet fra Odderøya renseanlegg var noe påvirket av forurensning. I dypområdene (bløtbunn) var imidlertid forholdene klart bedre enn i 1983. Dette må henge sammen med den generelle forbedringen av vannkvaliteten i Vesterhavn-området. I Korsvikfjorden var forholdene gode og omtrent som i 1983. Utslippet fra renseanlegget kan ha helt lokale virkninger på hardbunn, men i dypområdet (bløtbunn) var det stabilt gode forhold. I Vesterhavn var forholdene klart bedre enn ved basisundersøkelsen i 1982/83. I indre havneområder kommer de store tangartene tilbake. Området er imidlertid fortsatt påvirket av næringssalter og utslipp fra industri, men en må forvente ytterligere bedringer i årene fremover som følge av stadige reduksjoner i utslippene.

2. INNLEDNING

2.1. Bakgrunn for undersøkelsene

Kristiansand kommune har satt i gang flere tiltak for å bedre vannkvaliteten i Kristiansandsfjorden. Blant disse er bygging av flere renseanlegg. Et nytt større renseanlegg ble satt i drift på Odderøya høsten 1993 for å behandle kommunalt avløpsvann som til nå er sluppet ut i Vesterhavn og Østerhavn ved Kristiansand sentrum. Det nye utslippet blir like sør for Odderøya, på ca. 50 m dyp. Innlagringsdypet for avløpsvannet er beregnet til 20-40 m (Molvær 1991). I tillegg til arbeidet med sanering av kommunale avløp, har industrien i området redusert sine utslipp etter 1987. Det er flere observasjoner som har tydet på at overflatevannet er vesentlig forbedret og at strandvegetasjonen kommer tilbake i Vesterhavn.

I Korsviksfjorden på Kristiansandsfjordens østside ligger det et renseanlegg som har vært i drift siden 1978. Utslippsmengden har vært omtrent konstant de siste årene. Ved Bredalsholmen på fjordens vestsida ble det satt i drift et større renseanlegg i 1990. Dette anlegg mottar avløpsvann fra Vågsbygd og områdene vest for Kristiansand sentrum.

Denne undersøkelsen omfatter sjøområdene ved Odderøya og Korsvikfjorden. I forbindelse med igangsettingen av det nye renseanlegget og ny utslippstillatelse til Korsvikfjorden ønsket Kristiansand kommune å gjennomføre en tilstandsundersøkelse av resipientene. I tillegg omfatter undersøkelsen indre områder av Vesterhavn hvor belastningen er redusert.

Forurensningsproblemene i Kristiansandsfjorden og behovene for tiltak har blitt klarlagt gjennom en rekke undersøkelser. Det viktigste grunnlaget ble lagt gjennom en bred basisundersøkelse i 1982-84 som tok for seg både industriutslipp og kommunale forurensninger (Molvær 1986). Foreliggende undersøkelse bygger direkte på deler av basisundersøkelsen og er dels et tillegg, dels en oppfølging av denne. Ved igangsetting av Bredalsholmen renseanlegg ble det gjennomført en tilsvarende undersøkelse i de vestlige områder av Kristiansandsfjorden (Oug & Moy 1991).

2.2. Formål

Undersøkelsen skal:

- Beskrive miljøtilstanden i nærområdet til Odderøya før utslippet fra renseanlegget settes i verk. Data fra undersøkelsen skal danne grunnlag for eventuell senere overvåking.
- Klarlegge eventuelle forandringer i miljøtilstanden ved utslippsstedet til renseanlegget i Korsvikfjorden.
- Dokumentere graden av miljøforbedring i områder av Kristiansandsfjorden hvor forurensningsbelastningen er redusert.

2.3. Undersøkelsens faglige innhold og avgrensninger

Undersøkelsene har faglig to hovedmomenter:

- registreringer av fastsittende organismer (alger og dyr) på fjell i strandsonen og ned til ca. 30 m
- beskrivelse av fauna i bløte bunnsedimenter

Begge faglige elementer gir informasjon om tilstanden i sjøområdet. Hardbunnsundersøkelsene gir informasjon om fjæresonen og de øvre vannlag, mens bløtbunnsundersøkelsene indikerer hvordan tilstanden i de dypere områdene er. Begge fagelementer inngår ved undersøkelsene nær renseanleggene. I Vesterhavn og indre deler av Østerhavn ble det bare gjort hardbunnsregistreringer.

2.4. Bruk av hardbunns- og bløtbunnsundersøkelser i resipientvurderinger

Undersøkelser av naturlig forekommende bunnlevende organismer gir et godt grunnlag for å beskrive tilstand og overvåke utviklingstendenser i et sjøområde. Alle arter stiller bestemte krav til miljøet, de vil enten overleve eller gå til grunne, og dersom miljøet endrer seg vil nye arter komme til. Best informasjon får man ved å betrakte den totale sammensetningen av arter ('samfunn'). Under normale og gode miljøforhold vil mange arter finne livsbetingelser, og samfunnet preges av høy artsrikhet. Ved forurensning eller andre miljøforstyrrelser avtar artsrikheten, men arter som klarer seg, kan finnes i store mengder. Samfunnenes sammensetning sammen med kjennskap til de enkelte artenes miljøkrav gir derfor grunnlag for å karakterisere tilstanden i et område.

Bløtbunnsfauna og hardbunnsregistreringer utfyller hverandre i resipientundersøkelser.

Hardbunnsregistreringer gjennomføres i strandsonen og på moderate dyp (ned til ca. 20 m) og vil derfor gi informasjon om effekter av forurensninger i de øvre vannlag (overgjødning, flytestoffer).

Prøvetakingen på bløtbunn omfatter de dypere områdene av resipienten og vil derfor vise effekter av forurensninger som synker ned i vannmassene (sedimenterende materiale).

3. OMRÅDEBESKRIVELSE

3.1. Undersøkellesområdet

Kristiansandsfjorden (Figur 1) er en dyp fjord (260 m) med åpen forbindelse til Skagerrak i sørøst. I vest er det forbindelse gjennom Vestergapet med dyp til ca. 40 m. Det sentrale havneområdet for Kristiansand, Vesterhavnen, har hovedinnløp mellom Odderøya og Dybingen. Østerhavnen øst for Odderøya har åpen forbindelse til hovedfjorden og forbindelse innover til Topdalsfjorden.

Dypområdet i Kristiansandsfjorden strekker seg inn mot ytterenden av Odderøya og et stykke inn i Østerhavnen. På en linje mellom sydpunten av Odderøya og Sjursøy går dypet ned til 170 m. Mellom sydøstspissen av Dybingen og Odderøya er det nær 100 m. Innover i Østerhavnen blir det gradvis grunnere, men det er dyp ned til 70 m i en kile sørvest av munningen av Otra. Sentralt i Vesterhavnen er bunndypet 35-40 m mens dypet avtar til 15-20 m innover til Fiskåbukta. Korsvikfjorden har for det meste dyp på 60-80 m.

Det nye utslippet fra Odderøya renseanlegg er plassert på 50 m dyp like ut for renseanlegget. Utslippets plassering er vist på kart i Figur 2.

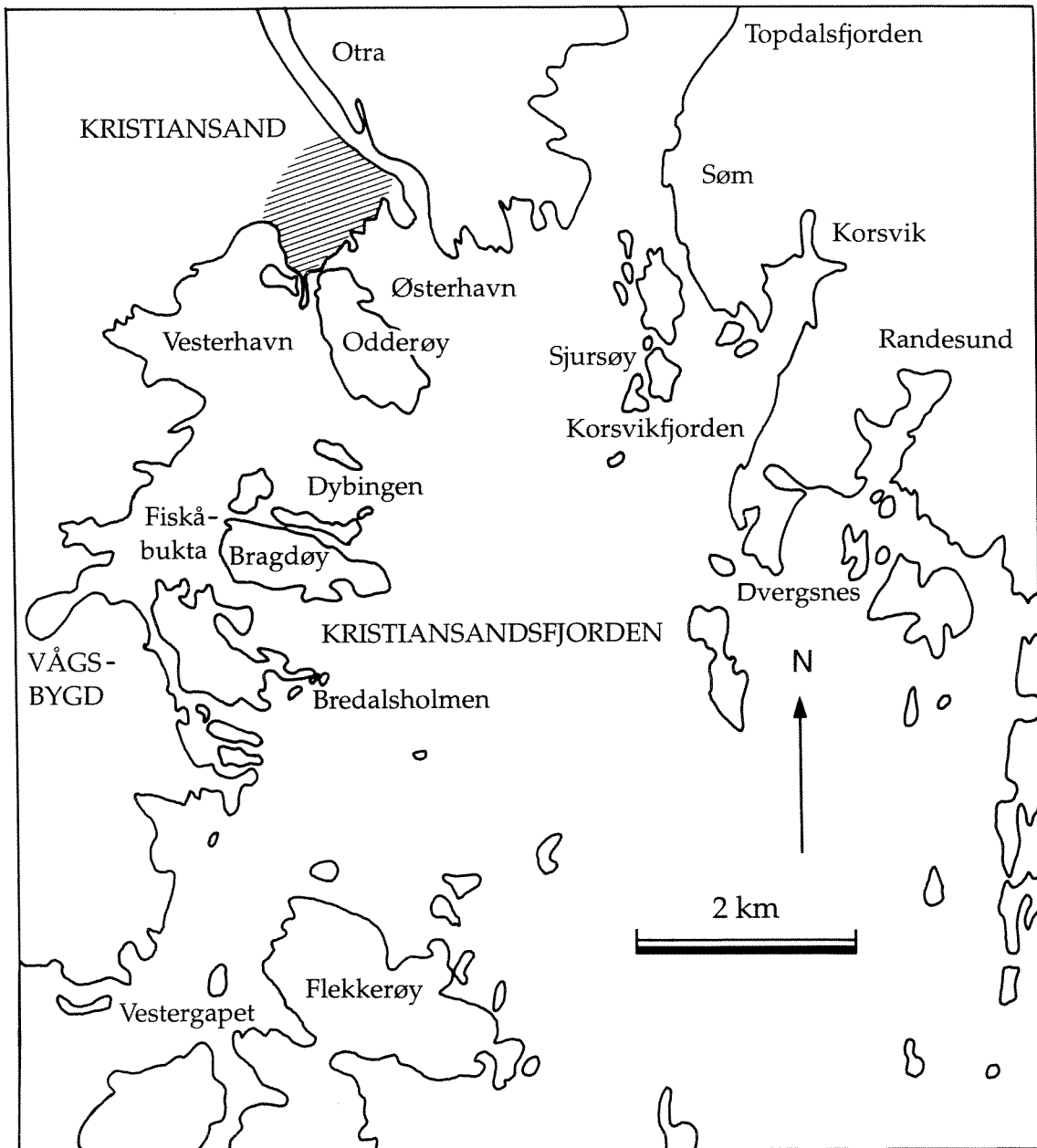
Vannutskiftningen i Kristiansandsfjorden er god. Midlere oppholdstid for overflatevann synes å være 0.5-1.5 døgn for selve Kristiansandsfjorden og 1-2 døgn for Vesterhavn og Fiskåbukta. Dypvannet skiftes ut over 1-2 uker (Molvær et al. 1986). Overflatevannet i Østerhavnen er sterkt påvirket av elvetilførslene fra Otra.

3.2. Forurensningstilførsler

Kristiansandsfjorden har vært betydelig forurenset av utslipp fra industri og kommunal kloakk. Sterkest har belastningen vært på Vesterhavnen som ved basisundersøkelsen i 1982-84 ble karakterisert som moderat til sterkt forurenset. Hovedproblemet har vært industriutslipp av organiske miljøgifter og metaller (Molvær 1986). Utslippene av kommunalt avløpsvann påvirket vannmassene i moderat grad, men det var høyere konsentrasjoner av næringssalter og lavere siktedyp enn i selve Kristiansandsfjorden (Molvær et al. 1986). I Vesterhavn var det også betydelige virkninger på organismsamfunnene i strandsonen og på bløtbunn (Green et al. 1985, Rygg 1985).

Både industrien og Kristiansand kommune har satt i gang en rekke tiltak for å redusere utslippene og bedre vannkvaliteten i fjorden. Det er nå i drift tre kloakkrenseanlegg (Korsvikfjorden, Bredalsholmen, Odderøya) som fullt utbygd vil ta hånd om alt kommunalt avløpsvann. Alle anleggene foretar kjemisk rensing av avløpsvannet.

Renseanlegget i Korsvikfjorden har vært i drift siden 1978. Anlegget mottar avløpsvann tilsvarende 14.500 personekvivalenter. Det har vært små endringer i driften siden oppstart, men med en viss økning (ca. 2000) i de senere årene. Bredalsholmen renseanlegg ble satt i drift i 1990-91 og mottar avløpsvann fra boligområdene vest for Kristiansand. Anlegget har en kapasitet tilsvarende avløpsvann fra 35.000 personer.



Figur 1. Kart over Kristiansandsfjorden

Odderøya renseanlegg ble satt i drift i september 1993. Anlegget vil ta i mot avløpsvann fra Kvadraturen, sentrumsnære områder, Torridal og Vennesla. Ved oppstart var ca. 36.000 personekvivalenter tilknyttet anlegget, mens dette vil øke til ca. 48.000 når alle anlegg er tilknyttet. Anlegget er bygd som et mekanisk-kjemisk renseanlegg med primærfelling. Kjemisk rensing ble satt i verk fra november 1993.

Ved oppstart av de nye anleggene opphører alle utslipp av kommunalt avløpsvann til de indre fjordområdene. I Vesterhavn og Fiskåbukta var utslippene i 1990 ca. 26.000 personekvivalenter (tall fra Kristiansand kommune).

Selv om dagens utslipp er redusert, er det fortsatt høye konsentrasjoner av organiske miljøgifter og metaller i bunnsedimenter og organismer i Vesterhavn og Fiskåbukta (Næs 1985, Molvær 1986, Knutzen et al. 1991, Knutzen et al. 1994).

I tillegg til de lokale utslippene tilføres Kristiansandsfjorden betydelige mengder næringssalter, spesielt nitrogen, med elvevann. På grunn av rask fortykning i fjorden er gjødslingseffektene av nitrogentilførselene små (Molvær et al. 1986). I Otra transporteres også betydelige mengder organisk stoff fra industrien på Vennesla.

3.3. Brukerinteresser

Vesterhavn og Odderøya er nærområdet til Kristiansand sentrum. Det meste av Odderøya har inntil nylig vært båndlagt for militære formål, men er nå åpnet for almen bruk. Området vil ventelig få stor rekreasjonsmessig betydning siden det blir lett tilgjengelig. Områdets attraktivitet vil selvfølgelig også øke når vannkvaliteten i nærområdet forbedres. Flere øyer vest og syd for Vesterhavn, som Bragdøya og Dybingen, er vernet som friluftsområder.

Korsvikfjorden er et sentralt friluftsområde for boligområdene øst for Topdalsfjorden. I områdene omkring har det i de senere år foregått en betydelig boligbygging. I fjorden er det småbåthavn med marina og noe lettere industri.

3.4. Tidligere undersøkelser

Tidligere er det gjort en rekke undersøkelser i Kristiansandsfjorden som omfatter både naturforhold (vannutskiftning, biologi) og forurensninger. Basisundersøkelsen i 1982-84, som ble gjennomført under Statlig program for forurensningsovervåking, omfattet:

- forurensningstilførsler
- vannutskiftning og vannkvalitet
- sedimentenes innhold av forurensninger
- dyreliv på bløtbunn
- plante- og dyrelivet i strandsonen og på grunt vann
- miljøgifter i organismer.

Resultatene er sammenfattet av Molvær (1986). Undersøkelser gjennomført før basisundersøkelsen er listet av Molvær (1981).

I 1977 ble det gjort en undersøkelse av bløtbunnsfauna på to stasjoner i Korsvikfjorden før renseanlegget ble satt i drift (Rygge 1979).

Nyere relevante undersøkelser omfatter undersøkelsen av organismesamfunn (hard- og bløtbunn) ved Bredalsholmen renseanlegg og i Fiskåbukta (Oug & Moy 1991) og innlagingsberegningene for avløpsvannet fra Odderøya renseanlegg (Molvær 1991). Andre nyere undersøkelser omfatter betydningen av økte nitrogen- tilførsler i ellevannet (Hindar et al. 1989), vurdering av fjorden som resipient for utslipp fra treindustri (Molvær et al. 1989), overvåking av steinmasseutfylling ved KMV i Vesterhavn (Koniczny 1992), vurderinger av dyp for utslipp av prosessvann fra Falconbridge Nikkelverk (Jacobsen 1993), miljøgifter i sedimenter og organismer (Knutzen et al. 1991, Knutzen og Berglind 1992, Knutzen et al. 1994) og PAH i sedimenter (Næs 1992).

For tiden er det i gang undersøkelser i Østerhavn i forbindelse med at utslippene fra treforedlingsindustrien på Vennesla, som i dag går til Otra, skal føres i ledning til fjorden og slippes ut på dypt vann.

