

Resipientovervåking i Kristiansandsfjorden

Korsvikfjorden 2008 - strandsone og bløtbunnsfauna



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Postboks 2026
5817 Bergen
Telefon (47) 2218 51 00
Telefax (47) 55 23 24 95

NIVA Midt-Norge

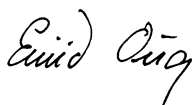
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Resipientovervåking i Kristiansandsfjorden. Korsvikfjorden 2008 - strandsone og bløtbunnsfauna.	Løpenr. (for bestilling) 5711-2008	Dato 17. desember 2008
	Prosjektnr. Undernr. O - 28209	Sider Pris 29
Forfatter(e) Eivind Oug Tone Kroglund	Fagområde Marin eutrofi	Distribusjon
	Geografisk område Vest-Agder	Trykket CopyCat AS

Oppdragsgiver(e) Kristiansand kommune, Ingeniørvesenet	Oppdragsreferanse Bjørn Aurebekk
---	-------------------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>I Korsvikfjorden har Kristiansand kommune et renseanlegg som mottar avløpsvann fra ca. 18.000 personer. Renset avløpsvann føres i ledning ut på ca. 40 m dyp i ytre del av Korsvikfjorden. Undersøkelsen beskriver miljøtilstanden i resipienten og vurderer eventuelle utviklingstendenser i forhold til tidligere undersøkelser. I strandsonen (fire stasjoner) var det normalt artsrike organismsamfunn med små forskjeller mellom stasjonene og små forskjeller til referansestasjoner (fire stasjoner) utenfor Korsvikfjorden, men det ble registrert færre arter enn ved undersøkelse i 1992-93. Det var en liten nedgang i andel av hurtigvoksende alger. En stasjon innerst i fjorden var trolig lokalt påvirket fra en båthavn. På bløtbunn (en stasjon) var det friskt bunnsediment med normalt organisk innhold og artsrik bunnfauna. På basis av artssammensetningen karakteriseres tilstanden som 'meget god' eller 'god' etter SFTs miljøkvalitetskriterier og kvalitetssystemet som er under utvikling til EUs vanddirektiv. Endringer i sammensetningen av bunnfaunaen over tid kan tyde på at utslippene påvirket bunnfaunaen etter etablering i 1978, men at påvirkningen senere har avtatt. Generelt viser undersøkelsen at tilstanden i resipienten var god. Undersøkelsen har ikke kunnet påvise effekter av dagens utslipp av avløpsvann fra renseanlegget.</p>
--

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Miljøtilstand Strandsone Bløtbunn Overvåking 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Water quality status Rocky shore Soft bottom Monitoring
--	---



Eivind Oug
Prosjektleder



Mats Waldøy
Forskningsleder



Jarle Nygard
Fag- og markedsdirektør

Resipientovervåking i Kristiansandsfjorden

Korsvikfjorden 2008 - strandsone og bløtbunnsfauna

Forord

I Kristiansandsfjorden er det tre større renseanlegg for kommunalt avløpsvann med utslipp til fjorden. Anleggene ligger henholdsvis i Korsvikfjorden i Randesund, på Odderøya og på Bredalsholmen i Vågsbygd. Avløpsvannet føres etter rensing i ledning ut til utslippspunkt på dypt vann i sjøområdet utenfor anleggene. I tillegg til kommunens anlegg er det et større utslipp av avløpsvann fra treforedlingsindustrien på Vennesla som føres i ledning i Otra til utslippspunkt i Østerhavn.

Kommunen ønsker nå å få dokumentert miljøtilstanden i sjøområdene ved utslippene og har henvendt seg til NIVA med forespørsel om å få utarbeidet program for overvåking. Alle utslippsområdene er tidligere undersøkt. Vurderingene skal utføres i henhold til kravene i avløpsdirektivet hvor det også fastsettes at tilstandsvurdering skal foretas hvert fjerde år. Samtidig ønsker kommunen at undersøkelsene strekkes over flere år med et utslippsområde av gangen slik at kostnadene kan fordeles mest mulig jevnt fra år til år.

NIVA la 22. juni 2007 fram forslag til program for miljøovervåking av resipientene for perioden fram til 2011. I møte mellom Kristiansand kommune, Ingeniørvesenet og NIVA 15. november 2007 ble innholdet nærmere diskutert. I 2008 har kommunen spesielt ønsket å vurdere resipienten i Korsvikfjorden. Samtidig er det ønskelig av kostnadmessige og faglige hensyn at feltarbeid og prøvetaking for bløtbunn kan gjøres samlet for alle resipientene. Et detaljert program som dekker disse elementene ble framlagt av NIVA 5. februar 2008 og godkjent av kommunen i brev av 15. april 2008.

Feltarbeidet ble gjennomført av Tone Kroglund (strandsone), Merete Schøyen (sedimenter, bløtbunnsfauna), Jarle Håvardstun (strandsone, bløtbunnsfauna) og Eivind Oug (bløtbunnsfauna). Ved prøvetaking av bløtbunnsfauna ble fartøyet F/F "Trygve Braarud" tilhørende Universitetet i Oslo benyttet. Mannskap om bord var Sindre Holm, Jan Sundøy og Tom Erik Baade.

Grimstad, 17. desember 2008

Eivind Oug

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning	7
1.1 Bakgrunn for undersøkelsen	7
1.2 Områdebeskrivelse	7
1.3 Tidligere undersøkelser	8
1.4 Mål	9
1.5 Faglig innhold i undersøkelsen	9
2. Undersøkelser i strandsonen	10
2.1 Stasjonsvalg og metodikk	10
2.2 Resultater	10
2.2.1 Korsvikfjorden	10
2.2.2 Referansestasjoner	12
2.2.3 Antall arter og fordeling mellom algegrupper	13
2.3 Vurdering av resultatene	16
3. Bløtbunnsfauna og bunnsedimenter	17
3.1 Metodikk	17
3.1.1 Valg av stasjoner	17
3.1.2 Prøvetaking	17
3.1.3 Analyser	18
3.1.4 Bedømming av miljøtilstand	18
3.2 Resultater	19
3.2.1 Bunnforhold og sedimenter	19
3.2.2 Bunnfauna	21
3.3 Vurdering av resultatene	24
4. Litteratur	25
Vedlegg A. Strandsone	26
Vedlegg B. Bløtbunnsfauna	27

Sammendrag

I Kristiansandsfjorden er det tre større renseanlegg for kommunalt avløpsvann med utslipp til sjø, henholdsvis i Korsvikfjorden, på Odderøya og på Bredalsholmen. I tillegg til kommunens anlegg er det et større utslipp av avløpsvann fra treforedlingsindustrien på Vennesla. Kristiansand kommune ønsker å få en oppdatert vurdering av tilstanden i resipientene som alle har vært undersøkt tidligere. I 2008 har kommunen spesielt ønsket å vurdere resipienten i Korsvikfjorden. Renseanlegget i Korsvikfjorden har vært i drift siden 1978 og mottar avløpsvann fra ca. 18.000 personer. Renset avløpsvann føres i ledning til ytre del av Korsvikfjorden og slippes ut på omkring 40 meters dyp.

Undersøkelsen har hatt som mål:

- Beskrive dagens tilstand i sjøområdet i Korsvikfjorden
- Vurdere tilstanden mot tidligere undersøkelser for å avklare eventuelle utviklingstendenser
- Gi grunnlag for senere oppfølgende undersøkelser

Undersøkelsen omfatter organismesamfunn i strandsonen, bunnsedimenter og bløtbunnsfauna. Undersøkelsen i strandsonen er særlig rettet mot vannkvalitet i overflatevann og effekter av næringssalter, mens undersøkelsen av bunnsedimenter og bløtbunnsfauna er rettet mot effekter av organisk materiale og partikler som synker ned i vannmassene. Korsvikfjorden er tidligere undersøkt i 1977, 1983-84, og 1992-93. Denne undersøkelsen ble gjennomført med det samme faglige innhold og på de samme prøvetakingspunkter (stasjoner) som tidligere undersøkelser.

Organismesamfunn i strandsonen (fastsittende alger og dyr)

I alt fire stasjoner i Korsvikfjorden og fire referansestasjoner utenfor Korsvikfjorden ble besøkt. Med unntak av én stasjon er alle stasjonene undersøkt tidligere. Undersøkelsen ble foretatt 8-9. september 2008 og ble gjennomført med standard metodikk.

En stasjon innerst i Korsvikfjorden hadde færre arter og noe mindre mengde alger enn de øvrige stasjonene. Stasjonen ligger nær en båthavn som trolig har innvirkning på vannkvaliteten i overflatevannet. Det var små forskjeller mellom stasjonene lenger ut i Korsvikfjorden og mellom Korsvikfjorden og referansestasjonene.

Sammenlignet med forrige undersøkelse (1992) var antall registrerte arter noe lavere. Dette kan delvis skyldes noe ugunstige registreringsforhold med mye vind under feltarbeidet, og delvis at kun de vanligste fjæredyrene ble notert i 2008. Det var en liten nedgang i mengden av ettårige hurtigvoksende alger, mens mengden av flerårige arter var mer stabil.

Samlet sett var strandsamfunnet ikke vesentlig endret siden forrige undersøkelse, men nedgangen i ettårige alger kan tolkes som en positiv utvikling. Generelt syntes tilstanden i Korsvikfjorden ikke å skille seg vesentlig fra ytre områder i Kristiansandsfjorden. Det kunne ikke påvises at utslippet av avløpsvann har effekter for strandområdene.

Bunnsedimenter og bløtbunnsfauna

Bunnprøvene ble tatt på en stasjon (K7) på 76 m dyp som tidligere er undersøkt i 1983 og 1993. Prøvetakingen ble foretatt 27. mai 2008. På stasjonen var det lyst finkornet normalt fjordsediment med litt sand og fin grus og noe flis og planterester. Organisk innhold var normalt og litt lavere enn ved tidligere undersøkelser, som kanskje kan antyde lavere tilførsler av marint produsert materiale.

Bunnfaunaen var artsrik med normalt antall arter og normale individtettheter. De viktigste organismegruppene var børstemark, båndmark, muslinger og slangestjerner som alle er vanlig forekommende på bløtbunn i kyst- og fjordområder. De mest markante artene var sjømusen *Brissopsis*

lyrifera og den røde slangestjernen *Amphiura chiajei*, som er vanlige på moderate dyp i Skagerrak. Indekser som benyttes for å vurdere tilstand i SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet indikerte 'meget god tilstand'. Også indekser som er under utvikling til vanndirektivet indikerte 'svært god tilstand' eller 'god tilstand'.

