

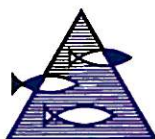
RAPPORT LNR 4052-99

# Miljøtilstanden i Lillesands kystområder

Oksygenforhold, hardbunns-  
organismer og bløtbunnsfauna



I samarbeid med



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

MILJØ - RESSURSER - HAVBRUK

FORSKNINGSSTASJONEN FLØDEVIGEN

**Hovedkontor**  
Postboks 173, Kjelsås  
0411 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internet: www.niva.no

**Sørlandsavdelingen**  
Televeien 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 37 29 50 55  
Telefax (47) 37 04 45 13

**Østlandsavdelingen**  
Sandvikaveien 41  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 62 57 64 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**  
Nordnesboder 5  
5008 Bergen  
Telefon (47) 55 30 22 50  
Telefax (47) 55 30 22 51

**Akvaplan-NIVA A/S**  
9015 Tromsø  
Telefon (47) 77 68 52 80  
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Miljøtilstanden i Lillesands kystområder. Oksygenforhold, hardbunnsorganismer og bløtbunnsfauna	Løpenr. (for bestilling) 4052-99	Dato 10.05.99
	Prosjektnr. Undernr. O-95123 1	Sider Pris 75
Forfatter(e) Tone Kroglund Eivind Oug Einar Dahl (Havforskningsinstituttet Forskningsstasjonen Flødevigen)	Fagområde Marin eutrofi	Distribusjon
	Geografisk område Aust-Agder	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Lillesand kommune	Oppdragsreferanse
---------------------------------------	-------------------

**Sammendrag**

Undersøkelser av oksygeninnhold i vannmasser, hardbunnsorganismer i strandsonen og bløtbunnsfauna ble gjennomført i Skallefjorden, Tingsakerfjorden og Isefjærfjorden i Lillesand kommune i perioden 1995 –1998. Tingsakerfjorden hadde god vannutskiftning, gode oksygenforhold i bunnvannet og en frisk og artsrik bunnfauna. På grunt vann var strandsonen preget av noe næringsrike forhold, spesielt ved Tingsaker og i Lillesand havn. Resultatene tyder ikke på større endringer i tilstanden etter igangsetting av renseanlegg. Skallefjorden hadde dårlige oksygenforhold i bunnvannet (tilstandsklasse *dårlig*) og bunnfaunaen var artsfattig (tilstandsklasse *mindre god*). Den reduserte tilstanden skyldes tilførsler av organisk materiale og nedsatt utskiftning av bunnvannet. På grunt vann var forholdene gode. Isefjærfjorden hadde reduserte oksygenforhold (tilstandsklasse *meget dårlig*) fra 10 m dyp (hydrogensulfid), men det var en forholdsvis artsrik bunnfauna ned til 10 m. Resultatene tyder på at vanngjennomstrømningen i fjordens ytre deler har økt, og at hydrogensulfidkonsentrasjonen i dypvannet har blitt redusert etter gjenåpning av kanalen mellom Kirkekilen og Kvanneidfjorden. Tilstanden i Kirkekilen har blitt betraktelig bedre på grunn av den økte vannutskiftningen, med blant annet friskere bunnsedimenter og flere arter i strandsonen.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Hydrografi</li> <li>2. Hardbunn (strandsonen)</li> <li>3. Bløtbunnsfauna</li> <li>4. Miljøtilstand</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Hydrography</li> <li>2. Rocky shore, littoral zone</li> <li>3. Soft bottom fauna</li> <li>4. Quality status</li> </ol>
--	---

  
Tone Kroglund  
Prosjektleder

  
Kari Nygaard  
Forskningsleder  
ISBN 82-577-3656-2

  
Bjørn Braaten  
Forskningsssjef

**O-951231**

**Miljøtilstanden i Lillesands kystområder**

Oksygenforhold, hardbunnsorganismer og  
bløtbunnsfauna



## Forord

Fylkesmannen i Aust-Agder har oppfordret kommunene til å etablere overvåkingsprogrammer for sine vannforekomster i forbindelse med nye utslippstillatelser. NIVA og HFF (Havforskningsinstituttet Forskningsstasjonen Flødevigen) har i den forbindelse utarbeidet et felles, marint overvåkingsprogram for kystområdene i Tvedestrand, Risør, Lillesand og Grimstad. Tilsvarende overvåkingsprogram er utarbeidet for kystnære småvassdrag. Overvåkingsprogrammet ble diskutert i møter med kommunene og Fylkesmannens miljøvernnavdeling 18-20. januar 1995, og endelig programforslag forelå 25. mars 1995.

Kontaktperson i Lillesand kommune var fram til 1998 miljøvernleder Arild R. Syversten. I prosjektets slutfase hadde Vebjørn Knarrum tatt over som miljøvernleder og kontaktperson. Vi takker begge for godt samarbeid.

Foreliggende rapport omhandler resultater fra Lillesand. Tilsvarende rapport er allerede utarbeidet for Grimstad, Risør og Tvedestrand.

Følgende personer har bidratt til rapporten:

- Tone Jacobsen Prosjektleder. Planlegging og gjennomføring av strandsoneundersøkelse. Sammenstilling av rapport.
- Einar Dahl (HFF) Ansvarlig for gjennomføring og rapportering av hydrografiundersøkelsen.
- Eivind Oug Ansvarlig for gjennomføring og rapportering av bløtbunnsundersøkelsen.

I tillegg har Jarle Håvardstun (NIVA) deltatt i innsamling av bløtbunnsprøver og strandsonedata. Han har også deltatt i opparbeiding av bløtbunnsprøvene.

Ved Havforskningsinstituttet Forskningsstasjonen Flødevigen har Terje Jåvold, Lena Omlie og Anita Reiswaag utført det aller meste av det hydrografiske innsamlings- og analysearbeidet. Mannskapet på G.M. Dannevig har vært til stor hjelp under deler av feltarbeidet.

Takk til alle for god innsats.

Grimstad, april 1998

*Tone Kroglund*



# Innhold

SAMMENDRAG .....	6
<b>1. INNLEDNING.....</b>	<b>9</b>
1.1 OMRÅDEBESKRIVELSE OG UTSLIPPSSITUASJON .....	9
1.1.1 Områdebeskrivelse.....	9
1.1.2 Utslippssituasjonen .....	9
1.2 TIDLIGERE UNDERSØKELSER OG MILJØFORHOLD .....	12
1.2.1 Tidligere undersøkelser.....	12
1.2.2 Miljøforhold .....	13
1.3 FORMÅL OG UNDERSØKELSESPROGRAM .....	14
<b>2. METODER.....</b>	<b>15</b>
2.1 HYDROGRAFI.....	15
2.1.1 Bakgrunn.....	15
2.1.2 Stasjonsplassering.....	16
2.1.3 Feltinnsamling og analyser.....	16
2.1.4 Beregning av oksygenforbruk .....	16
2.1.5 Vurdering av tilstand .....	17
2.2 HARDBUNNSORGANISMER I STRANDSONEN .....	18
2.2.1 Bakgrunn.....	18
2.2.2 Stasjonsvalg .....	18
2.2.3 Feltinnsamling .....	18
2.2.4 Tallbehandling .....	19
2.3 BLØTBUNN .....	20
2.3.1 Bakgrunn.....	20
2.3.2 Valg av prøvetakingslokaliteter .....	20
2.3.3 Prøvetaking.....	21
2.3.4 Analysemetoder.....	21
2.3.5 Tallbehandling og vurdering av tilstand.....	21
<b>3. RESULTATER FRA TINGSAKERFJORDEN OG SKALLEFJORDEN .....</b>	<b>25</b>
3.1 VANNMASSER.....	25
3.1.1 Hydrografi .....	25
3.1.2 Oksygenforhold.....	25
3.1.3 Sammenligning med forrige undersøkelse i 1985 .....	27
3.1.4 Vurdering av resultatene.....	27
Tingsakerfjorden Skallefjorden.....	28
3.2 HARDBUNNSORGANISMER.....	29
3.2.1 Artsutvalg.....	29
3.2.2 Artsantall, diversitet og fordeling mellom algegruppene.....	30
3.2.3 Vurdering av resultatene.....	33
3.3 BLØTBUNN .....	35
3.3.1 Bunnsedimenter.....	35
3.3.2 Bløtbunnsfauna .....	36
3.3.3 Sammenligning med tidligere prøvetaking.....	39
3.3.4 Vurdering av resultatene.....	40
<b>4. RESULTATER FRA ISEFJÆRFJORDEN .....</b>	<b>43</b>
4.1 VANNMASSER.....	43
4.1.1 Hydrografi .....	43
4.1.2 Oksygenforhold.....	43
4.1.3 Sammenligning med tidligere undersøkelser .....	44

---

4.1.4	<i>Vurdering av resultatene</i> .....	45
4.2	<b>HARDBUNNSORGANISMER</b> .....	46
4.2.1	<i>Artsutvalg</i> .....	46
4.2.2	<i>Artsantall, diversitet og fordeling mellom algegruppene</i> .....	47
4.2.3	<i>Sammenligning med tidligere undersøkelser</i> .....	49
4.2.4	<i>Vurdering av resultatene</i> .....	51
4.3	<b>BLØTBUNN</b> .....	52
4.3.1	<i>Prøvetaking og bunnsedimenter</i> .....	52
4.3.2	<i>Bløtbunnsfauna</i> .....	52
4.3.3	<i>Sammenligning med tidligere undersøkelser</i> .....	54
4.3.4	<i>Vurdering av resultatene</i> .....	55
5.	<b>REFERANSER</b> .....	56
	Vedlegg A. Hydrografi.....	59
	Vedlegg B. Strandsone.....	63
	Vedlegg C. Bløtbunn.....	71

## SAMMENDRAG

I perioden 1995 - 1998 ble det gjennomført undersøkelser av oksygeninnhold i vannmassene, organismesamfunn på grunt vann i strandsonen og bløtbunnsfauna på dype mudderbunner i tre fjorder ved Lillesand: Tingsakerfjorden, Skallefjorden og Isefjærfjorden. Formålet med undersøkelsene var å vurdere dagens tilstand samt å belyse eventuelle utviklingstendenser etter igangsatte miljøtiltak:

- I Tingsakerfjorden ble et kjemisk renseanlegg igangsatt i 1990, og de kommunale tilførslene ble redusert fra ca. 3600 pe. til 1800 pe. Tingsakerfjorden har nær forbindelse med Skallefjorden.
- I Isefjærfjorden ble den gamle sjøforbindelsen mellom Kirkekilen og Kvanneidfjorden (Kassenkanalen) gjenåpnet i 1995. Tiltaket ble gjennomført for å bedre vannutskiftningen i Kirkekilen og gjøre området mer tilgjengelig for båtturister.

Alle tre fjordområdene er tidligere undersøkt.

### *Tingsakerfjorden og Skallefjorden*

#### *Hydrografi*

Temperatur, saltholdighet og oksygen ble målt på to stasjoner på i alt 4 tokt høsten 1995. De hydrografiske dataene viste at Skallefjorden og Tingsakerfjorden var preget av de samme vannmassene i de øvre 20–30 m, men på større dyp hadde Skallefjorden mer stagnerende vannmasser enn Tingsakerfjorden. Laveste oksygenkonsentrasjoner som ble målt i Skallefjorden (40–50 m dyp) var 1.96 ml O<sub>2</sub>/l (tilstandsklasse IV - *dårlig*). I Tingsakerfjorden var laveste målte oksygenkonsentrasjon i tilstandsklasse II (*god*).

Det ble målt et høyt oksygenforbruk i dypbassenget i begge fjordene, ca. 1.3 ml O<sub>2</sub>/l pr. måned. Ettersom oksygenforbruket er høyere enn i andre tilsvarende fjordområder og hva som er forventet ut fra teoretiske modellberegninger, tyder resultatene på at fjordene har en lokalbasert organisk belastning. For Tingsakerfjorden har dette trolig lite å si for oksygentilstanden i dypvannet ettersom vannutskiftningen er god (< 1 mnd mellom hver utskiftning). Skallefjorden er mer sårbar fordi den har dårligere vannutskiftning (over 4 mnd mellom hver utskiftning).

I 1985 var oksygeninnholdet i dypvannet i Tingsakerfjorden i tilstandsklasse III (*mindre god*), mens tilstanden i dypvannet i Skallefjorden var i tilstandsklasse V (*meget dårlig*). Oksygenforbruket ved 55 m dyp i Skallefjorden ble beregnet til 2.1 ml O<sub>2</sub>/l pr. måned. Samlet sett kan det derfor tyde på at oksygenforholdene har blitt noe forbedret etter igangsetting av renseanlegget. Det er imidlertid stor naturlig variasjon i oksygeninnhold i bunnvann, og forskjellen mellom 1985 og 1995 kan strengt tatt tenkes å ligge innenfor en slik naturlig variasjon.

#### *Strandsone*

Alger og dyr på grunt vann i strandsonen ble undersøkt på tilsammen 6 stasjoner i Tingsakerfjorden og Skallefjorden med semi-kvantitative metoder. Stasjonene ble undersøkt to år på rad, i 1996 og 1997. Det forelå ikke tidligere undersøkelser av strandsamfunnet fra disse fjordområdene. Tilsammen 80 arter ble registrert, fordelt på 60 alger/planter og 18 fjæredyr. Antall arter på de enkelte stasjonene varierte mellom 21 og 45 arter.

I Tingsakerfjorden hadde tangen mye påvekst av små, trådformete arter, og alle de tre stasjonene hadde en overvekt av forensningstolerante arter. Stasjonen i Lillesand havn skilte seg ut fra de øvrige stasjonene i Tingsakerfjorden med få arter, lav diversitet og stor forekomst av enkelte forensningstolerante arter. Skallefjorden hadde et friskere algesamfunn enn Tingsakerfjorden, selv

om det var mye påvekst på tangen også her. Alle stasjonene hadde en klar overvekt av forurensningsømfintlige arter. Stasjonene hadde også en rik undervegetasjon under tangen, spesielt stasjonen på vestsiden av Skauerøy. På Slåttheolmen indikerte resultatene at stasjonen var lokalt påvirket.

#### *Bløtbunn*

Bløtbunnsprøver for analyse av sedimentkomponenter og fauna ble innsamlet på tre stasjoner i Tingsakerfjorden, Lillesand havn og Skallefjorden i november 1996. På alle stasjonene var sedimentene forholdsvis friske, men det var høyt organisk innhold i Tingsakerfjorden og Skallefjorden (tilstandsklasse V, *meget dårlig*). I Skallefjorden var det lukt av hydrogensulfid i det dypeste partiet. Mye av det organiske materiale er trolig tilført plantemateriale fra land. Skallefjorden virker trolig som en sedimentfelle på materiale som transporteres med strøm til og fra Blindleia. I Lillesand havn var det grovt sediment med lavt organisk innhold som tyder på god strømpåvirkning.

I Tingsakerfjorden var bløtbunnsfaunaen artsrik og hadde høyt artsmangfold (tilstandsklasse I, *meget god*). Forholdene var ikke vesentlig endret siden 1980-tallet. I Lillesand havn var bløtbunnsfaunaen stimulert av organiske materiale som kan tyde på at området fortsatt har lokale tilførsler. I dypområdet av Skallefjorden var faunaen svært artsfattig (tilstandsklasse III, *mindre god*), men tilstedeværelsen av fauna viser samtidig at det har vært oksygen tilstede i lengre tid før prøvetakingen. Tidligere undersøkelser har vist forholdsvis store variasjoner fra år til år. Tilstanden i Skallefjordens dypområde må vurderes å være svært nær en kritisk grense.

De forskjellige karakteristikkene for sedimenter og bunnfauna i Tingsakerfjorden og Skallefjorden skyldes trolig innholdet av plantemateriale i sedimentene. Dette har ikke like stor effekt på faunaen som lett nedbrytbart organisk stoff og kan føre til at sedimentene karakteriseres som dårligere enn de egentlig er.

#### *Isefjærfjorden*

##### *Hydrografi*

Temperatur, saltholdighet og oksygen ble målt på to stasjoner på i alt 3 tokt høsten 1998. Målingene viste at det var stagnerende forhold allerede fra 5 m dyp og med hydrogensulfid fra 10 m dyp (tilstandsklasse V, *meget dårlig*). Sammenligninger mellom undersøkelser som er gjennomført før og etter åpning av kanalen, viser at vanngjennomstrømming og vannstandsvekslinger i fjordens ytre deler har økt. Resultatene tyder også på at åpningen av Kassenkanalen kan ha gitt reduserte hydrogensulfidkonsentrasjoner i dypvannet.

##### *Strandsoner*

Alger og dyr på grunt vann i strandsonen ble undersøkt på tilsammen 7 stasjoner i Isefjærfjorden med semi-kvantitative metoder. Undersøkelsen ble foretatt i august 1998 og var en oppfølging av tidligere undersøkelser (1992 og 1995). Tilsammen 65 arter ble registrert i fjorden, fordelt på 51 alger/planter og 14 fjæredyr. Antall arter på de enkelte stasjonene varierte mellom 29 og 35 arter. Det var en generell reduksjon i antall arter fra ytre til indre fjord. Det var også en svak tendens til økende antall grønnalger innover i fjordsystemet. Dette er et vanlig trekk i innelukkede fjorder, og henger sammen med liten vannbevegelse og ferskvannspåvirkning i indre fjorder.

Sammenligninger med tidligere undersøkelser viste at mengden grønnalger i indre del av Kirkekilen var redusert, samtidig som antall arter hadde økt siden åpning av kanalen. Blæretang hadde fått større forekomst i Kirkekilen, og bl.a. etablert seg langs kanalveggene. Mye opportunistiske påvekstalger på tangen indikerte imidlertid at Kirkekilen fortsatt var preget av god næringstilgang. I de øvrige deler av

Isefjærfjorden var det mindre endringer. I indre del av Isefjærfjorden hadde det vært en reduksjon i tangforekomstene siden 1992, men dette er mest sannsynlig et resultat av isskuring. I forprosjektet ble det påpekt at åpning av kanalen kunne resultere i økt begroing i Kvanneidfjorden på grunn av økte næringssalttilførsler. En slik økning i påvekstalger eller andre opportunistiske arter ble ikke registrert på den undersøkte stasjonen. I andre deler av Kvanneidfjorden har det vært en økning i enkelte bladformete grønnalger. Årsaken til dette er ikke kjent.

#### *Bløtbunn*

Prøver av bløtbunnsfauna ble innsamlet fra seks stasjoner i 2-10 m dyp med en Ekmann bunngrabb (prøveareal 15 x 15 cm). Prøvene ble tatt i juni 1998 og var en oppfølging av prøvetaking i januar 1993. I alt ble det funnet 54 arter i bunnprøvene. Artsantallet på stasjonene varierte fra 10-22, og det var høye individtall på alle stasjonene. Alle artene er vanlige i terskelfjorder og forekommer ofte i organisk anrikede sedimenter.

Sammenlignet med 1993 hadde arts- og individtallene økt. Dette kan være en følge av bedre vannutskiftning, men er noe usikkert fordi prøvene i 1993 ble tatt under en utskiftningssituasjon. På 10 m dyp ved Naudodden ble det registrert forholdsvis mange arter og høyt individtall, mens det her var livløst i 1993. Resultatene tyder på at grensen mellom oksygenholdige og oksygenfrie vannmasser kan være senket etter åpning av kanalen. I Kirkekilen var sedimentene friskere enn i 1993, men det var større forekomster av forurensningstolerante arter, spesielt børstemark (*Capitella capitata*). Dette kan indikere lokale organiske tilførsler, men det er mulig at planterester transporteres inn gjennom kanalen og avsettes i Kirkekilen.

# 1. INNLEDNING

## 1.1 OMRÅDEBESKRIVELSE OG UTSLIPPSSITUASJON

### 1.1.1 Områdebeskrivelse

Fjordområdet rundt Lillesand by består av flere sammenhengende fjorder med relativt åpen forbindelse til sjøområdet utenfor (**Figur 1**). Tingsakerfjorden ("byfjorden") er hovedresipient for kommunalt avløpsvann og har et største dyp på 83 m like nord for Skauerøy og en terskel på ca. 30 m mot kysten utenfor. Tingsakerfjorden har forbindelse med Skallefjorden via et terskelområde på ca. 20 m dyp. Største dyp i Skallefjorden er 73 m og fjorden har videre forbindelse med Blindleia og med kysten utenfor. Blindleia er en av de mest trafikkerte kyststrekningene på Sørlandet.

Isefjærfjorden er et innelukket fjordområde i Høvåg, vest for Lillesand by. Fjorden har et største dyp på 22 m i indre del og har flere avgrensede fjordarmer. Forbindelsen til kysten utenfor (Blindleia) er over et langt og smalt terskelområde (3 m) ved Jaktevigga og en kanal til Kirkekilen (Kassenkanalen). Kirkekilen er en av fjordarmene til Isefjærfjorden og ligger i tilnærmet øst-vest retning med et største dyp på 9 m. Fram til midten av 1700 -tallet var det åpen forbindelse mellom indre del av Kirkekilen og skjærgården utenfor, en strekning på ca. 200 m. Senere grodde dette området igjen og Kirkekilen hadde kun utveksling av vann med resten av Isefjærfjorden. I 1995 ble forbindelsen mellom Kirkekilen og Kvanneidfjorden gjenåpnet ved å grave ut den gamle kanalen. Vanndybden i kanalen er i dag ca. 2 m.

**Tabell 1.** Topografiske data fra fjordområdene i Lillesand, hentet fra Baalsrud m. fl. 1991.

	Største dyp	Terskeldyp	Areal	Nedbørfelt	Ferskv.tilførsel
	m	m	km <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s
Kaldvellfjorden	29	5	2.6	100	2.2
Tingsaker	83	32	2	35	0.75
Skallefjorden	73	20	Ikke oppgitt	Ikke oppgitt	Ikke oppgitt
Steindalsfjorden	45	15	1.5	24	0.6
Isefjærfjorden	22	3	1.3	14	0.35

### 1.1.2 Utslippssituasjonen

Før 1990 var utslippene av urensset avløpsvann til fjordene ved Lillesand ca. 9000 pe, som tilsvarer 5 tonn P/år og 35 tonn N/år. Utslippene var fordelt på mange utslippspunkter, de største i Tingsakerfjorden (nordøstre del: 1700 pe, Lillesand havn: 1900 pe).

Etter innføring av nytt mekanisk-kjemisk renseanlegg i sentrum (Fossbekk) i 1990 ble de kommunale utslippene redusert fra 9000 pe til totalt 3600 pe. Dagens utslipp tilsvarer 2.2 tonn fosfor pr. år og 30 tonn nitrogen pr. år (opplysning fra Fylkesmannen i Aust-Agder). Utslippene til Tingsakerfjorden alene ble redusert til 1800 pe (1.1 tonn P/år og 19 tonn N/år). Dagens utslipp omfatter også mindre

kommunale og private utslipp til blant annet Kaldvellfjorden og Isefjærfjorden (**Tabell 2**). Utslippene til Kaldvellfjorden er 90 pe (60 kg P/år). De fleste utslippene til Isefjærfjorden (450 pe) ble sanert i 1996, og blir nå ført ut til 15-17 m dyp i Kvanneidfjorden etter kjemisk rensing. Det er kun spredte utslipp til selve Isefjærfjorden.

I tillegg til utslipp av avløpsvann tilføres kystområdene næringssalter fra industri, jordbruk, avrenning fra land, nedbør og gjennom havstrømmer. I Lillesand er de samlede tilførslene til Tingsakerfjorden, Kaldvellfjorden, Steindalsfjorden og Isefjærfjorden beregnet til 115 tonn N/år og 8 tonn P/år (Baalsrud m. fl. 1991). De antropogene tilførslene (befolkning, industri og jordbruk) utgjør ca. 54 tonn N/år og 6.1 tonn P/år.

Utslippstall for enkelte resipienter er gitt i **Tabell 2**.

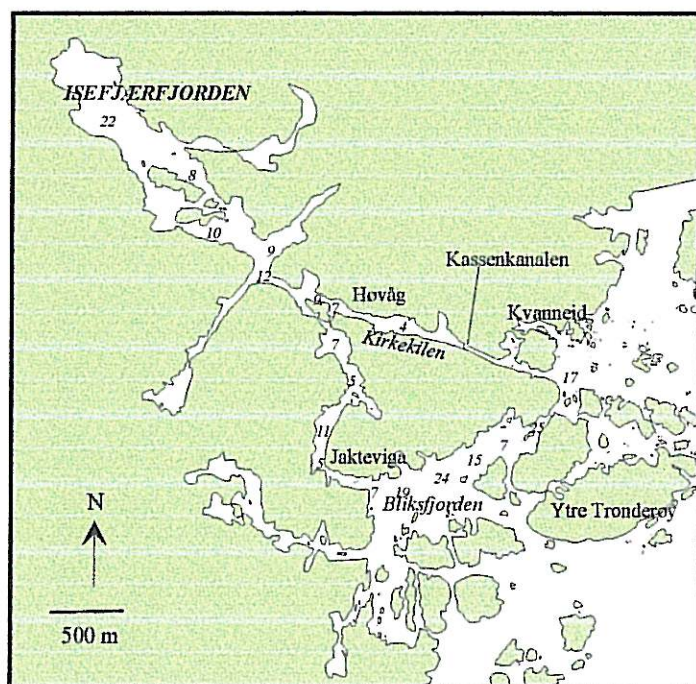
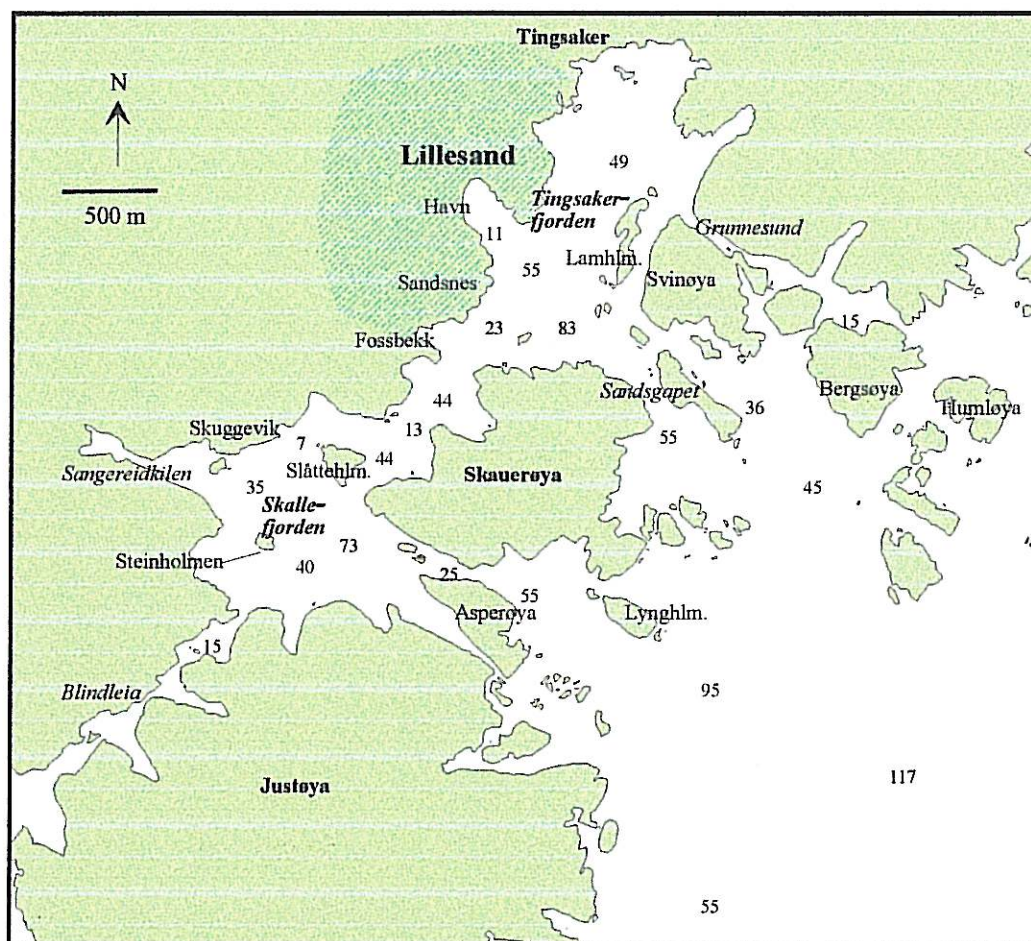
**Tabell 2.** Tilførselstall for utvalgte fjordområder i Lillesand (Tall fra Fylkesmannen i Aust-Agder og Baalsrud m. fl. 1991).

