

RF – Rogalandsforskning. <http://www.rf.no>

**Øyvind F. Tvedten¹, Veslemøy Eriksen¹, Jon Kongsrud² og
Narve Brattenborg³**

Miljøundersøkelse av marine resipienter rundt Stavangerhalvøya, 2001-02

Rapport RF – 2003/081

¹ RF Rogalandsforskning. ² Universitetet i Bergen. Zoologisk museum, ³ Universitetet i Bergen. Institutt for fiskeri- og marinbiologi

Prosjektnummer: 7151654
Prosjektets tittel: IVAR Stavangerhalvøya
Kvalitetssikrer: Asbjørn Bergheim
Oppdragsgiver(e): IVAR
ISBN: 82-490-0245-8

Forord

Undersøkelsen er gjennomført på oppdrag fra IVAR (Interkommunalt vann-, avløps-, og renovasjonsselskap). Rapporten skal blant annet brukes som en del av dokumentasjonen i forbindelse med IVARs og medlemskommunenes bruk av resipientene for avløpsvann. Tron Ree har vært kontaktperson i forbindelse med oppdraget.

Feltarbeidet ble hovedsakelig utført av Øyvind F. Tvedten, samt Veslemøy Eriksen, Stig Westerlund og Endre Aas fra Rogalandsforskning (RF). Petter Sværen har vært med på de fleste innsamlingene av vannprøver. Han takkes for hyggelig og godt samarbeid, som var mulig med velvillighet fra de andre ansatte ved Lundsvågen Naturskole. I tillegg har Marthon Johannessen, Bjørn Johannessen, Helge Kindervåg og Arnfinn Nygard vært med på litt av innsamlingen.

Strandsoneundersøkelsene ble gjennomført av Jon Kongsrud, Narve Brattenbord, Veslemøy Eriksen og Stig Westerlund (båtfører).

Bunnprøvene ble samlet fra M/S Risøygutt og kaptein Erik Bakkevik takkes for hyggelig samarbeid.

Asbjørn Bergheim har vært kvalitetssikrer av rapporten, hvor Veslemøy Eriksen, Jon Kongsrud og Narve Brattenborg har skrevet om strandsoneundersøkelsen og Øyvind F. Tvedten har skrevet om de andre resultatene og generell tekst.

Vi ønsker også å takke M-lab (tidligere RF-Miljølab), Eurofins Norge (tidligere MILJØ-KJEMI Norsk Miljø Senter) og NIVA for analyser.

VENNLIGST MERK AT DENNE PDF-VERSJONEN AV RAPPORTEN ER UTEN VEDLEGG.
HENVEND TIL RF ELLER IVAR FOR FULLSTENDIG RAPPORT.

Stavanger, 13. mars 2003

Øyvind F. Tvedten, prosjektleder

Innhold

Sammendrag og konklusjon.....	v
Oppsummering: Sirevåg.....	v
Oppsummering: Ølberg.....	vi
Oppsummering: Risavika.....	vi
Oppsummering: Hafrsfjord og Vistevika.....	vii
Oppsummering: Håsteinsfjorden.....	viii
Oppsummering: Åmøyfjorden, Tasta og Bjergsted.....	viii
Oppsummering: Gandsfjord og Riskafjord.....	ix
1 INNLEDNING.....	1
2 MATERIALE OG METODER.....	3
2.1 Områdebeskrivelse, tidligere undersøkelser.....	3
2.2 Kort om avløpsvann og rensing.....	3
2.3 Bakgrunn og valg av prøveparametre og stasjoner.....	5
2.3.1 Vannprøver.....	5
2.3.2 Strandsone.....	6
2.3.3 Bunnprøver.....	7
2.3.3.1 Miljøgifter.....	7
2.3.3.2 Organisk materiale.....	7
2.3.3.3 Bunndyr.....	8
2.4 Undersøkellesprogram og innsamlingsmetoder.....	9
2.4.1 Sjøvannsprøver.....	9
2.4.1.1 Metoder vannprøver.....	9
2.4.2 Strandsone.....	11
2.4.2.1 Håsteinsfjord.....	11
2.4.2.2 Kvantitative rammeundersøkelser.....	11
2.4.2.3 Semikvantitative strandsoneundersøkelser.....	11
2.4.2.4 Sublittorale undersøkelser.....	12
2.4.3 Bunnprøver.....	12
2.4.3.1 Metoder bunnprøver.....	12
2.5 Analyser.....	13
2.5.1 Vann.....	13
2.5.2 Sediment.....	13
2.5.3 Bunnfauna.....	14
2.5.3.1 Mål på diversitet.....	15
2.5.3.2 Multivariate metoder.....	15
2.6 Databehandling.....	17
2.7 SFTs klassifiseringssystem av miljøkvalitet.....	17

3	RESULTATER OG DISKUSJON	20
3.1	Sirevåg	21
3.1.1	Hydrografi og vannkjemi	21
3.1.1.1	Temperatur, saltholdighet, oksygeninnhold	21
3.1.1.2	Næringssalter, klorofyll og siktedyp	23
3.1.2	Strandsone	23
3.1.3	Bunnprøver	24
3.1.3.1	Sedimentkjemi og miljøgifter	24
3.1.3.2	Bunndyr	25
3.1.4	Oppsummering: Sirevåg	26
3.2	Ølberg og Solastranden	28
3.2.1	Hydrografi og vannkjemi	29
3.2.1.1	Temperatur, saltholdighet, oksygeninnhold	29
3.2.1.2	Næringssalter, klorofyll og siktedyp	29
3.2.2	Strandsone (se Hafrsfjord og Vistevika)	30
3.2.3	Bunnprøver	30
3.2.3.1	Sedimentkjemi og miljøgifter	31
3.2.3.2	Bunndyr	31
3.2.4	Oppsummering: Ølberg	31
3.3	Risavika	32
3.3.1	Hydrografi og vannkjemi	33
3.3.1.1	Temperatur, saltholdighet, oksygeninnhold	33
3.3.1.2	Næringssalter, klorofyll og siktedyp	34
3.3.2	Strandsone	35
3.3.3	Bunnprøver	35
3.3.3.1	Sedimentkjemi og miljøgifter	36
3.3.3.2	Bunndyr	38
3.3.4	Oppsummering: Risavika	39
3.4	Hafrsfjord og Vistevika, strandsone i Sola	40
3.4.1	Hydrografi og vannkjemi	41
3.4.1.1	Temperatur, saltholdighet, oksygeninnhold	41
3.4.1.2	Næringssalter, klorofyll og siktedyp	46
3.4.2	Strandsone	51
3.4.3	Bunnprøver	53
3.4.3.1	Sedimentkjemi og miljøgifter	54
3.4.3.2	Bunndyr	57
3.4.4	Oppsummering: Hafrsfjord og Vistevika	58
3.5	Håsteinsfjord	60
3.5.1	Hydrografi og vannkjemi	61
3.5.1.1	Temperatur, saltholdighet, oksygeninnhold	61
3.5.1.2	Næringssalter, klorofyll og siktedyp	64
3.5.2	Strandsone	68

3.5.2.1	Tareskogsundersøkelser.....	70
3.5.2.2	Semikvantitative strandsoneundersøkelser.....	72
3.5.2.3	Oppsummering og konklusjon for undersøkelsene i Håsteinsfjord.....	72
3.5.3	Bunnprøver.....	72
3.5.3.1	Sedimentkjemi og miljøgifter.....	72
3.5.3.2	Bunndyr.....	75
3.5.4	Oppsummering: Håsteinsfjord.....	77
3.6	Åmøyfjord, Tasta og Bjergsted.....	79
3.6.1	Hydrografi og vannkjemi.....	79
3.6.1.1	Temperatur, saltholdighet, oksygeninnhold.....	80
3.6.1.2	Næringssalter, klorofyll og siktedyp.....	82
3.6.2	Strandsone.....	85
3.6.3	Bunnprøver.....	87
3.6.3.1	Sedimentkjemi og miljøgifter.....	87
3.6.3.2	Bunndyr.....	89
3.6.4	Oppsummering: Åmøyfjord, Tasta og Bjergsted.....	90
3.7	Gandsfjord og Riskafjord.....	92
3.7.1	Hydrografi og vannkjemi.....	94
3.7.1.1	Temperatur, saltholdighet, oksygeninnhold.....	94
3.7.1.2	Næringssalter, klorofyll og siktedyp.....	96
3.7.2	Strandsone.....	100
3.7.3	Bunnprøver.....	101
3.7.3.1	Sedimentkjemi og miljøgifter.....	102
3.7.3.2	Bunndyr.....	104
3.7.4	Oppsummering: Gandsfjord og Riskafjord.....	106
4	REFERANSER.....	108
5	VEDLEGGSOVERSIKT.....	111
	VEDLEGG 6 NOEN ORD OG UTTRYKK.....	

Sammendrag og konklusjon

Undersøkelsen er gjennomført på oppdrag fra IVAR (Interkommunalt vann-, avløps-, og renovasjonsselskap). Rapporten skal blant annet brukes som en del av dokumentasjonen i forbindelse med IVARs og medlemskommunenes bruk av resipientene for avløpsvann (kloakk). Prøvene ble tatt i et stort område fra Sirevåg, Ølberg, Sola, Risavika, Hafrsfjord, Vistevika, Håsteinsfjorden, Byfjorden, Vågen ved Stavanger, Gandsfjorden og Riskafjord. Av disse områdene er det særlig Hafrsfjord, Gandsfjorden og Riskafjord, samt Vågen i Stavanger som har mindre gode miljøforhold. Dette skyldes enten en kombinasjon av naturlige forhold og menneskeskapte utslipp eller en av delene. På noen steder er det innhold av miljøgifter som er det største problemet og i andre områder er det dårlig bunnvannsutskiftning og oksygenmangel.

Det meste av avløpsvannet fra medlemskommunene rundt Stavangerhalvøya behandles ved Sentral Renseanlegg Nord-Jæren (SNJ). Dette anlegget ble tatt i bruk 13. mars 1992 og har kapasitet til å motta avløpsvann tilsvarende 250 000 pe (personekvivalenter), men anlegget mottar nå ca 160 000 pe. Det pågår stadig en omlegging av ledningsnettet for å overføre en større del av avløpsvann fra kommunene til SNJ.

SNJ ble etablert på Mekjarvik og har Håsteinsfjorden som resipient. I SNJ blir avløpsvannet ført gjennom rister og sandfang før det tilsettes kjemikalier som fører til at spesielt næringsstoffet fosfor og organisk stoff bindes sammen til større partikler. Disse partiklene synker til bunns i sedimenteringsbasseng og vannet slippes deretter ut på 80 m dyp, 1,6 km ut fra land i Håsteinsfjorden.

Totalt er 37 stasjoner undersøkt med en eller flere metoder og undersøkelsen har i varierende grad i hvert område omfattet:

- ❖ Temperatur-, saltholdighet-, oksygen- og næringssaltanalyser, siktedyp og algemengde. Prøveinnsamling fra desember 2001 til august 2002, totalt ti innsamlinger.
- ❖ Strandsoneundersøkelser. Registrering av planter og dyr i fjæra. Feltarbeid i august 2002.
- ❖ Bunnundersøkelser, innhold av organisk materiale, miljøgifter og bunndyr. Prøveinnsamling i april 2002.

Resultatene vurderes opp mot grenseverdier i SFTs klassifiseringssystem for miljøkvalitet samt med tidligere undersøkelser. Den siste store tilsvarende miljøundersøkelsen ble foretatt sommeren og høsten 1995 (Bokn *m.fl.* 1996).

Oppsummering: Sirevåg

Sirevåg er en nokså liten men aktiv fiskerihavn som har fiskemottak og noe foredling. En ny molo ble ferdig i 2000-01 og har gjort havnen betydelig mindre utsatt for dårlig vær. Et kloakkutslipp som nå munner ut innenfor den nye moloen, er under omlegging

slik at det kommer ut på utsiden. I tillegg mottar området en del blodvann og fiskeavfall fra fiskeindustrien. Innenfor den gamle moloen er det stort sett under 10 m dypt og det er et område som er over 20 m dypt (maks 26 m) innenfor den nye moloen. Etter det vi kjenner til er det ikke gjort lignende undersøkelser tidligere.

Det ble tatt vannprøver på ett sted i Sirevåg og bunnprøver litt lengre inne. På grunn av at det var mye råtnende tang og tare rester på bunn i det dypeste området var vannprøvestedet ikke egnet til bunnprøvetagning.

Totalfosforinnholdet sommer og vinter, samt nitrat om vinteren tilsvarte tilstand *mindre god*, mens innholdet av de andre næringsstoffene fikk bedre tilstand. Det er meget stor organisk belastning i området ved kloakkutslippet. Både som løsnet tang og tare og via utslippene fra land. Oksygenvikt i bunnvannet ble påvist, og det fører til at det er et lite område som er uten permanent bunndyrfauna. Omlegging av kloakkutslippet vil kanskje bedre noe på oksygenforholdene, men ellers er området en naturlig gryte for opphopning av tang og tare. Det kan ventes en forbedring av de estetiske og bakteriologiske forholdene samt næringssaltinnholdet i det nåværende utslippsområdet. Det var lite miljøgifter i sjøbunnen, men bunndyrfaunaen bar preg av å være sterkt påvirket av tilførsel av organisk materiale.

Ved senere undersøkelser kan med fordel innsamling av næringsalter i tillegg til Sir 1 tas lenger inne i vågen og utenfor ny molo, slik at en kan gi tilstandsklassifisering ut fra et større antall prøver og område. Utvidelse av bunnundersøkelser kan vurderes.

Oppsummering: Ølberg

Ølberg havn er liten i utstrekning og forholdsvis grunn. Den er brukt av fiske- og fritidsbåter og området rundt blir brukt til friluftsliv. Nærings saltprøvene viste at vannet hadde forhøyede verdier av fosforforbindelser og nitrat, ellers var tilstanden tilfredsstillende. Oksygeninnholdet i bunnvannet var bra og målingene tyder på at det ikke er oksygenvikt ved bunnen. Sjøbunnen besto av finkornet sand og inneholdt lite organisk materiale. Det ble ikke gjort analyser av miljøgifter eller tatt bunndyrprøver.

Oppsummering: Risavika

Risavika er en havn med stor skipstrafikk i forbindelse med godstransport, og som forsyningsbase for offshoreindustri. I tillegg er den resipient for avløpsvann, hvor oljeserviceindustrien på land er tilknyttet. Avløpsvannet er i ferd med å bli overført til SNJ. Risavika har åpen og god forbindelse ut mot åpent hav. Dette fører til tilfredsstillende vannutskiftning. Forholdene er annerledes i Tananger havn, hvor et smalt og forholdsvis grunt sund fører til naturlig dårlig bunnvannutskiftning. Det ble observert oksygenvikt i bunnvannet i Tananger. Nærings saltinnholdet var forholdsvis likt på de to stedene og de fleste overflatevannmålingene fikk tilstand *god* eller *meget god*.

Det var mest organisk materiale og miljøgifter i Tananger havn. Dette har sammenheng med en finkornet sjøbunn og at stasjonen ligger i et typisk sedimentasjonsområde samt at havnen har dårlig vannutskiftning. Det ble funnet forholdsvis få arter i bunnen, og det var en effekt av periodevis lite oksygen i bunnvannet og organisk tilførsel.

I Risavik-Tananger området ble det funnet forhøyede verdier av bly, kadmium, PAH og B(a)P, men nivået var omtrent som tidligere. Et markert forhøyet innhold av barium i sedimentet viser at utslipp fra oljeserviceindustrien har tilført dette metallet til sjøen. Som i tidligere undersøkelser var det en artsrik bunndyrfauna i Risavika. Generelt synes miljøforholdene i begge områder å være omtrent som tidligere.

Oppsummering: Hafrsfjord og Vistevika

Hafrsfjord har fra naturens side dårlig vannutskiftning som følge av et grunt og trangt innløp. Bunnvannet under ca 30 m dyp er derfor uten oksygen i perioder og det er lite eller ingen bunndyr på større dyp. I Hafrsfjord bør oksygeninnholdet overvåkes videre og det er ikke gjort nyere målinger over tid, som viser hyppighet på vannutskiftning. Våre målinger viste oksygenforhold som var dårligere enn på mange år (også verre enn i 1995), men dette kan skyldes naturlige svingninger i vannutskiftning. Det var ingen bunnvannsutskiftning i denne måleperioden. Næringssaltinnholdet var til dels høyt, særlig om vinteren, og det viser at det fremdeles er tilførsler til sjøen, selv om kloakken i stor grad er sanert bort. Næringssaltinnholdet har avtatt siden 70- og 80-tallet.

Strandsonen på stasjonene ved Ølberg og Solastranden, hadde et naturlig rikt plante- og dyreliv. I Hafrsfjord var det færre arter i fjæren, noe som var en effekt av mindre bølgeeksponering, mer ferskvannspåvirkning og næringssalter.

Det var høyt organisk innhold i bunnen og prøvene fikk dårlig SFT tilstandsklasse med hensyn til TOC. Av miljøgiftene var det forhøyet nivå av kadmium, bly, sink og sølv, samt de organiske miljøgiftene PAH, B(a)P og PCB i forhold til uforurenset sediment. Det var høyest innhold av miljøgifter i Sømmevågen. Bortsett fra en betydelig nedgang av de oljerelaterte PAHene (naftalen), var det mindre endringer i forhold til 1995. Også i forhold til de få målingene på 70- og 80-tallet og frem til nå er det ingen tydelige utviklingstrekk, men det var mer en positiv utviklingstendens mot lavere enn høyere verdier. I Indre Hafrsfjord og Sømmevågen var det meget få arter i bunnen. I disse områdene er det ikke en permanent bunndyrfauna (tilstand, *meget dårlig*), men den varierer med oksygenforholdene. Ved Hestnes er det en forholdsvis artsrik fauna, men dyrene viser at bunnforholdene er påvirket av høyt organisk innhold og periodevis lite oksygen.

I Vistevika og området utenfor innløpet til Hafrsfjord var det gode miljøforhold. Næringssaltinnholdet var moderat eller lavt. Områdene har god vannutskiftning og lite miljøgifter i sedimentet. Det var en artsrik bunndyrfauna begge steder og ikke noe tydelig påvirkning av organisk tilførsel. Det ble ikke funnet negative effekter av avløpsvannutslippet utenfor Hafrsfjord, men en del råtnende tare på bunnen.

Oppsummering: Håsteinsfjorden

Håsteinsfjord mottar utslippet fra SNJ og er dermed hovedmottaker for avløpsvann fra Stavangerhalvøya. Utslipet kommer ut på 80 m dyp ca 1,6 km fra land. Det meste av Håsteinsfjord er 100-300 m dyp, men i sør er det en del grunne områder. Fjorden ble valgt ut som resipient etter flere forundersøkelser rundt 1990. I Håsteinsfjord vil vannet et stykke fra land være preget av kystvannet som går nordover langs kysten. Kystvannet er en blanding av vann fra Kattegat og Nordsjøen som flytter seg langs Skagerrak kysten, rundt Lindesnes og nordover langs Vestlandet. Vannkvaliteten vil variere med hensyn til hydrografiske og kjemiske forhold i henhold til påvirkning av de ulike vannmassene, tilførsel fra land, og meteorologiske forhold. Typisk transporttid for kystvannet langs Vestlandskysten er 2-3 uker og vannet har en strømhastighet nordover på 15-20 cm/s (SFT 1997ab, Källqvist *m.fl.* 2002).

Håsteinsfjord hadde gode miljøforhold i 2001-02. Oksygeninnholdet var høyt i bunnvannet og næringssaltinnholdet stort sett innenfor beste tilstandsklasse. Vannet bar ikke preg av å være påvirket av lokale tilførsler, men var mer typisk for kystvann langs Vestlandet. Miljøgiftinnholdet i sedimentet var lavt og tilsvarte beste SFT tilstandsklasse for de fleste målingene.

Strandsoneundersøkelsene i Håsteinsfjord viser en forventet sammensetning av alger og dyr for denne type område. I undersøkelsen er det vanlige og typiske arter som er funnet i de undersøkte sonene. Resultatene fra referansestasjonen G3 skiller seg ikke vesentlig fra stasjonene nærmere utslippspunktet fra SNJ, og det er ikke mulig å påvise noen forurensning i dette området basert på registreringer som ble utført.

Det var en artsrik bunnfauna med høy diversitet på alle stasjonene og de ble tildelt beste eller nest beste SFT tilstand. Artssammensetningen tyder ikke på at det var noen effekt av utslippet fra SNJ på bunnfaunaen.

Det ble ikke funnet vesentlige endringer i miljøforholdene i forhold til tidligere undersøkelser. De observerte endringene var stort sett små og kan forklares med andre årsaker enn at de skyldes lokale kilder.

I neste prøveserie bør næringsalter inkluderes på HB 8 siden denne stasjonen ligger lengst fra land (mest upåvirket av tilførsler fra land). Siden HB 4 og S3 ligger svært nær hverandre, er det ikke nødvendig med vannprøver fra begge stasjoner og S3 kan utgå fra undersøkelsen, og næringsalter tas i stedet for på HB 4.

Oppsummering: Åmøyfjorden, Tasta og Bjergsted

Dette undersøkelsesområdet dekker innseilingsleden til Stavanger. Lengst ute er det ca 130 m dypt og bunnen skrår oppover mot 40-50 m innover mot området utenfor Tasta og Bjergsted. Sundene mellom Hundvåg og Stavanger er meget viktige for tilstrekkelig utskiftning og bevegelse av overflatevannet innover mot Stavanger. Tidligere var undersøkelsesområdene mottakere av betydelige mengder avløpsvann, særlig innover mot sentrum. Det meste er nå overført til SNJ. Det er funnet betydelige mengder av

ulike miljøgifter og det er utgitt kostholdsråd for skjell og fiskelever fra deler av området.

Tre stasjoner er undersøkt i 2001-02. En i Åmøyfjord, en i et dyp-parti utenfor Tasta og stasjon 3 ligger i området med maksimaldypet utenfor Bjergsted. I tillegg er strandsonen undersøkt på to steder. Flere vannprøvestasjoner i samme område inngår i undersøkelsen for Stavanger kommune. Tidligere ble særlig området ved Bjergsted tilført mye miljøgifter og store mengder avløpsvann.

Alle stasjonene i dette området hadde gode oksygenforhold i bunnvannet og kunne tildeles tilstand *meget god*. Dette viser at det er tilfredsstillende vannutskiftning. Overflatevannkvaliteten i 2001-02 tildeles stort sett tilstand *meget god* og *god*. Om sommeren 2002 var det høyere nærings salt innhold enn i 1995, men det var lavere enn på slutten av 70-tallet og begynnelsen av 80 årene. Mellom stasjonene var det små forskjeller, men det var høyest innhold ved Bjergsted. Det var tydelig mer alger og dårligere sikt ved Bjergsted, noe som trolig var en effekt av høyere nærings saltinnhold. Det er trolig en effekt av lokale kilder til Vågen og Bjergsted-området.

Strandsonen på begge stasjonene var dominert av store flerårige brunalger, og innslaget av ettårige opportunistiske arter ser ut til å være normalt for årstiden. Ut fra plante og dyrelivet i fjæresonen kan miljøforholdene i overflatevannet på disse stasjonene betraktes som normalt gode og stabile.

Den visuelle observasjonen av bunnprøvene avslører tydelig at det er stor forskjell i miljøforholdene på stasjonene. I tillegg viser analysene at det er en klar gradient med hensyn til miljøgiftsinnhold. I Åmøyfjord tilsvarte innholdet av de fleste miljøgiftene *ubetydelig* – *lite forurenset* til *moderat forurenset*. Ved Tasta var metallinnholdet på nivå med Åmøyfjord, men innholdet av de organiske miljøgiftene var betydelig høyere (tilstand *moderat* til *meget sterkt forurenset*). Det ble også funnet PCB på stasjon 2 (tilstand *moderat forurenset*). Utenfor Bjergsted var det forhøyede verdier av alle metallene, bortsett fra krom, i forhold til SFTs grenseverdier var bunnen betydelig forurenset av de organiske miljøgiftene.

I Åmøyfjord er det forholdsvis lite miljøgifter i sedimentet og det generelle bilde viser en liten nedgang i innholdet i forhold til tidligere. På de andre stedene var det ikke mulig å se noen tydelig utvikling, men kvikksølvinnholdet ved Bjergsted var lavere enn før.

Det var bra med bunndyr på stasjonene, selv på stasjonen utenfor Bjergsted. I Åmøyfjord tydet artssammensetningen på bra miljøforhold, selv om antall arter og individer har avtatt de senere år. Utviklingen i bunnfaunaen i Åmøyfjord bør følges videre.

Oppsummering: Gandsfjord og Riskafjord

Undersøkelsesområdet dekker Gandsfjord som er innseilingsleden til Sandnes, og Riskafjord i området ved Usken og Hommersåk. I Gandsfjord skråer bunnen nedover fra fjordbunnen ved Sandnes og utover til maksimaldypet på 247 m ved Lihalsen.

Vannutskiftningen er begrenset av de dypeste tersklene ut mot Høgsfjord ved Kalvøy og Teistholmen (ca 72 og 110 m). I tillegg kommer bergrensningene som ligger i bunntopografien til sjøområdene lenger ut mot Boknafjord. I Riskafjord er maksimaldypet 95 m. Området er avgrenset ut mot Gandsfjord av en terskel på 65 m og ut mot øst er det grunnere. Det meste av avløpsvanntilførselen til Gandsfjord og Riskafjord er nå sanert og overført til SNJ.

Syv vann- og bunnstasjoner er undersøkt i 2001-02. Fem i Gandsfjord (inkludert fjærestasjon), en ved Kalvøy og en i Riskafjord. Flere andre stasjoner i samme område inngår i undersøkelser for Stavanger og Sandnes kommune. Tidligere undersøkelser har vist at disse områdene er moderat til lite påvirket av miljøgifter, men at innholdet øker inn mot Vågen i Gandsfjord. Miljøproblemene er i første rekke knyttet til naturlig begrenset bunnvannutskiftning på det dypeste i Gandsfjord og Riskafjord. Dette har vært kjent siden 1970 tallet og gjør at resipientene er sårbare overfor organisk tilførsel.

Overflatevannkvaliteten i 2001-02 tildeles stort sett tilstand *meget god* og *god*. Det var en avtagende gradient utover i Gandsfjord og det viser at det fremdeles er tilførsler fra land innerst i fjorden. Det var også høyest algemengde i vannet innerst i fjorden (tilstand *dårlig*) og forhold til lenger ute (tilstand *meget god*). Om sommeren 2002 var det høyere næringssaltinnhold enn i 1995, noe som er et generelt trekk for alle områder i hele undersøkelsen.

Oksygeninnholdet var tilfredsstillende på de grunneste stasjonene og var bare dårlig på det dypeste i Gandsfjord og i Riskafjord. Områdene fikk dermed SFT tilstand *dårlig* og *meget dårlig*. Ut fra undersøkelsene som er gjort tidligere var oksygenforholdene i Gandsfjord og Riskafjord omtrent som før. Det ikke kan måles noen tydelig positiv effekt av kloakklegging, noe som tyder på at det er de naturgitte forholdene som hovedsakelig styrer oksygenforholdene.

Strandsonen ved stasjon B10 ved Lura har vært undersøkt flere ganger tidligere og er plassert nær et nødoverløp. Visuelt sett var miljøforholdene dårlige. Det ble videre bekreftet ved at det ble funnet få arter i fjæren. Dette skyldes en kombinasjon av habitatets beskaffenhet, ferskvannspåvirkning og dårlige miljøforhold (forurensing).

I forhold til SFTs klassifisering av det organiske innholdet fikk stasjonene tilstand *meget dårlig* og *mindre god* (Gandsfjord, St 5). Det var ingen av sedimentene som var sterkt forurenset av metaller og innholdet av miljøgifter var nokså jevnt mellom stasjonene. Dette viser at det ikke er punktutslipp som påvirker stasjonene, men at de gjenspeiler de mer generelle forholdene. De fleste stasjonene fikk beste tilstandsklasse når det gjelder metaller. Bly- og sølvinnholdet tilsvarte *moderat forurenset* samt kadmiuminnholdet på St 4 (Kalvøy) og 5A (Riskafjord). Det var mer av de organiske miljøgiftene, hvor prøvene fikk tilstand *moderat* til *markert forurenset* (ikke PCB på St 4). To positive trekk i forhold til i 1995, var at sum PAH og kvikksølv nå var lavere, men ellers var resultatene forholdsvis like.

Ved Kalvøy viser resultatene at bunnen var påvirket av tilførsel av organisk materiale, men at forholdene generelt sett var tilfredsstillende. Antall bunndyrsarter var moderat og det var tegn i faunaen på at organisk tilførsel påvirket artssammensetningen. På det dypeste av Gandsfjord og Riskafjord var det meget få arter i bunnen. Dette skyldes at

det er lite oksygen i bunnvannet. Resultatene viser ikke at forholdene var verre enn tidligere, men de lignet mer på forholdene i 1985 enn 1995. På stasjonene lenger inne i Gandsfjord var artsantallet normalt høyt og stasjonene fikk SFT tilstand *god* og *meget god*.

1 Innledning

IVAR gjennomfører miljøovervåking av marine resipienter rundt Stavangerhalvøya. Undersøkelsene er nå planlagt med 5-års intervall og denne undersøkelsen omhandler den andre prøveomgangen i dette opplegget. Selskapet eies av kommunene: Gjesdal, Hå, Klepp, Randaberg, Stavanger, Sandnes, Sola, Time, Rennesøy og Finnøy med et samlet innbyggertall på ca. 245.000. IVAR leverer drikkevann til ca. 220.000 mennesker i medlemskommunene og har sammen med kommunene ansvar for utslipp av avløpsvann. Det meste av kloakken fra medlemskommunene behandles ved Sentral Renseanlegg Nord-Jæren (SNJ). Dette anlegget ble tatt i bruk 13. mars 1992 og har kapasitet til å motta avløpsvann tilsvarende 250 000 pe (personekvivalenter), men kapasiteten er ikke fullt utnyttet og anlegget mottar nå ca 160 000 pe. SNJ ble etablert på Mekjarvik og har Håsteinsfjorden som resipient. Anlegget ble etablert etter flere forundersøkelser og kom i drift for å redusere miljøeffekter som kloakkutslippene hadde på de lokale resipientene. Det pågår stadig en omlegging av ledningsnett for å overføre en større del av avløpsvann fra kommunene til SNJ.

I SNJ blir avløpsvannet ført gjennom rister og sandfang før det tilsettes kjemikalier som fører til at spesielt fosfor og organisk stoff bindes til større partikler. Disse partiklene synker til bunns i sedimenteringsbasseng og vannet slippes deretter ut på 80 m dyp, 1,6 km ut fra land i Håsteinsfjorden.

Rensekrav for avløpsvann, som settes av myndighetene, er blant annet knyttet opp mot nasjonale målsetninger om reduksjoner av næringssaltutslipp/kloakksanering, og miljøtilstanden i resipienten. IVAR får sine utslippssøknader i første omgang behandlet av Fylkesmannen. Norge skal gjennom EØS avtalen forholde seg til noen EU direktiver når det gjelder utslipp og avløpsvann. De to viktigste i denne sammenheng er Vanddirektivet (EU 2000) og Avløpsdirektivet (1991/271/EØF og 1998/15/EØF). Vanddirektivets overordnede mål er å fastsette en ramme for beskyttelse av ferskvann, grunnvann og sjøvann. Avløpsdirektivet beskriver kriterier for hvilke rensekrav som skal fastsettes for ulike resipienter og utslippsmengder. Hovedregelen er at utslipp fra tettsteder med 10 000 – 150 000 pe på Vestlandet skal gjennomgå sekundærrensing før utslipp til sjø. I tillegg er det egne krav for utslipp til elvemunninger og økte krav ved utslipp til følsomme resipienter. Unntak fra kravene kan blant annet gjøres ut fra miljøforholdene i resipienten. Avløpsforskriften (SFT 2002a) beskriver norske krav og retningslinjer til behandling og utslipp av avløpsvann. En del om dagens situasjon for renseanlegg og utslipp, og mulige konsekvenser av implementering av direktivene, kan leses i Källquist *m.fl.* (2002), SFT (2001) og SFT (2002b).

RF mottok en anbudsinvitasjon angående undersøkelsene fra IVAR høsten 2001 (ref. KOH/KOH/01003295/501/300, og to telefakser med endringer) og RF ble tildelt oppdraget etter noen avklaringer til undersøkelsesprogrammet. Det ble også lagt til noen ekstra prøvestasjoner for Sola kommune. Prøveinnsamlingen startet sent i desember 2001 og ble avsluttet i august 2002. Undersøkelsen er en oppfølgende undersøkelse av tidligere års resipientstudier og skal belyse nåtidens miljøsituasjon i noen sentrale resipienter, samt beskrive utviklingen av miljøforholdene over tid. Prøvene skal danne

grunnlag for å gi resipientene en tilstandsklassifisering i følge SFT veileder 97:03 "Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann" (Molvær m.fl. 1997).

Miljøundersøkelsene av fjordområdene rundt Stavangerhalvøya startet på 60-tallet og fortsatte på 70-tallet, men det var først på 80-tallet og senere at studiene økte i hyppighet og omfang. Siste store tilsvarende undersøkelse ble gjennomført i 1995 (Bokn *m.fl.* 1996). Myhrvold *m.fl.* (1997) gir en oversikt over informasjonen som var samlet og miljøforholdene frem til midten av 90-tallet og Moen (2001) gir en nyere oppdatering av miljøforhold (særlig miljøgifter) i sentrale havneområder. Gjerstad *m.fl.* (2001) foretok en undersøkelse av miljøgifter i sediment og organismer, og kom med kostholdsrad for konsum av sjømat der det var for høyt miljøgiftinnhold.

Undersøkelsen omfatter målinger av hydrografi (siktedyp, temperatur og saltholdighet) og en rekke vannkjemiske parametre (næringssalter, klorofyll, oksygeninnhold i bunnvann). Plante- og dyresamfunnet på noen steder i fjæra er kartlagt. I tillegg er det tatt bunnprøver for måling av miljøgifter, organisk innhold og identifisering av bunndyr. Parallelt med denne undersøkelsen har RF gjennomført tilsvarende prøveprogram for Stavanger og Sandnes kommune. For noen områder er det overlapp i resultatene fra disse tre undersøkelsene, men alle rapportene må leses for å få all informasjon som er samlet. Rapporten har først en del generell tekst, men deretter presenteres og diskuteres resultater oppdelt i sjøområder fra Sirevåg i sør, rundt Stavangerhalvøya og inn i Gandsfjorden.

2 Materiale og metoder

I 1995 ble RF sertifisert etter kvalitetsstandarden ISO-9001. RF-Miljølab er akkreditert etter NS-EN 17025 for en rekke analysemetoder av vann, slam og sedimenter. Høsten 1999 ble metodene for innsamling av bløtbunnsprøver og bestemmelse av bløtbunnsfauna akkreditert (basert på NS 9420, 9422, 9423).

2.1 Områdebeskrivelse, tidligere undersøkelser

Denne undersøkelsen omhandler resultater fra Sirevåg, Ølberg, Sola, Risavika, Hafrsfjord, Vistevika, Håsteinsfjord, Byfjord, Vågen ved Stavanger, Gandsfjord og Riskafjord (se kart Figur 2.1). Av disse områdene er det særlig Hafrsfjord, Gandsfjord og Riskafjord, samt Vågen i Stavanger som har mindre gode miljøforhold. Dette skyldes enten en kombinasjon av naturlige forhold og menneskeskapt utslipp eller en av delene. På noen steder er det innhold av miljøgifter som er det største problemet og i andre områder er det dårlig bunnvannsutskiftning og oksygenmangel.

Tidligere undersøkelser av de marine resipientene strekker seg helt tilbake til 1960-tallet. Den siste store marine miljøundersøkelsen ble foretatt av NIVA sommeren og høsten 1995 (Bokn *m.fl.* 1996). Den gang ble det samlet vannprøver for analyse av hydrografi, oksygeninnhold i bunnvann, næringssalter, bakterier og plankton. Det ble gjennomført undersøkelser av planter og dyr i fjæra, inkludert miljøgifter i noen av organismene. Og det ble tatt bløtbunnsprøver hvor ulike miljøgifter, organisk innhold og bunndyr ble analysert. Undersøkelsene i 1995 og 2001-02 er ikke helt like, men har mange fellestrekk. I 1995 ble det bare tatt prøver om sommeren, mens det i 2001-02 ble tatt prøver både sommer og vinter. Heller ikke alle de samme måleparametrene og områder er undersøkt. Det er ikke tatt planktonprøver eller miljøgifter i fjæreorganismer som i 1995. I 1995 ble det også gjort analyser av noen miljøgifter som ikke inngår nå, og det ble bare tatt en miljøgiftsprøve pr stasjon, mens det i denne undersøkelsen er tatt tre. På tross av disse forskjellene er det mange likheter mellom undersøkelsene, og resultatene kan derfor brukes til å vurdere utvikling over tid.