I stor grad har de samme artene vært tilstede i Korsvikfjorden ved alle undersøkelsene. Bunnfaunaen i 2008 var litt endret i forhold til 1993 og litt mer endret i forhold til 1983, men generelt har endringene i Korsvikfjorden vært små sammenlignet med andre områder i Kristiansandsfjorden. I 1983 dominerte noen arter som ofte øker ved organiske tilførsler. I 1993 og 2008 var disse artene redusert. Dette kan tolkes som at utslippet kan ha påvirket bløtbunnsområdene i første fase etter at det ble etablert, men at påvirkningen senere har avtatt.

Sammenfattende vurdering

Undersøkelsene i strandsonen og på bløtbunn har begge vist at tilstanden i Korsvikfjorden var god. I noen grad var det tegn til endringer i positiv retning i forhold til tidligere undersøkelser. Innerst i Korsvikfjorden var vannkvaliteten noe redusert, men dette må tilskrives lokale forhold. Undersøkelsen har ikke kunnet påvise effekter av dagens utslipp av avløpsvann fra renseanlegget.

Ved vurderingen av tilstand ble kvalitetssystemet som er under utvikling for bløtbunnsfauna til EUs vanndirektiv benyttet. Tilsvarende system for algevegetasjon i strandsonen vil bli utarbeidet, men utviklingen er foreløpig kommet for kort til at dette her kunne benyttes. Det forventes imidlertid at systemet vil bygge på data for algevegetasjon av samme type som er registrert i denne undersøkelsen.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn for undersøkelsen

I Kristiansandsfjorden er det tre større renseanlegg for kommunalt avløpsvann med utslipp til fjorden. Anleggene ligger henholdsvis i Korsvikfjorden i Randesund, på Odderøya og på Bredalsholmen i Vågsbygd. Alle renseanleggene har høygradig rensing. Avløpsvannet føres etter rensing i ledning ut til utslippspunkt på dypt vann i sjøområdet utenfor anleggene. I tillegg til kommunens anlegg er det utslipp av avløpsvann fra treforedlingsindustrien på Vennesla som føres i ledning i Otra til utslippspunkt i Østerhavn. Alle utslippene er plassert så vidt dypt at utslippsvannet ikke skal trenge gjennom til overflaten, men innlagres i mellomsjikt i vannmassene.

Alle resipientene for kommunens renseanlegg og fra industrien på Vennesla har vært undersøkt tidligere. Kristiansand kommune ønsker nå en ny vurdering av miljøtilstanden i resipientene. Vurderingene skal utføres i henhold til kravene i avløpsdirektivet hvor det også er fastsatt at tilstandsvurdering skal foretas hvert fjerde år. I Kristiansandsfjorden legges det derfor opp til et rullerende overvåkingsprogram hvor alle resipientene undersøkes over en fireårsperiode og hvor innsatsen utjevnes mellom årene.

I 2008 har kommunen spesielt ønsket å vurdere resipienten i Korsvikfjorden. Denne undersøkelsen har derfor særlig fokus på Korsvikfjorden. I tillegg ble det i 2008 innsamlet bunnprøver også fra de andre resipientområdene. Dette ble gjort fordi det er ønskelig av kostnadmessige og faglige hensyn at bunnprøvetaking gjennomføres mest mulig samlet for alle resipientene.

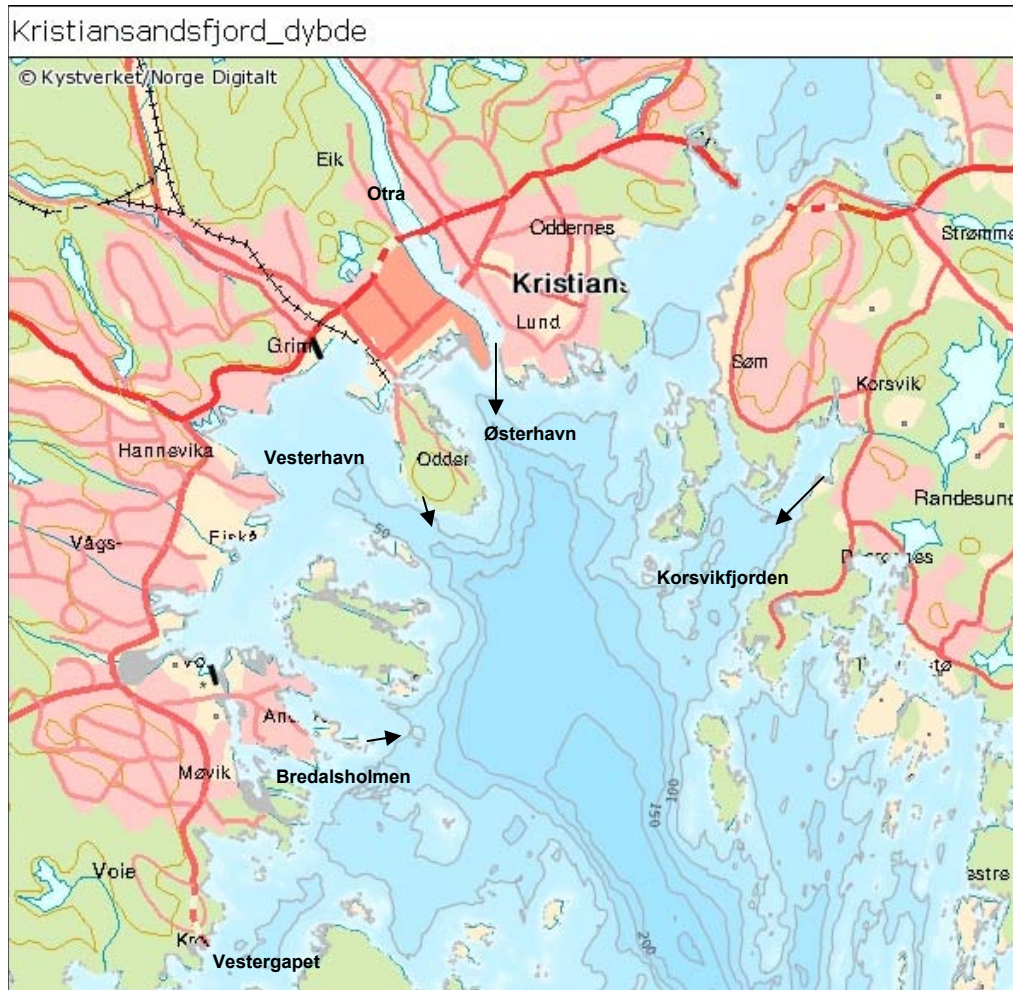
1.2 Områdebeskrivelse

Kristiansandsfjorden er en dyp fjord (260 m) med åpen forbindelse til Skagerrak i sørøst (**Figur 1**). I vest er det forbindelse til åpent hav gjennom Vestergapet med dyp til ca. 40 m. Dypområdet i fjorden strekker seg inn mot ytterenden av Odderøya og et stykke inn i Østerhavn på østsiden av Odderøya. Korsvikfjorden er en kort sidearm på østsiden av fjorden. I Korsvikfjorden er dypet for det meste 60-80 m i ytre del, mens det er 10-40 m i indre del. Det er ingen større terskler i området.

Vannutskiftningen i Kristiansandsfjorden er god. Midlere oppholdstid for overflatevann synes å være 0,5-1,5 døgn for selve fjorden og 1-2 døgn i indre og mer avgrensede områder. Dypvannet skiftes ut over 1-2 uker (Molvær mfl. 1986). Overflatevannet i Østerhavn er sterkt påvirket av elvetilførsler fra Otra.

Kristiansandsfjorden har vært betydelig forurenset av utslipp fra industri og kommunalt avløpsvann. Både Kristiansand kommune og industrien har satt i verk en rekke tiltak for å redusere utslippene og bedre vannkvaliteten i fjorden. For kommunens del omfatter dette at alt avløpsvann oppsamles i hovedledninger og ledes til renseanlegg. Utslippene fra industrien er opphørt. Vannkvaliteten i fjorden er derfor blitt vesentlig forbedret, men fortsatt er deler av fjorden betydelig forurenset av miljøgifter fra tidligere utslipp.

Renseanlegget i Korsvikfjorden har vært i drift siden 1978. Anlegget mottar avløpsvann fra ca. 18.000 personer. Renset avløpsvann føres i ledning ut i sjøen til ytre del av Korsvikfjorden hvor det slippes ut på omkring 40 meters dyp.



Figur 1. Oversiktskart med dybdeforhold i Kristiansandsfjorden. Plassering av utslippspunkter for avløpsvann fra kommunens renseanlegg og Otraledningen er markert med sort piler.

1.3 Tidligere undersøkelser

Korsvikfjorden har tidligere vært undersøkt i 1977, 1983-84 og 1992-93. I 1977 ble bløtbunnsfauna undersøkt på to lokaliteter før utslippet fra renseanlegget ble etablert (Rygg 1979). Denne undersøkelsen kan tjene som referanse for senere undersøkelser. I 1983-84 ble bløtbunnsfauna og organismer i strandsonen undersøkt som ledd i en større basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden (Rygg 1985, Green mfl. 1985). I 1992-93 ble Korsvikfjorden igjen undersøkt samtidig med Vesterhavnområdet og resipienten for Odderøya renseanlegg (Oug mfl. 1994). Undersøkelsen omfattet de samme fagelementer som i 1983. Generelt har undersøkelsene vist at Korsvikfjorden har hatt god tilstand og at utslippet fra renseanlegget har påvirket området i liten grad. På grunt vann har det enkelte steder dog vært tegn til næringssaltpåvirkning og nedslamming (Oug mfl. 1994).

1.4 Mål

Undersøkelsen skal:

- Beskrive dagens tilstand i sjøområdet i Korsvikfjorden
- Vurdere tilstanden mot tidligere undersøkelser for å avklare eventuelle utviklingstendenser
- Gi grunnlag for senere oppfølgende undersøkelser

1.5 Faglig innhold i undersøkelsen

I undersøkelsen inngår flere fagelementer:

- Organismesamfunn i strandsonen (fastsittende alger og dyr)
- Bløtbunnsfauna og bunnsedimenter på dypere vann

Undersøkelsene i strandsonen er særlig rettet mot effekter av næringssalter. Fastsittende alger opptar næringssalter til vekst og produksjon. Ved overkonsentrasjoner av næringssalter vil trådformede og hurtigvoksende arter begunstiges og overvokse eller fortrenge større flerårige arter. Dersom utslippene av avløpsvann fører til forhøyde konsentrasjoner av næringssalter i vannmassene, vil dette vise seg ved endringer i artssammensetning og mengdefordeling i strandsonen.