	Tingsakerfjorden		Isefjærfjorden		Kaldvellfjorden	
	tonn P/år	tonn N/år	tonn P/år	tonn N/år	tonn P/år	tonn N/år
Befolkning <sup>1)</sup>	1.1	18.8	0.1	1.5	0.06	0.65
Naturlige tilførsler <sup>2)</sup>	1.2	10	0.2	4	0.3	25

<sup>1)</sup> Opplysning fra Fylkesmannen Aust-Agder

<sup>2)</sup> Baalsrud m. fl. 1991





Figur 1. Kart over undersøkelsesområdet. Enkelte dybdeangivelser er angitt i meter.

## 1.2 TIDLIGERE UNDERSØKELSER OG MILJØFORHOLD

### 1.2.1 Tidligere undersøkelser

#### *Tingsakerfjorden og Skallefjorden*

På 1980-tallet ble det gjennomført to resipientundersøkelser i Tingsakerfjorden og Skallefjorden. Den første undersøkelsen ble gjennomført av Miljøplan og omfattet siktedyp, oksygen, næringssalter og bunndyr (Miljøplan 1980). Fra 1983 til 1986 gjennomførte NIVA Sørlandsavdelingen en stor resipientundersøkelse etter oppdrag fra Lillesand kommune. På fire stasjoner ble temperatur, saltholdighet, næringssalter, oksygen, klorofyll og tarmbakterier regelmessig prøvetatt i både vinterhalvåret og sommerhalvåret (Wikander 1984, Næs 1986). Bløtbunnsfauna ble undersøkt på 4 stasjoner (Wikander 1987). I tillegg foreligger det målinger av miljøgiftinnholdet i sedimenter og blåskjell fra Lillesand havn (Konieczny 1994).

#### *Isefjærfjorden*

Før åpningen av kanalen fra Blindleia inn til Kirkekilen ble det i 1992-93 gjennomført et flerfaglig prosjekt for å klargjøre miljø- og samfunnsmessige konsekvenser ved bygging av kanalen (Fylkesmannen i Aust-Agder 1993). I prosjektet inngikk undersøkelser av hydrografi, standsone og bløtbunn. Prosjektet konkluderte med at kanalen totalt sett ville ha positive konsekvenser for befolkningen i Høvåg, for utnyttelse av området til friluftsmål og for naturmiljøet i fjorden.

De hydrografiske forholdene i Isefjærfjorden ble første gang undersøkt av Strøm (1936). Senere er det gjennomført flere spredte undersøkelser av temperatur, saltholdighet og oksygenforhold i fjorden (Bøhle 1986, Bøhle m. fl. 1990). Undersøkelsene i forbindelse med åpningen av kanalen omfattet vurderinger av kanalens betydning for vannutskifting i fjorden (Fylkesmannen i Aust-Agder 1993). Etter åpning av kanalen har Høgskolen i Agder hatt flere studentoppgaver i fjorden som også inkluderer oksygenforhold og hydrografi (Abrahamsen m. fl. 1995, Aasbø m. fl. 1996 og Røren m. fl. 1997).

Algevegetasjonen på grunt vann i Isefjærfjorden ble undersøkt med kvalitative metoder i 1965 (Rueness 1966). Før åpningen av kanalen ble det vinteren 1992/1993 foretatt en befaring av algevegetasjonen (Fylkesmannen i Aust-Agder 1993). I 1995 ble det nye undersøkelser med semi-kvantitativ metodikk gjennomført (Jacobsen 1995). Tilsammen er 7 stasjoner undersøkt i fjorden.

Bløtbunnsfauna i fjorden ble undersøkt i 1989 etter omfattende vannutskiftinger i terskelfjorder på Sørlandet (Oug 1992). Før åpningen av kanalen ble det vinteren 1993 gjennomført en bunnfaunaundersøkelse i Kirkekilen og 5 andre stasjoner i Isefjærfjorden (Fylkesmannen i Aust-Agder 1993).

#### *Andre områder*

Det gjennomføres årlige målinger av hydrografi (temperatur, saltholdighet og oksygen) langs kysten av Skagerrak i regi av Havforskningsinstituttet Forskningsstasjonen Flødevigen (HFF). Stasjoner fra Vallesvær, Ulvøy og Steindalsfjorden i Lillesand inngår i dette programmet (Johannessen og Dahl 1996). Det er også foretatt enkelte næringssaltmålinger fra dette området (Dahl og Danielssen 1987). Hydrokjemiske målinger med vekt på oksygenforhold foreligger også fra poller og innstengte lokaliteter som Kaldvellfjorden, Kraksøkilen, Lusekilen og Heslevigen (Bøhle 1986).

Etter oppblomstringen av *Chrysochromulina polylepis* i 1988 ble to hardbunnsstasjoner og 6 bløtbunnsstasjoner i Lillesand undersøkt av NIVA (se Jacobsen m. fl. 1994 for oversikt). En av

hardbunnsstasjonene (Humløy) inngår nå i Kystovervåkingsprogrammet og blir prøvetatt hvert år (Pedersen m. fl. 1995).

En egnethetsundersøkelse for havbruk ble gjennomført i Aust-Agder i 1985. Undersøkelsen omfattet 8 kvantitative bløtbunnsstasjoner fra Kvåsefjorden, Ramsøy, Gamle Hellesund-området, Steindalsfjorden og området mellom Humløy og Auesøya. Sedimentene ble analysert for organisk innhold (TOC, tot-N, tot-P) (Wikander 1986).

Innholdet av tarmbakterier blir hvert år målt på ulike saltvannslokaliteter i Lillesand kommune i et program fra Fylkesmannen i Aust-Agder. Prøvene blir tatt hver uke gjennom hele badesesongen.

Jacobsen m. fl. (1994) har gitt en fullstendig oversikt over gjennomførte undersøkelser i Lillesand kommune frem til 1994.

## 1.2.2 Miljøforhold

### *Tingsakerfjorden/Skallefjorden*

Resipientundersøkelsen på '80-tallet viste at vannutskiftningen i Tingsakerfjorden var god, og det var gode oksygenforhold i dypvannet (Næs 1986). Ved undersøkelsens start var det moderat påvirkning av organisk materiale i bunnområdene, men innen slutten av undersøkelsesperioden kunne ingen slik påvirkning spores. Lillesand havn var i liten grad forstyrret av utslippene til indre havnebasseng (Wikander 1987), men det ble funnet noe høye næringssaltverdier i vannsøylen (Næs 1986).

De årlige badevannsmålingene har vist noe forhøyde bakterietall ved den nyanlagte badeplassen ved havna og tildels ved Tingsaker Camping (**Tabell 3**). Badevannskvaliteten har for perioden 1995 -1997 vært noe redusert ved Tingsaker Camping, og *mindre egnet* som badevann ved SN Hansens park.

På 1980-tallet hadde Skallefjorden dårlig vannutskiftning av dypvannet som gav svært høyt oksygenforbruk og kritisk lave oksygenverdier. Næringssaltinnholdet i dypvannet var høyt. Bløtbunnsundersøkelsen påviste betydelig organisk belastning i de dypere deler med innslag av hydrogensulfid i sedimentet (Wikander 1987). Man fant at fjorden var sedimentasjonsbasseng for partikulært materiale fra land, samt trolig inntransportert avløpsvann fra Tingsakerfjorden

I området utenfor Tingsakerfjorden og Skallefjorden er bløtbunnsfaunaen beskrevet som uforstyrret med høyt artsmangfold (Wikander 1987).

### *Isefjærfjorden*

Undersøkelser i Isefjærfjorden har påvist begrenset vannutskiftning med hydrogensulfidholdig vann fra ca. 15 m dyp over større deler av året. I perioder kan den øvre grensen for hydrogensulfidholdig vann ligge opp mot 6-7 m dyp (Bøhle 1986). I 1992/93 var forholdene for bunnfauna gode ned til minst 5 m dyp, men ved 10 m var alt livløst (Fylkesmannen i Aust-Agder 1993). Bakterieinnholdet ved Hestholmen er lavt, og tilsvarer tilstandsklasse I (*meget god*). Det tilsier at vannet er *godt egnet* som badevann (Molvær m. fl. 1997).

En mer detaljert tilstandsbeskrivelse fra større deler av kommunen er gitt i rapporten *Miljøstatus i Aust-Agder* (Jacobsen m. fl. 1994).



**Tabell 3.** Badevannskvaliteten vurdert etter innhold av termotolerante koliforme bakterier (Molvær m. fl. 1997). Tilstandsklasse I= Meget god, II = God, III = Mindre god, IV = Dårlig, V = Meget dårlig. Badevannskvalitet: ☺ = Godt egnet/egnet ☹ = Mindre egnet ☹ = Ikke egnet.

	Tilstandsklasse								Egnethet som badevann 1996/97
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	
Hestholmen	III	I	I	-	I	I	I	I	☺
Skottevig Camping	III	II	I	-	I	I	I	I	☺
Julebauen	II	II	II	-	II	I	I	I	☺
Tingsaker Camping	IV	II	III	-	II	II	II	II	☺/☹
Justøy Camping	-	II	II	-	I	I	I	I	☺
SN Hansens park	-	-	-	-	-	III	IV	III	☹
Hestholmbukta	-	-	-	-	-	I	II	I	☺

### 1.3 FORMÅL OG UNDERSØKELSESPROGRAM

Målet med den foreliggende undersøkelsen i Lillesand har vært å:

- gi en tilstandsvurdering av Tingsakerfjorden, Skallefjorden og Isefjærfjorden
- belyse eventuelle utviklingstendenser i Tingsakerfjorden og Skallefjorden etter igangsetting av renseanlegg
- belyse eventuelle endringer i Isefjærfjorden tre år etter åpning av kanalen mellom Kirkekilen og Kvanneidfjorden.

Rapporten omfatter undersøkelser som ble gjennomført i 1995, 1996, 1997 og 1998.

Feltundersøkelsene omfatter vannmasser samt ulike organismsamfunn på grunt og dypt vann.

Nærmere beskrivelse av undersøkelsene er gitt i metodekapittelet.

## 2. METODER

### 2.1 HYDROGRAFI

#### 2.1.1 Bakgrunn

Oksygenforholdene i sjøen bestemmes i hovedsak av tre prosesser:

- Tilførsel av oksygen gjennom algenes fotosyntese
- Forbruk av oksygen gjennom marine organismers respirasjon, inkludert nedbrytning av organisk materiale
- Utveksling av oksygen mellom atmosfæren og vann (skjer på grenseflaten mellom luft og vann).

I den produktive sesongen er det ofte overmetning av oksygen i de øvre 20-30 m av vannsøylen. I åpne havområder er det normalt gode oksygenforhold ned i store dyp, fordi tilførsel av organisk materiale gjennom sedimentasjon og medfølgende oksygenforbruk gjennom respirasjonen i gjennomsnitt balanseres av en tilførsel av friskt vann fra grunnere vannlag. I kystnære områder med større organisk belastning av de dypere liggende vannlag, kan det av og til oppstå oksygenunderskudd. Særlig sårbare er dypbassenger i skjærgård og fjorder hvor bassengvannet er stagnerende i perioder fra måneder til år. I slike stagnasjonsperioder kan oksygenet raskt bli brukt opp i nedbrytningsprosessene. Når det er slutt på oksygenet, utvikles giftig hydrogensulfid som gjør bunnområdene uegnet for alt dyreliv. Tilførsler av avløpsvann med organisk materiale øker oksygenforbruket, og forsterker problemene i bunnområdene.

Allerede når oksygenmetningen går under ca. 40% vil torskefisk trekke seg vekk, og når metningen faller til 10-15% blir det livstruende for hummer og sjøkreps. En del bunndyr kan imidlertid tåle 5-7% metning gjennom noen uker før de dør (Baden m. fl. 1990). I vann med hydrogensulfid finner man ikke høyere dyre- eller planteliv.

Oksygenmålinger i bassengvann forteller derved noe om livsvilkårene og "helsetilstanden" i en resipient og gjentatt over tid kan de avdekke om en forverring eller forbedring er på gang.

En nylig gjennomført analyse av gamle oksygendata (Johannessen og Dahl 1996) har vist at oksygenmetningen både nær bunnen og tildels også grunnere, i 10 og 30 m dyp, stort sett har avtatt noe langs hele kysten. For enkelte bassenger, hvor det har vært foretatt mer hyppige oksygenmålinger, er det også gjort beregninger av oksygenforbruket (Aure og Danielssen 1993). Disse beregningene viser at oksygenforbruket i bassengvann langs kysten av Skagerrak er ca. 50% høyere enn i tilsvarende dypbasseng i Møre og Romsdal. Denne forskjellen synes å ha oppstått mellom 1970 og 1980. Hovedårsaken er trolig økt regional organisk belastning, og i mindre grad økt lokal belastning. (Aure m. fl. 1997). Den samlede økningen i belastning har medført at oksygenivået i en del sårbare bassenger langs kysten av Skagerrak oftere og i lengre perioder enn før må betegnes som dårlig og derved er kritisk lav for bunndyr. Tilbakegang i oksygenmetning i dypvannet er også rapportert fra nærliggende områder som vestkysten av Sverige (Rosenberg 1990) og Kattegat (Anderson og Rydberg 1988).

### 2.1.2 Stasjonsplassering

Stasjoner for undersøkelser i vannmassene (temperatur, saltholdighet og oksygeninnhold) er vist i **Figur 2** og **Figur 3**. En stasjon i Tingsakerfjorden og en stasjon i Skallefjorden ble plassert ved bassengenes dypeste område. I Isefjærfjorden ble en stasjon plassert sentralt i fjorden med dyp på 12 m, og en i det innerste bassenget med dyp på 22 m. De tilsvarende stasjonene H1 og H7 i undersøkelsene før Kassenkanalen ble gravd (Fylkesmannen i Aust-Agder 1993).

### 2.1.3 Feltinnsamling og analyser

I Tingsakerfjorden og Skallefjorden ble forskningsfartøyet "G.M. Dannevig" brukt til feltarbeidet. Temperatur og saltholdighet ble målt fra overflaten til like over bunnen med selvregistrerende sonde (Neil Brown CTD) den 28. august, 16. september, 2. oktober og 24. oktober 1995.

I Isefjærfjorden ble lettboat brukt til feltarbeidet. Den 7. september 1998 ble temperaturen målt med stavtermometer i vannhenter og saltholdigheten på innsamlede vannprøver på stasjonært salinometer. Den 7. oktober og 11. november 1998 ble det brukt STD-minisonde til temperatur og saltholdighetsprofiler. Minisonden ble kalibrert mot Neil Brown CTD-sonden på G.M. Dannevig. Vedleggstabell A1 viser de korrigerte verdiene.

Innsamling av vannprøver for analyse av oksygen ble gjennomført på alle hydrografi-toktene. I Tingsakerfjorden og Skallefjorden ble vannprøvene tatt med pøs i overflaten og med Niskin vannhenter fra 5 m dyp og dypere (5, 10, 20, 30 m osv. til bunn). Dypeste prøve i Tingsakerfjorden ble tatt fra 60 m mens dypeste prøve i Skallefjorden ble tatt fra 70 - 75 m. De dypeste partiene i begge fjordene er arealmessig små og observasjonsdypet varierte derfor litt fra gang til gang. I Isefjærfjorden ble overflateprøvene tatt med pøs og prøvene i de andre dypene med Ruttner vannhenter.

Oksygeninnholdet ble analysert kjemisk etter standard Winkler prosedyre (Strickland og Parson 1968).

### 2.1.4 Beregning av oksygenforbruk

#### *Utrekning fra målte konsentrasjoner*

Oksygenforbruket i et terskelbasseng kan måles i stagnasjonsperioden om høsten når det er lengre perioder uten betydelige dypvannsutskiftninger. Oksygenforbruket får man ved å beregne middelkonsentrasjonen av oksygen i de aktuelle basseng tidlig og sent i en stagnasjonsperiode, og regne om nedgangen i perioden til oksygenforbruk pr. måned. Dersom oksygenkonsentrasjonene i et basseng i utgangspunktet er svært lave, mindre enn 2 ml O<sub>2</sub>/l, blir utregningene svært usikre. Da er forbruket hemmet av de lave verdiene. Det målte oksygenforbruket kan variere noe, først og fremst som følge av variasjoner i tilført organisk materiale.

#### *Vannkvalitetsmodellen Fjordmiljø*

En annen metode for å beregne oksygenforbruk i et basseng på er å benytte "Vannkvalitetsmodellen Fjordmiljø", en matematisk modell utviklet for terskelfjorder (Stigebrandt 1992, Aure og Danielssen 1993). Den gir en *teoretisk* verdi for oksygenforbruket. Modellen baserer seg på topografiske opplysninger om fjorden, på kunnskap om vertikal transport av organisk materiale i ulike dyp samt den oksygenmengden som behøves for å bryte ned/oksidere det organiske materialet. Modellen gir

også en del tilleggsinformasjon om utskiftningsrater og sannsynlige minimumskonsentrasjoner man kan forvente i de aktuelle basseng. Modellen gir imidlertid nokså grove estimater og har endel begrensninger som det er viktig å være klar over: 1) Modellen beregner gjennomsnittlig oksygenforbruk for hele bassengvannet, ikke enkelte sjikt. 2) Modellen er ikke beregnet å bruke for bassenger som ligger langt fra kysten med andre bassenger utenfor, men kan gi relevant informasjon dersom avstanden til åpen kyst ikke er for lang og tersklene tiltar i dyp utover.

I dette prosjektet er Fjordmiljømodellen brukt for Tingsakerfjorden og Skallefjorden, men ikke for Isefjærfjorden. Isefjærfjorden har en komplisert undersjøisk topografi som gjør modellen uegnet for denne fjorden. Det er benyttet enkelte modifikasjoner i formelene til modellen (se vedlegg A).

### 2.1.5 Vurdering av tilstand

Miljøtilstanden i vannmassene er karakterisert i henhold til SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Molvær m. fl. 1997). Klassifiseringen kan foretas både etter næringssaltinnhold i overflatevann, oksygeninnhold i bunnvann, siktedyp og klorofyll-konsentrasjoner, men er her kun vurdert etter oksygeninnhold i bunnvann. Systemet opererer med et sett av fem tilstandsklasser som går fra klasse I (*meget god tilstand*) til klasse V (*meget dårlig tilstand*) (Tabell 4).

**Tabell 4.** SFTs klassifisering av tilstand for oksygeninnhold i dypvann (Molvær m. fl. 1997).

Parametre		Tilstandsklasser				
		I Meget god	II God	III Mindre God	IV Dårlig	V Meget dårlig
Dypvann	Oksygen (ml/l)	> 4.5	4.5 - 3.5	3.5 - 2.5	2.5 - 1.5	< 1.5
	Oksygen metning (%)	> 65	65 - 50	50 - 35	35 - 20	< 20



## 2.2 HARDBUNNSORGANISMER I STRANDSONEN

### 2.2.1 Bakgrunn

Undersøkelser av fastsittende alger og dyr på hardbunn gir et godt grunnlag for å karakterisere miljøtilstanden i de øvre vannlag i sjøen. Plante- og dyresamfunnet i fjæra endrer seg med miljøforholdene, og gjenspeiler derfor tilstanden. Utslipp av avløpsvann kan påvirke vegetasjonen ved at næringssaltinnholdet i sjøen endres. Næringssalter brukes av fastsittende alger til vekst og reproduksjon, og en økning i næringssaltkonsentrasjonen vil endre vekstbetingelsene. Svake overkonsentrasjoner av næringssalter kan virke gunstig på algesamfunnet og medføre at artsrikheten øker (gjødslingseffekt). Ved høye overkonsentrasjoner av næringssalter vil imidlertid artsantallet reduseres, artsutvalget endres og man får dominans av noen få arter. Ofte vil det være små hurtigvoksende grønnalger og enkelte trådformete brunalger ('sly') som begunstiges. De flerårige tangartene blir lett overgrodd av de hurtigvoksende algene som hindrer lystilgang, og dette kan resultere i at tangen etterhvert forsvinner (Bokn 1978, Mathieson og Penniman 1991, Kautsky 1991, Bokn m. fl. 1992). Undersøkelser av alger og dyr i strandsonen er ofte brukt i fjord- og kystundersøkelser som grunnlag for videre overvåking i tillegg til at den gir en tilstandsbeskrivelse av fjæra.

Enkelte arter på hardbunn, spesielt algene, har varierende forekomst gjennom året og fra år til år. Undersøkelsen i Tingsakerfjorden og Skallefjorden er derfor gjennomført på samme tidspunkt to år på rad.

### 2.2.2 Stasjonsvalg

#### *Tingsakerfjorden og Skallefjorden*

Tilsammen 6 stasjoner i Tingsakerfjorden og Skallefjorden ble undersøkt. Stasjonene er valgt slik at de er mest mulig like med hensyn på fysiske forhold som substrat og eksponering mot bølgeslag. Stasjonsplasseringen er gjort i samråd med kommunen, og er vist i **Figur 2**. Alle stasjonene ligger i beskyttede områder uten store påkjenninger fra bølgeslag.

#### *Isefjærfjorden*

Tilsammen 6 stasjoner fra indre til ytre del av Isefjærfjorden ble undersøkt (**Figur 3**). I tillegg ble en stasjon utenfor Kassenkanalen (Kvanneidkilen) undersøkt. Alle stasjonene er tidligere undersøkt (Jacobsen 1995).

I SFTs årlige Kystovervåkingsprogram inngår dykkestasjoner på Prestholmen ved Homborside, Humløy i Lillesand og på Tromøy i Arendal (Pedersen m. fl. 1995). Stasjonene undersøkes med blant andre samme metode som i denne undersøkelsen (strandsoneregistrering). De tre stasjonene er brukt som referansestasjoner i denne undersøkelsen sammen med resultater fra resipientundersøkelser i Arendal, Grimstad, Risør og Tvedestrand (Jacobsen m. fl. 1996, 1997, Kroglund m. fl. 1998a, 1998b).

### 2.2.3 Feltinnsamling

Organismesamfunnet i strandsonen (0-1 m dyp) ble undersøkt ved å registrere alle makroskopiske alger (større enn 1 mm) og de vanligste makroskopiske dyrene i et ca. 50 m langt belte langs stranden.

Metoden innebærer registrering ved fridykking i ca. 20 minutter ved hver stasjon. Registreringen er kvalitativ og dels kvantitativ ved at artenes forekomst ble angitt etter en 4-delt subjektiv skala: e = enkeltfunn, s = spredt, v = vanlig, d = dominerende. I tillegg til biologisk registrering ble det tatt stillbilder på stasjonene. Utvalgte bilder er presentert bakerst i rapporten.

Arter som var vanskelig å identifisere i felt ble samlet inn og senere mikroskopert i laboratoriet.

Feltinnsamlingen i Tingsakerfjorden og Skallefjorden ble foretatt 7. august 1996 og 13. august 1997. Feltinnsamling i Isefjærfjorden ble foretatt 11. august 1998.

## 2.2.4 Tallbehandling

De semi-kvantitative undersøkelsene danner basis for å beregne parametre som karakteriserer organismesamfunnet, som diversitet, dominans og fordeling mellom ulike algegrupper. Før tallbehandling er enkelte nærtstående arter slått sammen. Det gjelder bl.a. for slektene *Cladophora* (unntak: *C. rupestris*), *Enteromorpha*, gruppen *Ectocarpales* og enkelte *Ceramium*-arter.

*Diversitet (H')* (= artsmangfold) ble beregnet ved å bruke en modifisert Shannon-Wiener indeks ( $H'$ ). Indeksen øker med økende antall arter og når individene er jevnt fordelt mellom artene. Lave verdier markerer dårlige forhold mens høye verdier markerer normale til gode forhold. Shannon-Wiener indeks er basert på antall ( $n$ ), men er her brukt på mengde. Indeksen er gitt ved formelen:

$$H = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \log_2 \left( \frac{n_i}{N} \right) \quad \text{hvor } n_i = \text{mengdeverdien (forekomstangivelsen) av art } i, N = \text{summen av mengdeverdiene for alle artene, og } s = \text{antall arter.}$$

*Dominansindeks (I)* gir et enkelt tall som reflekterer dominansforholdet i et samfunn. Definisjonen på dominans er "I er dominansen av den vanligste arten i prosent av hele prøven." Høye indeksverdier indikerer et samfunn dominert av en art.

*Forholdet mellom antall rød-, brun og grønnalger.* På bakgrunn av flere undersøkelser fra norske fjorder og den svenske vestkyst, er det utarbeidet en fordelingsnøkkel for forholdet mellom antall rødalger, brunalger og grønnalger i uforurensede fjorder og kyststrøk. "Normalintervallene" ble satt til  $R : B : G = (45 \% \pm 10 \%) : (35 \% \pm 10 \%) : (15 \% \pm 5 \%)$ . Forholdet mellom de tre algeklassene endres med miljøforholdene (Bokn 1978).

*"Forurensningsindeks"*. Et utvalg på 32 arter er i denne undersøkelsen gitt positive eller negative verdier avhengig av om arten stimuleres ved økt næringstilgang (opportunist) eller er ømfintlig for en slik økning. Utvelgelsen av arter er gjort dels fra litteraturbeskrivelser om hvilke arter som er rapportert å øke/ redusere med økende eutrofiering, og dels ved å vurdere tidligere datasett fra sørlandskysten. Ved å sammenligne mengden (evt. antall arter) som tilsammen er registrert av de utvalgte artene, får man et mål på om stasjonen domineres av hurtigvoksende opportunist eller de mer ømfintlige arter.

## 2.3 BLØTBUNN

### 2.3.1 Bakgrunn

Prøvetaking på bløtbunn benyttes i dag rutinemessig i undersøkelser av resipienter for kommunalt avløpsvann og industri for å karakterisere tilstand og overvåke eventuelle endringer. Bløtbunn finnes i alle dypere sjøområder og på steder med lokal beskyttelse mot strøm og bølgepåvirkning. I forbindelse med utslipp av kommunalt avløpsvann vil bløtbunnsområdene være utsatt for avsetning av organisk stoff og partikulært materiale. I de fleste tilfeller undersøkes både naturlig bløtbunnsfauna og bunnsedimentene. Tilstanden kan karakteriseres på basis av måleparametre for fauna og sedimenter i henhold til SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet (Molvær m. fl. 1997).

Bløtbunnsfaunaen undersøkes med hensyn til antall arter, individtettheter og artssammensetning. Under normale forhold vil mange arter finne livsbetingelser og være representert i prøvene, mens under dårlige forhold går artstallet ned. Individtetthetene kan variere meget, men under dårlige oksygenforhold vil også individtetthetene avta. Organismesammensetningen og struktur kan derfor brukes for å karakterisere miljøtilstand og gradere effekter av påvirkninger.