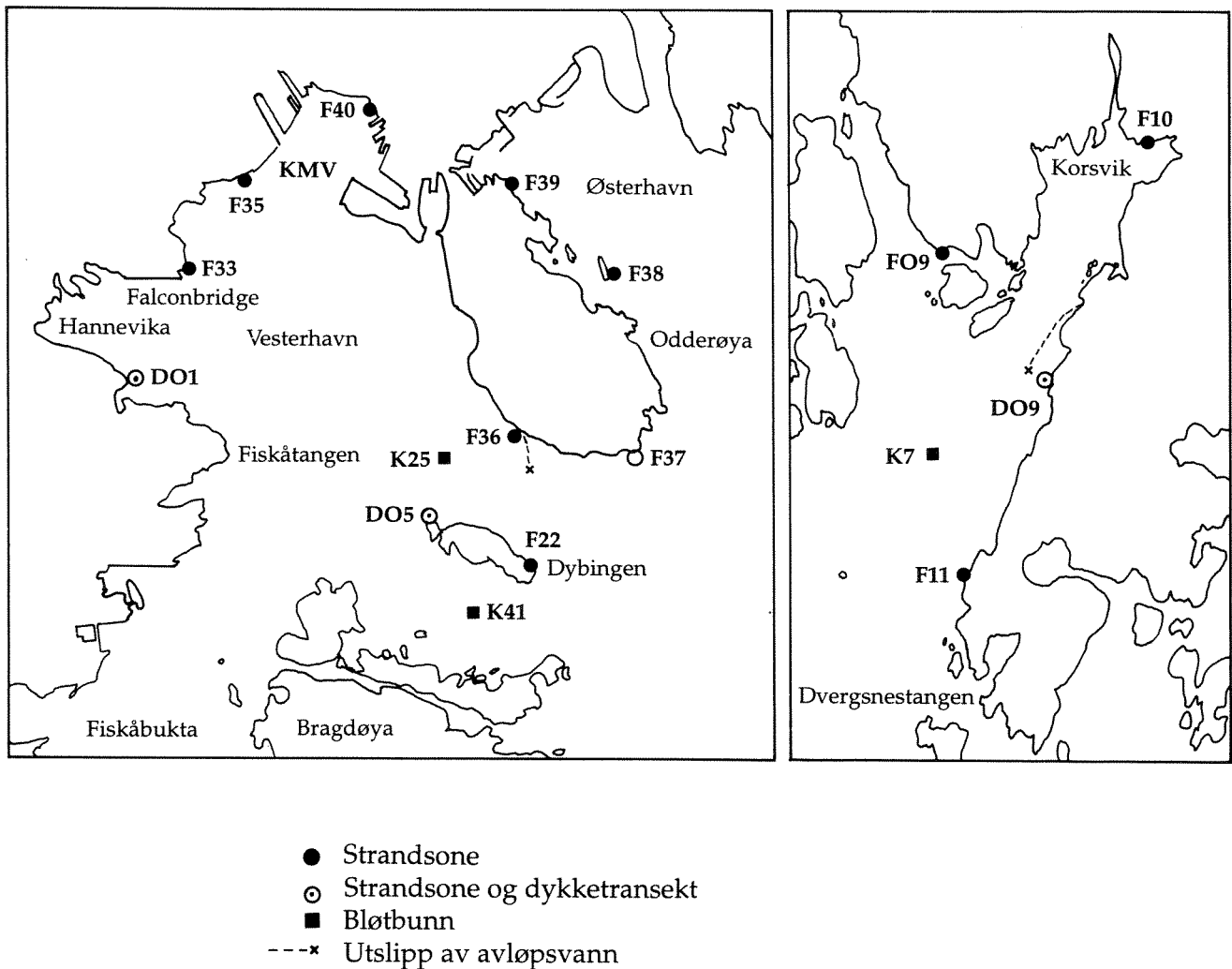
4. MATERIALE OG METODER

Metodikk og valg av lokaliteter er gjort i samsvar med undersøkelsene av hardbunnsorganismer og bløtbunnsfauna under basisundersøkelsen i 1982-84 (Green et al. 1985, Rygg 1985). Stasjonsnumre fra basisundersøkelsen er beholdt for stasjoner som er gjenbesøkt.

4.1. Hardbunn

4.1.1. Stasjonsvalg

Undersøkellesområdet omfatter Østerhavn, Vesterhavn, området Odderøya-Dybingen og Korsvikfjorden. I alt 14 stasjoner ble undersøkt (Fig. 2). Stasjonene var de samme som ved basisundersøkelsen i 1983 (Green et al. 1985), med unntak for en ny stasjon (st. 40) innerst i Vesterhavn. På hver av stasjonene er det foretatt registreringer av organismesamfunn i fjørebeltet (strandsonen), mens det på fire stasjoner i tillegg ble gjort registreringer med dykker ned til ca. 30 m.



Figur 2. Stasjoner for prøvetaking på hardbunn (strandsoner/dykkertransekt) og bløtbunn i Kristiansandsfjorden 1992/93.

4.1.2. Prøvetaking

Undersøkelsene ble foretatt i perioden 14 - 17 juli 1992.

Strandsonen

Organismesamfunnet i strandsonen (0 - 1 meter) ble undersøkt ved å registrere alle fastsittende, makroskopiske alger og dyr (større enn 1 mm) i et ca. 50 meter langt belte langs stranden. Metoden innebærer registrering ved fridykking i maksimalt 20 minutter. Registreringen er kvalitativ og dels kvantitativ ved at artenes forekomst blir angitt etter en subjektiv 4-delt skala (e = enkeltfunn, s = spredt, v = vanlig, d = dominerende).

Dykketransekt

Dykketransektene ble gjennomført ved å registrere alle fastsittende alger langs en rett linje (transekt) fra øvre til nedre grense for algevegetasjonen (maks. 30 meter dyp). Algene ble registrert kvalitativt og kvantitativt ved at forekomst ble angitt etter en subjektiv 4-delt skala (som for fjæreorganismer). Enkelte dyr ble registrert, men det foreligger ikke fullstendige registreringer av faunaen. Under dykket ble registreringene nedtegnet på land via telefonforbindelse med dykkeren. Vanskelige identifiserbare arter ble samlet inn og bestemt i laboratorium.

4.2. Bløtbunn

4.2.1. Valg av stasjoner

Det ble tatt bløtbunnsprøver på tre stasjoner (Figur 2). To av stasjonene er i nærområdet til Odderøya renseanlegg (st. K25: 65 m, og st. K41: 27 m) og en i Korsvikfjorden (st. K7: 70 m). Stasjonene K7 og K25 er tidligere prøvetatt i forbindelse med basisundersøkelsen av Kristiansandsfjorden i 1983 (Rygg 1985).

Stasjon K25 er plassert like utenfor Odderøya-anlegget og er den av de tidligere prøvetatte stasjoner som er nærmest til utslippsstedet. Den tjener derfor som en naturlig overvåkingslokalitet. Samtidig ble stasjonen valgt for å kunne klarlegge eventuelle endringer i tilstanden siden 1983. Stasjon K41 ble valgt i dypområdet for innlagring av avløpsvannet (20-40 m). I dette dypintervallet er det fast bunn med fjell, stein og grus nær land ved Odderøya og Dybingen. Området mellom Dybingen og Langøya/Bragdøya synes å være det nærmeste sted hvor det er egnede forhold for å ta bløtbunnsprøver.

Stasjon K7 ble i 1983 prøvetatt for å klarlegge mulige effekter av utslippene i Korsvikfjorden. I denne undersøkelsen er prøvetakingen gjentatt for å kontrollere for eventuelle endringer i tilstanden. Ved førundersøkelsen i Korsvikfjorden i 1977 ble det tatt to stasjoner (KO2, KO3). Av disse lå KO3 ganske nær K7.

Samtidig med prøvetakingen på de nevnte stasjonene ble det tatt prøver på ytterligere fem stasjoner i Østerhavn og dypområdet av hovedfjorden. Disse prøvene vil bli opparbeidet i annen sammenheng, men enkelte prøvedata og visuelle observasjoner for alle lokalitetene er gjengitt under resultatene nedenfor. Nøyaktige kartkoordinater for alle stasjonene er gitt i Vedleggstabell 2.1.

4.2.2. Prøvetaking

Prøvetakingen ble foretatt 7. juni 1993 fra fartøyet 'Stril Explorer'. Prøvene ble tatt med en 0.1 m² 'van Veen' type bunngrabb. På hver stasjon ble det tatt fire parallelle grabbhugg. Under prøvetakingen ble det gjort en visuell beskrivelse av bunnsedimentet og det ble kontrollert for innhold av hydrogensulfid (H₂S).

Fra ett grabbhugg på hver stasjon ble det tatt en liten delprøve av overflatesedimentet til analyse av kornfordeling (sedimentfraksjon < 63 µm) og organisk innhold (glødetap, TOC, TN). Sedimentfraksjonen < 63 µm bestemmes ved våtsikting. Organisk innhold som glødetap bestemmes ved forbrenning ved 550 °C, mens totalt organisk karbon (TOC) og totalt nitrogen (TN) analyseres ved en elementanalysator etter at uorganiske karbonater er fjernet med saltsyre.

For fauna ble grabbhuggene slått sammen, vasket på 5 og 1 mm sikter og siktematerialet konservert i 4 % nøytralisert formaldehydløsning. Ved opparbeidingen av faunaprøvene ble dyrene sortert fra siktematerialet, identifisert og telt.

4.2.3. Tallbehandling

Tallbehandlingen er foretatt på grunnlag av artslistene og de enkelte artenes individtall i prøvene. For hver enkelt prøve (stasjon) er det beregnet *artsmangfold*. Sammenligninger mellom stasjonene og til tidligere prøver er foretatt med såkalte '*multivariate*' analyser. Disse analysene gir en relativ beskrivelse av forskjeller og likheter i faunaens sammensetning mellom prøvene, som igjen gir et grunnlag for å tolke eventuelle forandringer.

Utfyllende beskrivelser av metodene og formler for benyttede indekser er gitt i Vedlegg 3

Artsmangfold

Det er benyttet to mål for å uttrykke artsmangfold. Målene gir en enkeltverdi (indeks) eller beskriver en funksjon for den enkelte stasjon.

Shannon-Wiener indeks (H'). H' er en indeks som øker i tallverdi ved økende antall arter og når individene er jevnt fordelt mellom artene. Normalt artsmangfold, som gjenspeiler gode miljøforhold, representeres ved verdier > 3.1 (SFT 1993). Indeksens minimumsverdi er null.

Hurlbert's funksjon. Dette er et grafisk mål for artsmangfold hvor antall arter plottes som en kurve mot antall individer. Grovt sett vil lavt artsmangfold (få arter) vises ved flate liggende kurver, mens høyt artsmangfold gir kurver som stiger bratt i diagrammet. Rygg (1984) har utarbeidet et standarddiagram for inndeling av kurvene i klasser basert på undersøkelser i en rekke norske fjorder. Tolkning basert på denne funksjonen kan derfor settes i en større sammenheng. I denne undersøkelsen er endepunktene for kurvene (ikke selve kurvene) plottet i dette diagrammet.

Fra Hurlberts funksjon er det også beregnet en indeks, E(S₁₀₀), som gir forventet antall arter ved 100 individer. Ved gode forhold skal indeksverdien (antall arter) overstige 18.5 (SFT 1993).

Likhet mellom prøver - 'multivariate' analyser

Analysene for faunalikhet er foretatt ved 'clusteranalyse' og 'MDS-ordinasjon'. I begge analysene fremstilles et diagram som illustrerer graden av likhet mellom prøvene. I clusteranalysen fremstilles dette i et hierarkisk system hvor prøvene knyttes sammen i grupper fra de som er mest like til de som viser størst forskjell. I MDS-ordinasjon representeres prøvene ved punkter i et koordinatsystem på en slik måte at innbyrdes avstand mellom punktene representerer graden av likhet (jo større avstand, jo mindre likhet).

Alle verdier er dobbel rot-transformert før analysene.

Beregningene er utført i programpakken PRIMER, utgitt av Plymouth Marine Laboratory, England.

5. UNDERSØKELSER PÅ HARDBUNN OG I STRANDSONEN

5.1. Strandsonen

5.1.1. Vesterhavn

D01 Myrodden

Lokaliteten lå nord-nordøstlig vendt og var beskyttet mot bølgeslag. Strandsonen var dominert av blæretang og havsalat (Tabell 1). De trådformete algene brunslil og tangdokka var vanlige påvekstlger. I undervegetasjonen vokste bendelsleipe, fjærehinne, vanlig grønn dusk, lys grønn dusk, tarmgrønske og strandtagl. Vanlige dyr var blåskjell, stor strandsnegl, hydroider (*Laomedea* sp. og *Clava* sp.) og rur. Sjøstjerner fantes spredt. I alt ble 19 algearter og 7 dyrearter registrert i strandsonen. Lokaliteten var nedslammet og virket noe næringssaltanrikt.

F33 Nordodden (Falconbridge)

Lokaliteten lå øst-sørøstlig vendt og var beskyttet/ semi-eksponert. Stasjonen var svært artsfattig med ensartede samfunn, og det var lite vegetasjon. Fjellet og steinene var enten dekket av små, kortvokste bestander av tarmgrønske (*Enteromorpha* sp.) ispedd grønn dotter (*Spongomorpha* spp.), eller små brune tuster som bestod av diatomé-kolonier og slam. Brunslil vokste spredt. Det ble gjort enkeltfunn av tynn rekeklo, fjærehinne, strandtagl, blæretang og tanglo. Det ble registrert 9 algearter og 6 dyr i 1992, mot tilsammen 4 algearter og 3 dyrearter i 1982 og 1983 (Green et al. 1985). De fleste artene som ble registrert for første gang i 1992, ble registrert med enkeltfunn. Små blåskjell og hydroider dominerte faunaen i 1992. Lokaliteten var tydelig negativt påvirket.

F35 KMV (Kristiansand mekaniske verksted) vest.

Lokaliteten var sørøstlig vendt og beskyttet mot bølgeslag. Stasjonen hadde mye vegetasjon, men var nedslammet. Blæretang dominerte strandsonen, mens fingertare var vanlig på litt dypere vann (1-2 meter). Det var mange påvekstlger, som brunslil, tanglo, røddokka, og tynn rekeklo. I undervegetasjonen vokste det spredte eksemplarer av fjærehinne, tarmgrønske, havsalat og strandtagl. Små blåskjell dominerte faunabildet, mosdyr var vanlige og rur og hydroider fantes spredt. Det ble registrert 15 alge- og 12 dyrearter, mens det tilsammen i 1982 og 1983 ble funnet henholdsvis 8 alge- og 6 dyrearter. Tynn rekeklo og tarmgrønske var de eneste artene som er registrert både i 1982/83 og i 1992. Det ble registrert størst økning i antall rød- og brunalger. Mange av disse er flerårige arter, som viser at forandringene ikke kun skyldes årsvariasjoner av ettårige alger. Endel av de nye artene ble registrert som dominerende og vanlige, som for eksempel røddokka, havsalat, blæretang og fingertare. Stasjonen representerer et område som trolig har gjennomgått de største forandringene siden 1982/83.

F40 Steinfylling nedenfor busstasjonen.

Lokaliteten var sørvestlig vendt og godt beskyttet. Også på denne stasjonen var det endel vegetasjon, hvor blæretang og havsalat dominerte strandsonen. Vanlige arter på og under tangen var gaffelgrenet havpyrd, tynn rekeklo, tarmgrønske og brunslil. Det ble gjort enkeltregistreringer av søl og fjærehinne. Grisegang, som ofte forsvinner fra forurensede områder, ble observert på bryggepåler et stykke tilside for der registreringene ble foretatt. Stasjonen virket likevel næringssaltanrikt. Tilsammen ble det funnet 15 alge- og 12 dyrearter. Stasjonen ble ikke undersøkt i 1982/83.

Tabell 1. Forekomst av utvalgte arter i Kristiansandsfjorden. Tegnforklaring: e = enkeltfunn, s = spredt, v = vanlig, d = dominerende.

	F9 Gaasholmen													
	F10 Korsvik													
	F11 Dvergsnes vest													
	D09 Sør for Valvika													
	D01 Myrodden													
	F33 Nordodden													
	F35 KVM vest													
	F40 Europakaia													
	D05 Dybingen nord													
	F22 Dybingen sør													
	F36 Odderøya Fyr													
	F37 Odderøya sør													
	F38 Bleikerøya													
	F39 Noddevik													
ALGER	F9	F10	F11	D09	D01	F33	F35	F40	D05	F22	F36	F37	F38	F39
Rødalger														
Sjørís	s	v	d	d					v	v	v	s		
Rekeklo	v	v	d	v			s		d	d	d	d		s
Krusflik	v	v	v	v				s						
Svartkluft	s	s	v											
Rugl	v	v	v									v		s
Røddokke	s	v	d	s			v							
Fiærehinne					v	e	s	e						
Grønnalger														
Vanlig grønnndusk	v	s	v	v	s				s				s	
Grønnndusk	s	s	s		s				s				s	s
Tarmgrønske	s	s	e	s	v	d	d	v	s				v	v
Havsalat	s		s		d		d	d	v	e				
Brunalger														
Grisetang				e				⊗						
Blæretang	d	d	v	v	d	e	d	d	d				s	d
Sagtang	d	d	d	d									d	d
Brunslí	v	d	v	v	v-d	s	s	v	v	s			s	
Tanglo			v	v		e	s		v	s			v	
DYR														
Mosdyr I	v	s	v	v										
Mosdyr II	v	v	v	v			v	v	v	v	s			
Mosdyr III	v	v	v	v			v	v	s				s	s
Hydroide I			s	s-v	v		s	v				e	s-v	
Hydroide II	v	v	d	v					s					
Sikskhår (hydroide)	v	s	v	d	v		s	v	d		s			
Korstroll	v	s	s	v	s		e	s						
Rur		v	s	v	v	v	v	v	s	d	d	d	v	v
Strandsnegl	s	v	s	v	v	s	s	e-s	s				s	v
Blåskjell (store)	v	s	v	v	d	s	s	s	v-d					v
Blåskjell (små)	s	s		v		d	d	d	d	d	d	d	s-v	s



Eksemplarer av grisetang ble funnet på bryggepåler like ved stasjon F40.