Undersøkelsene av bløtbunnsfauna og bunnsedimenter vil indikere om tilførsler av organisk stoff og eventuell forsterket biologisk produksjon ved økte næringssalttilførsler belaster dypere områder. Ved høy belastning vil bare tolerante arter kunne leve i bunnsedimentene samtidig som det organiske innholdet øker. Ved svært dårlige forhold utvikles hydrogensulfidgass i bunnsedimentene, som da blir giftige for alle høyere organismer.

I undersøkelsen er det benyttet samme metodikk og samme prøvetakingsstasjoner som ved de tidligere undersøkelsene. Dette sikrer at resultater kan sammenlignes direkte med tidligere undersøkelser og gir godt grunnlag for å spore mulige endringer i tilstanden. Metodene er vanlig brukt ved miljøovervåking, og vil også, eventuelt med enkelte modifikasjoner, inngå i kravene til overvåking etter EUs vanddirektiv når disse er ferdig utformet.

Ved rapporteringen benyttes SFTs tilstandskriterier for fjorder og kystvann, kunnskap om forventet naturtilstand og foreløpige kriterier for økologisk status under EUs vanddirektiv.

I forslaget til program for Korsvikfjorden inngikk også dykkertransekt (0-30 m) på en lokalitet. Ved undersøkelsene i 1982-83 og 1993-94 ble det foretatt dykking for å beskrive organismesamfunn på hardbunn under strandsonen. Av praktiske grunner lot dette seg ikke gjennomføre i 2008. Det vil bli vurdert å gjennomføre dykkertransekt senere sammen med dykking i de andre resipientene i Kristiansandsfjorden.

2. Undersøkelser i strandsonen

Fastsittende alger benytter næringssalter i vannmassene til vekst og produksjon. Varige endringer i konsentrasjonsnivåene av næringssalter endrer vekstbetingelsene og kan være avgjørende for hvilke arter som er tilstede eller dominerer. Ved overkonsentrasjoner av næringssalter vil trådformede og hurtigvoksende arter begunstiges og kan etter hvert fortrenge større flerårige arter som ikke vokser like raskt. Dersom utslippene av avløpsvann fører til forhøyde konsentrasjoner av næringssalter i vannmassene, vil dette vise seg ved endringer i arter og mengdefordeling i strandsonen.

I næringssaltpåvirkede områder vil det også være en høy produksjon av organisk materiale som medfører økt partikkelavsetning på vegetasjon og i bunnområdene.

Formålet med foreliggende undersøkelse har vært å beskrive tilstanden i gruntvannsamfunnet og vurdere eventuelle utviklingstendenser i forhold til tidligere undersøkelser.

2.1 Stasjonsvalg og metodikk

Alger og dyr i strandsonen ble undersøkt med standard semi-kvantitative metoder (Norsk Standard 2002). Metoden går ut på å registrere alle fastsittende alger og dyr (> 1 mm) langs en strekning på ca. 8 meter og i 0-2 meters dyp ved snorkling. Artene kvantifiseres etter en 5-delt skala. Arter som ikke kunne artsbestemmes i felt, ble samlet inn og senere identifisert i mikroskop eller lupe.

Til sammen ble 4 stasjoner i Korsvikfjorden og 4 referansestasjoner undersøkt (**Tabell 1, Figur 2**). De fire stasjonene i Korsvikfjorden er alle undersøkt tidligere i basisundersøkelsen i 1983-84 (Green mfl. 1985) og i oppfølgingsundersøkelsen i 1992-93 (Oug mfl. 1994). Tre av referansestasjonene er også undersøkt tidligere av NIVA (Green mfl. 1985) eller av Per Arvid Åsen ved Agder Naturmuseum (Åsen 2006 a, b).

Undersøkelsen ble gjennomført 8. og 9. september 2008.

2.2 Resultater

2.2.1 Korsvikfjorden

F09 Gåsholmen

Ved Gåsholmen var det svært dårlig sikt i vannet og vanskelig å registrere mindre arter. Det er derfor sannsynlig at enkelte mindre arter ble oversett ved registreringer. De vanligste artene var tangartene sagtang (*Fucus serratus*) og blæretang (*Fucus vesiculosus*) samt mindre alger som rekeklo (*Ceramium rubrum*), sjøris (*Ahnfeltia plicata*) og brunslil (*Ectocarpus* spp.). De skorpeformede rødalgene fjæreblood (*Hildenbrandia rubra*) og rugl (*Corallinaceae*) dominerte på bart fjell og stein. Blåskjell (*Mytilus edulis*), mosdyr (*Membranipora membranacea*) og strandsnegl (*Littorina littorea*) var vanlige.

F10 Korsvik

Innerst i Korsvik var det også dårlig sikt i vannet og svært mye sjøstjerne-larver i vannmassene. De vanligste artene var fjæreblood på bart fjell og tangartene blæretang og sagtang. Småvokste arter som rekeklo, krusflik (*Chondrus crispus*), dokke (*Polysiphonia*), brunslil og vanlig grønn dusk (*Cladophora rupestris*) vokste spredt på fjell eller på tangen. Blåskjell, mosdyr og hydroider (*Dynamena pumila*) var vanlige.

Tabell 1. Undersøkte stasjoner i Korsvikfjorden og referanselokaliteter 2008. Stasjonenes koordinater er hentet fra et kartprogram i ettertid da medbrakt GPS stoppet under bruk i felt. Koordinatene er i formatet WGS 84.

Stasjon	Dato i felt	Koordinater	
<i>Korsvikfjorden</i>			
F09 Gåsholmen	08.09.2008	58.08.238 N 8.03.460 E	Sørlig vendt stasjon i liten bukt på fastlandet nord for Gåsholmen. Beskyttet
F10 Korsvik	08.09.2008	58.08.497 N 8.04.366 E	Sør-vestlig vendt stasjon på liten odde innerst i fjorden, øst for båthavna. Beskyttet
D09 Valvika	09.09.2008	58.07.914 N 8.03.969 E	Vestlig vendt lokalitet sør for utslippspunktet. Moderat eksponert
F11 Dvergsnestangen	09.09.2008	58.07.448 N 8.03.586 E	Vestlig vendt lokalitet på Dvergsnestangen. Moderat eksponert
<i>Referansestasjoner</i>			
D10b Dvergsøya (ref.)	09.09.2008	58.06.377 N 8.03.788 E	Vestlig vendt lokalitet på liten holme ved sørøst-spissen av Dvergsøya. Moderat eksponert
F41 Herøya (ref.)	09.09.2008	58.06.872 N 8.05.189 E	Sørlig vendt lokalitet på utsiden av molo ved innseilingen til Herøyakanalen. Moderat eksponert
F42 Kalvøya indre (ref.)	09.09.2008	58.06.082 N 8.06.112 E	Vestlig vendt lokalitet i liten bukt vest på Kalvøya. Beskyttet
F43 Flekkerøy (ref.)	09.09.2008	58.04.803 N 8.01.813 E	Vestlig vendt lokalitet på Senholmen, mellom Flekkerøy og Oksøy. Beskyttet

D09 Valvika

Stasjonen i Valvika skilte seg ut fra de to innerste stasjonene ved mindre påvekst på tangen og mindre mengder med blæretang. Sagtang og rekeklo dominerte på stasjonen, mens blæretang, rugl, fingertare (*Laminaria digitata*), vanlig grønndusk, sjøstjerner (*Asterias rubens*), hydroider og mosdyr var vanlige.

F11 Dvergsnestangen

Dvergsnestangen ligger litt lenger ut i fjorden enn Valvika, men stasjonene er ganske like med hensyn på helning og fysisk utforming. Stasjonen er noe mer utsatt for bølgeslag enn Valvik, og dette gjenspeiles i artssammensetningen. Penseldokke (*Polysiphonia brodiaei*) dominerte i øvre del av fjæresonen, tett etterfulgt av sagtang og fingertare. Laksesnøre (*Chaetomorpha melagonium*), vorteflik (*Mastocarpus stellata*), svartkluft (*Furcellaria lumbricalis*), sjøstjerner, mosdyr og blåskjell var vanlige.



Figur 2. Stasjoner for prøvetaking av strandsoneorganismer og bløtbunnsfauna.

2.2.2 Referansestasjoner

F41 Herøya

Stasjonen ble plassert på utsiden av moloen på Herøya. Bunnen bestod av store stein og fast fjell. Øverst i strandsonen vokste et tett dekke med penseldokke og med vanlig grønndusk og rekeklo innimellom. Litt lenger nede i sjøsonen dominerte sagtang. Tangen var begrodd med mosdyr og innimellom tangen vokste store busker av svartkluft. Stasjonen bar preg av bølgepåvirkning.

F42 Indre Kalvøya

Stasjonen ligger beskyttet til i en liten bukt. Det var fin skjellsand på litt dypere vann. Stasjonen hadde mange arter og de mest vanlige/dominerende var rekeklo, krusflik, rugl, vanlig grønndusk, svartkluft, vorteflik, sagtang, blæretang, fingertare og mosdyr. Vegetasjonen på stasjonen virket frisk og fin.

F43 Flekkerøy

Stasjonen ligger beskyttet til ved flere mindre skjær og holmer i ytre del av skjærgården. De vanligste artene var gresetang (*Ascophyllum nodosum*), sjøris, rekeklo, rugl, dokker og sagtang.