I strømsvake resipienter vil utslipp av kommunalt avløpsvann først og fremst påvirke bløtbunnsfaunaen gjennom oksygenforbruk som følger ved nedbrytningen av organisk materiale. I områder med svak vannutskiftning skal det ikke så mye til før oksygenforbruket overstiger tilførselen av oksygen. Også næringssalter fra utslippene kan bidra til problemene, fordi en øket algeproduksjon i de øvre vannlag fører til en større utsynkning av organisk materiale til dypere vannlag. Når oksygenet brukes opp, utvikles det hydrogensulfid i bunnsedimentene og i vannmassene. Mange bassenger og terskelfjorder langs kysten har dårlige oksygenforhold fra naturens side. I slike områder vil tilførsler av avløpsvann forsterke problemene.

Bunnsedimentene undersøkes med hensyn på kornfordeling (% silt og leire) og organiske komponenter (totalt organisk karbon, totalt nitrogen). Dette er støtteparametre som er viktige for tolking av faunadataene, samtidig som parametrene kan si noe om graden av belastning på sedimentene og hvilken opprinnelse materialet har.

### 2.3.2 Valg av prøvetakingslokaliteter

#### *Tingsakerfjorden og Skallefjorden*

Det ble prøvetatt en sentralt plassert stasjon i hver fjord, samt en stasjon i Lillesand havn (**Figur 2**). I Tingsakerfjorden ble stasjonen (LIL 8) plassert omtrent midtfjords for å gi en generell karakteristikk av 'Byfjorden' som resipient. Stasjonen i havneområdet (LIL 9) ble innsamlet spesielt for å beskrive tilstanden i nærområdet etter sanering av tidligere utslipp til grunt vann. Stasjonen var trukket litt mot land på østsiden av havneområdet. I Skallefjorden ble prøvene tatt ved størstedypet i fjordbassenget (st. LIL 5). Skallefjorden er tidligere prøvetatt ved undersøkelsene i 1983-86, og ble da karakterisert som betydelig belastet (Wikander 1987). Prøvene ble innsamlet etter at det ved oksygenmålingene høsten 1996 var påvist akseptable oksygenforhold i dypområdene av fjorden (kap. 3.1.2).

#### *Isefjærfjorden*

Det ble innsamlet prøver fra i alt seks stasjoner (B1-B6) i ulike avsnitt av fjorden (**Figur 3**). Stasjonene ble lagt til de samme posisjoner og dyp som ved prøvetakingen i 1993. Stasjonsnumrene

fra undersøkelsen i 1993 er også beholdt. I tillegg ble det tatt prøver på en ekstra stasjon i Kirkekilen (st. 7) for inspeksjon av bunnmateriale.

### 2.3.3 Prøvetaking

#### *Tingsakerfjorden og Skallefjorden*

Prøvene ble innsamlet 29. november 1996. Alle prøvene ble tatt med 0.1 m<sup>2</sup> van Veen grabb. I Tingsakerfjorden og Skallefjorden ble det tatt fire parallelle prøver for bløtbunnsfauna, mens det i Lillesand havn ble tatt to paralleller. Parallellprøvene ble slått sammen og opparbeidet som en samleprøve for hver stasjon. Sedimentet ble siktet på 5 mm og 1 mm sifter og sifteresten ble konserverert i 4-6 % nøytralisert formaldehydløsning.

På alle stasjonene ble det tatt en prøve av overflatesediment (0-2 cm) for analyse av sedimentets finfraksjon og organiske komponenter. Sedimentprøven ble tatt gjennom en inspeksjonsluke på oversiden av grabben. Under prøvetakingen ble det gjort en visuell beskrivelse av bunnsedimentet og det ble kontrollert for innhold av hydrogensulfid (H<sub>2</sub>S).

#### *Isefjærfjorden*

Prøver av bunnfauna ble innsamlet 2. juni 1998. Alle prøvene ble tatt med en 15x15 cm håndoperert Ekman bunngrabb. To grabbhugg ble slått sammen til en prøve, som derved tilsvarer et bunnareal på 0.045 m<sup>2</sup>. Prøvene ble siktet på 1 mm sikt og sifteresten ble konserverert i 4-6% nøytralisert formaldehydløsning.

På alle stasjonene ble det gjort en visuell beskrivelse av bunnsedimentet og det ble kontrollert for innhold av hydrogensulfid (H<sub>2</sub>S).

### 2.3.4 Analysemetoder

Faunaprøvene ble i laboratoriet opparbeidet ved sortering under 4-6 x forstørrelse. Alle dyr ble identifisert og telt før materialet ble overført til etanol for oppbevaring.

Sedimentprøver ble analysert for stasjonene i Tingsakerfjorden og Skallefjorden. Sedimentets finfraksjon (andel av partikler <0.063 mm) ble bestemt ved våtsikting. Organisk materiale ble bestemt som totalt organisk karbon (TOC) og totalt nitrogen (TN). TOC og TN ble analysert i en elementanalysator etter at uorganiske karbonater var fjernet med saltsyre.

### 2.3.5 Tallbehandling og vurdering av tilstand

Bunnfaunaen på stasjonene er karakterisert ved totalt antall arter, individtall for artene, artsmangfold (= diversitet) og artssammensetning. Artsmangfoldet er gitt ved Shannon-Wieners indeks (H') og Hurlberts indeks E(S<sub>100</sub>) som beregnes på grunnlag av antall arter og de enkelte artenes individtall i prøvene. Det ble også beregnet en indeks (AI) som uttrykker innslaget av forurensningsømfintlige arter i bunnfaunaen. Indeksene er veiledende for karakterisering av miljøtilstanden sammen med kunnskap om de enkelte artenes biologi. I SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet benyttes beregnede verdier for Shannon-Wieners indeks og Hurlberts indeks som grunnlag for å karakterisere miljøtilstand (Molvær m. fl. 1997).

*Shannon-Wiener indeksen ( $H'$ )* har et verdiområde som varierer fra null til ca. seks. Formelen for indeksen er gitt ovenfor under metodikk for strandsoneregistreringer (kap. 2.2.4). Tallverdien øker ved økende antall arter og når individene er jevnt fordelt mellom artene. Lave verdier markerer dårlige forhold, mens verdier  $>4$  indikerer *meget god tilstand* (Tabell 5).

*Hurlberts indeks  $E(S_{100})$*  er en indeks som gir forventet antall arter i prøver med et individtall standardisert til 100 individer. Indeksen beregnes fra en funksjon som relaterer artstall og individtall i prøvene. Indeksverdier (antall arter)  $>26$  representerer *meget god tilstand* (Tabell 5).

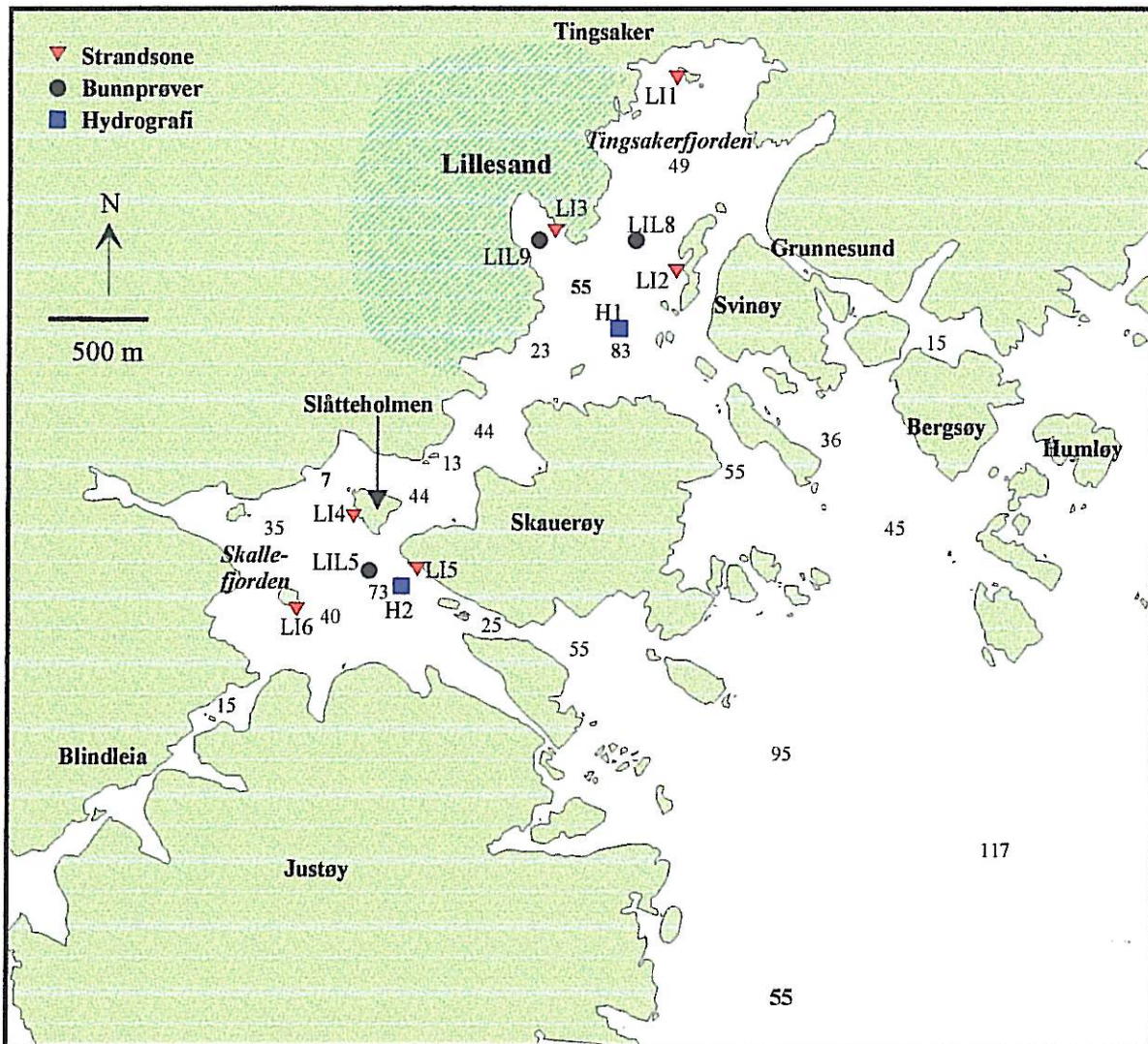
*Artsindeksen (AI)* beregnes ut fra forekomsten av forurensningstolerante og ømfintlige arter i prøvene (Rygg 1995). Lave verdier ( $< ca. 5$ ) viser dominans av forurensningstolerante arter, mens høyere verdier ( $> 6$ ) viser innslag av forurensningsømfintlige arter.

Hurlberts indeks og artsindeks (AI) er ikke beregnet for prøvene fra Isefjærfjorden.

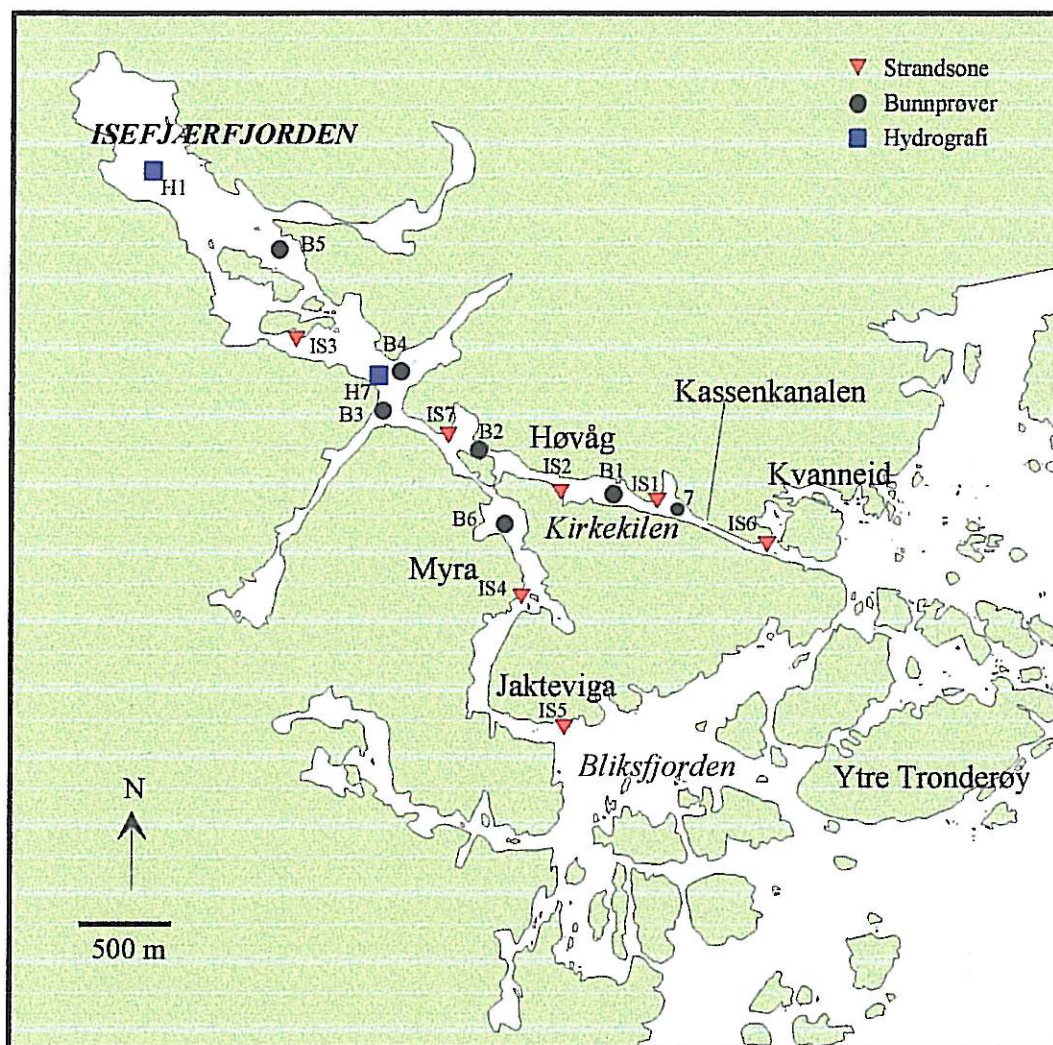
**Tabell 5.** SFTs klassifisering av tilstand for organisk innhold i sedimenter (TOC) og bløtbunnsfauna. For organisk karbon normeres verdiene til 100% finstoff i sedimentet (Molvær m. fl. 1997).

Parametre		Tilstandsklasser				
		I Meget god	II God	III Mindre God	IV Dårlig	V Meget dårlig
Sediment	Organisk karbon (mg/g)	$< 20$	20 – 27	27 - 34	34 - 41	$> 41$
Artsmangfold for Bløtbunnsfauna	Hurlberts indeks ( $ES_{n=100}$ )	$> 26$	26 – 18	18 - 11	11 - 6	$< 6$
	Shannon -Wiener indeks ( $H'$ )	$> 4$	4 – 3	3 - 2	2 - 1	$< 1$





**Figur 2.** Stasjoner for undersøkelser av oksygenforhold, fastsittende alger og dyr i strandsonen og blotbunnsfauna i kystområdene ved Lillesand i 1996/1997. Enkelte dybdeangivelser (m) er angitt.



**Figur 3.** Stasjoner for undersøkelser av oksygenforhold, fastsittende alger og dyr i strandsonen og blotbunnsfauna i Isefjærfjorden i 1998.



## 3. RESULTATER FRA TINGSAKERFJORDEN OG SKALLEFJORDEN

### 3.1 VANNMASSER

Målingene av temperatur, saltholdighet, tetthet og oksygeninnhold er fremstilt som isopleter for Tingsakerfjorden og Skallefjorden (**Figur 4**). Alle rådata finnes i Vedleggstabell A1.

#### 3.1.1 Hydrografi

Temperaturen i overflatelaget i Tingsakerfjorden og Skallefjorden sank fra 18°C til 11-12°C i perioden august til oktober 1995. Saltholdigheten i overflaten varierte mellom 25 og 31 PSU (PSU= Practical Salinity Unit, tilsvarer tidligere benevnelse ‰). I dypvannet økte temperaturen i prøvetakingsperioden.

I dypet av Tingsakerfjorden kom det inn saltere vann i begynnelsen av prøvetakingsperioden (28. august - 16. september), og saltholdigheten i 70 m dyp økte fra 34,345 til 34,794. Videre utover høsten 1995 avtok saltholdigheten i dypet av Tingsakerfjorden.

I dypet av Skallefjorden var det tilnærmet stabile vannmasser i begynnelsen av perioden, mens det kom en innstømming av nytt, salt vann mot slutten av september. Saltholdigheten ved 50 m dyp økte fra 33,836 til 34,541. Dataene tyder på at vann som lå på 50-60 m dyp i Tingsakerfjorden den 16. september ble hevet over terskelnivå til Skallefjorden og rant inn i dypet av Skallefjorden og skapte friske og ensartede forhold fra 30 til 60 m. Fra 2. til 24. oktober var det igjen stagnerende forhold i dypet av Skallefjorden.

Målingene av temperatur og saltholdighet viser at de to fjordene var preget av samme type vannmasser i de øvre 20-30 m (**Figur 4** og vedleggstabell A1). Dypere ned viste Tingsakerfjorden større variabilitet enn Skallefjorden, spesielt i temperatur- og tetthetsforhold. Dataene bekrefter at dypvannet i Skallefjorden er mer stagnerende enn i Tingsakerfjorden, selv om det fant sted en fullstendig dypvannsutskiftning mellom 16. september og 2. oktober.

#### 3.1.2 Oksygenforhold

##### *Oksygenkonsentrasjon*

I begynnelsen av måleperioden hadde dypvannet i Skallefjorden et betydelig lavere oksygeninnhold enn Tingsakerfjorden. Dette bekrefter at det er mest stagnerende forhold i Skallefjorden. Etter dypvannsfornyelsen i Skallefjorden i slutten av september, var oksygenkonsentrasjonen i Skallefjorden steget til nesten samme nivå som i Tingsakerfjorden (4.8 ml/l mot 5.2 ml/l). Tre uker senere var oksygenkonsentrasjonen i dypet gått noe ned begge steder.

Den laveste konsentrasjonen som ble registrert i Skallefjorden var 1.96 ml O<sub>2</sub>/l i 50 m dyp den 16. september. Det tilsvarer tilstandsklasse IV (*dårlig*) ifølge SFTs kriterier (Molvær m. fl. 1997). Også oksygenkonsentrasjonen i 40 m dyp var i tilstandsklasse IV (*dårlig*). I Tingsakerfjorden ble det registrert lavest oksygeninnhold i dypet den 24. oktober. Da var det 3.79 og 4.12 ml O<sub>2</sub>/l i henholdsvis 75 og 70 m, som begge faller i tilstandsklasse II (*god*).

### Oksygenforbruk

Oksygenforbruket er beregnet for perioden 2. til 24. oktober da det var en tydelig stagnasjonsperiode både i Tingsakerfjorden og Skallefjorden. I **Tabell 6** er resultatene av beregningene gitt, sammen med teoretiske beregninger av oksygenforbruket fra vannkvalitetsmodellen Fjordmiljø. Tabellen viser også oksygenforbruket i Ærøydypet ved Arendal og Groosefjorden ved Grimstad.

Oksygenforbruket var nokså likt på begge stasjoner, ca. 1.3 ml O<sub>2</sub>/l/mnd, og høyere enn teoretiske beregninger fra fjordmiljømodellen. Det er ikke uvanlig at det faktiske forbruket er høyere enn hva modellberegningene tilsier. Det betyr i tilfelle at lokaliteten har en større organisk belastning i den aktuelle perioden enn vannkvalitetsmodellen Fjordmiljø forutsetter. Som nevnt tidligere, er det vist at bassenger langs kysten av Skagerrak fikk en betydelig (ca. 50%) regional økning av organisk belastning gjennom 70-tallet (Aure m. fl. 1997) og derved økt oksygenforbruk. Bassenger med et ytterligere, høyere oksygenforbruk enn 50% over det fjordmodellen gir, tyder på en lokalbasert organisk belastning f.eks. fra avløpsvann. Av **Tabell 6** fremgår at oksygenforbruket i Tingsakerfjorden og Skallefjorden var over 50 % høyere enn verdiene i vannkvalitetsmodellen Fjordmiljø. Også sammenlignet med andre bassenger langs kysten som er undersøkt nylig, Bota i Tvedestrand og Østerfjorden i Risør (Kroglund m. fl. 1998a,b), er det faktiske oksygenforbruket i Tingsakerfjorden og Skallefjorden relativt høyt.

For Tingsakerfjorden er likevel utskiftningsraten av dypvannet såpass høy, ca. en måned ifølge forenklet fjordmodell, at oksygenkonsentrasjonen sjelden faller særlig lavt. Det vil ifølge modellen måtte være stagnasjon i ca. 5 måneder før det blir oksygenvinn i dypet av Tingsakerfjorden. For Skallefjorden er det mer kritisk idet bruk av forenklet Fjordmiljø-modell gir en utskiftningsrate på 4,6 måneder som er bare litt kortere tid enn stagnasjonstiden som behøves for å gi oksygenvinn (oksygenkapasitet). Som nevnt i innledningen gir bruk av forenklet Fjordmiljø-modell relativt grove estimater, men modellen skiller likevel klart på sårbarheten av Tingsakerfjorden og Skallefjorden. Både oksygenmålingene i denne undersøkelsen og i undersøkelsen i 1985 (Næs 1986) passer i store trekk godt med det bildet som bruk av modellen gir.

**Tabell 6.** Oksygenforbruk i stagnasjonsperioder og andre relevante data for Skallefjorden, Tingsakerfjorden, Ærøydypet (Arendal), Groosefjorden(Grimstad).

Stasjon	Terskel- dyp (m)	Midlere bassengdyp <sup>1)</sup> (m)	OKSYGENFORBRUK (ml O <sub>2</sub> /l/måned)		Utskiftnings- rate <sup>4)</sup> (måned)	Oksygen- kapasitet <sup>5)</sup> (måned)
			Målt <sup>2)</sup>	Fjordmiljø <sup>3)</sup>		
Skallefjorden	20	18.7	1.32	0.84	4.6	4.9
Tingsakerfjorden	50	16.5	1.38	0.52	0.8	4.7
Ærøydypet	62	28	0.44	0.3	4.0	14.8
Groosefjorden	30	25	0.51	0.53	1.5	12.7
Groosefjorden	30	25	1.08	0.53	1.5	12.7

<sup>1)</sup> Midlere bassengdyp er volumet av bassenget dividert med fjordarealet i terskeldypet.

<sup>2)</sup> Målt oksygenforbruk - differansen mellom gjennomsnittlige oksygenkonsentrasjoner i bassenget ved starten og slutten av en stagnasjonsperiode.

<sup>3)</sup> Fjordmiljø - oksygenforbruk beregnet ved bruk av vannkvalitetsmodellen Fjordmiljø (Stigebrandt 1992, Aure og Danielssen 1993).

<sup>4)</sup> Utskiftningsrate - teoretisk tid mellom hver dypvannutskiftning (beregnet med forenklet Fjordmiljø-modell).

<sup>5)</sup> Oksygen-kapasitet - tiden det vil ta å redusere oksygeninnholdet i bassengvannet etter en utskiftning til null oksygeninnhold, uten ny utskiftning.

### 3.1.3 Sammenligning med forrige undersøkelse i 1985

#### *Hydrografi*

I 1985 ble hydrografi og oksygenforhold undersøkt gjennom et helt år på de samme stasjonene i Tingsakerfjorden og Skallefjorden som i denne undersøkelsen (Næs 1986). Undersøkelsen fremholdt at det var likhet i temperatur og saltholdighet mellom de to fjordområdene i øvre vannlag, samt at det var stagnerende forhold i dypet av Skallefjorden og at det var god utskifning av dypvannet i Tingsakerfjorden. Disse forholdene bekreftes av den foreliggende undersøkelsen.

#### *Oksygenforhold*

I 1985 varierte oksygenkonsentrasjonen på 55 m dyp i Skallefjorden mellom 0.63 ml/l og 5.74 ml/l. De laveste verdiene ble registrert i januar 1985, og tilsvarer tilstandsklasse V (*meget dårlig*) etter dagens SFT-kriterier. Oksygeninnholdet i Tingsakerfjorden (Gullholmrenna) var i tilstandsklasse III (*mindre god*). Resultatene tyder på at oksygenforholdene i dypvannet var litt bedre i 1998 enn i 1985. Man må imidlertid være klar over at det er betydelig naturlig variasjon i oksygenforhold i dypet av bassenger langs kysten av Skagerrak (Johannessen og Dahl 1996). Forskjellen på 1985 og 1995 kan tenkes å ligge innenfor en slik naturlig variasjon.

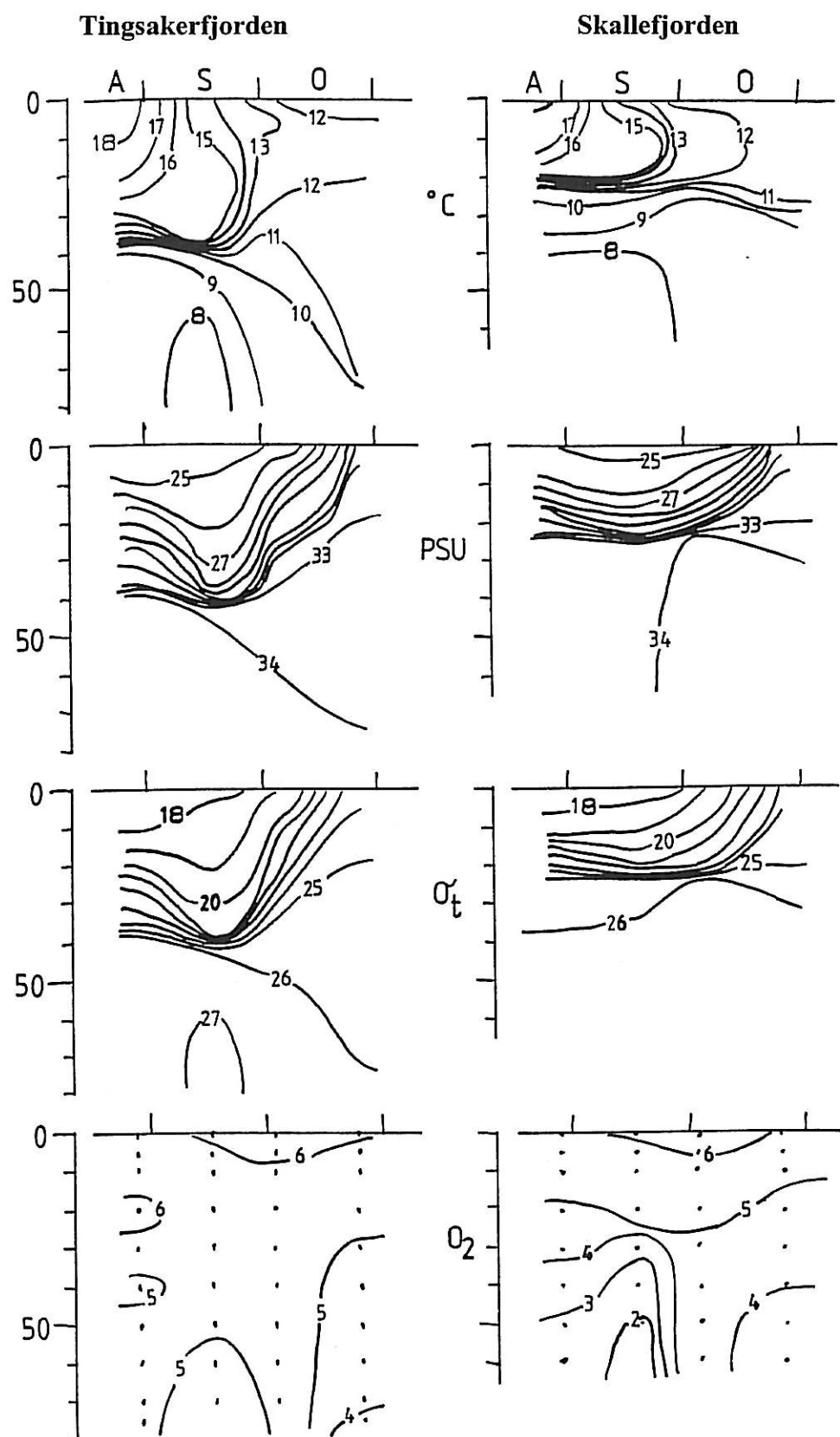
Oksygenforbruket i 1985 ble for perioden 21. august til 26. september beregnet til 0.1 mg/l pr. døgn i 55 m dyp (Næs 1986), som omregnet blir et forbruk på ca. 2.1 ml O<sub>2</sub>/l pr. måned. Det er betydelig høyere enn våre beregninger for hele bassenget (ca. 1.3 ml/l pr. måned) og beregninger ved bruk av forenklet fjordmodell. Dersom vi regner ut oksygenforbruket for kun 50 og 60 m dyp i 1998 (2. til 24. oktober) får vi en verdi på 1.5 ml O<sub>2</sub>/l pr. måned, som også er lavere enn verdiene fra 1985. Det må imidlertid påpekes at det er knyttet stor usikkerhet til denne sammenligningen mellom 1985 og 1998. For det første ble oksygeninnholdet i 1985 kun målt i ett dyp og gir stor usikkerhet. For det andre kan hydrografidataene fra 1985 tyde på at det kom inn nye vannmasser for den perioden hvor oksygenforbruket er beregnet (saltholdigheten steg fra 34 til 34,4 PSU). Det er derfor uklart i hvilken grad oksygenfallet skyldes forbruk eller tilførsel av oksygenfattig vann.