5.1.2. Odderøya - Dybingen

D05 Dybingen nord

Lokaliteten var nordlig vendt og moderat eksponert. Blæretang og rekeklo dominerte, mens gjelvtang vokste spredt. Vanlige arter på og under tungen var sjøris, tynn rekeklo, havsalat, finsveig, brunsl, tanglo og små tareblad. Ellers var det spredte funn av bendelsleipe, tangdokka, vanlig grønndusk, lys grønndusk, tarmgrønske og strandtagl. 18 alge- og 9 dyrearter ble registrert i 1992, og det var ingen synlige tegn til forurensning.

F22 Dybingen sør

Lokaliteten var sørøstlig vendt og moderat eksponert. Den var dominert av marebek og rur øverst i fjæresonen, og blåskjell, rekeklo og fjæreblood litt lengre nede. Tang vokste ikke på stasjonen (trolig p.g.a bølgeeksponeringen), men fingertare var dominerende på dypere vann. Sjøris og fjærehinne var vanlig, mens bendelsleipe, krøllhårsalge og brunsl vokste spredt. Totalt ble 13 alge- og 5 dyrearter registrert i 1992, mot henholdsvis 18 og 3 i 1982 og 1983. Hverken i 1982/83 eller i 1992 virket stasjonen påvirket av næringsalter.

Det har vært en økning i antall arter fra 1969, da det bare ble registrert 5 algearter på Dybingen (Stene-Johansen et al. 1971).

F36 Odderøya fyr

Lokaliteten var sørvestlig vendt og moderat eksponert. Fingertare dominerte fra 1-2 meters dyp, mens over denne var strandsonen dominert av rekeklo, rur og små blåskjell (juvenile). Sjøris og laksesnøre var vanlige, mens bendelsleipe vokste spredt. Den skorpeformete rødalgen slettrugl dominerte på fjell og steiner. 8 alge- og 6 dyrarter ble funnet i 1992 mot 11 og 3 arter i 1982/83. Stasjonen virket ikke påvirket av næringsalter.

F37 Odderøya sør

Lokaliteten var sørvestlig vendt, og moderat til høyt eksponert for bølgepåvirkning. Rekeklo, rur og blåskjell dominerte også på denne lokaliteten. Bendelsleipe, slettrugl og fjærehinne var vanlige, mens sjøris, lys grønndusk og hydroider fantes spredt. Det ble registrert 8 alge- og 5 dyrearter i 1992 mot 19 og 3 arter i 1982/83. Det ser ut til å være største nedgang i grønналger og brunalger på denne stasjonen.

5.1.3. Østerhavn

F38 Bleikerøya

Lokaliteten var vestlig vendt og moderat eksponert. Den var tydelig ferskvannspåvirket i overflaten, med få arter og sterk dominans av grønналger i fjæresonen. Marebek vokste i et belte øverst, deretter fulgte et belte hvor grønналgen krøllhårsalge og rur dominerte. Vanlige og spredte arter på denne stasjonen var fjæreblood, dvergtarmgrønske, tarmgrønske, vanlig og lys grønndusk, brunsl, strandsnegl, mosdyr og små blåskjell. Sagtang dominerte på litt dypere vann. Blæretang vokste spredt. Det ble registrert i alt 12 alge- og 6 dyrearter i 1992 mot tilsammen 24 og 4 arter i 1982/83 (18 alger i 1982 og 12 alger i 1983).

F39 Nodevik

Lokaliteten var østlig vendt og beskyttet. Sagtang dominerte, men det var fingertare og sukkertare fra ca. 1 m dyp. I undervegetasjonen fantes følgende arter: rekeklo, fjæreblood, slettrugl, krøllhårsalge, lys grønndusk, tarmgrønske, martaum, diatomè-kolonier, blåskjell (store og små), strandsnegl, rur og mosdyr. Det var også mange sjøstjerner tilstede. Det ble i alt funnet 16 alge- og 7 dyrearter i denne undersøkelsen mens det i 1982/83 ble funnet henholdsvis 13 og 3 arter. Hverken fingertare eller sukkertare ble registrert i 1982/83. Blæretang og grisatang var vanlige i 1982/83, men var ikke dominerende som i 1992. Stasjonen virket anrikt av næringsalter.

5.1.4. Korsvikfjorden

F09 Gåsholmen

Lokaliteten var sørlig vendt og beskyttet. Blæretang og sagtang dominerte på grunt vann, mens fra 1-2 meter og dypere dominerte fingertare. Rekeklo og brunslis vokste som epifytter på tangen. Vanlig undervegetasjon var krusflik, slettrugl, fjæreblood og vanlig grønndusk. Sjøris, bendelsleipe, tarmgrønnske, havsalat og martaum vokste spredt. Vanlige dyr var sjøstjerner, blåskjell og mosdyr mens strandsnegl, posthornmark og strandkrabber fantes spredt. Stasjonen virket noe næringspåvirket på grunn av påvekstalgene. Det ble funnet 22 alge- og 14 dyrearter i 1992. I 1982/83 ble det funnet henholdsvis 18 og 6 arter. De fleste artene som ble funnet som nye i 1992, er små og hadde spredte forekomster. Slike endringer kan være årsvariasjoner.

F10 Korsvik

Lokaliteten var sør-vestlig vendt og beskyttet. Stasjonen var noe nedslammet og syntes anrikt av næringssalter. Sagtang og blæretang dominerte i strandsonen, mens fingertare fantes spredt på litt dypere vann (1-2 meter). Det var mye rekeklo og brunslis som vokste epifyttisk på tangen. Vanlig undervegetasjon var sjøris, krusflik, fjæreblood, slettrugl og røddokke. Vanlige dyrearter var rur, blåskjell, mosdyr og hydroider. 18 alge- og 12 dyrearter ble notert. I 1982/83 ble det registrert såvidt høyt antall alger som 23, men det ble funnet 7 arter av dyr.

F11 Dvergsnes

Lokaliteten var vestlig vendt og delvis eksponert. Stasjonen var artsrik med fremtredende bevoksning av sagtang og blæretang øverste i strandsonen. Dypere enn 1 meter dominerte fingertare. I undervegetasjonen dominerte sjøris og rekeklo, mens tynn rekeklo, krusflik, fjæreblood, slettrugl, krusblekke, vanlig grønndusk, grønndott, brunslis og tanglo også var vanlige. De vanligste dyrene var rur, strandsnegl, blåskjell, sjøstjerner, mosdyr og hydroider. Det ble registrert 26 alge- og 14 dyrearter i 1992 mens det ble det funnet henholdsvis 25 og 4 arter ved denne stasjonen i 1982 og 1983. Det var ikke tegn til noen form for påvirkning på stasjonen.

D09 Korsvikfjorden

Lokaliteten var nordvestlig vendt og delvis eksponert. Sagtang og blæretang dominerte, mens det under sagtangen vokste spredt med fingertare. Vanlig undervegetasjon var sjøris, rekeklo, lys rekeklo, krusflik, vanlig grønndusk, tvinnesli og tanglo. Vanlige dyr var rur, blåskjell, mosdyr og hydroider, mens sjøstjerner fantes spredt. Det ble registrert 20 alge- og 11 dyrearter i 1992. Stasjonen virket normal og uforurenset.

5.1.5. Sammenfatning av fjæreundersøkelsene

Det ble registrert ialt 70 arter i strandsonen fordelt på 50 alger og 20 dyr. Registrerte dyr omfatter alle de vanlig forekommende fastsittende dyr som blåskjell, rur og mosdyr, mens det var relativt få av fritt bevegelige dyr som strandsnegl og andre snegler, krabber etc. Antall arter på stasjonene varierte mellom 13 og 41 (Figur 3).

Generelt ble det registrert flest arter i Korsvikfjorden (F9, F10, F11, D09). Her var det også i hovedtrekkene en normal fordeling mellom antall arter og mengder av rød- brun og grønngalger (Figur 3, 4). De to innerste stasjonene (F9, F10) virket likevel noe anrikt av næringssalter. På tre stasjoner ble det registrert flere algearter enn i 1982/83 (Figur 5).

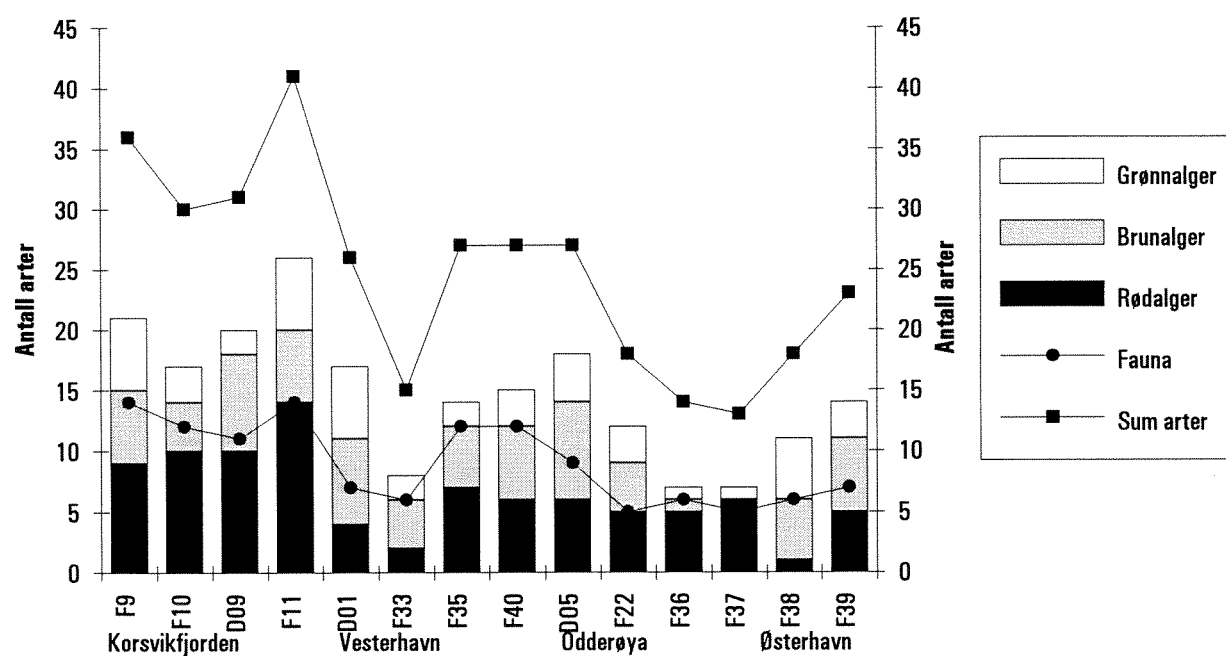
På sydspissen av Odderøya (F36 og F37) var det få arter. Stasjonene var relativt eksponerte for bølgepåvirkning, spesielt fra større båter, et forhold som naturlig vil føre til nedsatt artstall i fjæresonen. Rødalgene dominerte både i antall (Figur 3) og mengde (Figur 4), noe som også er normalt på eksponerte lokaliteter. På st. 37 ble det funnet færre arter alger i 1992 enn i 1982/83 (Figur 5), med det

er usikkert hva disse forandringene skyldes. Det kan ha sin årsak i noe ulik plassering av stasjonene i 1982-83 og 1992. Det kan også være endringer i miljøforhold eller fysiske forhold (endring i bølgepåvirkning fra båter?). På Dybingen var bølgeeksponeringen noe mindre og her var artsantallet høyere og andelen rødalger lavere. Algevegetasjonen i området Odderøya-Dybingen virket normal ut fra de naturgitte miljøforholdene.

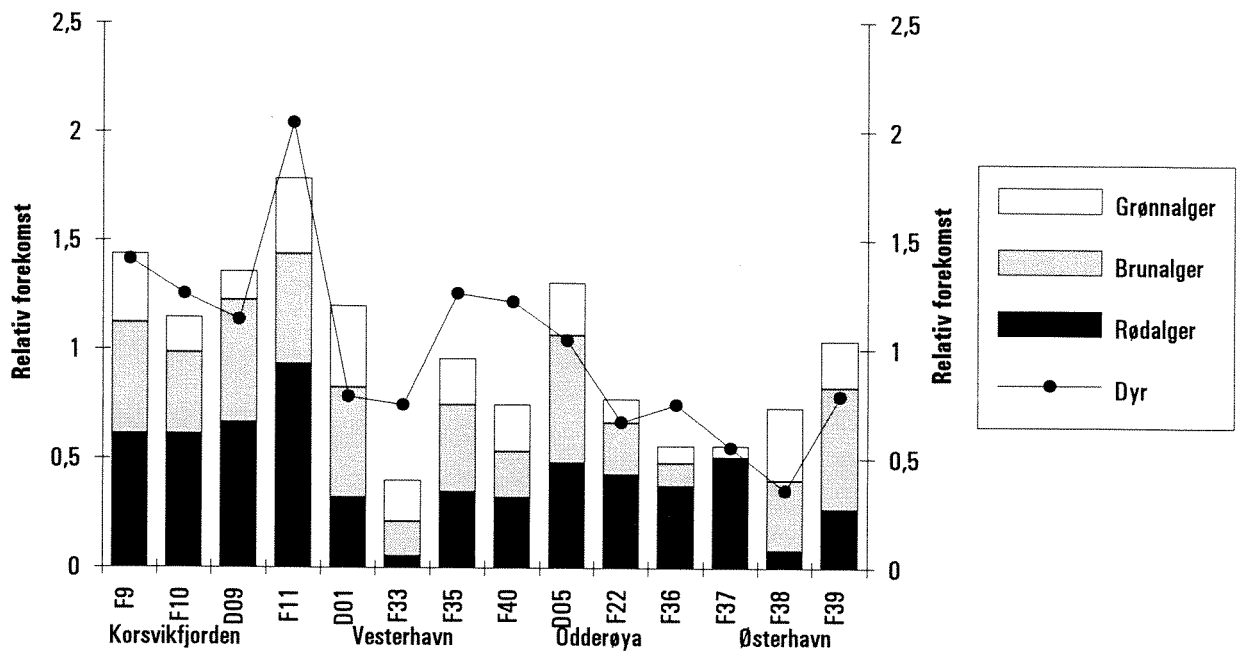
I Vesterhavn ble det registrert forholdsvis mange arter, men stasjonen nærmest Falconbridge (F33) var svært artsfattig (Figur 3 og 4). Lokalitetene var påvirket dels av næringssalter og dels av industriutslipp. Ved alle stasjonene var det en økning i antall arter fra 1982/83 til 1992, og ved flere stasjoner var det rik tangvegetasjon i strandkanten. Dette er et klart tegn på en forbedring av miljøforholdene over de siste 10 år.

I Østerhavn var lokalitetene påvirket av ferskvann og næringssalter. Bleikerøya (F38) hadde en artsfattig strandflora dominert av grønnalger som er typisk for ferskvannspåvirkede områder. Det var dessuten nedgang i antall arter fra 1982/83 på denne stasjonen (Figur 5). Nodevik (F39) var mindre preget av ferskvann, men tangen i fjæra var overgrodd av påvekstalger. Lokaliteten virket derfor påvirket av næringssalter.

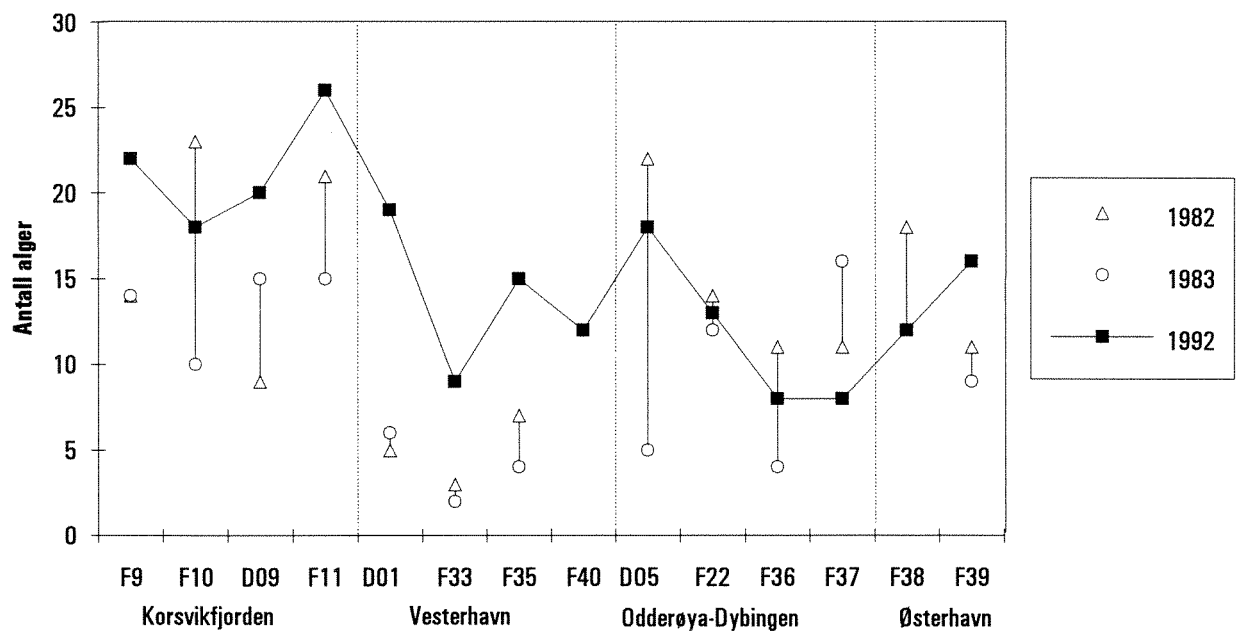
Ved basisundersøkelsen i 1983 ble det lagt hovedvekt på registrering av alger i strandsonen. Enkelte av de vanligste dyreartene ble tatt med, men dette gir ikke tilstrekkelig godt grunnlag for å vurdere eventuelle forandringer fra 1983 til 1992. I sammenligningene mellom årene er derfor bare algeforekomstene benyttet (Figur 5).