2.2 Kort om avløpsvann og rensing

Avløpsvann består vanligvis av spillvann fra husholdning (brukt ferskvann og kloakk) og avrenningsvann (regnvann) fra landoverflate (se også ordliste bakerst i rapporten). Ulike typer industriutslipp kan også være tilknyttet avløpsvannsystemet. I rapporten brukes kloakk og avløpsvann litt om hverandre. Mengdene av overflatevann vil variere mye med nedbøren, og ofte er det ønskelig å separere disse avløpsvannstypene for å redusere mengden som må pumpes frem til og behandles i renseanlegg. I perioder med driftsstans eller større vannmengder enn det ledningsnett og pumpene kan klare, vil avløpsvannet ledes ut i sjøen direkte i nødoverløp. Så mye som mellom 10 og 50 % av utslipp fra befolkningen kan gå til resipienten via nødoverløp (SFT 2002b). Det skiller ofte mellom kommunale utslipp og spredte eller private utslipp. De kommunale

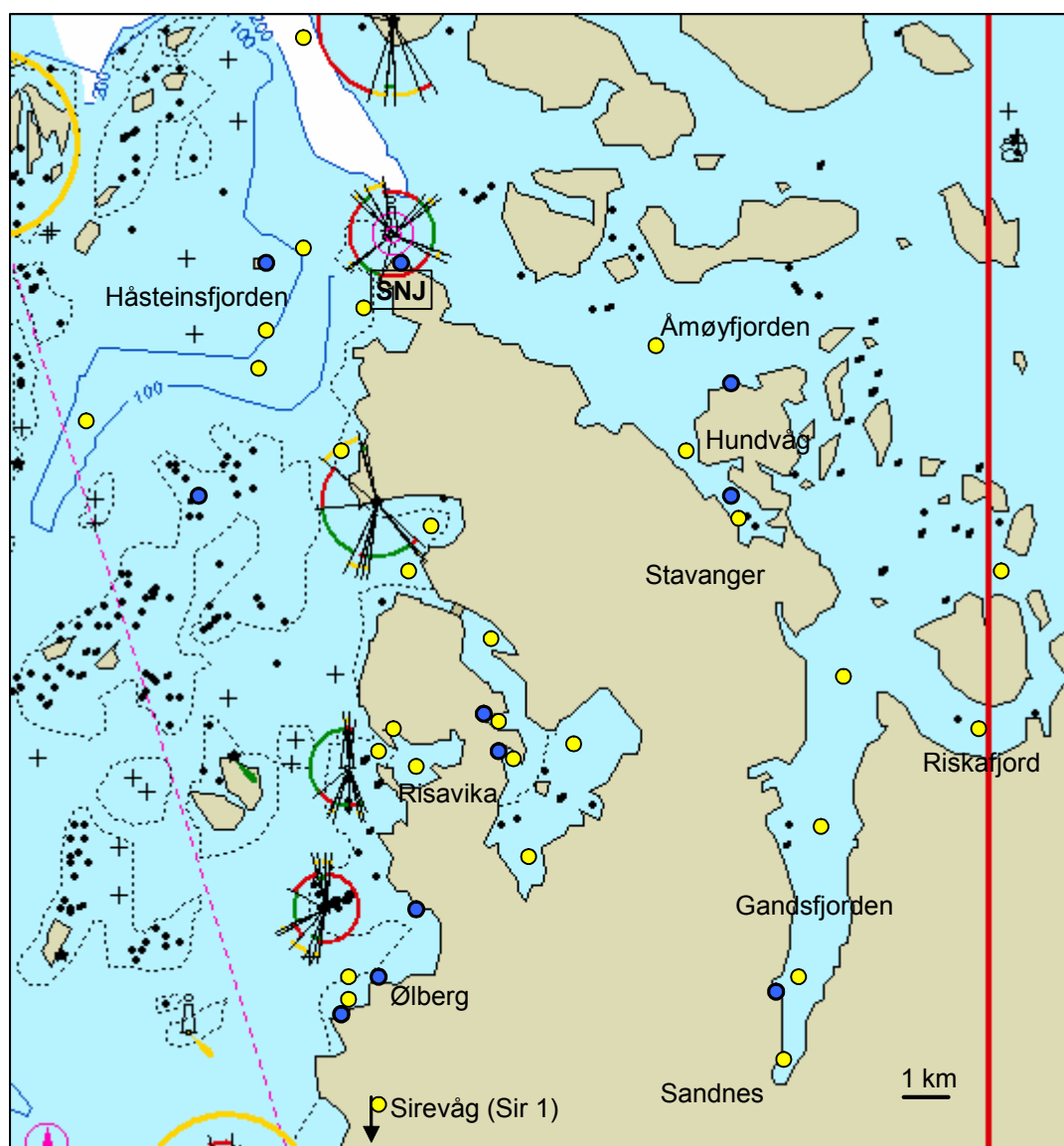
utslippene er samlet til større enheter før de går ut i resipienten, mens de spredte utslippene går som betegnelsen sier mer spredt og ofte i liten grad renses (kun slamavskiller/septiktank). Utslippsmengdene regnes gjerne i personekvivalenter (pe). En pe er definert som den mengde organisk stoff som brytes ned biologisk med et biokjemisk oksygenforbruk målt over fem døgn, BOF_5 , og tilsvarer 60 g oksygen per døgn (SFT 2002a). Det er nå vanlig å regne 1,5 personer per 1 pe (avløpsforskriften, SFT 2002a). Tidligere var 1 pe det samme som belastningen fra én person. I tillegg til BOF (Biokjemisk oksygenforbruk) finnes det blant annet verdier for tilførsel av nitrogen og fosfor pr personekvivalent.

Primærrensing oppnås dersom BOF_5 -verdien i avløpsvannet reduseres med minst 20 % i forhold til det som blir tilført og den samlede mengde suspenderte stoffer, SS, reduseres med minst 50 % i forhold til det som blir tilført renseanlegget, eller ikke overstiger 60 mg/l ved utslipp (avløpsforskriften, SFT 2002a). Utslipp som kun går gjennom grove siler eller helt ubehandlet kalles direkte utslipp. Dersom utslippet går gjennom siler med spalteåpning på maksimum 1 mm og/eller slamavskiller, kan primærrensekravet bli tilfredsstillt, men det er ikke alltid tilfelle (SFT 2002b).

Sekundærrensing oppnås dersom: 1) BOF_5 -verdien i avløpsvannet reduseres med minst 70 % i forhold til det som blir tilført renseanlegget eller ikke overstiger 25 mg O_2 /l ved utslipp, og 2) KOF_{cr} - verdien (KOF - Kjemisk oksygenforbruk) i avløpsvannet reduseres med minst 75 % i forhold til det som blir tilført renseanlegget eller ikke overstiger 125 mg O_2 /l ved utslipp (avløpsforskriften, SFT 2002a). I tillegg anbefales det at SS-verdien (suspendert stoff) for det tilførte vannet reduseres med 90 % før utslipp, eller ikke overstiger 35 mg O_2 /l etter rensing.

Videre rensing (*tertiærrensing*) knyttes opp mot prosentvis fjerning av nærings saltene nitrogen og fosfor, samt krav til utslippskonsentrasjoner av stoffene etter rensing.

Det er store kostnadsforskjeller mellom de ulike grader av rensing.



Figur 2.1. Kart over prøveinnsamlingsområdet. Prøvestasjonene er markert med ● og ● (strandsone). Prøveomfanget er ikke likt på alle steder. Kartet er grovt og se rapportens underkapitler for kart med mer detaljer samt kartet i rapportens bakside.

2.3 Bakgrunn og valg av prøveparametre og stasjoner

Omfanget av undersøkelsen var i stor grad beskrevet av oppdragsgiver og inneholder innsamlinger og analyser som er vanlig i denne type undersøkelser. Prøveinnsamlingen er konsentrert om steder hvor det er utslipp av kommunalt avløpsvann, steder som er undersøkt tidligere og områder hvor en kjenner til at miljøforholdene kan være dårlige. Stort sett er stasjonsplassering og prøveomfang beskrevet under hvert undersøkelsesområde i resultat- og diskusjonsdelen.

2.3.1 Vannprøver

Målinger av klorofyll, siktedyp, oksygeninnhold i bunnvann og bunnundersøkelser er *effektparametre*, mens målinger av næringssalter gir eventuelle årsaker til tilstanden.

Nivået av totalnitrogen og totalfosfor gir et bilde av det totale næringsinnholdet, mens nivået av nitrat og fosfat viser hva som er lettest tilgjengelig for algevekst. Næringssaltinnholdet og -tilførslene, vil naturlig variere til dels mye fra ett år til et annet og innen få uker. Hyppige målinger over lang tid er dermed ønskelig for å beskrive godt situasjonen i en vannmasse. Dette er som oftest ikke mulig og denne rapporten bygger på de resultatene vi her har funnet, samt data fra tidligere.

Næringsalter er helt nødvendig for algevekst og produksjon i sjøen, akkurat som gjødsel er det på land. Det er først når det blir for høyt innhold at miljøforholdene kan bli dårlige (i våre farvann er det ikke vanlig at periodevis næringssaltbegrensning blir sett på som et problem). Innholdet av de ulike næringssaltene kan avgjøre hvilke typer alger som vokser best (noen kan være giftige, andre er godt egnet som mat for dyreplankton), og høyt innhold av alger kan føre til redusert sikt og høyt oksygenforbruk når de nedbrytes. Om sommeren kan algene bruke opp det meste av de løste næringssaltene (fosfat, nitrat, ammonium m.fl.) i vannet, mens vintermålinger av næringsalter viser mer innholdet som en effekt av lokal og regional tilførsel.

I planteplankton er forholdet mellom nitrogen og fosfor 7,2:1 (på vektbasis). Dersom forholdet mellom disse næringssaltene avviker vesentlig fra 7, kan en anta at det ene næringssaltet er begrensende for algevekst (undersøkelser har imidlertid vist at dette er en forenkling av de reelle forholdene, hvor et rask gjenbruk av frigitte næringsalter kan sikre algevekst).

Innholdet av næringsalter brukes som et mål på om fjorden tilføres mye eller lite næringsalt. Innholdet av klorofyll *a* i overflatesjiktet, siktedyp og oksygen i bunnvann er mer et mål på **effekter** av næringssalttilførselen. Mye klorofyll og dårlig sikt viser at det er mye alger i vannet, og det tyder på høyt næringssaltinnhold/tilførsel. Lavt oksygeninnhold i bunnvannet viser at oksygenforbruket er stort, som følge av tilførsel av mye organisk materiale (alger, kloakk og lignende) til vannet, eller at det er dårlig bunnvannsutskiftning. Målingene av temperatur og saltholdighet (og oksygen) i vannsøylen brukes som støtteparametre ved tolkning av resultatene. Blant annet er det viktig å vurdere sjiktning i vannet og utskiftning av bunnvann. Lagdeling i vannsøylen kan være bestemmende for algevekst og tilførsel av næringsalt fra underforliggende vannmasser.

Bortsett fra noen få prøver fra 4. mars, er alle vannprøvene tatt innenfor SFT sine tilstandskriteriers inndeling av prøvene i årstider (vinter og sommer). Prøvene i mars er inkludert i vinterperioden.

I gjennomsnittene som figurene i rapporten er basert på, er målinger under deteksjonsgrensen i 2001-02 satt lik deteksjonsgrensen.

2.3.2 Strandsone

Sammensetning og antall av ulike alger og dyr i fjæresonen kan brukes som et mål på miljøtilstanden og spesielt om området er påvirket av næringssalttilførsel (eutrofiering). Ved stor næringssalttilførsel vil plante- og dyresamfunnet endres og det vil domineres av arter som trives under slike forhold. Hurtigvoksende grønnalger (for eksempel

tarmgrønnske) er typiske for fjære med mye næringsalter. Noen steder kan stort ferskvannsinhold i vannet også gi større innslag av de samme grønnalgene.

2.3.3 Bunnprøver

2.3.3.1 Miljøgifter

Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), eller tjærestoffer, er en gruppe forbindelser som består av 2 til 6 aromatiske benzenringer. De er regnet å være skadelig for organismer og det er særlig de kreftfremkallende egenskapene til de større PAH-forbindelsene det knytter seg størst bekymring til. Olje inneholder alltid en viss andel PAH og det er hovedsakelig mindre PAH forbindelser som dominerer i olje, spesielt to- og tre-ring strukturer, naftalener og fenantrener. Større PAH-forbindelser som for eksempel fire-ring strukturen pyren og fem-ring strukturen BaP dominerer i PAH som dannes ved prosesser med ufullstendig forbrenning. De tyngre forbindelsene brytes også saktere ned i naturen enn de lettere. NPD er fellesbetegnelse for de letteste PAH-forbindelsene: Naftalen, fenantren (Phenatrene) og Dibenzotiofen. Total hydrokarbon (THC) målinger gir et mål på det totale innhold av hydrokarboner, uten å skille mellom hvilke komponenter som inngår.

PCB (polyklorerte bifenyler) er også blitt analysert i denne undersøkelsen. Dette er forbindelser som har blitt brukt i blant annet transformatorer, kjøle(apparat), maling. På grunn av ekstrem lav nedbrytbarhet og giftighet overfor organismer, er PCB regnet som en av de verste miljøgiftene. De er nå mer eller mindre faset ut av bruk i Norge.

Av metallene er det særlig forurensning av kvikksølv, kadmium, bly og kobber som regnes for å være et alvorlig miljøproblem, men SFT tilstandsklassifisering omfatter også arsen, krom, nikkel og sink. Metallene kan føre til forskjellige skader hos organismer og effektene vil blant annet være avhengig av hvilken form metallene finnes i og konsentrasjon.

2.3.3.2 Organisk materiale

Mengden av organisk innhold i sedimentet gir informasjon om mengden som blir tilført i forhold til nedbrytningshastighet. Organisk materiale tilføres f. eks. som løv, kvister og annet materiale fra land og som døde alge- og dyrerester fra vannsøylen og fjæresonen. I tillegg kommer de menneskeskapte tilførselene, som kloakkutslipp og fra bedrifter. Det organiske materialet kan fungere som føde for en rekke bunndyr og brytes ned i sjøbunnen. Dette krever oksygen og går raskest ved god oksygentilførsel og mange bunndyr og langsomt dersom miljøet blir uten oksygen (anoksisk). Høy organisk tilførsel kan dermed føre til oksygensvikt og en sjøbunn uten dyreliv.

Det vil normalt være slik at innholdet av organisk materiale er korrelert med partikkelstørrelsen. Finkornet sediment vil ha høyere innhold av organisk materiale enn grovkornet. Dette er det tatt hensyn til i SFT veiledningen (Molvær *m. fl.* 1997) ved at innholdet normaliseres i forhold til innholdet av leire og silt, det vil si partikler som er mindre enn 63 µm. Det blir betegnet som TOC₆₃. En sedimentprøve får bedre tilstandsklasse dersom leire- og siltinnholdet økes og TOC innholdet holdes konstant.

Tørkingen av sedimentet før kornfordelingsanalysen fører til at partiklene binder seg meget hardt til hverandre (særlig i sediment med mye organisk materiale) og disse aggregerte partiklene kan være meget harde å knuse. Dersom klumpene ikke blir tilstrekkelig knust, vil de bli liggende igjen på siktene i sand- og grusfraksjonene. Dette representerer en mulig feilkilde i denne analysemetoden.

Forholdstallet mellom TOC og TN kan gi informasjon om opprinnelsen til det organiske innholdet i sjøbunnen. Et høyt forholdstall tyder på at tilførselen består av terrestrisk materiale (humus, løv og kvister osv.). I planteplankton er C:N forholdet ca 6 på vektbasis og et forholdstall rundt 8 eller lavere regnes som normalt i sediment med tilførsel av marin opprinnelse. Det stiger gjerne til rundt 10 innover i fjordene (Moy *m.fl.* 1996).

2.3.3.3 Bunn dyr

Analyse av bløtbunnsamfunn er vanlig i marine miljøundersøkelser og kan gi mye informasjon om miljøforholdene og oksygeninnhold i bunnvannet. Faunaen i fjordbunnen er i hovedsak lite mobil og kan derfor betraktes som et "speil" på den forurensningsbelastning området har vært utsatt for, og representerer ikke bare et øyeblikksbilde, men også hvordan miljøforholdene har vært i tiden (mnd-år) før prøvene ble tatt. Det finnes mye kunnskap om dyrene sin utbredelse og respons på forurensning samt lavt oksygeninnhold. I praksis for våre områder er det særlig manglende oksygen som kan føre til artsfattig fauna. Et innhold over tid under 2 mg oksygen /l er for lite for de fleste bunndyr. Det er sjelden at miljøgiftinnholdet er så høyt at det fører til en arstfattig fauna, men det kan ha større betydning for hvilke arter som kan overleve.

Forenklet kan en si at prøver med få arter, ofte med et høyt antall individ, indikerer at miljøforholdene er dårlige. I slike prøver vil diversitet og jevnhet være lav. Motsatt vil det være gode miljøforhold hvor det er mange arter og et moderat antall individ. I prøver hvor enkelte arter er representert med mange individ, er området ofte utsatt for en belastning (eks. organisk tilførsel). Noen arter er svært tolerante for slike områder hvor det organiske materialet utnyttes som føde. Diversitet er av og til et misvisende mål på miljøtilstand (og bruk av SFT tilstandsklasse blir uheldig). Dette gjelder spesielt for prøver med få arter hvor individene er jevnt fordelt mellom de få artene. Slike prøver får høy jevnhet og kan også få høy diversitet, mens en faglig vurdering vil tilsi at miljøforholdene er dårlige. Det blir motsatt i prøver med mange arter, men med meget skjev fordeling av individene, som får forholdsvis lav jevnhet og diversitet.

Antall arter og individer i bunnprøver vil variere mye med de naturlige miljøforholdene og det er dermed ikke mulig å gi et godt tall på et forventet antall arter og individer i et område. Normalt kan en forvente minst 30 arter og et gjennomsnittlig individantall på 500-3000 ind /m² i fire 0,1 m² grabbprøver fra et uforurenset kystområde, med en moderat finkornet bunn og gode oksygenforhold (se for eksempel Moy *m.fl.* 1996).

2.4 Undersøkellesprogram og innsamlingsmetoder

Områdene som undersøkelsen omfatter har et ulikt antall stasjoner, og hvilke målinger som er gjort hvert sted er forskjellig. Nærmere beskrivelse for hver stasjon er gitt under resultat- og diskusjonskapitelet, samt i vedlegg. Prøveinnsamlingen startet i desember 2001. Siden det var et stort prøveantall og de var spredt over et stort område, er hver innsamling tatt over flere dager, men normalt innenfor samme uke. Bortsett fra vannprøvene ved Ølberg er alle prøvene tatt fra båt. Det ble leiet egen båt i Sirevåg, og båt fra Lundsvågen Naturskole til prøvene rundt Stavangerhalvøya. Bunnprøvene ble tatt med en større båt, i april 2002. Da bunnprøvene ble tatt ble mer nøyaktig stasjonsplassering gjennomført og koordinater fra denne innsamlingen er gjengitt i tabeller. Posisjonen til stasjonene ble lokalisert ved hjelp av kart og prøvedyp, GPS navigator, kartplotter, posisjoner fra tidligere undersøkelser, samt erfaring fra tidligere undersøkelser.

2.4.1 Sjøvannsprøver

Det er to hovedtyper av ”vannstasjoner” i undersøkelsen. Noen stasjoner med næringssalter, siktedyp, klorofyll og sondemålinger (0-60 m) og noen stasjoner hvor det i tillegg (eller bare) måles oksygen i bunnvann og gjøres hydrografiske målinger i hele vannsøylen. Totalt er 26 ”vannstasjoner” med i denne undersøkelsen. Det er med få unntak tatt fem prøver i vinterperioden og fem prøver om sommeren på hver stasjon, men oksygenprøvene i bunnvann er tatt månedlig (des-feb og jan-aug). Særlig i desember mangler det noen prøver siden arbeidet startet så tett inntil jul, at ikke all innsamling lot seg gjennomføre. Noen av ”februarmålingene” ble gjort i begynnelsen av mars. Det ble ført en feltjournal ved hver innsamling. Tabell 2.1 oppsummerer grovt noe av undersøkelsesopplegget. Flere detaljer om vannprøveinnsamlingen på de ulike stasjoner finnes under hver områdebeskrivelse og i vedlegg.

Tabell 2.1. Omtrentlig antall prøver (stasjoner) i 2001 og 2002. Totalt 26 stasjoner. Næringssalter i blandprøve fra 0-2 m. Klorofyll og siktedyp ble målt om sommeren, oksygeninnhold 2-3 m over bunn.

Parameter	Des-01	Jan-02	Jan-02	Feb-02	Feb-02	Jun-02	Jul-02	Jul-02	Aug-02	Aug-02	Ca Sum
Total fosfor	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	220
Fosfat	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	220
Total nitrogen	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	220
Nitrat	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	220
Siktedyp	9	0	0	0	0	22	22	22	22	22	110
Klorofyll <i>a</i>	0	0	0	0	0	23	23	23	23	23	115
Sonde (hydrografi, 0-60 m)	22	22	22	22	22	23	23	23	23	23	225
Oksygenmålinger, bunnvann, CTD	22	0	22	0	22	22	0	22		22	132

2.4.1.1 Metoder vannprøver

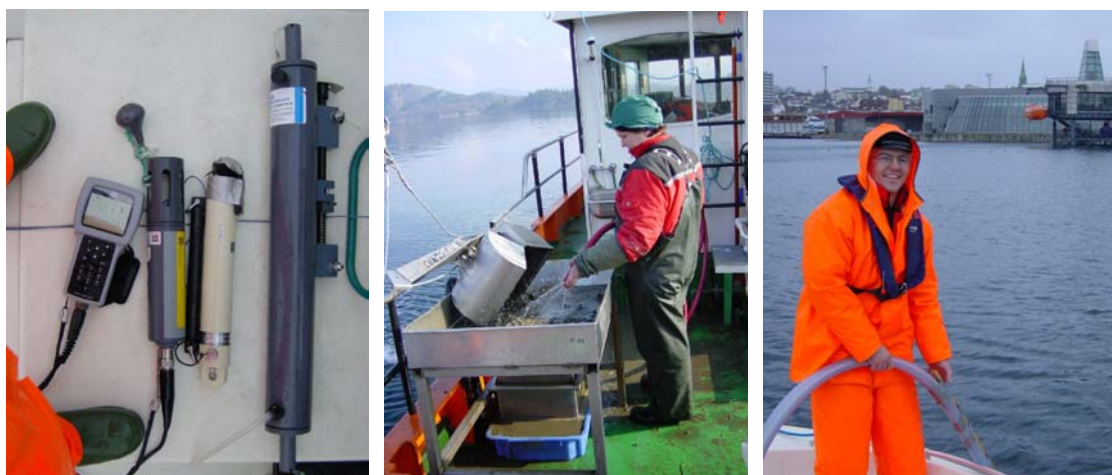
Vannprøvene til næringssalter og klorofyll ble tatt ved hjelp en slange som ble senket vertikalt ned til 2 m. Vannet i slangen ble helt over i en kanne og deretter tappet på flasker. Prøvene av bunnvannet ble samlet med en Niskin vannhenter (Figur 2.2), tappet

direkte på glassflasker og tilsatt kjemikalier. Oksygeninnholdet i bunnvann måles med Winkler, siden den metoden er mer nøyaktig og pålitelig (og akkreditert) enn målinger ved hjelp av sonder. Prøveflaskene til næringsalter og oksygen ble satt i kjølebag og i kjølerom ved ankomst RF-Miljølab inntil videre analyse eller behandling. Siktedypet ble målt med en Secchi skive (25 cm). Secchi skiven ble senket ned til den var ute av syne, og deretter trukket opp igjen. Snittverdien av dypet hvor skiven forsvant og kom til syne igjen ble notert som siktedypet.

Temperatur, saltholdighet og oksygen ble målt på næringsstasjonsstasjonene med en YSI 6820 sonde, som etter fabrikantens spesifikasjoner har følgende nøyaktighet: temperatur $\pm 0,15$ °C, saltholdighet $\pm 0,1$ (eller 1%), oksygeninnhold $\pm 0,2$ mg/l (for prøver 0-20 mg/l) og vanddyp 0,12 cm (for dyp 0-61m). Saltholdighet og oksygeninnhold ble kalibrert før prøveinnsamlingen. Sonden hang i kabel og ble brukt fra overflaten og ned til ca 60 m eller bunn. Data ble lagret (minst) for hver 5. meter. YSI sonden var dessverre defekt i en periode fra februar til juni 2002 og det mangler dermed en del data.

På stasjonene hvor det ble tatt oksygenprøve av bunnvannet (månedlig, dvs. 6 ganger) ble det brukt en SD 204 CTD (Conductivity Temperature Density) sonde. Dette instrumentet har mye høyere nøyaktighet enn YSI sonden når det gjelder temperatur ($\pm 0,01$ °C), og saltholdighet (0,02), men måler ikke oksygen. CTD-sonden startes på overflaten og ble senket ned til bunnen opphengt i et tau. Instrumentet lagret data for hvert sekund.

I rapporten er saltholdighet oppgitt uten benevning som ”Practical Salinity UNIT, PSU” med symbolet S, dette tilsvarer promille (‰) som ble brukt tidligere (se eventuelt vedlegg i Molvær *m. fl.* 1997). Sjøvannets tetthet (masse pr volum) er oppgitt som σ_t og 1000 kg må legges til for å få tyngde i kg pr m³. I våre farvann kan en forenklet si at tettheten øker med økende saltholdighet og trykk, og avtagende temperatur. Saltholdigheten har størst betydning.



Figur 2.2. Bilde til venstre av Niskin vannhenter (til høyre), CTD og YSI-sonde med lagrings- og skjermenehet. Bilde av Veslemøy Eriksen som spylor og sikter en grabbprøve. Bilde av Øyvind Tvedten med slange for vannprøveinnsamling (0-2 m).

2.4.2 Strandsone

Gruntvannssamfunn er undersøkt i Håsteinsfjord, Byfjord, Gandsfjord og på utvalgte lokaliteter i Sola kommune. Feltarbeidet ble gjennomført i perioden 30. juli til 2. august 2002. Undersøkelsene i Håsteinsfjord skiller seg noe ut fra de andre undersøkte fjordsystemene, metodikk for undersøkelsene er beskrevet nedenfor.

Undersøkelse av gruntvannssamfunn baseres hovedsaklig på arbeid i felt. Identifisering av arter/taxa er utført i felt. Dette gjør undersøkelsene mulig å repetere ved et seinere tidspunkt.

I rapporten omtales stasjonene med ulik eksponeringsgrad. Eksponering er her først og fremst knyttet til i hvor stor grad områdene er utsatt for bølger.

2.4.2.1 Håsteinsfjord

Metodikken for undersøkelsene i Håsteinsfjord skiller seg som nevnt tidligere ut fra de andre fjordområdene som er undersøkt i dette prosjektet. Det spesielle for Håsteinsfjord er at det i tillegg til semikvantitative strandsoneundersøkelser også gjennomføres kvantitative rammeundersøkelser og sublittorale undersøkelser i tareskog (ca 2 m dyp). I avsnittene under er metodene beskrevet mer i detalj.

2.4.2.2 Kvantitative rammeundersøkelser

En ramme på 150 * 60 cm inndelt i 10 * 10 ruter med en tynn wire ble brukt til de kvantitative rammeundersøkelsene. Inndelingen gjorde at det totalt var 6 horisontale lengder med 15 ruter i hver. Av de 15 rutene i hvert nivå ble 5 tilfeldige ruter valgt ut og undersøkt, til sammen 30 ruter innenfor hver ramme. Innen hver av de 30 rutene ble alle makroskopiske alger/planter og dyr registrert med tilstedeværelse og dekningsgrad. Mobile dyr ble oppgitt som antall individ.

På hver stasjon ble det lagt ut en ramme. I de tidligere undersøkelsene ble rammenes plassering bestemt av bolter i fjellet. Da det ikke har vært mulig for oss å få tak i dokumentasjon eller skisser over boltene plassering, er ikke rutene i årets undersøkelse plassert nøyaktig samme sted som de tidligere undersøkelsene. Kart og tidligere beskrivelser av området ble brukt for å bestemme plassering av rutene.

2.4.2.3 Semikvantitative strandsoneundersøkelser

De semikvantitative undersøkelsene ble gjennomført ved å svømme (snorkle) i overflaten i en tidsbegrenset periode på 15 min over en strandlinje på ca 20 meter. I disse undersøkelsene dekkes et større areal enn ved ruteundersøkelser.

Registreringer ble foretatt av alle makroskopiske alger og dyr fra sprøytesonen og ned til ca 1 m dyp (under laveste lavvann). Følgende semikvantiative skala ble brukt i registreringene:

- 1 = sjelden
- 2 = vanlig
- 3 = dominerende

2.4.2.4 Sublittorale undersøkelser

De sublittorale undersøkelserne omfatter tareskog, og ble gjennomført med dykking. I undersøkelserne ble det brukt en ramme på 50 * 50 cm, og på hver stasjon ble fem rammer lagt ut tilfeldig. Makroskopiske alger og dyr ble registrert ved dekningsgrad. Antall tareplanter innen størrelseskategoriene store (med ru stilk) og små/juvenile (med glatt stilk) ble talt. Dyr og alger som vokser på tare ble bestemt kvalitativt og semikvantitativt som for strandsoneundersøkelsen.

2.4.3 Bunnprøver

På de fleste av stasjonene ble det tatt syv sedimentprøver med en 0,1 m² van Veen grabb. Fire av grabbprøvene ble brukt til bunnfauna og tre til kjemiske analyser. Siden antall delprøver til kjemiske analyser var tre eller flere pr. grabb, kunne i følge RFs akkrediterte prosedyrer ikke samme prøve benyttes til bunndyr (for mye materiale og dyr blir tatt bort). På noen stasjoner ble det ikke tatt prøver til miljøgiftanalyser eller bare organisk innhold.

På Ølberg ble prøvene i havna tatt fra land med en 225 cm² van Veen grabb som ikke er en akkreditert innsamling. Kun organisk materiale og kornstørrelse ble analysert.

2.4.3.1 Metoder bunnprøver

Innsamlingen ble gjort i april 2002 fra M/S Risøygutt. Prøvene ble beskrevet visuelt og eventuell uvanlig lukt ble registrert. Det ble ført en feltjournal med opplysninger og prøvene og værforhold mm. Beskrivelse av sedimentet og generelle opplysninger fra stasjonene er gitt under hver områdebeskrivelse. Det ble tatt prøver til analyse av metaller, PAH, PCB, organisk innhold (glødetap og TOC) samt nitrogen (TN) fra de øverste 1-2 cm fra de tre første grabbprøvene på hver stasjon, samt tatt prøver til kornstørrelse fra 0-5 cm i sedimentet. Prøvene ble tatt gjennom en luke på toppen av grabben. Prøvene ble pakket i egnet emballasje og oppbevart i kjølebag, inntil opparbeidelse eller nedfrysing på laboratoriet.

Bunnfaunaprøvene ble silt gjennom to siler med 5 mm og 1 mm runde hull. Prøvene er kvantitative for dyr som er større enn 1 mm. Materiale som ble igjen på siktene ble konservert i formalinløsning nøytralisert med boraks, merket og emballert. Dyrene ble senere sortert ut i laboratoriet under lupe og artsbestemt.

Innholdet av organisk materiale og artsmangfoldet (diversitet) vurderes opp mot SFTs grenseverdier for miljøkvalitet (Molvær *m. fl.* 1997).

2.5 Analyser

2.5.1 Vann

Næringssalter, klorofyll og oksygen

Analysene ble foretatt ved RF-Miljølab (akkreditert). Totalfosfor: NS 4725 3/84, fosfat: NS 4724 2/84, totalnitrogen: NS 4743 2/93 og nitrat + nitritt: NS 4745 2/91. I overflatesjøvann med tilfredsstillende oksygeninnhold er det normalt ubetydelige mengder nitritt. I rapporten omtales resultatene fra nitrat + nitritt analysen som nitrat. Klorofyll-a: Metode med Aceton/DMSO (Klaveness 1984; Stauffer *m.fl.* 1979). Spektrofotometer: Perkin-Elmer Lamda 7. Filtertype: Whatman GF/C. Oksygeninnholdet ble analysert med Winkler titrering (NS-ISO 5813 1/93).

2.5.2 Sediment

Totalt organisk karbon og nitrogen

Sedimentet ble ubehandlet frosset og sendt videre fra RF-Miljølab til analyse ved Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA) sitt laboratorium i Oslo. Analysene ble gjort ved forbrenning ved 1800 °C etter at karbonater var fjernet ved hjelp av saltsyre. NIVA metode G6 (akkreditert), HCN analysator.

Partikkelstørrelse og organisk innhold (glødetap)

Analysene av kornfordeling ble foretatt ved RF-Miljølab etter intern metode (ikke akkreditert) basert på Buchanan (1984). Sedimentet ble tørket over natten ved 105 °C. 20-30 g prøve ble veid inn til analyse. Deretter ble prøven splittet i to fraksjoner ved våtsikting (0,063 mm). Den grove fraksjonen (> 63 µm = 0,063 mm) ble analysert ved tørrsikting etter at prøven var tørket over natten ved 105 °C. Det tørre sedimentet ble overført til en sikt-serie med følgende åpninger; 4, 2, 1, 0,5, 0,25, 0,125, og 0,063 mm og kjørt i ristemaskin i 15 minutt. Materialet som ble liggende igjen på de ulike siktene ble veid til nærmeste 0,01 g. Andel partikler (vekten) som var mindre enn 0,063 mm ble bestemt ved å trekke summen av vekten til de andre partikkelstørrelsene (> 0,063 mm) fra utgangsvekten til prøven.

Mengden organisk materiale i sedimentet ble analysert som glødetap (vektreduksjon) etter gløding ved 550 °C i minimum 2 timer (NS 4764). På forhånd ble prøven tørket ved 105 °C og det ble innveid ca 5 g.

PAH og PCB

Prøvene ekstraheres med diklormetan. Den polare fraksjonen fjernes ved kolonnekromatografi. Etter inndamping analyseres ekstraktet ved gasskromatografi med massespektrometrisk detektor (GC/MS-SIM). De organiske analysene er utført ved MILJØ-KJEMI Norsk Miljø Senter.

Metaller

Prøvene til metallanalysene ble oppsluttet i henhold til Norsk Standard (NS 4770). Sedimentprøvene ble tørket ved 50 °C til konstant vekt. Prøvene ble deretter knust og homogenisert i en agarmorter .

Metallene ble ekstrahert ved at 0,5 g av fraksjonen ble tilsatt 5 ml 7 M salpetersyre. Prøvene ble deretter overført til en autoklav med konstant temperatur på 120 °C i 30 minutter. Etter avkjøling ble prøvene fortynnet med destillert vann tilsatt internstandard til 25 ml.

Sedimentet ble analysert for følgende metaller som står på SFTs klassifiseringsliste: arsen (As), krom (Cr), nikkel (Ni), kobber (Cu), sink (Zn), kadmium (Cd), bly (Pb), sølv (Ag) og kvikksølv (Hg). I tillegg ble metallene: litium (Li), jern (Fe), kobolt (Co), strontium (Sr), tinn (Sn) og barium (Ba) analysert. Metallene ble, med unntak av kvikksølv, analysert i en ICP-MS med indium som intern standard. For kvikksølv ble det benyttet kalddamp-atomabsorpsjon (CV-AAS) med et automatisk injeksjonssystem (FIMS) fra Perkin-Elmer. Analysen ble utført av RF – Miljølab.

Kvalitetssikringen omfattet alle faser av analysen inkludert oppslutning av referansemateriale, oppslutning av blanker og oppslutning av replikater. Som referansemateriale ble det valgt MESS. Resultatene fra referansematerialet gav resultater som er normale i henhold til Norsk Standard.

2.5.3 Bunnfauna

Analysene ble gjort ved RF. Antallet av arter og individer er primære resultater i bunnfaunaundersøkelser. Ettersom antallet arter og individer i upåvirkede marine sedimenter kan være høyt og derfor vanskelig å få oversikt over, er det hensiktsmessig å sammenfatte informasjonen ved bruk av ulike beregningsmetoder og grafiske fremstillinger.

Ved å redusere datasett med mange variable (her vil hver bunndyrsart representere en variabel) til enklere tall eller figurer, vil det på grunn av de enkelte metoders svakheter være fare for at vesentlig informasjon går tapt. Metodene har ulike fordeler og ulemper, og det er derfor vanlig å benytte flere utfyllende og til dels overlappende metoder. I denne undersøkelsen er analysene utført ved hjelp av beregninger og figurfremstillinger som er anbefalt (Gray *m. fl.* 1988) og vanlig brukt i tilsvarende resipientundersøkelser.

Taksonomiske grupper (art og slekt) som er tatt med i de videre analysene ut fra følgende kriterier:

- Artene lever i bunnsedimentet
- Artene er samlet kvantitativt med grabben
- Individene holdes tilbake på sikt med maskevidde 1 mm
- Individene er identifisert til art, slekt eller familie. Unntaket er fåbørstemarken (*Oligochaetae*) og slimormer (*Nemertea*), disse er bare bestemt til gruppe, men er likevel tatt med i analysene.