### 3.1.4 Vurdering av resultatene

Resultatene tyder på at det i perioder er kritisk lave oksygenforhold i Skallefjorden. De laveste oksygenkonsentrasjonene som ble målt i denne undersøkelsen viste under 40% oksygenmetning fra 40m og nedover. Under slike oksygenforhold er det vist at torskefisk vil trekke seg vekk (Baden m. fl. 1990).

Ifølge våre beregninger er oksygenforbruket ganske likt i Skallefjorden og Tingsakerfjorden. Begge steder er oksygenforbruket relativt høyt, men fornyelsen av oksygen ved vannutskifning er betydelig langsommere i Skallefjorden enn i Tingsakerfjorden. Tiden mellom hver fullstendig utskifning av bassengvannet i Skallefjorden er ca. 4.6 måneder og bare ca. 0.8 måneder i Tingsakerfjorden. Skallefjorden er med andre ord mye mer sårbar for organisk belastning enn Tingsakerfjorden.

Resultatene tyder på at oksygenforholdene i dypet av Skallefjorden og Tingsakerfjorden (Gullholmrenna) var noe bedre enn i 1985 (Næs 1986), men forskjellene ligger trolig innenfor en naturlig variasjon.



**Figur 4.** Isopleter for temperatur (°C), saltholdighet (PSU), tetthet ( $\sigma_t$ ) og oksygenkonsentrasjon (ml/l) i Tingsakerfjorden og Skallefjorden august - oktober 1995.

## 3.2 HARDBUNNSORGANISMER

### 3.2.1 Artsutvalg

Forekomsten av utvalgte arter er vist i **Tabell 7**.

LI1 Tingsaker Camping. Stasjonen ligger på sørvest-enden av en liten holme vest for Tingsaker camping og båthavn. Sagtang (*Fucus serratus*) dominerte blant tangartene, og av de småvokste artene var vanlig rekeklo (*Ceramium rubrum*), rugl (*Corallinaceae*), sjøris (*Ahnfeltia plicata*), finsveig (*Dictyosiphon foeniculaceus*), tarmgrønske (*Enteromorpha* sp.) og rur (*Balanus* sp.) de mest framtrepende (**Tabell 7**). Tarmgrønsken vokste i tette bestander i øvre del av fjæra.

LI2 Lamholmen. Stasjonen ligger på vestsiden av Lamholmen, i en liten bukt med sand/steinbunn og fjell i fjæresonen. Ålegras (*Zostera marina*) vokste i tette bestander på sandbunnen med spredte forekomster av martaum (*Chorda filum*) innimellom. I 1996 var ålegraset kun 10-20 cm høyt. På fjellet vokste noe grisertang (*Ascophyllum nodosum*), og tette bestander av blæretang (*Fucus vesiculosus*) og sagtang (*Fucus serratus*). Av de mer småvokste artene dominerte vanlig rekeklo, rugl, sjøris, brunsl (*Ectocarpales*), blåskjell (*Mytilus edulis*) og rur. Mange av de ettårige artene som ble registrert i 1996 ble ikke gjenfunnet i 1997 (Vedleggstabell B1).

LI3 Havnebasseng. Stasjonen ligger på østsiden av havnebassenget, ved badestrand. Registreringen ble gjort på en vertikal steinbrygge, der man må forvente et betydelig fattigere artsutvalg enn på de øvrige stasjonene med fjellgrunn. Stasjonen var preget av mye grønnalger, hovedsakelig tarmgrønske og havsalat (*Ulva lactuca*) og stor sedimentasjon av partikler. Det ble registrert noe sukkertare (*Laminaria saccharina*) og ett eksemplar av blæretang. Rød stjernetråd (*Erythrotrichia carnea*) er en liten rødalge som i likhet med tarmgrønske og tildels havsalat er indikator på overkonsentrasjoner av næringssalter. Denne algen var vanlig på stasjonen i 1997.

Innerst i havna vokste det store bestander av både grisertang, sagtang og sukkertare på større stein og fjell. Tangen var noe nedslammet av partikler.

LI4 Slåtteholmen. Sørvestlig vendt lokalitet mot Skallefjorden. Stasjonen hadde fjellgrunn ned til ca. 0.5 m, deretter slakt skrånende sandbunn. Stasjonen hadde mye vegetasjon, men var preget av sedimentasjon og stor begroing. Tang og tare var overgrodd av epifytter, bl.a. mye grønn dusk (*Cladophora*) og rødlo (*Trilliella*). Mye løstliggende algerester kunne tyde på at bukta til tider er oppsamlingssted for drivende alger. Det vokste noe ålegras på dypere vann.

LI5 Skauerøy. Stasjonen ligger sørvest på Skauerøy, innenfor sundet mellom Skauerøy og Asperøy. Det var bratt helning på fjellet. Grisertang og blæretang vokste i øvre del av fjæra, etterfulgt av et tett filtaktig belte med rødlo (*Bonnemaisonia hamifera*, *sporof.*). Under og innimellom denne rødalgen vokste krusflik (*Chondrus crispus*), svartkluft (*Furcellaria lumbricalis*), rekeklo, vanlig grønn dusk (*Cladophora rupestris*) og rugl. På litt dypere vann vokste sagtang, sukkertare og martaum. Det var mye begroing på tangen, men det var lite sedimentasjon av partikler, og alt i alt ga stasjonen et godt visuelt inntrykk.

LI6 Steinholmen. Registreringen ble gjort på sørøstsiden av holmen. Bunnen bestod av fjell og stein og hadde slak skråning. Stasjonen hadde rik tangvegetasjon, men var også svært overgrodd av mindre alger (epifytter). Rekeklo, krusflik, fiskeløk (*Cystoclonium purpureum*), svartkluft, og grønn dusk var de vanligste artene utenom tangen. Martaum vokste i tette bestander på stasjonen i 1996, men var mer spredt i 1997.

**Tabell 7.** Utvalgte arter registrert i Lillesandsfjorden i 1996 og 1997. Mengdene viser den største forekomsten som ble registrert i 1996 og 1997. Fullstendige artslistene er vist i vedlegg. Mengdeangivelser: d= dominerende (tette bestander), v = vanlig, s = spredte forekomster, e = enkeltfunn \* = kun registrert i mikroskop-prøver.

Tingsaker	Lamhlm.	Hayna	Slårtehl.	Skauerøy	Steinlm	LI 1	LI 2	LI 3	LI 4	LI 5	LI 6	Norske navn	Latinske navn
	LI 1											LI 2	LI 3
Blæretang	v-d	v	e	v	v	v	v						<i>Fucus vesiculosus</i>
Grisetang	s	s	-	d	v	d							<i>Ascophyllum nodosum</i>
Martaum	s	s	s	s-v	v	d							<i>Chorda filum</i>
Sagtang	d	d	-	v-d	d	v							<i>Fucus serratus</i>
Sukkertare	-	-	s	s	v	v							<i>Laminaria saccharina</i>
Svartkluft	s-v	-	-	v	v	v							<i>Furcellaria lumbricalis</i>
Sjoris	v	v	-	s	-	-							<i>Ahnfeltia plicata</i>
Finsveig	d	s	-	-	-	d							<i>Dictyosiphon foeniculaceus</i>
Fiskeløk	-	e	-	s	s	v							<i>Cystoclonium purpureum</i>
Vanlig grønndusk	s	s	-	s	v	v							<i>Cladophora rupestris</i>
Rødlo	v	s	-	v	d	v							<i>Bonnem. hamifera</i> : sporp.
Vanlig rekeklo	d	v-d	v	v	d	d							<i>Ceramium nodulosum</i>
Krusflik	v	v	*	s	v	v							<i>Chondrus crispus</i>
Rugl	d	d	-	v	v	v							<i>Corallinaceae</i> skorpeformet
Ålegras	-	v-d	-	v	-	-							<i>Zostera marina</i>
Rur	v-d	v-d	v	s	-	-							<i>Balanus</i> sp.
Blåskjell	-	v	-	-	-	s							<i>Mytilus edulis</i>
Rød stjernetråd	*	-	v	*	*	-							<i>Erythrotrichia carnea</i>
Brunsl	-	s-v	s	s	-	-							<i>Ectocarpus</i> sp.
Lys grønndusk	-	s-v	-	v	v	v-d							<i>Cladophora</i> spp.
Tarmgrønnske	d	s	v	v	s	s							<i>Enteromorpha</i> spp.
Havsalat	s	-	v	s	s	s							<i>Ulva lactuca</i>

### 3.2.2 Artsantall, diversitet og fordeling mellom algegruppene

Til sammen ble det registrert nærmere 80 arter i Skallefjorden og Tingsakerfjorden, fordelt på 60 alger/planter og 18 ulike fjæredyr. Til sammenligning ble det registrert 85 arter på 6 stasjoner i kystområdene ved Risør og 88 arter på tilsammen 9 stasjoner i Tvedestrand gjennom tilsvarende undersøkelser der.

I den videre behandlingen av dataene er enkelte arter slått sammen i grupper. Det gjelder blant annet for artskomplekser innen slektene *Cladophora*, *Enteromorpha* og *Ectocarpus* som er vanskelige å skille i felt. Antall arter/taxa er dermed redusert fra 80 til 64. Den samme grupperingen av arter er gjort på data fra de andre områdene.



### *Artsantall*

Summen av arter (1996 + 1997) som ble registrert på de enkelte stasjonene varierte mellom 21 og 45 (**Figur 5**). Det ble registrert flest arter på stasjonene LI2 og LI4 (over 40 arter) og færrest arter på stasjon LI3 i Havnebassenget (21 arter). De fleste stasjonene, med unntak av LI2 Lamholmen, hadde små forskjeller i artsantall mellom de to registreringsårene. På stasjon LI2 ble det registrert adskillig flere arter i 1996 enn i 1997. De fleste av disse artene var ettårige. **Figur 5** viser også antall arter som ble registrert på tre Kystovervåkingstasjoner fra 1991-1996 (0-2 m). Selv om resultatene ikke er direkte sammenlignbare (p.g.a. ulik eksponering mot bølger og tidspunkt for registrering), bekrefter de at artsantallet var høyt på flere av stasjonene i Lillesand.

### *Diversitet og dominans*

Verdiene for diversitet og dominans var nokså like for stasjonene i Tingsakerfjorden med unntak av LI3 i havnebassenget (**Figur 6**). Stasjon LI3 hadde som forventet lav diversitet og høy dominans. Denne forskjellen kom særlig godt fram i 1996, og viser at stasjonen hadde et fattig strandsamfunn.

De tre stasjonene i Skallefjorden viste liten variasjon i dominans og diversitet, både mellom stasjonene og registreringsårene.

**Figur 7** viser diversitetsmål for byfjordene ved Lillesand sammenlignet med Tvedestrand, Arendal og Risør. Diversiteten er her beregnet for samlet resultat av to års undersøkelser. Resultatene viser at stasjonene i Tingsakerfjorden og Skallefjorden hadde stort sett høy diversitet, med unntak av LI3 ved Lillesand havn.

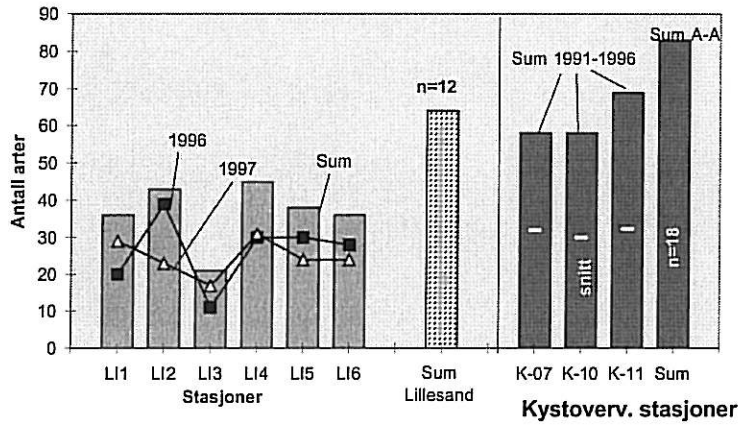
### *Andelen rød-, brun- og grønnalger*

Forholdet mellom antall rød-, brun- og grønnalger varierte noe fra stasjon til stasjon, men var stort sett innenfor de antatte normalintervallene (**Figur 8**). Kystovervåkingstasjonene har til sammenligning relativt høye andeler med grønnalger, og dette er trolig fordi undersøkelsene er gjennomført tidlig på året (mai/juni). Mange grønnalger danner tette bestander nær høyvannsmerket om våren.

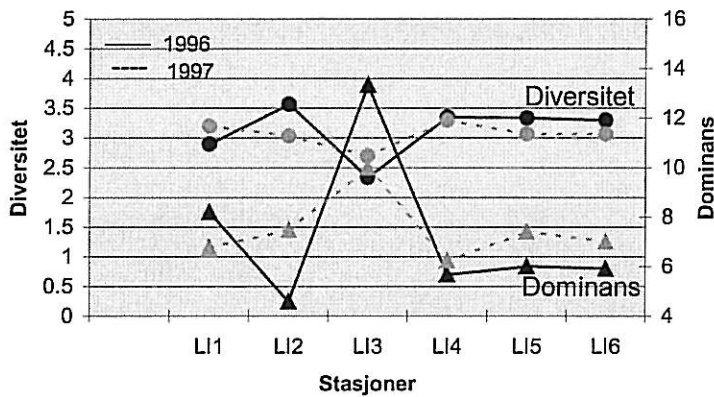
### *Andel av opportunistiske arter*

**Figur 9** viser forholdet mellom 32 utvalgte hurtigvoksende opportunister og forurensningsømfintlige arter. Stasjonene i Tingsakerfjorden hadde en liten overvekt av forurensningstolerante arter mens alle stasjonene i Skallefjorden hadde en klar overvekt av ømfintlige arter. Resultatene viser en tydelig forskjell mellom de to fjordområdene både i 1996 og 1997, en forskjell som ikke kommer klart fram i artsantall, diversitet eller fordelingen mellom rød-, brun- og grønnalger.

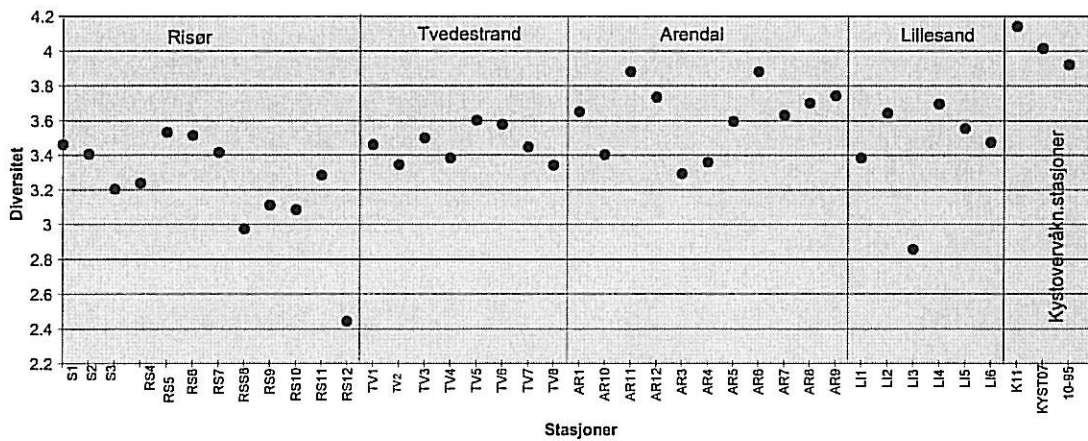




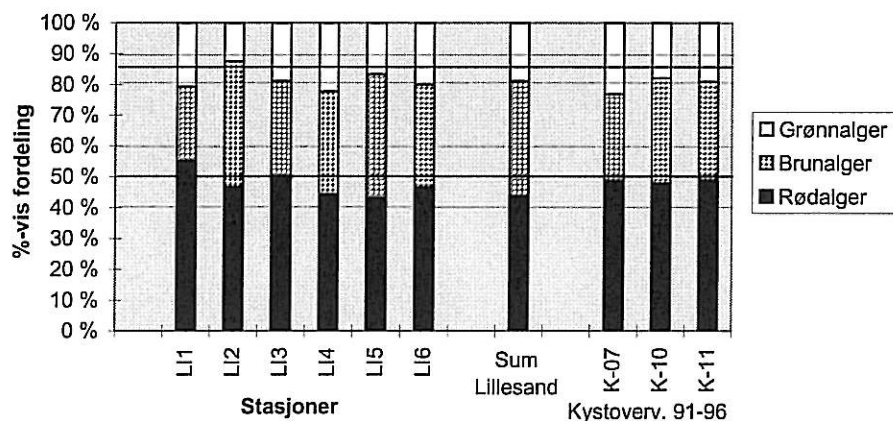
**Figur 5.** Antall arter som ble registrert i Lillesand i 1996 og 1997. Figuren viser også antall arter som er registrert på de tre Kystovervåkingsstasjonene Tromøy (K-07), Grimstad (K-10) og Lillesand (K-11) fra 1991 til 1996.



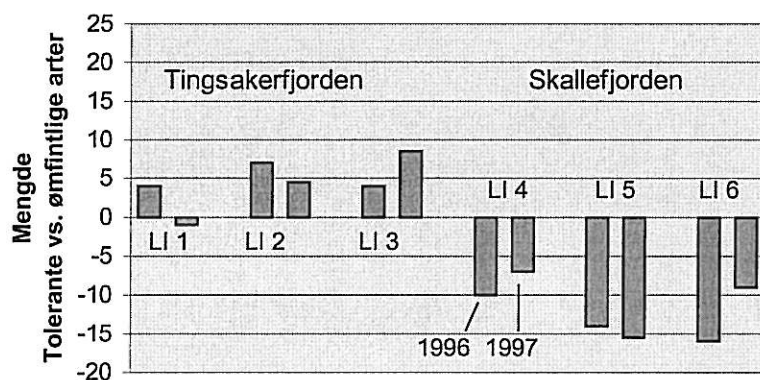
**Figur 6.** Diversitet og dominans beregnet for de enkelte stasjonene i Lillesand. Høy diversitet og lav dominans karakteriserer upåvirkede områder.



**Figur 7.** Diversitet på stasjoner i Aust-Agder. Alle stasjonene er undersøkt to år på rad, og diversitet er beregnet for de to årene samlet.



**Figur 8.** Fordeling av antall alger på rødalger, brunalger og grønnalger. Horisontale linjer indikerer "normalintervallene"  $45 \pm 10\%$  for rødalger og  $15 \pm 5\%$  for grønnalger.



**Figur 9.** Forholdet mellom 32 utvalgte forurensningstolerante (+) og -følsomme (-) arter.

### 3.2.3 Vurdering av resultatene

Generelt var vegetasjonen i byfjordene ved Lillesand preget av lite bølge-eksponering med frodig tangvegetasjon og mange småvokste arter.

Stasjonen i havnebassenget (LI3) hadde en overvekt av hurtigvoksende og opportunistiske arter, lav diversitet, høy dominans, og viste tegn på et forstyrret samfunn. Dette var imidlertid forventet, ettersom stasjonen ble lagt til en steinkai i selve havnebassenget. Beliggenheten tatt i betraktning må forholdene karakteriseres som rimelig gode. Ved de to øvrige stasjonene i Tingsakerfjorden, LI1 Tingsaker og LI2 Lamholmen, ble det også observert mye påvekstalger samtidig som forurensningstolerante arter utgjorde en noe større mengde enn typiske forurensningsømfintlige arter. Slike hurtigvoksende arter har høye opptaksrater for næringsalter og dermed et konkurransefortrinn over seintvoksende arter i næringsrike områder (Kautsky 1991, Hardy m. fl. 1993, Phil m. fl. 1996).

Det var tildels store forskjeller i artsantall og dominans mellom 1996 og 1997. Resultatene tyder på at området rundt Tingsaker er næringsrikt og kan til tider være preget av mye hurtigvoksende forurensningstolerante alger.

Stasjon LI4 på Slåtteholmen i Skallefjorden kom godt ut i både antall arter, diversitet, dominans etc., mens artssammensetningen viste at opportunistiske arter som tarmgrønske og lys grønn dusk var vanlige på stasjonen. Andelen grønnalger var også noe høyere enn de øvrige stasjonene. De to andre stasjonene i Skallefjorden hadde gode forhold med mange arter og liten andel av forurensningstolerante arter. Spesielt stasjonen på Skauerøy var artsrik, med frisk og fin undervegetasjon. Denne stasjonen ligger også nærmest Asperøysundet som er forbindelsen til ytre kyst. Resultatene indikerer at tilstanden i Skallefjorden er god, men at stasjonen på Slåtteholmen kan være lokalt påvirket. Det er usikkert hva årsaken til dette er.

Temperaturen i overflatevannet sommeren 1997 var over 24°C i flere uker, som er svært høyt for våre områder. Dette kan gi raske endringer i mengdefordeling mellom arter. Høye sommertemperaturer gir økt vekst hos varmekjære arter, men mange arter reagerer tilsvarende negativt på høye temperaturer og kan få redusert vekst, reproduksjonsevne og overlevelse. Den varme sommeren i 1997 og isvinteren 1995/1996 har trolig medvirket til forskjellene mellom 1996 og 1997.

Det kan konkluderes med at organismesamfunnet på grunt vann i Skallefjorden indikerte gode, friske forhold, mens i Tingsakerfjorden var det enkelte indikasjoner på overkonsentrasjoner av næringsalter.

### 3.3 BLØTBUNN

#### 3.3.1 Bunn sedimenter

I **Tabell 8** er det gitt en oversikt over dyp og visuelle observasjoner av bunnforholdene på prøvetakingsstasjonene. Geografiske koordinater for stasjonene og detaljer ved prøvetakingen er gitt i Vedleggstabell C1.

I dypbassenget i Skallefjorden (LIL 5) var det grått mudder med svak lukt av hydrogensulfid i en prøve. I sedimentet var det mye skjellrester, litt rør av børstemark og endel plantemateriale fra land, som gjør at sedimenene kan karakteriseres som forholdsvis friske.

I Tingsakerfjorden utenfor Kokkenes (LIL 8) var det normalt grått bunn sediment med litt sort på overflaten. I sedimentet var det slagg, litt treflis og trebiter, noe planterester og skjellrester. Slagget stammer fra dampskipsfarten i tidligere år. Sedimentet var friskt og uten noen spesiell lukt.

I Lillesand havn (LIL 9) var det ganske grovt mørkt brunt til gråsort sediment med mye småstein, grus og grov sand. I sedimentet var det litt skjellrester og treflis. Sedimentet virket friskt og var luktfritt.

**Tabell 8.** Prøvetaking av bløtbunnsfauna og sedimenter i Lillesand 1996. Lokalteter, dyp og visuelle observasjoner av bunnforhold og sedimenter.

Stasjon	Dyp (m)	Observasjoner	Sikterest (materiale > 1 mm)
LIL 5 Skallefjorden	72-74	Grå mudder med litt sand, litt sort på overflaten. En prøve med mørkt sediment og svak lukt av hydrogensulfid. Rørbyggende mark og døde skjell.	Volum ca. 3 liter. Mest skjellrester, store skall av <i>Thyasira sarsi</i> , endel andre muslinger og snegl ( <i>Corbula</i> , <i>Abra nitida</i> , kamskjell, blåskjell, strandsnegl, småsnegl). Biter av rør av <i>Spiochaetopterus</i> . Endel blad, pinner og plantefibre. Litt slagg, treflis, nylonrester og fiskeben.
LIL 8 Kokkenes	56	Fin gråbrun mudder. To prøver med litt sort på overflaten. Ingen lukt. Mark, slangestjerner, kråkeboller og døde skjell.	Volum ca. 1 liter. Mest slagg, litt grus og småstein. Noe treflis og trebiter, litt rester av blad og mose. Skallrester av muslinger og snegl ( <i>Turritella</i> , <i>Nucula</i> , <i>Corbula</i> , <i>Thyasira sarsi</i> ). Mudderrør av børstemark.
LIL 9 Lillesand havn	11	Sand og leire. Mørkt brunt til gråsort sediment med tynt brunt topplag. Ingen lukt. Mark, skjell, krabber og kråkeboller.	Volum ca. 1.5 liter. Småstein, grus og grov sand. Litt skjellrester (hjerteskjell, <i>Venus</i> , <i>Thyasira</i> ). Litt finfordelt plantemateriale og treflis.

Analysene av bunnsedimentet viste at det var høyt innhold av finstoff (partikler <0.063 mm) og høyt innhold av organisk materiale (TOC, TN) både i Skallefjorden og i Tingsakerfjorden (**Tabell 9**). Etter SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet faller begge stasjonene i klasse V (*meget dårlig tilstand*) med hensyn på organisk innhold. I Lillesand havn var det lite finmateriale og lavt organisk innhold. Lokaliteten får derved god karakteristikk etter SFTs kriterier. Det grove sedimentet indikerer at lokaliteten er strømpåvirket slik at finmateriale transporteres bort.

Forholdstallet mellom karbon og nitrogen (C/N-forholdet) var høyt i Tingsakerfjorden og forholdsvis høyt i Skallefjorden. C/N-forholdet kan indikere noe om materialets art. I sedimenter hvor det organiske materialet i hovedsak stammer fra naturlig produksjon i sjøen (f. eks. plankton) vil forholdstallet være 6-8, mens det i sedimenter som tilføres betydelige mengder materiale fra land overstiger 10. Dette gjenspeiler at plantemateriale fra land er relativt nitrogenfattig. Det høye C/N-forholdet i Tingsakerfjorden kan skyldes innholdet av treflis i sedimentene. Treflis og trebiter kan være rester fra sagbruksvirksomhet og/eller tømmerbehandling i området. I Lillesand havn var det for lavt organisk innhold i sedimentene til å bestemme mengden av nitrogen.