D10b Dvergsøy

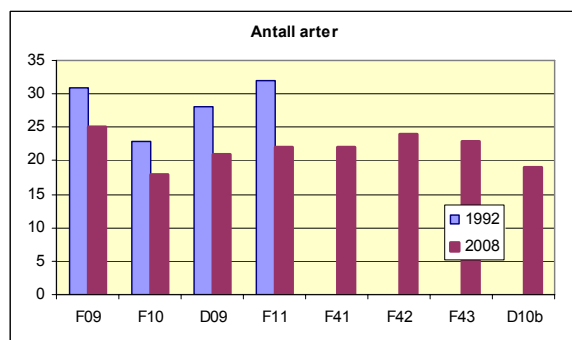
Stasjonen ligger på en liten holme SØ for Dvergsøy. Stasjonen er eksponert mot sør. Dominerende arter i strandsonen var rødlo (*Trailliella intricata*), rekeklo, krasing (*Corallina officinalis*), rugl, dokker, sagtang, skolmetang (*Halidrys siliquosa*), fingertare og rur (*Balanus* sp.). Stasjonen er den mest bølgeeksponerte av de undersøkte stasjonene og hadde en frisk og fin vegetasjon som skilte seg noe ut fra de øvrige stasjonene.

2.2.3 Antall arter og fordeling mellom algegrupper

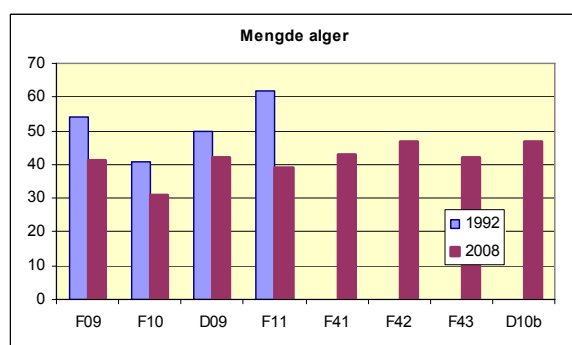
Til sammen ble det registrert 52 arter i strandsonen, fordelt på 42 alger og 10 dyr. De registrerte dyrene omfatter kun de vanligst forekommende dyr som blåskjell, rur, snegler, mosdyr og hydroider. Det var dårlig sikt i vannet og sterk vind som kan ha hatt innvirkning på antall arter som ble registrert. De vanligste artene er vist i **Tabell 2** sammen med data fra forrige undersøkelse i 1992. Fullstendig artsliste er gitt i Vedlegg A.

Det laveste artstallet ble funnet på F10 innerst i Korsvik med 18 arter (**Figur 3**). De øvrige stasjonene hadde mellom 20 og 25 arter i strandsonen. Også i 1992 ble det laveste artsantallet i Korsvikfjorden registrert ved den innerste stasjonen. Alle stasjonene hadde færre arter i 2008 enn i 1992. Dette kan delvis skyldes registreringsforholdene med mye vind og delvis at kun de vanligste dyrene ble tatt med i 2008.

Også mengden alger var lavest ved F10 og det var gjennomgående lavere algemengder i 2008 enn i 1992 (**Figur 4**). Arter som sjøris, krusflik og fingertare ble registrert med mindre mengde enn i 1992 på flere stasjoner (**Tabell 2**). Artslistene viser at det også var forskjeller i forekomst hos brunsl, rekeklo og for mindre vanlige arter som kun er registrert på en eller to stasjoner.



Figur 3. Antall arter på stasjonene i 1992 og 2008.



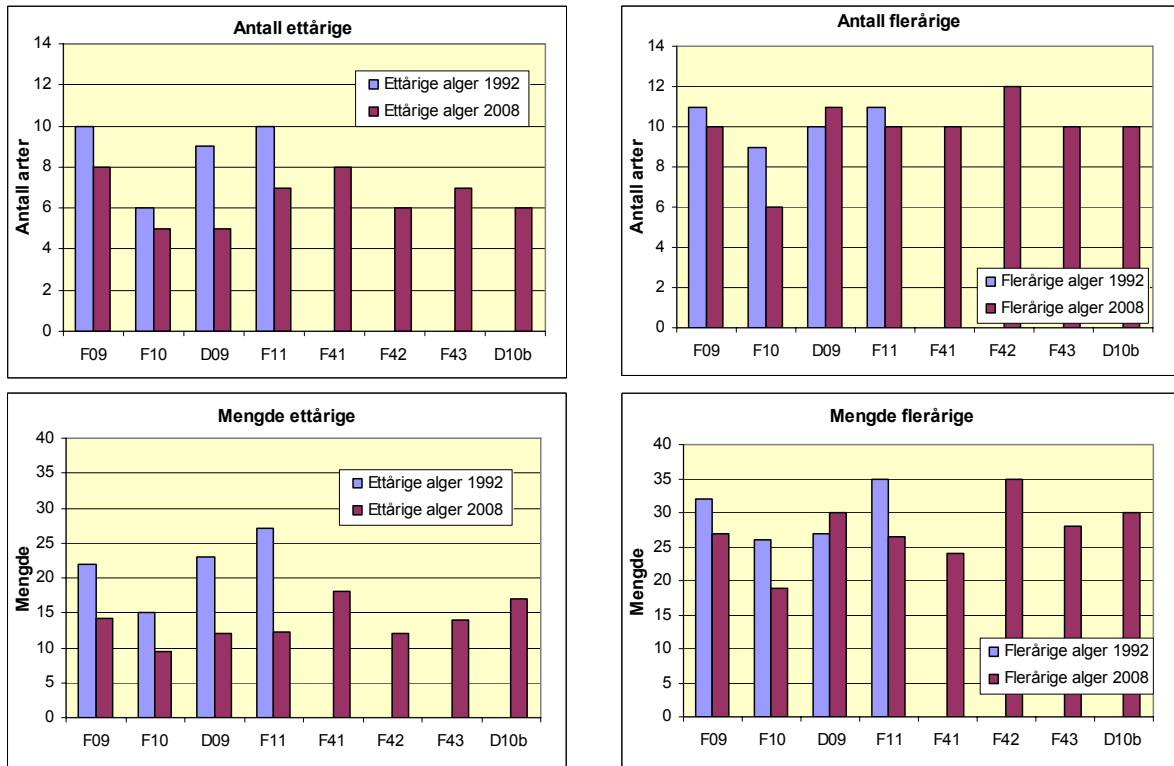
Figur 4. Mengde av alger på stasjonene i 1992 og 2008. Algenes forekomst (enkeltpunkt, spredt, vanlig, dominerende) er her erstattet med en tallverdi fra 1-4 og summert.

Tabell 2. De vanligste artene i strandsonen i Korsvikfjorden og på referansestasjoner i Kristiansandsfjorden. For stasjonene i Korsvikfjorden er data fra 1992 vist til sammenligning. Tegnforklaring: d= dominerende, v= vanlig, s= spredt, e= enkeltfunn. Arter som ikke er mengdevurdert i felt er merket med x.

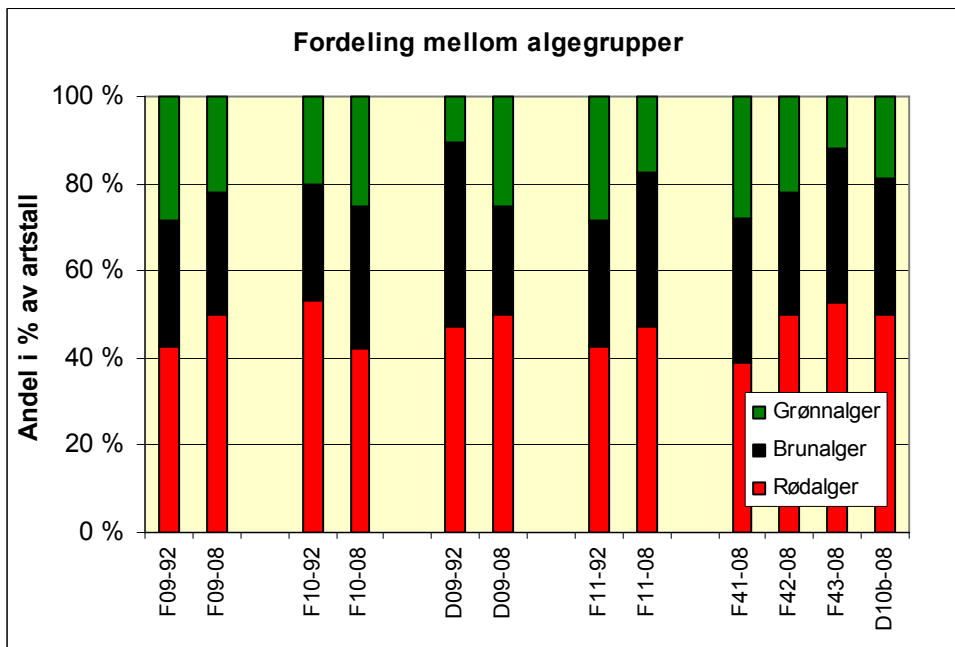
	Stasjonsnummer Stasjonsnavn Arstall	Korsvikfjorden								Referansestasjoner			
		F09	F09	F10	F10	D09	D09	F11	F11	F41	F42	F43	D10b
		Gaashlm 1992	2008	Korsvik 1992	2008	Valvika, sør 1992	2008	Dvergsnes 1992	2008	Herøy i l. 2008	Kalvø 2008	Flekke 2008	Dvergs 2008
Rødalger													
Sjøris	<i>Ahnfeltia plicata</i>	s	v	v		d	s	d	s		s	d	
Rødpusling	<i>Audouiniella</i> sp.		x			v							
Rødlo	<i>Bonnemaisonia hamifera</i> : sporp.												d
Vanlig rekeklo	<i>Ceramium rubrum (nodulosum)</i>	v	v	v	s	v	d	d	x	v	v	v	v
Lys rekeklo	<i>Ceramium strictum</i> -gr		x			v		v					
Krusfliik	<i>Chondrus crispus</i>	v	e	v	s	v	s	v		s	v	s	
Krasing	<i>Corallina officinalis</i>												v
Rugl	Corallinaceae skorpeformet	v	v	v	v	v	v	s		s	v	d	d
Svart/rødkluft	<i>Furcellaria/Polyides</i>	s	s	s		e	s	v	v	v	v	s	
Fjæreblod	<i>Hildenbrandia rubra</i>	d	d	v	d	d	d	v	v	v	d	d	d
Vortefliik	<i>Mastocarpus stellata</i>							v			v	x	s
-blekke	<i>Phyllophora</i> sp.						s	v			v		
-dokke	<i>Polysiphonia</i> spp.	s	s	v	s	s	s	d	d	d		v	d
Brunalger													
Grisetang	<i>Ascophyllum nodosum</i>		s			e						v	
Brunslie	<i>Ectocarpus</i> sp.	v	v	d	s-v	v		v	x		s	s	
Tanglo	<i>Elachista fucicola</i>					v	s	v	s	s	s		
Sagtang	<i>Fucus serratus</i>	d	v-d	d	d	d	d	d	v-d	d	d	d	d
Blæretang	<i>Fucus vesiculosus</i>	d	d	d	d	v	v	v		s	d	s	
Skolmetang	<i>Halidrys siliquosa</i>												d
Fingertarte	<i>Laminaria digitata</i>	d	s	s		s	v	d	v	v	d		v
Tvinnesli	<i>Spongonema tomentosum</i>					v							
Grønnalger													
Vanlig laksesnøre	<i>Chaetomorpha melagonium</i>	e					s	s	v	s	e		s
Vanlig grønn dusk	<i>Cladophora rupestris</i>	v	s-v	s	s	v	v	v		v	v		s
Grønn dott	<i>Spongomorpha</i> sp.	s						v	s	s			s
Marebek	<i>Verrucaria maura/Calothrix scopulorum</i>						d		d	d	v	s	d
Fauna													
Korstroll	<i>Asterias rubens</i>	v	s	s	s	s		v	v				
Rur	<i>Balanus</i> sp.		e	v		e	s	v	s	s	s		d
Siksakhår	<i>Dynamena pumila</i>	v	s	v	v	d	v	v			v		
Mosdyr	Bryozoa indet.	v		v	e	v		d			x		
Strandsnegl	<i>Littorina littorea</i>	s	v	v	s	s		v			s	s	
Mosdyr	<i>Membranipora membranacea</i>	v	v	v	v	v	v	v	v	d	d	s	v
Blåskjell	<i>Mytilus edulis</i>	v	v	s	v	v		v	v			s	
Trekantmark	<i>Pomatoceros triqueter</i>	s						v					