Dette medfører at grupper som rundmark samt kolonidannende arter som hydrozoer og svamper ikke er tatt med i analysene. Krepser uten tilknytning til sedimentet er også utelatt fra de videre analyser. Utelatte dyr er markert med * foran artsnavnet.

2.5.3.1 Mål på diversitet

Diversitet blir beregnet ut fra antall arter og fordeling av individene på artene i prøven. Med høyt antall arter og jevn individ fordeling mellom artene, vil prøven ha høy diversitet. Diversitet er beregnet som Shannon-Wieners diversitetsindeks (H') (Shannon & Weaver 1963), jevnhet (Pielou 1966), samt diversitetskurver (Hurlbert 1971).

Shannon-Wiener indeksen beregnes som:

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

Hvor $p_i = n_i / N$, s = totalt antall arter, n_i = antall individer av i 'te art og N = totalt antall individer.

De beregnede verdiene sammenlignes med *grenseverdier* gitt av SFT (Molvær *m.fl.* 1997).

Jevnhet (J) er et mål på hvor jevnt individene er fordelt mellom artene. Verdiene ligger mellom 0 og 1. Verdien vil gå mot 0 om de fleste individene tilhører en art, mens den vil være 1 om alle artene er representert med like mange individer. Ved maksimal diversitet, vil alle artene være representert med like mange individer, det vil si at $H' = \log_2 S = H_{max}$. Forholdet mellom observert (H') og maksimal diversitet (H_{max}), kan derfor sees som et mål på jevnhet (Magurran 1988). Jevnhet beregnes som:

$$J = \frac{H'}{\log_2 S} = \frac{H'}{H_{max}}$$

Et annet mål på artsrikdom er beregnet etter Hurlberts formel (Hurlbert 1971):

$$E(S_n) = \sum_{i=1}^S \left[1 - \frac{\binom{N - N_i}{n}}{\binom{N}{n}} \right]$$

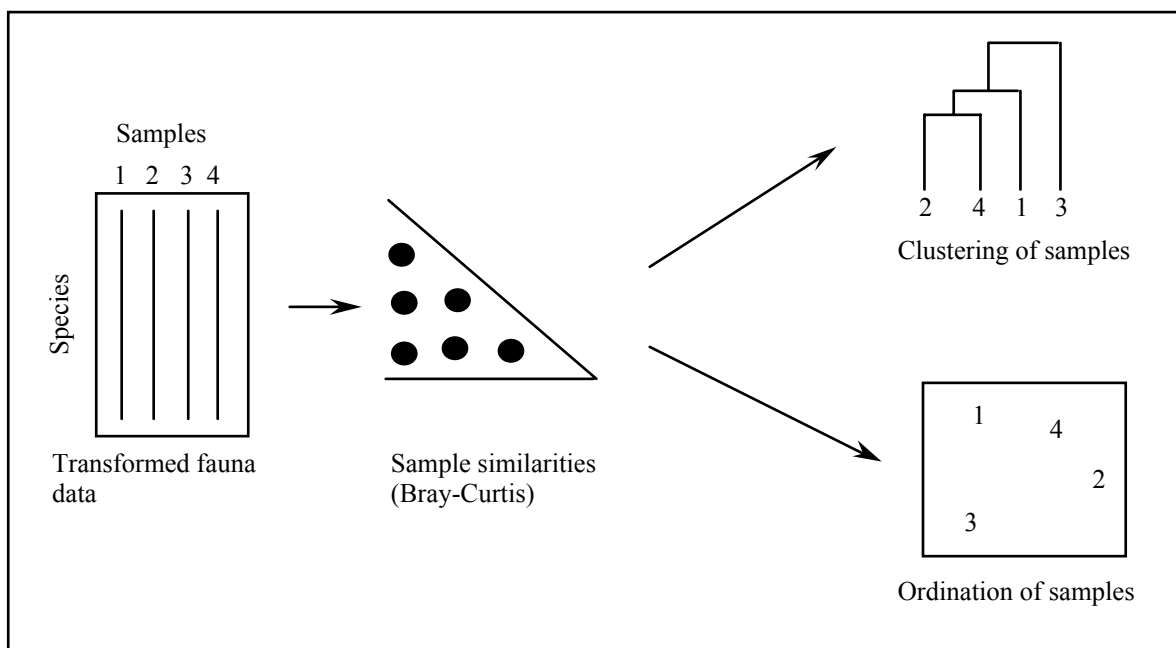
hvor $E(S_n)$ = forventet antall arter i en delprøve av n tilfeldig valgte individer, N = totalt antall individer i prøven, S = totalt antall arter i prøven, og N_i = antall individer av art i .

Formelen beregner et forventet antall arter en vil finne i en prøve ut fra et visst antall tilfeldig valgte individer (normalt 100 individ, $ES_{n=100}$), verdiene sammenlignes med *grenseverdier* gitt av SFT.

2.5.3.2 Multivariate metoder

Klassifisering (klusteranalyse) og ordinerings (MDS) er benyttet for å undersøke likheten mellom bunndyrprøvene fra de ulike innsamlingstidspunkt. Rådata blir transformert før analysen, slik at arter med få individer får større betydning enn de ellers ville ha hatt. Transformeringsen gjør også at arter med mange individ får mindre betydning i analysene. Dette er vanlig å gjøre på denne type rådata.

Multi Dimensional Scaling (MDS) og klusteranalysen ble utført i programpakken PRIMER 5.2.9 (Clarke & Gorley 2001). Metodene begynner med å måle likheten mellom to og to prøver basert på Bray-Curtis similaritetsindeks (Bray & Curtis 1957). Den resulterende similaritetsmatrisen brukes til å dele prøvene inn i grupper. Likheten mellom disse gruppene fremstilles deretter grafisk som dendrogram fra klusteranalysen, eller som to dimensjonale plott fra MDS analysen. Se Figur 2.3 nedenfor for skjematisk fremstilling av metodene.



Figur 2.3. Skjematisk fremstilling av de ulike trinn i klassifisering og MDS analyse. Modifisert etter (Field *m. fl.* 1982).

I dendrogrammet er *grenene* som ligger nærmest hverandre de som ligner mest på hverandre. Forgreningspunktene forteller også kvantitativt hvor stor likheten mellom ulike prøver er.

MDS konstruerer et "kart" over prøvene, hvor dess mer like to prøver er med hensyn på forekomst av arter, dess nærmere vil de være til hverandre på "kartet" (Gray *m. fl.* 1988). MDS analysen forsøker å opprettholde den innbyrdes rekkefølgen av likheter fra dataanalysen, og frem til presentasjonen av resultatene i et to-dimensjonalt plot – med andre ord; prøve 1 er mer lik prøve 2, enn prøve 3 er lik prøve 4, skal fremkomme i plottet som, prøve 1 er nærmere prøve 2 enn prøve 3 er til prøve 4 (Clarke & Warwick 1994).

Stress-faktoren for analyseresultatet forteller hvor godt det to-dimensjonale plottet reflekterer mange-dimensjonaliteten i dataene. Clarke (1993) foreslår følgende "tommelfingerregler" for tolkning av *stress* -faktoren.

- Stress* < 0,05 – gir en meget god gjengiving
- Stress* < 0,10 – gir en god gjengiving
- Stress* < 0,20 – krever varsom tolkning
- Stress* > 0,20 – plottet kan være "farlig" å tolke, og hvis verdien når 0,35-0,40, så er prøvene tilfeldig plassert i plottet.

I denne rapporten er analysene gjort med standard oppsett i programmet PRIMER. Det vil si kvadratrot transformerte data og ”group average linking”. Det ble også gjort analyse på fjerderot transformerte rådata, og MDS plottet viste omtrent det samme bilde.

2.6 Databehandling

Isopleter fra de hydrografiske dataene er laget i programmet Surpher, stort sett etter standard oppsett (kriging og automatisk valgt antall grid linjer), men datoene er gjort ”fiktive” slik at antall grid linjer ble nokså like i x-y-retning. Dataprogrammet forsøker å trekke linjer mellom alle punkter med samme verdi (isolinjer, iso betyr lik). Dette krever en del beregning og resultatet er avhengig av valg av metode og oppsett, samt hvordan grunnlagsdataene er. Iso-plottene er basert på CTD-data siden de er mest nøyaktige og fordi en tettere serie (YSI-data i tillegg) ikke ville gitt vesentlig ny informasjon. Analysene på bunndyrsdata ble utført ved hjelp av programpakken PRIMER v5.2.9 (Clarke & Gorley 2001) og Microsoft Excel. Annen generell tallbehandling og lagging av figurer er også gjort i Excel.

2.7 SFTs klassifiseringssystem av miljøkvalitet

SFT har gitt ut en veiledning som kan brukes til å klassifisere miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Molvær *m. fl.* 1997). I veiledningen finnes en del bakgrunnsinformasjon og kommentarer til tabellene med måltall (grenseverdier) for ulike klasser av miljøkvalitet i vann, sedimenter og biologisk materiale. Det kreves en del bakgrunnskunnskap om miljøparametrene og det må ofte brukes skjønn for å kunne bestemme rett tilstandsklasse og å tolke resultatene. Nedenfor har vi tatt med tabeller fra veiledningen som omtaler miljøparametre som er aktuelle for denne undersøkelsen. Virkninger av organiske stoffer karakteriseres blant annet ved hjelp av oksygen i dypvann. Oksygeninnholdet bør måles månedlig i ett helt år for med rimelig sikkerhet å finne oksygenminimum, og dermed tildele tilstandsklasse til en vannmasse.

Vi gjør også oppmerksom på at klassifiseringen av sediment er beregnet på bruk på et oksygenholdig og nokså finkornet sediment. I denne undersøkelsen er det på noen steder andre sedimenttyper hvor klassifiseringen likevel blir benyttet.

Tabell 2.2. Klassifisering av tilstand for næringssalter, klorofyll a, og siktedyp i overflatelaget, samt oksygen i dypvannet for vann med saltholdighet over 20 (se Molvær *m. fl.* 1997).

Parametre		Tilstandsklasser				
		I Meget god	II God	III Mindre god	IV Dårlig	V Meget dårlig
Overflatelag Sommer (juni-august)	Total fosfor ($\mu\text{g P/l}$)*	<12	12-16	16-29	29-60	>60
	Fosfat-fosfor ($\mu\text{g P/l}$)*	<4	4-7	7-16	16-50	>50
	Total nitrogen ($\mu\text{g N/l}$)*	<250	250-330	330-500	500-800	>800
	Nitrat-nitrogen ($\mu\text{g N/l}$)*	<12	12-23	23-65	65-250	>250
	Ammonium-nitrogen ($\mu\text{g N/l}$)*	<19	19-50	50-200	200-325	>325
	Klorofyll a ($\mu\text{g/l}$)	<2	2-3,5	3,5-7	7-20	>20
	Siktedyp (m)	>7,5	7,5-6	6-4,5	4,5-2,5	>2,5
Overflatelag Vinter (desember- februar)	Total fosfor ($\mu\text{g P/l}$)*	<21	21-25	25-42	42-60	>60
	Fosfat-fosfor ($\mu\text{g P/l}$)*	<16	16-21	21-34	34-50	>50
	Total nitrogen ($\mu\text{g N/l}$)*	<295	295-380	380-560	560-800	>800
	Nitrat-nitrogen ($\mu\text{g N/l}$)*	<90	90-125	125-225	225-350	>350
	Ammonium-nitrogen ($\mu\text{g N/l}$)*	<33	33-75	75-155	155-325	>325
Dypvann	Oksygen (ml)**	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
	Oksygen (mg/l)**	>6,4	6,4-5	5-3,6	3,6-2,1	<2,1
	Oksygenmetning (%)***	>65	65-50	50-35	35-20	<20

* Omregningsfaktoren til mg-at/l er 1/31 for fosfor og 1/14 for nitrogen.

** Omregningsfaktoren mellom mg O₂/l og ml O₂/l er 1,42.

*** Oksygenmetningen er beregnet for saltholdighet 33 og temperatur 6° C.

Tabell 2.3. Klassifisering av tilstand ut fra innhold av metaller, organiske og klororganiske forbindelser i sedimenter (se Molvær *m. fl.* 1997). Se flere fotnoter på neste side.

Parametre		Tilstandsklasser					
		I Ubetydelig- Lite forurenset	II Moderat forurenset	III Markert forurenset	IV Sterkt forurenset	V Meget sterkt forurenset	
Metaller m.m. i sedimenter (tørrvekt)	Arsen (mg As/kg)	<20	20-80	80-400	400-1000	>1000	
	Bly (mg Pb/kg)	<30	30-120	120-600	600-1500	>1500	
	Fluorid (mg F/kg)	<800	800-3000	3000-8000	8000-20000	>20000	
	Kadmium (mg Cd/kg)	<0,25	0,25-1	1-5	5-10	>10	
	Kobber (mg Cu/kg)	<35	35-150	150-700	700-1500	>1500	
	Krom (mg Cr/kg)	<70	70-300	300-1500	1500-5000	>5000	
	Kvikksølv (mg Hg/kg)	<0,15	0,15-0,6	0,6-3	3-5	>5	
	Nikkel (mg Ni/kg)	<30	30-130	130-600	600-1500	>1500	
	Sink (mg Zn/kg)	<150	150-700	700-3000	3000-10000	>10000	
	Sølv (mg Ag/kg)	<0,3	0,3-1,3	1,3-5	5-10	>10	
	TBT ¹⁾ ($\mu\text{g/kg}$)	<1	1-5	5-20	20-100	>100	
	Organiske miljøgifter i sedimenter (tørrvekt)	$\Sigma\text{PAH}^{2)}$ ($\mu\text{g/kg}$)	<300	300-2000	2000-6000	6000-20000	>20000
		B(a)P ³⁾ ($\mu\text{g/kg}$)	<10	10-50	50-200	200-500	>500
HCB ⁴⁾ ($\mu\text{g/kg}$)		<0,5	0,5-2,5	2,5-10	10-50	>50	
ΣPCB_{75} ⁵⁾ ($\mu\text{g/kg}$)		<5	5-25	25-100	100-300	>300	
EPOCI ⁶⁾ ($\mu\text{g/kg}$)		<100	100-500	500-2000	2000-15000	>15000	
TE _{PCDF} ⁷⁾ (ng/kg)		<0,01	0,01-0,03	0,03-0,10	0,10-0,5	>0,5	
$\Sigma\text{DDT}^{8)}$ ($\mu\text{g/kg}$)		<0,5	0,5-2,5	2,5-10	10-50	>50	

Se fotnoter på neste side.

- 1) TBT: Tributyltinn (antibegroingsmiddel i skipsmaling).
- 2) PAH: Polysykliske aromatiske hydrokarboner. Gruppe tjærestoffer der en del forbindelser er potensielt kreftfremkallende (KPAH), deriblant benzo(a)pyren (B(a)P). Σ PAH: sum av tri- til heksasykliske forbindelser bestemt ved gaskromatografi med glasskapillarkolonne. Inkluderer de 16 i EPA protokoll 8310 minus naftalen (disyklisk). Omfatter dessuten alle KPAH (gr. 2A og gr. 2B i IARC 1987).
- 3) Se under PAH.
- 4) HCB: Heksaklorbenzen.
- 5) PCB: Polykloreerte bifenyler. Gruppe forbindelser (ulike kommersielle blandinger). Σ PCB₇ = sum av de 7 enkeltforbindelsene nr 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180. I den tidligere utgave av veiledningen er PCB angitt som total PCB ut fra likhet med kommersielle blandinger. Enkelte PCB har dioksinlignende egenskaper (se note 2 til tabell).
- 6) EPOCl: Ekstraherbart persistent organisk bundet klor.
- 7) Toksisitetsekvivalenter, se note 2 til tabell.
- 8) DDT: Diklordifenyltrikloreetan. Σ DDT betegner sum av DDT og nedbrytningsproduktene DDE og DDD.

Tabell 2.4. Klassifisering av tilstand for organisk innhold i sediment og bløtbunnsfauna (se 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

3 Resultater og diskusjon

Undersøkelsen dekker mange ulike målinger over et stort område. Det er vektlagt å gjøre rapporten så kort som mulig, men tilfredsstillende ut fra en faglig vurdering og slik at den er egnet til bruk i forbindelse med oppfølgende undersøkelser senere. Det er dermed prøvd å finne en balanse mellom kortfattet, og lettlest/forståelig rapport og tilstrekkelig faglig presentasjon av data og konklusjoner. I noen tilfeller er det gjort mange tilsvarende undersøkelser tidligere og det har ikke alltid vært mulig å gå i detaljer fra disse, samt å referere til de på korrekt måte. Både fordi det ville være meget tidkrevende og fordi rapporten ville bli mye tyngre å lese. Vi har ikke hatt elektronisk tilgang til tidligere data (for eksempel bunndyrsartslister fra 1995) og det reduserte litt for sammenligning. Det henvises til ordliste i vedlegg for forklaringer på noen ord og uttrykk. Rapporten er redigert etter sjøområder med start i Sirevåg og videre nord rundt Stavangerhalvøya og inn i Gandsfjord.

Undersøkelsen startet med innsamling av vannprøver i desember 2001. Det ble gjennomført fem innsamlinger av vannprøver om vinteren og fem serier om sommeren. Ved seks tidspunkt ble det gjort utvidet program, med oksygen i bunnvann og CTD-målinger. Vannprøvene ble som i 1995 (kun om sommeren) tatt som blandprøve fra 0-2 m dyp. Dette gir et mål for næringssaltinnholdet i det øverste overflatevannet, men særlig om sommeren er det normalt mer næringssalter i større dyp. Innholdet av næringssalt har ofte sammenheng (korrelasjon) med saltholdigheten til vannet, men i rapporten her er det ikke gjort normalisering av næringssaltinnholdet i forhold til saltholdighet.

Det er gjort et betydelig antall hydrografiske målinger. I følge opplegget for undersøkelsen skulle en sonde benyttes på hver stasjon ved hver innsamling og det blir mange data. Innen et avgrenset område vil temperatur og saltholdighet variere lite på samme tidspunkt og kun et utvalg er presentert i rapporten, men alle data finnes i vedlegg.

Bunnprøvene ble samlet i april 2002. På de fleste av bunnstasjonene ble det tatt prøver fra overflatesedimentet (0-2 cm) til kjemiske analyser og bunndyrene er tatt fra hele grabbprøven. Både miljøgifter og bunndyrene er flekkvis fordelt på bunnen. Dermed er det ønskelig å ta flere prøver fra samme sted for å studere utvikling over tid. En viss spredning av replikatene kan være gunstig for at prøvene skal representere mer enn et lite punkt. Normalt vil det i praksis alltid bli litt geografisk spredning mellom ulike prøver. Selv med dagens utstyr til posisjonering osv., er det ikke rett fram når det gjelder å finne rett prøvested og finne igjen tidligere benyttede prøvepunkt. I 1995 ble det tatt fire eller fem grabbprøver til bunndyr og én samleprøve fra replikatene (eller kun én prøve) til miljøgifter pr stasjon, i forhold til fire og tre egne prøver i denne undersøkelsen. I enda tidligere undersøkelser er antall replikater for bunnprøvene variabelt.

Fordeling av både bunnfauna og miljøgifter er knyttet til sedimentets kornfordeling og andre miljøforhold. Det bindes mye mer miljøgifter i finkornete sediment enn i grove. I noen tidligere undersøkelser ble miljøgiftanalysene gjort på finfraksjonen, mens det i 1995 og 2002 er gjort på hele sedimentprøven.

Strandsonen ble undersøkt i august 2002. Det var ikke oppgitt nøyaktig stasjonsplassering fra tidligere undersøkelser og stasjonene ble lagt der hvor det ble antatt at tidligere lokalitet var.

3.1 Sirevåg

Sirevåg er en aktiv fiskerihavn som har fiskemottak og noe foredling. En ny molo ble ferdig i 2000-01 og har gjort havnen betydelig mindre utsatt for dårlig vær. Et kloakkutslipp som nå munner ut innenfor den nye moloen, er under omlegging slik at det kommer ut på utsiden. I tillegg mottar området en del blodvann og fiskeavfall fra fiskeindustrien. Innenfor den gamle moloen er det stort sett under 10 m dypt og det er et område som er over 20 m dypt (maks 26 m) innenfor den nye moloen. Etter det vi kjenner til er det ikke gjort lignende undersøkelser tidligere.

Det ble tatt vannprøver på ett sted i Sirevåg og bunnprøver litt lengre inne (Figur 3.1.1). I vannet ble det analysert næringsalter, klorofyll og oksygen i bunnvann. På grunn av at det var mye råtnende tang og tare rester i det dypeste området (og tilsynelatende uten dyreliv) ble bunnstasjonen lagt litt lengre inn på 20 m dyp.

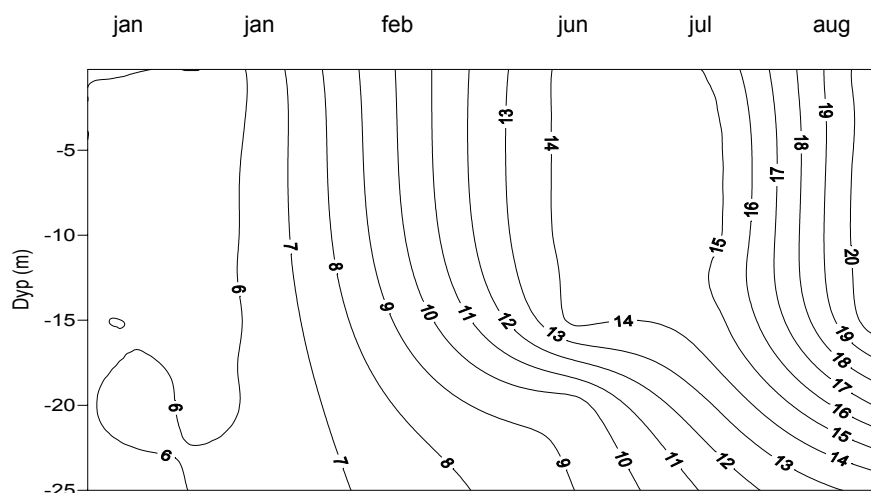
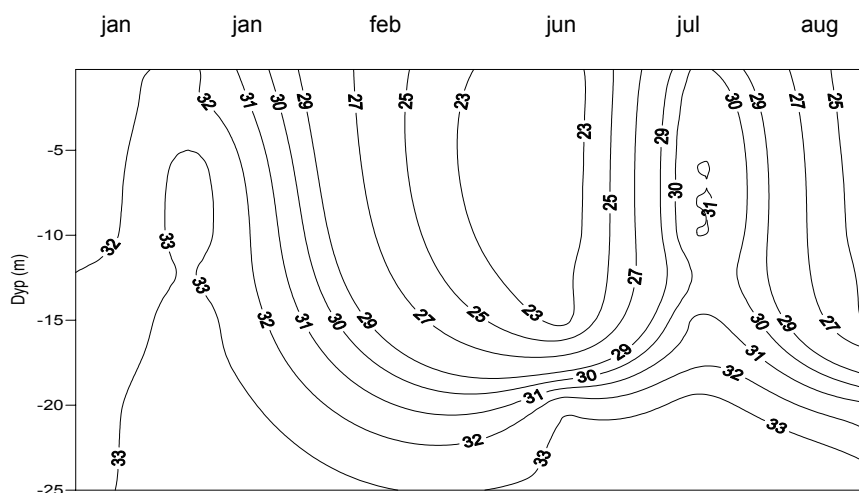


Figur 3.1.1. Kart over Sirevåg med bunnstasjon Sir 1, inntegnet. X markerer prøvested. Vannprøvene ble tatt på 26 m dyp, det vil si utenfor markeringen for Sir 1. Ny molo er omtrentlig og inntegnet på frihånd etter hukommelse. Kloakkutslippet er under omlegging og skal legges utenfor den nye moloen.

3.1.1 Hydrografi og vannkjemi

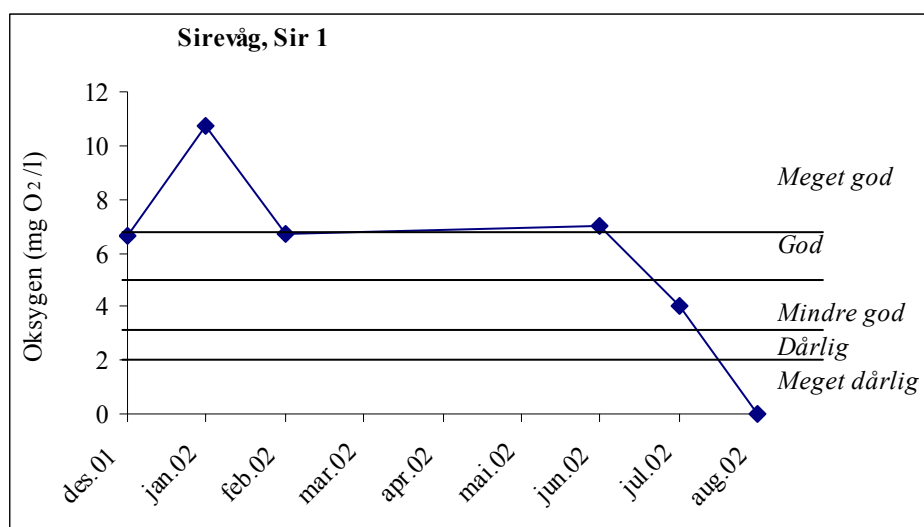
3.1.1.1 Temperatur, saltholdighet, oksygeninnhold

Saltholdigheten og temperaturen varierer mye i måleperioden (Figur 3.1.2). Om vinteren var det 6-7 °C i vannet og i august var det 20 °C ned til 15m dyp. Det var høyest saltholdighet om vinteren. Vannet var lite lagdelt i største delen av perioden, men særlig i juni var det et markert skille på 15m dyp. Liten lagdeling kan blant annet være et resultat av at kloakkutslippet fører til en bra blanding av vannmassene i området. Svak lagdeling fører også til at det er større muligheter for at kloakkutslippet kan nå opp til overflaten. Ferskvann (kloakkutslipp) er lettere enn saltvann og vil dermed stige opp mot overflaten.

Sir 1, temperatur**Sir 1, saltholdighet**

Figur 3.1.2. Temperatur og saltholdighet fra CTD-data. Det er gjort målinger ved hver avmerket måned. Måleperiode: jan. –aug. 2002.

Oksygeninnholdet var tilfredsstillende høyt ved de fire første måletidspunktene, men i juli var det mindre oksygen og i august var det under deteksjonsgrensen (Figur 3.1.3). Dette bekreftes med sondemålingene, som viser at det var bra med oksygen ned til 20 m. Målingene viser at det til tider er stillestående bunnvann i Sirevåg og høyt oksygenforbruk. Nedbrytning av tang og tare, samt de menneskeskapte utlippene fører til at vannet fort blir oksygenfattig dersom ikke vannet skiftes ut jevnlig.



Figur 3.1.3. Oksygeninnhold i bunnvann i Sirevåg. Horisontale streker og tekst i kursiv markerer skille for ulike SFT tilstand.

3.1.1.2 Næringsalter, klorofyll og siktedyp

Av næringssaltene var det totalfosforinnholdet sommer og vinter, samt nitrat om vinteren, som fikk dårligst tilstand (Tabell 3.1.1). De andre næringssaltene var det mindre av i forhold til klassifiseringen. Prøvene er tatt like ved kloakkutslippet, og det er dermed lett å forklare det høye næringssaltinnholdet. Utslippet var som regel lett å se i sjøen som vannstrøm og mye partikler. Noen ekstremt høye næringssaltverdier i januar skyldes trolig at prøvene inneholdt mer kloakkvann enn ellers. Normalt ble prøvene tatt noen meter til side for selve utslippsvannet slik at de mer skulle representere de lokale forholdene, enn kloakkvann. Sikt og klorofyllinnholdet tilsvarte tilstand *god*. I vannmassene var det dermed bare oksygeninnholdet i bunnvannet som viste klare effekter av tilførselen nærings salt og organisk materiale.

Tabell 3.1.1. Gjennomsnittlig innhold av næringsalter ($\mu\text{g/l}$) klorofyll a ($\mu\text{g/l}$) og siktedyp (m), samt tildelt SFT tilstandsklasse. Blandprøve overflatevann (0-2 m) vinter. Noen ekstremverdier av nærings salt i januar er ikke tatt med.

	Konsentrasjon/ siktedyp	SFT tilstand
Totalfosfor vinter	35	<i>Mindre god</i>
Totalfosfor sommer	14	<i>Mindre god</i>
Fosfat vinter	21	<i>God</i>
Fosfat sommer	2,9	<i>Meget god</i>
Totalnitrogen vinter	323	<i>God</i>
Totalnitrogen sommer	206	<i>Meget god</i>
Nitrat vinter	151	<i>Mindre god</i>
Nitrat sommer	11	<i>Meget god</i>
Klorofyll, sommer	3,0	<i>God</i>
Siktedyp, sommer	7,1	<i>God</i>

3.1.2 Strandsone

Ingen stasjoner ble undersøkt.

3.1.3 Bunnprøver

Stasjonsopplysninger fra feltarbeidet er gitt i Tabell 3.1.2. På prøvestedet bestod sjøbunnen av grålig finkornet sand med litt stein og tarerester. Dette tyder på at det er tidvis bra med strøm over bunn og at større deler enn det dypeste partiet er påvirket av at død tang og tare legger seg på bunnen.

Tabell 3.1.2. Stasjonsopplysninger, innsamlingsomfang og sedimentbeskrivelse på Sir 1 april 2002. Posisjonen er notert fra båtens GPS og dypene fra båtenes ekkolodd. Full grabb tar 19 liter sediment. De tre første prøvene på hver stasjon ble kun brukt til prøvetakning til kjemiske analyser, de resterende til bunndyr.

Stasjon	Dyp (m)	Posisjon (N, Ø) WGS 84	Prøvevolum (liter)	Kommentarer	Prøve
Sir 1	20	58°30,321' N 05°47,378' Ø	1. hugg, 7	Grålig finkornet sand.	Kornstørrelse,
Innenfor ny molo,			2. hugg, 9	Litt tarerester. Litt	metaller, TOC/TN,
litt innenfor			3. hugg, 8	stein. Mange	PAH og PCB
kloakkutslippet.			4. hugg, 8	børstemarkers, få andre	Prøve Id-nr 02117, 46-
Lenger ute (25-26			5. hugg, 10	dyr. Sedimentet var	48
m dyp) var det bare			6. hugg, 7	mørkegrått under	Bunnfauna prøve Id
råtne tare på			7. hugg, 7	overflaten.	02118, 57-60.
bunnen.					

3.1.3.1 Sedimentkjemi og miljøgifter

Stort sett var bunnen lite forurenset av miljøgifter (Tabell 3.1.3). Sirevåg har lite industri som skulle gi utslipp av miljøgifter, men båttrafikken kan antas å gi litt tilførsel. Forholdsvis høyt TOC- innhold gjorde at stasjonen fikk dårlig tilstand med hensyn til organisk innhold. Imidlertid var glødetapet, som også er et mål på organisk innhold, forholdsvis lavt. Sjøbunnen inneholdt mest sand og det er trolig årsaken til at det organiske innholdet ikke var høyere. Et C:N forhold på 6,5 tyder på at det organiske materiale har marin opprinnelse og ikke består av løv og kvister osv.

Tabell 3.1.3. Resultater fra analyse av sedimentprøver tatt i april 2002. Gjennomsnitt av tre prøver og standardavvik. Totalt organisk nitrogen (TN) og karbon (TOC). Forholdstall mellom (C:N) karbon og nitrogen. Prosent innhold av leire og silt. Beregnet TOC verdi ut fra innhold av leire og silt. Organisk innhold målt som glødetap. Metaller (mg/kg) og organiske miljøgifter (µg/kg). Tildelt SFT tilstand.

	Snitt	SD	SFT tilstand
TN (mg/kg)	3,17	1,43	-
TOC (mg/kg)	20,5	9,60	-
C:N	6,5	-	-
% leire + silt	19,2	3,95	-
TOC-63 (mg/kg)	35	9,24	Dårlig
Glødetap (%)	4,70	0,95	-
Arsen (mg/kg)	6,2	1,8	Ubetydelig - lite forurenset
Bly (mg/kg)	9,5	3,0	Ubetydelig - lite forurenset
Kadmium (mg/kg)	0,3	0,1	Moderat forurenset
Kobber (mg/kg)	10,4	2,3	Ubetydelig - lite forurenset
Krom (mg/kg)	5,7	1,7	Ubetydelig - lite forurenset
Kvikksølv (mg/kg)	<0.015	-	Ubetydelig - lite forurenset
Nikkel (mg/kg)	9,0	2,0	Ubetydelig - lite forurenset
Sink (mg/kg)	36,2	9,3	Ubetydelig - lite forurenset
Sølv (mg/kg)	0,1	0,0	Ubetydelig - lite forurenset
Sum PAH (µg/kg)	193	85	Ubetydelig - lite forurenset
B(a)P (µg/kg)	16	5	Moderat forurenset
Sum PCB ₇ (µg/kg)	<5	-	Ubetydelig - lite forurenset

3.1.3.2 Bunnedyr

Resultatene viser at bunnedyrssamfunnet var preget av organisk belastning. Det er en kombinasjon av avløpsvann og råtnende tang og tare som var årsaken til det. Det ble til sammen funnet 22 arter og børstemarken *Capitella capitata* var den vanligste arten (Tabell 3.1.4-3.1.5). Marken er helt typisk for områder som er utsatt for organisk belastning. Både antall arter og individer varierte mye mellom de fire prøvene og det viser at både belastning og effektene er flekkvis fordelt på bunnen. Siden én art dominerte sterkt antallsmessig, ble jevnhet og diversitet lav og SFT tilstanden ble *meget dårlig*.

Tabell 3.1.4. Antall arter, individ (pr stasjon 0,4 m² og pr m²), Shannon-Wiener indeks, jevnhetsindeks og Hurlbert (ESn=100). Resultater på “huggnivå” er gitt i vedleggene. Tilstandsklasse er gitt i henhold til SFTs grenseverdier (Molvær *m. fl.* 1997), basert på Shannon-Wiener indeks. Noen prøver kan i noen tilfeller tildeles ulike tilstandsklasser som følge av de to diversitetsberegningene.

Stasjon	Antall arter	Antall individ pr. stasjon	Antall individ pr m ²	Jevnhets indeks	Hurlbert	Shannon-Wiener indeks	SFT tilstand
Sir 1-1	12	1282	12820	0,07	3	0,23	
Sir 1-2	8	1838	18380	0,05	2	0,15	
Sir 1-3	9	521	5210	0,13	4	0,42	
Sir 1-4	6	453	4530	0,09	3	0,24	
Sir 1-sum	22	4094	10235	0,05	3	0,24	Meget dårlig

Tabell 3.1.5. Oversikt over de mest tallrike artene (taxa) på hver stasjon i april 2002. Antall individer og % av totalt antall individer i prøven. Tallene baserer seg på sum av fire replikate prøver (4*0,1 m²).

Art	Antall	% av total
<i>Capitella capitata</i>	3990	97,5
<i>Malacoceros fuliginosus</i>	54	1,3
<i>Fabulina fabula</i>	10	0,2
<i>Abra alba</i>	8	0,2
<i>Acteon tornatilis</i>	6	0,1
<i>Leucon fulvus</i>	4	0,1
<i>OLIGOCHAETAE indet</i>	3	0,1

3.1.4 Oppsummering: Sirevåg

Sirevåg er en nokså liten men aktiv fiskerihavn som har fiskemottak og noe foredling. En ny molo ble ferdig i 2000-01 og har gjort havnen betydelig mindre utsatt for dårlig vær. Et kloakkutslipp som nå munner ut innenfor den nye moloen, er under omlegging slik at det kommer ut på utsiden. I tillegg mottar området en del blodvann og fiskeavfall fra fiskeindustrien. Innenfor den gamle moloen er det stort sett under 10 m dypt og det er et område som er over 20 m dypt (maks 26 m) innenfor den nye moloen. Etter det vi kjenner til er det ikke gjort lignende undersøkelser tidligere.

Det ble tatt vannprøver på ett sted i Sirevåg og bunnprøver litt lengre inne. På grunn av at det var mye råtnende tang og tarester på bunn i det dypeste området var vannprøvestedet ikke egnet til bunnprøvetagning.