**Tabell 9.** Kornstørrelse og innhold av organisk materiale (TOC, TN, C/N-forhold) i overflatesediment (0-2 cm) i Lillesand 1996. Tilstandsklasser i henhold til SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet er også vist (Molvær m. fl. 1997). TOC-verdiene er omregnet (normert) til teoretisk 100% finstoff i sedimentet. For finkornede sedimenter fører ikke normeringen til noen særlige forandringer i forhold til målte verdier.

Stasjon	Dyp (m)	Kornstørrelse (<0.063 mm)	TOC mg/g	TN mg/g	C/N-forhold	Normert TOC	SFT klasse
LIL 5 Skallefjorden	72-74	88.2	63.4	5.4	11.7	65.5	V
LIL 8 Kokkenes	56	94.9	46.7	3.0	15.6	47.6	V
LIL 9 Lillesand havn	11	6.7	7.4	<1.0	-	24.2	II

### 3.3.2 Bløtbunnsfauna

**Tabell 10** gir en oversikt over artstall, individtettheter og beregnede verdier for artsmangfold på stasjonene. De viktigste artene er listet i **Tabell 11**. Fullstendige artslistene for prøvene er gitt i Vedleggstabell C2.

I Skallefjorden (LIL 5) ble det bare funnet ni arter. Individtetthetene var lave, men artsmangfoldet var moderat høyt og stasjonen får derfor en forholdsvis god karakteristikk. Alle artene som ble funnet kan opptre i oksygen svake miljøer under mindre gode forhold. Spesielt muslingene *Thyasira* og *Corbula* og børstemarken *Spiochaetopterus typicus* kan betegnes som karakterarter for organisk anrikede bunnmiljøer i fjordbassenger med nedsatt vannutskiftning. Disse artene kan klare seg selv i sorte sedimenter med høyt innhold av hydrogensulfid så sant det finnes oksygen i vannet like over bunnen. Børstemarken *Spiochaetopterus typicus* har en lett kjennelig form som lager lange stive pergamentaktige rør.

I Tingsakerfjorden (LIL 8) var det en artsrik fauna med normale til litt forhøyde individtettheter. Artsmangfoldet var høyt med den følge at lokaliteten får karakteristikken *meget god tilstand* i SFTs system. Artssammensetningen kan karakteriseres som normal for kystområder på Sørlandet, men det

var allikevel et tydelig innslag av arter som begunstiges ved moderat organisk anrikning. Som eksempel på disse artene kan nevnes børstemarkene *Chaetozone setosa*, *Heteromastus filiformis* og *Myriochele oculata* og slangestjernen *Amphiura filiformis* (Rygg 1995). Individmengdene og artssammensetningen tyder på at området er noe stimulert av organiske tilførsler.

I Lillesand havn (LIL 9) var det en normalt artsrik, men svært individrik fauna. Artsmangfoldet var noe nedsatt som følge av de høye individtetthetene, og stasjonen faller på grensen mellom klasse II (*god tilstand*) og klasse III (*mindre god tilstand*) i SFTs system. De viktigste artene var mangebørstemarken *Scoloplos armiger* og fåbørstemarken *Tubificoides benedii*. Begge disse artene er vanlig forekommende på grunt vann. *Scoloplos* er en karakterform i sandbunner, mens *Tubificoides* ofte finnes på steder med lokalt høye organiske tilførsler. De høye individtetthetene er tegn på at området tilføres organisk materiale fra utslipp, men det synes ikke som materialet avsettes på bunnen.

**Tabell 10.** Antall arter, individtall, individtettheter og arts mangfold i prøvene av bløtbunnsfauna fra Lillesand 1996. Resultater fra tidligere prøvetaking på st. LIL 5 i Skallefjorden er også vist (Wikander 1987). Artsmangfoldet er gitt ved Shannon-Wiener indeksen ( $H'$ ) og indeksen  $E(S_{100})$ . Indeksen AI (artsindeks) gir et mål for forekomst av forurensningsømfintlige arter i prøven. Tilstandsklasser i henhold til SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet er også vist (Molvær m. fl. 1997).

Stasjon	År	Dyp	Areal	Artstall	Ind.	Ind/m <sup>2</sup>	H'	E(S <sub>100</sub> )	AI	SFT Klasse
LIL 5	1996	72-74	0.4	9	56	140	2.59	-	6.8	III
	1983	74	0.5	23	196	392	2.46	16.4	4.7	III
	1985	60	0.5	30	268	536	3.30	19.2	5.8	II
	1986	57	0.5	67	530	1060	4.43	32.6	7.2	I
LIL 8	1996	56	0.4	78	1462	3655	4.51	27.6	6.9	I
LIL 9	1996	11	0.2	55	1408	7040	2.99	18.7	6.7	II/III

**Tabell 11.** Individtettheter (ind/m<sup>2</sup>) for de viktigste artene i Lillesand 1996. Artene på listen representerer de 10 individrikeste artene på stasjon LIL 8 og LIL 9. Alle artene (9) på stasjon LIL 5 i Skallefjorden er vist i tabellen.

	LIL 5 Skallefjorden	LIL 8 Kokkenes	LIL 9 Lillesand havn
CNIDARIA (nesledyr)			
<i>Edwardsia tuberculata</i>	-	-	195
<i>Edwardsia cf. danica</i>	3	-	60
NEMERTINEA ind. (båndmark)	-	38	95
POLYCHAETA (mangebørstemark)			
<i>Pholoe cf. baltica</i>	-	160	20
<i>Typosyllis cornuta</i>	3	3	-
<i>Protodorvillea kefersteini</i>	-	-	60
<i>Scoloplos armiger</i>	-	-	1090
<i>Prionospio fallax</i>	-	548	225
<i>Spiochaetopterus typicus</i>	8	-	-
<i>Chaetozone setosa</i>	-	110	15
<i>Tharyx sp.</i>	-	-	695
<i>Diplocirrus glaucus</i>	-	305	15
<i>Brada villosa</i>	-	188	-
<i>Scalibregma inflatum</i>	-	5	60
<i>Heteromastus filiformis</i>	-	178	-
<i>Mediomastus fragilis</i>	-	-	60
<i>Maldane sarsi</i>	35	-	-
<i>Myriochele oculata</i>	48	455	55
<i>Pectinaria koreni</i>	10	5	-
<i>Euchone sp.</i>	5	-	-
OLIGOCHAETA (fåbørstemark)			
<i>Tubificoides benedii</i>	-	-	3425
BIVALVIA (muslinger)			
<i>Thyasira flexuosa</i>	-	55	155
<i>Thyasira sp.</i>	13	228	-
<i>Abra nitida</i>	-	373	-
<i>Corbula gibba</i>	18	3	-
CRUSTACEA (krepsdyr)			
<i>Cheirocratus sundewalli</i>	-	-	195
OPHIUROIDEA (slangestjerner)			
<i>Amphiura filiformis</i>	-	165	-



### 3.3.3 Sammenligning med tidligere prøvetaking

Stasjon LIL 5 i Skallefjorden er tidligere prøvetatt i 1983, 1985 og 1986 (Wikander 1987). Resultatene varierte endel mellom årene, men det var også endel variasjon i hvor dypt prøvene ble tatt. I 1983 ble prøvene tatt like dypt (74 m) som i foreliggende undersøkelse. Stasjonen hadde da en arts- og individfattig fauna og ble karakterisert som organisk overbelastet (Wikander 1987). I 1985 og 1986 ble det funnet flere arter og høyere individtall i Skallefjorden, men prøvene ble tatt på mindre dyp. Trolig er faunaforskjellene i stor grad dydbetinget fordi de dypeste punktene i et fjordområde generelt vil være mest følsomme for påvirkninger og vise sterkeste utslag ved miljøbelastninger. De viktigste parametre for faunaen er gitt i **Tabell 10**. Det fremgår av tabellen at resultatene for perioden 1983-86 tilsvarer klasse III (*mindre god*) til I (*meget god*) etter SFTs nåværende system for klassifisering av miljøkvalitet. I 1983 var det markert lukt av hydrogensulfid i sedimentet.

**Tabell 12** viser de viktigste artene for hvert år. Det var forholdsvis store forskjeller i artssammensetning fra år til år. Bare en art, muslingen *Thyasira*, var blant de dominerende artene alle årene. Av de andre artene som ble funnet i 1996, var det bare to som også tidligere har vært blant de dominerende, nemlig børstemarken *Maldane sarsi* i 1985-86 og børstemarken *Pectinaria koreni* i 1986. Samlet sett kan det synes som om faunaen var sterkest preget av forurensningstolerante arter i 1983. Dette fremkommer ved artsindeksen som får den laveste verdien for dette året. Børstemarken *Capitella capitata* som var den vanligste arten i 1983 og 1985, opptrer ofte i sterkt organisk belastede sedimenter. Trolig indikerer forandringene i artssammensetning at forholdene varierer nokså mye fra år til år på lokaliteten.

I Tingsakerfjorden ble det ved undersøkelsene i 1983-86 tatt prøver i indre del av fjorden ved Tingsaker (St. 2; 35-41 m) og i Gullholmrenna (St. 4; 86 m) ved utløpet av fjorden (Wikander 1987). På begge stasjonene var det artsrik bunnfauna og forholdsvis høyt innslag av forurensningsømfintlige arter. Undersøkelsene konkluderte med at det var moderat påvirkning av organiske tilførsler i indre fjord i 1983, men ingen påvirkning i 1985-86. I Gullholmrenna ble forholdene karakterisert som gode. I hovedtrekkene var det de samme artene som dominerte på St. 2 og 4 i 1983-86 som på st. LIL 8 i foreliggende undersøkelse. Dette gjelder f.eks. for børstemarkene *Prionospio fallax* (= *P. malmgreni*), *Chaetozone setosa*, *Brada villosa* og *Heteromastus filiformis*, muslingene *Thyasira* og *Abra nitida* og slangestjernen *Amphiura filiformis*. Markerte forskjeller var det imidlertid for børstemarken *Myriochele oculata* som var svært vanlig i denne undersøkelsen, og den lille muslingen *Mysella bidentata* som var svært tallrik i 1983-86. Slike variasjoner for enkeltarter er ikke uvanlige. Det at de fleste artene gjenfinnes, tyder på at forholdene ikke har endret seg særlig mye i fjorden fra midten av 80-tallet og fram til foreliggende undersøkelse.

I 1983 ble det tatt prøver på en stasjon i Lillesand havn utenfor Tollboden (St. 7; 20 m). På grunn av bunnforholdene med grus og sand lyktes det ikke å få gode prøver, men det ble funnet forholdsvis mange arter som er karakteristiske for sandbunn og tarevegetasjon. Lokaliteten ble betegnet som uventet lite påvirket tatt i betraktning at den lå plassert nær et større utslipp av avløpsvann (Wikander 1987). Ganske mange arter ble funnet både i 1983 og i foreliggende undersøkelse. Individtallene var imidlertid svært forskjellige. Dette har mest trolig sammenheng med problemene med å få gode prøver i 1983. Denne usikkerheten medfører også at det er vanskelig å foreta nærmere sammenligninger av resultatene mellom de to undersøkelsene.

**Tabell 12.** De 10 viktigste artene med individtetthet (ind/m<sup>2</sup>) på stasjon LIL 5 i Skallefjorden i Lillesand 1983, 1985, 1986 og 1996. I 1996 ble det bare funnet ni arter på stasjonen. Grupper: b = børstemark, bm = båndmark, m = musling, n = nesledyr, pm = pølsemark, r = rundmark, sl = slangestjerne.

1983		ind/m <sup>2</sup>	1985		ind/m <sup>2</sup>
<i>Capitella capitata</i>	b	210	<i>Capitella capitata</i>	b	184
<i>Thyasira sarsi</i>	m	84	<i>Maldane sarsi</i>	b	98
<i>Phyllodoceidae</i> ind.	b	12	<i>Amphiura chiajei</i>	sl	52
<i>Ophiodromus flexuosus</i>	b	12	<i>Heteromastus filiformis</i>	b	46
<i>Scalibregma inflatum</i>	b	12	<i>Prionospio fallax</i>	b	30
<i>Priapulid caudatus</i>	pm	12	<i>Priapulid caudatus</i>	pm	26
<i>Glycera alba</i>	b	6	<i>Thyasira sarsi</i>	m	12
<i>Goniada maculata</i>	b	6	<i>Gattyana cirrosa</i>	b	10
<i>Abra nitida</i>	m	4	<i>Harmothoe</i> sp.	b	10
<i>Chaetozone setosa</i>	b	4	<i>Amphiura filiformis</i>	sl	8
1986		ind/m <sup>2</sup>	1996		ind/m <sup>2</sup>
<i>Heteromastus filiformis</i>	b	312	<i>Myriochele oculata</i>	b	48
<i>Maldane sarsi</i>	b	112	<i>Maldane sarsi</i>	b	35
<i>Chaetozone setosa</i>	b	64	<i>Corbula gibba</i>	m	18
<i>Abra nitida</i>	m	64	<i>Thyasira</i> sp.	m	13
<i>Thyasira sarsi</i>	m	44	<i>Pectinaria koreni</i>	b	10
<i>Nuculoma tenuis</i>	m	32	<i>Spiochaetopterus typicus</i>	b	8
<i>Nemertinea</i> ind.	bm	26	<i>Euchone</i> sp.	b	5
<i>Pectinaria koreni</i>	b	26	<i>Edwardsia</i> cf. <i>danica</i>	n	3
<i>Prionospio fallax</i>	b	24	<i>Typosyllis cornuta</i>	b	3
<i>Nematoda</i> ind.	r	24	-	-	-

### 3.3.4 Vurdering av resultatene

Bunnsedimentene i Tingsakerfjorden og Skallefjorden hadde generelt høyt innhold av organisk materiale. Dette fører til at sedimentene får dårlig karakteristikk etter SFTs kriterier. Trolig er det tilført plantemateriale fra land som er hovedårsaken til det høye TOC-innholdet. Mesteparten av dette består av løv, gress og pinner som naturlig havner ut i sjøen. I tillegg var det noe avsetninger av flis og tremateriale i bunnsedimentene. Det er særlig det forholdsvis høye C/N-forholdet som indikerer betydningen av plantemateriale fra land. Tilførsler fra avløpsvann og lokal planteplanktonproduksjon synes ikke å prege det organiske innholdet i sedimentene, men lar seg vanskelig skille ut nærmere.

I alle fjorder og indre kystområder er det vanlig å finne forhøyde TOC-verdier og C/N-forhold som følge av tilførsler av plantemateriale fra land. Dette er i stor grad materiale som brytes langsomt ned og som ikke bidrar like sterkt til oksygenforbruk som lett omsettbart organisk stoff. I realiteten kan derfor sedimentene bli karakterisert som dårligere enn de egentlig er, som følge av at TOC-verdiene legges til grunn for vurderingene. På den annen side kan tilførsler av lett omsettelig organisk materiale fra avløpsvann og planktonproduksjon, selv om de er mindre betydelige mengdemessig, bidra i betydelig grad til det samlede oksygenforbruket. I områder som Skallefjorden, hvor vannutskiftningen er nedsatt, kan selv mindre tilførsler av lett nedbrytbart materiale være kritisk for oksygenforholdene ved bunnen og i bunnsedimentene.

Sedimentene i Tingsakerfjorden og Skallefjorden kan sammenlignes med andre indre fjordområder på Sørlandet. Tilsvarende TOC-verdier som i Tingsakerfjorden (omkring 40 mg/g) har blitt registrert ved Narestø og Buøy i østre Tromøysund (Jacobsen m. fl. 1996, Oug 1998) og ved Homborøy i Grimstad (Jacobsen et. al 1997). Dette representerer lokaliteter uten noen større lokale organiske tilførsler. Generelt synes det som verdier på 20-40 mg/g kan betraktes som normale for kystområder på Sørlandet (Moy m. fl. 1996). I Skallefjorden var TOC-verdiene (>60 mg/g) høyere enn det som kan betraktes som normalt for upåvirkede fjordområder. Omtrent like høye verdier er funnet ved Barmen i Risør og i ytre Tvedestrandsfjorden, hvor prøvene ble tatt samtidig som i Lillesand (hhv. 53 og 54 mg/g). Det er også funnet liknende verdier ved Strengereid og Kilsund i Arendal kommune (Jacobsen m. fl. 1996). Dette er områder som er særlig utsatt for tilførsler eller som har terskler og nedsatt oksygeninnhold i fjordvannet. Tilsvarende høye verdier er også funnet i Tromøysund og Galtesund (52-76 mg/g), som tilføres flis og tremateriale med Nidelva (Oug 1998). Trolig kan Skallefjorden virke som en sedimenteringsfelle på materiale som transporteres med strøm til og fra Blindleia.

I Lillesand havn var det lavt organisk innhold. Dette må ha sammenheng med at området er strømrøkt slik at finmateriale i stor grad vaskes ut.

Undersøkelsene av bunnfauna viser at det var gode forhold i Tingsakerfjorden. Vannmassene i Tingsakerfjorden skiftes ut jevnlig, men i stagnasjonsperioder faller oksygeninnhold i dypvannet til 4-5 ml/l (60-80% metning) (3.1.2). Dette er tilstrekkelige oksygenkonsentrasjoner for de aller fleste bunndyr. Selv om oksygenforbruket i fjorden er forholdsvis høyt, er vannutskiftningen god nok til å opprettholde god miljøtilstand i fjorden. I Lillesand havn bar faunaen tydelig preg av å være stimulert av organiske tilførsler. Det kan enten tyde på at havneområdet fortsatt tilføres avløpsvann selv om hovedutslippene er sanert, eller at det er store tilførsler fra fritidsbåter eller liknende. Trolig har tilførslene forholdsvis lokal effekt i og med at ingen effekter kan spores midt i Tingsakerfjorden.

I Skallefjorden var forholdene mindre gode. Fjordens dypområde var preget av en artsfattig og utarmet bunnfauna som bestod av svært tolerante arter. Skallefjorden er en utpreget terskelfjord med stagnerende dypvann. Ved de hydrografiske undersøkelsene ble oksygeninnholdet i dypvannet høsten 1995 målt ned til 2 ml/l (30% metning) i 60 m dyp (kap.3.1.2). Dette er omkring grensen for hva som er kritisk for mange bunndyr og lavere enn kritisk nivå for fisk. På størstedypet (72-74 m) hvor bunnprøvene ble tatt, må man regne med at oksygeninnholdet i bunnvannet var enda lavere. Det synes imidlertid ikke som forholdene har vært helt oksygenfrie. De forholdsvis friske bunnsedimentene tyder på at det har vært oksygen tilstede i en lengre periode før prøvetakingen. Etter perioder med oksygensvikt og dannelse av hydrogensulfid, kan det ta lang tid før sedimentene igjen er luktfrie selv under gode oksygenforhold. Trolig varierer forholdene i fjorden fra år til år etter volum og omfang av vannutskiftingene, men generelt må tilstanden vurderes å være svært nær en kritisk grense. Det er sannsynlig at organisk materiale fra Tingsakerfjorden og sentrumsnære områder føres inn i Skallefjorden med strøm og avsettes i dypområdet.

Lokaliteten i Tingsakerfjorden får karakteristikken *meget dårlig* for sedimenter, men *meget god* for fauna når SFTs miljøkvalitetskriterier legges til grunn. Også i Skallefjorden er karakteristikken forskjellige, selv om forskjellene ikke er like store. Tilsvarende ulike karakteristikker har blitt observert for en rekke steder i kystområder på Sørlandet, f.eks. Narestø og Strengereid (Jacobsen m. fl. 1996), Homborsund (Jacobsen m. fl. 1997), Tromøysund og Galtesund (Oug 1998). Trolig utgjør plantemateriale fra land, treflis og bark hovedkomponentene til TOC-innholdet i sedimentene. Dette er i stor grad materiale som brytes langsomt ned og som ikke har samme effekter for bunnfaunaen som lett omsettbart organisk stoff. Generelt kan det derfor se ut til at sedimentene i kystområdene blir karakterisert som dårligere enn de egentlig er. I realiteten er nok kvalitetskriteriene med hensyn på TOC mer et uttrykk for mengden av organiske komponenter i miljøet enn en generell miljøtilstand. Til

sammenligning representerer faunaen mer et mål for tilstand, selv om artsmangfoldet alene ikke alltid er en tilstrekkelig følsom parameter. I mange tilfeller er det like viktig å vurdere artssammensetningen og forekomst av karakteristiske arter. Det bør derfor legges en samlet vurdering av alle forhold til grunn for vurdering av tilstanden på lokalitetene.

## 4. RESULTATER FRA ISEFJÆRFJORDEN

### 4.1 VANNMASSER

For Isefjærfjorden er dataene bare presentert i tabellform. Alle de hydrografiske data er vist i Vedleggstabell A2.

#### 4.1.1 Hydrografi

I Isefjærfjorden, som er svært beskyttet for vær og vind, er det av og til ganske ferskt vann helt oppe i overflaten. I undersøkelsesperioden varierte saltholdigheten i overflaten fra 5.360 til 26.643. På alle tre toktene ble det målt lavere saltholdighet på stasjon H1 i indre del av fjorden enn på H7 i midtre del av fjorden. Det skyldes den lille elva som kommer ut innerst i Isefjærfjorden. I 20 m dyp på stasjon H1 lå saltholdigheten alle tre gangene på ca. 32.7 PSU, mens den på 10 m dyp på stasjon H7 varierte fra 32.082 PSU (7. september 1998) til 31.440 PSU (11. november 1998).

Den kraftige lagdelingen i den beskyttede fjorden gjør at det er liten omrøring av vannmassene, og et typisk trekk er at det på sensommeren og høsten er varmest litt under overflaten. Mest markert var det på stasjon H1 hvor det var 17°C på 5 m dyp både i september og oktober, og 13°C så sent som i november. Både saltholdighetene og temperaturene på 10 og tildels 5 m inne i Isefjærfjorden var betydelig høyere enn på tilsvarende dyp i samme periode ute i kystvannet (upublisert materiale fra Havforskningsinstituttet Forskningsstasjonen Flødevigen). Det skyldes at vannutvekslingen på disse dyp i Isefjærfjorden med kystvannet utenfor er sjelden.

#### 4.1.2 Oksygenforhold

##### *Oksygenkonsentrasjon*

Oksygenmålingene i Isefjærfjorden viste reduserte oksygenforhold allerede fra 5 m (< 3 ml O<sub>2</sub>/l) og hydrogensulfid fra 10 m dyp. Ifølge SFT's kriterier var tilstanden *meget dårlig* (klasse V).

##### *Oksygenforbruk*

Resultatene viste en betydelig nedgang i oksygenkonsentrasjonen selv på 5 m dyp i undersøkelsesperioden. Oksygenkonsentrasjonen falt fra 8.87 ml/l (102 % metning) til 2.48 ml/l (41 % metning) i løpet av to måneder med tilsynelatende stagnerende vann. Nedgangen i konsentrasjon tilsvarer et gjennomsnittlig oksygenforbruk på 3 ml/l/mnd (**Tabell 13**).

Det ansees også som mulig at nedgangen i oksygen kan skyldes tilførsel av bunnært, oksygenfattig vann fra grunne deler av Isefjærfjorden. Oksygenforbruket som fremgår av **Tabell 13**, sammenlignet med oksygenforbruk i andre områder (**Tabell 6**), viser imidlertid at det er et høyt oksygenforbruk i Isefjærfjorden som helhet.

Vannkvalitetsmodellen Fjordmiljø egner seg ikke til bruk i Isefjærfjorden fordi den ligger så langt fra kysten med flere tildels svært grunne terskler.

**Tabell 13.** *Oksygenforbruk (ml O<sub>2</sub>/l pr.. måned) på 5 m dyp på stasjonene H1 og H7 i Isefjærfjorden høsten 1998.*

Periode	Oksygenforbruk (ml O <sub>2</sub> /l /måned)	
	Stasjon H1	Stasjon H7
7.sept.-7. okt.	4.0	2.5
7.okt.-11.nov.	2.0	0.5

#### 4.1.3 Sammenligning med tidligere undersøkelser

Målingene gjennom høsten 1998 bekrefter det som er funnet tidligere (Strøm 1936, Bøhle m. fl. 1989 og 1990, Fylkesmannen i Aust-Agder 1993). Det er svært stagnerende forhold fra 5-10 m og dypere i indre del av Isefjærfjorden (innenfor broen over Naudesund). Det har ført til råttent (hydrogensulfidholdig) bunnvann, av og til allerede fra 10 m dyp (**Tabell 14**). Kun i kortere perioder er det registrert oksygenholdig bunnvann.

**Tabell 14.** *Oksygenkonsentrasjonen (ml O<sub>2</sub>/l) på stasjon H1 til ulike tidspunkt før og etter åpning av Kassenkanalen i 1995 Utførende institusjon er vist i parentes.*

Dyp	År	1933	1989	1989	1992	1995	1996	1997	1997	1998
	Dato	13/6	4/1	6/3	14/12	3/3	7/5	11/4	15/5	7/10
Ref.		(HFF)	(HFF)	(HFF)	(NIVA)	(HiA)	(HiA)	(HiA)	(HiA)	(HFF)
0		5.96	7.28	9.11	7.49	5.05	6.27	7.96	4.73	7.08
5		-	1.19	2.78	1.05	1.34	6.71	6.01	6.35	4.87
10		6.60	<b>H<sub>2</sub>S</b>	3.36	1.89	0.17	0.25	3.50	5.29	<b>H<sub>2</sub>S</b>
15		-	-	3.39	<b>H<sub>2</sub>S</b>	<b>H<sub>2</sub>S</b>	<b>H<sub>2</sub>S</b>	2.92	0.37	<b>H<sub>2</sub>S</b>
20		<b>H<sub>2</sub>S</b>	-	2.88	<b>H<sub>2</sub>S</b>	<b>H<sub>2</sub>S</b>	<b>H<sub>2</sub>S</b>	4.68	0.72	<b>H<sub>2</sub>S</b>
25		-	-	-	-	-	-	4.84	0.18	-

Data til **Tabell 14** er tatt fra følgende undersøkelser (Strøm 1936, Bøhle m. fl. 1989 og 1990, Fylkesmannen i Aust-Agder 1993, Abrahamsen m. fl. 1995, Aasbø m. fl. 1996, Røren m. fl. 1997 og foreliggende undersøkelse). Alle oksygenmålingene er utført ved titrering, men målingene fra HiA er utført av studenter og er derfor av noe usikker nøyaktighet. Dersom mg/l oksygen har vært oppgitt er omregning til ml/l gjort ved å multiplisere med 0.7.

Som det fremgår av **Tabell 14**, var det hydrogensulfid på 20 m dyp på stasjon H1 ved en undersøkelse i 1933 (Strøm 1936). Hydrogensulfidkonsentrasjonen var nokså høy, 7.92 ml/l, som tyder på at det hadde vært en relativt lang stagneringsperiode i forkant av målingen. Ved en måling i januar 1989 (Bøhle m. fl. 1990) var det hydrogensulfid allerede på 10 m dyp og lite oksygen på 5 m. Det var da trolig en utskiftning på gang, som hadde hevet det gamle, dårlige bunnvannet mot overflaten, fordi to måneder senere var det oksygen helt ned på 20 m dyp på stasjon H1. Etter fornyelsen av bunnvannet



tidlig i 1989, ble det utført regelmessige målinger av hydrografi og oksygenforhold på stasjon H1 frem til årets slutt (Bøhle m. fl. 1990). Målingene viste at oksygenkonsentrasjonen ved stasjon H1 falt hurtig, og allerede i juni (3-4 måneder etter vannutskiftning) ble det igjen målt hydrogensulfid på 20 m dyp. I november samme år hadde hydrogensulfidkonsentrasjonen økt til 3.2 ml/l og det hydrogensulfidholdige laget omfattet vannmassene fra 15 m dyp og dypere (Bøhle m. fl. 1990). Det tilsvarer omtrent det nivå av hydrogensulfid som ble målt i dypet i denne undersøkelsen, se Vedleggstabell A2.