Figur 3. Antall arter registrert i strandsonen i Kristiansandsfjorden juli 1992.



Figur 4. Forekomst av alger og dyr i strandsonen. Forekomstangivelsene (enkeltpunkt, spredt, vanlig og dominerende) er erstattet med tallverdier.



Figur 5. Antall algearter funnet i fjærebeltet i 1982, 1983 og 1992.

5.2. Dykketransjekter

5.2.1. De enkelte dykkestasjonene

Stasjonene ble undersøkt ned til nedre grense for algevegetasjon. Figur 6 viser antall algearter på hvert dyp på hver stasjon, mens Tabell 2 gir en oversikt over hvor mange arter som ble funnet på hver stasjon. I Figur 7 er det vist en sammenligning mellom resultatene i 1982/83 og 1992. Detaljert oversikt over alle dykketransjektene er vist i Vedlegg 1.

D01 Myrodden

Stasjonen hadde den mest artsfattige vegetasjonen av de fire dykkestasjonene. Det var få rødalger, mens grønnalgene utgjorde en større andel av det totale artsantallet enn hos de andre stasjonene. Under fjærebeltet hvor tang, blåskjell og havsalat var dominerende, dominerte sukkertare bunnvegetasjonen helt ned til ca. 10 meters dyp. I undervegetasjonen vokste den lille rødalgen havdun og grønnalgen havsalat. Ved 10 m dyp gikk bunnen over til mudderbunn med større og mindre stein. Sukkertare festet til stein ble registrert spredt ned til 16 m dyp.

Stasjonen var nedslammet og markert forurensningspåvirket. Stasjonen viste imidlertid stor bedring i algevegetasjonen mellom 1982/83 og 1992.

D05 Dybingen

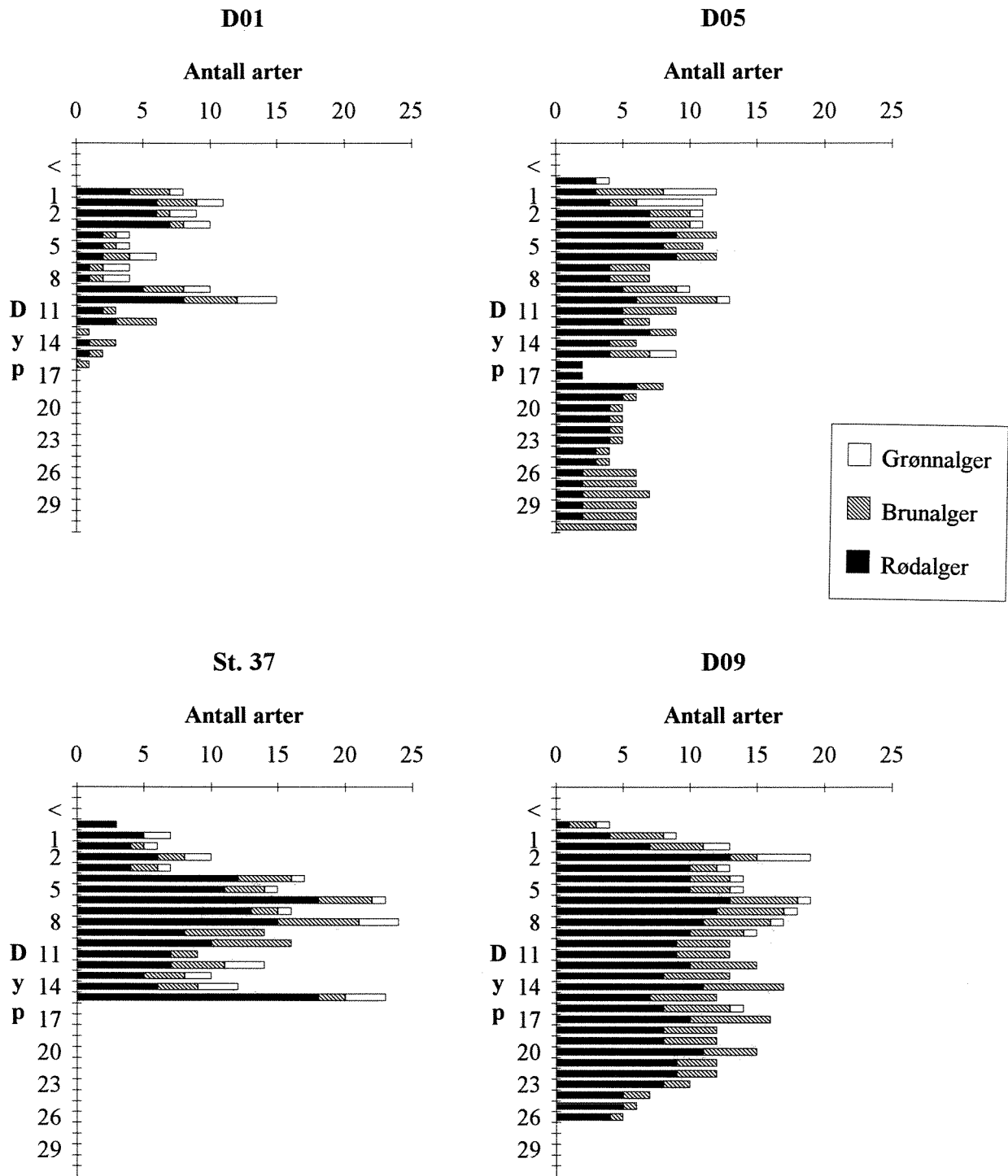
Lokaliteten hadde moderat artsrikhet i alle dyp, men det var algevegetasjon helt ned til 30 m (Figur 6). Dypest nede fantes små skorpeformede former. Vanlige arter i dypsamfunnene var stortare og sukkertare sammen med en undervegetasjon av rødalger og mindre brunalger. Ut fra et generelt inntrykk synes stasjonen å være noe næringssaltpåvirket. Det ble registrert flere arter ved dykking i 1992 enn i 1982/83, en økning som ikke kom klart frem i strandsonundersøkelsen. Flere arter er registrert som dominerende i 1992 enn i 1982/83. Blæretang ble funnet spredt på stasjon D05 i 1982/83, mens i 1992 var denne arten blitt dominerende i overflaten. Noen av endringene kan gjenspeile årsvariasjoner eller ulike registreringsrutiner, men større endringer i f.eks tang og tare-forekomster kommer ofte etter miljøforandringer.

F37 Odderøya

Lokaliteten hadde høy artsrikhet fra omkring 4 m og ned til 15 m dyp. Dypere enn 15 m var det ren sandbunn hvor det vokste lite alger. Det ble derfor en brå overgang mellom artsrike områder og bunn uten vegetasjon (Figur 6). Rødalgene var den mest artsrike gruppen på stasjonen. Artsrikheten på grunt vann (0 - 4 m) var relativt lav. Dette henger hovedsakelig sammen med den sterke bølgeeksponeringen fra båttrafikken som stasjonen er utsatt for. Stasjonen synes ikke å være forurensningspåvirket. Det ble ikke dykket ved denne stasjonen i 1982/83.

D09 Korsvikfjorden

Vegetasjonen var rik med en overvekt av rødalger. Det var høy artsrikhet fra 1 til ca. 22 m dyp, men under dette dybdenivå avtok artsrikheten raskt (Figur 6). Grønnalger ble hovedsakelig funnet på 0 - 9 m dyp. Tareartene utgjorde en liten del av hardbunnsamfunnene. Stortare dominerte i et lite intervall fra 4 til 5 m dyp, mens sukkertare forekom vanlig ned til 10 m og videre spredt ned til 18 m dyp. Dypsamfunnene var i stor grad dominert av ulike rødalger som eikeving, tannskåring, blekke og røddlo. Blågrønnbakterien *Spirulina* sp. forekom spredt til vanlig fra 9 til 20 meters dyp og påvekstalgen brunslie ble funnet spredt til vanlig fra strandsonen og helt ned til 24 m dyp. Dette sammen med spredte forekomster av andre hurtigvoksende epifyttiske grønn og brunalger, indikerer næringsberikede vekstforhold. Under 15 meters dyp tiltok grad av sedimentert materiale, og bunnen ble stedvis karakterisert som sterkt nedslammet. Sammenlignet med 1982/83 var det en svak økning i antall arter (Figur 7).



Figur 6. Antall fastsittende alger funnet på de fire dykkestasjonene D01 (Vesterhavn), F37 (Odderøya), D05 (Dybingen) og D09 (Korsvikfjorden) juli 1992.

5.2.2. Vurdering av dykke transektene

Stasjon D01 Myrodden hadde den mest artsfattige vegetasjonen av de fire dykke stasjonene. Det ble observert få rødalger, mens det var relativt flere grønnalger enn på de andre stasjonene. Stasjonen var tydelig nedslammet. Sammenlignet med registreringene i 1982/83 var det imidlertid markerte forandringer i algevegetasjonen. I 1982/83 ble det bare registrert 9 - 10 algearter mot hele 35 arter i 1992 (Figur 7). I 1982/83 var grønnalgene tarmgrønske (*Enteromorpha* sp.) og grønndusk (*Cladophora* sp.) dominerende i enkelte dyp, mens det ikke ble registrert tang og det kun ble registrert spredte forekomster av små tareplanter rundt 4 meters dyp. I 1992 ble altså blæretang funnet dominerende i overflaten og sukkertare dominerende eller vanlig fra 2 - 11 m dyp. Dette sammen med økningen i antall arter, hovedsakelig rød- og brunalger, indikerer en helt klar vannkvalitetsforbedring utenfor Myrodden over de siste 10 år.

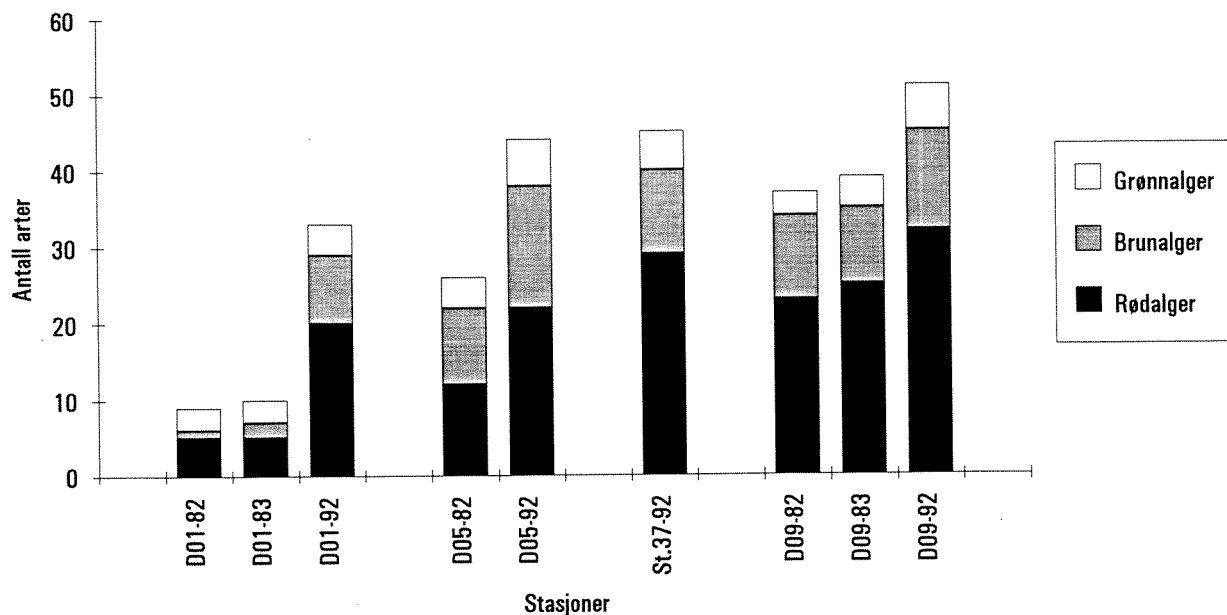
Stasjon D05 Dybingen hadde noe lavere artsrikhet enn D09 og F37, men det var vegetasjon helt ned til 30 m. Det ble registrert noen flere arter enn i 1982/83. Dette kan være et positivt signal, men endringene var ikke så store at de med sikkerhet viser miljøforbedringer.

På stasjon F37 var det gode forhold.

Det var høyest artsrikhet på stasjon D09 i Korsvikfjorden. Vegetasjonen var rik med en overvekt av rødalger (Tabell 2). Dette viser at det generelt var gode forhold på lokaliteten, men under 15 m dyp ble det stedvis observert sterk nedslamming. Det er ut fra denne undersøkelsen ikke mulig å avgjøre om nedslammingen skyldes det lokale utslippet alene eller om det også er elvetransportert materiale som pga. lokale strømningsmønstre sedimenterer ut i Korsvikfjordens munning. Sammenliknet med 1982/83 ble det funnet en svak økning i antall arter (Figur 7). Det indikerer at vannkvaliteten ikke er blitt dårligere over de siste 10 år.

Tabell 2. Antall arter registrert ved dykking i Kristiansandsfjorden i 1992.

	Myrodden D 01	Dybingen D 05	Odderøya F37	Korsvikfj. D 09
Rødalger	20	22	29	32
Brunalger	9	16	11	13
Grønnalger	4	6	5	6
Totalt antall arter	33	44	45	51



Figur 7. Antall algearter funnet på dykkestasjoner i Kristiansandsfjorden i 1982, 1983 og 1992.

5.3. Vurdering av resultatene

Resultatene tyder på at Vesterhavn fremdeles er betydelig påvirket av næringssalter og utslipp fra industri, men at det har vært klare forbedringer i miljøforholdene de siste 10 årene. Ved alle stasjonene i Vesterhavn hadde det vært en økning i antall arter fra 1982/1983. Det hadde også vært en økning i forekomstene av de store flerårige tangartene. Ved Kristiansand Mekaniske Verksted (KMV) ble blæretang registrert som dominerende i 1992, mens det i 1982 og 1983 bare ble funnet noen små eksemplarer av denne arten her. Det ble også funnet grisetang i indre del av Vesterhavn i 1992. Dette er et klart tegn på forbedringer, for det er vist i en rekke undersøkelser, f.eks. i Oslofjorden, at grisetangen blir borte i sterkt forurensede områder. Allikevel var fjæresonen i de innerste deler av Vesterhavn (mot sentrum) preget av rik næringstilgang, med mange epifyttiske alger og stor sedimentasjon. Både fjæresamfunnet og hardbunnsamfunnet på dypere vann ved Myrodden i Vesterhavn var også påvirket og var utsatt for sterk partikkelavsetning. I nærområdet til Falconbridge Nikkelverk A/S var fjæresamfunnet svært fattig og tydelig veksthemmet, noe som tyder på effekter av industriutslipp.

I Østerhavn var fjæresamfunnet tydelig ferskvannspåvirket og noe påvirket av næringssalter. Stasjon F39 nærmest havna hadde mange epifytter og var nedslammet.

Organismesamfunnet på ytre del av Odderøya og ved Dybingen var normalt. Det syntes heller ikke å ha vært noen større forandringer siden 1982/83. På enkelte stasjoner ble det registrert flere arter enn i 1982/83, mens det på andre ble registrert noe færre. Dette er trolig innenfor grensene for naturlig variasjon og mindre forskjeller i registreringsmetodikk.

I Korsvikfjorden var organismesamfunnene artsrike, men det var noe partikkelavsetning på vegetasjonen og noe begroing av påvekstalger på enkelte stasjoner. På tre av stasjonene hadde det vært en økning i antall arter.

6. BLØTBUNNSUNDERSØKELSER

6.1. Bunnsedimenter

Tabell 3 gir en sammenfatning av alle stasjoner som ble innsamlet i juni 1993. Stasjonene beliggenhet er vist på kart i Figur 8. I Korsvikfjorden (K7), ved Lyngøy (K5) og på de dype stasjonene i hovedfjorden (K8, K9) var det friskt normalt bunnsediment. Ved Odderøya og Dybingen (K25, K41) var det sverting

Tabell 3. Prøvetaking i Kristiansandsfjorden 7. juni 1993: Stasjoner, dyp, fyllingsgrad i grabbprøvene og beskrivelse av bunnsedimentet.

Stasjon	Dyp (m)	Fyllingsgrad	H ₂ S	Sedimentbeskrivelse
K 5	50	3/4	-	Gråbrun silt og leire med tynt brunt topplag (0.5 - 1 cm). Litt planterester, slangestjerner, sjømus og børstemark
K 6	55-62	1/1	+	Grå til gråsvart fin sand og leire med noe småstein. Brunt topplag. Endel variasjon mellom prøvene, mye plantefiber i to prøver, noe svart sediment og lukt av H ₂ S.
K 7	70-74	1/1 *	-	Gråbrun silt og leire med enkelte småstein. Brunt topplag. Slangestjerner, skjellrester og algerester.
K 8	135	1/1	-	Brungrå sandholdig silt og leire. Noe slagg (koksbitar). Skjellrester og børstemark.
K 9	195	1/1 *	-	Gråbrun fin silt og leire. Børstemark og skjellrester, slimål.
K 25	65	3/4	-	Mørk grå til sort sand med grus og småstein. Brunt topplag. Endel slagg, muslingskall og noe algerester.
K 31	162	1/1	+	Grå silt og leire med brunt topplag. Noe skjellrester, død tare og andre planterester. Lukt av H ₂ S i enkelte prøver.
K 41	27	3/4	-	Grå til mørk grå silt og leire med noe sand og småstein. Tynt brunt topplag (0.5 - 1 cm). Slangestjerner og muslingskall.

* For tungt vektet grabb. Tildels overfylte prøver, noe finmateriale kan være tapt.

Tabell 4. Data for bunnsedimentene i Kristiansandsfjorden 1993. Resultater fra stasjon K7 i Korsvikfjorden 1983 (Næs 1985) og for prøver tatt nær stasjon K41 i 1991 (Næs 1992: stasjon 8) er vist for sammenligning.