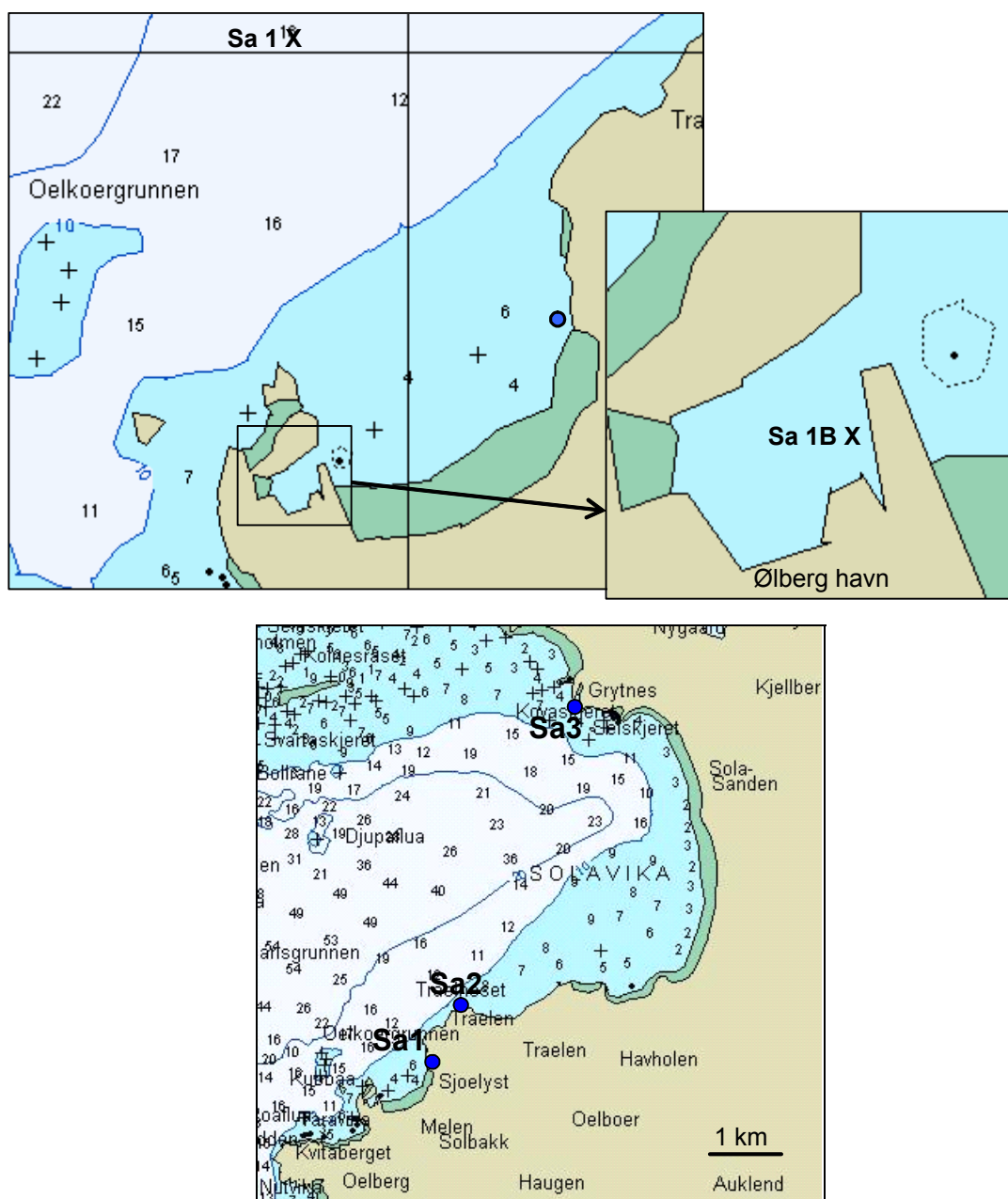
Totalfosforinnholdet sommer og vinter, samt nitrat om vinteren tilsvarte tilstand *mindre god*, mens innholdet av de andre næringsstoffene fikk bedre tilstand. Det er meget stor organisk belastning i området ved kloakkutslippet. Både som løsnet tang og tare og via utslippene fra land. Oksygensvikt i bunnvannet ble påvist, og det fører til at det er et lite område som er uten permanent bunndyrfauna. Omlegging av kloakkutslippet vil kanskje bedre noe på oksygenforholdene, men ellers er området en naturlig gryte for opphopning av tang og tare. Det kan ventes en forbedring av de estetiske- og bakteriologiske forholdene samt næringssaltinnholdet i det nåværende utslippsområdet. Det var lite miljøgifter i sjøbunnen, men bunnfaunaen bar preg av å være sterkt påvirket av tilførsel av organisk materiale.

Ved senere undersøkelser kan med fordel innsamling av næringsalter i tillegg til Sir 1 tas lenger inne i vågen og utenfor ny molo, slik at en kan gi tilstandsklassifisering ut fra et større antall prøver og område. Utvidelse av bunnundersøkelser kan vurderes.

Denne siden er uten rapporttekst

3.2 Ølberg og Solastranden

Ølberg havn er liten og blir brukt av noen få fiske- og fritidsbåter. Maksimaldypet er 4-5 meter og det er en forholdsvis smal og grunn åpning ut mot havet. Bunnprøvene ble tatt ved kai inne i havnen og ett sted utenfor (utenom det planlagte program) (Figur 3.2.1-3.2.2). Alle vannprøvene (næringssalter, klorfyll og oksygeninnhold) ble tatt inne i havnen. Det er en utslippsledning på nord-øst siden av havnen. Trolig er havnen et område hvor løst tang og tare i perioder skylles inn fra området utenfor. Det er sterke strømmer i sjøen når det er uvær og store bølger. På Solastranden ble bare strandsonen undersøkt. Området var ikke inkludert i undersøkelsen som ble utført i 1995.



Figur 3.2.1. Kart over Ølberg og Solastranden med bunnstasjon Sa 1 og Sa 1B (X markerer prøvested), samt strandsonestasjoner Sa 1-3 (●) inntegnet. Vannprøvene ble tatt på Sa 1B ved siden av kaien. Kartet øverst er meget utvidet i skala i forhold til original, og er en del unøyaktig og grovt.



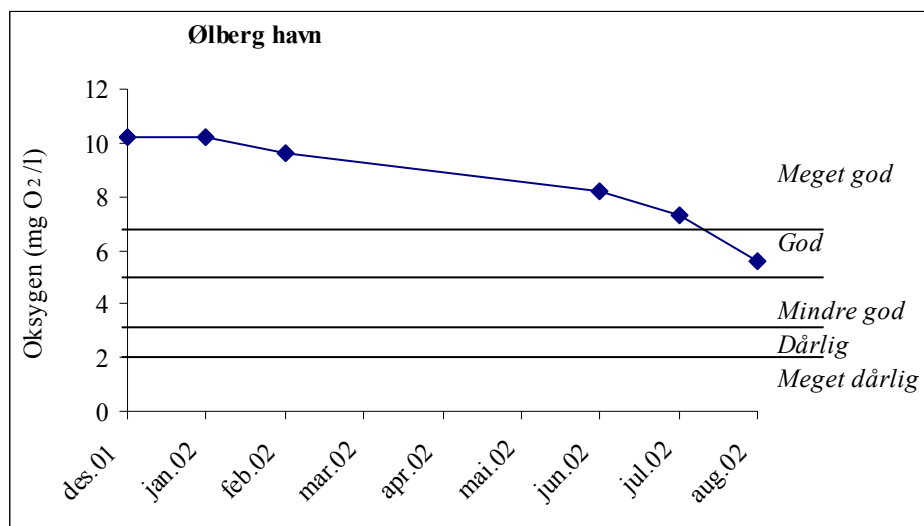
Figur 3.2.2. Bilde fra Ølberg havn. Til høyre vises åpningen ut av havnen.

3.2.1 Hydrografi og vannkjemi

3.2.1.1 Temperatur, saltholdighet, oksygeninnhold

Hydrografidataene er vist i vedlegg og viser en vanlig tidsutvikling, med kaldt og salt vann om vinteren og varmere, med lavere saltholdighet om sommeren.

I det meste av prøveperioden var det meget gode oksygenforhold helt ned til bunns. Den laveste verdien (5,6 mg O₂/l) ble målt i august og det tilsvarer tilstand *god* (Figur 3.2.3). Det er trolig ikke oksygensvikt i Ølberg havn, siden havnen er jevnt over grunn og maksimaldypet er ikke stort forskjellig fra dypet i åpningen. Vannutskiftningen er dermed bra.



Figur 3.2.3. Oksygeninnhold i bunnvann i Ølberg havn. Horisontale streker og tekst i kursiv markerer skille for ulike SFT tilstand.

3.2.1.2 Næringssalter, klorofyll og siktedyp

I forhold til SFTs klassifisering var det mest av fosforforbindelser i havnevannet (Tabell 3.2.1). Totalfosfor- og fosfatinnholdet om sommeren tilsvarte tilstand *mindre god*. Generelt av tilstanden bedre når det gjelder nitrogenforbindelsene. De fleste av de målingene fikk tilstand *meget god* eller *god*. Resultatene viser at det er forhøyede verdier av næringssalt i Ølberg havn. Kildene til dette kan være utslipp fra land, og

nedbrytningsprodukter fra fiskeavfall og tang og tare. Algemengden i vannet var stort sett lav og gjennomsnittsverdien tilsvarte tilstand *meget god*. Gjennomsnittlig sikt var bedre enn til bunns, ca 4 m ved kai.

Tabell 3.2.1. Gjennomsnittlig innhold og standardavvik av næringssalter ($\mu\text{g/l}$) klorofyll a ($\mu\text{g/l}$) og siktedyp (m), samt tildelt SFT tilstandsklasse. Blandprøve overflatevann (0-2 m) vinter og sommer 2002 (inkludert desember 2001).

	Konsentrasjon/ siktedyp	SD	SFT tilstand
Tot-P vinter	34,3	7,8	<i>Mindre god</i>
Tot-P sommer	26,4	4,9	<i>Mindre god</i>
Fosfat vinter	20,5	5,0	<i>God</i>
Fosfat sommer	12,7	3,4	<i>Mindre god</i>
Tot-N vinter	293	49,2	<i>Meget god</i>
Tot-N sommer	280	57,0	<i>God</i>
Nitrat vinter	97,3	19,3	<i>God</i>
Nitrat sommer	27,0	12,5	<i>Mindre god</i>
Klorofyll, sommer	1,7	0,7	<i>Meget god</i>
Siktedyp, sommer	>4	-	-

3.2.2 Strandsone (se Hafrsfjord og Vistevika)

Resultatene omtales i kapittel 3.4 Hafrsfjord og Vistevika.

3.2.3 Bunnprøver

Stasjonsopplysninger fra feltarbeidet er gitt i Tabell 3.2.2. På prøvestedene bestod sjøbunnen av grålig finkornet sand. Dette tyder på at det er tidvis bra med strøm over bunn, for eksempel i forbindelse med store bølger. Det ble sett en del tare-rester på bunnen i Ølberg havn.

Tabell 3.2.2. Stasjonsopplysninger, innsamlingsomfang og sedimentbeskrivelse på Sa 1 og Sa 1B i april og juni 2002. Sa 1: Posisjonen er notert fra båtens GPS og dypene fra båtenes ekkolodd. Full grabb tar 19 liter sediment. Sa 1B: prøvene ble tatt fra kai med en liten grabb i juni, posisjon registrert med en hånd-GPS og dyp ved måling.

Stasjon	Dyp (m)	Posisjon (N, Ø) WGS 84	Fyllingsgrad i grabb (prøvevol. lit.)	Kommentarer	Prøve
Sa 1 Utenfor Ølberg	16	58°52,613' N 05°33,900' Ø	1. hugg, 7 2. hugg, 7 3. hugg, 6	Grålig finkornet sand. Kun organisk materiale og kornstørrelse prøver.	Kornstørrelse, TOC/TN, Prøve Id-nr 02117, 37-39
Sa 1B Ølberg havn	3,5	58°52,197' N 05°33,885' Ø	1. hugg, 2. hugg, 3. hugg,	Grålig finkornet sand, litt tarerester. Kun organisk materiale og kornstørrelse. Prøvene tatt med 225 cm ² grabb.	Kornstørrelse, glødetap, TOC/TN. Prøve Id-nr 02117, 49-51

3.2.3.1 Sedimentkjemi og miljøgifter

Det ble kun tatt prøver til kornfordeling og organisk innhold. Miljøgifter var ikke inkludert. Det var lite organisk materiale i sjøbunnen begge steder (Tabell 3.2.3.). Og begge stasjonene fikk god SFT tilstand. Resultatene viser at det ikke var noen opphopning av organisk materiale i sjøbunnen.

Tabell 3.2.3. Resultater fra analyse av sedimentprøver tatt i april 2002. Gjennomsnitt av tre prøver og standardavvik. Totalt organisk nitrogen (TN) og karbon (TOC). Forholdstall mellom karbon og nitrogen (C:N) var ikke mulig å beregne pga TN under deteksjonsgrensen. Prosent innhold av leire og silt. Beregnet TOC verdi ut fra innhold av leire og silt. Organisk innhold målt som glødetap. Tildelt SFT tilstand.

		Snitt	SD	SFT tilstand
Sa 1	TN (mg/kg)	<1,0	-	-
Sa 1	TOC (mg/kg)	1,37	0,25	-
Sa 1	C:N	-	-	-
Sa 1	% leire + silt	2	0,6	-
Sa 1	TOC ₋₆₃ (mg/kg)	19	0,4	Meget god
Sa 1	Glødetap (%)	0,67	0,15	-
Sa 1B	TN (mg/kg)	<1,0	-	-
Sa 1B	TOC (mg/kg)	2,60	0,1	-
Sa 1B	C:N	-	-	-
Sa 1B	% leire + silt	2	0,4	-
Sa 1B	TOC ₋₆₃ (mg/kg)	20,2	0,1	God
Sa 1B	Glødetap (%)	1,80	1,30	-

3.2.3.2 Bunndyr

Ikke inkludert i undersøkelsen.

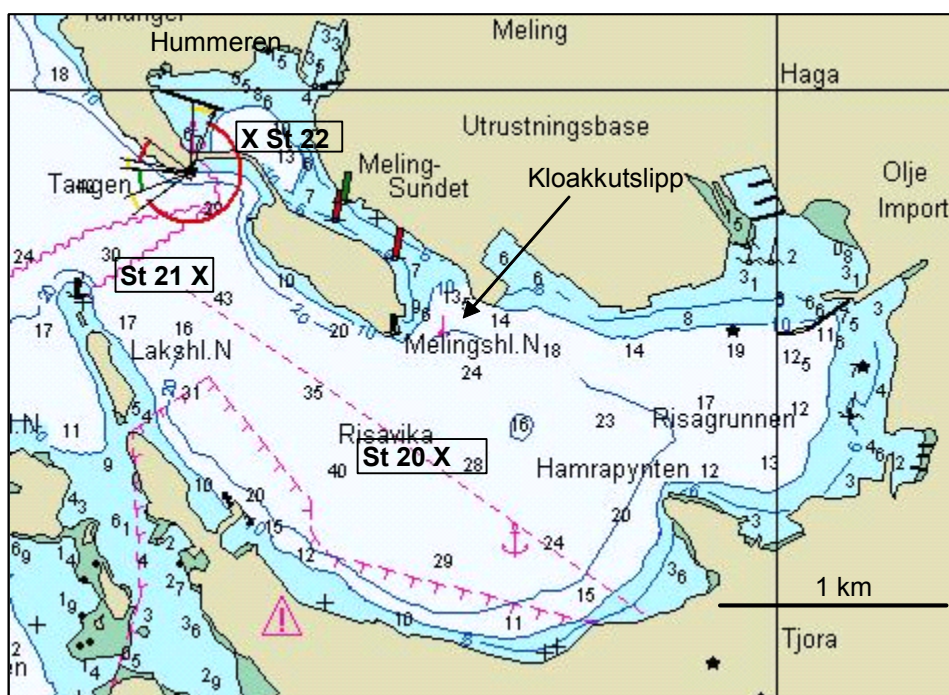
3.2.4 Oppsummering: Ølberg

Ølberg havn er liten i utstrekning og er forholdsvis grunn. Den er brukt av fiske- og fritidsbåter og området rundt blir brukt til friluftsliv. Næringssaltprøvene viste at vannet hadde forhøyede verdier av fosforforbindelser og nitrat, ellers var tilstanden tilfredsstillende. Oksygeninnholdet i bunnvannet var bra og målingene tyder på at det ikke er oksygensvikt ved bunnen. Sjøbunnen bestod av finkornet sand og inneholdt lite organisk materiale. Det ble ikke gjort analyser av miljøgifter eller tatt bunndyrprøver.

3.3 Risavika

Risavika har stor skipstrafikk og er en aktiv havn for godstransport og forsyningsbase for offshorevirksomhet. En del oljeservice-industri er lokalisert på land og før nedleggelse var det mye aktivitet knyttet Shells raffineri. Området ligger forholdsvis åpent ut mot havet og det er ingen grunne terskler som hindrer vannutskiftning i vesentlig grad. Imidlertid er det smalt og grunt (ca 7 m) inn mot Tananger, og vurdert ut fra de topografiske forholdene har Tananger havn trolig dårlig vannutskiftning. Det meste av Risavika har et vanddyb på 20-40 m og maksimaldyb i Tananger er ca 14 m. Det ligger et kloakkutslipp, som er avmerket på kart, utenfor innløpet til Tananger havn. Utslipet er tidvis synlig som en strømrøse i sjøen, og lokaliteten samler ofte måker. Det pågår arbeid med omlegging av kloakk fra Risavik-Tananger området til SNJ.

Det er tatt vannprøver på Stasjon 22 inn mot Hummeren i Tananger havn og Stasjon 21 i åpningen ut mot havet. Det ble også tatt bunnprøver på St 20 midt i Risavika. I vannet ble det analysert næringssalter og klorofyll, og oksygen i bunnvann. Det ble tatt bunnprøver på alle tre stasjoner (Figur 3.3.1), hvor bunndyr, organisk innhold og miljøgifter ble analysert. Miljøforholdene i Risavika er undersøkt flere ganger tidligere siden 1966 (se referanser i Berge *m.fl.* 2000, Myhrvold *m.fl.* 1997 og Moen 2001). Området var ikke inkludert i undersøkelsen som ble utført i 1995.



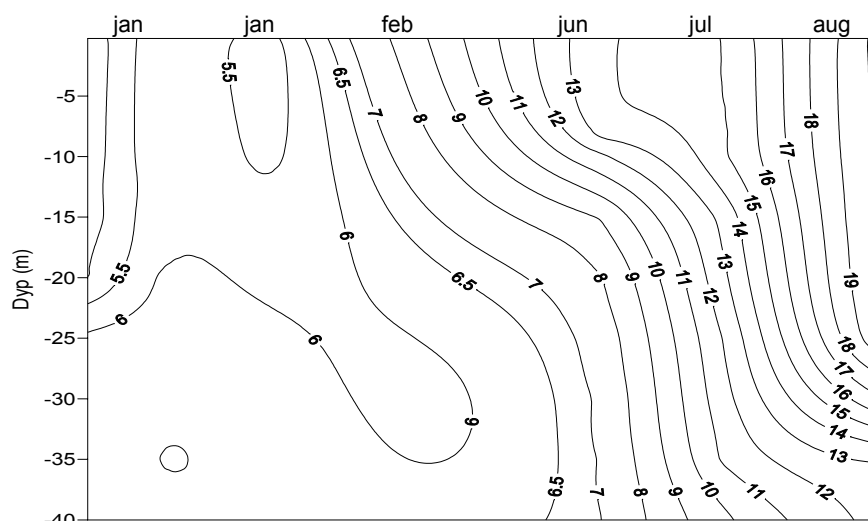
Figur 3.3.1. Kart over Risavika med prøvestasjonene 20, 21 og 22 inntegnet. X markerer prøvested.

3.3.1 Hydrografi og vannkjemi

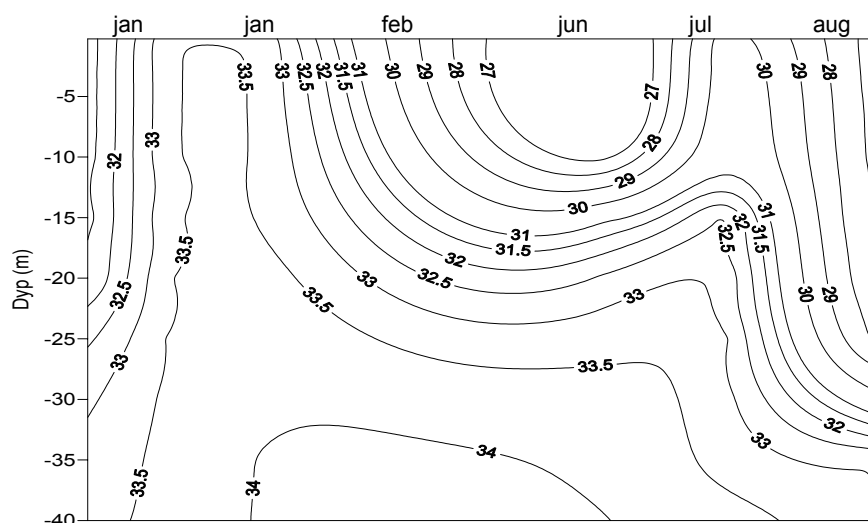
3.3.1.1 Temperatur, saltholdighet, oksygeninnhold

Saltholdigheten og temperaturen varierer mye i måleperioden (Figur 3.3.2). Om vinteren var det 5-6 °C i vannet og i august var det 19-20 °C ned til 25m dyp. Det var høyest saltholdighet om vinteren og det ble målt en saltholdighet på 33,5 helt opp mot overflaten. Vannet var lite lagdelt i største delen av perioden, men særlig i juni var det et markert skille på 15m dyp. Senere på sommeren var det størst skille i saltholdighet (og tetthet) rundt 25 meters dyp og vannet over var nokså homogent. Sommeren 2002 var uvanlig varm og det var høye temperaturer forholdsvis dypt i vannsøylen. I bunnvannet tyder de store endringene over tid på at vannet har god forbindelse til nærliggende områder.

St 21, temperatur

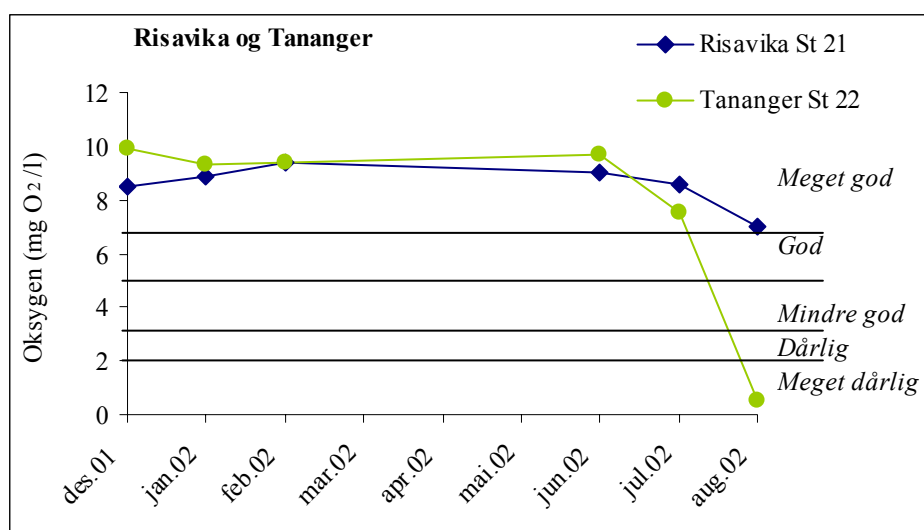


St 21, saltholdighet



Figur 3.3.2. Temperatur og saltholdighet fra CTD-data. Det er gjort målinger ved hver avmerket måned. Start i januar 2002 og slutt i august 2002.

Oksygeninnholdet var tilfredsstillende høyt i hele måleperioden i ytre deler av Risavika (Figur 3.3.3). Bunnvannsprøvene ble tatt på ca 40 m dyp og det ble ikke funnet indikasjoner på oksygensvikt. I Tananger havn derimot var det en markant nedgang i oksygeninnholdet om sommeren. Dette skyldes trolig markert lagdeling av vannmassene og dårlig bunnvannsutskiftning, i kombinasjon med høyt oksygenforbruk. I forhold til SFTs klassifisering får bunnvannet i ytre deler av Risavika tilstand *meget god*, og bunnvannet i Tananger havn *meget dårlig*. Det er ikke målt tilsvarende lave oksygenverdier i Tananger havn tidligere, men det kan skyldes tilfeldigheter og at prøveinnsamlingen ikke har omfattet perioder med oksygensvikt. Det er også mulig at forholdene har blitt mye dårligere de siste årene. Det var bare én prøve som hadde meget lavt oksygeninnhold, og flere prøver bør tas for å bekrefte at det gir et korrekt bilde av forholdene.



Figur 3.3.3. Oksygeninnhold i bunnvann i ytre Risavika (St 21) og Tananger havn (St 22). Horisontale streker og tekst i kursiv markerer skille for ulike SFT-tilstander.

3.3.1.2 Næringssalter, klorofyll og siktedyp

Generelt var det liten forskjell i næringssaltkonsentrasjon på Stasjon 21 og 22 (Tabell 3.3.1). Dette var litt overraskende siden en ville anta at Stasjon 22 i Tananger havn, var mest påvirket av lokale utslipp. Av næringssaltene var totalfosforinnholdet høyest i forhold til SFTs tilstandskriterier og vannet fikk tilstand *mindre god*. De andre næringssaltnivåene tilsvarte tilstand *god* og *meget god*.

I begynnelsen av august var sjøen sterkt rød-brun på farge i Tananger havn. Trolig skyldes dette en kraftig oppblomstring av algen morild (*Noctiluca* sp.). Sikten var kun 1,5 m og klorofyllinnholdet var 55 (µg/l). Den klorofyllmålingen er ikke inkludert i gjennomsnittet, men likevel fikk Stasjon 22 tilstand *mindre god* med hensyn til klorofyll og sikt. Resultatene viser at områdene var moderat påvirket av næringssalttilførsel og at det var bare i Tananger havn at vannet fikk dårlig tilstand med hensyn til effektparametrene.

Bortsett fra totalfosforinnholdet om sommeren var innholdet av totalfosfor og –nitrogen høyere i 2001-02 enn det som ble målt i 1986 (Stokland 1986). Målingene danner ikke grunnlag for å vurdere noen tidsutvikling.

Tabell 3.3.1. Gjennomsnittlig innhold av næringssalter ($\mu\text{g/l}$) klorofyll a ($\mu\text{g/l}$) og siktedyp (m), samt tildelt SFT tilstandsklasse. Blandprøve av overflatevann (0-2 m).

	St 21	St 21	St 21	St 22	St 22	St 22
	Innhold/meter		SFT tilstand	Innhold/meter		SFT tilstand
Tot-P vinter	29,0	3,6	<i>Mindre god</i>	27,3	5,1	<i>Mindre god</i>
Tot-P sommer	15,6	8,7	<i>God</i>	17,4	2,3	<i>Mindre god</i>
Fosfat vinter	17,0	2,4	<i>God</i>	14,5	3,9	<i>Meget god</i>
Fosfat sommer	4,4	4,3	<i>God</i>	3,6	0,9	<i>Meget god</i>
Tot-N vinter	258	38,6	<i>Meget god</i>	273	63,4	<i>Meget god</i>
Tot-N sommer	224	45,6	<i>Meget god</i>	272	71,2	<i>God</i>
Nitrat vinter	120	27,6	<i>God</i>	121	33,5	<i>God</i>
Nitrat sommer	4,6	4,3	<i>Meget god</i>	5,8	5,5	<i>Meget god</i>
Klorofyll, sommer	3,5	2,0	<i>God</i>	4,0	2,1	<i>Mindre god</i>
Siktedyp, sommer	8,1	2,5	<i>Meget god</i>	4,6	2,3	<i>Mindre god</i>

3.3.2 Strandsone

Ingen stasjoner ble undersøkt.

3.3.3 Bunnprøver

Stasjonsopplysninger fra feltarbeidet er gitt i Tabell 3.3.2. På det dypeste punktet i Tananger havn, bestod bunnen av grå-svart finkornet sediment. Det luktet H_2S og hadde en tynn lysere overflate. Sedimentbeskrivelsen tilsier at det er svake strømmer over bunn og at det er lite oksygen i sedimentet. Det ble observert få levende dyr. På Stasjon 20 bestod bunnen av finkornet mudder som var mørkegrått under overflaten og på Stasjon 21 i åpningen ut av Risavika bestod bunnen av finkornet sand med litt mudder.

Tabell 3.3.2. Stasjonsopplysninger, innsamlingsomfang og sedimentbeskrivelse på stasjon 20-22 i april 2002. Posisjonen er notert fra båtens GPS og dypene fra båtens ekkolodd. Full grabb tar 19 liter sediment. De tre første prøvene på hver stasjon ble kun brukt til prøvetakning til kjemiske analyser, de resterende til bunndyr.

Stasjon	Dyp (m)	Posisjon (N, Ø) WGS 84	Fyllingsgrad i grabb (prøvevol. lit.)	Kommentarer	Prøve
St 20 Risavika	28	58°55,498' N 05°35,130' Ø	1. hugg, 15 2. hugg, 17 3. hugg, 17 4. hugg, 15 5. hugg, 15 6. hugg, 19 7. hugg, 19	Grålig finkornet mudder med litt småstein. Mørkegrått under overflaten. Noe skjellrester.	Kornstørrelse, metaller, TOC/TN, PAH og PCB Prøve Id-nr 02117, 55-57 Bunnfauna prøve Id 02118, 65-68
St 21 Risavika, i åpning ut mot havet	43	58°55,740' N 05°34,510' Ø	1. hugg, 9 2. hugg, 10 3. hugg, 9 4. hugg, 9* 5. hugg, 11** 6. hugg, 9 7. hugg, 8	Grå-grønt sediment. Finkornet sand og litt mudder. Under ca 1,5 cm er sedimentet mørkegrått. Litt småstein. * Grabben litt åpen. ** Grabben litt åpen, litt leire.	Kornstørrelse, metaller, TOC/TN, PAH og PCB Prøve Id-nr 02117, 40-42 Bunnfauna prøve Id 02118, 53-56
St 22 Inn mot "Hummeren", Tananger havn	13	58°55,930' N 05°34,690' Ø	1. hugg, 16 2. hugg, 19 3. hugg, 19 4. hugg, 17 5. hugg, 19 6. hugg, 19 7. hugg, 19	Grå-svart finkornet sediment. Litt lysere øverste 2-3 mm. Markert H ₂ S lukt. Litt skjellrester. Noen få børstemarkar.	Kornstørrelse, metaller, TOC/TN, PAH og PCB Prøve Id-nr 02117, 52-54 Bunnfauna prøve Id 02118, 61-64

3.3.3.1 Sedimentkjemi og miljøgifter

Beskrivelsene passer bra med kornfordelingsanalysene som viste at det var mest leire og silt (mudder) på Stasjon 20 og 22, og mest sand på 21 (Tabell 3.3.3). Det organiske innholdet var høyest på de to stasjonene med mest finkornet sediment. Stasjon 22 fikk tilstand *meget dårlig* i forhold til beregnet TOC₆₃ innhold. Det blir opphopning av organisk materiale i bunnen som følge av høy tilførsel, og periodevis lite oksygen gjør at nedbrytningen går seint. På de to andre stasjonene var det mindre organisk materiale i bunnen. Et C:N forhold på 6-8 tyder på at det organiske materialet i stor grad har marin opprinnelse og ikke består av løv og kvister osv. Det var høyest på St 22 og det kan være fordi det blir tilført mest fra land på denne stasjonen, men også ha sammenheng med de kjemiske forholdene siden det er lite oksygen i bunnen.

Tabell 3.3.3. Resultater fra analyse av sedimentprøver tatt i april 2002. Gjennomsnitt av tre prøver og standardavvik. Totalt organisk nitrogen (TN) og karbon (TOC). Forholdstall mellom (C:N) karbon og nitrogen. Prosent innhold av leire og silt. Beregnet TOC verdi ut fra innhold av leire og silt. Organisk innhold målt som glødetap. Metaller (mg/kg) og organiske miljøgifter (µg/kg). Tildelt SFT tilstand. Tilstand I tilsvarer *ubetydelig – lite forurenset*, Tilstand II tilsvarer *moderat forurenset*, og III *markert forurenset*.

Parameter	St 20	St 20	St 20	St 21	St 21	St 21	St 22	St 22	St 22
	Snitt	SD	SFT tilstand	Snitt	SD	SFT tilstand	Snitt	SD	SFT tilstand
TN (mg/kg)	3,17	0,51	-	1,25	0,07	-	5,20	0,17	-
TOC (mg/kg)	23,87	4,61	-	6,67	1,11	-	8,06	1,91	-
C:N	7,54	-	-	6,67	-	-	8,06	-	-
% leire + silt	59	16	-	21	7	-	66	26	-
TOC-63 (mg/kg)	31	1,80	Mindre god	23	1,65	God	48	6,17	Meget dårlig
Glødetap (%)	7,30	1,13	-	2,47	0,55	-	9,03	0,29	-
Arsen (mg/kg)	8,2	1,4	I	3,5	0,2	I	16,6	0,3	I
Bly (mg/kg)	41,1	7,0	II	14,5	2,8	I	151	9,9	III
Kadmium (mg/kg)	0,4	0,0	II	0,1	0,0	I	1,5	0,0	III
Kobber (mg/kg)	23,4	5,1	I	8,3	1,6	I	91,6	2,3	II
Krom (mg/kg)	14,3	1,3	I	6,7	0,8	I	29,9	1,0	I
Kvikksølv (mg/kg)	<0,015	-	I	<0,015	-	I	0,1	0,0	I
Nikkel (mg/kg)	13,2	1,4	I	7,2	0,8	I	20,0	0,4	I
Sink (mg/kg)	91,8	10,3	I	36,2	6,2	I	312	24,9	II
Sølv (mg/kg)	0,3	0,1	I	0,1	0,0	I	1,0	0,0	I
Sum PAH (µg/kg)	587	232	II	253	67	I	1267	115	II
B(a)P (µg/kg)	48	18	II	20	5	II	117	12	III
Sum PCB ₇ (µg/kg)	i.p.	i.p.	I	i.p.	i.p.	I	>12*	-	II

i.p. = ikke påvist * Interferens med andre stoffer gjorde at noen av PCB komponentene ikke lot seg kvantifisere.

På stasjonene (St 20 og 21) i Risavika var sjøbunnen *ubetydelig-lite-* eller *moderat forurenset* av miljøgifter. Det var imidlertid høyeste innhold på Stasjon 20 som ligger nærmest de mest sannsynlige kildene, som er utslipp via kommunalt avløpsvann og diffuse utslipp fra land. I Tananger havn var det høyest innhold av miljøgifter og stasjonen fikk tilstand *markert forurenset* med hensyn til bly, kadmium og tjæreforbindelsen benzo(a)pyren. I vedleggene kan en se at de tre stasjonene har høyere bariuminnhold enn alle de andre stasjonene i undersøkelsen. Barium (baritt) er en vesentlig del av boreslam og funnene i Risavika viser at oljeserviceindustrien fører til utslipp av dette metallet. I tillegg kan det være utslipp i forbindelse med lasting og lossing. Denne undersøkelsen kan ikke påvise hvilke andre stoffer som eventuelt skyldes de samme kildene.

Sammenlignet med miljøgiftsinnholdet i tidligere undersøkelser (se Berge *m.fl.* 2000 og referanser i denne) er resultatene fra 2002 undersøkelsen på samme nivå. Det har også tidligere vært funnet de samme forhøyede verdiene av bly, kadmium, PAH og B(a)P. PCB er ikke målt tidligere og ble nå kun funnet i Tananger.

3.3.3.2 *Bunndyr*

På de to stasjonene ute i Risavika var det bra med arter i bunnen. Særlig mange arter (90) ble funnet på stasjon 21 (Tabell 3.3.5). Det var ingen arter som fullstendig dominerte antallsmessig, men den mest tallrike arten hadde ca en tredjedel av individene. Dette gjorde at jevnhet og diversitet ble noe lavere enn artsantalle skulle tilsi og diversiteten tilsvarte tilstand *god*. På begge stasjonene er det også tidligere funnet mange arter. Stokland (1986) identifiserte 100 arter på stasjon 21 og artsantallet har variert fra 42 – 84 på stasjon 20 (se Berge *m.fl.* 2000). Resultatene viser at miljøforholdene i Risavika er gode for en rekke bunndyr og det ser ikke ut til å være noen betydningsfulle endringer over tid. Blant artene er det flere som går igjen i undersøkelsene og det tyder også på bra stabile forhold. I Berge *m.fl.* 2000 har de en børstemark som heter *Paradoneis lyra* som den mest tallrike arten på St 20 (og St 20A). Vi har identifisert en art til *Paradoneis eliasoni* (Tabell 3.5.6). Trolig er dette samme art som er gitt ulike navn, men det kan også være at den ene arten har overtatt for den andre. Begge arter har samme levesett og kan finnes i de samme bunnprøvene. Blant de andre artene er det også flere andre som går igjen i undersøkelsene.