Figur 5 viser antall arter og forekomst (mengde) fordelt på ettårige hurtigvoksende alger og flerårige alger. Både antall arter og mengden av ettårige alger var høyere i 1992 enn i 2008. For de flerårige artene var det mindre forskjeller. På stasjon D09 var det en liten økning i antall arter og mengde av flerårige arter.

I **Figur 6** er det vist en prosentfordeling mellom antall arter innen de ulike algegruppene rødalger, brunalger og grønnalger. Under normale miljøforhold er det flest rødalger fulgt av brunalger med fordelingsprosent på henholdsvis $45 \pm 10\%$, $35 \pm 10\%$ og $15 \pm 10\%$ for de tre gruppene. Alle stasjonene i Kristiansandsfjorden hadde forholdsvis høy andel av grønnalger og noe lav andel av brunalger. Stasjonene i Korsvikfjorden skilte seg ikke ut fra referansestasjonene. Det var heller ingen større, systematiske forskjeller fra undersøkelsen i 1992.



Figur 5. Antall arter og mengde av ettårige og flerårige alger.



Figur 6. Fordeling mellom antall arter av rødalger, brunalger og grønnalger.

2.3 Vurdering av resultatene

Resultatene viser ikke overraskende at den minst artsrike stasjonen var F10 innerst i Korsvik. Stasjonen ligger nær en båthavn som også har innvirkning på vannkvaliteten i overflaten. Det var liten forskjell mellom stasjonene ytterst i Korsvikfjorden og referansestasjonene. Resultatene tyder på gode forhold i Korsvikfjorden og det kan ikke registreres effekter av utslippet fra renseanlegget på strandsonen.

Alle stasjonene hadde færre arter i 2008 enn i 1992. Dette kan delvis skyldes registreringsforholdene med mye vind og delvis at kun de vanligste dyrene ble tatt med i 2008. Det har vært en liten nedgang i mengden ettårige, hurtigvoksende alger siden 1992, som kan tyde på en positiv utvikling. Antallet og mengden av flerårige arter har ikke vist samme nedgang og understøtter dette.

Fordelingen mellom antall arter innen de ulike algegruppene (rødalger, brunalger og grønnalger) var normal og stasjonene i Korsvikfjorden skilte seg ikke ut fra referansestasjonene. Det var heller ingen større, systematiske forskjeller fra 1992.

3. Bløtbunnsfauna og bunnsedimenter

Bløtbunn finnes på alle steder med lokal beskyttelse mot strøm og bølgepåvirkning og hvor finmateriale avsettes på bunnen. I forbindelse med avløpsvann vil bløtbunnsområdene være utsatt for avsetning av organisk stoff og små partikler fra utslippet. I tillegg vil materiale fra økt plantevekst i strandsonen og i vannmassene ved forhøyd næringssaltinnhold avsettes på fjordbunnen. Avsetningen har betydning for organisk innhold i bunnsedimentene, naturlig omsetning av materiale i bunnsedimentene og hvilke organismer som lever der.

Bunnfauna undersøkes med hensyn på antall arter, individtettheter og artssammensetning. Under normale forhold vil mange arter opptre, mens under dårlige forhold går antall arter ned samtidig som bare de mest tolerante kan finne livsbetingelser. Ved vurdering av tilstand tas derfor hele samfunnet av bunndyr i betraktning. Bunnsedimentene undersøkes med hensyn på kornfordeling (% silt og leire) og organiske komponenter (totalt organisk karbon, totalt nitrogen). Dette er støtteparametre som er viktige for tolkning av faunadata, samtidig som parametrene gir informasjon om graden av belastning på sedimentene.

3.1 Metodikk

3.1.1 Valg av stasjoner

Bunnprøvene ble tatt på lokaliteten benevnt K7 på 76 m dyp sentralt i Korsvikfjorden (**Figur 2**). Denne lokaliteten ble etablert ved basisundersøkelsen i 1983 og ble også undersøkt i 1993. Ved den første undersøkelser i 1977 ble det tatt prøver på 65 m dyp (benevnt st. KO2) litt innenfor stasjon K7 og på 105 m dyp (KO3) lenger ut i ytre Korsvikfjorden.

Samtidig med stasjon K7 ble det tatt prøver på i alt seks andre stasjoner i Kristiansandsfjorden som inngår i undersøkelsene av sjøresipientene (**Figur 2**). Alle stasjonene har vært innsamlet tidligere. Stasjonsbenevnelser fra tidligere undersøkelser er beholdt.

Koordinater for stasjonene ved innsamlingen i 2008 er gitt i Vedleggstabell B1.

3.1.2 Prøvetaking

I Korsvikfjorden ble det tatt fire parallelle prøver med 0,1 m² van Veen bunngrabb. Fra en av prøvene (replikat II) ble det tatt en delprøve av overflatesediment til analyse av sedimentkomponenter. På de andre stasjonene i Kristiansandsfjorden ble det gjennomført et tilsvarende prøvetakingsprogram.

Til analyse av bunnfauna ble sedimentfanget i hver grabbprøve vasket på 5 mm og 1 mm sikter for fjerning av finmateriale. Sikteresten ble fiksert i 4-6 % nøytralisert formaldehydløsning og brakt til laboratorium for videre sortering og artsbestemmelse. Ved prøvetakingen ble sedimentet i alle prøvene inpsisert for lukt, farge, sjiktning og visuelle objekter.

Delprøvene av overflatesediment til analyse av sedimentkomponenter ble tatt med skje gjennom inspeksjonsluke på oversiden av bunngrabben. Delprøven representerer sjiktet 0-1 cm av overflatesedimentet. Prøvene ble analysert for innhold av finstoff (partikler < 0,063 mm) og organisk materiale, målt ved totalt organisk karbon (TOC) og totalt nitrogen (TN). Sedimentprøvene ble frosset ned fram til analyse.

Prøvetakingen ble gjennomført i henhold til spesifikasjonene i Norsk Standard for undersøkelser av bløtbunnsfauna i marint miljø (Norsk Standard 1998). I standarden er fire prøver (0,1 m²) av bunnfauna satt som minstrekrav for undersøkelser av resipienter for kommunalt og industrielt avløpsvann.

Prøvetakingen ble foretatt 27. mai 2008. Under prøvetakingen var det pent vær, 15-20 °C og flau vind til lett bris.

3.1.3 Analyser

Sedimentets finfraksjon ble bestemt ved våtsikting på 0,063 mm sikt. Innhold av organisk materiale ble bestemt ved analyse for totalt organisk karbon (TOC) og totalt nitrogen (TN) i en elementanalysator. TOC ble bestemt etter at uorganiske karbonater var fjernet med saltsyre.

Prøvene for bunnfauna ble håndsortert under 4-6 x forstørrelse. Alle dyr ble identifisert og telt, og overført til 70 % etanol for oppbevaring. Identifiseringen ble i hovedsak utført til artsnivå. Samtidig med sorteringen ble det foretatt en visuell beskrivelse av siktematerialet.

Bunnfaunaen karakteriseres ved totalt antall arter, totalt antall individer for artene, artsmangfold (=diversitet) og artssammensetning. Artsmangfoldet kan uttrykkes matematisk ved indekser som beregnes på grunnlag av antall arter og de enkelte artenes individtall i prøvene. I denne undersøkelsen er *Shannon-Wiener indeks* (H') og *Hurlbert indeks* E(S₁₀₀) benyttet.

3.1.4 Bedømming av miljøtilstand

Ved vurderingen av analyseresultatene er SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann lagt til grunn (Molvær mfl. 1997). Dette systemet opererer med fem tilstandsklasser fra klasse I 'meget god tilstand' til klasse V 'meget dårlig tilstand'. Måleparametrene som benyttes er organisk innhold i sedimentene (TOC) og artsmangfold for bunnfaunaen (H', E(S₁₀₀)). Verdiområdet for parametrene og grenseverdiene for klassene er vist i **Tabell 3**.

I tillegg til indeksene for artsmangfold ble det beregnet fire indekser som nylig er utviklet i forbindelse med vanddirektivet. Disse omfatter to indekser for artssammensetning som gjenspeiler forholdet mellom forurensningsømfintlige og tolerante arter (AMBI og ISI), og to såkalte multimetriske indekser som kombinerer artsmangfold og artssammensetning (NQ1 og NQ2). For disse indeksene er det utviklet foreløpige klassifikasjonssystemer med liknende struktur som SFTs system. Disse indeksene ble her benyttet for å indikere hvordan Korsvikfjorden vil bli klassifisert etter vanddirektivets metodikk.

For sedimentene er det beregnet forholdstall mellom karbon (TOC) og nitrogen (TN). Forholdstallet vil avhenge av det organiske materialets art og indikere noe om hvilken opprinnelse materialet har.