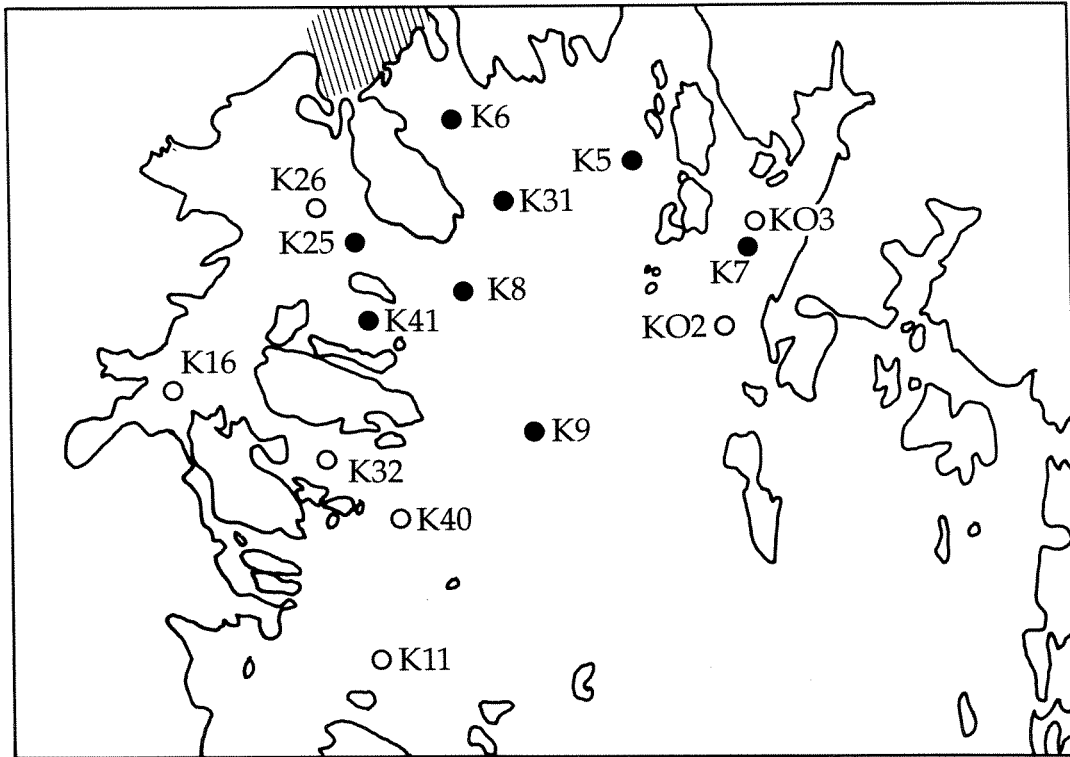
Stasjon	1993		TOC mg/g	TN mg/g	C/N- forhold	1983/91	
	< 63 μ m %	glødetap %				TOC mg/g	TN mg/g
K 7	90.6	9.8	19.2	2.1	9.1	25.0	2.1
K 25	28.6	3.1	14.3	1.2	11.9	-	-
K 41	58.4	4.5	9.1	< 1.0	-	17.0	1.5

fra sotpartikler i sedimentet og på grus og skallrester, men ellers normalt sediment. I Østerhavn (K6, K31) var det mye planterester og lukt av hydrogensulfid i sedimentet.

I Korsvikfjorden (K7) var sedimentet svært finkornet med mer enn 90 % silt- og leirpartikler (Tabell 4). Det organiske materialet utgjorde ca. 2 % organisk karbon, som er en normal verdi for et finkornet fjordsediment. Også forholdet mellom karbon og nitrogen (C/N-forholdet) var normalt med en verdi på 9.1. Det var ingen vesentlig forskjeller fra verdiene som ble registrert ved undersøkelsen i 1983 (Tabell 4).

Ved Odderøya (K25) var det forholdsvis grovt sediment med nokså lite finmateriale (< 30 %) (Tabell 4). Innholdet av organisk materiale var normalt, eller muligens noe forhøyd, kornfordelingen tatt i betraktning. C/N-forholdet var 11.9. Sedimentundersøkelsene i 1983 viste at normale verdier for Kristiansandsfjorden var i intervallet 9-13, med unntak for de lokalt belastede områdene som hadde høyere C/N-forhold. Verdier fra 10-15 indikerer at materialet i moderat grad tilføres ved avrenning fra land.

Ved Dybingen (K41) var det et normalt finkornet sediment med ca. 60 % silt- og leirpartikler. Det organiske innholdet var lavt med mindre enn 1 % organisk karbon. I 1991 fant Næs (1992) et noe høyere, men fortsatt moderat innhold av organisk karbon i dette området (Tabell 4). Hans prøver hadde også høyere innhold av finstoff (70 %), noe som kan ha betydning for forskjellene. Men begge prøvene viser at det var et moderat til lavt innhold av organisk materiale i sedimentet på lokaliteten.



Figur 8. Prøvetaking for bløtbunnsfauna i Kristiansandsfjorden. Lokalisering av stasjoner prøvetatt i 1993 (●) og tidligere prøvetatt stasjoner brukt for sammenligning i foreliggende undersøkelse.

6.2. Fauna

Tabell 5 gir en oversikt på artstall, individtall og beregnede verdier for artsmangfold for stasjonene. Verdiene for undersøkelsen i 1983 er tatt med for sammenligning. Tabell 6 viser tettheter for de viktigste artene i prøvene.

6.2.1. Odderøya

På stasjonene ved Odderøya og Dybingen (K25, K41) ble det funnet et høyt antall arter i prøvene, men individtetthetene var normale. Artsmangfoldet var høyt (Tab. 5). På K25 var det en markert økning i arts- og individtallene fra 1983. Denne stasjonen hadde i 1983 også nedsatt artsmangfold og ble karakterisert som moderat påvirket (Rygg 1985). Resultatene viser at forholdene var bedre enn i 1983,

men den høye artsrikheten kan være et signal om at stasjonen fortsatt er noe påvirket (stimulert) av organiske tilførsler.

Faunaen på stasjon K25 var dominert av børstemark (Tabell 6). Den tallrikeste arten *Myriochele oculata* er en vanlig fjordform i uforurensede sedimenter, men arten tåler nok også en viss belastning. Det samme gjelder for de fleste andre artene på lokaliteten, men enkelte former, som *Chaetozone setosa*, kan være meget tallrik i organisk anrikede miljøer. Totalt sett ga imidlertid ikke artssammensetningen inntrykk av noen spesiell påvirkning på lokaliteten.

Stasjon K41 ved Dybingen var dominert av slangestjernen *Amphiura filiformis*, som fantes i uvanlig høye tettheter. Dette er en større form som også utgjør en betydelig biomasse. *A. filiformis* er en av karakterartene i bløte bunnsedimenter på dyp grunnere enn 60-70 m i hele Nordsjøområdet. Flere undersøkelser, f.eks. fra svenske farvann, har vist at arten kan tilta i områder som utsettes for organisk anrikning. Den nest vanligste arten på lokaliteten, muslingen *Corbula gibba*, er en typisk art for organisk belastede miljøer på grunnere vann. De dominerende artene indikerer derfor at lokaliteten var organisk anrikt, men artssammensetningen ellers var som for en normal fjordlokalitet.

En del av dyrene i prøvene både fra K25 og K41 var svertet på overflaten. Mange børstemark hadde sverting på børstene. Det er tidligere vist at bunnsedimentet i Vesterhavn svertes av støvpartikler fra industrien (Næs 1992). Også i 1983 ble det observert at enkelte børstemarkarter var svartfarget på forpart og børster i området ved Odderøya (Rygg 1985).

Tabell 5. Prøveareal, antall arter, individtall og individtettheter på stasjonene. Diversitetsindekser: H' = Shannon-Wiener indeks (\log_2), $E(S_{100})$ = Hurlberts funksjon. Resultater fra basisundersøkelsen i 1983 er vist for sammenligning (Rygg 1985).

Stasjon		Areal	Arter	Ind.	Ind/m ²	H'	ES ₍₁₀₀₎
1993							
K 7	Korsvikfjorden	0.4	52	342	855	4.95	34.4
K 25	Odderøya	0.4	93	789	1973	4.82	36.1
K 41	Dybingen	0.4	75	1003	2508	3.94	28.6
1983							
K 7	Korsvikfjorden	0.4	57	1141	2853	3.57	23.3
K 25	Odderøya	0.4	22	268	670	2.51	12.9

Tabell 6. Individtettheter (ind/m²) for de vanligste artene på stasjonene i Kristiansandsfjorden 1993. Alle arter med individtall > 10 ind/0.4 m² (= 25 ind/m²) på en eller flere stasjoner er tatt med.

	Ind/m ²	St. K 7	St. K25	St. K41
CNIDARIA (nesledyr)				
<i>Edwardsia cf. danica</i>	-	-	3	100
<i>Edwardsia cf. longicornis</i>	-	-	40	-
PLATYHELMINTHES (flatmark)				
<i>Turbellaria</i> indet	-	3	3	48
NEMERTINI (båndmark)				
Nemertini indet.	-	18	53	83
POLYCHAETA (mangebørstemark)				
<i>Cauleriella</i> sp.	-	-	50	8
<i>Chaetozone setosa</i>	75	-	170	-
<i>Diplocirrus glaucus</i>	43	-	-	35
<i>Euclymene</i> sp.	28	-	3	-
<i>Glycera rouxii</i>	33	-	3	13
<i>Goniada maculata</i>	10	-	43	53
<i>Heteromastus filiformis</i>	45	-	73	25
<i>Lumbrineris scopa</i>	40	-	3	3
<i>Myriochele oculata</i>	3	-	495	128
<i>Owenia fusiformis</i>	-	-	38	23
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	-	-	155	8
<i>Paraonis gracilis</i>	70	-	-	10
<i>Pista cristata</i>	3	-	90	3
<i>Polyphysia crassa</i>	65	-	8	-
<i>Prionospio malmgreni</i>	28	-	63	50
<i>Rhodine gracilior</i>	23	-	28	3
<i>Scoloplos armiger</i>	-	-	3	28
<i>Streblosoma intestinale</i>	-	-	50	50
<i>Trichobranchus roseus</i>	-	-	35	58
BIVALVIA (muslinger)				
<i>Abra nitida</i>	28	-	-	-
<i>Gorbula gibba</i>	-	-	23	280
<i>Montacuta cf. tenella</i>	25	-	13	-
<i>Thyasira flexuosa</i>	15	-	10	40
CRUSTACEA (krepsdyr)				
<i>Ampelisca tenuicornis</i>	-	-	43	-
ECHINODERMATA (pigghuder)				
<i>Amphiura chiajei</i>	65	-	-	10
<i>Amphiura filiformis</i>	-	-	20	1010
<i>Labidoplax buskii</i>	-	-	35	70

6.2.2. Korsvikfjorden

I Korsvikfjorden (stasjon K7) var det normale artstall, men litt lave individtall (Tabell 5). Artsmangfoldet var høyt. Sammenlignet med 1983 var det lavere individtall, men høyere arts mangfold. Faunaen var nokså homogen uten spesielt dominerende arter (Tabell 6). Prøvene indikerer at det var gode forhold på lokaliteten.

I Tabell 7 er det vist sammenlignende data for prøvetakingen i 1977 (St. KO2, KO3), 1983 og 1993. De viktigste forandringene i perioden var at børstemarkene *Phylo*, *Caulleriella* og *Mugga* som var tallrike i 1977, ikke ble funnet i 1983 og 1993. Børstemarkene *Chaetozone* og *Heteromastus* som hadde høye individtall i 1983, hadde i 1993 omtrent samme individtall som i 1977. I 1983 var det noe nedsatt arts mangfold sammenlignet med de andre årene. Under basisundersøkelsen ble det konkludert med at utslippet i Korsvikfjorden kan ha påvirket faunaen og vært medvirkende til endringene mellom 1977 og 1983 (Rygg 1985). Prøvene i 1977 ble tatt før renseanlegget ble satt i drift. Resultatene i foreliggende undersøkelse tyder imidlertid ikke på noen organisk påvirkning i området.

Tabell 7. Sammenlignende data for bunnfauna i Korsvikfjorden i 1977, 1983 og 1993: Individttall pr. 0.4 m² for de vanligste artene, totale artstall, totale individtall og beregnede verdier for arts mangfold.

Stasjon	KO2 1977	KO3 1977	K7 1983	K7 1993
<i>Chaetozone setosa</i>	73	46	419	30
<i>Paraonis gracilis</i>	39	241	24	28
<i>Heteromastus filiformis</i>	9	6	223	18
<i>Tharyx</i> sp.	82	124	26	4
<i>Prionospio malmgreni</i>	62	88	49	11
Nemertinea ind.	70	36	92	7
<i>Phylo norvegica</i>	149	25	-	-
<i>Caulleriella</i> sp.	63	90	-	-
<i>Mugga wahrbergi</i>	120	14	-	-
<i>Terebellides stroemi</i>	62	25	12	1
<i>Lumbrineris</i> sp.	32	18	22	16
<i>Thyasira</i> sp.	18	28	10	6
<i>Amphiura chiajei</i>	3	8	22	26
<i>Polyphysia crassa</i>	3	10	10	26
Antall arter	66	85	57	52
Antall individer	1103	1066	1141	342
E S ₍₁₀₀₎	30.0	31.6	23.3	34.4
H' log 2	4.68	4.58	3.57	4.95

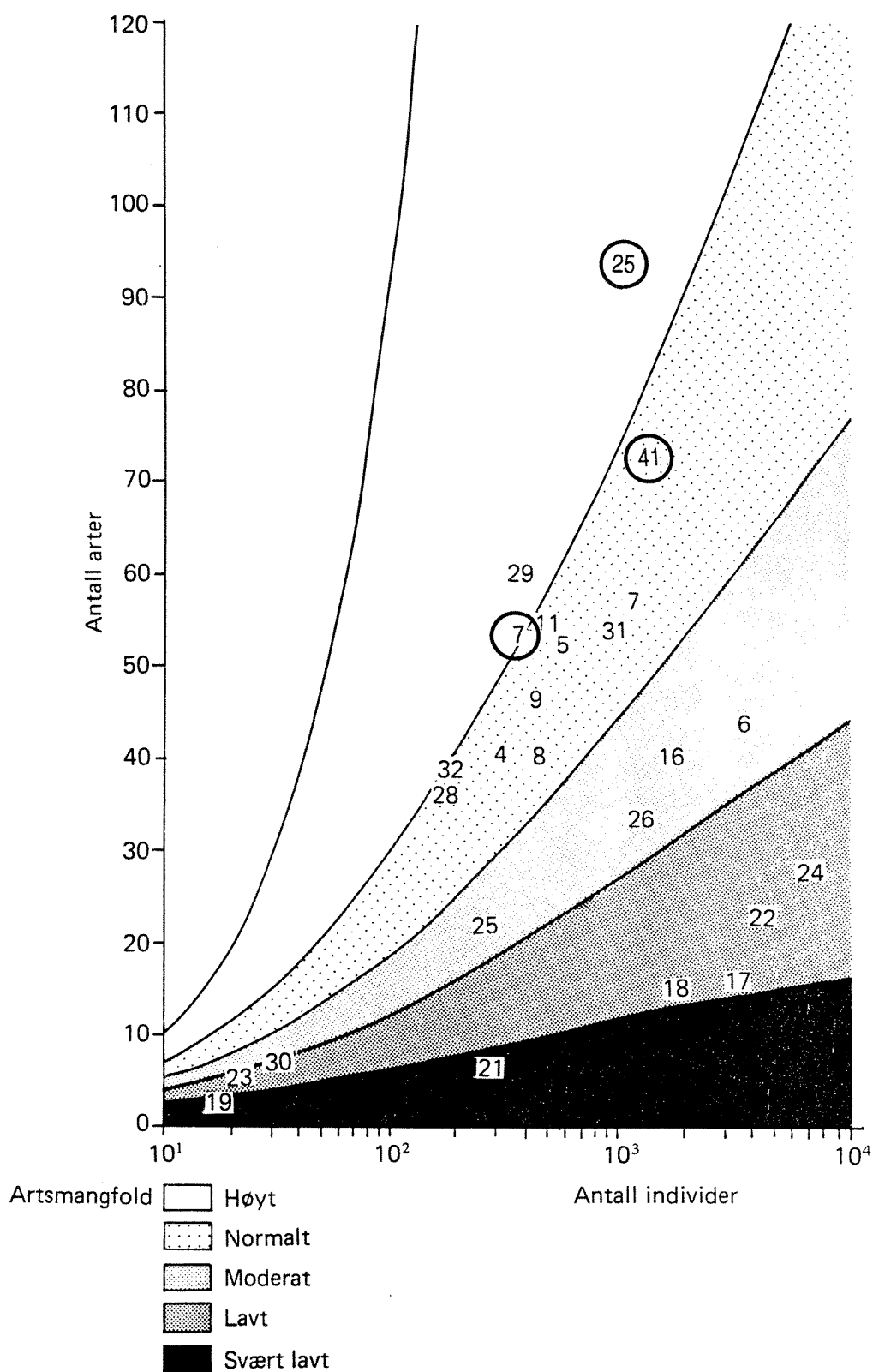
6.2.3. Sammenligning med tidligere prøvetaking

I Fig. 9 er artsmangfoldet for stasjonene (arts- og individtallene) plottet etter Hurlberts funksjon og lagt inn i en figur fra undersøkelsen i 1983 (Rygg 1985). På figuren fremtrer den markerte forandringen på stasjon K25 tydelig. I 1983 lå stasjonen 'lavt' i diagrammet i klassen for moderat artsmangfold og nær til stasjoner fra klart forurensede lokaliteter i fjorden. I 1993 faller stasjonen i sektoren for høyt artsmangfold som indikerer gode forhold. Både stasjon 25 og 41 hadde høyere artstall enn noen stasjon i 1983. Figuren illustrerer også de relativt små forandringene på stasjon K7 i Korsvikfjorden fra 1983 til 1993.