I Tananger havn ble det funnet 13 arter i april 2002. Dette er et lavt artsantall og viser at det ikke var gode miljøforhold i bunnen. Diversiteten ble lav (tilstand *meget dårlig*) som følge av lavt artsantall og stor dominans antallsmessig av én art. Flere av artene er slike som trives i områder med organisk tilførsel, og/eller kan leve i miljø med periodevis lite oksygen. Tilsvarende trekk i faunasammensetningen er funnet tidligere, men artsantallet har generelt vært høyere (30-58, 16 i 1991). Stor forskjell i artsantall i undersøkelsene kan forklares med at miljøforholdene (særlig oksygeninnholdet) varierer mye fra ett år til et annet og det får konsekvenser for utbredelsen av dyrene. I tillegg kan det være ulike oksygenkonsentrasjon på for eksempel 11 m dyp, som prøvene ble tatt på i 2000, og på 13 m som vi har målt.

Tabell 3.3.5. Antall arter, individ (pr stasjon 0,4 m² og pr m²), Shannon-Wiener indeks, jevnhetsindeks og Hurlbert (ESn=100). Resultater på “huggnivå” er gitt i vedleggene. Tilstandsklasse er gitt i henhold til SFTs grenseverdier (Molvær *m. fl.* 1997), basert på Shannon-Wiener indeks. Noen prøver kan i noen tilfeller tildeles ulike tilstandsklasser som følge av de to diversitetsberegningene.

Stasjon	Antall arter	Antall individ pr. stasjon	Antall individ pr m ²	Jevnhets indeks	Hurlbert	Shannon-Wiener indeks	SFT tilstand
St 20-sum	42	1405	3513	0,59	17,7	3,19	<i>God</i>
St 21-sum	90	1405	3513	0,59	25,3	3,85	<i>God</i>
St 22-sum	13	1274	3185	0,26	5,0	0,97	<i>Meget dårlig</i>

Tabell 3.3.6. Oversikt over de mest tallrike artene (taxa) på hver stasjon i april 2002. Antall individer og % av totalt antall individer i prøven. Tallene baserer seg på sum av fire replikate prøver (4*0,1 m²).

Art – St 20	Antall	% av total	Art – St 21	Antall	% av total
<i>Paradoneis eliasoni</i>	491	34,9	<i>Prionospio cirrifera</i>	421	30
<i>Scoloplos armiger</i>	312	22,2	<i>Paradoneis eliasoni</i>	240	17,1
<i>Prionospio cirrifera</i>	158	11,2	<i>Myriochele oculata</i>	233	16,6
<i>Nemertini indet</i>	98	7	<i>Nemertini indet</i>	75	5,3
<i>Thyasira flexuosa</i>	71	5,1	<i>Echinocardium cordatum</i>	42	3

Art – St 22	Antall	% av total
<i>Capitella capitata</i>	1042	81,8
<i>Malacoceros fuliginosus</i>	156	12,2
<i>Nemertini indet</i>	39	3,1
<i>Mysella bidentata</i>	19	1,5
<i>Abra alba</i>	9	0,7

3.3.4 Oppsummering: Risavika

Risavika er en havn med stor skipstrafikk i forbindelse med godstransport, og som forsyningsbase for offshoreindustri. I tillegg er den resipient for avløpsvann, hvor oljeserviceindustrien på land er tilknyttet. Risavika har vid og forholdsvis dyp forbindelse ut mot åpent hav. Dette fører til tilfredsstillende vannutskifting. Forholdene er annerledes i Tananger havn, hvor et smalt og forholdsvis grunt sund fører til naturlig dårlig bunnvannutskifting. Det ble observert oksygensvikt i bunnvannet i Tananger. Næringssaltinnholdet var forholdsvis likt på de to stedene og de fleste overflatevannmålingene fikk tilstand *god* eller *meget god*.

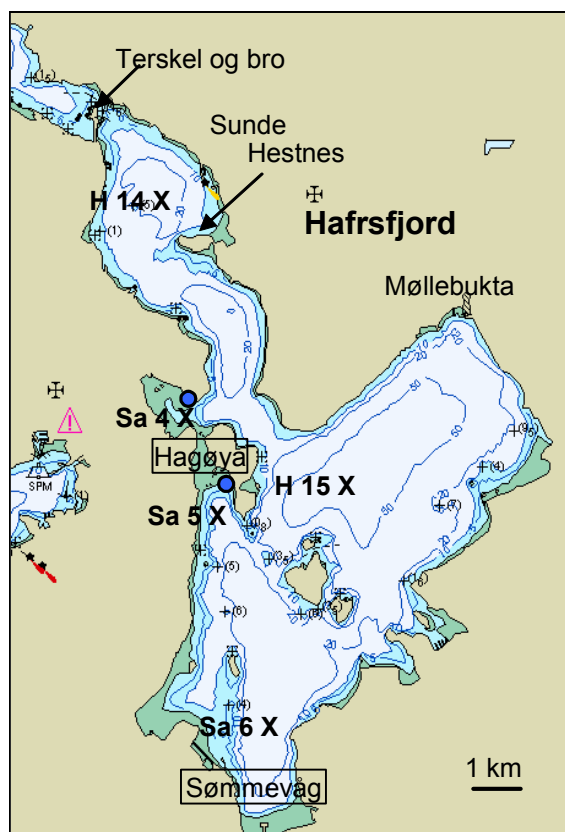
Det var mest organisk materiale og miljøgifter i Tananger havn. Dette har sammenheng med en finkornet sjøbunn og at stasjonen ligger i et typisk sedimentasjonsområde samt at havnen har dårlig vannutskifting. Det ble funnet forholdsvis få arter i bunnen, og det var en effekt av periodevis lite oksygen i bunnvannet og organisk tilførsel.

I Risavik-Tananger området ble det funnet forhøyede verdier av bly, kadmium, PAH og B(a)P, men nivået var omtrent som tidligere. Et markert forhøyet innhold av barium i sedimentet viser at utslipp fra oljeserviceindustrien har tilført dette metallet til sjøen. Som i tidligere undersøkelser var det en artsrik bunndyrsfauna i Risavika. Generelt synes miljøforholdene i begge områder å være omtrent som tidligere.

3.4 Hafrsfjord og Vistevika, strandsone i Sola

Hafrsfjord og Vistevika har meget forskjellige naturgitte utgangspunkt når det gjelder miljøforhold og kapasitet til å motta organisk materiale. Hafrsfjord er ca 64 m dyp og har en grunn terskel (4,5 m) i et smalt sund. Dette hindrer bunnvannutskiftning, og vannet som beveger seg inn og ut med flo og fjære er begrenset til de øverste meterne. I Hafrsfjord kan det gå flere år mellom hver utskiftning av bunnvannet og dermed er det lite oksygen eller oksygenfritt i lengre perioder. Disse forholdene forverres av tilførsler av næringssalter og avløpsvann, siden det øker oksygenforbruket. På slutten av 70-tallet ble det tilført ca 18 000 pe til Hafrsfjord, men det meste av avløpene er nå sanert og overført til SNJ eller flyttet utenfor Hafrsfjord. Vistevika er helt åpen ut mot havet og har ingen terskler. Dermed vil det kunne skje en kontinuerlig fornyelse av bunnvannet med en stadig tilførsel av oksygen. Det er tidligere gjort tilsvarende undersøkelser av miljøforholdene i begge områder.

I denne undersøkelsen er det tatt vannprøver fra fem steder i Hafrsfjord, en utenfor Hafrsfjord og en i Vistevika (se kart i Figur 3.4.1-2). Strandsonen er undersøkt 5 steder inkludert Ølberg og Sola. Bunnprøvene er tatt på tre steder i Hafrsfjord, utenfor terskelen og i Vistevika.



Figur 3.4.1. Kart over Hafrsfjord med prøvestasjonene H 14, H 15 og Sa 4-6 (X markerer prøvested). ● viser strandstasjoner.



Figur 3.4.2. Kart over Vistevisa og utløpet fra Hafsrfjord med prøvestasjonene St 13a og 13B inntegnet. X markerer prøvested.

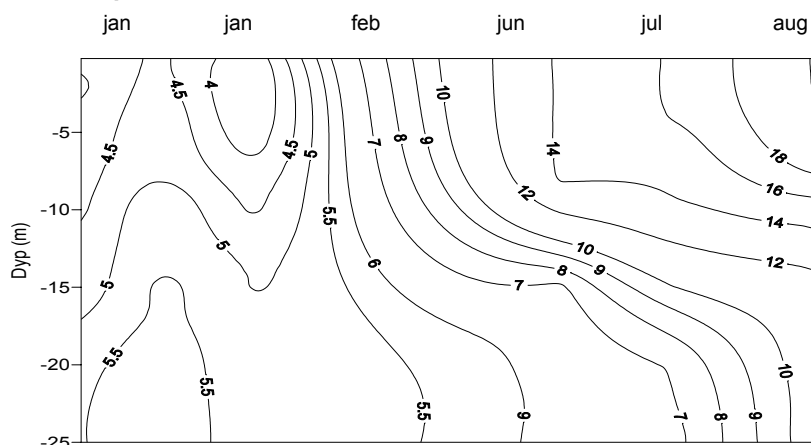
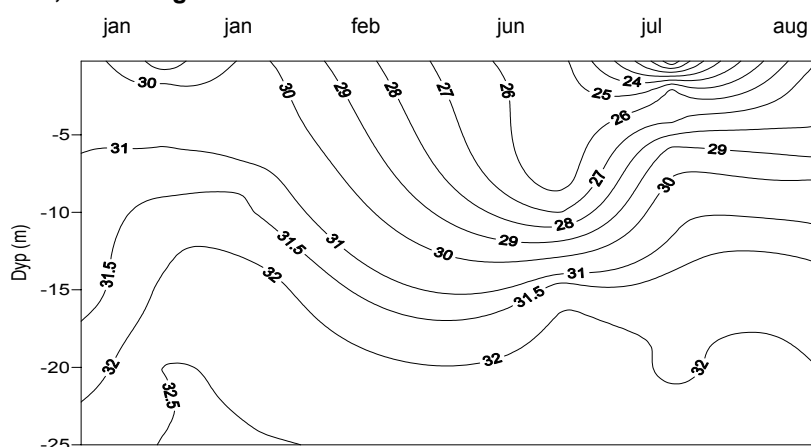
3.4.1 Hydrografi og vannkjemi

I Hafsrfjord er oksygenprøver i bunnvann tatt på H 14, H 15 og Sa 6, næringssalter og klorofyll er tatt på alle fem stasjoner med Sa 4 kun om sommeren. På stasjon 13a og 13B er det tatt fullt program.

3.4.1.1 Temperatur, saltholdighet, oksygeninnhold

Isopletene i Figur 3.4.3-3.4.4 samt 3.4.6 viser at det er stor forskjell i de hydrografiske forholdene innenfor og utenfor Hafsrfjordsbrua. På det dypeste i Hafsrfjord (H 15) viser målingene at bunnvannet har meget stabile forhold i hele perioden. Dette viser at det ikke skjer noen bunnvannutskifting. Temperaturen er rundt 6 °C og saltholdigheten 32,5. Målingene viser at det er bare vannet som er over ca 20m som endrer seg. Det øverste laget ligger som et lokk på vannet under, og det er kun det øverste vannet som flyter inn og ut under broa med tidevannet. Siden tetthetssjiktningene er så markerte blir det liten blanding av vannet i mellom ulike dyp. I overflaten endrer temperaturen seg fra 4 °C om vinteren til 18-20 °C i august. Et tynt lag med ferskvann som i liten grad blander seg med vannet under, gjør at det raskt dannes is på Hafsrfjord om vinteren.

I 1995 var saltholdigheten i bunnvannet den samme som i denne undersøkelsen og temperaturen litt lavere (5,5 °C).

St H14, temperatur**St H14, saltholdighet**

Figur 3.4.4. Temperatur og saltholdighet fra CTD-data. Det er gjort målinger ved hver avmerket måned. Start i januar 2002 og slutt i august 2002.

Dypet som oksygenmålingene tas fra kan være nokså avgjørende for resultatet i et sånt område som Hafrsfjord. Lagdeling av vannsøylen kan føre til at det er store forskjeller i oksygeninnhold løpet av få dybdemeter. Dette kan ses nærmere på i YSI dataene i vedlegg.

I Hafrsfjords hovedbasseng var det ikke oksygen i bunnvannet i måleperioden (Figur 3.4.5). En måling på 0,7 mg/l i bunnvannet i februar skyldes trolig en feil med innsamling eller prøvebehandling (det ble ikke funnet oksygen på 50 m ved samme tidspunkt). På 30 m dyp ble det målt lite oksygen i desember og mye i juli, og serien med målinger viser at skille mellom oksygenrikt og -fattig vann ligger på rundt 30 m dyp.

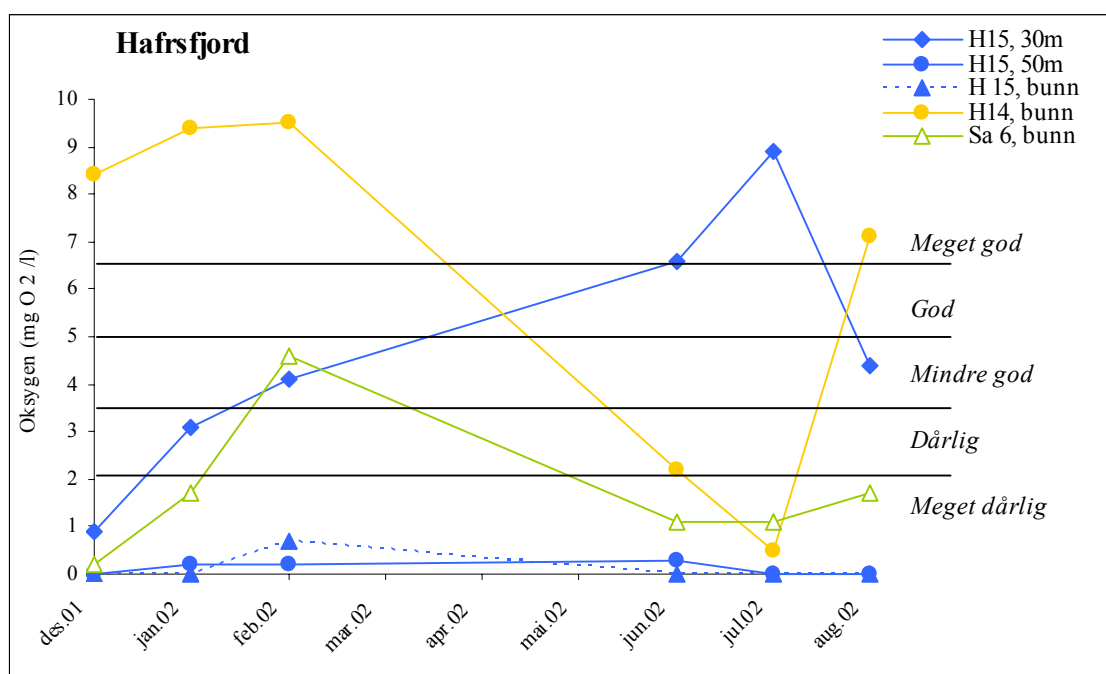
I Sømmevågen var oksygenforholdene i bunnvannet også meget dårlige. Det var kun i februar at det ble målt oksygenverdi som kan sies å være tilfredsstillende. Oksygeninnholdet var lavere enn på 30 m dyp på H15 og det skyldes trolig at Sømmevågen ligger enda lengre borte fra åpningen hvor nytt bunnvann kan tilføres.

Ved Hestnes/Sunde (H 14, Hafrsfjord ytre dypbasseng, 29 m) var det variable oksygenforhold. Det var kun i juni og juli at det var lite oksygen og målingene tyder på at dette området har hyppigere og bedre vannutskiftning enn stasjonene innenfor.

Tidligere er det målt oksygeninnhold i bunnvannet på H 15 og H 14 (og noen målinger på Sa 6). I 1995 ble det målt et oksygenminimum på 4,9 mg/l (3,48 ml/l) på 25 m dyp ved Hestnes og 0,54 mg/l på 56 m dyp på H 15. Høyere oppe i vannsøylen var det bedre forhold. Dette er markert bedre enn i denne undersøkelsen og det kunne tyde på at oksygenforholdene var blitt betydelig forverret. Imidlertid er det også i tidligere undersøkelser funnet oksygenmangel i bunnvannet (Stokland 1985, og Byveterinæren 1983, Kjos-Hansen & Staveland 1979) og det er trolig at det var 1995- målingene som var noe uvanlige, ved at det trolig hadde skjedd en bunnvannsfornyelse i og tiden før den måleperioden. I 1964 og -65 (en måling hvert år) var oksygenminimumet 2,3 mg/l i bunnvannet (Simensen & Stene Johansen 1966). Den mest omfattende måleserien av oksygeninnholdet skjedde månedlig fra mars 1975 til mai 1979 (Kjos-Hansen & Staveland 1979). Bortsett fra i 1978 skjedde det en bunnvannsfornyelse hvert år i tiden januar-mars. Oksygenfritt bunnvann ble registrert i 1975 og 1978 og skille mellom gode og dårlige oksygenforhold lå på 30 m (slik som i 2001-02).

Konklusjonen blir at det var svært dårlige oksygenforhold i vår måleperiode og at Hafrsfjord bør overvåkes hyppigere fremover for å se om det har skjedd en utvikling mot dårlige forhold.

Siden SFT klassifisering bygger på oksygenminimum i løpet av året, fikk de tre områdene, Sømmevågen, Hafrsfjord indre og Hafrsfjord ytre, ved Hestnes, tilstandsklasse *meget dårlig*.

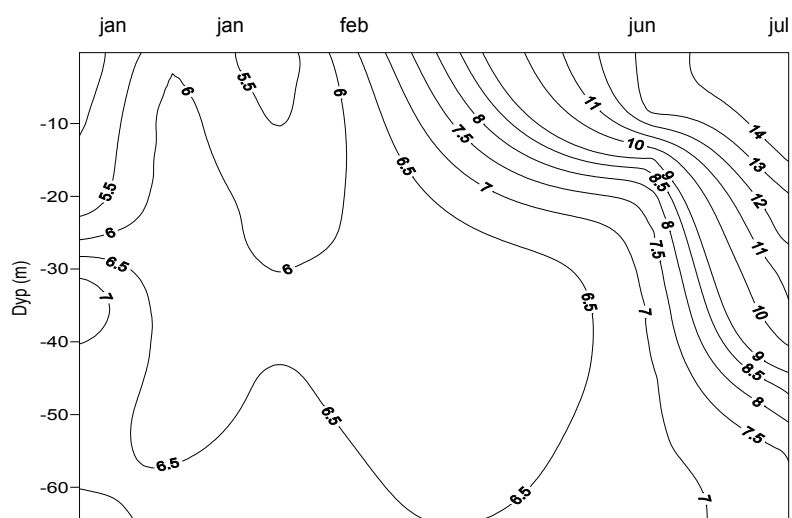


Figur 3.4.5. Oksygeninnhold i bunnvann på H 15 (Hafrsfjords dypeste punkt) H 14 (Hestnes) og Sa 6 i Sømmevågen. Horisontale streker og tekst i kursiv markerer skille for ulike SFT tilstand.

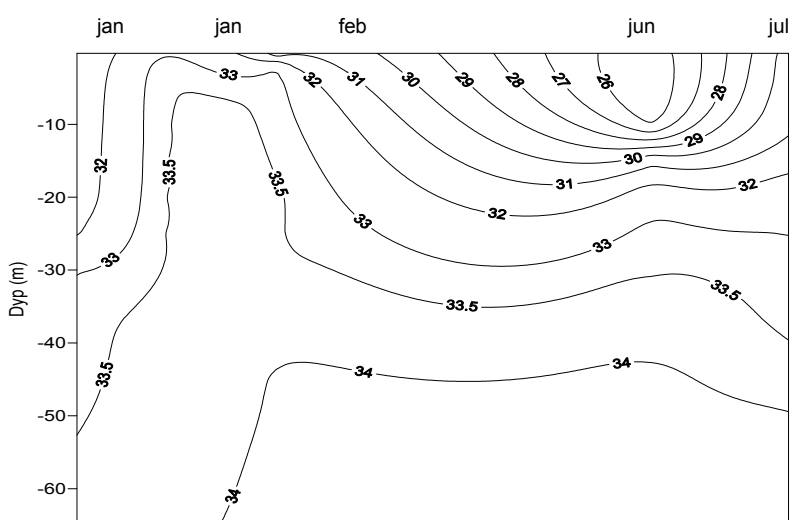
Hydrografi utenfor Hafrsfjord og i Vistevika

På stasjon 13B utenfor Hafrsfjord var det høyere saltholdighet enn inne i fjorden (Figur 3.4.6). Lagdelingen i vannsøylen var mye mindre markert og i hele vinterperioden var det forholdsvis små endringer med hensyn til saltholdighet og temperatur og økende dyp. Det var høyest saltholdighet opp mot overflaten om vinteren og vannet var kaldt. Om sommeren var det en mer tydelig lagdeling enn om vinteren, saltholdigheten var da lavere opp mot overflaten og temperaturen steg. Temperatur og saltholdighet på stasjon 13a i Vistevika var tilsvarende som for 13B, og er ikke vist med figurer i rapporten.

St 13B, temperatur



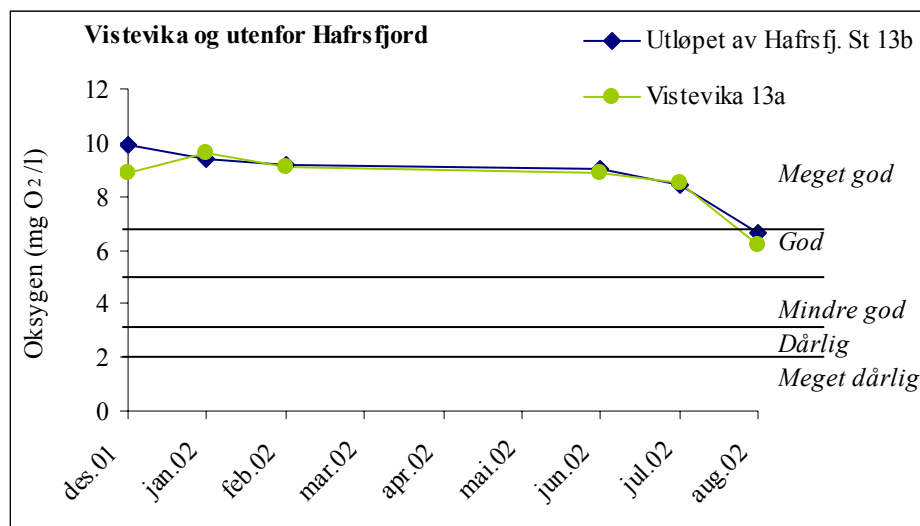
St 13B, saltholdighet



Figur 3.4.6. Temperatur og saltholdighet fra CTD-data. Det er gjort målinger ved hver avmerket måned. Start i januar 2002 og slutt i juli 2002 (august mangler).

I Vistevika (St 13a) og utenfor Hafrsfjord (St 13B) var det like oksygenforhold i bunnvannet (Figur 3.4.7). Lavest innhold ble målt i august (6,2 mg/l) og det tilsvarer

tilstand *god*. Sammen med tidligere undersøkelser (på 1980-tallet, Stokland 1985, Dahle 1984) på stasjonene viser det at utskiftningen av bunnvannet er god og at kloakkutslipp eller andre tilførsler ikke fører til oksygenmangel i bunnvannet.



Figur 3.4.7. Oksygeninnhold i bunnvann i Visteвика og utenfor Hafrsfjord. Horisontale streker og tekst i kursiv markerer skille for ulike SFT tilstand.

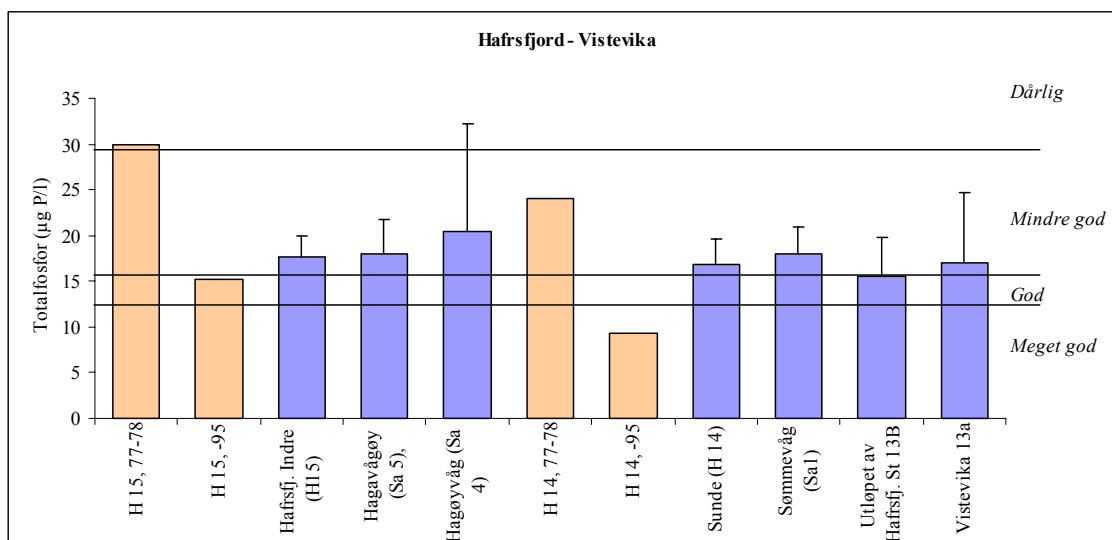
3.4.1.2 Næringssalter, klorofyll og siktedyp

Innholdet av næringssalter er vist i Figur 3.4.8 – 15, sammen med noen tall fra tidligere undersøkelser der det var greit å sammenligne resultatene. Figurene skiller mellom resultater fra sommeren og vinteren, siden det er ulike SFT grenseverdier for årstidene.

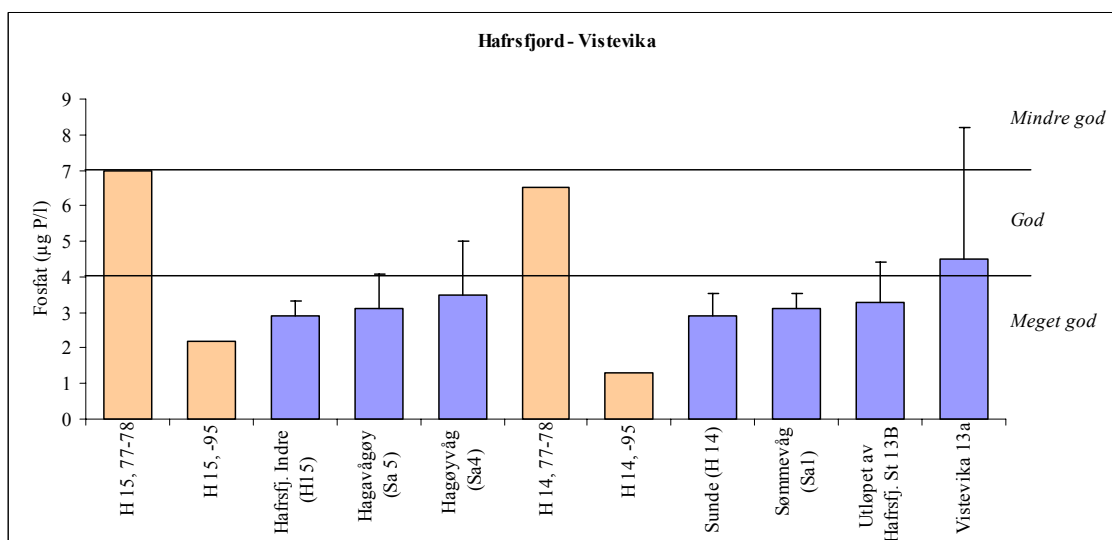
Generelt var det høyt næringssaltinnhold i Hafrsfjord og det er det også funnet tidligere. Imidlertid var det nå høyere nivå enn det som ble målt i 1995, men det skyldes trolig naturlig variasjon som følge av ulike avrenning og forhold i sjøen og ikke økt avløpsvannbelastning. I slutten av 70-tallet var det mer næringssalter i sjøen enn det som nå er målt og det har trolig sammenheng med at den gang var tilførselen mye større. Om sommeren var det (litt overraskende) forholdsvis liten forskjell mellom vannet i Hafrsfjord og utenfor, og innholdet av næringssalter var relativt likt på de ulike stasjonene. Dette tyder på at det ikke er noen enkelte kilder som gir lokale effekter, men at det er en mer spredt tilførsel (for eksempel avrenning fra jordbruksland). Likevel var det mest næringssalter på stasjonene nærmest Hagøya og det kan tyde på lokal tilførsel der. Det jevne næringssaltinnholdet om sommeren tyder også på at algene i stor grad forbruker næringsstoffene som tilføres om sommeren. I vinterhalvåret var det ikke slik. Da var det tydelig forskjell mellom Hafrsfjord og Visteвика og dette viser at tilførselen til Hafrsfjord er større enn til vannet utenfor, samt en effekt av ulike vannutskiftinger.

Forholdet mellom innholdet av nitrogen og fosfor (Tot-N:Tot-P om sommeren) var 14-15 i 2002 mens det var 17 og 21 i 1995. Resultatene tyder på at det er fosforinnholdet som begrenser algeveksten.

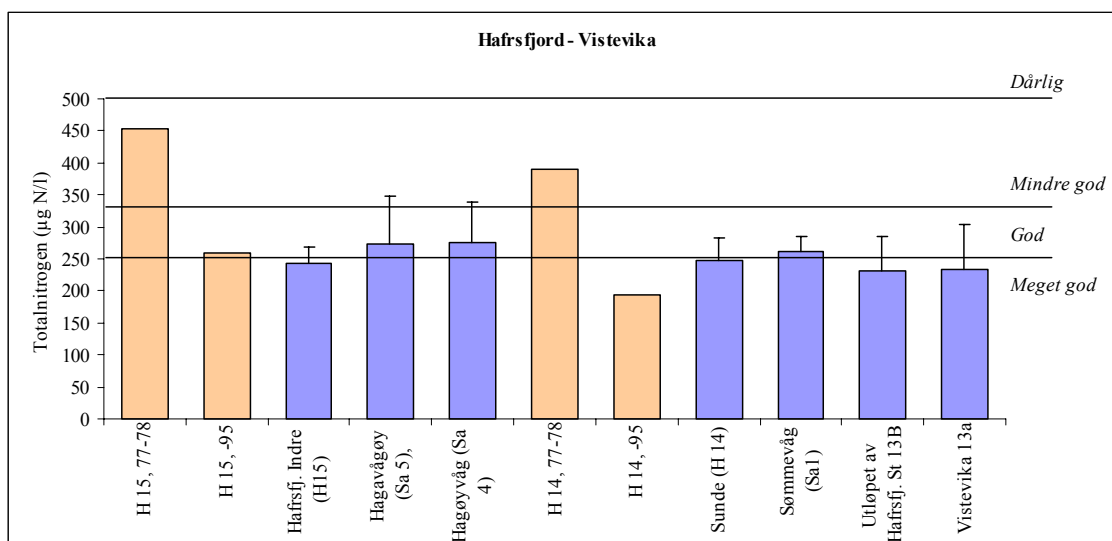
Det henvises til figurene for detaljer angående SFT tilstandsklasse. Om sommeren var det lite løste næringssalter og fosfat- og nitratinnholdet tilsvarte dermed tilstand *meget god*. Det er disse løste næringssaltene som først brukes av algene. Totalnitrogen og – fosfor tilsvarte tilstand *meget god* til *mindre god*. Totalnitrogeninnholdet tilsvarte bedre tilstand enn totalfosfor. Det var mer næringssalter i Hafrsfjord om vinteren og vannet tildeles tilstand *mindre god*. Utenfor Hafrsfjord og Vistevika var tilstanden *god*.



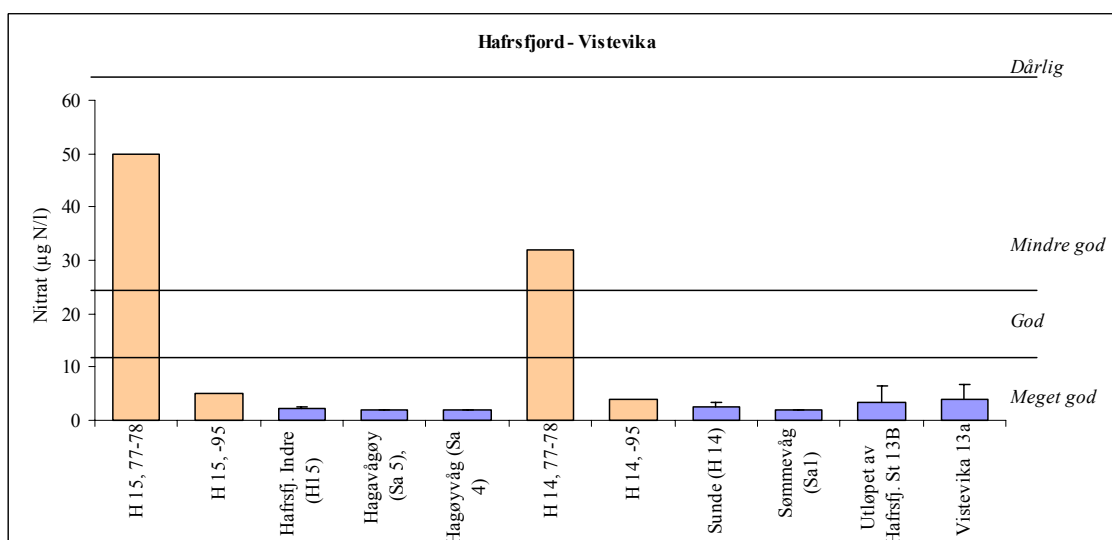
Figur 3.4.8. Gjennomsnittsinhold av totalfosfor i overflatevann, sommer. De blå søylene viser resultater fra denne undersøkelsen. Vertikale streker viser standardavvik. Horisontale streker viser grenseverdier for tilstandsklasser ifølge SFT veiledning 97:03.



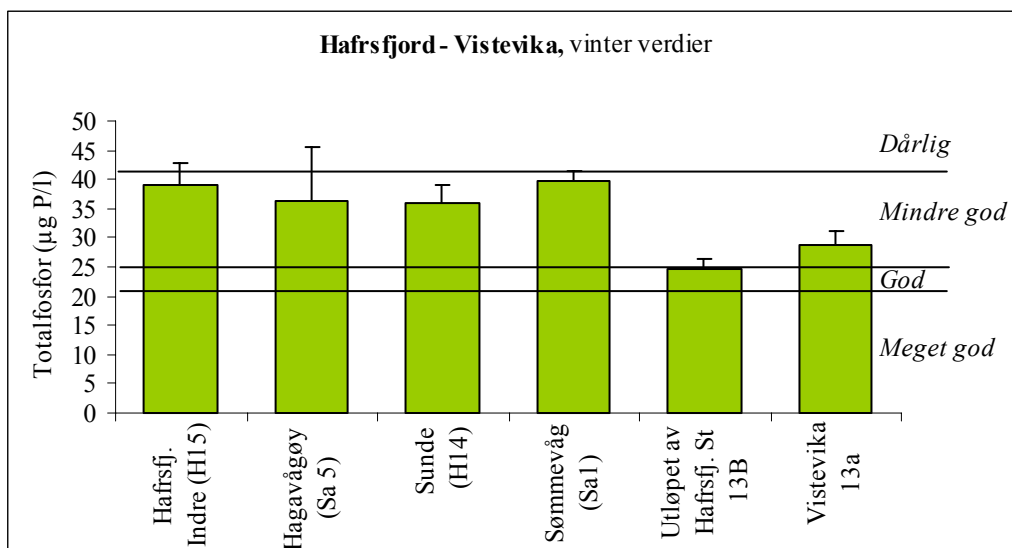
Figur 3.4.9. Gjennomsnittsinhold av fosfat i overflatevann, sommer. De blå søylene viser resultater fra denne undersøkelsen. Vertikale streker viser standardavvik. Horisontale streker viser grenseverdier for tilstandsklasser ifølge SFT veiledning 97:03.