Tabell 3. SFTs system for klassifisering av miljøtilstand med hensyn på organisk innhold (TOC) i bunnsediment og bløtbunnsfauna (Molvær mfl. 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	Hurlberts indeks (ES _{n=100})	>26	26-18	18-11	11-6	<6
bløtbunnsfauna	Shannon-Wiener indeks (H)	>4	4-3	3-2	2-1	<1

3.2 Resultater

3.2.1 Bunnforhold og sedimenter

I Korsvikfjorden var det finkornet normalt fjordsediment med synlige organismer (**Tabell 4**). Sedimentet var lyst, virket friskt og var uten lukt. I bunnsedimentet var det litt fin grus, noen småstein og litt bark, sagflis og planterester. I ytre Østerhavn (st. K31) og ved Bredalsholmen (st. K40) var det tilsvarende lyst bunnsediment, mens det i indre områder av Kristiansandsfjorden var mørkere sedimenter.

Tabell 4. Prøvetaking av bunnfauna og sedimenter i Korsvikfjorden og andre lokaliteter i Kristiansandsfjorden 27. mai 2008. For alle stasjonene er det gitt visuelle observasjoner av bunnforhold og sedimenter. For Korsvikfjorden er også innhold i restmateriale etter vasking på 1 mm sikt gitt. Koordinater for stasjonene og prøvetakingsprogram er gitt i Vedleggstabell B1.

Stasj.	Dyp (m)	Observasjoner	Sikterest (materiale > 1 mm)	
K 7	Korsvikfjorden	72	Grå til lysbrun leire med brunlig topplag med litt rødskjær. Spredte orangerfargede flekker på overflaten, kan være bakterier (?). Overflatefarge 5Y 4/2 (repl III). Ingen lukt. Lettvasket sediment. Sjømus i flere hugg. Helt fulle grabber (volum 18 liter).	Volum 0,5-2 dl per hugg. Fin grus og småstein. Noen barkbiter, litt treflis og bladrester. Rester av rør av børstemark. Litt skallrester av snegl og muslinger (<i>Turritella</i> , <i>Nucula</i>).
Andre stasjoner i Kristiansandsfjorden				
K 16	Fiskåbukta	17	Mørk grå silt og leire med 0,5-1 cm gråbrunt topplag. Ingen lukt.	
K 24	KMV-tomta	23	Veldig mørk grå silt og leire, svartaktig nedover, ca 1 cm gråbrunt topplag. Klebrig sediment. Dårlig lukt, men ikke H ₂ S.	
K 25	Odderøya	65	Mørk grå silt og leire med en del sand, med ca 1 cm olivenfarget topplag.	
K 31	Østerhavn	162	Grå silt og leire med brunlig topplag. Ingen lukt. Planterester (krypsiv) i grabbkjeft og på grabbarmer.	
K 40	Bredalsholmen	62	Grå silt og leire med 0,5-1 cm brunlig olivenfarget topplag. Spredte orangerfargede flekker på overflaten. Ingen lukt.	
K42	Otraledningen	62	Mørk grå sandig silt med mye planterester. Flekkvis bakterievekst (<i>Beggiatoa</i>) på overflate. Lukt av H ₂ S.	

Analysene av bunnsedimentet viste at dette besto av nær 70 % silt og leire (**Tabell 5**). Det var lignende innhold av finstoff ved Bredalsholmen og ved KMV-tomta i Vesterhavn, mens de andre stasjonene hadde alle mer finkornige sedimenter. Både Korsvikfjorden og Bredalsholmen som har åpen forbindelse med hovedbassenget i Kristiansandsfjorden, influeres nok i noen grad av

bunnstrømmer. I områdene med svært finkornede sedimenter er det bare svake bunnstrømmer og lite vannbevegelser ved bunnen.

Innholdet av organisk materiale var nokså normalt og tilsvarte tilstandsklasse II ('god tilstand') etter SFTs kriterier (**Tabell 5**). Dette er et godt resultat, tatt i betraktning at SFTs kriterier i mange tilfeller gir for dårlig karakteristikk for indre fjordområder på Sørlandet, som ofte har naturlig høyt innhold av organisk materiale. Resultatet for Bredalsholmen var svært likt, mens de andre stasjonene hadde høyere organisk innhold.

Tabell 5. Finstoff (silt og leirpartikler) og organisk innhold (TOC) i sedimenter fra Kristiansandsfjorden 27. mai 2008. Ved klassifiseringen etter SFTs miljøkvalitetskriterier er målte TOC-verdier normert til 100 % finstoff i sedimentet (Molvær mfl. 1997).

Stasjon	Dyp	Andel silt-leir (<63µm)	TOC	Norm TOC	SFT klasse
	m	%, tørrv.	mg/g	mg/g	
K7 Korsvikfjorden	72	67	14,4	20,3	II
Ytre fjord					
K31 Østerhavn	162	97	34,4	34,9	IV
K25 Odderøya	65	92	33,9	35,3	IV
K40 Bredalsholmen	62	66	13,9	20,0	II
Indre fjord					
K16 Fiskåbukta	17	92	53,2	54,6	V
K24 Vesterhavn, KMV-tomta	23	65	29,0	35,3	IV

Materialet inneholdt relativt sett lite nitrogen og fikk et nokså høyt forholdstall mellom karbon og nitrogen (C/N) (**Tabell 6**). Dette tyder på at organisk materiale i stor grad er tilført fra land. I sedimenter hvor det organiske materialet i hovedsak har marint opphav (f.eks. fra plankton-organismer) vil C/N-forholdet være 6-8, mens det i sedimenter som tilføres vesentlige mengder fra land, vil overstige 10-12.

Verdiene for både karbon og nitrogen var redusert i forhold til de tidligere undersøkelsene i Korsvikfjorden (**Tabell 6**). Dette peker i retning av en generell nedgang i tilførsler av organisk materiale. C/N-forholdet var derimot høyere, spesielt i forhold til undersøkelsen i 1993. Kanskje kan dette antyde at sedimentene ved tidligere undersøkelser ble tilført mer marint produsert materiale. Resultatene bør nok tolkes med varsomhet med hensyn på tidsutvikling fordi lokal stedlig variasjon også influerer på verdiene, men det er ikke noe som tyder på at tilførsler fra land har endret seg i negativ retning.

Tabell 6. Innhold av organisk karbon (TOC) og nitrogen (TN) og forholdstallet mellom karbon og nitrogen (C/N-forholdet) i Korsvikfjorden. Resultater fra tidligere prøvetaking er vist for sammenligning (Næs 1985, Oug mfl. 1994).

År	Referanse	Dyp	Andel silt-leir (<63µm)	TOC	TN	C/N
		m	%, tørrv.	mg/g	mg/g	
2008	Denne undersøkelsen	72	67	14,4	1,1	13,1
1993	Oug mfl (1994)	70-74	91	19,2	2,1	9,1
1983	Næs (1985)			25,0	2,1	11,9

3.2.2 Bunnfauna

I bunnprøvene fra Korsvikfjorden ble det identifisert mer enn 70 arter (**Tabell 7**). Dette er et nokså normalt antall arter for bunnsedimenter med noe innslag av sand og grus. Individtetthetene var normalt høye. Begge indeksene for artsmangfold (H' , $E(S_{100})$), som reflekterer sammensetningen av organismesamfunnet, fikk høye verdier. I henhold til SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet tilsvarer indeksverdiene klasse I 'meget god tilstand', som representerer et samfunn som ikke er utsatt for negative ytre påvirkninger.

I **Tabell 8** er bunnfaunaen karakterisert i henhold til kvalitetssystemet som utvikles under EUs vanndirektiv. Alle indeksene som inngår i dette systemet, fikk verdier som tilsvarer klassene 'svært god tilstand' eller 'god tilstand'. Dette er tilstandsklasser hvor økologisk status for vannforekomsten betraktes å ikke avvike særlig fra naturtilstanden. For å oppnå dette må både fordelingsmønstre mellom artene og forekomst av forurensningsømfintlige arter være som i et normalt organismesamfunn.

De viktigste organismegruppene var børstemark, båndmark, muslinger og slangestjerner (**Tabell 9**). Dette er alle organismer som er normalt forekommende på bløtbunn i kyst- og fjordområder. De mest markante artene var sjømusen *Brissopsis lyrifera* og den røde slangestjernen *Amphiura chiajei*. Begge disse er vanlig på moderate dyp i Skagerrak. De fleste artene av børstemark er svært små.

Fullstendige resultater fra bunnfaunaprøvene er vist i Vedlegg B.

Tabell 7. Sammenfattende data for faunaen i Korsvikfjorden 2008. Indekser for artsmangfold: H' = Shannon-Wiener indeks (\log_2), $E(S_{100})$ = Hurlberts indeks (artstall pr. 100 individer). Tilstandsklasser i henhold til SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet er vist med fargekodning: blå = klasse I 'meget god' (Molvær mfl. 1997).

Stasjon	Areal	Artstall	Ind.	Ind/m ²	H'	E(S ₁₀₀)
Korsvikfj K7	0,4	76	835	2088	4,45	29,1
repl I	0,1	39	191			
repl II	0,1	43	264			
repl III	0,1	42	160			
repl IV	0,1	42	220			

Tabell 8. Karakterisering av økologisk tilstand i Korsvikfjorden basert på indekser som utvikles under EUs vanndirektiv. Indeksene Shannon-Wiener H' og $ES(100)$ vil bli benyttet også under vanndirektivet, men med justerte klassegrenser i forhold til SFTs system.

Indeks	Grenseverdier for tilstand			Korsvikfjorden Stasjon K7 2008
	Svært god	God	Moderat	
H'	> 3,8	3,0-3,8	1,9-3,0	4,5
ES100	> 25	17-25	10-17	29,1
ISI	> 8,4	7,5-8,4	6,1-7,5	9,6
AMBI	< 1,2	1,2-3,3	3,3-4,3	3,0
NQ1	> 0,72	0,63-0,72	0,49-0,63	0,71
NQ2	> 0,65	0,54-0,65	0,38-0,54	0,66

Tabell 9. Dominerende arter på stasjon K7 i Korsvikfjorden 27. mai 2008. Alle arter med tetthet > 10 individer per m² er vist.