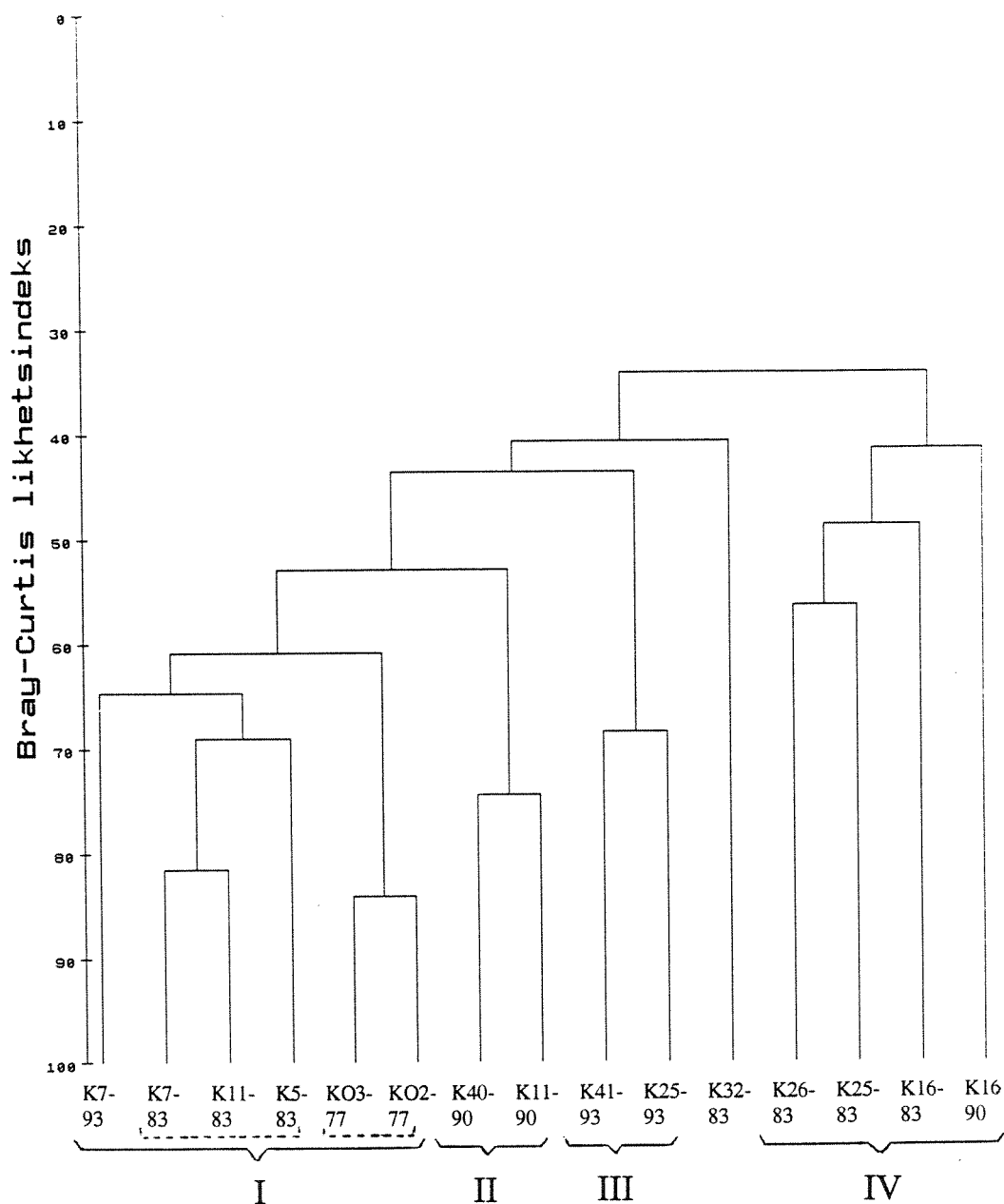
Figurene 10 og 11 viser analyser av faunaens sammensetning (clusteranalyse og MDS ordinasjon), og hvor de tre stasjonene er sammenlignet med et utvalg av tidligere prøver. Utvalget omfatter Korsvikfjorden 1977 (KO2, KO3) (Rygg 1979); Korsvikfjorden, Kristiansandsfjorden, Vesterhavn, Fiskåbukta og Flekkerøy 1983 (K5, K7, K11, K16, K25, K26, K32) (Rygg 1985); og Bredalsholmen/Fiskåbukta 1990 (K11, K16, K40) (Oug & Moy 1991). Beliggenheten av alle stasjonene er vist på kart i Figur 8. I 1983 ble stasjonene K5, K11, K25 og K32 tatt som referanser for sammenligning med stasjoner i de antatt mer forurensningsbelastede områdene (Rygg 1985).

Clusteranalysen (Fig. 10) viser at det var stor innbyrdes likhet mellom prøvene fra Korsvikfjorden med alle prøvene knyttet sammen innenfor en likhet på 60 % (clustergruppe I). Prøvene hadde størst likhet til stasjoner i de ytre områdene i Kristiansandsfjorden (clustergruppe I og II: K11, K40 Flekkerøy/Bredalsholmen; K5 Lyngøy). Dette illustrerer nettopp at det har vært en nokså stabil fauna i Korsvikfjorden og at det ikke har skjedd noen større endringer etter at renseanlegget ble oppført. Likheten til stasjoner i fjordens ytterområder viser at det heller ikke kan være noen spesiell påvirkning på faunaen i området. Clusteranalysen viser også at det var et klart skille mellom stasjoner i Vesterhavn/Fiskåbukta (clustergruppe IV) og områdene utenfor. I 1983 var St. K25 ved Odderøya inkludert i 'Vesterhavn'-gruppen (IV), mens stasjonen i 1993 plasseres i tilknytning til stasjonene utenfor (III). Dette er, parallelt med forandringene i artstall og artsmangfold på denne stasjonen som omtalt ovenfor, et tegn på at faunaen i 1993 ligner mer på de upåvirkede områdene i fjordsystemet. Det var en klar tendens til innbyrdes gruppering av prøver innenfor innsamlingsår. Dette viser at det også var variasjoner fra år til år i faunaen som var parallelle for flere stasjoner. Slike årlige variasjoner er normale i bunnfauna.

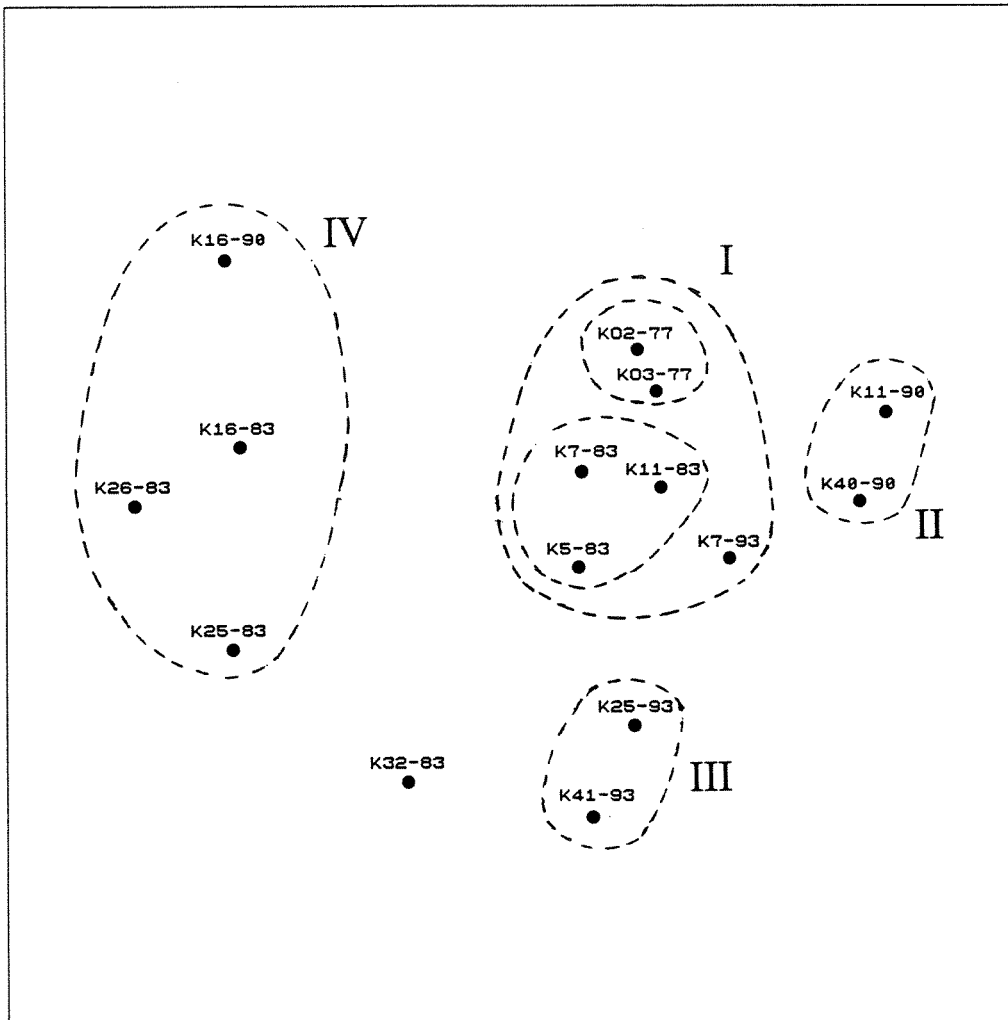
MDS-analysen (Fig. 11) viser i hovedtrekkene det samme som clusteranalysen. Alle prøvene fra Korsvikfjorden (gruppe I) ligger samlet i øvre høyre del av plottet, nær og tildels sammen med stasjoner fra Bredalsholmen og Flekkerøy (II). De forurensningsbelastede stasjonene i Vesterhavn ligger til venstre. Det er stor avstand mellom prøvene fra Odderøya (K25) i 1983 og 1993. Ikke på noen av de andre stasjonene hvor det har vært gjentatt prøvetaking (K7, K11, K16) var det tilsvarende store forandringer.



Figur 9. Artsmangfold for bunnfaunaprøvene - forholdet mellom artsantall og individantall plottet i et generelt klassifiseringssystem basert på Hurlberts funksjon. Diagrammet er etter Rygg (1984). Innringede stasjoner er foreliggende undersøkelse, øvrige prøver er fra basisundersøkelsen i 1983 (Rygg 1985).



Figur 10. Likhetsanalyse (clusteranalyse) av bunnfaunaprøver fra Kristiansandsfjorden: stasjoner 1993 (K7, K25, K41) sammenlignet med et utvalg av tidligere innsamlede stasjoner. I diagrammet angir horisontale forbindelseslinjer graden av likhet mellom prøvene - jo lavere prøvene er forbundet, jo større likhet. For eksempel er det stor likhet mellom prøvene fra K7 og K11 i 1983 (til venstre i diagrammet). Graden av likhet (%) er vist på ordinaten. Identifiserte grupper er markert med romertall (I-IV). Lokalisering av stasjonene er vist på Figur 8. Alle arter med samlet individtall > 10 over utvalget av stasjoner, i alt 79 arter, er tatt med i analysen. Artutvalget er gitt i Vedleggstabell 2.3.



Figur 11. MDS ordinasjons-analyse av bunnfaunaprøver fra Kristiansandsfjorden: stasjoner 1993 sammenlignet med et utvalg av tidligere innsamlede stasjoner. I diagrammet er prøvene angitt ved punkter som plottes slik at avstand mellom punktene representerer graden av ulikhet mellom prøvene. Grupper av tett liggende punkter viser derfor innbyrdes like prøver. For sammenligning er prøvegruppene fra clusteranalysen (I-IV: Fig. 10) inntegnet. Lokalisering av stasjonene er vist på Figur 8. Artsutvalget er det samme som ved clusteranalysen og er gitt i Vedleggstabell 2.3.

6.3. Vurdering av resultatene

Prøvene viser at lokalitetene ved Odderøya og Dybingen (K25, K41) hadde en artsrik og tilnærmet normal fauna, men at det nok var noe påvirkning av organiske tilførsler. Dette kan komme ut fra indre områder i Vesterhavn og Fiskåbukta eller være tilført med elvevannet i Otra. Den normale retningen for brakkvannsstrømmen med det innblandete elvevannet er forbi Odderøya, Dybingen og Bragdøya og ut fjorden gjennom Vestergapet.

Partikler og sot som ga sverting på faunaen, må komme fra Vesterhavn-området. Begge stasjonene ligger såpass nær til Vesterhavnen at de vil påvirkes av forholdene der. Undersøkelsene av PAH i sedimenter i 1991 viste at området mellom Dybingen og Bragdøya (ved K41) var markert forurensset av PAH, men at konsentrasjonene var betydelig lavere enn i fjorden innenfor (Næs 1992). Også organisk stoff fra indre fjord må forventes å påvirke lokalitetene ved overgangen til ytre fjord. Molvær (1991) viste at vannmassen i Vesterhavn står i åpen forbindelse med vannmassene i hovedfjorden og kan skiftes ut over 1-2 dager. Den betydelige forbedringen på K25 ved Odderøya sammenlignet med 1983 må derfor reflektere en generell bedring av forholdene i Vesterhavn-området. Dette er nok et tegn på at saneringstiltakene i Vesterhavnområdet har de tilsiktede positive virkninger.

I Korsvikfjorden (K7) var det ingen påvisbare virkninger på bunnfauna eller sedimenter. I 1983 var det tegn til en viss organisk belastning som muligens kunne tilskrives utslipp fra renseanlegget (Rygg 1985). Hvis dette virkelig var forårsaket av renseanlegget, viser foreliggende prøvetaking at effektene ikke har vært varige. Det er nok vel så sannsynlig at de tre prøveseriene tilsammen viser at renseanlegget virker formålstjenlig og at Korsvikfjorden har gode forhold.

LITTERATUR

- Green, N., J. Knutzen og P.A. Åsen 1985. Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden. Delrapport 3: Gruntvannssamfunn 1982 - 1983. Statlig prog. forurensningsovervåk. nr. 189/85. SFT/NIVA (NIVA rapport 1747).
- Hindar, A., K. Næs og J. Molvær 1989. Betydning av sur nedbør for økte nitrogen-tilførsler til fjordområder. Forprosjekt. NIVA rapport nr. 2257. Grimstad/Oslo. 45 s.
- Jacobsen, T., 1993. Vurdering av miljøeffekter ved endring av utslippsdyp for prosessvann ved Falconbridge Nikkelverk A/S. NIVA rapport nr. 2916. Grimstad/Oslo. 13 s.
- Knutzen, J., G. Becher, A. Kringstad og M. Oehme 1994. Overvåking av miljøgifter i organismer fra Kristiansandsfjorden 1992. Statlig prog. forurensningsovervåk nr. 547/94. SFT/NIVA. Oslo. 111 s.
- Knutzen, J. og L. Berglind 1992. PAH i blåskjell fra omgivelsene av Elkem Fiskå, Kristiansand, 1991 - 1992. NIVA rapport nr. 2823. Oslo. 17 s.
- Knutzen, J., K. Martinsen, K. Næs, M. Oehme og E. Oug 1991. Tiltaksorientert overvåking av miljøgifter i organismer og sedimenter fra Kristiansandsfjorden i 1988 og 1990. Statlig prog. forurensningsovervåk. nr. 443/91. SFT/NIVA. Oslo. 183 s.
- Konieczny, R.M. 1992. Overvåking av steinmasseutfylling ved KMV-vest, Kristiansand havn. NIVA rapport nr. 2801. Oslo. 39 s.
- Molvær, J. 1981. Resipientundersøkelse av Kristiansandsfjorden. Litteraturoversikt over tidligere undersøkelser. NIVA rapport nr. 1297. 18 s.
- Molvær, J. 1986. Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden 1982-84. Delrapport 6. Konklusjoner. Statlig prog. forurensningsovervåk. 237/86. SFT/NIVA. Oslo. 36 s.
- Molvær, J. 1991. Utslipp fra Odderøya renseanlegg. Vurdering av innlagring, spredning og miljøeffekter. NIVA rapport nr. 2530. 26 s.
- Molvær, J., H.I. Solheim og T. Kallqvist 1986. Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden. Delrapport V. Vannutskiftning og vannkvalitet. Statlig prog. forurensningsovervåk. nr. 260/86. SFT/NIVA. Oslo. 78 s.
- Molvær, J., S.T. Källqvist og T.S. Traaen 1989. Resipientvurdering av Otra og Kristiansandsfjorden for utslipp fra treforedlingsindustri. NIVA rapport nr. 2218. 42 s.
- Næs, K. 1985. Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden. Delrapport 2. Metaller i vannmassene, metaller og organiske miljøgifter i sedimentene, 1983. Statlig prog. forurensningsovervåk. nr. 193/85. SFT/NIVA. 62 s.
- Oug, E. og F. Moy 1991. Overvåking av Kristiansandsfjorden 1990. Hardbunnsorganismer og bløtbunnsfauna ved Bredalsholmen og i Fiskåbukta. NIVA rapport 2651. Grimstad/Oslo. 40 s.