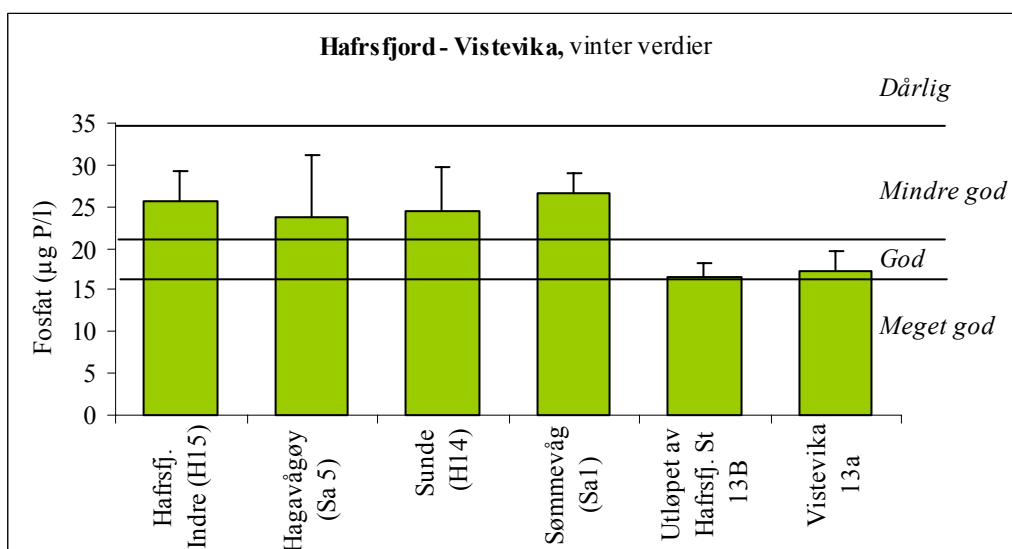
Figur 3.4.10. Gjennomsnittsinhold av totalnitrogen i overflatevann, sommer. De blå søylene viser resultater fra denne undersøkelsen. Vertikale streker viser standardavvik. Horisontale streker viser grenseverdier for tilstandsklasser ifølge SFT veiledning 97:03.



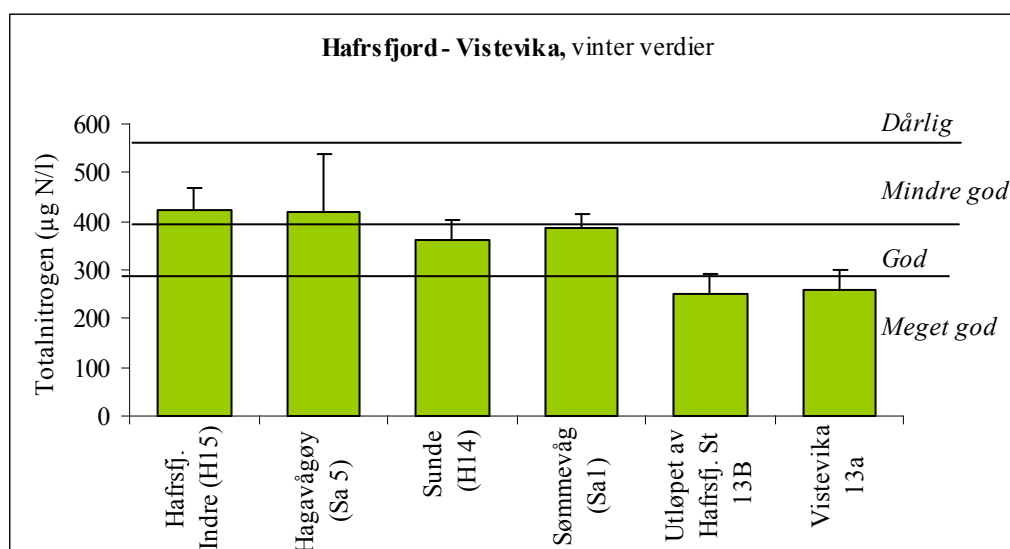
Figur 3.4.11. Gjennomsnittsinhold av nitrat i overflatevann, sommer. De blå søylene viser resultater fra denne undersøkelsen. Vertikale streker viser standardavvik. Horisontale streker viser grenseverdier for tilstandsklasser ifølge SFT veiledning 97:03.



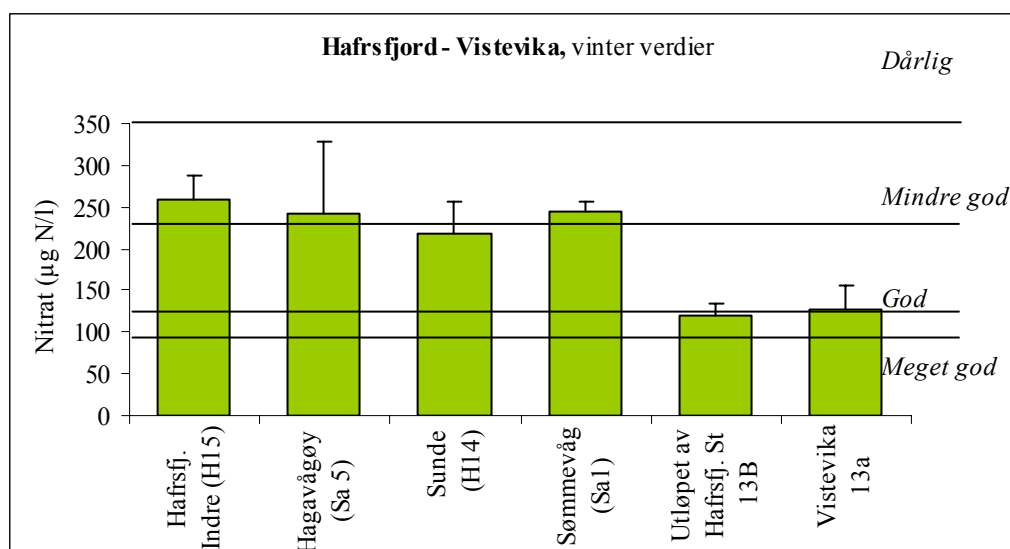
Figur 3.4.12. Gjennomsnittsinhold av totalfosfor i overflatevann, vinter 2001-02. Vertikale streker viser standardavvik. Horisontale streker viser grenseverdier for tilstandsklasser ifølge SFT veiledning 97:03.



Figur 3.4.13. Gjennomsnittsinhold av fosfat i overflatevann, vinter 2001-02. Vertikale streker viser standardavvik. Horisontale streker viser grenseverdier for tilstandsklasser ifølge SFT veiledning 97:03.



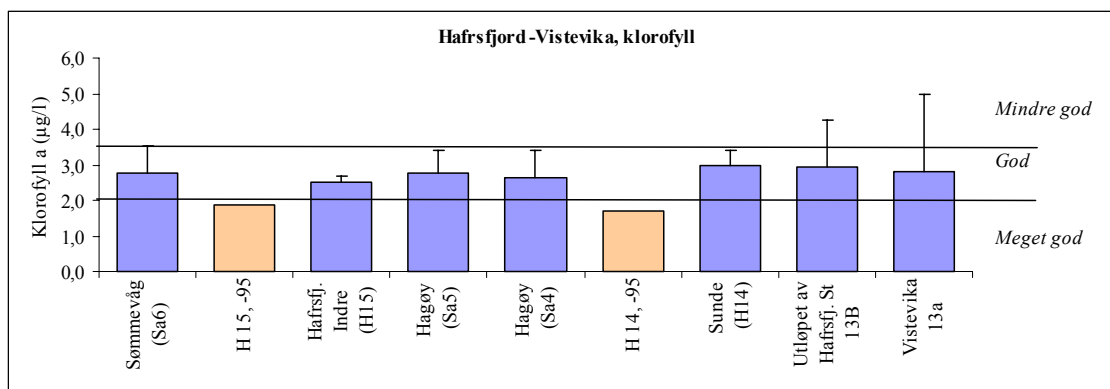
Figur 3.4.14. Gjennomsnittsinhold av totalnitrogen i overflatevann, vinter 2001-02. Vertikale streker viser standardavvik. Horisontale streker viser grenseverdier for tilstandsklasser ifølge SFT veiledning 97:03.



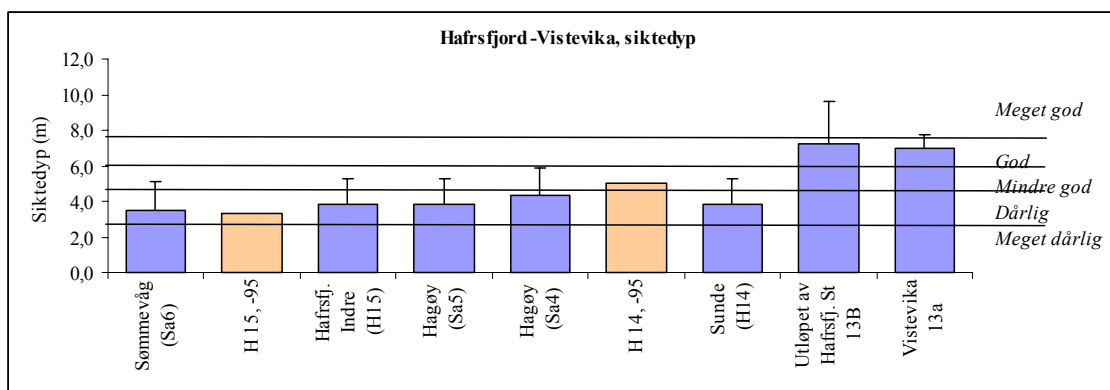
Figur 3.4.15. Gjennomsnittsinhold av nitrat i overflatevann, vinter 2001-02. Vertikale streker viser standardavvik. Horisontale streker viser grenseverdier for tilstandsklasser ifølge SFT veiledning 97:03.

Det gjennomsnittlige klorofyllinnholdet og siktedypet er vist i Figur 3.4.16-17. Klorofyllinnholdet var nokså likt mellom stasjonene og det var litt høyere enn i 1995. Innholdet tilsvarte tilstand *god*. Det gjennomsnittlige siktedypet var nokså lite, slik at det ble tilstand *dårlig* i Hafrsfjord og *god* i Visteвика som hadde bedre sikt. Årsaken til den dårlige sikten var spesielt en periode hvor sjøen var farget turkis av en liten kalkalge (*E. heuxley*). Denne algen er vanlig på Vestlandet om sommeren og trenger ikke bety at vannet er rikt på næringsalter. Det generelle bilde fra feltarbeidet og resultatene Hafrsfjord er likevel at det er mer alger der enn utenfor og dermed blir det

dårligere sikt. Dette har sammenheng med forhøyet næringsstofftilførsel og algeproduksjon.



Figur 3.4.16. Gjennomsnittlig innhold av klorofyll sommeren 2002 samt tildelt SFT tilstandsklasse. Blandprøve overflatevann (0-2 m). Vertikale streker viser standardavvik. Horisontale streker viser grenseverdier for tilstandsklasser ifølge SFT veiledning 97:03.



Figur 3.4.17. Gjennomsnittlig siktedyp sommeren 2002 samt tildelt SFT tilstandsklasse. Vertikale streker viser standardavvik. Horisontale streker viser grenseverdier for tilstandsklasser ifølge SFT veiledning 97:03.

3.4.2 Strandsone

Totalt fem stasjoner ble undersøkt i Sola kommune (Sa1, Sa2, Sa3, Sa4 og Sa5), alle stasjonene ble opprettet i årets undersøkelse (Figur 3.4.1, se også kart i kapittel ang. Ølberg).

I Sola kommune ble det opprettet fem nye stasjoner i årets undersøkelse. På alle stasjonene ble det gjennomført semikvantitative strandsoneundersøkelser. Nedenfor er det gitt en beskrivelse av hver stasjon som ble undersøkt. Oversiktsbilde for stasjonene er vist i Figur 3.4.18.



Figur 3.4.18. Oversiktsbilder over de undersøkte stasjonene i Sola kommune i 2002.

Sa1 (Ølberg) har en rekke arter som er typisk for eksponert hard bunn (f.eks. *Aglaothamnion sepositum*, *Ceramium shuttleworthianum*, *Porpyra umbilicalis*, *Fucus disticus*, *Alaria esculenta*, *Semibalanus balanoides*). Det undersøkte området på Stasjon Sa1 hadde også innslag av tidevannspytter hvor arter typiske for slike pytter ble funnet (eks. *Littorina spp.*, *Nucella lapillus*). Artssammensetningen er rik og naturlig som for en eksponert hardbunnslokalitet.

Stasjon Sa2 (Solastrand sør) var noe mindre eksponert sammenlignet med Sa1. Dette gir utslag i artssammensetningen, og enkelte typiske eksponeringsarter manglet samtidig som det ble funnet et betydelig innslag av brunalger. Stasjonen har et naturlig mangfold og sammensetning av arter for denne type eksponering.

På stasjon Sa3 (Solastrand nord) ble det funnet flere brunalger (eks. *Fucus vesiculosus* (f. *Vesiculosus*) og *Ascophyllum nodosum*) sammenlignet med Sa1 og Sa2. Dette indikerer at området er mindre eksponert, eller at Sa3 har et mer variabelt habitat. Tilstedeværelsen av børstemarken *Arenicola marina* viser at det også var bløt bunn på denne lokaliteten. Artssammensetningen på stasjonen er normal, noe som tyder på at området ikke er påvirket av forurensing.

Artsdiversiteten på Sa 4 (Hagøy Hafrsfjord) var veldig lav, det ble funnet få antall arter av dyr og alger. Stasjonen ligger veldig beskyttet og er langgrunn med stein/berg øverst, og mudderbunn med enkelte steiner i sjøsonen. Spiraltang, som er en flerårig brunalge, var vanlig på stein/berg høyt i fjæra. Dette er naturlig voksested for denne arten. På stein ble det funnet små blåskjell, fjærerur og enkelte strandsnegl. På bløtbunnen ble det funnet fjæremakk og hjertemusling nedgravd, samt flere grønnalger liggende løst oppå bunnen med en masse beitende småsnegl (*Rissoideae sp.*). Denne stasjonen hadde svært lav artsdiversitet og oksygenforholdene virket mindre gode.

På Stasjon Sa5 (Hagøy Hafrsfjord) domineres algefloreaen av brun- og grønnalger, det ble ikke gjort registreringer av rødalger på denne lokaliteten. Området er som Sa4 beskyttet, og dette gjør at rødalgene som trives best på eksponerte lokaliteter ikke er til stede. Denne lokaliteten bestod hovedsakelig av sandbunn med enkelte større steiner innimellom. Større brunalger (Fucoider) var dominerende på stein, mens sjøgress var vanlig på sandbunnen. Det ble ellers funnet et relativt rikt dyreliv med bl.a. flere små flyndrer, strandkrabber og korstroll. Miljøforholdene virker å være relativt bra på denne lokaliteten.

3.4.3 Bunnprøver

Stasjonsopplysninger fra feltarbeidet er gitt i Tabell 3.4.1. Det ble tatt bunnprøver i Sømmevågen (Sa 6, 32 m dyp, ny stasjon som ikke har vært undersøkt tidligere), på det dypeste av Hafrsfjord (H15, 63 m), ved Hestnes/Sunde (H14, 29 m), utenfor innløpet til Hafrsfjord (St 13B, 55 m, og i Vistevika (St 13a, 38 m). På stasjonene i Hafrsfjord bestod sjøbunnen av meget finkornet bløtt sediment, som for det meste var svart på farge. Det luktet H₂S av prøvene i Sømmevågen og på H 15, og det ble sett lite dyr i prøvene fra Hafrsfjord. Slik beskrivelse er typisk for sedimentasjonsområder hvor det er svake strømmer over bunn og lite oksygen i sedimentet og vannet over. På stasjonen i Vistevika var det også et finkornet sediment som luktet H₂S, men det var lysere på farge enn i Hafrsfjord og det ble sett flere dyr. På St 13B var det også mye dyr i bunnen. Sedimentet var finkornet og i flere av prøvene var det en del tang og tare rester. En prøve var helt full av råtnende tare og ble forkastet. Resultatene viser at området ved St 13B er heterogent på bunn og at det finnes groper der hvor løsnet tare samles og råtnet. Råtnende tang kan gjøre bunnen under uten dyreliv, og samtidig kan det være mange dyr (særlig krepsdyr) som har taren som føde.

Tabell 3.4.1. Stasjonsopplysninger, innsamlingsomfang og sedimentbeskrivelse på stasjonene i Hafrsfjord og Vistevika i april 2002. Posisjonen er notert fra båtens GPS og dypene fra båtens ekkolodd. Full grabb tar 19 liter sediment. De tre første prøvene på hver stasjon ble kun brukt til prøvetakning til kjemiske analyser, de resterende til bunndyr.

Stasjon	Dyp (m)	Posisjon (N, Ø) WGS 84	Fyllingsgrad i grabb (prøvevol. lit.)	Kommentarer	Prøve
Sa 6 Sømmevågen, Hafrsfjord	32	58°54,360' N 05°38,280' Ø	1. hugg, 19	Svart, meget finkornet	Kornstørrelse, metaller, TOC/TN, PAH og PCB Prøve Id-nr 02117, 58-60 Bunnfauna prøve Id 02118, 69-72
			2. hugg, 19	bløtt sediment. Svært	
			3. hugg, 19	tynn brunlig hinne	
			4. hugg, 19	øverst. Noen få	
			5. hugg, 19	børstemarker sett på	
			6. hugg, 19	toppen. Litt	
			7. hugg, 19	skjellrester. Alle grabber fulle til lokket.	
H 15 Hafrsfjord Indre	63	58°55,600' N 05°39,255' Ø	1. hugg, 19	Svart finkornet bløtt	Kornstørrelse, metaller, TOC/TN, PAH og PCB Prøve Id-nr 02117, 61-63 Bunnfauna prøve Id 02118, 73-76
			2. hugg, 19	sediment. Meget sterk	
			3. hugg, 19	H ₂ S lukt. Noen tomme	
			4. hugg, 19	<i>Thyasira</i> skall. Alle	
			5. hugg, 19	grabber fulle til	
			6. hugg, 19	lokket.	
			7. hugg, 19		
H 14 Hafrsfjord Ytre	29	58°57,160' N 05°37,113' Ø	1. hugg, 14	Grå-grønn overflate.	Kornstørrelse, metaller, TOC/TN, PAH og PCB Prøve Id-nr 02117, 64-66 Bunnfauna prøve Id 02118, 77-80
			2. hugg, 15	Grå-svart under.	
			3. hugg, 16	Finkornet, nokså bløtt	
			4. hugg, 15	sediment. Litt skjell	
			5. hugg, 15	og børstemark.	
			6. hugg, 17		
			7. hugg, 15		
13a Vistevika	38	58°58,780' N 05°35,710' Ø	1. hugg, 18	Grå-grønt finkornet	Kornstørrelse, metaller, TOC/TN, PAH og PCB Prøve Id-nr 02117, 31-33 Bunnfauna prøve Id 02118, 41-44
			2. hugg, 18	sediment. Grått	
			3. hugg, 18*	nederst. Brunlig tynt	
			4. hugg, 12	overflate. H ₂ S-lukt. En	
			5. hugg, 18	god del gravende dyr.	
			6. hugg, 18	<i>Nephtys</i> m.m.	
			7. hugg, 18	<i>Thyasira</i> . * Plastpose i grabben.	
13B Utenfor Hafrsfjord	55	58°58,015' N 05°35,030' Ø	1. hugg, 17	Grå-grønt finkornet	Kornstørrelse, metaller, TOC/TN, PAH og PCB Prøve Id-nr 02117, 34-36 Bunnfauna prøve Id 02118, 45-48
			2. hugg, 18	sediment. En god del	
			3. hugg, 18*	diverse dyr. En grabb	
			4. hugg, 16	prøve forkastet. Var	
			5. hugg, 16	full av råtnende tare.	
			6. hugg, 15*	* Litt tarerester.	
			7. hugg, 17		

3.4.3.1 Sedimentkjemi og miljøgifter

Resultatene er gitt i Tabell 3.4.2 og vedlegg. I Hafrsfjord var bunnen mest finkornet på Sa 6 og H 15. I forhold til i 1995 hvor det ble målt et leire+silt innhold på 78 % på H 14 og 98 % på H15, har vi fått lavere verdier. Dette kan skyldes litt forskjellige analysemetoder. I Sømmevågen og Hafrsfjords dypeste punkt var det et meget høyt organisk innhold i bunnen. Årsaken er i stor grad at mangel på oksygen i vannet over, hindrer rask nedbrytning av det organiske materialet. Tilsvarende verdier ble funnet i

1995 men det er nå litt lavere innhold av organisk materiale på H 14, noe som er et positivt tegn. Det var også høyt organisk innhold på H 15 på slutten av 70-tallet.

I forhold til beregnet TOC₆₃ innhold fikk Sømmevågen og H15 tilstand *meget dårlig* og H 14 ved Sunde *dårlig*. Ut fra Tabell 3.4.2 kan en se at det var innholdet av organisk materiale som gav dårligst SFT tilstand. Av miljøgifter var det stort sett lave verdier og de fleste målingene gav tilstand *ubetydelig - lite forurenset*. Kadmiuminnholdet og B(a)P fikk tilstand *markert forurenset* og bunnen var *moderat forurenset* av PCB. I Sømmevåg ble det også funnet høyt innhold av sølv. Det var mest miljøgifter i sjøbunnen i Sømmevåg og på det dypeste av Hafrsfjord. Flyplassområdet er en potensiell kilde til forurensning.

I 1995 ble det funnet et betydelig høyere innhold av PAH (15072 og 45881 µg/kg, på henholdsvis H14 og H15) enn i årets undersøkelse. Det var et høyt innhold av de oljerelaterte PAHene (naftalen) og omtrent samme innhold av de tyngre komponentene som nå. Det høye nivået av oljerelaterte PAHer ble kommentert i rapporten fra 1995. Det er lite sannsynlig at nedgangen fram til 2002 skyldes så stor reell endring av innholdet i sedimentet, men det må i så fall heller ha vært en kilde til oljeforurensningen i 1995. Alternativt har det skjedd noe med prøvebehandling eller opparbeiding.

For de andre miljøgiftene var det små forskjeller fra 1995 og de få målingene på 70- og 80-tallet og frem til nå. Det var mer en positiv utviklingstendens mot heller lavere enn høyere verdier.

Visteвика

Bortsett fra litt forskjellig innhold av leire+silt, var sedimentet på St 13a og 13B meget likt hverandre med hensyn til alle de andre parametrene. Det organiske innholdet, målt som TOC, tilsvarte tilstand *dårlig*. TOC-innholdet kan blant annet forklares med den råtnende taren som ble funnet på sjøbunnen. Det var lite miljøgifter i bunnen på begge stasjonene. Kun PAH og B(a)P fikk tilstand *moderat forurenset*. I 1995 ble ikke disse stasjonene undersøkt, men de få målingene som ble gjort på 70- og 80-tallet tyder ikke på noen endring i miljøforholdene.

Tabell 3.4.2. Resultater fra analyse av sedimentprøver tatt i april 2002. Gjennomsnitt av tre prøver og standardavvik. Totalt organisk nitrogen (TN) og karbon (TOC). Forholdstall mellom karbon og nitrogen (C:N). Prosent innhold av leire og silt. Beregnet TOC verdi ut fra innhold av leire og silt. Organisk innhold målt som glødetap. Metaller (mg/kg) og organiske miljøgifter (µg/kg). Tildelt SFT tilstand. Tilstand I tilsvarer *ubetydelig – lite forurenset*, Tilstand II tilsvarer *moderat forurenset*, og III *markert forurenset* osv.

Parameter	Sa 6			H 15			H14		
	Snitt	SD	SFT tilstand	Snitt	SD	SFT tilstand	Snitt	SD	SFT tilstand
TN (mg/kg)	7,97	1,16	-	8,27	0,12	-	2,80	0,50	-
TOC (mg/kg)	70,60	6,38	-	78,20	4,69	-	23,4	6,90	-
C:N	8,86	-	-	9,46	-	-	8,37	-	-
% leire + silt	58,97	7,15	-	69,83	13,16	-	18,3	3,91	-
TOC-63 (mg/kg)	78	5,44	Meget dårlig	84	5,32	Meget dårlig	38	6,79	Dårlig
Glødetap (%)	20,33	2,08	-	24,67	0,58	-	5,60	0,60	-
Arsen (mg/kg)	23,8	5,2	II	18,6	1,5	I	6,0	0,2	I
Bly (mg/kg)	84,8	21,5	II	75,9	2,4	II	18,6	1,9	I
Kadmium (mg/kg)	2,3	0,8	III	1,2	0,1	III	0,2	0,0	I
Kobber (mg/kg)	46,9	12,5	II	32,7	2,7	I	11,6	1,0	I
Krom (mg/kg)	34,7	8,3	I	29,8	0,6	I	8,8	0,5	I
Kvikksølv (mg/kg)	0,048	0,017	I	<0,015	-	I	<0,015	-	I
Nikkel (mg/kg)	21,9	4,3	I	23,9	1,1	I	7,3	0,6	I
Sink (mg/kg)	290	81,4	II	209	16,4	II	51,9	4,4	I
Sølv (mg/kg)	4,5	1,7	III	0,6	0,2	II	0,2	0,0	I
Sum PAH (µg/kg)	1367	252	II	1933	231	II	290	89	I
B(a)P (µg/kg)	123	22	III	163	23	III	25	9	II
Sum PCB ₇ (µg/kg)	25	10	II	7	4	II	i.p.	i.p.	I

i.p. = ikke påvist

Parameter	St 13B			St 13a		
	Snitt	SD	SFT tilstand	Snitt	SD	SFT tilstand
TN (mg/kg)	3,57	0,06	-	3,43	0,42	-
TOC (mg/kg)	24,30	1,51	-	27,10	2,90	-
C:N	6,81	-	-	7,89	-	-
% leire + silt	28,43	3,45	-	41,17	8,69	-
TOC-63 (mg/kg)	37	2,08	Dårlig	38	4,33	Dårlig
Glødetap (%)	8,07	0,93	-	8,53	0,57	-
Arsen (mg/kg)	7,4	0,7	I	7,1	0,6	I
Bly (mg/kg)	26,2	1,4	I	25,4	1,4	I
Kadmium (mg/kg)	0,2	0,0	I	0,2	0,1	I
Kobber (mg/kg)	14,5	1,4	I	15,1	0,9	I
Krom (mg/kg)	15,4	0,8	I	14,8	1,2	I
Kvikksølv (mg/kg)	<0,015	-	I	<0,015	-	I
Nikkel (mg/kg)	17,5	0,8	I	15,6	1,0	I
Sink (mg/kg)	51,2	6,6	I	53,4	3,3	I
Sølv (mg/kg)	0,2	0,1	I	0,2	0,0	I
Sum PAH (µg/kg)	320	44	II	437	72	II
B(a)P (µg/kg)	27	3	II	37	5	II
Sum PCB ₇ (µg/kg)	i.p.	i.p.	I	i.p.	i.p.	I

3.4.3.2 Bunn dyr

I dypet av Hafrsfjord (H 15) og i Sømmevåg (Sa 6) var det meget få arter i bunnen (Tabell 3.4.3-3.4.4). Dette skyldes at det var lite eller ikke noe oksygen i bunnvannet. På H 15 ville en forvente at det ikke var levende dyr, siden vannet var uten oksygen i hele måleperioden. De 6 identifiserte individene av børstemarken *Capitella capitata*, kan ha vært rester i utstyret fra prøver på Sa 6, selv om det ikke burde forekomme. På Sa 6 tyder artssammensetningen på at bunnen heller ikke der har et permanent dyreliv. Børstemarken *Capitella capitata* er en art som kan raskt kolonisere et område, og er trolig til stede som følge av oksygenet som kom med vannutskiftning i januar-februar 2002.

I 1995 ble det funnet to arter (*Capitella capitata* og fåbørstemark) på H 15. Sa 6 er ikke undersøkt med hensyn til bunndyr tidligere. I dypet av Hafrsfjord er det også tidligere observert en bunn uten dyreliv, eller med meget få arter og undersøkelsene viser at bunnforholdene ikke er blitt bedre.

På H 14 ved Hestnes var det mange flere arter i bunnen. Dette skyldes at det er mer oksygen i bunnvannet. Oksygenmålingene i denne undersøkelsen viser at det til tider kan være lite oksygen også ved Hestnes (Figur 3.4.5), men dersom slike perioder ikke blir langvarige kan bunndyrsfaunaen overleve. Artene som ble funnet ved Hestnes er vanlige i forurensede (organisk belastning) sedimenter og gjenspeiler miljøforhold som tilsier at det er mye organisk materiale i bunnen og til dels dårlige oksygenforhold. Ut fra diversiteten som ble beregnet fikk stasjon H 14 SFT tilstand *dårlig*. Diversiteten ble lav som følge av at det var en art som hadde 70 % av individene på stasjonen. I 1995 ble det funnet 49 arter på stasjonen, men i undersøkelser før det igjen, har det blitt identifisert både færre og flere arter i bunnen.

Tabell 3.4.3. Antall arter, individ (pr stasjon 0,4 m² og pr m²), Shannon-Wiener indeks, jevnhetsindeks og Hurlbert (ESn=100). Resultater på "huggnivå" er gitt i vedleggene. Tilstandsklasse er gitt i henhold til SFTs grenseverdier (Molvær *m. fl.* 1997), basert på Shannon-Wiener indeks. Noen prøver kan i noen tilfeller tildeles ulike tilstandsklasser som følge av de to diversitetsberegningene.

Stasjon	Antall arter	Antall individ pr. stasjon	Antall individ pr m ²	Jevnhets indeks	Hurlbert	Shannon-Wiener indeks	SFT tilstand
Sa 6-sum	6	584	1460	0,11	3	0,29	<i>Meget dårlig</i>
H 15-sum	1	6	15	-	1,0	0,00	<i>Meget dårlig</i>
H 14-sum	41	1524	3810	0,36	13,0	1,95	<i>Dårlig</i>
St 13a-sum	53	940	2350	0,50	16,6	2,89	<i>Mindre god</i>
St 13B-sum	81	1265	3163	0,59	24,5	3,74	<i>God</i>

Tabell 3.4.4. Oversikt over de mest tallrike artene (taxa) på hver stasjon i april 2002. Antall individer og % av totalt antall individer i prøven. Tallene baserer seg på sum av fire replikate prøver (4*0,1 m²).

Art – stasjon Sa 6	Antall	% av total	Art stasjon H 15	Antall	% av total
<i>Capitella capitata</i>	563	96,4	<i>Capitella capitata</i>	6	100,0
<i>Polydora ciliata</i>	10	1,7			
<i>Thyasira flexuosa</i>	6	1,0			
<i>Ophiura sp</i>	3	0,5			
<i>Nemertini indet</i>	1	0,2			

Art – stasjon H 14	Antall	% av total	Art - stasjon 13a	Antall	% av total
<i>Scalibregma inflatum</i>	1067	70,0	<i>Prionospio cirrifera</i>	440	46,8
<i>Capitella capitata</i>	169	11,1	<i>Myriochele oculata</i>	180	19,1
<i>Polydora ciliata</i>	57	3,7	<i>Paradoneis eliasoni</i>	71	7,6
<i>Paradoneis eliasoni</i>	34	2,2	<i>Echinocardium cordatum</i>	52	5,5
<i>Abra alba</i>	23	1,5	<i>Echinocardium sp</i>	40	4,3

Art – stasjon 13B	Antall	% av total
<i>Prionospio cirrifera</i>	435	34,4
<i>Paradoneis eliasoni</i>	202	16,0
<i>Nemertini indet</i>	175	13,8
<i>Scalibregma inflatum</i>	56	4,4
<i>Goniada maculata</i>	40	3,2

Utenfor Hafrsfjord (stasjon 13B) og i Vistevika (st 13a) var det mange arter i bunnen (Tabell 3.4.3-3.4.4). Stasjonen i Vistevika fikk ikke høyere diversitet enn 2,9 (tilstand *mindre god*) siden én art hadde 47 % av individene. Det var en liten børstemark som naturlig kan opptre i stort antall. På begge stasjoner tyder artssammensetningen på at det ikke er noen problem med organisk belastning eller oksygensvikt. Utslippet av avløpsvann ved St 13 B gir ingen tydelig påvirkning av bunnfaunaen, men det ble funnet råtnende tare på bunnen. I begge områder er det funnet en minst like artsrik fauna tidligere. Stokland (1985) vurderer faunaen likevel til å være noe påvirket av organisk tilførsel.

3.4.4 Oppsummering: Hafrsfjord og Vistevika

Hafrsfjord har fra naturens side dårlig vannutskifting som følge av et grunt og trangt innløp. Bunnvannet under ca 30 m dyp er derfor uten oksygen i perioder og det er lite eller ingen bunndyr på større dyp. I Hafrsfjord bør oksygeninnholdet overvåkes videre og det er ikke gjort nyere målinger over tid som viser hyppighet på vannutskifting. Våre målinger viste oksygenforhold som var dårligere enn på mange år (også verre enn i 1995), men dette kan skyldes naturlige svingninger i vannutskifting. Det var ingen bunnvannsutskifting i denne måleperioden. Næringssaltinnholdet var til dels høyt, særlig om vinteren, og det viser at det fremdeles er tilførsler til sjøen, selv om kloakken i stor grad er sanert bort. Næringssaltinnholdet har avtatt siden 70- og 80-tallet.

Strandsonen på stasjonene ved Ølberg og Solastranden hadde et naturlig rikt plante- og dyreliv. I Hafrsfjord var det færre arter i fjæren, noe som var en effekt av mindre bølgeeksponering, mer ferskvannspåvirkning og næringsalter.

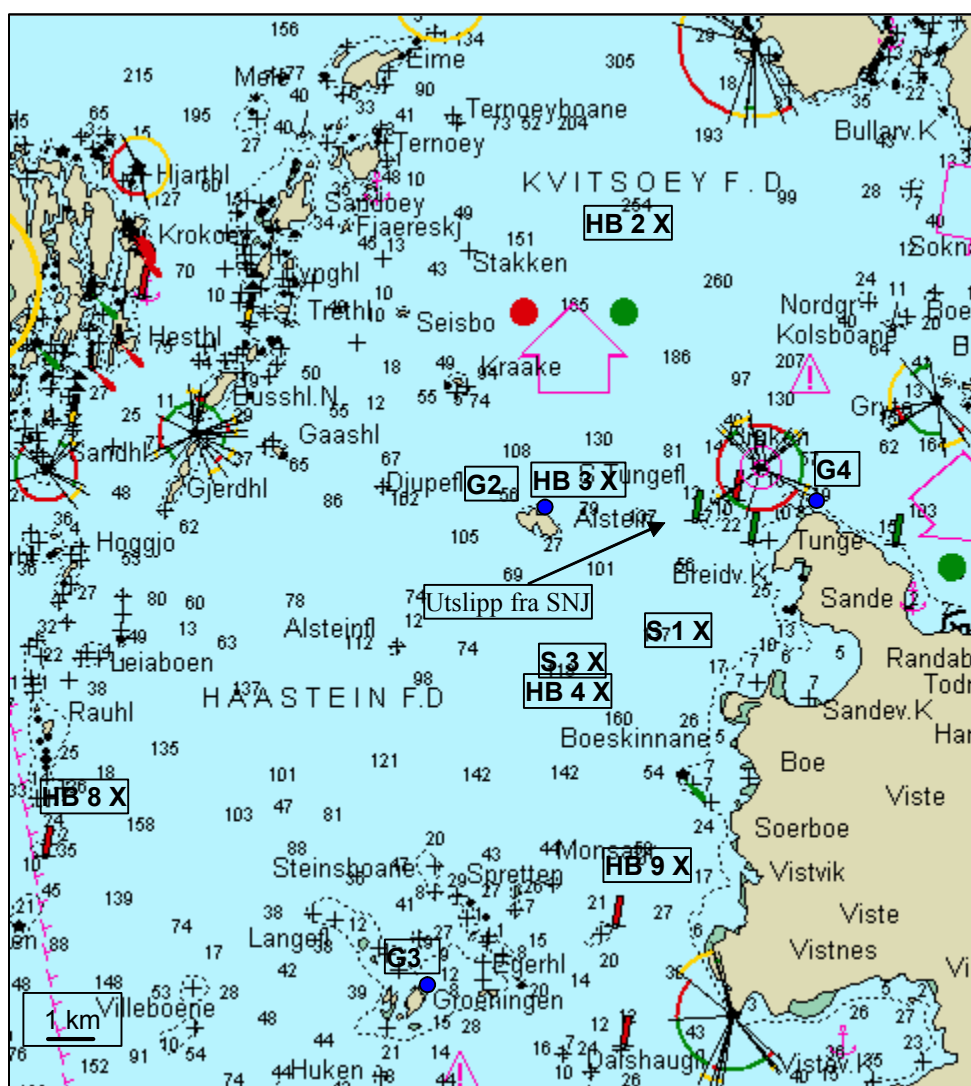
Det var høyt organisk innhold i bunnen og prøvene fikk dårlig SFT tilstandsklasse med hensyn til TOC. Av miljøgiftene var det forhøyet nivå av kadmium, bly, sink og sølv, samt de organiske miljøgiftene PAH, B(a)P og PCB i forhold til uforurenset sediment. Det var høyest innhold av miljøgifter i Sømmevågen. Bortsett fra en betydelig nedgang av de oljerelaterte PAHene (naftalen) var det mindre endringer i forhold til 1995. Også i forhold til de få målingene på 70- og 80-tallet og frem til nå er det ingen tydelige utviklingstrekk, men det var mer en tendens mot lavere enn høyere verdier. I Indre Hafrsfjord og Sømmevågen var det meget få arter i bunnen. I disse områdene er det ikke en permanent bunndyrfauna (tilstand, *meget dårlig*), men den varierer med oksygenforholdene. Ved Hestnes er det en forholdsvis artsrik fauna, men artssammensetningen viser at bunnforholdene er påvirket av høyt organisk innhold og periodevis lite oksygen.