	Ind /m ²
NEMERTINEA (båndmark)	
Nemertinea indet	120
POLYCHAETA (flerbørstemark)	
<i>Gattyana amondseni</i>	20
<i>Pholoe baltica</i>	13
<i>Nephtys incisa</i>	53
<i>Glycera alba</i>	18
<i>Glycera rouxii</i>	13
<i>Abyssoninoe hibernica</i>	138
<i>Levinsenia gracilis</i>	140
<i>Prionospio fallax</i>	410
<i>Prionospio multibranchiata</i>	13
<i>Spiophanes kroeyeri</i>	180
<i>Chaetozone setosa</i>	13
<i>Polyphysia crassa</i>	23
<i>Heteromastus filiformis</i>	295
Euclymeninae indet	28
<i>Rhodine loveni</i>	38
<i>Eclysippe vanelli</i>	13
<i>Paramphitrite tetrabranchiata</i>	28
<i>Polycirrus plumosus</i>	48
BIVALVIA (muslinger)	
<i>Nucula sulcata</i>	25
<i>Thyasira</i> sp	18
<i>Montacuta tenella</i>	58
<i>Abra nitida</i>	40
ECHINODERMATA (pigghuder)	
<i>Amphiura chiajei</i>	110
<i>Brissopsis lyrifera</i>	15

I **Tabell 10** er resultatene sammenlignet med de tidligere undersøkelsene. I stor grad har de samme artene vært tilstede i hele perioden fra forundersøkelsen i 1977. Prøvetakingen i 1993 skilte seg ut med noe nedsatt artstall og lav individtetthet, men ved de andre undersøkelsene var antall arter og individtettheter normale. I 1983 var arts mangfoldet lavere enn ved de andre undersøkelsene. Det var høye tettheter for børstemarkene *Chaetozone setosa* og *Heteromastus filiformis* som ofte øker ved organisk anrikning. Dette resultatet er tidligere tolket som en mulig effekt av utslippet (Rygg 1985).

I **Tabell 11** er det vist en beregning av likhet i faunasammensetning mellom stasjonene og prøvetakingsårene. Bunnfaunaen i 2008 var mest lik med 1993 (0,58) og var litt mer ulik de tidligere årene. Tilsvarende var bunnfaunaen i 1983 mest lik 1977 (0,56, 0,57). Dette indikerer at det har vært en gradvis endring i organismesamfunnet over tid. Det var størst likhet mellom de to stasjonene i 1977 (0,71), som indikerer at faunavariasjonene over dyp var mindre enn endringene over tid.

Tabell 10. Sammenlignende data for bløtbunnsfauna i Korsvikfjorden 1977-2008. Individtettheter (ind/ 0,4 m²) for de 20 dominerende artene, totale artstall, totale individtall og beregnede verdier for artsmangfold. Arter (taksa) som er sannsynlige synonymer mellom årene er slått sammen. Organismegrupper: b = børstemark, bm = båndmark, sl = slangestjerne, m = musling

		KO2-77	KO3-77	K7-83	K7-93	K7-08
<i>Chaetozone setosa /Chaetozone sp</i>	b	73	46	419	30	5
<i>Levinsenia gracilis</i>	b	39	241	24	28	56
<i>Prionospio fallax</i>	b	62	88	49	11	164
<i>Heteromastus filiformis</i>	b	9	6	223	18	118
<i>Nemertinea indet</i>	bm	70	36	92	7	48
<i>Tharyx marioni</i>	b	82	124	26	-	-
<i>Orbinia norvegica</i>	b	149	25	-	-	-
<i>Caulleriella /Tharyx killariensis</i>	b	63	89	-	-	3
<i>Abyssoninoe hib /Lumbrineris sco/tetr</i>	b	32	17	20	16	55
<i>Mugga wahrbergi</i>	b	120	14	-	-	1
<i>Spiophanes kroeyeri</i>	b	11	22	2	9	72
<i>Amphiura chiajei</i>	sl	3	8	22	26	44
<i>Terebellides stroemi</i>	b	62	25	12	1	2
<i>Thyasira flexuosa/sarsi/sp</i>	m	18	28	10	7	11
<i>Paradoneis lyra /eliasoni</i>	b	36	14	8	-	2
<i>Polyphysia crassa</i>	b	3	10	10	26	9
<i>Abra nitida</i>	m	20	10	-	11	16
<i>Prionospio cirrifera</i>	b	24	22	6	2	1
<i>Scalibregma inflatum</i>	b	8	23	22	-	1
<i>Diplocirrus glaucus</i>	b	13	6	12	17	2
Antall arter		67	88	60	52	76
Antall individer (0,4 m ²)		1103	1066	1141	342	835
Artsmangfold Shannon-Wiener H'		4,7	4,6	3,6	5,0	4,5

Tabell 11. Likhet i sammensetningen av bløtbunnsfauna mellom prøvetakingsstasjoner og år i Korsvikfjorden 1977-2008. Beregningene er foretatt ved Bray-Curtis likhetsmål (= Czekanowski) på logaritmetransformerte data. Arter (taksa) som er sannsynlige synonymer mellom årene er slått sammen ved beregningene.

	K7 1993	K7 1983	KO2 1977	KO3 1977
K7 2008	0,58	0,52	0,50	0,49
K7 1993	-	0,53	0,51	0,47
K7 1983	-	-	0,56	0,57
KO2 1977	-	-	-	0,71

3.3 Vurdering av resultatene

Undersøkelsen av sedimenter og bløtbunnsfauna viste at det var normale forhold og god tilstand i Korsvikfjorden. Alle indekser som benyttes for å vurdere tilstand indikerte 'meget god tilstand' eller 'god tilstand' både etter SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann og etter systemet som er under utvikling til vanddirektivet. Undersøkelsen har derfor ikke vist noen effekter som kan knyttes til utslippet av avløpsvann.

Sammenlignet med tidligere prøvetakinger har det vært en viss endring i faunaens sammensetning. I 2008 hadde bunnfaunaen størst likhet med faunaen i 1993, mens det var noe større forskjeller til 1983 og 1977. I 1983 dominerte arter som ofte øker ved organiske tilførsler. Dette ble tolket som en mulig påvirkning av utslippet etter at dette ble etablert (Rygg 1985). I 1993 var disse artene redusert og det ble heller ikke påvist andre mulige effekter av organiske påvirkning (Oug mfl. 1994). Over tid kan det derfor se ut til at utslippet kan ha påvirket bløtbunnsområdene i første fase etter at det ble etablert, men at dette senere har avtatt. Endringer i organismesamfunnene over tid foregår også naturlig, blant annet som en følge av varierende rekruttering for artene fra år til år. En samlet analyse av bunnfauna på et bredt utvalg i Kristiansandsfjorden i 1993 viste imidlertid at endringene i Korsvikfjorden var små sammenlignet med andre områder (Oug mfl. 1994). Denne undersøkelsen viser at det heller ikke fram til 2008 har inntruffet noen vesentlige forandringer i Korsvikfjorden.

4. Litteratur

- Green NW, Knutzen J, Åsen PA. 1985. Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden. Delrapport 3: Gruntvannssamfunn 1982-1983. Statlig prog. forurensningsovervåk 189/85, NIVA rapport 1747. SFT/NIVA. 135 s.
- Molvær J, Solheim HI, Källqvist T. 1986. Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden. Delrapport V: Vannutskiftning og vannkvalitet. Statlig prog. forurensningsovervåk 260/86. NIVA rapport 1993. SFT/NIVA. 78 s.
- Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. SFT Veiledning 97:03. SFT. 36 s.
- Norsk Standard 1998. Vannundersøkelse. Retningslinjer for kvantitative undersøkelser av sublitoral bløtbunnsfauna i marint miljø. NS 9423. Norsk Allmennstandardisering, NAS. Oslo. 16 s.
- Norsk Standard 2002. Vannundersøkelse. Retningslinjer for marinbiologiske undersøkelser på litoral og sublitoral hardbunn. NS 9424. Norsk Allmennstandardisering, NAS. Oslo. 22 s.
- Næs K. 1985. Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden. Delrapport II: Metaller i vannmassene, metaller og organiske miljøgifter i sedimentene 1983. Statlig prog. forurensningsovervåk 193/85, NIVA rapport 1754. SFT/NIVA. 62 s.
- Oug E, Jacobsen T, Moy F. 1994. Overvåking av Kristiansandsfjorden 1992-93. Hardbunnsorganismer og bløtbunnsfauna ved Odderøya, i Vesterhavn og i Korsvikfjorden. NIVA rapport 3075. 56 s.
- Rygg B. 1979. Overvåking av Korsvikfjorden ved Kristiansand. Dyrelivet på bløtbunn som indikator på virkninger av avløpsvann fra kommunalt kloakkrenseanlegg. NIVA rapport O-77041. 12 s.
- Rygg B. 1985. Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden. Delrapport I. Bløtbunnsfaunaundersøkelser 1983. Statlig prog. forurensningsovervåk 176/85, NIVA rapport 1711. SFT/NIVA. 60 s.
- Åsen, P.A. 2006a. Marin benthosalgevegetasjon i Vest-Agder (Hydra-Kristiansand) 2005. Oppdykking av 11 stasjoner fra 1976-1988 med spesiell referanse til sukkertare (*Laminaria saccharina*). Agder naturmuseum rapport nr 2006-1.
- Åsen, P.A. 2006b. Utviklingen av marin benthosalgevegetasjon i Vest-Agder (1976-2005) med spesiell referanse til sukkertare (*Laminaria saccharina*). Agder naturmuseum rapport nr 2006-2.

Vedlegg A. Strandsone

Vedleggstabell. Alle arter registrert i Korsvikfjorden og på referansestasjoner i 2008. Tegnforklaring: 4= dominerende, 3= vanlig, 2= spredt, 1= enkeltfunn. Arter som ikke er mengdevurdert i felt er merket med 0,1.