- Pedersen, A., E. Oug og N.W. Green 1989. Oppblomstring av planktonalgen Chrysochromulina polylepis. Gjenvækst av organismesamfunn langs kysten. NIVA's undersøkelser i juni 1989. Statlig prog. forurensningsovervåk. nr. 403/90. SFT/NIVA. Oslo. 228s (2 vols).
- Rygg, B. 1984. Bløtbunnfaunaundersøkelser. Et godt verktøy ved marine resipientvurderinger. NIVA rapport F.481, OF-80612 II. Oslo.
- Rygg, B. 1985. Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden. Delrapport I. Bløtbunnfauna-undersøkelser 1983. Statlig prog. forurensningsovervåk. nr. 176/85. SFT/NIVA (rapport nr. 1711). Oslo. 60 s.
- SFT 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Virkninger av organiske stoffer. SFT-Veiledning nr. 93:05. SFT Oslo. 16 s.
- Stene-Johansen 1971. Undersøkelse av sjøresipienter i Kristiansandsregionen. NIVA rapport O - 110/64. L.nr. 342.

VEDLEGG

- 1. Strandsone og dykkertransekt**
- 2. Bløtbunnsfauna**
- 3. Tallbehandling**

Vedlegg 1 Strandson og dykkertransekt

Vedleggstabell 1.1. Fullstendig artsliste over fastsittende alger og dyr i strandsonen.

FJÆRESTASJONER, KRISTIANSAND, 1992														
STASJONER														
ALGER	F9	F10	D09	F11	D01	F33	F35	F40	D05	F22	F36	F37	F38	F39
RHODOPHYTA														
Ahnfeltia plicata	s	v	d	d					v	v	v	s		
Audouinella membranacea			v											
Callithamnion corymbosum						e*	v*				*			
Ceramium arborescens	s*			*										
Ceramium rubrum	v*	v	v*	d*			s*		d	d	s	d		s
Ceramium strictum			v	v		e*	v*	v*	v					*
Ceramium tenuissimum				*										
Chondrus crispus	v	v	v	v				s*						
Dumontia contorta	s	e			v		e	s	s	s	s	v		e
Furcellaria lumbricalis	s	s		v										
Hildenbrandia rubra	d	v	d	v	v				d	d	d	d	v	d
Nemalion helminthoides			e											
Palmaria palmata							e	e						
Phyllophora pseudoceanoides				v										
Phyllophora truncata				*										
Phymatolithon cf. lenormandii	v	v		v								v		s
Polyides rotundus			e	*										
Polysiphonia nigrescens		e*		e*										
Polysiphonia urceolata	s*	v*	s*	d*			v*							
Polysiphonia violaceae		*		*	v				s					
Porphyra umbilicalis										v		v		
Porphyra purpurea					v	*	s	e*						
Trailiella intricata														
Antall rødalger	9	10	10	14	4	2	7	6	6	5	5	6	1	5
CHLOROPHYTA														
Blidingia sp.					*									s
Bryopsis plumosa					s									
Chaetomorpha linum										s			v-d	v*
Chaetomorpha melagonium	e			s							s			
Cladophora rupestris	v	s	v	v	s				s				s	
Cladophora sp.	s	s*		s	s				s				s	s*
Enteromorpha sp.	s	s	s	e	v	d	d	v	s				v	v*
Spongomorpha sp.	s*			v		v*				e		s		
Ulothrix cf. flacca														
Ulva lactuca	s			s	d		d	d	v	e				
Antall grønnalger	6	3	2	6	6	2	2	3	4	3	1	1	5	3
PHAEOPHYTA														
Ascophyllum nodosum			e					@						
cf. Spongonema tomentosum			v*	*					s					
Chorda filum	s			s										s
Chordaria flagelliformis					s	e	s		s					
Dictyosiphon foeniculaceus				s					v					
Ectocarpus sp.	v*	d	v	v*	v-	s*	s	v*	v	s			s*	
Elachista fucicola			v	v		*	s		v	s			v	
Fucus sp.					v				s	e				
Fucus serratus	d	d	d	d									d	d
Fucus vesiculosus	d	d	v	v	d	e	d	d	d				s	d
Giffordia sp.								*					*	
Laminaria digitata	d	s	s	d			v	v		d	d			v
Laminaria saccharina								v						v
Laminaria juvenile									v					
Ralfsia sp.	s		s		v-d									s
Antall brunalger	6	4	8	6	7	4	5	6	8	4	1	0	5	6
CYANOPHYCEAE/BACILLARIOPHYCEAE														
Calothrix crustaceae	d	d		d	v					d	d	d	d	d
Diatomeer, fastsittende					v	*	s							s
Antall andre alger	1	1	0	1	2	1	1	0	0	1	1	1	1	2

@

Grisetang ble observert på bryggepåle like ved stasjonen.

STASJONER

FAUNA	F9	F10	D09	F11	D01	F33	F35	F40	D05	F22	F36	F37	F38	F39
Acmaea sp.	e													
Actiniaria indet.								s	s					
cf. Alcyonidium hirsutum	v	s	v	v										
Asterias rubens				s	s		e							
Asterias rubens: r<15mm	v	s	s	v				s						
Balanus balanoides			s	s	v	s	e-s		s	d	d	d		v
Balanus improvisus		v	s	v	s	v	s	e-s	s	v	d	v	v	s
Beggiotia		s												
Bryozoa indet.	s	s					s-v	s						v
Cancer pagurus				e										
Carcinus maenas	s						e	e						
Clava squamata			s	s-v	v		s	v				e	s-v	
Dynamena pumila	v	v	d	v					s					
Electra pilosa	v	v	v	v			v	s	v	v	s			
Electra pilosa på Laminaria				v			v	v						
Hydroida indet.						d				v	v	s		
Laomedea sp. på Laminaria	v	s	v	d	v		s	v	d		s			
Laomedea sp.				d			s							
Littorina littorea	s	v	s	v	v	s	s	e-s	s				s	v
Littorina saxatilis	s													
Membranipora membranacea	v	v	v	v			v	s	s				s	s
M. membranacea på Lamina				v			v	v						
Mytilus edulis	v	s	v	v	d	s	s	s	v-d					v
Mytilus edulis juv.	s	s		v		d	d	d	d	d	d	d	s-v	s
Osteichthyes indet.	s	v		v		s	s	s					s	s
Pomatoceros triqueter	s			v										
Antall dyr	14	12	11	14	7	6	12	12	9	5	6	5	6	7

Stasjoner	F9	F10	D09	F11	D01	F33	F35	F40	D05	F22	F36	F37	F38	F39
Totalt antall arter	36	30	31	41	26	15	27	27	27	18	14	13	18	23

Vedleggstabell 1.2. Oversikt over fastsittende fjæreorganismer i Kristiansandsfjorden i 1982, 1983 og 1992.

ORGANISMER	a b c											
	STASJON	F9	F10	F11	F22	F33	F35	F36	F37	F38	F39	
ALGER												
Rhodophyta												
Ahnfeltia plicata	d d v	v - v	v v d	- v v				-- s	- v s	e - -	e - -	
Antithamnion boreale							e - -					
Bangia atropurpurea			s									
Callithamnion corymbosum		e					- e e					
Callithamnion sp.										- s -		
Ceramium arborescens	- s		- e					- e e				
Ceramium rubrum	s v v	s v v	s v d	v v d			- s	v v s	v v d	v v -	v v v	
Ceramium strictum			- v	v - -	- e	v v v					- s	
Chondrus crispus	v v v	s v v	- e v							e - -		
Corallina officinalis										e - -		
Cystoclonium purpureum										e - -		
Delesseria sanguinea										e - -		
Dumontia contorta	- s	e - e	e - -	- s			- e	- s	s s v		s - e	
Furcellaria lumbricalis	v - s	v v s	- s v							v - -		
Hildenbrandia rubra	s s d	v v v	v v v	v - d				s v d	v v d	s s v	v v d	
Membranoptera alata			- s -									
Palmaria palmata			s - -				- e					
Phycodrys rubens		e - -										
Phyllophora sp.	v v -	v - -	- v v									
Phymatolithon cf. lenormandii	- v v	v v v	e s v	e s -					s s v		- s	
Polyides rotundus			- e				e - -					
Polysiphonia nigrescens		s - e	- e						v - -			
Polysiphonia urceolata	- s	s - v	- d				- v			s - -		
Polysiphonia violaceae		- e	- e									
Porphyra umbilicalis				- v					- v			
Porphyra purpurea	- s -					- e	- s					
Rhodomela confervoides		e - -										
Trailiella intricata		s - -		s - -				v - -	v - -	v - -		
Chlorophyta												
Blidingia sp.										- s		
Bryopsis plumosa				v v -			v - -					
Chaetomorpha linum								- s	- s v	s s v		
Chaetomorpha melagonium	v - e		s s s	- s			v - v	v v -	e - -			
Cladophora rupestris	v v v	s - s	s s v					v - -	- v s	s s -		
Cladophora sp.	- s	- s	- s	s s -			v v -	v - -	- s	v v s	v v s	
Codium fragile										e - -		
Enteromorpha sp.	v v s	v v s	s s e	v - -	s v d	v v d		- s	v - v	- v v		
Prasiola stipitata								- s	- e			
Spongomorpha sp.	- s	s - v	s s e	- v			v - -	s s s				
Ulothrix sp.			s - -		s - -							
Ulva lactuca	- s		- s	s s e		- d		s s -				
Phaeophyta												
Ascophyllum nodosum	- s -											
Chorda filum	- s		- s								- s	
Chorda tomentosa				s - -								
Chordaria flagelliformis			s - -	v v -	- e	- s	v v -	- s -				
Desmarestia aculeata							e - -					
Dictyosiphon foeniculaceus				v - -								
Ectocarpus sp.	v v v	v v d	s - v	- s	- s	- s				- s s		
Elachista fucicola	- v	v - -	v v v	- s	- e	- s				- v v	- s -	
Fucus sp.				- e								
Fucus serratus	v - d	v v d	v v d							v v d	v v d	
Fucus vesiculosus	s v d	v v d	e v v	- e -	- e	- d		- s -		e s s	v v d	
Giffordia sp.										- e		
Halidrys siliquosa										s s -		
Laminaria digitata	v v d	s s s	s s d	v v d			- v	v v d	v v -	v - -	- v	
Laminaria saccharina							e - -				- v	
Pilayella littoralis			s - -									
Ralfsia sp.	- s								- v -		s - s	
Scytosiphon lomentaria			s - -	- v -								
Sphacelaria cirrosa		s - -					e - -			- s -	s - -	
Stictyosiphon tortilis	e - -											
Andre alger												
Calothrix crustaceae	- d	- d	- d	- d				- d	- d	- d	- d	
Diatomeer i kolonier						- v	- s				- v	

ORGANISMER	a b c			a = 1982			b = 1983			c = 1992		
	STASJON	F9	F10	F11	F22	F33	F35	F36	F37	F38	F39	
FAUNA												
Acmaea sp.	-- e											
cf. Alcyonidium hirsutum	-- v	-- v	-- v	-- v								
Asterias rubens	-- v	- e s	v e v	s v -			-- e	- s -	v v -	v v s		
Balanus balanoides			-- s	-- d	-- s	-- s	-- d	-- d			-- v	
Balanus improvisus		-- v	-- v	-- v	-- v	-- s	-- d	-- v	-- v	-- v	-- s	
Balanus sp.	s - -	v s -	- s -	v v -			s s -	v s -	s s v	e e -	s e -	
Beggiotia		-- s										
Bryozoa indet.	-- s	-- s					-- v				-- v	
Bryozoa på fjell	v v -										s s -	
Cancer pagurus			-- e									
Carcinus maenas	-- s					- v -	s - e			e - -		
cf. Clava squamata			-- v				-- s		-- e	-- s		
Dynamena pumila	-- v	-- v	-- v									
Electra pilosa	-- v	-- v	-- v	-- v			-- v	-- s				
Halichondria paniceae	v - -	v - -					e - -					
Hydroida indet.				-- v	-- d		-- v	-- s				
Laomedea sp.	-- v	-- s	-- d				-- s	-- s				
Littorina littorea	v v s	v e v	-- v			e - s	e v s			-- s	e s v	
Littorina saxatilis	-- s											
Membranipora membranacea	-- v	-- v	-- v				-- v			-- s	-- s	
Mytilus edulis	-- v	-- s	-- v	v v d	- e d	- v d	v v d	v v d	v v d	s v v	v v v	
Osteichthyes indet.	-- s	-- v	-- v			-- s	-- s			-- s	-- s	
Pomatoceros triqueter	-- s		-- v									

STASJON	F9	F10	F11	F22	F33	F35	F36	F37	F38	F39
Antall alger										
1982	14	22	20	14	3	6	11	11	18	11
1983	14	10	15	11	2	4	4	16	12	9
1992	22	18	26	13	9	15	8	8	12	16
Antall dyr										
1982	4	3	1	3	1	4	2	3	4	4
1983	2	3	2	3	2	3	2	3	3	4
1992	14	12	14	5	6	12	6	5	6	7
Sum arter										
1982	18	25	21	17	4	10	13	14	22	15
1983	16	13	17	14	4	7	6	19	15	13
1992	36	30	40	18	15	27	14	13	18	23

Vedleggstabell 1.3.

VERTIKALUTBREDELSE FOR GRUNTVANNSORGANISMER

Tegnforklaring : + Enkeltfunn — Spredt ==== Vanlig *** Dominerende

Observatør MOY
Skriver TON

Stasjon D01, Myrodden		Dato: 15.07.92		Nedre observasjonsdyp: 16 meter																												
Eksponering: beskyttet		Himmelretning: nordvest																														
Helning	90	½		30																												
Bunntype	fjellvegg		½		mudder og stein																											
Dyp:	0 ½	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	>3
ALGER OG DYR																																
Laminaria saccharina	-- *** ** ** ** ** ** = = = = - - - - -																															
diatome-kjede på fjell	**																															
Porphyra leucosticta	+																															
Desmarestia viridis	+																															
Pilayella littoralis	!																															
Palmaria palmata	!																															
Antithamnion boreale	!																															
Sphacelaria plumosa	-- --																															
Phyllophora truncata	-- --																															
Phyllophora pseudoceranoides	-- -- - +																															
Polysiphonia elongata	-- --																															
Bryopsis hypnoides	+ -- -- --																															
Ulva lactuca	** = = - - = = = - - - -																															
Desmarestia aculeata	- -- -- -- --																															
Laminaria juv	==																															
Hildenbrandia rubra	= - - - - - - - -																															
Phyllophora sp.	-- --																															
Cladophora sp.	-- -- !																															
Lithothamnium sp.	-- --																															
Bonnemaisonia hamifera: sporp.	-- -- !																															
Ceramium strictum	= ==																															
Pterothamnion plumula	- - - - - = = = ** ** = = = +																															
Chondrus crispus	+																															
Dumontia contorta	= -																															
Ceramium rubrum	==																															
Polysiphonia nigrescens	!																															
Polysiphonia urceolata	==																															
Polysiphonia violacea	==																															
Fucus vesiculosus	** ==																															
Enteromorpha sp.	==																															
Ectocarpus sp.	** !																															
Mytilus edulis	**																															
Balanus sp.	==																															
Callithamnion corymbosum	-																															
Diatomeer	== **																															
Porphyropsis coccinea	+																															
Elachista fucicola	**																															
muslingskall på store stein	!																															

Vedlegg 2 Bløtbunnsfauna*Vedleggstabell 2.1.**Posisjoner for prøvetakingen i Kristiansandsfjorden 7. juni 1993*

Stasjon	Dyp	Posisjon
K 5	50	58° 08.14' N, 8° 02.65' E
K 6	55-62	58° 08.33' N, 8° 01.23' E
K 7	70-74	58° 07.65' N, 8° 03.59' E
K 8	135	58° 07.58' N, 8° 00.94' E
K 9	195	58° 06.85' N, 8° 01.77' E
K 25	65	58° 07.72' N, 8° 00.03' E
K 31	162	58° 07.99' N, 8° 01.58' E
K 41	27	58° 07.40' N, 8° 00.28' E

Vedleggstabell 2.2. Fullstendige resultater for bunnfaunaprøvene. Tallene angir antall individer pr. 0.4 m².