#### 4.1.4 Vurdering av resultatene

Beregninger og vurderinger utført før Kassenkanalen ble åpnet tilsa at vannutskiftningen i fjorden ville bli mer omfattende, både i de øvre lag og i dypet, når kanalen ble åpnet (Fylkesmannen i Aust-Agder 1993). Kanalen ble åpnet 16. april 1995. Strømmålinger og vannstandsmålinger i 1995, 1996 og 1997 (Abrahamsen m. fl. 1995, Aasbø m. fl. 1996 og Røren m. fl. 1997) bekreftet en betydelig bedre vanngjennomstrømning og oppfrisking av fjordens ytre deler, Kirkekilen, og det gamle innløpet gjennom Brusund. Særlig ble forholdene i Kirkekilen forandret. Vannstandsmålinger viste videre at åpningen av kanalen gav en ca. 30% økning av tidevannsforskjellen i Isefjærfjorden like innenfor terskelen ved Brusund og at svingningene i tidevann kom i takt med svingningene utenfor (Abrahamsen m. fl. 1995). Strømmålinger i 1996 viste på den annen side at den raske vannutskiftningen først og fremst skjedde i fjordens ytre deler og i mindre grad trengte innenfor broen ved Naudesund (Aasbø m. fl. 1996). I 1997 bekreftet strømmålingene et komplisert strømbilde og en effektiv utskiftning i de ytre deler, men bruk av farvestoffet Rhodamin indikerte også en viss inntrengning av vann til fjordens indre deler (Røren m. fl. 1997). Før målingene i 1997 var det en fornying av dypvannet på stasjon H1 (**Tabell 14**). De nivåene av hydrogensulfid som ble funnet i dypet ved H1 i foreliggende undersøkelse var på nivå med det Bøhle m. fl. 1990 observerte 8-10 måneder etter en utskiftning i 1989. Det kan med andre ord ha vært en fornyelse av dypvann innerst i Isefjærfjorden om vinteren selv om man finner hydrogensulfid i dypet utpå sommeren og høsten. Hydrogensulfidmengdene som ble målt i dypet på stasjon H1 i juni 1933 av Strøm (1936) og i januar 1989 av Bøhle m. fl. (1989), før Kassenkanalen var åpnet, var henholdsvis 7.92 og 6.14 ml/l, nesten det dobbelte av hva vi målte i 1998. Det hadde derfor vært en forholdsvis lang stagnasjonsperiode, på mer enn ett år, før målingene i juni 1933 og januar 1989. Etter åpningen av kanalen kan man ikke avvise at det er blitt en årlig fornyelse av dypvannet, som med størst sannsynlighet vil skje på vinteren, på den annen side er oksygenforbruket i de indre deler av Isefjærfjorden så høyt at det danner seg hydrogensulfid igjen etter bare noen måneder.

## 4.2 HARDBUNNSORGANISMER

Plassering av strandsonestasjonene er vist i **Figur 3**. Stasjonsnummereringen følger undersøkelsene fra 1992 og 1995 som ble gjennomført før gjenåpning av kanalen.

De viktigste artene er gitt i **Tabell 15**, mens fullstendig artsliste er gitt i Vedleggstabell B2.

### 4.2.1 Artsutvalg

#### *Hestholmene (IS3)*

Stasjonen ligger i indre del av Isefjærfjorden, på en sydvestlig vendt lokalitet med svakt skrånende fjell. Det var lite vegetasjon på stasjonen, som var dominert av blåskjell (*Mytilus edulis*) og fjæreblood (*Hildenbrandia rubra*). Det var lite påvekst på blåskjellene. Brunalgen martaum (*Chorda filum*) var vanlig på ca. 1 m dyp, mens strandsnegl (*Littorina spp*) og trekantmark (*Pomatoceros triqueter*) var relativt vanlige fjæredyr på helt grunt vann. Det vokste enkelte spredte planter av blæretang (*Fucus vesiculosus*) og lys grønndusk (*Cladophora sp.*) på stasjonen. Andre arter som ble registrert var blant andre skorpeformete rødalger (rugl), kråkeboller og østers (*Ostrea edulis*).

#### *Stasjon IS7. Naudesund*

Stasjonen sør for Naudesundbrua hadde tette bestander av blæretang og grisetang (*Ascophyllum nodosum*), men både tang og fjell hadde mye påvekst av trådformete brunalger (*Ectocarpales*) og grønنالger (*Cladophora sp.* og *Enteromorpha*). Under lavvannsmerket dominerte de trådformete brunalger fullstendig og dannet et tett dekke på både fjell og vegetasjon. Stasjonen bar preg av næringsrike forhold. I juni 1998 ble enkelte flytende algeflak registrert i indre del av Isefjærfjorden. Algeflakene inneholdt sammenviklede tråder av *Cladophora*, *Rhizoclonium*, *Percursaria* og flere mikroskopiske kiselalger.

#### *Stasjon IS2. Ytre Kirkekilen*

Stasjonen er nord-nordøstlig vendt, med bratt skrånende fjell som ender i mudderbunn på ca. 2 m dyp. Ålegras var vanlig på mudderbunnen. På fjellet vokste tette bestander av blæretang og noe sagtang (*Fucus serratus*) og krusflik (*Chondrus crispus*). Tangen var overgrodd av trådformete brunalger, vortetuste (*Stilophora rhizoides*) og svartdokka (*Polysiphonia fucoides*). Grisetang ble ikke registrert på stasjonen.

#### *Stasjon IS1. Indre Kirkekilen.*

Stasjonen ligger i indre del av Kirkekilen, mot Kassenkanalen. Lokaliteten er sydlig vendt i randen av et grunt (< 0.5 m) mudderbunnsområde. Stasjonen var dominert av blæretang og trådformete brunalger, men det var også forekomster av svartdokka, krusflik, fjæreblood, vortetuste, bruntufs (*Sphacelaria cirrosa*), blåskjell og strandsnegl (*Littorina sp.*). Havgras (*Ruppia*) vokste spredt på stasjonen. I selve kanalen hadde blæretang etablert seg sammen med andre arter som rekeklo, svartdokka, perlesli (*Pilayella littoralis*), grønndusk, tarmgrønske, rur, blåskjell, hydroider og strandsnegl.

#### *Stasjon IS4. Myra*

Stasjonen ligger i det ytterste terskelområdet i Isefjærfjorden, i et trangt parti ca. 2-3 kilometer fra utløpet. Lokaliteten er sydlig vendt med bratt skrånende fjell, og ligger beskyttet til for bølgeslag. Både blæretang, sagtang, grisetang og japansk drivtang (*Sargassum muticum*) vokste på stasjonen, sammen med mange småvokste arter. De vanligste artene foruten tang var rekeklo, krusflik, rugl, bruntufs, dokker (*Polysiphonia spp.*) grønndusk og tarmgrønske.

#### Stasjon IS5. Jaktevigga

Jaktevigga ligger i innløpspartiet til fjorden, på grensen mellom skjærgården og den trange fjordtarmen. Lokaliteten har svakt skrånende fjell og er noe mer eksponert mot bølgeslag enn de øvrige stasjonene. Tilstedeværelsen av grisetang viser imidlertid at stasjonen ikke er mye eksponert mot bølgeslag. Grisetang og sagtang dominerte blant de opprette algene, mens de skorpeformete rødalgene rugl og fjæreblood vokste i store felter på fjellet. Andre arter som vokste i større forekomster var svartdokka, krusflik, vanlig rekeklo, bruntufs og japansk drivtang. De vanligste dyra var rur, mosdyr (*Membranipora membranaceae*), hydroider (*Dynamena pumila* og *Clava squamata*) og blåskjell.

#### Stasjon IS6. Kvanneid

Stasjonen ved utløpet av Kassenkanalen er vestlig vendt, og beskyttet mot bølgeslag. Det vokste tette bestander av grisetang og sagtang på stasjonen, og noe martaum. Innimellom tangen vokste krusflik, krasing (*Corallina officinalis*), rødlo, rugl og vanlig grønndusk. Tangen hadde også en del påvekst av svartdokka, rekeklo og rødlo.

I juni ble det foretatt en rask befaring i området rundt det nye utslippspunktet i Kvanneidfjorden etter henvendelse fra folk i området om at det var etablert mye grønналger. Det ble observert tette forekomster av havsalat (*Ulva lactuca*) og tarmgrønnske (*Enteromorpha*) på flere steder i området. Det var ingen andre opportunistiske arter i større mengder, og vegetasjonen virket ellers frisk med lite påvekst på tang. Liste over alger som ble notert under befaring (enkelte ble artsbestemt i mikroskop) er gitt i vedleggstabell B3.

### 4.2.2 Artsantall, diversitet og fordeling mellom algegruppene

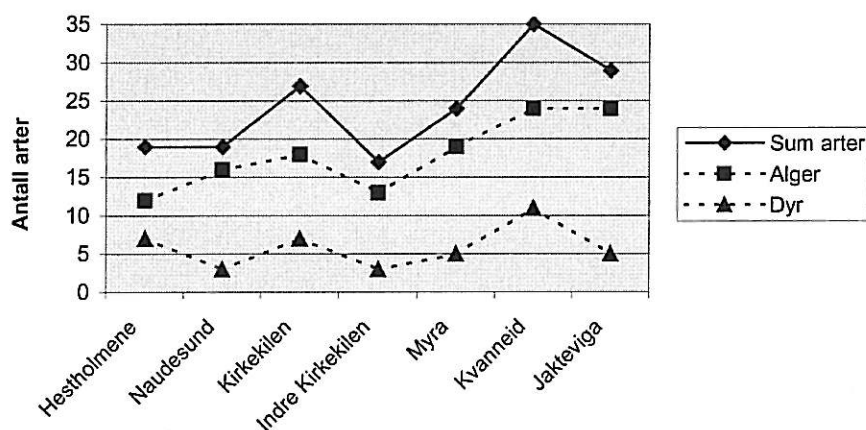
Det ble registrert tilsammen 65 arter i Isefjærfjorden i 1998, fordelt på 48 fastsittende alger, 14 dyr og 3 andre arter. Det ble lagt hovedvekt på de fastsittende algene, og registrering av øvrige grupper begrenser seg til de mest vanlige artene. Fullstendige artslistene er vist i Vedlegg B2.

I den videre behandlingen av dataene er enkelte artsgrupper slått sammen. Det gjelder blant annet enkelte arter innen slektene *Cladophora*, *Enteromorpha*, *Ectocarpus* og *Ceramium* som gis en samlet mengdevurdering i felt fordi de ikke kan skilles til art uten mikroskop.

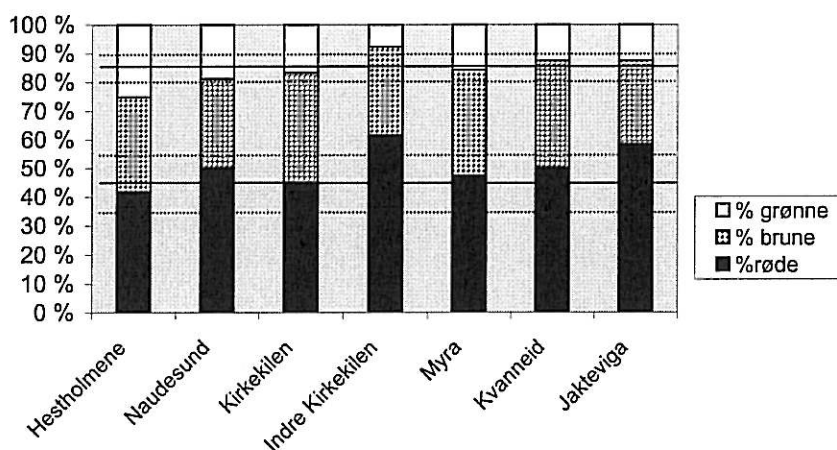
Antallet arter på de enkelte stasjonene varierte fra 29-35 på de ytterste stasjonene (Jakteviga, Kvanneid) til 17-19 arter i Kirkekilen og indre deler av Isefjærfjorden (**Figur 10**). Det var en generell reduksjon i artsantall fra ytre til indre fjord. Det var også en svak tendens til økende andel grønналger innover i fjordsystemet (**Figur 11**). Det er et vanlig trekk i innelukkede fjorder at artsantallet reduseres og andelen grønналger øker med økende avstand til kysten. Dette henger sammen med blant annet liten vannbevegelse og ferskvannspåvirkning som er stressfaktorer for de fleste fastsittende algene.

**Tabell 15.** Utvalgte arter registrert i Isefjærfjorden i august 1998. Mengdeangivelser: d= dominerende (tette bestander), v = vanlig, s = spredte forekomster, e = enkeltfunn \* = kun registrert i mikroskop-prøver.

Arter	Hestholmene	Naudesund	Ytre Kirkekilen	Indre Kirkekilen	Myra	Jakteviga	Kvanneid	Arter
	IS3	IS7	IS2	IS1b	IS4	IS5	IS6	
<b>RØDALGER</b>								
Rødlo	-	-	-	-	s	d	s	<i>Bonnemaisonia hamif.:</i> sp.
Rekeklo	-	s	s	*	v	s	s-v	<i>Ceramium spp.</i>
Krusflik	-	-	s-v	s	s-v	v	v	<i>Chondrus crispus</i>
Krasing	-	-	-	-	-	v	-	<i>Corallina officinalis</i>
Rugl	s	-	-	-	v	v-d	d	<i>Corralinaceae skorpeformet</i>
Fjæreblod	d	v	d	v	-	-	d	<i>Hildenbrandia rubra</i>
Svartdokke	-	*	v-d	v	s	v	v	<i>Polysiphonia nigrescens</i>
<b>BRUNALGER</b>								
Grisetang	-	v	-	-	v	v	d	<i>Ascophyllum nodosum</i>
Blæretang	s	v	v-d	d	-	s	s	<i>Fucus vesiculosus</i>
Sagtang	-	-	s	-	v	s	v-d	<i>Fucus serratus</i>
Japansk drivtang	-	-	-	-	v	s	v	<i>Sargassum muticum</i>
Martaum	s-v	-	e	-	s	s	s-v	<i>Chorda filum</i>
Brunsl/Perlesli	*	d	v	d	-	-	s	<i>Ectocarpales indet</i>
Bruntufs	-	*	s	s	v	*	v	<i>Sphacelaria cirrosa</i>
Vortetuste	*	-	s-v	s	-	-	-	<i>Stilophora rhizoides</i>
<b>GRØNNALGER</b>								
Vanlig grønndusk	-	-	*	-	-	-	s-v	<i>Cladophora rupestris</i>
Lys grønndusk	s	v	-	-	s	e	e	<i>Cladophora spp.</i>
Tarmgrønske	*	v	*	*	s	-	s	<i>Enteromorpha spp.</i>
<b>PLANTER</b>								
Havgras	-	-	-	s	-	-	-	<i>Ruppia sp.</i>
Ålegras	-	-	v	-	-	-	-	<i>Zostera marina</i>
<b>FAUNA</b>								
Rur	-	-	s	-	-	-	v	<i>Balanus sp.</i>
Hydroider	-	-	-	-	s	v	v	<i>Clava /Dynamena</i>
Kråkebolle	s	-	s	-	v	-	-	<i>Echinoidea indet.</i>
Stor strandsnegl	v	s	s	v	-	-	s	<i>Littorina littorea</i>
Mosdyr	-	-	-	v	s	s	s-v	<i>Membranipora membranacea</i>
Blåskjell	d	-	s	v	-	-	v	<i>Mytilus edulis</i>
Trekantmark	v-d	s	s	-	-	-	-	<i>Pomatoceros triqueter</i>
Posthornmark	-	-	-	-	-	v	s	<i>Spirorbis sp.</i>
Østers	s-v	-	-	-	-	-	-	<i>Ostrea edulis</i>



Figur 10. Antall arter registrert på de enkelte stasjonene i Isefjærfjorden i 1998.



Figur 11. Prosentvis fordeling mellom antall rødalger, brunalger og grønnalger på de enkelte stasjonene. 'Normalintervallene' for andel grønnalger og rødalger er markert med linjer.

#### 4.2.3 Sammenligning med tidligere undersøkelser

Under befaringen vinteren 1992 ble det registrert et grønnalgedominert algesamfunn i den innerste delen av Kirkekilen med bl.a. artene *Enteromorpha*, *Rhizoclonium*, *Chaetomorpha*, *Cladophora* og *Percursaria*. Artene vokste på fjell i store deler av indre del av kilen. Det ble ikke observert store flytende algetepper som området var kjent for om sommeren. Det var imidlertid trådformete grønnalger under nedbrytning på bunnen som trolig var rester etter sommerens produksjon. Det ble funnet spredte planter av blæretang i indre deler av Kirkekilen mens grisetang var fraværende. I ytre del av Kirkekilen ble det funnet flere arter, blant annet ett eksemplar av grisetang. På de øvrige stasjonene i Isefjærfjorden virket strandsonesamfunnet normalt for en ferskvannspreget fjord, og grisetang vokste i spredte eller tette bestander.

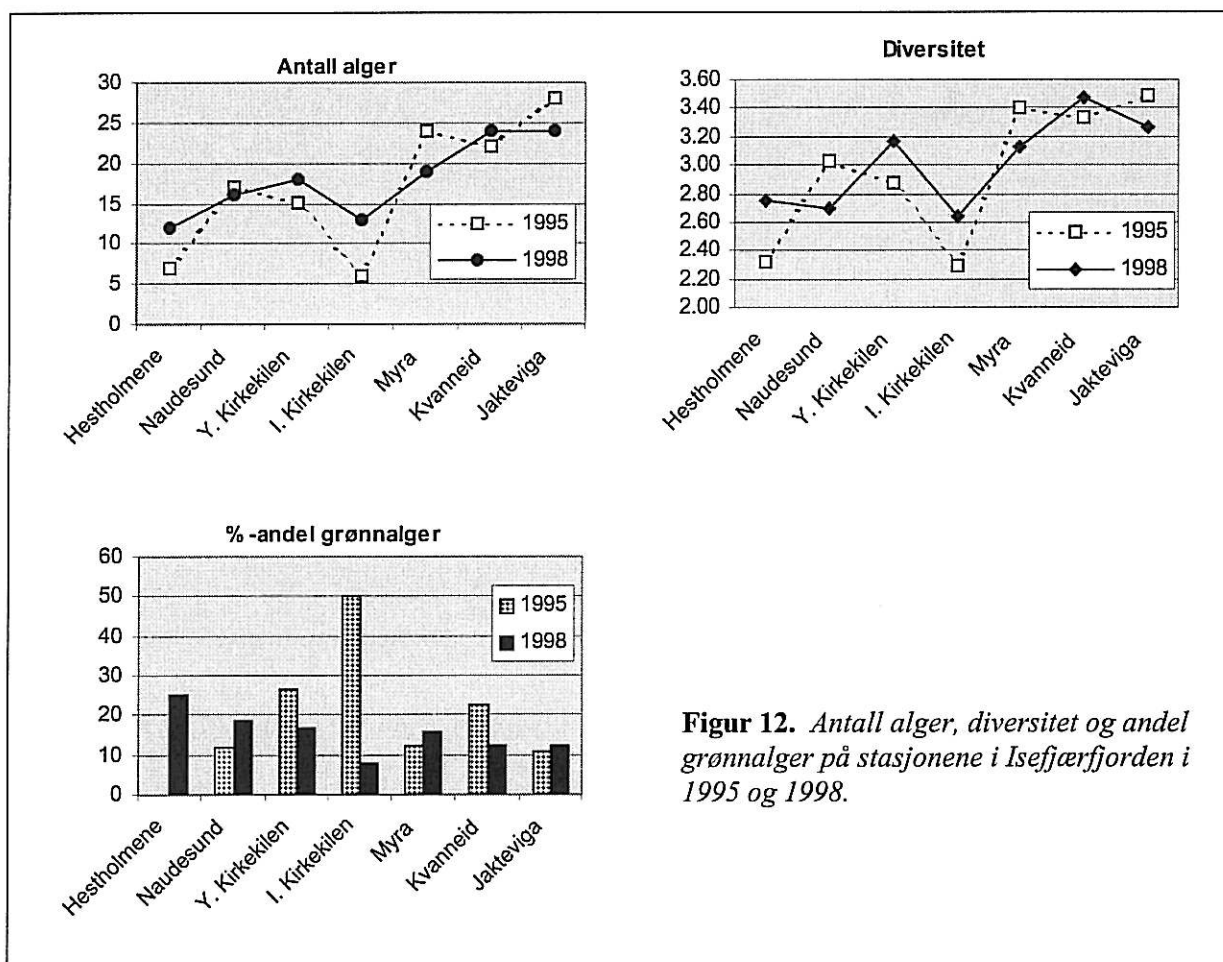
Våren 1995 ble det gjennomført en ny strandsonundersøkelse for å skaffe et bedre referansegrunnlag til den foreliggende etterundersøkelsen. Kanalen var akkurat ferdig utgravd, og deler av det grunne mudderbunnsområdet var mudret bort, så referansegrunnlaget for Kirkekilen var av redusert verdi. For de øvrige deler av fjorden ga undersøkelsen et godt referansegrunnlag. I tillegg til undersøkelsen i mai

ble det foretatt en liten befaring i september 1995. Under befaringen ble det funnet flytende algemasser i indre deler av Kirkekilen.

Det ble ikke registrert større forskjeller i antall arter for Isefjærfjorden som helhet mellom 1995 og 1998, men på de enkelte stasjonene var det noe forskjell. Det ble bl.a. registrert flere arter og høyere diversitet i 1998 på stasjonene IS3 Hestholmene, IS2 Ytre Kirkekilen og IS1 Indre Kirkekilen, mens det var noe lavere artsantall og diversitet på stasjon IS4 Myra (**Figur 12**). I Naudesund var antall arter likt i 1995 og 1998, men diversiteten var lavere i 1998 enn i 1995.

Ved Hestholmene hadde grisetang, blæretang og sagtang fått reduserte forekomster eller forsvunnet siden 1992/1995. Grisetang ble registrert både i 1992 og 1995, men ikke i 1998. Blæretang var dominerende i 1992, vanlig i 1995 og vokste kun spredt i 1998.

De største forskjellene mellom 1995 og 1998 ble registrert i indre Kirkekilen. På fjellodden hvor stasjonen ble plassert, var artsantallet i 1998 høyere og grønnalgeprosenten lavere enn det som ble registrert i 1995. Det må nevnes at antallet arter som er registrert i Kirkekilen er lavt, og mindre endringer i artsutvalget kan gi store utslag i %-andelen. Av artene som ble registrert i 1992 og 1995 men ikke i 1998, var bl.a. grønnalgene *Chaetomorpha*, *Percursaria* og *Rhizoclonium*. Arter som har økt sin forekomst eller kun ble registrert i 1998 omfatter bl.a.: blæretang, havpyrd (*Callithamnion sp.*), svartdokke, krusflik, bruntufs, vortetuste, perlesli og juvenile strandsnegl. Noen av artene er ettårige og vil ha varierende forekomst fra år til år, mens andre er flerårige og representerer mer stabile endringer. Resultatene viser at algesamfunnet i indre Kirkekilen er blitt mer artsrikt og likt det som er i ytre Kirkekilen.



**Figur 12.** Antall alger, diversitet og andel grønnalger på stasjonene i Isefjærfjorden i 1995 og 1998.



#### 4.2.4 Vurdering av resultatene

Før gjenåpning av kanalen hadde indre delen av Kirkekilen grunn mudderbunn med stillestående vann. Dette gav grobunn for stor grønnalgevekst, og det ble rapportert om masseforekomst av grønnalger innerst i Kirkekilen som gav luktproblemer om sommeren. I undersøkelsen i desember 1992 ble det funnet rester etter dette grønnalgeteppe, og i september 1995 ble det funnet noe flytende algeforekomster i indre deler av kilen. I den foreliggende etterundersøkelsen ble det ikke funnet unormalt store grønnalgemengder, hverken frittflytende eller fastsittende. Resultatene tyder på at åpningen av kanalen og utgraving av mudderbunnen har fjernet problemet med masseforekomst av grønnalger. Noen grønnalger vil fortsatt kunne vokse i tette bestander langs strandsonen som følge av varierende saltholdighet i overflatevannet og gode næringsforhold.

I tillegg til redusert forekomst av grønnalger har flere arter etablert seg i indre del av Kirkekilen. Blæretang har fått større forekomst på den undersøkte stasjonen, i tillegg til at arten har etablert seg langs kanalveggene. De første blæretangplantene i kanalen ble registrert samme år som kanalen ble reetablert. Mye opportunistiske påvekstalger på tangen viser imidlertid at Kirkekilen fortsatt er preget av god næringstilgang. Algesamfunnet i Kirkekilen er nok fortsatt under forandring, og man kan forvente at enda flere arter vil etablere seg. Det kan ta flere år før artsamfunnet har stabilisert seg.

I indre del av Isefjærfjorden har tang blitt mindre vanlig. Det ble også registrert flere grønnalger i indre deler av Isefjærfjorden enn ved tidligere undersøkelser. Reduksjonen i tang er mest sannsynlig resultater av isskuring og konkurranse om substrat, og ikke effekter av kanalen eller endringer i vekstforhold.

For stasjonen i Kvanneid viser resultatene ingen tydelig utvikling, og åpning av kanalen ser derfor ikke ut til å ha gitt mer begroing foreløpig. Økt begroing ble forespeilet som en mulig effekt i forprosjektet.

I fjorden utenfor Kvanneid ble det registrert tette forekomster av grønnalger som ifølge observante sommergjester ikke har forekommet tidligere (pers. med Jan Rueness). Tilsvarende forekomster ble ikke observert i Jakteviga. Det var ingen andre opportunistiske arter i større mengder, og vegetasjonen virket ellers frisk med lite påvekst på tang. Grønnalgemengdene kan ha flere årsaker. Havsalat og tarmgrønske er ettårig, og under gode forhold kan de formere seg raskt. De tette forekomstene kan derfor være et tilfeldig oppsving av artene. Men, det kan også tenkes at dette er de første signaler om at området tilføres mer næring enn før.

## 4.3 BLØTBUNN

### 4.3.1 Prøvetaking og bunnsedimenter

I **Tabell 16** er det gitt en oversikt over dyp og visuelle observasjoner av bunnforholdene på prøvetakingsstasjonene. Posisjoner for stasjonene er vist på kart i **Figur 3**.

På alle stasjonene var det bløtt mudder med ganske mye innhold av plantemateriale fra land. På stasjonene i Kirkekilen, ved Naudodden og Krossodden var det også ganske mye rester av ålegress (*Zostera*) i prøvene. På de dypeste stasjonene (Naudodden og Hestholmene) var det også litt rødalger tilstede.

På de fleste stasjonene var sedimentet brunt eller grått. Det var lukt av hydrogensulfid på de fleste stasjonene, men lukten var bare fremtredende på de dype stasjonene ved Naudodden og Hestholmene. Ved Hestholmene var det sagflis i sedimentet.

### 4.3.2 Bløtbunnsfauna

Hovedresultatene fra bunnfaunaprøvene er vist i **Tabell 17**. Fullstendige artslistene for prøvene er gitt i Vedlegg C 3.

I alt ble det funnet 54 arter i bunnprøvene. Artsantallet på stasjonene varierte fra 10 til 22 (**Tabell 17**). I de fleste prøvene var det fra 200-500 individer, som tilsvarer individtettheter på 4500-11000 pr. m<sup>2</sup>. Dette er høye individtettheter. De vanligst forekommende artene var børstemarken *Capitella capitata*, fåbørstemark, og muslingene *Mysella bidentata* og *Corbula gibba*. Alle artene er vanlige i terskelfjorder og finnes ofte i organisk anrikede sedimenter. Spesielt *Capitella* kan betraktes som en karakterart for organisk overbelastet miljø og kan finnes i svært høye tettheter når det er store tilførsler av organisk materiale.