O-nummer	O-28209	O-28209	O-28209	O-28209	O-28209	O-28209	O-28209	O-28209
Arstall	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008
Stasjonsnavn	Gaashlm	Korsvik	Valvik	Dvergsnes	Herøya	I.Kalvøya	Flekkerøy	Dvergsøy
	F09	F10	D09	F11	F41	F42	F43	D10b
	08.09.2008	08.09.2008	09.09.2008	09.09.2008	09.09.2008	09.09.2008	09.09.2008	09.09.2008
Dato for feltarb								
Nordlig koordinat	5808238	5808497	5807914	5807448	5806872	5806082	5804803	5806377
Østlig koordinat	803460	804366	803969	805586	805189	806112	801813	803788
Indre(1), midtre (2), ytre (3) kyst	2	2	2	2	2	2	2	2
Eksponering (1=beskyttet 3= eksponert)	1	1	2	2	3	1	1	3
Rødalger								
Ahnfeltia plicata	3		2	2		2	4	
Audouiniella sp.	0,1							
Bonnemaisonia hamifera: sporp.								4
Ceramium rubrum (nodulosum)	3	2	4	0,1	3	3	3	3
Ceramium strictum-gr	0,1							
Chondrus crispus	1	2	2		2	3	2	
Corallina officinalis								3
Corralinaceae skorpeformet	3	3	3	2	2	3	4	4
Dumontia contorta				2	2			2
Furcellaria lumbricalis			2	3	3	3	2	
Hildenbrandia rubra	4	4	4	3		4	4	4
Mastocarpus stellata				3		3	0,1	2
Palmaria palmata						1		
Phyllophora pseudoceranoides			2				3	
Plumaria elegans						1		
Polyides rotundus	2							
Polysiphonia brodiaei				4	4			4
Polysiphonia elongata								0,1
Polysiphonia fibrillosa (violacea)	0,1	0,1						
Polysiphonia fucoides (=nigrescens)	2	2	2		0,1		3	0,1
Rhodomela confervoides					2			
Brunalger								
Ascophyllum nodosum	2						3	
Chorda filum		2			1		2	
Chordaria flagelliformis				2	2			
Ectocarpus sp.	3	2,5		0,1		2	2	
Elachista fucicola			2	2	2	2		
Fucus serratus	3,5	4	4	3,5	4	4	4	4
Fucus vesiculosus	4	4	3		2	4	2	
Halidrys siliquosa								4
Laminaria digitata	2		3	3	3	4		3
Saccharina latissima	2	2						
Ralfsia verrucosa				2				2
Sphacelaria bipinnata								2
Sphacelaria cirrosa							0,1	
Grønnlager								
Chaetomorpha melagonium			2	3	2	1		2
Chaetomorpha sp.							2	
Cladophora rupestris	2,5	2	3		3	3		2
Cladophora sp.	2	2	2					
Enteromorpha intestinalis	2		2	2	2	2	2	
Spongomorpha sp.				2	2			2
Ulva lactuca	2	1			2	2		
Marebek			4	4	4	3	2	4
Fauna								
Asterias rubens	2	2		3				
Asterias rubens, juvenile			3					
Balanus sp.	1		2	2	2			4
Carcinus maenas							1	
Dynamena pumila	2	3	3			3		
Halichondria panicea	3	1				0,1		
Littorina littorea	3	2				2	2	
Membranipora membranacea	3	3	3	3	4	4	2	3
Mytilus edulis	3	3		3			2	
Spirorbis sp.					2		2	

Vedlegg B. Bløtbunnsfauna

Vedleggstabell B1. Prøvetaking av bunnfauna og sedimenter i Kristiansandsfjorden 27. mai 2008: koordinater, dyp, bunnsedimenter, prøvetakingsprogram og år for tidligere innsamling. Koordinater referert til WGS 84. Prøvetaking med van Veen grabb, tung type (APN-form) og lett (KC-Danmark) type. Kjerneprøver ble tatt med Gemini-corer for undersøkelse av foraminiferer (ikke rapportert i dette prosjektet).

Stasj.	Koordinater	Dyp (m)	Prøver	Sediment	Tidligere innsamlet
K 7	Korsvik-fjorden 58° 07,752 8° 03,393	72	4 vV (tung) (sed fra repl II), 4 kjerner	Grå til lysbrun leire med brunlig topplag med litt rødskjær. Spredte orangefargede flekker på overflaten. Overflatefarge 5Y 4/2 (repl III). Ingen lukt. Fulle grabber (volum 18 liter)	1977, 1983, 1993
K 16	Fiskåbukta 58° 07,061 7° 58,227	17	4 vV (tung) (sed fra repl II), 4 kjerner	Mørk grå silt og leire med 0,5-1 cm gråbrunt topplag. Overflatefarge 2.5 Y 4/2 (repl.I). Ingen lukt. Fulle grabber (18 liter).	1983, 1990
K 24	KMV-tomta 58° 08,455 7° 59,026	23	4 vV (tung) (sed fra repl I), 5 kjerner	Veldig mørk grå silt og leire, svartaktig nedover, ca 1 cm gråbrunt topplag. Overflatefarge 2.5 Y 4/2 (repl I). Klebrig sediment. Dårlig lukt, men ikke H ₂ S. Delvis fulle grabber (13, 13,5, 14, 15 liter).	1983
K 25	Odderøya 58° 07,772 7° 59,839	65	4 vV (tung) (sed fra repl I), 4 kjerner	Mørk grå silt og leire med en del sand, med ca 1 cm olivenfarget topplag. Overflatefarge 5 Y 4/2 (repl I). Fulle grabber (18, 17, 16, 16 liter).	1983, 1993
K 31	Østerhavn 58° 08,040 8° 01,379	162	4 vV (tung I, II, IV, lett III) (sed fra repl III), 3 kjerner	Grå silt og leire med brunlig topplag. Overflatefarge 5Y 4/3 (repl III). Ingen lukt. Planterester (krypsiv) i grabbkjeft og på grabbarmer. Fulle grabber med tung vV (volum 18 liter), forsøkt lett vV og fikk ett hugg (repl III, 16 liter), men flere bomskudd.	1983, 1993
K 40	Bredals-holmen 58° 06,519 8° 00,340	62	4 vV (tung) (sed fra repl I), 4 kjerner	Grå silt og leire med 0,5-1 cm brunlig olivenfarget topplag. Spredte orangefargede flekker på overflaten. Overflatefarge 5Y 4/3 (repl I). Ingen lukt. Fulle grabber (volum 17,5-18 liter).	1990
K42	Otra-ledningen 58° 08,443 8° 00,709	62	2 vV (tung), (sed fra repl I)	Mørk grå sandig silt med mye planterester. Flekkvis bakterievekst (Beggiatoa) på overflate. Overflatefarge 2.5 Y 3/1. Lukt av H ₂ S, moderat lukt (++) i repl II. Sterk klogging i sikt ved prøvevasking. Fulle grabber (18 liter).	1993

Vedleggstabell B2. Fullstendige resultater for prøver av bunnfauna i Korsvikfjorden (st. K7) 27. mai 2008. Tallene angir antall individer i prøvene.

	Stasjon Replikat	Korsvikfjorden stasjon K7			
		I	II	III	IV
NEMERTINEA	Nemertinea indet	4	17	5	22
POLYCHAETA	Paramphinome jeffreysii	1		1	
	Aphrodita aculeata			1	
	Gattyana amondseni	2	1	3	2
	Pholoe baltica	2	1	2	
	Pholoe pallida			1	1
	Eumida bahusiensis	1		2	
	Phyllodoce groenlandica			1	
	Gyptis rosea			1	
	Ophiodromus flexuosus	1		1	
	Podarkeopsis helgolandica		1		
	Synelmis klatti	1			
	Ceratocephale loveni	1	2		1
	Nephtys incisa	6	5	5	5
	Glycera alba	2	2	1	2
	Glycera rouxii		1	3	1
	Glycinde nordmanni		1		
	Goniada maculata		1		
	Abyssoninoe hibernica	9	22	8	16
	Ophryotrocha longidentata	1		1	
	Ougia subaequalis	1			
	Orbinia sertulata	1			
	Apistobranchnus tenuis	1	1		1
	Levinsenia gracilis	17	17	14	8
	Paradoneis eliasoni	1	1		
	Prionospio cirrifera			1	
	Prionospio dubia	1		1	2
	Prionospio fallax	31	58	20	55
	Prionospio multibranchiata	3	1	1	
	Pseudopolydora paucibranchiata				1
	Scolelepis korsuni		1		
	Spiophanes kroeyeri	10	28	15	19
	Magelona minuta		2		1
	Chaetopterus sarsi				1
	Aphelochaeta mcintoshii			1	
	Chaetozone setosa	1	1		3
	Cirratulidae indet				2
	Tharyx sp		2	1	
	Diplocirrus glaucus		2		
	Polyphysia crassa	2	1	2	4
	Scalibregma inflatum				1

Vedleggstabell B2, fortst.

		Stasjon Replikat	Korsvikfjorden stasjon K7			
			I	II	III	IV
POLYCHAETA	<i>Heteromastus filiformis</i>		24	41	24	29
	<i>Euclymeninae</i> indet		5	2	2	2
	<i>Rhodine loveni</i>		1	6	2	6
	<i>Pectinaria koreni</i>					1
	<i>Ampharete lindstroemi</i>		1			
	<i>Ampharetidae</i> indet					1
	<i>Eclysippe vanelli</i>		2	2		1
	<i>Melinna cristata</i>				1	
	<i>Mugga wahrbergi</i>			1		
	<i>Amaeana trilobata</i>		1	1	1	
	<i>Paramphitrite tetrabranchiata</i>		3	4	2	2
	<i>Polycirrus plumosus</i>		5	6	5	3
	<i>Streblosoma bairdi</i>				1	
	<i>Terebellides stroemi</i>		1		1	
	PROSOBRANCHIA	<i>Onoba vitrea</i>			4	
	CAUDOFOVEATA	<i>Caudofoveata</i> indet			1	1
	BIVALVIA	<i>Nucula sulcata</i>		2	1	5
<i>Nuculoma tenuis</i>			1		2	1
<i>Yoldiella tomlini</i>				1		
<i>Thyasira ferruginea</i>						1
<i>Thyasira flexuosa</i>				2		2
<i>Thyasira</i> sp				4	1	2
<i>Montacuta tenella</i>			21		1	1
<i>Mysella bidentata</i>				1		
<i>Parvicardium minimum</i>						4
<i>Abra nitida</i>			7	2	5	2
CUMACEA		<i>Eudorella emarginata</i>		1		1
	<i>Eudorella truncatula</i>			1		
ISOPODA	<i>Gnathia maxillaris</i>			1		
AMPHIPODA	<i>Westwoodilla caecula</i>			1		
DECAPODA	<i>Zoealarve</i> indet			1		
OPHIUROIDEA	<i>Ophiuroidea</i> indet			1	1	
	<i>Amphiura chiajei</i>		12	16	9	7
	<i>Amphiura filiformis</i>					1
ECHINOIDEA	<i>Brissopsis lyrifera</i>		4		1	1

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no