I Vistevika og området utenfor innløpet til Hafrsfjord var det gode miljøforhold. Næringssaltinnholdet var moderat eller lavt. Områdene har god vannutskiftning og lite miljøgifter i sedimentet. Det var en artsrik bunnfauna begge steder og ikke noe tydelig påvirkning av organisk tilførsel. Det ble ikke funnet negative effekter av avløpsvannutslippet utenfor Hafrsfjord, men en del råtnende tare på bunnen. Miljøforholdene var som tidligere.

3.5 Håsteinsfjord

Håsteinsfjord mottar utslippet fra SNJ og er dermed hovedmottaker for avløpsvann fra Stavangerhalvøya. Området ble valgt ut som resipient etter flere forundersøkelser (se sammendrag i Stokland *m.fl.* 1992 og referanser i Myhrvold *m.fl.* 1997). Det ble konkludert med at fjorden hadde stor kapasitet til å motta avløpsvann. Det var gode strømforhold og hydrografiske målinger og beregninger viste at avløpsvannet ville blandes og fortynnes raskt ut fra utslippspunktet. Siden utslippet kommer ut på 80 m dyp vil det sjelden nå overflaten, og bare under spesielle hydrografiske forhold. I Håsteinsfjord vil vannet et stykke fra land være preget av kystvannet som går nordover langs kysten. Kystvannet er en blanding av vann fra Kattegat og Nordsjøen som flytter seg langs Skagerrakkysten, rundt Lindesnes og nordover langs Vestlandet. Vannkvaliteten vil variere med hensyn til hydrografiske og kjemiske forhold i henhold til påvirkning av de ulike vannmassene, tilførsel fra land, og meteorologiske forhold. Typisk transporttid for kystvannet langs Vestlandskysten er 2-3 uker og vannet har en strømhastighet nordover på 15-20 cm/s (SFT 1997ab, Källqvist *m.fl.* 2002). I forhold til kystvannet i Skagerrak er vannet utenfor Vestlandet lite undersøkt og bare sporadisk undersøkt i forbindelse med "Kystovervåkingsprogrammet" til SFT. Havforskningsinstituttet i Bergen gjør en del faste hydrografiske målinger ved blant annet Utsira.

I denne undersøkelsen er det tatt vannprøver fra syv steder i Håsteinsfjord, (se kart i Figur 3.5.1). På HB 4 og HB 8 er det ikke tatt vannprøver til næringssalter, men kun oksygeninnhold i bunnvannet (og CTD). Strandsonen er undersøkt tre steder. Bunnprøvene er tatt på fem steder HB 2, HB 3, HB 4, HB 8 og HB 9. Alle steder har vært mer eller mindre inkludert i tidligere undersøkelser. Det er ikke tatt næringssaltprøver om vinteren tidligere og ikke i 1995. I 1989-90 ble prøvene tatt på noen "S" stasjoner (se nedenfor).



Figur 3.5.1. Kart over Håsteinsfjord med prøvestasjonene HB 2, 3, 4, 8 og 9, G2, G3, G4, samt S1 og S1 inntegnet. X markerer prøvested.

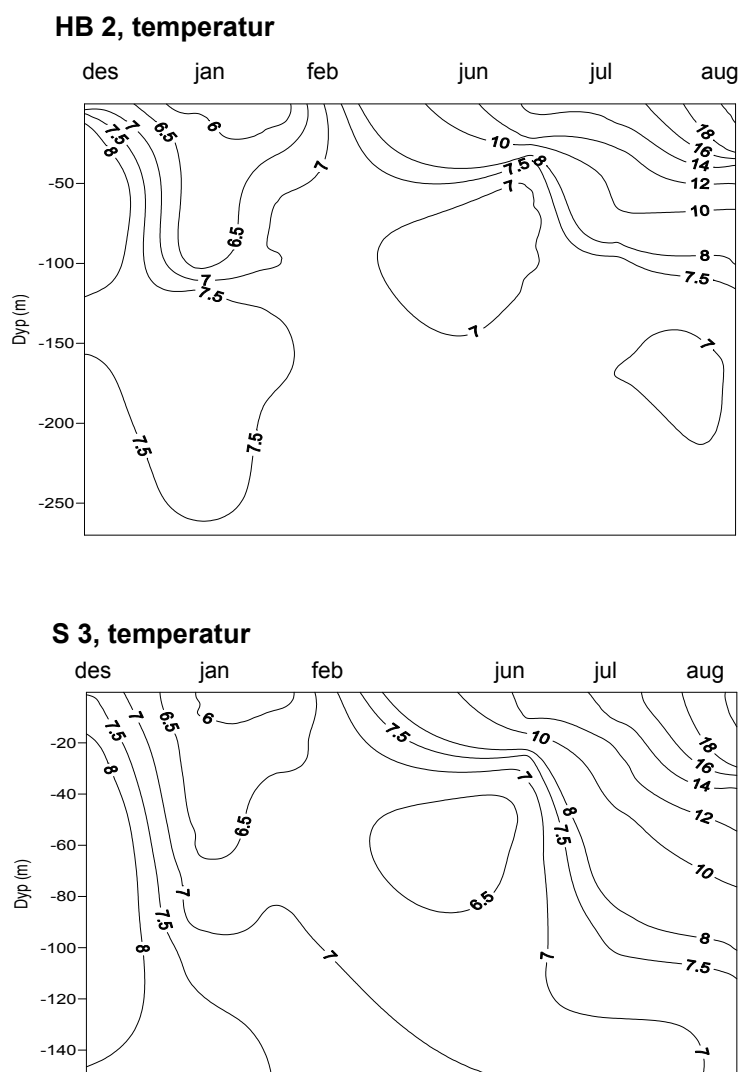
3.5.1 Hydrografi og vannkjemi

3.5.1.1 Temperatur, saltholdighet, oksygeninnhold

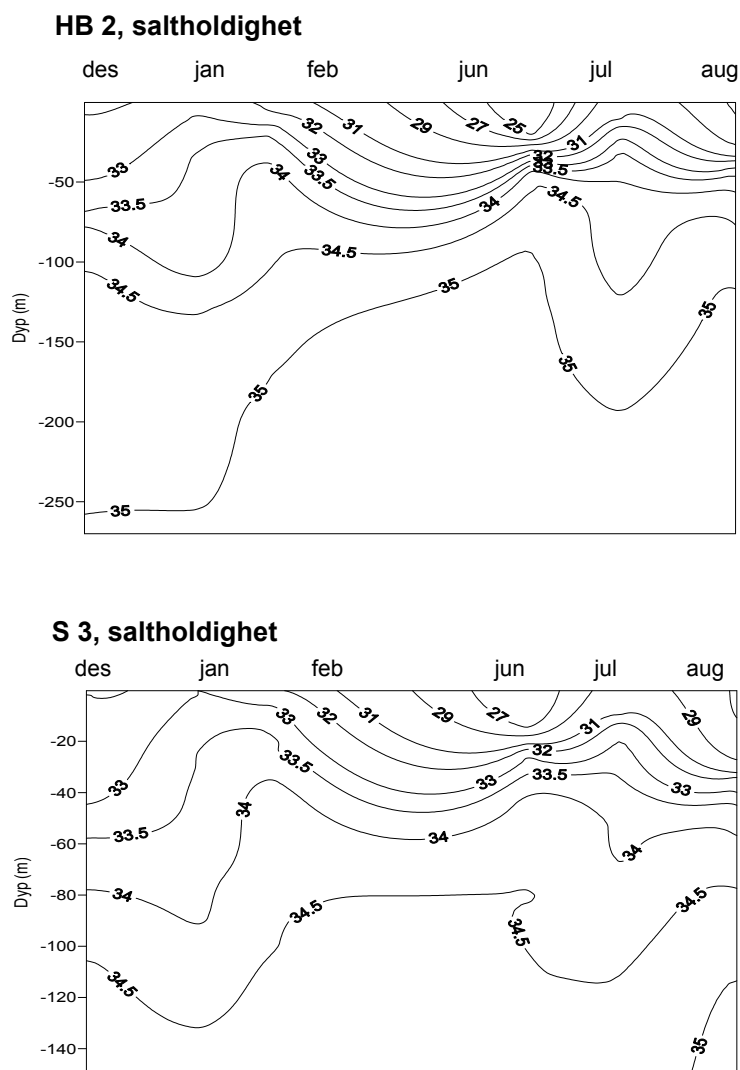
Nedenfor vises isopleter av temperatur- og saltholdighetsdata på HB 2 og S3 (Figur 3.5.2-3) og det vises til vedlegg for resultater fra andre stasjoner. Figurene viser hydrografiske forhold som er vanlige i kystvannet. I overflatevannet er det kaldt og høy saltholdighet om vinteren og så blir det varmere og lavere saltholdighet om sommeren. Lavere saltholdighet om sommeren skyldes at det er generelt mer ferskvannstilførsel fra land (snøsmelting) om sommeren enn om vinteren. Lagdelingen av vannet er mest markert om sommeren. De to stasjonene har like hydrografiske forhold og det tyder på at det er god vannbevegelse og at stasjonene er influert av de samme miljøforholdene. I

bunnvannet er det stabile forhold med en temperatur rundt 7 °C og saltholdighet på 34,5-35.

Den 27. februar ble det observert en stor strøm-rose i sjøen vestenfor Tungenesfluen. Dette ble tolket som at det var utslippet fra SNJ som kom opp til overflaten. Utslipet består av ferskvann som er lettere enn saltvann og det vil dermed stige mot overflaten. Dersom vannet er lite lagdelt, kan vannet stige helt til overflaten. I tillegg vil strøm og utforming på utslippet avgjøre hvordan utslippsvannet blandes inn i sjøvannet og dermed mister oppdriftshastigheten. I hele vinterperioden var vannet forholdsvis lite lagdelt.



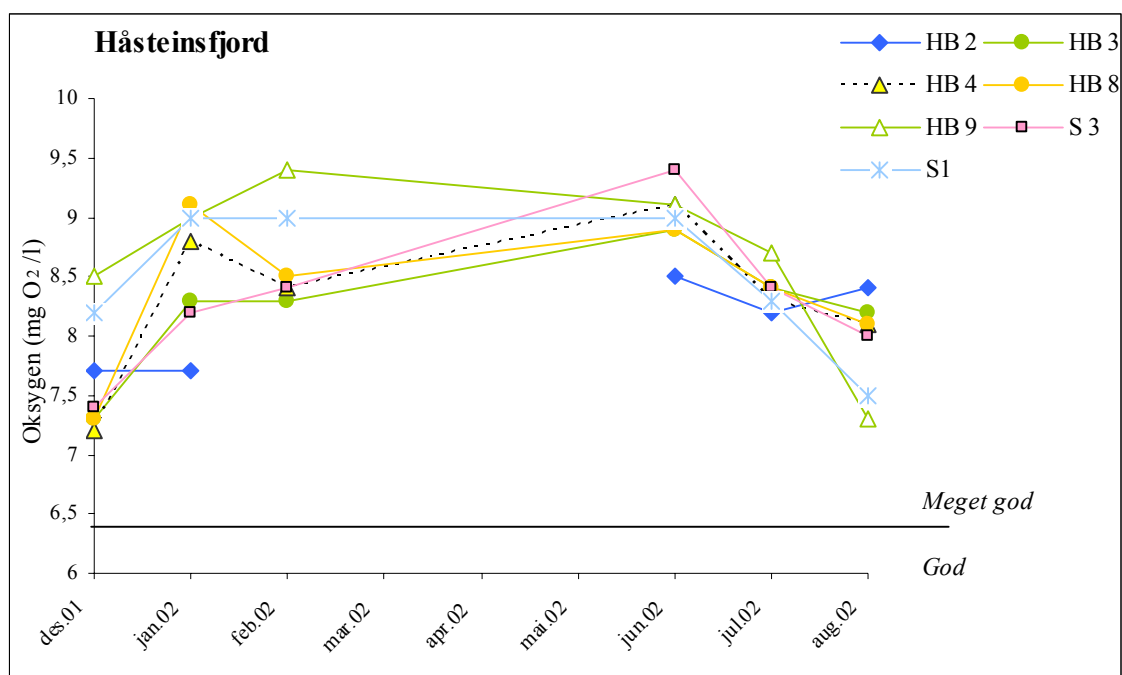
Figur 3.5.2. Temperatur fra CTD-data på HB 2 og S3. Det er gjort målinger ved hver avmerket måned. Start i desember 2001 og slutt i august 2002.



Figur 3.5.3. Saltholdighet fra CTD-data på HB 2 og S3. Det er gjort målinger ved hver avmerket måned. Start i desember 2001 og slutt i august 2002.

Alle stasjonene i dette området hadde meget gode oksygenforhold i bunnvannet (Figur 3.5.4) og alle prøvene tilsvarte SFT tilstand *meget god*. Målingene bekrefter at Håsteinsfjord har god vannutskiftning og at utslippet fra SNJ ikke har merkbar effekt på oksygeninnholdet.

I 1995 ble det bare tatt et fåtall oksygenanalyser i Håsteinsfjord med Winkler metode. Det ble bare gjort i tre dyp (140, 150 og 165 m) i juni, juli, august og september. Den laveste verdien som ble funnet var 7,85 mg/l noe som er like høyt som i denne undersøkelsen. Det ble også gjort målinger ned til 50 m med YSI-sonde i 2001-02 og det viste også at vannet hadde høy oksygenmetning. I basisundersøkelsene ble det også funnet tilfredsstillende oksygenforhold i bunnvannet (tre stasjoner) selv om det i noen tilfeller avtok helt ned til bunnen (Tangen 1992a).



Figur 3.5.4. Oksygeninnhold i bunnvann på HB 2, 3, 4, 8, og 9 samt S1 og S3. Horisontal strek og tekst i kursiv markerer skille for ulike SFT tilstand. Merk at skala på y-akse begynner på 6.

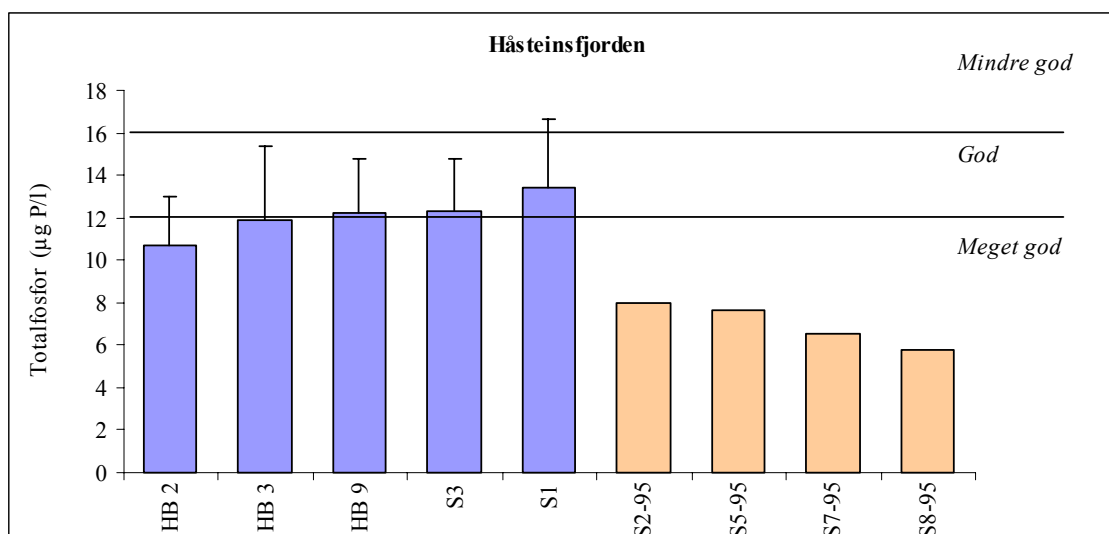
3.5.1.2 Næringsalter, klorofyll og siktedyp

Innholdet av næringsalter er vist i Figur 3.5.5 – 10, sammen med noen tall fra tidligere undersøkelser der det var greit å sammenligne resultatene. Figurene skiller mellom resultater fra sommeren og vinteren, siden det er ulike SFT grenseverdier for årstidene.

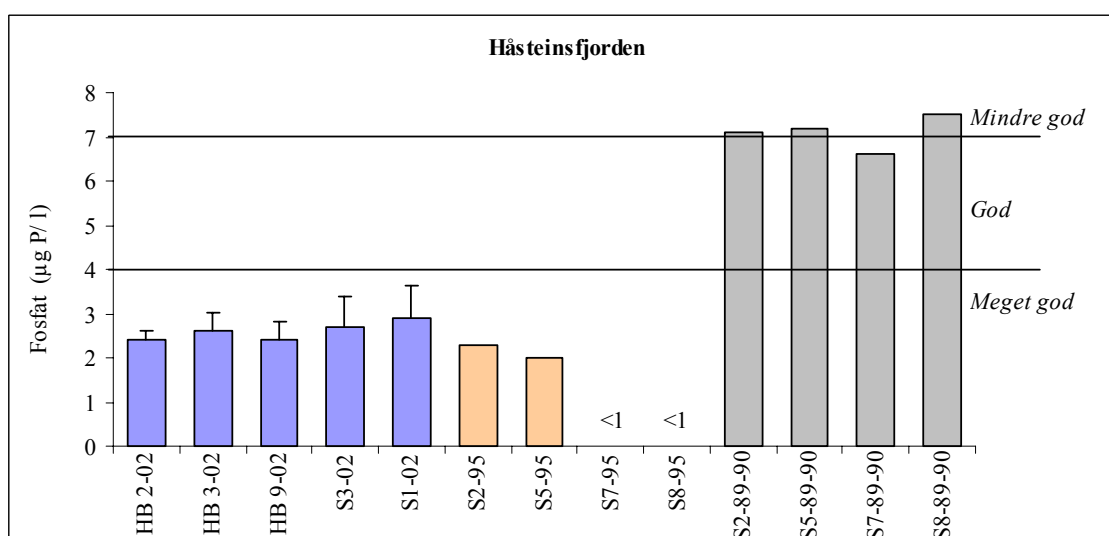
Generelt var det et moderat eller lavt næringssaltinnhold i Håsteinsfjord og området hadde et innhold som kan ses på som vanlig for vann i kyststrømmen. Selv om prøvene er tatt over et meget stort område var det ikke stor (eller systematisk) forskjell mellom stasjonene og det viser at det ikke ble funnet betydelige lokale effekter av utslipp fra land eller SNJ. Imidlertid har stasjon S 1 utenfor Sandvika generelt litt høyere innhold enn de andre stasjonene. For de fleste næringssaltmålingene fikk vannet tilstand *god* eller *meget god*, det var bare totalfosforinnholdet om vinteren som var mer på grensen til *mindre god*.

I forhold til tidligere undersøkelser var det mindre fosfat og nitrat og høyere innhold av totalfosfor og –nitrogen (stasjon S 2, S 5 ligger i samme område vest av Tungenes, mens S 7 ligger nord for Tungenes og S 8 er i Byfjord øst for Tungenes). Særlig vil fosfat- og nitratinholdet varierer naturlig mye fra et tidspunkt til et annet og det er usikkert om denne forskjellen mellom undersøkelsene er reell. I 1990 var for eksempel fosfatinholdet 4-6 µg/l og i 1989 var det 8-10 (Tangen 1992b). Økningen av totalfosfor og –nitrogen kan tyde på at den generelle bakgrunnsverdien for disse stoffene var høyere i 2002 enn i 1995 og at dette skyldes regionale forskjeller mer enn lokale. Sommeren 1995 var det gjennomsnittlige næringssaltinnholdet tilsvarende tilstand *meget god* i kystvannet fra Jomfruland til Lista (Moy *m.fl.* 2002) og det tyder på at det generelle innholdet var lavt det året.

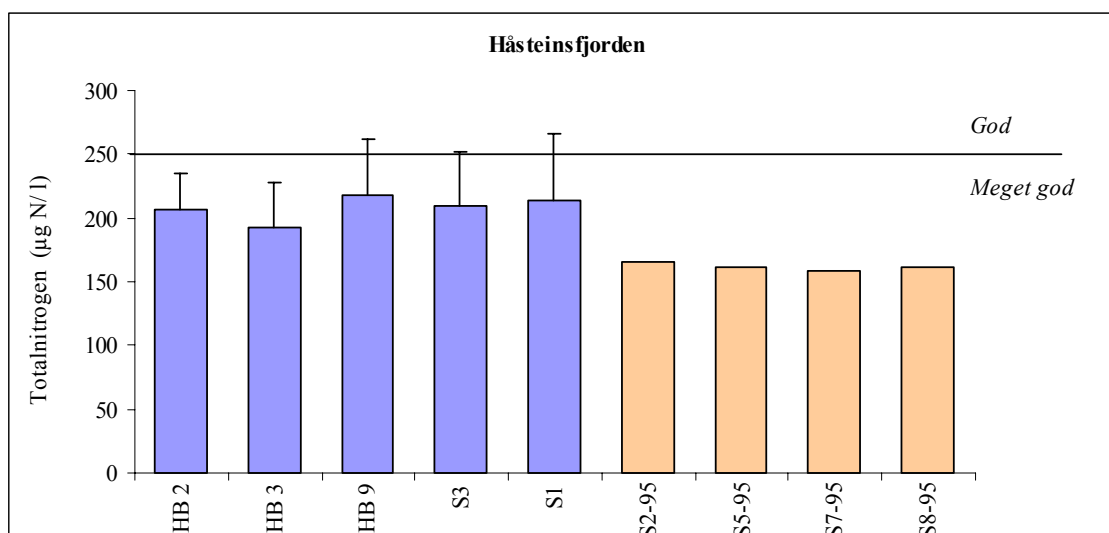
Forholdet mellom innholdet av nitrogen og fosfor (Tot-N:Tot-P om sommeren) var 16-19 i 2002, mens det var mellom 21 og 28 i 1995. Resultatene tyder på at det er fosforinnholdet som begrenser algeveksten i begge periodene, men at det var minst begrensende i 2002.



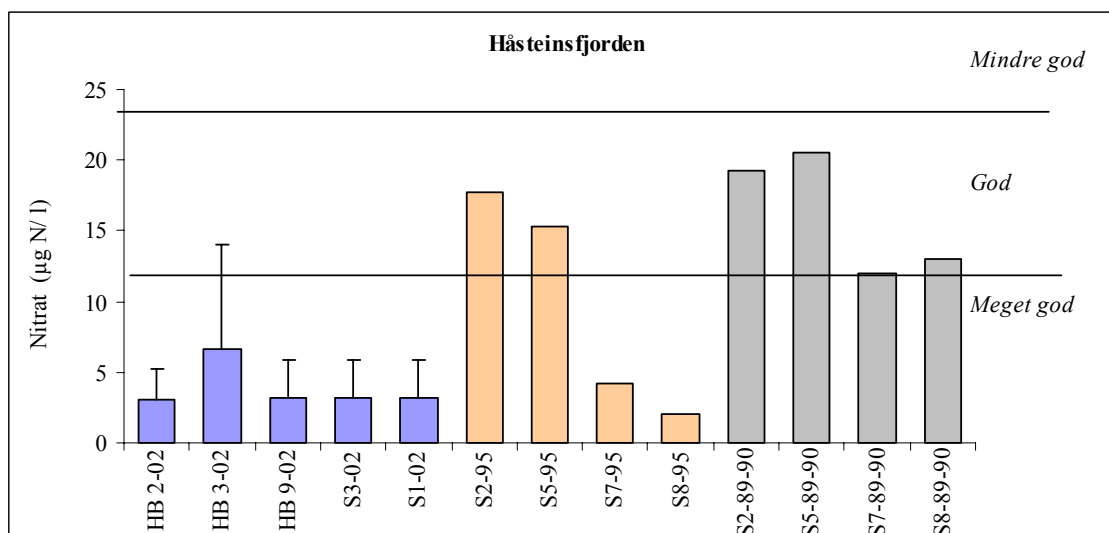
Figur 3.5.5. Gjennomsnittsinhold av totalfosfor i overflatevann, sommer. De blå søylene viser resultater fra denne undersøkelsen. Vertikale streker viser standardavvik. Horisontale streker viser grenseverdier for tilstandsklasser ifølge SFT veiledning 97:03.



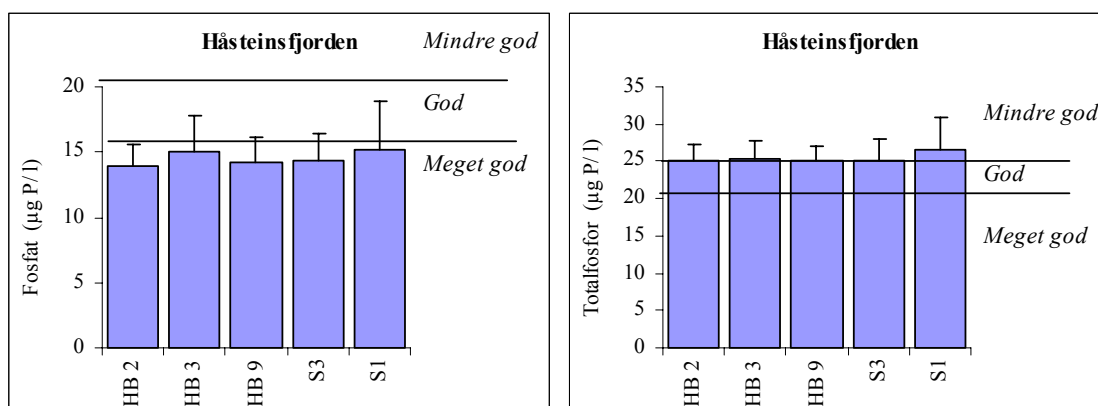
Figur 3.5.6. Gjennomsnittsinhold av fosfat i overflatevann, sommer. De blå søylene viser resultater fra denne undersøkelsen. Vertikale streker viser standardavvik. Horisontale streker viser grenseverdier for tilstandsklasser ifølge SFT veiledning 97:03.



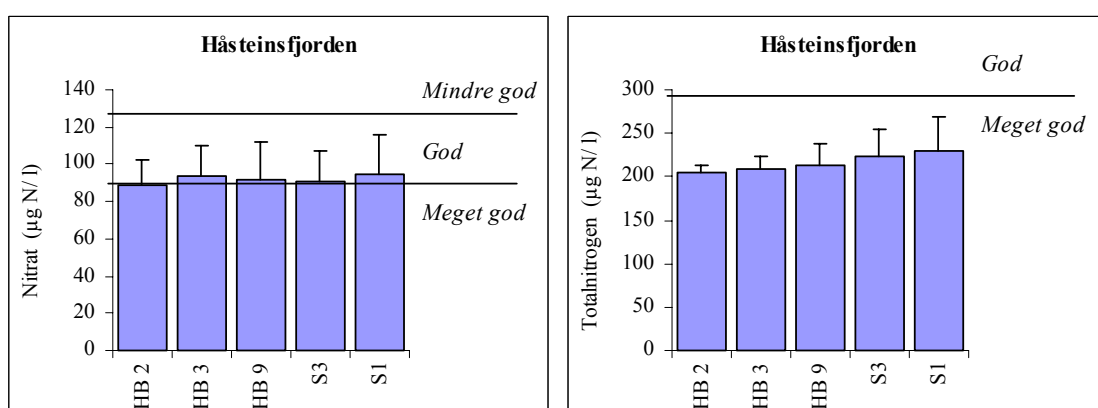
Figur 3.5.7. Gjennomsnittsinhold av totalnitrogen i overflatevann, sommer. De blå søylene viser resultater fra denne undersøkelsen. Vertikale streker viser standardavvik. Horisontale streker viser grenseverdier for tilstandsklasser ifølge SFT veiledning 97:03.



Figur 3.5.8. Gjennomsnittsinhold av nitrat i overflatevann, sommer. De blå søylene viser resultater fra denne undersøkelsen. Vertikale streker viser standardavvik. Horisontale streker viser grenseverdier for tilstandsklasser ifølge SFT veiledning 97:03.

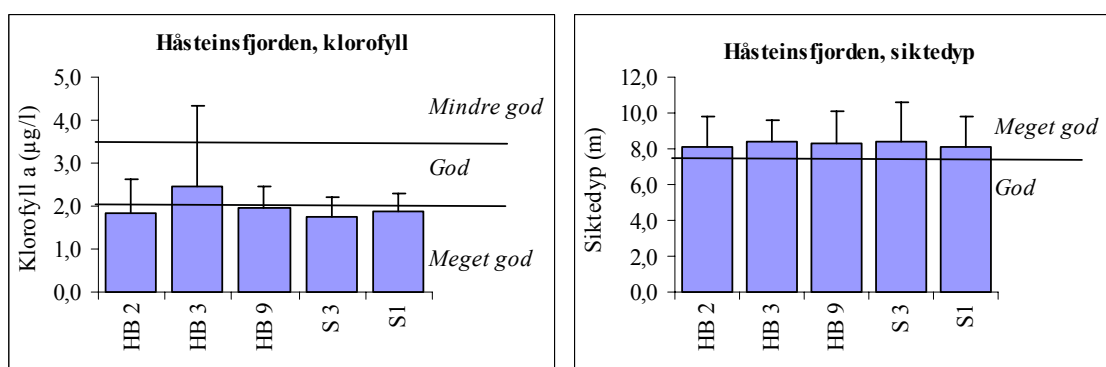


Figur 3.5.9. Gjennomsnittsinhold av fosfat og totalfosfor i overflatevann, vinter 2001-02. Vertikale streker viser standardavvik. Horisontale streker viser grenseverdier for tilstandsklasser ifølge SFT veiledning 97:03.



Figur 3.5.10. Gjennomsnittsinhold av nitrat og totalnitrogen i overflatevann, vinter 2001-02. Vertikale streker viser standardavvik. Horisontale streker viser grenseverdier for tilstandsklasser ifølge SFT veiledning 97:03.

Det gjennomsnittlige klorofyllinnholdet og siktedypet er vist i Figur 3.5.11. Sikten var generelt god og klorofyllnivået innefor beste tilstandsklasse. Dette viser at det ikke var uvanlig stor algebiomasse i Håsteinsfjord. I 1995 var det gjennomsnittlige siktedypet 7-10 m i juni-november. Klorofyll ble ikke målt i 1995.



Figur 3.5.11. Gjennomsnittlig innhold av klorofyll (blandprøve overflatevann 0-2 m) sommeren 2002 samt siktedyp. Tildelt SFT tilstandsklasse. Vertikale streker viser standardavvik. Horisontale streker viser grenseverdier for tilstandsklasser ifølge SFT veiledning 97:03.

3.5.2 Strandsone

Undersøkelsen i Håsteinsfjord er en oppfølging av basisundersøkelsen i 1989-1991 (Dragsund & Sivertsen 1992), og undersøkelsen i 1995 (Bokn *m.fl.* 1996). Årets undersøkelse har omfattet stasjonene G2, G3 og G4 (se Figur 3.5.1). I basisundersøkelsen og undersøkelsen i 1995 ble flere stasjoner undersøkt. Årets stasjoner var bestemt på forhånd av oppdragsgiver. Opprinnelig ble stasjonene i Håsteinsfjord valgt ut fra den eventuelle påvirkning kloakkutslippet i fjorden ville ha på alger og dyr i fjæresonen. Stasjon G2 og G4 ligger i nærheten av utslippet, mens Stasjon G3 ble valgt som referansestasjon. Alle stasjonene er sterkt utsatt for eksponering, men stasjonene varierer med hensyn til himmelretning og helningsvinkel (Dragsund & Sivertsen 1992). Dette medfører at artsdiversiteten kan bli noe lavere, men vil ha liten betydning for vurdering av miljøforhold på lokalitetene. Noen bilder fra stasjonene er vist i 3.5.12.

Stasjon G2

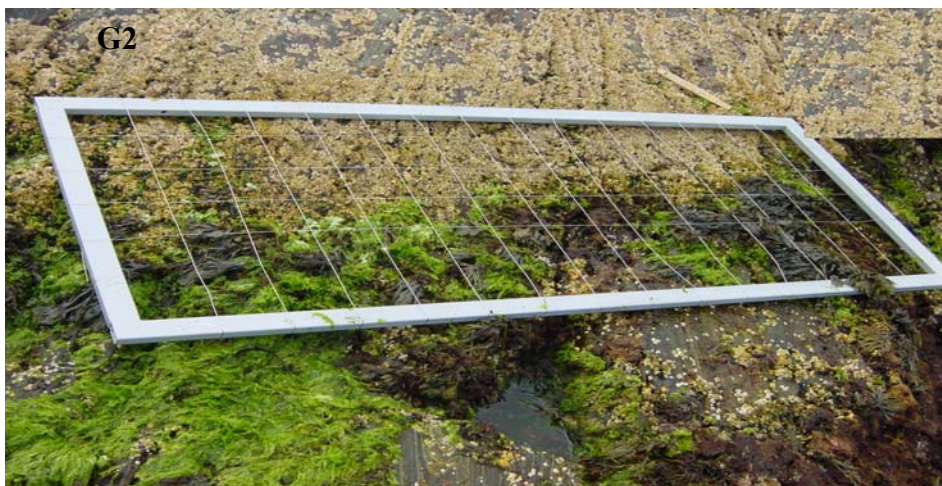
Stasjon G2 ved Alstein er plassert nærmest utslippet i fjorden slik at eventuelle påvirkninger i fjæresonen skal kunne oppdages. Blåskjell og rur dominerer på stasjon G2. I tillegg ble det funnet flere arter rødalger som i noen ruter var svært vanlige (busket havpyrd, rekeklo og pigget rekeklo), se Tabell 3.5.1. Dette samsvarer med resultatene fra 1995, hvor blåskjell og rur dominerte området, mens rødalgene dominerte algefloraen.

Stasjon G3

Stasjon G3 ble valgt som referansestasjon, da det ble ansett at eventuelle effekter av utslippet i fjorden ville være minimale på denne stasjonen. Blåskjell og rur er som på Stasjon G2 dominerende. Båetang som tilhører brunalgene dominerer blant algene, i tillegg er også flere rødalger vanlige (eks. busket havpyrd og vanlig rekeklo). Stasjon G3 hadde høyest antall arter i årets undersøkelse, det ble også funnet flest arter på denne stasjonen i 1995.

Stasjon G4

Stasjon G4 er plassert ved Tungenes, og er som Stasjon G2 plassert i nærheten av utslippspunktet. Det ble funnet færrest arter på Stasjon G4, men blåskjell og rur er som på de andre stasjonene dominerende.



Figur 3.5.12. Oversiktsbilder fra de undersøkte stasjonene i Håsteinsfjord i 2002.

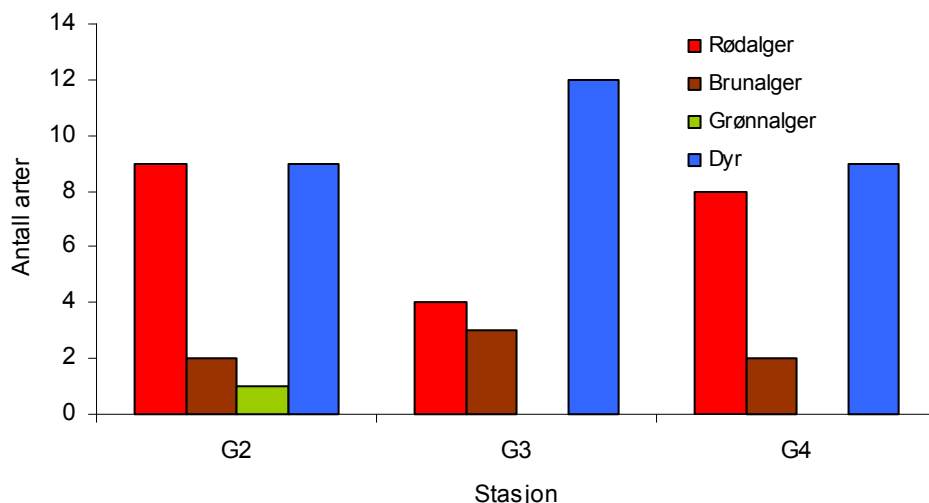
Tabell 3.5.1. Resultat fra kvantitative rammeundersøkelser i Håsteinsfjord i 2002. Resultatene er gitt som prosent dekningsgrad innen hver ramme på stasjonene G2, G3 og G4.