Artsmangfoldet på stasjonene beregnet etter Shannon-Wiener indeksen ( $H'$ ) varierte fra 0.97 til 3.13. Etter SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet tilsvarer dette tilstandsklassene V (*meget dårlig tilstand*) til tilstandsklasse II (*god tilstand*). De fleste stasjonene hadde arts mangfold i intervallet 1-2 som tilsvarer klasse IV (*dårlig tilstand*). Det bør imidlertid ikke legges for mye vekt på denne klassifiseringen fordi prøvemengden er for liten til sikker klassifisering.

**Tabell 16.** Prøvetaking av bløtbunnsfauna i Isefjærfjorden i Lillesand 1998. Lokalteter, dyp og visuelle observasjoner av bunnforhold og sedimenter. Lukt av hydrogensulfid ( $H_2S$ ): ++ moderat lukt, + svak lukt, (+) = svak lukt i enkeltprøver. På stasjon 7 ble det bare tatt prøve av sedimenter.

Stasj.		Dyp (m)	$H_2S$	Observasjoner	Sikterest (materiale > 1 mm)
B1	Kirke- kilen	4	(+)	Litt sandig, grått sediment. Mye plantemateriale.	Volum ca. 1 liter (2 prøver). Rester av ålegress ( <i>Zostera</i> ), noe større blad og røtter. Rester av blad og gress fra land.
B2	Ytre Kirke- kilen	8	+	Finkornet grått sediment. Noe plantemateriale. Rødalger og dødt ålegress i prøvene.	Volum ca. 0.4 liter (2 prøver). Finfordelte rester av ålegress. Rester av løv, barnåler og småpinner. Litt rødalger ( <i>Gracilaria</i> ). Noen tynne rør av børstemark og krepsdyr. Litt skallrester (mest <i>Corbula</i> , <i>Bittium</i> ).
B3	Naud- odden	10	++	Bløtt brunlig/grått mudder. Rødalger og rester av ålegress.	Volum 0.1 liter. Rester av løv, barnåler og småpinner. Litt finfordelte rester av ålegress. Litt rødalger ( <i>Gracilaria</i> ). Noen rør av børstemark. Litt skallrester (mest <i>Corbula</i> , litt <i>Cerastoderma</i> og rissoider).
B4	Kross- odden	5	+	Bløtt mudder med brunlig/grå overflate. Endel organisk materiale.	Volum 0.3 liter. Rester av løv, barnåler og småpinner, litt treflis. Endel rester av ålegress. Noen tynne rør av børstemark. Litt skallrester (mest <i>Corbula</i> , <i>Bittium</i> ).
B5	Hest- holmene	8	++	Bløtt mudder. Litt rødalger. Litt flis og skjellrester.	Volum 0.2 liter. Rester av løv, barnåler og småpinner. Endel sagflis og større treflis. Litt rødalger ( <i>Gracilaria</i> ) og rester av ålegress. Skallrester (mest <i>Corbula</i> , noe <i>Bittium</i> ).
B6	Brue- sund	7	+	Bløtt, grått mudder med brunt topplag.	Volum 0.2 liter. Rester av løv, barnåler og småpinner. Litt småstein. Noe rør av børstemark, mye rester av <i>Pectinaria</i> -rør. Døde blåskjell, hjerteskjell og strandsnegl. Litt skallrester ( <i>Corbula</i> , rissoider).
7	Indre Kirke- kilen	2	-	Grått mudder med brunt topplag. Litt skjellsand. Mye tang (sukkertare, dokke), trolig løstliggende. Strandkrabber.	-

**Tabell 17.** De viktigste artene i bunnprøver fra Isefjærfjorden i 1998. Alle arter som er blant de fem mest individrike på minst en stasjon er tatt med. Totalt artstall, totalt individtall og arts mangfold ( $H'$ ) for prøvene er også vist. Hver prøve tilsvarer et areal på 0.045 m<sup>2</sup>.

	Kirkekilen		Ytre Kirkekilen		Naud-	Kross-	Hest-	Brue-
	B1-1	B1-2	B2-1	B2-2	odden B3	odden B4	holm B5	sund B6
NEMATODA (rundmark)	+	+	++	++	-	-	-	-
POLYCHAETA (flerbørstemark)								
<i>Ophiodromus flexuosus</i>	-	-	-	-	14	-	-	5
<i>Exogone naidina</i>	-	-	-	-	-	13	-	1
<i>Platynereis dumerilii</i>	3	7	-	-	-	3	1	1
<i>Malacoceros fuliginosus</i>	7	13	1	-	-	-	-	-
<i>Polydora ciliata</i>	-	-	-	1	9	-	6	-
<i>Capitella capitata</i>	147	110	111	72	10	9	4	9
<i>Pectinaria koreni</i>	-	-	-	-	1	10	10	7
OLIGOCHAETA (fåbørstemark)								
<i>Tubificoides benedii</i>	10	1	5	1	-	-	38	-
GASTROPODA (snegl)								
<i>Cerithiopsis tubercularis</i>	4	3	-	-	-	-	-	-
<i>Tectibranchia ind.</i>	-	-	2	-	-	-	4	10
<i>Retusa obtusa</i>	-	-	3	6	1	7	6	7
BIVALVIA (muslinger)								
<i>Mysella bidentata</i>	3	3	117	73	420	77	55	387
<i>Abra cf. alba</i>	-	-	-	-	-	13	-	-
<i>Abra cf. nitida</i>	-	-	1	-	-	16	-	27
<i>Corbula gibba</i>	1	-	16	7	27	60	73	27
CRUSTACEA (krepsdyr)								
<i>Ericthonius difformis</i>	6	2	-	-	-	-	-	-
CHIRONOMIDAE (fjærmygg)	8	1	-	-	-	-	-	-
Totalt antall arter <sup>1)</sup>	18	14	10	10	15	22	12	20
Samlet individtall <sup>1)</sup>	205	148	261	165	490	238	205	500
Arts mangfold ( $H'$ )	1.91	1.61	1.71	1.71	0.97	3.13	2.49	1.53

1) Rundmark innsamles ikke kvantitativt og er ikke regnet med i antallene

### 4.3.3 Sammenligning med tidligere undersøkelser

Generelt ble det ved foreliggende undersøkelser funnet flere arter og høyere individtettheter enn ved undersøkelsene i 1993. Antall arter var 54 mot 42 i 1993 og individtetthetene var på det meste 11000 ind pr. m<sup>2</sup> mot 4500 pr. m<sup>2</sup> i 1993. Størst var forandringene på stasjon B3 ved Naudodden som var uten dyreliv i 1993. Ved Krossodden, Hestholmene og Bruesund var både artsantall og individmengdene høyere. I Kirkekilen var det omtrent like arts- og individtall i undersøkelsene.

I hovedtrekkene ble de samme artene funnet i begge undersøkelser. Muslingene *Mysella bidentata* og *Corbula gibba* ble funnet på de fleste stasjonene både i 1993 og 1998, mens børstemarken *Capitella capitata* hadde økt forekomst. Sneglen *Bittium reticulatum* hadde klart redusert forekomst.

Stasjon B1 i midtre Kirkekilen var helt dominert av *Capitella capitata*. I 1993 ble *Capitella* ikke funnet, mens små tangsnegl da dominerte. Forandringen kan være et varsel om økte organiske tilførsler. Men i ytre Kirkekilen (st. B2) var *Capitella* tilstede også i 1993. På denne stasjonen dominerte de samme artene ved begge undersøkelsene.

#### 4.3.4 Vurdering av resultatene

Ved undersøkelsene i 1993 ble stasjonene valgt i dyp fra 4 til 10 m. Grensen mellom oksygenholdig og oksygenfritt vann ble antatt å kunne nå opp til 6-7 m, mens det vanlige ble antatt å være 8-10 m (Fylkesmannen i Aust-Agder 1993). Dyp på 10 m ble derfor ansett som nederste grense for dyreliv i fjorden. En stasjon ble valgt på dette dypet sentralt i fjorden ved Naudodden (B3). I 1993 var stasjonen livløs samtidig som sedimentet var sort og luktet sterkt av hydrogensulfid. Ved prøvetakingen var det oksygen tilstede i vannmassene på dette dypet, men det var vannutskiftning på gang og oksygentilgangen var nok mest sannsynlig av kort varighet. Bunnprøvene viste at det ikke var leveforhold for marin fauna på 10 m eller dypere i fjorden (Fylkesmannen i Aust-Agder 1993).

Ved denne undersøkelsen ble det funnet forholdsvis mange arter og høyt individtall på 10 m på stasjon B3. Artene som var tilstede, har alle stor toleranse for dårlige oksygenforhold, men resultatene indikerer allikevel at forholdene i dette dypet var klart bedre. Trolig er grensen mellom oksygenholdige og oksygenfrie vannmasser senket etter åpningen av Kassenkanalen. Dette indikerer at bunnområder som tidligere var døde, nå er blitt tilgjengelige for dyreliv.

De økte artstallene og individmengdene på de fleste andre stasjonene, kan også være tegn på friskere forhold på grunnere vann i fjorden. Prøvene i 1993 ble imidlertid innsamlet på vinterstid (januar), som er normal tidsperiode for utskiftning av dypvannet. Under utskiftningen løftes råttent bunnvann opp til høyere nivå i vannmassene før det bringes ut av fjorden. Dette kan føre til dødelighet av bunnfauna på grunt vann. Resultatene fra stasjon B6 i Bruesund kunne tyde på at det hadde vært episoder med dødelighet kort tid før prøvetakingen, fordi det her ble funnet friske skall av muslinger og komplette rør av børstemark. På denne stasjonen økte individtallene betydelig ved foreliggende prøvetaking. På grunn av usikkerheten knyttet til resultatene fra 1993 er det imidlertid vanskelig å fastslå i hvilken grad det har kommet tilskudd av nye arter til fjorden etter åpningen av Kassenkanalen.

I Kirkekilen nærmest mot Kassenkanalen var det friskt bunnsediment som bestod av grått mudder med skjellsand. I dette området sørger vannutskiftningen gjennom kanalen for friske forhold. På bunnen var det endel løstliggende tang og alger som kan være transportert inn med strøm gjennom kanalen. Midt i Kirkekilen (St. B1) var det også friskt sandholdig sediment. Sammenlignet med 1993 var sedimentet friskere. Dette er som forventet, fordi det etter åpningen av kanalen er blitt gjennomstrømming i kilen. Det er uklart hva som begunstiger framveksten av *Capitella* i området. Ofte indikerer *Capitella* lokale utslipp, men det er mulig at detritus og planterester som transporteres inn i kilen gjennom kanalen (f.eks. løsevne alger) avsettes på bunnen og blir liggende å råtne. I ytre Kirkekilen mot Naudodden, hvor Kilen er dypest, har det ikke vært noen påvisbare forandringer.



## 5. REFERANSER

- Aasbø, P.O., O. E. Austegard og D.T. Knutsen 1996. Tilstandsrapport over Isefjærfjorden. Hovedprosjekt for ingeniørutdanningen. Avd. for miljø og naturforvaltning, Grimstad. Høgskolen i Agder. 40s + 18s appendix.
- Abrahamsen., A., A. Boye og E. Langerød 1995. Tilstandsrapport over Isefjærfjorden - med hovedvekt på Kirkekilen. Hovedprosjekt for ingeniørutdanningen. Avd. for miljø og naturforvaltning, Grimstad. Høgskolen i Agder. 26s + 14s appendiks.
- Andersson, L. og L. Rydberg 1988. Trends in nutrients and oxygen conditions within the Kattegat: Effects of local nutrient supply. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 26: 559-579.
- Aure, J., F.E. Dahl, L.G. Golmen, T. Johannessen, og J. Molvær 1997. Vurdering av oksygenutvikling og organisk belastning på kyststrekningen Jomfruland-Stavanger. NIVA Rapport L.nr. 3555. 36s.
- Aure, J. og D.S. Danielssen 1993. Terskelbasseng på sørlandskysten. Organisk belastning og vannutskiftning. *Fisken og Havet* 1993, nr.1: 1-16.
- Baalsrud, K., L.Golmen, J. Molvær og B. Rygg 1991. Nordsjøplanen. Marine resipienter. Inndeling i resipientområder, tilførsler, mål for vannkvalitet og behov for reduksjon av tilførsler. NIVA Rapport L.nr. 2638. 51 s.
- Baden, S.P, L-O. Loo, L. Phil og R. Rosenberg 1990. Effects of eutrophication on benthic communities including fish: Swedish west coast. *Ambio* 19: 113-122.
- Bokn, T. 1978. Klasser av fastsittende alger brukt som indikatorer på eutrofiering i estuarine og marine vannmasser. Norsk institutt for vannforskning. Årbok 1978, s. 53-59.
- Bokn, T., S. N. Murray, F. E. Moy og J.B. Magnusson 1992. Changes in fucoid distribution and abundances in the inner Oslofjord, Norway: 1974-80 versus 1988-90. *Acta Phytogeogr. Suec.* 78., 117-124.
- Bøhle, B. 1986. Østerspoller på Skagerrak-kysten. Egnethetsundersøkelser sommeren 1985. Flødevigen meldinger nr. 4-1986. 65s.
- Bøhle, B., T. Jåvold og K. Kristiansen 1989. Hydrografiske forhold i noen fjorder og poller på Sørlandet vinteren 1989. Flødevigen meldinger nr. 4 -1989, 28s.
- Bøhle, B., T. Jåvold og K. Kristiansen 1990. Hydrografiske forhold og utskiftning av bunnvann i fjorder og poller på Skagerrak-kysten i 1989. Flødevigen meldinger nr. 3-1990, 50s.
- Dahl, E. og D.S. Danielssen 1987. Egnethetsundersøkelser for fiskeoppdrett på Skagerrakkysten. Flødevigen meldinger nr. 6 -1987, 205s. + appendiks (tabellverk).
- Fylkesmannen i Aust-Agder 1993. Forprosjekt: kanal fra Kirkekilen til Kvanneidfjorden i Høvåg, Lillesand kommune. Undersøkelse av de miljø- og samfunnmessige konsekvensene ved graving av kanal gjennom "Kassen". Fylkesmannen i Aust-Agder, Miljøvernavdelingen. Arendal. 78 s.

- Hardy, F.G., S.M. Evans og M.A. Treemayne. 1993. Long-term changes in the macroalgae of three polluted estuaries in north-east England. *J. Exp. Biol. Ecol.* 172 (1993), 81-92.
- Jacobsen, T. 1995. Undersøkelse av organismesamfunnet i strandsonen i Isefjærfjorden i mai og september 1995. NIVA Rapport L.nr. 3345. 28s.
- Jacobsen, T., E. Dahl, og E. Oug 1994. Miljøstatus i vannforekomster i Aust-Agder. Del II. Marine resipienter. NIVA Rapport L.nr. 3154. 115 s. + vedlegg.
- Jacobsen, T., E. Oug og J. Magnusson 1996. Vannkvalitet i kystområdene i Arendal kommune 1992-1994. NIVA Rapport L.nr. 3378. 100 s.
- Jacobsen, T., E. Dahl, E. Oug, T. Johannessen og F. Moy 1997. Tilstanden i sjøområdene ved Grimstad før start av biologisk renseanlegg på Groos. NIVA Rapport L.nr. 3622. 91 s.
- Johannessen, T. og E. Dahl 1996. Declines in oxygen concentrations along the Norwegian Skagerrak coast, 1927-1993: A signal of ecosystem changes due to eutrophication? *Limnol. Oceanogr.* 41: 766-778.
- Kautsky, H. 1991. Influence of eutrophication on the distribution of phytobenthic plant and animal communities. *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 76, 423-432.
- Konieczny, R. 1994. Sonderende undersøkelse i norske havner og utvalgte kystområder. Fase I. Miljøgifter i sedimenter på strekningen Narvik-Kragerø. NIVA Rapport L.nr. 3275. 185 s. (SFT overvåkingsrapport nr. 587/94, TA nr. 1159/1994).
- Kroglund, T., E. Dahl og E. Oug 1998a. Miljøtilstanden i Risørs kystområder før igangsetting av nytt renseanlegg. Oksygenforhold, hardbunnsorganismer og bløtbunnsfauna. NIVA Rapport L.nr. 3908. 58 s.
- Kroglund, T., E. Dahl og E. Oug 1998b. Miljøtilstanden i Tvedestrand kystområder før gangsetting av nytt biologisk renseanlegg. Oksygenforhold, hardbunnsorganismer og bløtbunnsfauna. NIVA Rapport L.nr. 3907. 57 s.
- Mathieson, A.C. og C.A. Penniman 1991. Floristic patterns and numerical classification of New England estuarine and open coast seaweed populations. *Nova Hedwiga* 52 (3-4), 453-485.
- Miljøplan 1980. Resipientundersøkelse. Lillesandsfjorden. Rapport fra Miljøplan, Høvik
- Molvær, J., J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei og J. Sørensen 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. SFT Veiledning 97:03. SFT. 36 s.
- Moy, F.E., S. Fredriksen, J. Gjørseter, S. Hjøhlman, T. Jacobsen, T. Johannessen, T.E. Lein, E. Oug og Ø.F. Tvedten 1996. Utredning om benthos-samfunnene på kyststrekningen Fulehuk - Stad. NIVA Rapport L.nr. 3551. 84 s.
- Næs, K. 1986. Overvåkning av fjordene ved Lillesand. Hydrografisk/kjemiske undersøkelser januar-desember 1985. NIVA Rapport L.nr. 1866, 49 s.
- Oug, E. 1992. Bunnfauna i terskelfjorder i Aust-Agder. Undersøkelser etter vannutskiftningene vinteren 1989. NIVA Rapport L.nr. 2686. 26 s.

Oug, E. 1998. Vannkvalitet i kystområdene i Arendal. Bløtbunnsfauna i Tromøysund og Galtesund 1994. NIVA rapport nr. 3829. 34 s.

Phil, L., G. Magnusson, I. Isaksson, og I. Wallentinus 1996. Distribution and growth dynamics of ephemeral macroalgae in shallow bays on the Swedish west coast. *Journal of Sea Research* 35 (1-3): 169-180.

Pedersen, A., J. Aure, E. Dahl, N.W. Green, T. Johnsen, J. Magnusson, F. Moy, B. Rygg, og M. Walday 1995. Langtidsovervåking i kystområdene av Norge. Fem års undersøkelser: 1990-1994. Hovedrapport. NIVA Rapport L.nr. 3332. 117 s. (SFT overvåkingsrapport nr. 624a/95, TA-nr. 1264/1995.)

Rosenberg, R. 1990. Negative oxygen trends on Swedish coastal bottom waters. *Marine Poll. Bull.* 21: 335-339.

Rueness, J. 1966. Algevegetasjonen i Høvåg, Aust-Agder. Hovedfagsarbeid i marinbotanikk. Univ. i Oslo.

Rygg, B. 1995. Indikatorarter for miljøtilstand på marin bløtbunn. Klassifisering av 73 arter/taxa. En ny indeks for miljøtilstand, basert på innslag av tolerante og ømfintlige arter på lokaliteten. NIVA Rapport L.nr. 3347. 68 s.

Røren, A., T.C van Son og U.K. Rognstad 1997. Undersøkelse av strømningsforhold i Isefjærfjorden og Groosefjorden. Miljøteknisk kartleggelse av vannstrømmer og vannkvalitet. Hovedprosjekt for ingeniørutdanningen. Avd. for miljø og naturforvaltning, Grimstad. Høgskolen i Agder. 33s + 5s appendix.

Stigebrandt, A. 1992. Beregning av miljøeffekter av menneskelige aktiviteter. Lærebok for brukere av vannkvalitetsmodellen Fjordmiljø. Ancyclus/SFT rapport nr. 9201, 58 s.

Strickland, J.D.H. og T.R. Parson 1968. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd Can.* 167: 1-311.

Strøm, K.M. 1936. Land-locked waters. Hydrography and bottom deposits in badly-ventilated Norwegian fjords with remarks upon sedimentation under anaerobic conditions. *N. Vidensk. Akad. Oslo. I. Mat.- Naturv. Klasse.* 1936, no. 7. 85s.

Wikander, P.B. 1984. Overvåking av fjordene ved Lillesand. Fremdriftsrapport, NIVA. 44s.

Wikander, P.B. 1986. Egnethetsundersøkelser for havbruk i Aust-Agder fylke. NIVA Rapport L.nr. 1898. 159s.

Wikander, P.B. 1987. Overvåking av bløtbunnsfaunaen i fjordene ved Lillesand 1983-86. NIVA Rapport L.nr. 2023. 63s.

## Vedlegg A. Hydrografi

### Vannkvalitetesmodellen

Etter råd og informasjon fra Jan Aure, Havforskningsinstituttet benyttet vi formelen (3) ( $dO_2/dt = \mu * Fc / Hb$ ) fra Aure og Danielssen (1993) til beregning av oksygenforbruket, og formelen  $Fc = a - b * Ht$  til utregning av Fc (midlere naturlig transport av organisk materiale i terskelnivå), hvor a er transport av organisk materiale nær overflaten og b er endringen av denne transporten med dypet. Aure og Danielssen (1993) brukte verdiene 8,0 for a og 0,1 for b ( $Fc = 8,0 - 0,1 * Ht$ ). Aure anbefalte oss å bruke 8,5 for a og 0,1 for b ( $Fc = 8,5 - 0,1 * Ht$ ). Ht er bassengenes terskeldyp, Hb er midlere bassengdyp, som beregnes ved å dele bassengvolumet under terskelen med fjordarealet i terskeldypet.

**Vedleggstabell A1.** Temperatur (°C), saltholdighet (psu), tetthet (sigma t), oksygenkonsentrasjon (ml O<sub>2</sub>/l) og oksygenmetning (%) i Tingsakerfjorden og Skallefjorden, Lillesand kommune, høsten 1995.

Dato	Stasjon	Dyp	Temp °C	Salt psu	Tetthet Sigma t	Oksygen ml O <sub>2</sub> /l	Oksygen- metning %
<b>28.08.95</b>	Skallefjorden	0	18.04	25.038	17.652	5.94	104
		5	17.89	25.200	17.810	5.88	103
		10	17.77	26.363	18.724	5.96	105
		20	14.68	30.776	22.786	4.86	83
		30	9.63	33.392	25.758	4.33	67
		40	8.16	33.748	26.267	3.53	53
		50	7.60	33.799	26.389	2.98	44
		60	7.49	33.805	26.410	2.72	40
	Tingsakerfjorden	0	18.09	24.865	17.508	5.86	103
		5	18.10	24.836	17.484	5.86	103
		10	18.01	25.151	17.744	5.73	101
		20	16.97	27.974	20.139	6.16	108
		30	15.19	30.420	22.404	5.49	94
		40	9.00	33.955	26.300	4.96	76
50		8.48	34.246	26.610	5.11	78	
<b>16.09.95</b>	Skallefjorden	0	13.14	12.082	8.686	6.77	99
		5	14.97	24.900	18.209	5.93	98
		10	15.15	25.648	18.746	5.76	96
		20	14.99	28.613	21.057	5.13	87
		30	9.46	33.463	25.842	3.15	49
		40	8.06	33.786	26.312	2.42	36
		50	7.64	33.836	26.412	1.96	29
	Tingsakerfjorden	0	14.31	20.388	14.871	6.79	108
		5	14.90	24.803	18.148	5.93	98
		10	14.99	25.266	18.485	5.91	98
		20	15.05	25.816	18.895	5.78	96
		30	15.17	26.772	19.605	5.61	94
		40	13.34	30.097	22.532	5.22	86
		50	8.61	34.330	26.654	5.09	78
60	7.89	34.691	27.048	4.86	73		
70	7.71	34.794	27.156	4.89	73		



**Vedleggstabell 1A forts.**

Stasjon	Dato	Dyp	Temp	Salt	Tetthet	Oksygen	Oksygen- metning
			°C	psu	Sigma t	ml/l	%
<b>02.10.95</b>	Skallemfjorden	0	11.66	24.388	18.421	6.62	102
		5	12.62	25.700	19.270	6.22	98
		10	12.92	26.643	19.945	5.82	93
		20	12.46	29.076	21.910	5.54	89
		30	8.87	34.428	26.692	4.97	76
		40	8.64	34.520	26.799	4.86	74
		50	8.61	34.541	26.822	4.79	73
		60	8.60	34.547	26.827	4.77	73
	Tingsakerfj	0	12.02	24.766	18.653	6.51	101
		5	12.98	25.905	19.363	6.24	99
		10	13.04	26.995	20.195	5.91	95
		20	12.80	28.610	21.487	5.78	93
		30	11.58	31.617	24.040	5.35	86
		40	10.36	33.305	25.568	5.31	84
		50	9.87	33.751	25.999	5.28	83
<b>24.10.95</b>	Skallemfjorden	0	11.42	30.231	22.994	5.98	95
		5	11.59	31.587	24.016	5.44	87
		10	11.92	32.465	24.637	5.21	85
		20	11.92	32.985	25.040	4.83	79
		30	9.85	33.980	26.181	4.29	67
		40	8.65	34.472	26.761	4.00	61
		50	8.57	34.505	26.798	3.61	55
		60	8.57	34.513	26.805	3.61	55
	Tingsakerfj	0	11.50	30.886	23.487	6.05	96
		5	11.66	31.292	23.774	5.64	90
		10	12.11	32.541	24.659	5.44	89
		20	12.01	32.997	25.032	5.12	84
		30	11.91	33.219	25.224	4.99	81
		40	11.73	33.422	25.414	4.87	79
		50	11.61	33.539	25.528	4.81	78
60	11.52	33.602	25.593	4.71	76		
70	11.14	33.801	25.817	4.12	66		
75	9.25	34.331	26.554	3.79	59		

**Vedleggstabell A2.** Temperatur (°C), saltholdighet (psu), oksygenkonsentrasjon (ml O<sub>2</sub>/l), oksygenmetning (%) og hydrogensulfidkonsentrasjon (ml H<sub>2</sub>S/l) i Isefjærfjorden, Lillesand kommune, høsten 1998.

Dato	Stasjon	Dyp m	Temp. °C	Salth. psu	Sigma t	Oksygen ml O <sub>2</sub> /l	O2 metn. %	H2S ml H <sub>2</sub> S/l	
<b>07.09.98</b>	H1	0	14.4	25.315	18.6	6.25	157.3	-	
		5	16.6	31.208	22.7	8.87	102.3	-	
		10	10.2	32.183	24.7	-	-	0.09	
		15	7.2	32.714	25.6	-	-	1.93	
		20	6.9	32.739	25.7	-	-	2.75	
	H7	0	14.5	26.643	19.6	6.12	101.2	-	
		5	15.8	31.493	23.1	6.04	105.6	-	
		10	12.7	32.082	24.2	-	-	1.04	
	<b>07.10.98</b>	H1	0	9.47	20.76	15.90	7.08	101.1	-
			5	16.69	29.68	21.50	4.87	85.7	-
10			11.60	31.59	24.00	-	-	0.30	
15			7.33	32.70	25.60	-	-	2.00	
20			6.71	32.75	25.70	-	-	3.36	
H7		0	9.91	23.83	18.30	6.75	99.3	-	
		5	15.53	30.87	22.70	3.54	61.3	-	
		10(8.3)	13.49	31.78	23.80	-	-	3.80	
<b>11.11.98</b>		H1	0	3.96	5.36	4.30	8.50	96	-
			1	7.63	28.13	21.90	-	-	-
	5		13.35	29.58	22.10	2.48	40.8	-	
	10		12.49	31.27	23.60	0.19	3.1	-	
	15		7.72	32.57	25.40	-	-	2.69	
	20		6.82	32.68	25.60	-	-	3.84	
	H7	0	4.90	5.58	4.40	8.16	94.6	-	
		0.8	7.32	27.31	21.30	-	-	-	
		5	10.47	28.76	22.00	2.93	45	-	
		10	12.31	31.44	23.80	0.32	5.2	-	

## Vedlegg B. Strandsone

**Vedleggstabell B1.** Arter registrert i Tingsakerfjorden og Skallefjorden i august 1996 og 1997.  
Tegnforklaring: d = dominerende, v = vanlig, s = spredt, e = enkeltfunn, \* = kun identifisert i mikroskop.