	Stasjon	K 7	K25	K41
CNIDARIA (Nesledyr)				
Actiniaria indet		-	-	5
Cnidaria indet		-	2	-
Edwardsia cf. danica Carlgren		-	1	40
Edwardsia cf. longicornis Carlgren		-	16	-
Edwardsia tuberculata Dueben & Koren		-	-	6
PLATYHELMINTHES (flatmark)				
Turbellaria indet		1	1	19
NEMERTINI (båndmark)				
Nemertini indet		7	21	33
NEMATODA (rundmark)				
Nematoda indet		-	1	-
POLYCHAETA (mangebørstemark)				
Amaeana trilobata (M.Sars 1863)		1	-	-
Ampharete sp		-	5	-
Ampharetidae indet		-	2	-
Amphictels gunneri (M.Sars 1835)		-	1	-
Anobothrus gracilis (Malmgren 1865)		-	1	1
Aphrodita aculeata Linne 1758		-	1	-
Capitella capitata (Fabricius 1780)		-	-	1
Caulericiella sp		-	20	3
Chaetozone sp		30	68	-
Chone sp		-	-	2
Diplocirrus glaucus (Malmgren 1867)		17	-	14
Eteone cf. longa (Fabricius 1780)		-	1	-
Euclymene sp		11	1	-
Eulalia viridis (Linne 1767)		-	3	-
Glycera alba (O.F.Mueller 1776)		2	5	4
Glycera lapidum		-	1	-
Glycera rouxii Audouin & Milne Edwards 1833		13	1	5
Glycera sp		-	4	-
Glycinde nordmanni (Malmgren 1865)		-	5	-
Goniada maculata Oersted 1843		4	17	21
Harmothoe antilopes McIntosh 1876		1	-	-
Harmothoe sp		3	5	1
Heteromastus filiformis (Claparede 1864)		18	29	10
Jasmineira caudata Langerhans 1880		-	6	-
Lumbrineris scopa Fauchald 1974		16	1	1
Magelona alleni Wilson 1958		-	2	-
Magelona sp		-	-	1
Melinna cristata (M.Sars 1851)		-	1	-
Myriochele oculata Zaks 1922		1	198	51
Nephtys hombergii Savigny 1818		-	-	3
Nephtys hystrix		-	1	-
Nephtys incisa Malmgren 1865		4	-	-
Nereis pelagica L.		-	1	-
Nicomache sp		-	3	-
Notomastus latericeus Sars 1851		-	-	1
Ophiodromus flexuosus (Delle Chiaje 1822)		2	-	-
Owenia fusiformis Delle Chiaje 1841		-	15	9
Paramphinoe jeffreysii (McIntosh 1868)		-	62	3

Paramphitrite tetrabranchiata Holthe 1976	1	3	-
Paraonis gracilis (Tauber 1879)	28	-	4
Pectinaria auricoma (O.F.Mueller 1776)	1	5	1
Pectinaria belgica (Pallas 1766)	-	1	-
Pholoe sp	5	1	2
Phyllodoce groenlandica (Oersted 1842)	-	5	4
Phyllodoce maculata (Linne 1767)	-	1	-
Pista cristata (O.F.Mueller 1776)	1	36	1
Platynereis dumerilii (Audouin&Milne-Edwards 1834)	-	2	-
Polycirrus sp	1	-	2
Polydora sp	-	-	1
Polyphysia crassa (Oersted 1843)	26	3	-
Prionospio cirrifera Wiren 1883	2	2	-
Prionospio malmgreni Claparede 1868	11	25	20
Prionospio multiobranchiata Berkeley 1927	-	5	-
Rhodine gracillor Tauber 1879	9	11	1
Sabellides octocirrata (M.Sars 1835)	-	7	-
Samytha sexcirrata M.Sars 1856	-	1	-
Scalibregma inflatum Rathke 1843	-	-	1
Scionella lornensis Pearson 1969	-	9	5
Scolecopsis foliosus	6	8	-
Scoloplos armiger (O.F.Mueller 1776)	-	1	11
Sosane sulcata Malmgren 1865	-	2	4
Sphaerodorum gracilis	-	-	2
Spiophanes kroeyeri Grube 1860	9	3	-
Streblosoma bairdi (Malmgren 1865)	1	-	-
Streblosoma intestinalis M.Sars 1872	-	20	20
Synelepis klatti (Friedrich 1950)	1	-	-
Terebellidae indet	-	-	1
Terebellides stroemi M.Sars 1835	1	-	2
Tharyx cf. mcintoshii	4	-	-
Tharyx sp	-	1	-
Trichobranchus roseus (Malm 1874)	-	14	23
GASTROPODA (snegl)			
Clathrus clathrus (Linne)	-	1	-
Hydrobia minuta	3	-	3
Lunatia alderi (Forbes)	-	5	1
Mangella brachystoma (Philippi)	-	-	1
Nassarius reticulatus (L.)	-	1	-
Turritella communis Risso	-	1	4
Acteon tornatilis (Linne)	-	-	1
Cylichna alba (Brown)	-	-	2
Nudibranchia ind.	-	-	2
Philine quadrata (S. Wood)	-	-	3
Philine scabra (O.F.Mueller 1776)	2	7	7
CAUDOFOVEATA (markbløtdyr)			
Caudofoveata indet	4	-	1
Scutopus ventrolineatus Salvisni-Plawen 1968	-	1	-
BIVALVIA (muslinger)			
Abra nitida (Mueller 1789)	11	-	-
Anomiidae indet	-	2	-
Arctica islandica (Linne 1767)	-	1	-
Bivalvia indet	-	1	-
Corbula gibba (Olivi 1792)	-	9	112
Cuspidara cuspidata (Olivi)	-	-	3
Hiatella sp.	-	-	1
Lucinoma borealis (Linne 1767)	-	-	1
Montacuta cf. tenella Loven	10	5	-
Montacuta sp.	-	-	3

<i>Mysella bidentata</i> (Montagu 1803)	-	3	2
<i>Mysia undata</i> (Pennant)	-	-	6
<i>Nucula sulcata</i> (Bronn 1831)	8	-	-
<i>Nuculoma tenuis</i> (Montagu)	1	2	-
<i>Parvicardium minimum</i> (Phillippi 1836)	-	6	8
<i>Thracia</i> sp	-	3	6
<i>Thyasira</i> cf. <i>croulinensis</i> (Jeffreys)	1	1	-
<i>Thyasira equalis</i> (Verrill & Bush)	7	2	-
<i>Thyasira flexuosa</i> (Montagu 1803)	6	4	16
<i>Thyasira</i> sp	1	-	-
<i>Venus fasciata</i> (da Costa)	-	-	5
<i>Venus striatula</i> (da Costa)	-	-	1
CRUSTACEA (krepsdyr)			
<i>Diastylis tumida</i> (Lilljeborg)	1	-	2
<i>Diastylodes biplicata</i> G.O.Sars	-	1	-
<i>Eudorella emarginata</i> Kroeyer	2	-	-
<i>Eudorella truncatula</i> Sp.Bate	2	-	-
<i>Leucon nasica</i> (Kroeyer)	3	-	-
<i>Ampelisca tenuicornis</i> Lilljeborg	-	17	8
<i>Eriopisa elongata</i> Bruzelius	5	-	-
<i>Maera othonis</i> (M-Edw.)	-	1	-
<i>Microdeutopus</i> sp	-	2	-
<i>Westwoodilla caecula</i> (Sp.Bate)	5	7	4
<i>Calocaris macandreae</i> Bell 1846	2	1	-
Paguridae indet	-	1	-
SIPUNCULIDA (pølseormer)			
<i>Golfingia minuta</i> (Køferstein)	-	1	-
<i>Golfingia</i> sp	-	-	1
<i>Phascolion strombi</i> (Montagu 1804)	-	-	3
ECHINODERMATA (pigghuder)			
<i>Asterias rubens</i> L.	-	1	-
<i>Asterias</i> sp	-	-	2
<i>Amphiura chiajei</i> Forbes	26	-	4
<i>Amphiura filliformis</i> (O.F.Mueller)	-	8	404
Ophiuroidea indet	-	3	5
<i>Brissopsis lyrifera</i> (Forbes)	4	2	2
<i>Echinocardium cordatum</i> (Pennant)	-	1	4
<i>Echinocardium flavescens</i> (O.F.Mueller)	-	-	8
<i>Psammechinus miliaris</i> (Gmelin)	-	1	-
<i>Labidoplax buski</i> (McIntosh)	-	14	28
HEMICHORDATA			
<i>Enteropneusta</i> indet	-	3	-
ASCIDIACEA (sekkedyr)			
Ascidiacea indet	-	1	-
PISCES (fisk)			
<i>Liparis montagui</i>	-	1	-

Individttall	342	789	1003
Artstall	52	93	75
H'	4,95	4,82	3,94
E S(100)	34,38	36,09	28,55

Vedleggstabell 2.3. Artsutvalg for multivariatanalysene, Kristiansandsfjorden 1977-1993. Samlet individtall for artene er vist. Utvalget omfatter 15 stasjoner, hver på 0,4 m²

Edwardsia cf. danica Carlgren	41
Edwardsia cf. longicornis Carlgren	16
Turbellaria indet	21
Nemertinea indet	565
Apistobranchnus tullbergi (Theel 1879)	30
Brada villosa (Rathke 1843)	15
Cauleriella sp	316
Chaetozone setosa Malmgren 1867	2088
Cirratulidæ indet	18
Cossura longocirrata Webster & Benedict 1887	24
Diplocirrus glaucus (Malmgren 1867)	113
Eteone longa (Fabricius 1780)	18
Euclymene sp	58
Glycera alba (O.F.Mueller 1776)	91
Glycera rouxii Audouin & Milne Edwards 1833	47
Goniada maculata Oersted 1843	94
Harmothoe sp	12
Heteromastus filiformis (Claparede 1864)	1268
Lumbrineris sp	132
Mugga wahrbergi Eliason 1955	139
Myriochele oculata Zaks 1922	250
Nephtys incisa Malmgren 1865	20
Ophelina modesta Stoep-Bowitz 1958	15
Ophiodromus flexuosus (Delle Chiaje 1822)	17
Orbinia norvegica (M.Sars 1872)	174
Owenia fusiformis Delle Chiaje 1841	24
Paramphinome jeffreysii (McIntosh 1868)	76
Paraonis gracilis (Tauber 1879)	378
Paraonis lyra (Southern 1914)	70
Pectinaria auricoma (O.F.Mueller 1776)	18
Pholoe sp	47
Phyllodoce groenlandica (Oersted 1842)	30
Pista cristata (O.F.Mueller 1776)	44
Polydora socialis (Schmarda 1861)	41
Polyphysia crassa (Oersted 1843)	83
Prionospio cirrifera Wiren 1883	77
Prionospio malmgreni Claparede 1868	671
Protodorvillea kefersteini (McIntosh 1869)	38
Rhodine gracillor Tauber 1879	39
Rhodine loveni Malmgren 1865	34
Samythella vanelli (Fauvel 1936)	49
Scalibregma inflatum Rathke 1843	86
Scionella lornensis Pearson 1969	14
Scolecopsis sp	34
Scoloplos armiger (O.F.Mueller 1776)	222
Sosane sulcata Malmgren 1865	11
Spiophanes kroeyeri Grube 1860	57
Streblosoma intestinalis M.Sars 1872	40
Terebellides stroemi M.Sars 1835	150
Tharyx sp	317
Trichobranchnus roseus (Malm 1874)	44
Trichobranchnus sp	12
Oligochaeta indet	39
Philine quadrata (S.Wood)	12
Philine scabra (O.F.Mueller 1776)	25
Caudofoveata indet	14
Scutopus ventrolineatus Salvini-Plawen 1968	12
Abra nitida (Mueller 1789)	51
Corbula gibba (Olivi 1792)	132

Montacuta cf. tenella Loven	15
Nucula sp	44
Nucula sulcata (Bronn 1831)	46
Nuculoma tenuis (Montagu)	29
Parvicardium minimum (Philippi 1836)	31
Thracia sp	14
Thyasira sp	139
Eudorella emarginata Kroeyer	18
Leucon pallidus G.O.Sars	28
Ampelisca tenuicornis Lilljeborg	27
Eriopisa elongata Bruzelius	27
Westwoodilla caecula (Sp.Bate)	23
Calocaris macandreae Bell 1846	14
Amphiura chiajei Forbes	173
Amphiura filliformis (O.F.Mueller)	557
Ophiuroidea indet	19
Brissopsis lyrifera (Forbes)	19
Echinocardium cordatum (Pennant)	11
Labidoplax buski (McIntosh)	47

Vedlegg 3: Tallbehandling

Artsmangfold

Artsmangfold (diversitet) er et begrep som søker å uttrykke struktur og mangfold i samfunn av arter. Jo flere arter det finnes i samfunnet og jo jevnere individfordelingen mellom artene er, jo høyere er diversiteten. Mål for diversitet beregnes ved relasjoner mellom antall arter og antall individer for artene. Målene tar ikke hensyn til hvilke arter som finnes, men opererer utelukkende på tallmessige forhold.

Høy diversitet preger samfunn som finnes i stabile og upåvirkede miljøer. Ved enkelte former for forurensning, spesielt organisk overbelastning, reduseres antallet arter samtidig som individmengden av tolerante arter kan øke kraftig. Dette kommer til uttrykk ved lavere verdier for diversitetsmålene. Bruk av diversitetsmål må betraktes som standard ved miljøundersøkelser.

Shannon-Wiener indeks

Indeksens verdi beregnes ved formelen:

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

der $p_i (= n_i/N)$ er den relative andel av art i av totalt individtall (N) i prøven og s er antall arter. Indeksen tar verdier fra null (bare en art tilstede) til 5-6 for svært artrike samfunn. Verdier $> 3-4$ indikerer gode forhold. Grenseverdier benyttet av NIVA i ulike undersøkelser er gitt i tabellen nedenfor. Tilstandsklasser i SFT's klassifiseringssystem (SFT 1993) er også vist.

H' log 2	Betegnelsen	SFT	klassifisering
< 0.8	-	V	Meget dårlig
0.8 - 1.3	Svært lavt	IV	Dårlig
1.3 - 2.1	Lavt	III	Nokså dårlig
2.1 - 3.1	Moderat	II	Mindre god
3.1 - 4.3	Normalt	I	God
4.3 - 4.8	Høyt	-	-
> 4.8	Svært høyt	-	-

Indeksverdien er en funksjon både av artstall og av individfordelingen mellom artene i samfunnet. For et gitt antall arter tar indeksen maksimumsverdi ($= \log_2 s$) når alle har samme individtall. Dette kan brukes til å beregne en indeks for jevnhet (Pielou's jevnhet) ved å sette

$$J = H' / \log_2 s$$

J tar verdier fra 0 (bare en art tilstede) til 1 (alle arter har samme individtall).

Hurlbert rarefaction funksjon

Dette er en metode hvor diversiteten uttrykkes grafisk som en funksjon mellom antall arter og antall individer. Med utgangspunkt i totaltallet arter og individer i en prøve beregnes hvor mange arter man ville vente å finne i delprøver med færre individer. Forventet artsantall plottes så (ordinat) mot individantall (abscisse). Diversiteten vises derved ved kurvens form og plassering i diagrammet, høy diversitet gir kurver som stiger bratt. Teoretisk sett er diversiteten ved dette uavhengig av prøvestørrelse. Beregningene bygger på sannsynlighetsregning og utføres etter formelen:

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

der $E(s)$ er forventet antall arter i en delprøve på n individer, og hele prøven består av N individer, s arter og N_i individer av hver art. Rygg (1984) har utarbeidet et standarddiagram for klassifisering av diversitet basert på funksjonen. I dette diagrammet plottes normalt bare endepunktene for diversitetskurvene (dvs. antall arter mot antall individer).

Fra funksjonen kan det beregnes forventet antall arter ved et gitt individtall, et mål som kan brukes som en diversitetsindeks. Standard er å gi antall arter ved 100 individer ($E(s_{100})$). Ved gode forhold overstiger indeksverdien 20 og ved svært høy diversitet overstiger verdien 40. I SFT's klassifiserings-system er verdien 18.5 satt som grense for tilstandsklasse I (god).

Likhetsanalyser (multivariate metoder)

Likhetsanalysene søker å gi en fremstilling av forskjeller og likheter i faunaens sammensetning mellom et sett av prøver eller lokaliteter. Ved dette kan det avgjøres om noen prøver/lokaliteter skiller seg særlig ut eller om det opptrer mønstre i geografisk fordeling og tid. Slike avvik eller mønstre kan i neste omgang sammenholdes med kjente miljøforhold. Generelt inndeles analysene i hovedgruppene clusteranalyser (klassifikasjon) og ordinasjon.

Clusteranalyser

I clusteranalysene ordnes prøvene i grupper (clustre) etter graden av innbyrdes likhet. De vanligste analysene illustrerer dette i et hierarkisk oppbygd diagram (dendrogram), begynnende med prøvene med størst innbyrdes likhet.

Matematisk forløper beregningene i to trinn: først beregnes likhet mellom alle prøver/stasjoner tatt to og to ved bruk av et matematisk mål for likhet (similaritetsindeks), dernest konstrueres dendrogrammet på basis av de beregnede likhetsverdiene.

I analysene som her benyttes beregnes likheten mellom prøvene etter 'Bray-Curtis' likhetsmål (ofte også benevnt Czekanowski's indeks):

$$BC_{p,q} = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^s |x_{pi} - x_{qi}|}{\sum_{i=1}^s (x_{pi} + x_{qi})} \right)$$

hvor x_{pi} er mengdeverdien for art i på prøve p og x_{qi} er mengdeverdien for art i på prøve q , og s er totalt antall arter. Indeksens verdiområde varierer fra 1 (identiske prøver) til 0 (helt ulike prøver, dvs. ingen felles arter).

I de fleste tilfeller må verdiene transformeres før beregningene. Vanligst benyttet er rot-, dobbel rot-, eller logaritme-transformering. Transformeringen reduserer den relative effekten av høye verdier (f. eks. høye individtall på enkeltprøver) og sikrer en logisk balanse mellom dominerende og individfattige arter i prøvene.

Dendrogrammet fremstilles etter prinsippet 'group average sorting' hvor likheten mellom to grupper beregnes ut fra gjennomsnittsverdien av likheten mellom prøvene som inngår i gruppene.

Ordinasjon

I ordinasjonsanalysene framstilles prøvene som punkter i et rettvinklet koordinatsystem. Avstanden mellom punkter i diagrammet representerer graden av likhet mellom prøvene, eller egentlig ulikhet, slik at tett liggende punkter viser svært like prøver.

I denne rapporten er det benyttet en form av ordinasjonsanalyser kalt MDS ('Multidimensional scaling'). Denne analysen tar utgangspunkt i den samme beregning av likhet mellom prøvene som i clusteranalysen ('Bray-Curtis indeks'), men bruker dette som grunnlag for å plote prøvepunktene i koordinatsystemet. Analysen søker ut (ved iterasjoner) den punktkonfigurasjon hvor avstandene mellom punktene gir best mulig tilpasning til de beregnede likhetsverdiene mellom prøvene.

Plottet kan fremstilles i to eller flere dimensjoner. Tilpasningen til datasettet er best i de fler-dimensjonale løsningene, men det er vanlig å bare gi den to-dimensjonale løsningen som er enkel å fremstille grafisk. Hvor god tilpasningen er, måles ved en egen indeks, en såkalt stress-faktor. Denne skal ha en verdi som helst ikke overstiger 0.1. På grunn av slektskapet mellom clusteranalysen og MDS-analysen er det vanlig å sammenholde plottene mot hverandre.

NIVA



Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2529-3