	Tingsakerfjorden						Skallefjorden					
	Ting-saker		Lam-holmen		Havna		Slätte-hlm		Skauer-øya vest		Steinhlm	
	LI1 96	97	LI2 96	97	LI3 96	97	LI4 96	97	LI5 96	97	LI6 96	97
<b>Rødalger</b>												
<i>Ahnfeltia plicata</i>	v	s	v	s				s				
<i>Audouiniella</i> sp.		*	e			*		*				*
<i>Bonnemaisonia hamifera</i> : sporp.		v	s	s			v	v	v	d	v	v
<i>Callithamnion corymbosum</i>		s		s								*
<i>Ceramium nodulosum</i>	s	d	v-d	s	v	s	v	v	d	s	v-d	d
<i>Ceramium</i> sp.						*						
<i>Ceramium strictum</i>		*			e			*				
<i>Chondrus crispus</i>	v	s	v	s		*	s	s	v	s	v	v
<i>Corallina officinalis</i>							s		s	s	s	
<i>Corralinaceae</i> skorpeformet	v	d	v	d			v	v	v	v	s	v
<i>Cystoclonium purpureum</i>			e				s		s		v	v
<i>Erythrotrichia carnea</i>		*				v		*		*		
<i>Furcellaria lumbricalis</i>		s-v					v	v	s	v	v	v
<i>Gracilaria verrucosa</i>		s						s				
<i>Hildenbrandia rubra</i>	v	d	d	d				v		v		v
<i>Laurencia pinnatifida</i>				*							s-v	
<i>Lithothamnion glaciale</i>							s		v		s	
<i>Phyllophora</i> cf. <i>truncata</i>									e			
<i>Phyllophora pseudoceranoides</i>			s				s	s				
<i>Phymatolithon lenormandii</i>	v		v				v				s	
<i>Polysiphonia elongata</i>		*	s		s		s	*	e			
<i>Polysiphonia nigrescens</i>		*	s		s			*		s	e	*
<i>Polysiphonia urceolata</i>	e		v	*							s	
<i>Porphyra purpurea</i>	e				s							
<i>Rhodomela confervoides</i>			e						*		e	*
<b>Brunalger</b>												
<i>Ascophyllum nodosum</i>	s	s	s	s			d	d	v	s	d	d
<i>Asperococcus fistulosus</i>			e				s		e		s	
<i>Chorda filum</i>	s	s	s	s	s		s	s-v	v	s	d	s
<i>Chordaria flagelliformis</i>									e	s	s	
<i>Cladostephus spongiosus</i>			s				e		e-s			
<i>Desmarestia aculeata</i>	e								e			
<i>Dictyosiphon foeniculaceus</i>	d		e								d	
<i>Ectocarpales</i> indet			s	s-v	s		s					
<i>Elachista fucicola</i>								s	s			
<i>Fucus serratus</i>	d	d	d	d			v-d		d	v	v	v
<i>Fucus vesiculosus</i>	v	v-d	v	v	e		s	v	v	v		v
<i>Laminaria juv</i>			e									

**Vedleggstabell B1 fortsatt.**

	LI1		LI2		LI3		LI4		LI5		LI6	
	96	97	96	97	96	97	96	97	96	97	96	97
<i>Laminaria saccharina</i>					s	s	s		s	v	v	v
<i>Mesogloia vermiculata</i>					e							
<i>Sargassum muticum</i>			s		e-s	s	s	s	s		e	
<i>Scytosiphon lomentaria</i>			e									
<i>Sphacelaria cirrosa</i>				*				*		v		v
<i>Stilophora rhizoides</i>	s		v				v					
<b>Grønnalger</b>												
<i>Chaetomorpha sp.</i>		s						s		s		s
<i>Cladophora albida</i>							v					
<i>Cladophora rupestris</i>		s	e	s				s	s	v	v	s
<i>Cladophora sericea</i>			s-v						v		v-d	
<i>Enteromorpha cf. flexulosa</i>			s								e	
<i>Enteromorpha clathrata</i>		*						v				
<i>Enteromorpha intestinalis</i>					v	v						
<i>Enteromorpha linza</i>		*										
<i>Enteromorpha prolifera</i>		*		s								
<i>Enteromorpha sp.</i>	d	v-d					e		s			
<i>Enteromorpha spp.</i>		v										s
<i>Percursaria percursa</i>							*					
<i>Spongomorpha aeruginosa</i>											e	
<i>Spongomorpha sp.</i>	e						s					
<i>Ulva lactuca</i>		s			v	v	e			s	s	s
<i>Bl.grønnalge. indet</i>		*						*				
<i>Zostera marina</i>			v-d	v-d				v				
<b>Fjæredyr</b>												
<i>Actiniaria indet.</i>							s		s		s	
<i>Asterias rubens</i>	s		s			s			s	s		
<i>Balanus spp.</i>	v-d	s	v-d	v	s	v	s					
<i>Botryllus schlosseri</i>		*										v
<i>Clava squamata</i>			s				s		s			
<i>Dynamena pumila</i>							v	s	s			
<i>Electra pilosa</i>		s							s		s	
<i>Halichondria panicea</i>			s				v	s	s	s		
<i>Hydroida indet.</i>								s				
<i>Laomedea sp.</i>			s									
<i>Littorina littorea</i>	s	v		v		s	v	s				
<i>Littorina saxatilis</i>	s											
<i>Membranipora membranacea</i>	s	v	v	s		s		v	v	v		s
<i>Mytilus edulis</i>			s-v	v							s	
<i>Nucella lapillus</i>			v									
<i>Pomatoceros triqueter</i>			s									
<i>Spirorbis sp.</i>		v	s	s			v	v		s	s	s

**Vedleggstabell B2.** Arter registrert i Isefjærfjorden august 1998. Tegnforklaring: *d* = dominerende, *v* = vanlig, *s* = spredt, *e* = enkeltfunn, \* = registrert i mikroskop

Arter	Kirke-kilen	Kirke-kilen	Hest-hlm	Myra	Kvann-eid	Jakte-viga	Naude-sund
	IS1b	IS2	IS3	IS4	IS5	IS6	IS7
<b>Rødalger</b>							
<i>Ahnfeltia plicata</i>			s				
<i>Audouiniella</i> sp.	*				*	*	*
<i>Bonnemaisonia hamifera</i> : sporp.				s	d	s	
<i>Callithamninae</i> indet	*						
<i>Callithamnion corymbosum</i>	s	*	*			e	
<i>Ceramium nodulosum</i>	*	s		v	s	s-v	*
<i>Ceramium</i> spp.							
<i>Ceramium strictum</i>		s		v		s	s
<i>Chondrus crispus</i>	s	s-v		s-v	v	v	
<i>Corallina officinalis</i>					v		
<i>Corralinaceae</i> skorpeformet			s	v	v-d	d	
<i>Cystoclonium purpureum</i>					s		
<i>Dumontia contorta</i>							
<i>Erythrotrichia carnea</i>	*		*	*		*	*
<i>Furcellaria humbricalis</i>					s	e	
<i>Gracilaria verrucosa</i>							
<i>Griffithsia corallinoides</i>							*
<i>Hildenbrandia rubra</i>	v	d	d			d	v
<i>Laurencia pinnatifida</i>					s		
<i>Phyllophora pseudoceranooides</i>					e		
<i>Polyides rotundus</i>					e		
<i>Polysiphonia elongata</i>		s		s	e		
<i>Polysiphonia nigrescens</i>	v	v-d		s	v	v	*
<i>Polysiphonia</i> sp.							s
<i>Polysiphonia stricta</i>		s					
<i>Rhodomela confervoides</i>				s	*	s	
<b>Brunalger</b>							
<i>Ascophyllum nodosum</i>				v	v	d	v
<i>Asperococcus turneri</i>		s		s	s		*
<i>Chorda filum</i>		e	s-v	s	s-v	s	
<i>Desmarestia viridis</i>						e	
<i>Dictyosiphon foeniculaceus</i>							
<i>Ectocarpales</i> indet	d	v	*			s	d
<i>Fucus serratus</i>		s		v	s	v-d	
<i>Fucus spiralis</i>				s			
<i>Fucus vesiculosus</i>	d	v-d	s		s	s	v
<i>Laminaria saccharina</i>						s	
<i>Sargassum muticum</i>				v	s	v	
<i>Sphacelaria cirrosa</i>	s	s		v	*	v	*
<i>Stilophora rhizoides</i>	s	s-v	*				



**Vedleggstabell B2 fortsatt.**

Arter	IS1b	IS2	IS3	IS4	IS5	IS6	IS7
<b>Grønnalger</b>							
<i>Chaetomorpha</i> sp.		*					*
<i>Cladophora rupestris</i>		*			s-v		
<i>Cladophora/Spongomorpha</i> spp.			s	s	e	e	d
<i>Codium fragile</i>							
<i>Enteromorpha</i> spp.	*	*	*	s		s	v
<i>Rhizoclonium</i> sp.			*				
<i>Ulva lactuca</i>				*	s	s	
<b>Annet</b>							
Bl.grønnalge. indet		*					
<i>Ruppia</i> spp.	s						
<i>Zostera marina</i>		v					
<b>Fjæredyr</b>							
<i>Actinia</i> sp.			s			s	
<i>Asterias rubens</i>		s	s	s		s	
<i>Balanus</i> sp.		s				v	
<i>Carcinus maenas</i>		s			s	s	s
<i>Cerastoderma edule</i>							
<i>Clava squamata</i>				s		v	
<i>Dynamena pumila</i>				s	v	s-v	
<i>Echinoidea</i> indet.		s	s	v			
<i>Halichondria panicea</i>					s-v	s	
<i>Littorina littorea</i>	v	s	v			s	s
<i>Membranipora membranacea</i>	v			s	s	s-v	
<i>Mytilus edulis</i>	v	s	d			v	
<i>Ostrea edulis</i>			s-v				
<i>Pomatoceros triqueter</i>		s	v-d				s
<i>Spirorbis</i> sp.					v	s	

**Vedleggstabell B3. Arter registrert sør for utslippspunktet i Kvanneidfjorden. Befaring juni 1998.**

<i>Bonnemaisonia hamifera</i> , sporof	<i>Cladophora sericea</i>
<i>Ceramium nodulosum</i>	<i>Rhizoclonium</i> sp.
<i>Ceramium strictum</i>	<i>Spongomorpha</i> cf. <i>aeruginosa</i>
<i>Cystoclonium purpureum</i>	<i>Ulva lactuca</i>
<i>Polysiphonia fucoides</i>	<i>Striaria attenuata</i>
<i>Polysiphonia stricta</i>	<i>Enteromorpha</i> sp.
<i>Rhodomela confervoides</i>	<i>Ectocarpus siliquosus</i>
<i>Fucus vesiculosus</i>	<i>Sphacelaria cirrosa</i>
<i>Ascophyllum nodosum</i>	<i>Littorina littorea</i>
<i>Sargassum muticum</i>	<i>Balanus</i> sp.
<i>Laminaria saccharina</i>	
<i>Laminaria digitata</i>	

**Vedlegg. Stasjonsbilder fra strandsonundersøkelsen.**

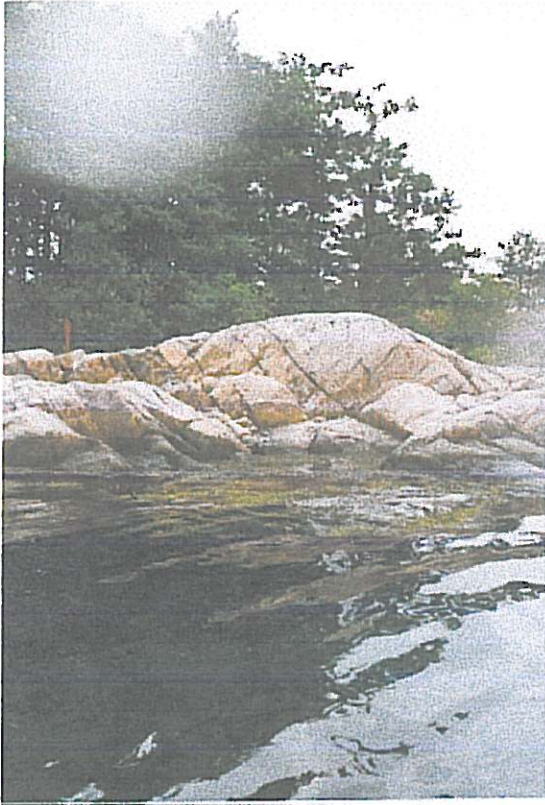


LI 1 Tingsaker, Tingsakerfjorden.



LI3 Lillesand havn, Tingsakerfjorden

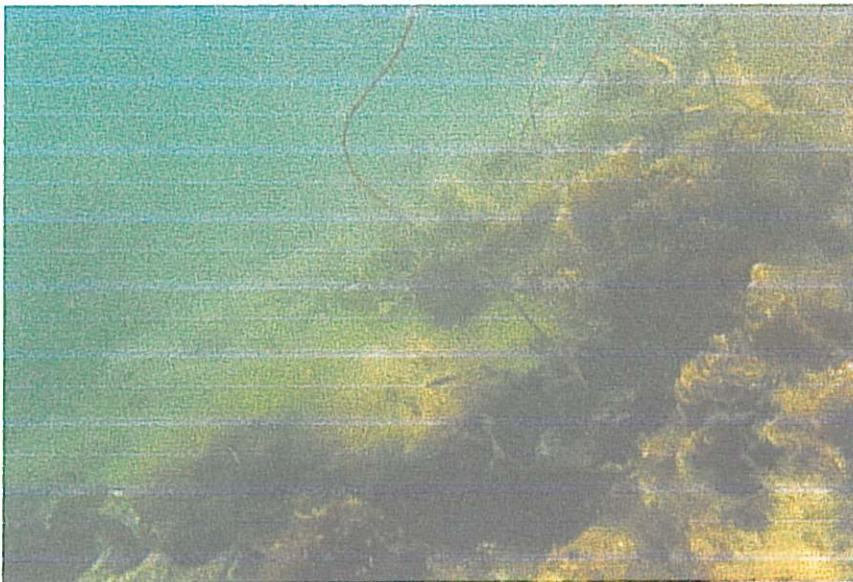




LI4 Slåtتهolmen, Skallefjorden



LI5 Skauerøya, Skallefjorden



LI6 Steinholmen, Skallefjorden

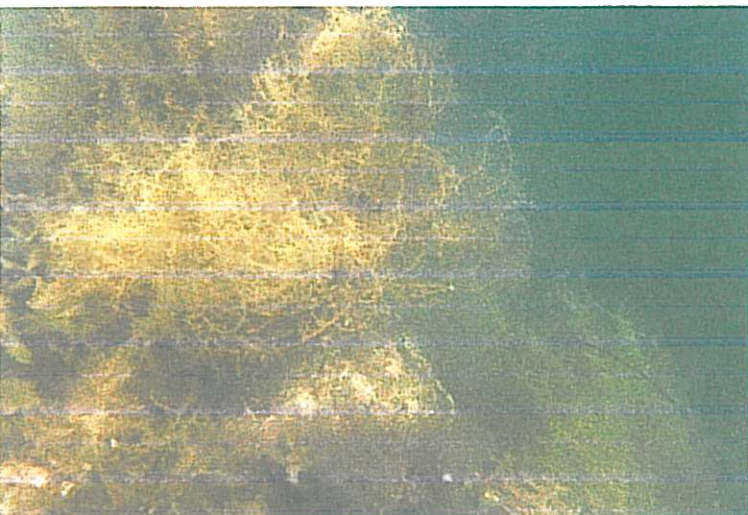




IS1b. Kirkekilen, Isefjærfjorden



IS3. Hestholmene, indre Isefjærfjord



IS4. Myra, Isefjærfjorden





IS5 Kvanneid., Kvanneidfjorden. Ved utløpet av Kassenkanalen.



IS6 Jakteviga, Isefjærfjorden



IS7 Naudesund, Isefjærfjorden.



## Vedlegg C. Bløtbunn

**Vedleggstabell C1.** *Oversikt over prøvetaking av bløtbunnsfauna og sedimenter i Tingsakerfjorden og Skallefjorden 29. november 1996.*

St.		Dyp (m)	koordinater	Prøvetaking	Fyll.- grad	Sikting/prøver
LIL 5	Skallefjorden	72-74	58° 13.92' N 8° 22.17' Ø	4 samf. fauna 1 TOC/korn	1/1	1 grovfraksj. 1 finfraksj.
LIL 8	Kokkenes	56	58° 14.71' N 8° 23.29' Ø	4 samf. fauna 1 TOC/korn	1/1	"
LIL 9	Lillesand havn	11	58° 14.87' N 8° 22.94' Ø	2 samf. fauna 1 TOC/korn	1/2	"

Delprøve for analyse av sedimenter (kornstørrelse, TOC/TN) ble tatt fra det første grabbhugget på alle stasjonene.

**Vedleggstabell C2. Fullstendige resultater for bløtbunnsfaunaprøvene fra Tingsakerfjorden og Skallefjorden 29. november 1996**

		Stasjon	LIL 5	LIL 8	LIL 9
		Areal, m2	0.4	0.4	0.2
ANTHOZOA	Edwardsia cf. danica Carlgren		1		12
	Edwardsia tuberculata Dueben & Koren				39
NEMERTINEA	Nemertinea indet			15	19
NEMATODA	Nematoda indet				6
POLYCHAETA	Aphrodita aculeata Linne 1758			2	
	Enipo kinbergi Malmgren 1865			2	
	Harmothoe sp			5	7
	Pholoe cf. assimilis				1
	Pholoe cf. baltica			64	4
	Eteone cf. longa (Fabricius 1780)			4	4
	Eteone foliosa Quatrefages, 1866				2
	Eumida sp				2
	Phyllodoce groenlandica (Oersted 1842)			2	
	Phyllodoce mucosa (Oersted 1843)				1
	Sige fusigera (Malmgren 1865)			1	
	Kefersteinia cirrata (Keferstein 1862)				1
	Pilargis cf. papillata Rasmussen			1	
	Synelmis klatti (Friedrich 1950)			1	
	Exogone naidina Oersted 1845				3
	Typosyllis cornuta (Rathke 1843)		1	1	
	Platynereis dumerilii (Audouin&Milne-Edwards 1834)				3
	Nephtys caeca (Fabricius 1780)				1
	Nephtys hombergii Savigny 1818				1
	Nephtys incisa Malmgren 1865			10	
	Sphaerodorum gracilis (Rathke 1843)			5	
	Glycera alba (O.F.Mueller 1776)			6	2
	Glycera cf. rouxii Audouin & Milne Edwards				1
	Glycera rouxii Audouin & Milne Edwards 1833			1	
	Goniada maculata Oersted 1843			10	5
	Abyssoninoe hibernica (McIntosh, 1903)			7	
	Ougia subaequalis (Oug, 1978)			1	
	Protodorvillea kefersteini (McIntosh 1869)				12
	Scoloplos armiger (O.F.Mueller 1776)				218
	Levinsenia gracilis (Tauber 1879)			4	
	Paradoneis lyra (Southern 1914)			2	11
	Laonice bahusiensis (Soederstroem 1920)			1	
	Prionospio cirrifera Wiren 1883			3	2
	Prionospio fallax Soederstroem 1920			219	45
	Prionospio multibranchiata Berkeley 1927			2	
	Pseudopolydora paucibranchiata Czerniaavsky			2	8
	Scoelepis cf. korsuni Sikorski, 1994			10	
	Spio sp				2

Vedleggstabell C2 *fortsatt.*

	Stasjon Areal, m2	LIL 5 0.4	LIL 8 0.4	LIL 9 0.2
Spiophanes kroeyeri Grube 1860			3	
Spiochaetopterus typicus M.Sars 1856	3			
Caulleriella sp				2
Chaetozone setosa Malmgren 1867			44	3
Aphelochaeta sp			3	
Tharyx mcintoshi (Southern, 1914)			1	
Tharyx sp				139
Brada villosa (Rathke 1843)			75	
Diplocirrus glaucus (Malmgren 1867)			122	3
Pherusa sp			1	
Polyphysia crassa (Oersted 1843)			37	
Scalibregma inflatum Rathke 1843			2	12
Ophelina acuminata Oersted 1843			1	
Heteromastus filiformis (Claparede 1864)			71	
Mediomastus fragilis Rasmussen 1973				12
Euclymene praetermissa (Malmgren 1865)			8	
Maldane sarsi Malmgren 1865	14			
Rhodine loveni Malmgren 1865			8	1
Myriochele oculata Zaks 1922	19		182	11
Pectinaria belgica (Pallas 1766)			1	
Pectinaria koreni Malmgren 1865	4		2	
Ampharete finmarchica (M.Sars 1864)			1	
Ampharete lindstroemi Malmgren 1867				2
Anobothrus gracilis (Malmgren 1865)			3	
Melinna cristata (M.Sars 1851)			6	
Sosane sulcata Malmgren 1865			1	
Amæana trilobata (M.Sars 1863)			1	
Lanassa venusta (Malm 1874)			13	
Lysilla loveni Malmgren 1865			8	
Polycirrus sp			2	8
Scionella lornensis Pearson 1969				1
Terebellides stroemi M.Sars 1835			12	
Euchone sp	2			
Jasmineira caudata Langerhans 1880				6
OLIGOCHAETA Tubificoides benedii (Udekem, 1855)				685
PROSOBRANCHIA Onoba vitrea (Montagu)			3	
OPISTOBRANCHIA Philine quadrata (S.Wood)				8
Philine scabra (O.F.Mueller 1776)			12	
CAUDOFOVEATA Caudofoveata indet			5	
BIVALVIA Nucula sp				1
Thyasira equalis (Verrill & Bush)			12	
Thyasira flexuosa (Montagu 1803)			22	31
Thyasira pygmaea (Verrill & Bush)			3	
Thyasira sarsi (Philippi 1845)			9	
Thyasira sp	5		91	

Vedleggstabell C2 *fortsatt.*

	Stasjon Areal, m2	LIL 5 0.4	LIL 8 0.4	LIL 9 0.2
	Montacuta ferruginosa (Montagu 1803)		3	
	Montacuta tenella Loven		6	
	Mysella bidentata (Montagu 1803)		2	
	Abra nitida (Mueller 1789)		149	
	Venus striatula (Da Costa)			2
	Corbula gibba (Olivi 1792)	7	1	
	Thracia sp		1	3
PYCNOGONIDA	Anoplodactylus petiolatus			1
CUMACEA	Leucon nasica (Kroeyer)		1	
AMPHIPODA	Ampelisca brevicornis (Costa)			9
	Cheirocratus sundewalli (Rathke)			39
	Westwoodilla caecula (Sp.Bate)		2	
	Atylus vedlomensis (Bate & Westwood)			1
	Microdeutopus sp			6
DECAPODA	Zoealarve		1	
	Philocheras bispinosus Hailstone		1	2
	Macropipus pusillus (Leach)			1
	Inachus dorsettensis (Pennant)			2
SIPUNCULIDA	Phascolion strombi (Montagu 1804)		1	
PRIAPULIDA	Priapulus caudatus Lamarck 1816		3	
PHORONIDA	Phoronis sp		1	3
ASTEROIDEA	Leptasterias muelleri (Sars)			1
OPHIUROIDEA	Ophiuroidea indet		42	
	Amphiura chiajei Forbes		25	
	Amphiura filiformis (O.F.Mueller)		66	
ECHINOIDEA	Brissopsis lyrifera (Forbes)		5	
	Echinocardium cordatum (Pennant)			1
HOLOTHUROIDEA	Labidoplax buski (McIntosh)		5	
CHAETOGNATHA	Spadella cephaloptera		1	
ASCIDIACEA	Ascidiacea indet			6

**Vedleggstabell C3. Fullstendige resultater for bunnfaunaprøvene fra Isefjærfjorden 2. juni 1998. På stasjon B1 og B2 ble det tatt to parallelle prøver. Hver prøve tilsvarer et areal på 0.045 m<sup>2</sup>.**

GRUPPENAVN	ARTSNAVN	B1-1	B1-2	B2-1	B2-2	B3	B4	B5	B6
NEMERTINEA	Nemertinea indet						4		
NEMATODA	Nematoda indet	3	1	32	13				
POLYCHAETA	Harmothoe sp					1	6	5	3
	Pholoe inornata Johnston, 1839			4	1		5		4
	Eulalia viridis (Linne 1767)	2							
	Eumida sanguinea (Oersted 1843)		1						
	Phyllodoce maculata (Linne 1767)	1							
	Nereimyra punctata (O.F.Mueller 1788)						1		
	Ophiodromus flexuosus (Delle Chiaje)					14			5
	Syllidia armata Quatrefages 1865	2				1	1		
	Brania limbata (Claparede, 1868)	1	2						
	Exogone naidina Oersted 1845						13		1
	Exogone verugera (Claparede 1868)					1			
	Platynereis dumerilii (Audouin&Milne-Edw.)	3	7				3	1	1
	Nephtys hombergii Savigny 1818						1		1
	Nephtys kersivalensis McIntosh, 1908						1		
	Malacoceros fuliginosus (Claparede 1868)	7	13	1					
	Polydora caulleryi Mesnil 1897	2							
	Polydora ciliata (Johnston 1838)				1	9			6
	Polydora socialis (Schmarda 1861)			1	2	1			
	Pseudopolydora paucibranchiata Cz.							1	
	Pseudopolydora pulchra (Carazzi 1895)								1
	Spio decoratus Bobretzky, 1871							6	
	Macrochaeta clavicornis (Sars 1835)								1
	Capitella capitata (Fabricius 1780)		147	110	111	72	10	9	4
Pectinaria koreni Malmgren 1865						1	10	10	7
OLIGOCHAETA	Tubificoides benedii (Udekem, 1855)	10	1	5	1			38	
PROSOBRANCHIA	Onoba vitrea (Montagu)				1				
	Cerithiopsis tubercularis (Montagu, 1803)	4	3						
OPISTHOBANCHIA	Nudibranchia indet							2	
	Tectibranchia indet			2				4	10
	Retusa obtusa (Montagu, 1803)			3	6	1	7	6	7
	Philine cf. quadrata (S.Wood)					1			
	Philine sp							1	4
BIVALVIA	Musculus marmoratus (Forbes)	1							1
	Mytilus edulis Linne 1758				1				
	Thyasira flexuosa (Montagu 1803)					1			
	Mysella bidentata (Montagu 1803)	3	3	117	73	420	77	55	387
	Acanthocardia echinata (Linne 1758)	3							
	Parvicardium cf. scabrum (Philippi)						1		
	Abra cf. alba (W.Wood 1802)						13		
	Abra cf. longicallus (Scacchi 1836)						1		
	Abra cf. nitida (Mueller 1789)			1			16		27
	Venerupis sp	2					1		
	Mya arenaria Linne 1758		1						1
	Corbula gibba (Olivi 1792)	1		16	7	27	60	73	27
AMPHIPODA	Gammarus locusta (Linnaeus)		2						
	Microdeutopus gryllotalpa Costa	2	1				1		
	Microdeutopus propinquus G.O.Sars								2
	Corophium sp					1			1
	Ericthonius difformis Milne-Edwards	6	2						
CHIRONOMIDAE	Chironomidae indet	8	1						
ASTEROIDEA	Leptasterias muelleri (Sars)		1						
OPHIUROIDEA	Ophiura texturata Lamarck						1		