Norsk navn	Latinsk navn	G2	G3	G4
Rødalger				
Busket havpryd	<i>Aglaothamnion sepositum</i>	24	12	
Vanlig rekeklo	<i>Ceramium nodulosum</i>	10	9	
Pigget rekeklo	<i>Ceramium shuttleworthianum</i>	26	7	21
Krasing	<i>Corallina officinalis</i>	5		
Rødsleipe	<i>Nemalion helminthoides</i>		8	7
Dokke	<i>Polysiphonia spp.</i>	5		
Fjærehinne	<i>Porphyra spp.</i>	5		
Vanlig fjærehinne	<i>Porphyra umbilicalis</i>		17	8
Brunalger				
Butare	<i>Alaria esculenta</i>	5		
Båetang	<i>Fucus distichus</i>		19	5
Smalt brunbånd	<i>Petalonia zosterifolia</i>		1	
Grønnalger				
Stor grøndott	<i>Acrosiphonia acta</i>		8	1
Grøndusk	<i>Cladophora spp.</i>	14	5	10
Vanlig tarmgrønske	<i>Enteromorpha intestinalis</i>	27		
Grønske	<i>Enteromorpha sp.</i>		34	
Havsalat	<i>Ulva lactuta</i>		15	
	<i>Grønnalger indet.</i>	12		
Dyr				
Sjørøser	<i>Actinaria</i>	3		
Hydroider	<i>Hydroida indet</i>	50		
Purpurnegl	<i>Nucella lapillus</i>		1	
Albusnegl	<i>Patella vulgata</i>		1	2
Blåskjell	<i>Mytilus edulis</i>	37	16	25
Rur	<i>Balanus sp.</i>		18	
Fjærerur	<i>Semibalanus balanoides</i>	60	81	80

3.5.2.1 Tareskogsundersøkelser

På de tre stasjonene i Håsteinsfjord ble det også foretatt undersøkelser av tareskog med dykking. I undersøkelsen fra 1995 ble stilkene delt inn i størrelseskategoriene store, middels store og små. Kriteriene for denne inndelingen ble imidlertid ikke beskrevet. I denne undersøkelsen ble stilkene delt inn i kategoriene adulte (med ru stilk), og juvenile (med glatt stilk). Stortaren får en ru overflate på stilk og hapter ("rot" eller "festeorgan") ved 3-4 års alderen, og denne ru overflaten er spesielt godt egnet som substrat for fastsittende planter og dyr (Kain 1971). Som tidligere beskrevet var det ikke mulig å finne nøyaktig plassering for lokalitetene brukt i 1995. Dette betyr at stasjonene fra 1995 ikke er direkte sammenlignbare med de tilsvarende stasjonene brukt i denne undersøkelsen. Tareskog er dessuten et dynamisk økosystem, hvor naturlige variasjoner kan forekomme fra år til år og over korte avstander. Det kan derfor med bakgrunn i naturlig variasjon være vanskelig å sammenligne områdene fra 1995 til 2002.

Nedenfor beskrives resultatene fra hver av de tre stasjonene og resultatene fra tareskogsundersøkelsen er oppsummert i Figur 3.5.13 (Vedlegg 3 gir detaljerte artslistene fra undersøkelsen). For alle de tre stasjonene som ble undersøkt gjenspeiler artslistene en naturlig artssammensetning i stortareskog.



Figur 3.5.13. Oversikt over antall alger og dyr i dykkerundersøkelsene i Håsteinsfjord i 2002.

Stasjon G2

Antall tarestilker i hver rute var gjennomgående noe høyere i hver rute på denne undersøkelsen enn i 1995. Artssammensetning på stasjonen er tilsvarende som for undersøkelsene i 1995. I begge undersøkelsene var svampen *Halicondria panicea*, ulike hydroider, vanlig korstroll og skorpedannende rødalger dominerende på bunnen. Som epifytter på stortaren dominerte mosdyrene *Electra pilosa* og *Membranipora membranacea*, hydroiden *Obelia geniculata* (= *Laomedea flexuosa* i 1995 undersøkelsen), og rødalgene søl og dokke (*Polysiphonia* spp).

De største ulikhetene mellom undersøkelsen i 1995 er at blåskjell var langt vanligere i 1995 enn i vår undersøkelse, mens det motsatte var tilfelle for sjøroser. Variasjon mellom rutene ble observert både i 1995 og i årets undersøkelse, noe som sannsynligvis kan forklares med naturlig variasjon.

Stasjon G3

På denne stasjonen ble det funnet flest dyr og færrest rødalger. Også her er artssammensetningen tilsvarende undersøkelsen i 1995. På bunnen dominerte svampen *Halicondria panicea*, skorpeformede alger og sjøstjerner. Som epifytter på stortare var mosdyrene *Electra pilosa* og *Membranipora membranacea*, hydroidene *Dynamena pumila* og *Obelia geniculata* dominerende.

Stasjon G4

Her ble det totalt registrert 9 arter på bunn i tareskogen, og 15 arter som epifytter på tarestilken. Gjennomsnittlig vokste det 32 tareplanter pr. m², hvorav 3 juvenile. Som epifytter på tareskogen dominerte mosdyr og ulike arter rødalger. På bunn dominerte som på de andre stasjonene svampen *Halicondra panicea* foruten ulike arter sjøroser.

3.5.2.2 Semikvantitative strandsoneundersøkelser

I tillegg til de kvantitative ramme- og tareskogsundersøkelsene ble det også foretatt semikvantitative registreringer i Håsteinsfjord. Disse registreringene ble utført med tilsvarende metodikk som de andre undersøkte områdene. Resultatet er vist i Tabell 3.5.1, hvor alle registrerte arter er inkludert med prosent forekomst.

Resultatene fra de semikvantitative undersøkelsene er omtrent tilsvarende for alle de undersøkte stasjonene i Håsteinsfjord. Det ble ikke funnet særlige forskjeller i fauna og flora mellom stasjonene G2, G4 og referansestasjonen G3. Blåskjell dominerer blant dyrene på alle stasjonene, på Stasjon G2 er i tillegg rur blant de dominerende artene. Rødalger som vorteflik, søl og skorpeformede kalkalger, dominerer blant algene.

3.5.2.3 Oppsummering og konklusjon for undersøkelsene i Håsteinsfjord

Undersøkelsene i Håsteinsfjord viser en forventet sammensetning av alger og dyr for denne type område. I undersøkelsen er det vanlige og typiske arter som er funnet i de undersøkte sonene. Resultatene fra referansestasjonen G3 skiller seg ikke vesentlig fra stasjonene G2 og G4, og det er ikke mulig å påvise noen forurensning i dette området basert på de registreringer som ble utført.

3.5.3 Bunnprøver

Stasjonsopplysninger fra feltarbeidet er gitt i Tabell 3.5.2. Bunnprøvene i Håsteinsfjord ble tatt på stasjon HB 2, 3, 4, 8 og 9. På alle stasjoner ble det gjort bunndyrsanalyser og miljøgifter. I 1995 ble det tatt bunnprøver på de samme stedene (pluss noen til). Også i 1989-90 ble det tatt bunnprøver.

Sjøbunnen virket uforurenset og luktet ikke H₂S på noen av stasjonene. Sedimentet ble beskrevet som finkornet sand med grå-grønt (olivengrønt) farge. På HB 9 var det mer brunlig. Sedimentet var mest finkornet på de dypeste stasjonene. På HB 3 var det en del stein i bunnen, som gjorde at noen prøver måtte forkastes.

3.5.3.1 Sedimentkjemi og miljøgifter

Leire + silt innholdet varierte fra 2 % på HB 9 til 38 % på HB 2 (Tabell 3.5.3) og det var ingen steder sedimentet var meget finkornet og bløtt. På noen stasjoner ble det nå funnet et lavere leire-silt innhold enn i 1995, noe som kan skyldes litt forskjellige analysemetoder. På andre stasjoner var leire-siltinnholdet nokså likt. TOC og TN innholdet var som i 1995.

Generelt var innholdet av metaller på nivå med det som ble funnet i basisundersøkelsen og i 1995. Med de forskjeller en kan forvente å finne, tatt i betraktning at det er ulike tidspunkt, innsamlinger og analyseserier, er forskjellene mellom undersøkelsene små.

PCB ble funnet på de fleste stasjoner i 1995, men var nå under deteksjonsgrensen. I 1995 var det et til dels meget høyt innhold av PAH. Det ble funnet 1500-18000 µg/kg på HB 1-8 og 288 på HB 9, mens det høyeste innholdet i 2002 var 193. Det var et meget høyt innhold av de oljerelaterte PAHene (naftalener) i 1995 og bare litt høyere innhold av de tyngre komponentene enn i 2002. Det er lite sannsynlig at dette skyldes så stor

reell endring av innholdet i sedimentet, men det må i så fall ha vært en kilde til oljeforurensningen i 1995. Alternativt har det skjedd noe med prøvebehandling eller opparbeiding. I 1989 ble det funnet et variabelt innhold og det er ikke lett å trekke konklusjon om tidsutvikling, imidlertid ble det ikke funnet mye av de lette komponentene (naftalen osv.) i 1989 og det styrker påstanden om at det er 1995 som skiller seg ut.

Tabell 3.5.2. Stasjonsopplysninger, innsamlingsomfang og sedimentbeskrivelse på stasjonene i Håsteinsfjord i april 2002. Posisjonen er notert fra båtens GPS og dypene fra båtens ekkolodd. Full grabb tar 19 liter sediment. De tre første prøvene på hver stasjon ble kun brukt til prøvetakning til kjemiske analyser, de resterende til bunndyr.

Stasjon	Dyp (m)	Posisjon (N, Ø) WGS 84	Fyllingsgrad i grabb (liter)	Kommentarer	Prøve
HB 3 Håsteinsfjord vest av Tungenes	137	59°02,417' N 04°32,575' Ø	1. hugg, 2*	Grå-grønt sediment.	Kornstørrelse, metaller, TOC/TN, PAH og PCB Prøve Id-nr 02117, 1-3 Bunnfauna prøve Id 02118, 1-4
			2. hugg, 12	Nokså finkornet. En	
			3. hugg, 10	god del dyr. * Lite	
			4. hugg, 4	sediment i prøven!	
			5. hugg, 5**	** Grabben litt åpen.	
			6. hugg, 9	2 hugg forkastet pga	
			7. hugg, 8**	stein i grabben	
HB 4 Håsteinsfjord, sør- vest for Alstein	165	59°00,800' N 05°32,430' Ø	1. hugg, 19	Grå-grønn finkornet	Kornstørrelse, metaller, TOC/TN, PAH og PCB Prøve Id-nr 02117, 22-24 Bunnfauna prøve Id 02118, 29-32
			2. hugg, 19	sand med litt småstein.	
			3. hugg, 19	En del dyr, bl.a.	
			4. hugg, 19	<i>Owenia</i> rør.	
			5. hugg, 18		
			6. hugg, 19		
			7. hugg, 19		
HB 8 Håsteinsfjord Langt vest ut mot Håboen	157	59°00,300' N 05°26,640' Ø	1. hugg, 19	Grå-grønn finkornet	Kornstørrelse, metaller, TOC/TN, PAH og PCB Prøve Id-nr 02117, 25-27 Bunnfauna prøve Id 02118, 33-36
			2. hugg, 19	sand. Noen	
			3. hugg, 19	slangestjerner.	
			4. hugg, 19		
			5. hugg, 19		
			6. hugg, 19		
			7. hugg, 19		
HB 9 Håsteinsfjord Like ved land utenfor Vistvik	28	58°59,890' N 05°33,300' Ø	1. hugg, 9	Brunlig finkornet	Kornstørrelse, metaller, TOC/TN, PAH og PCB Prøve Id-nr 02117, 28-30 Bunnfauna prøve Id 02118, 37-40
			2. hugg, 8	sand. Litt skjellrester.	
			3. hugg, 9	En del dyr.	
			4. hugg, 10		
			5. hugg, 8		
			6. hugg, 10		
			7. hugg, 11		
HB 2 Håsteinsfjord Langt nord	280	59°04,080' N 05°33,290' Ø	1. hugg, 19	Oliven grå-grønt	Kornstørrelse, metaller, TOC/TN, PAH og PCB Prøve Id-nr 02117, 43-45 Bunnfauna prøve Id 02118, 49-52
			2. hugg, 19	finkornet sediment.	
			3. hugg, 19	Litt skjellrester.	
			4. hugg, 19	Grabbene helt fulle til	
			5. hugg, 19	lokket. <i>Calocaris</i> +	
			6. hugg, 19	andre dyr. Stasjonen	
			7. hugg, 19	flyttet litt i forhold til i -95.	

Tabell 3.5.3. Resultater fra analyse av sedimentprøver tatt i april 2002. Gjennomsnitt av tre prøver og standardavvik. Totalt organisk nitrogen (TN) og karbon (TOC). Forholdstall mellom karbon og nitrogen (C:N). Prosent innhold av leire og silt. Beregnet TOC verdi ut fra innhold av leire og silt. Organisk innhold målt som glødetap. Metaller (mg/kg) og organiske miljøgifter (µg/kg). Tildelt SFT tilstand. Tilstand I tilsvarer *ubetydelig – lite forurenset*, Tilstand II tilsvarer *moderat forurenset*, og III markert *forurenset* osv.

Parameter	HB 2	HB 2	HB 2	HB 3	HB 3	HB 3	HB	HB 4	HB 4
	Snitt	SD	SFT tilstand	Snitt	SD	SFT tilstand	Snitt	SD	SFT tilstand
TN (mg/kg)	1,50	0,36	-	1,40	*	-	1,60	0,40	-
TOC (mg/kg)	9,53	0,87	-	5,63	0,51	-	10,97	1,14	-
C:N	6,36	-	-	4,02	-	-	6,85	-	-
% leire + silt	26,90	18,91	-	38,30	18,95	-	17,50	3,29	-
TOC-63 (mg/kg)	23	2,56	God	17	4,12	Meget god	26	0,59	God
Glødetap (%)	4,50	0,56	-	2,70	0,00	-	6,17	0,15	-
Arsen (mg/kg)	3,9	0,5	I	5,4	1,0	I	4,7	0,3	I
Bly (mg/kg)	18,9	4,5	I	13,9	1,7	I	22,7	2,8	I
Kadmium (mg/kg)	0,1	0,0	I	0,0	0,0	I	0,1	0,0	I
Kobber (mg/kg)	8,1	2,0	I	3,9	0,4	I	8,3	0,8	I
Krom (mg/kg)	15,7	3,1	I	10,5	1,4	I	14,2	1,4	I
Kvikksølv (mg/kg)	<0,015	-	I	<0,015	-	I	<0,015	-	I
Nikkel (mg/kg)	14,8	2,6	I	9,2	1,4	I	18,4	0,9	I
Sink (mg/kg)	39,5	7,8	I	30,5	2,5	I	39,7	5,1	I
Sølv (mg/kg)	0,1	0,0	I	0,2	0,2	I	0,1	0,0	I
Sum PAH (µg/kg)	193	35	I	140	130	I	160	30	I
B(a)P (µg/kg)	14	3	II	9	8	I	11	3	II
Sum PCB ₇ (µg/kg)	i.p.	i.p.	I	i.p.	i.p.	I	i.p.	i.p.	I

i.p. = ikke påvist * to prøver analyser på stasjonen, en var under deteksjonsgrensen.

Parameter	HB 8	HB 8	HB 8	HB 9	HB 9	HB 9
	Snitt	SD	SFT tilstand	Snitt	SD	SFT tilstand
TN (mg/kg)	1,70	0,00	-	-	0,00	-
TOC (mg/kg)	12,80	0,40	-	2,73	0,25	-
C:N	7,53	-	-	-	-	-
% leire + silt	33,87	15,46	-	1,97	0,46	-
TOC-63 (mg/kg)	25	2,39	God	20	0,32	God
Glødetap (%)	6,57	0,50	-	0,80	0,00	-
Arsen (mg/kg)	3,9	0,5	I	2,7	0,7	I
Bly (mg/kg)	24,4	1,1	I	4,9	0,1	I
Kadmium (mg/kg)	0,1	0,0	I	0,0	0,0	I
Kobber (mg/kg)	9,1	1,0	I	1,6	0,8	I
Krom (mg/kg)	16,8	0,6	I	3,6	1,2	I
Kvikksølv (mg/kg)	<0,015	-	I	<0,015	-	I
Nikkel (mg/kg)	17,1	1,0	I	3,9	1,4	I
Sink (mg/kg)	41,7	3,6	I	13,7	5,4	I
Sølv (mg/kg)	0,1	0,0	I	0,0	0,0	I
Sum PAH (µg/kg)	163	21	I	i.p.	-	I
B(a)P (µg/kg)	11	1	II	i.p.	i.p.	I
Sum PCB ₇ (µg/kg)	i.p.	i.p.	I	i.p.	i.p.	I

i.p. = ikke påvist

3.5.3.2 Bunn dyr

Det var en artsrik fauna med høy diversitet på alle stasjonene og de tildeles beste eller nest beste tilstand (Tabell 3.5.4). Resultatene viser at det ikke er problem med oksygeninnholdet i bunnvannet på noen av stasjonene. På flere av stasjonene var det finkornet sand og noe stein i bunnen og det gjør også sitt til at bunnforholdene er gunstige for mange arter. Artssammensetningen tyder ikke på at det er noen effekt av utslippet fra SNJ på bunnfaunaen. Som vanlig i bunndyrsprøver var det børstemarker som var de mest tallrike artene (Tabell 3.5.5) og det var få individer av arter som tyder på organisk belastning.

I 1989 ble det funnet fra 41 arter (HB 8) til 92 arter på HB 3 (5*0,1 m² grabb). Individantallet varierte fra 376 til 825. I 1995 var artsantallet høyest på HB 5 med 153 arter og lavest på HB 1 med 75 (også i fem grabbprøver pr stasjon). Generelt har diversiteten vært høy på alle stasjonene i begge de tidligere undersøkelsene. I 1995 ble det kommentert at individantallet hadde økt med 2-6 ganger fra 1989, og spesielt for enkelte arter. Økt individantall kunne tyde på økt organisk tilførsel, som er føde for dyrene i bunnen. Men individøkningen var generell for mange steder gjennom hele undersøkelsen og dermed er det usikkert om flere bunndyrsindivider skyldes økt organisk tilførsel. I prøvene fra april 2002 var individantallet og artsantallet i en mellomstilling sammenlignet med de foregående undersøkelsene (Figur 3.5.14). Trolig er dette forskjeller som kan forklares ut fra naturlige endringer og ikke forurensning. I tillegg vil stasjonsplassering og andre faktorer med prøveinnsamling og -opparbeiding påvirke resultatene.

Tabell 3.5.4. Antall arter, individ (pr stasjon 0,4 m² og pr m²), Shannon-Wiener indeks, jevnhetsindeks og Hurlbert (ESn=100). Resultater på "huggnivå" er gitt i vedleggene. Tilstandsklasse er gitt i henhold til SFTs grenseverdier (Molvær *m. fl.* 1997), basert på Shannon-Wiener indeks. Noen prøver kan tildeles ulike tilstandsklasser som følge av de to diversitetsberegningene.

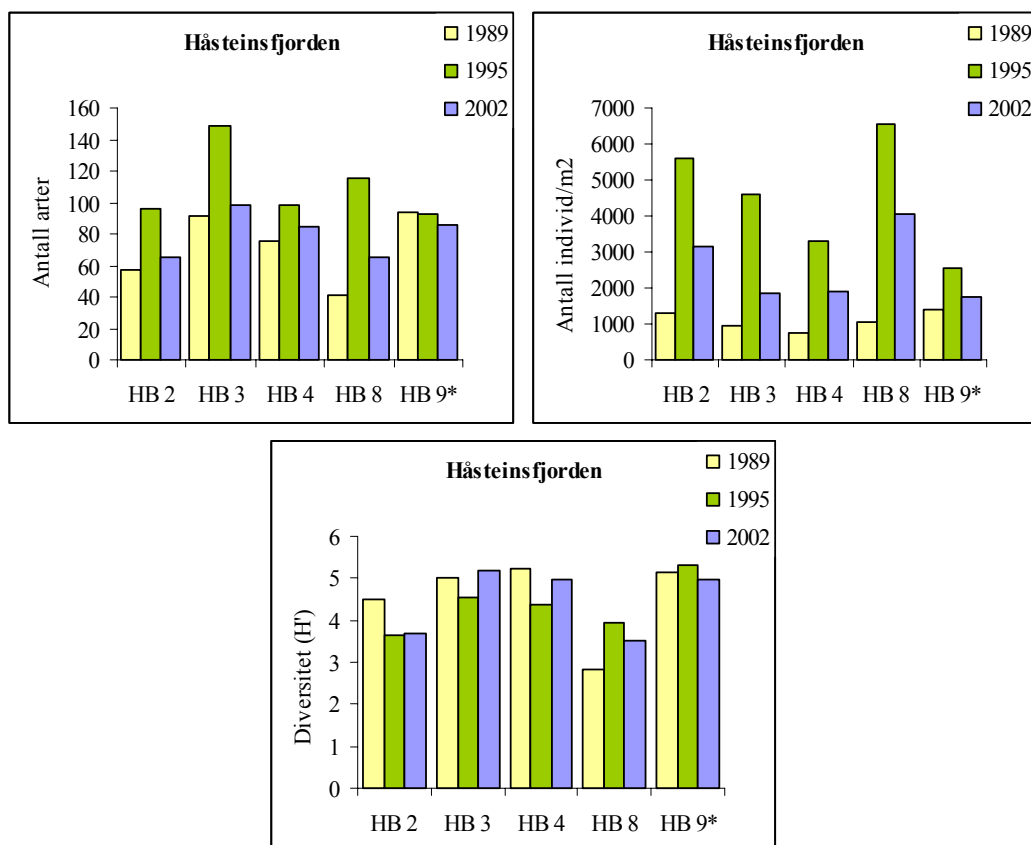
Stasjon	Antall arter	Antall individ pr. stasjon	Antall individ pr m ²	Jevnhets indeks	Hurlbert	Shannon-Wiener indeks	SFT tilstand
HB 2-sum	65	1269	3173	0,61	22,1	3,68	<i>God</i>
HB 3-sum	98	734	1835	0,78	39,9	5,19	<i>Meget god</i>
HB 4-sum	85	759	1898	0,77	36,1	4,97	<i>Meget god</i>
HB 8-sum	65	1618	4045	0,59	22,7	3,54	<i>God</i>
HB 9-sum	86	704	1760	0,77	35,4	4,96	<i>Meget god</i>

Tabell 3.5.5. Oversikt over de mest tallrike artene (taxa) på hver stasjon i april 2002. Antall individer og % av totalt antall individer i prøven. Tallene baserer seg på sum av fire replikate prøver (4*0,1 m²).

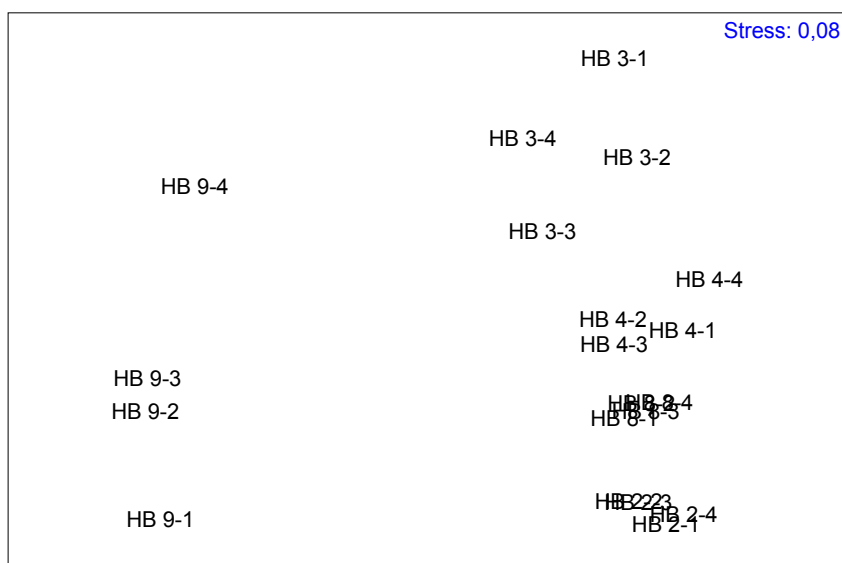
Art - stasjon HB 2	Antall	% av total	Art – stasjon HB 3	Antall	% av total
<i>Mediomastus fragilis</i>	482	38,0	<i>Melinna cristata</i>	135	18,4
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	111	8,7	<i>Myriochele oculata</i>	56	7,6
<i>Nemertini indet</i>	93	7,3	<i>Sabellides octocirrata</i>	49	6,7
<i>Abra nitida</i>	91	7,2	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	47	6,4
<i>Chaetozone setosa</i>	79	6,2	<i>Spiophanes bombyx</i>	41	5,6

Art - stasjon HB4	Antall	% av total	Art – stasjon HB 8	Antall	% av total
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	126	16,6	<i>Mediomastus fragilis</i>	607	37,5
<i>Mediomastus fragilis</i>	101	13,3	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	323	20,0
<i>Spiophanes bombyx</i>	41	5,4	<i>Tharyx spp</i>	107	6,6
<i>Spiophanes krøyeri</i>	41	5,4	<i>Myriochele oculata</i>	73	4,5
<i>Tharyx spp</i>	35	4,6	<i>Nemertini indet</i>	68	4,2

Art - stasjon HB 9	Antall	% av total
<i>Myriochele oculata</i>	110	15,6
<i>Scoloplos armiger</i>	83	11,8
<i>Edwardsiidae indet</i>	48	6,8
<i>Urothoe elegans</i>	46	6,5
<i>Paradoneis eliasoni</i>	33	4,7

**Figur 3.5.14.** Antall arter og individer, samt diversitet på stasjoner i Håsteinsfjord, 1989, 1995 og 2002. * Stasjonsplasseringen har variert på HB 9.

En multivariat analyse viste at bunndyrssamfunnet på HB 9 skilte seg mest ut fra de andre prøvene (Figur 3.5.15). Prøvene fra HB 9 var også mest ulike hverandre i forhold til variasjonen innen de andre stasjonene. HB 9 ligger nokså nær land, var 28 m dyp og hadde et sandholdig sediment med skjellsand. Variasjonen mellom replikatene på stasjonen viser at bunndyrene er flekkvis fordelt på bunnen, noe som er vanlig å finne i marine bløtbunnsprøver. Det er gjerne mest variasjon i grunnere områder hvor det er grovkornet sediment i forhold til i dype og finkornete områder. Også på HB 3 var det en del forskjell mellom replikatene der prøvene ligger mer samlet på de andre og dypere stasjonene.



Figur 3.5.15. Et MDS plott over hver bunndyrsprøve i Håsteinsfjord. Prøver som er lik hverandre er plassert nært hverandre i plottet. Det siste tallet i prøvebenevnelsen angir grabbprøve nr.

3.5.4 Oppsummering: Håsteinsfjord

Håsteinsfjord mottar utslippet fra SNJ og er dermed hovedmottaker for avløpsvann fra Stavangerhalvøya. Utslippet kommer ut på 80 m dyp ca 1,6 km fra land. Det meste av Håsteinsfjord er 100-300 m dyp, men i sør er det en del grunne områder. Fjorden ble valgt ut som resipient etter flere forundersøkelser rundt 1990. I Håsteinsfjord vil vannet et stykke fra land være preget av kystvannet som går nordover langs kysten. Kystvannet er en blanding av vann fra Kattegat og Nordsjøen som flytter seg langs Skagerrak kysten, rundt Lindesnes og nordover langs Vestlandet. Vannkvaliteten vil variere med hensyn til hydrografiske og kjemiske forhold i henhold til påvirkning av de ulike vannmassene, tilførsel fra land, og meteorologiske forhold. Typisk transporttid for kystvannet langs Vestlandskysten er 2-3 uker og vannet har en strømhastighet nordover på 15-20 cm/s (SFT 1997, Källqvist *m.fl.* 2002).

Håsteinsfjord hadde gode miljøforhold i 2001-02. Oksygeninnholdet var høyt i bunnvannet og næringssaltinnholdet var stort sett innenfor beste tilstandsklasse. Bortsett i fra for nitrat var næringssaltinnholdet var høyere enn i 1995, samtidig var nitrat- og fosfatinnholdet lavere enn den som ble målt i 1989-90. Vannet bar ikke preg av å være

påvirket av lokale tilførsler, men var mer typisk for kystvann langs Vestlandet. Miljøgiftinnholdet i sedimentet var lavt og for de fleste målingene tilsvarte det beste SFT tilstandsklasse.

Strandsoneundersøkelsene i Håsteinsfjord viser en forventet sammensetning av alger og dyr for denne type område. I undersøkelsen er det vanlige og typiske arter som er funnet i de undersøkte sonene. Resultatene fra referansestasjonen G3 skiller seg ikke vesentlig fra stasjonene nærmere utslippspunktet fra SNJ, og det er ikke mulig å påvise noen forurensning i dette området basert på de registreringer som ble utført.

Det var en artsrik bunnfauna med høy diversitet på alle stasjonene og de ble tildelt beste eller nest beste SFT tilstand. Artssammensetningen tyder ikke på at det var noen effekt av utslippet fra SNJ på bunnfaunaen.

Det ble ikke funnet vesentlige endringer i miljøforholdene i forhold til tidligere undersøkelser. De observerte endringene var stort sett små og kan forklares med andre årsaker enn at de skyldes lokale kilder.

I neste prøveserie bør næringssalter inkluderes på HB 8 siden denne stasjonen ligger lengst fra land (mest upåvirket av tilførsler fra land). Siden HB 4 og S3 ligger svært nær hverandre, er det ikke nødvendig med vannprøver fra begge stasjoner. S3 kan utgå fra undersøkelsen og næringssalter tas i stedet på HB 4.

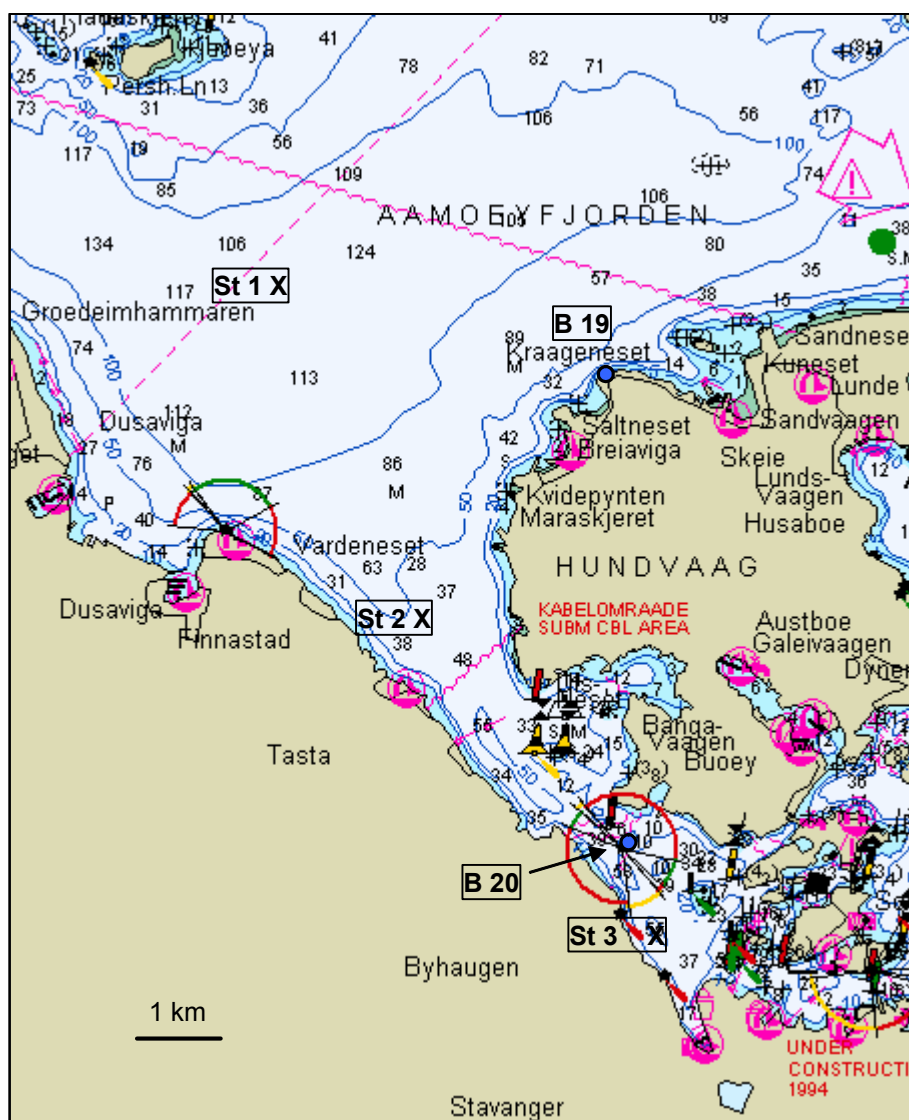
3.6 Åmøyfjord, Tasta og Bjergsted

Dette undersøkelsesområdet dekker innseilingsleden til Stavanger. Lengst ute er det ca 130 m dypt og bunnen skrår oppover mot 40-50 m innover mot området utenfor Tasta og Bjergsted. Det er ingen markerte terskler mellom Åmøyfjord (kalles også Byfjord) og Boknafjord og det sikrer bra vannutskiftning. I store deler av Åmøyfjord er det over 100 m dyp og det er forholdsvis jevn bunn. Sundene mellom Hundvåg og Stavanger er meget viktige for tilstrekkelig utskiftning og bevegelse av overflatevannet innover mot Stavanger. Tre stasjoner er undersøkt (Figur 3.6.1). Stasjon 1 er på et sted med 130 m vanddyb i Åmøyfjord, Stasjon 2 ligger i et dyp-parti utenfor Tasta og stasjon 3 ligger i området med maksimaldybet utenfor Bjergsted. I 1995 ble vanddybet oppgitt til 42 m på St 3 og det er tvilsomt om stasjonsplasseringen har vært den samme i de to undersøkelsene. Tidligere var undersøkelsesområdene mottakere av betydelige mengder avløpsvann, særlig innover mot sentrum. Det meste er nå overført til SNJ. I det samme området og periode har Stavanger kommune gjennomført en tilsvarende innsamling av vannprøver på mange flere stasjoner. De rapporteres hovedsakelig i en egen rapport.

Stasjonene er i varierende grad undersøkt tidligere (se Myhrvold *m.fl.* 1997). St 1 i Åmøyfjord inngår i et prosjekt ”Langtidsovervåking av marine resipienter i Rogaland” som rapporteres av RF. I 1995 ble hovedsakelig St 1 og til dels St 3 inkludert. Bortsett fra Stasjon 1 er vannkvaliteten ikke undersøkt siden noen få målinger på 1980-tallet. I havneområdet rundt Stavanger er det gjort mange undersøkelser av miljøgifter (se Moen 2001, Gjerstad *m.fl.* 2001 og Ness *m.fl.* 2003). Det er funnet betydelige mengder av ulike miljøgifter og utgitt kostholdsråd for skjell og fiskelever fra deler av området.

3.6.1 Hydrografi og vannkjemi

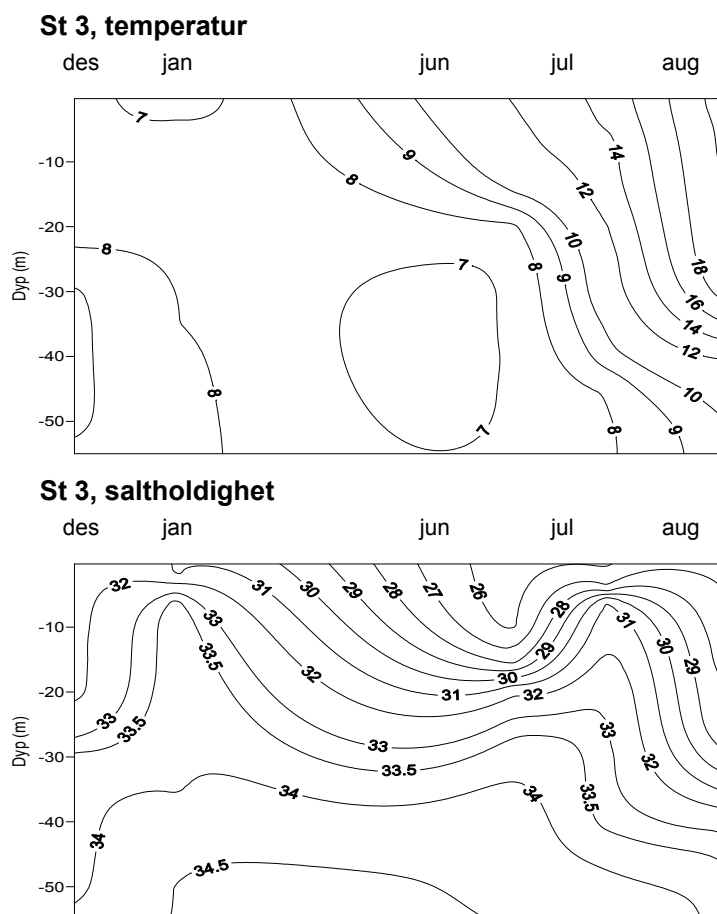
På stasjon 2 og 3 er næringssalter og oksygeninnhold i bunnvann undersøkt. På stasjon 1 er resultater fra en stasjon ved Storholmen sør for Åmøy (nr 210 se rapport til Stavanger kommune) brukt for sommerverdier (og vinter i tillegg) av næringssalt, samt resultater fra ”langtidsovervåkingen av marine resipienter” for sommeren 2001 og vinteren 2001-02 når det gjelder oksygeninnhold i bunnvann.



Figur 3.6.1. Kart over Byfjord med prøvestasjonene 1, 2 og 3 samt B 19 og B 20 inntegnet. X markerer prøvested.

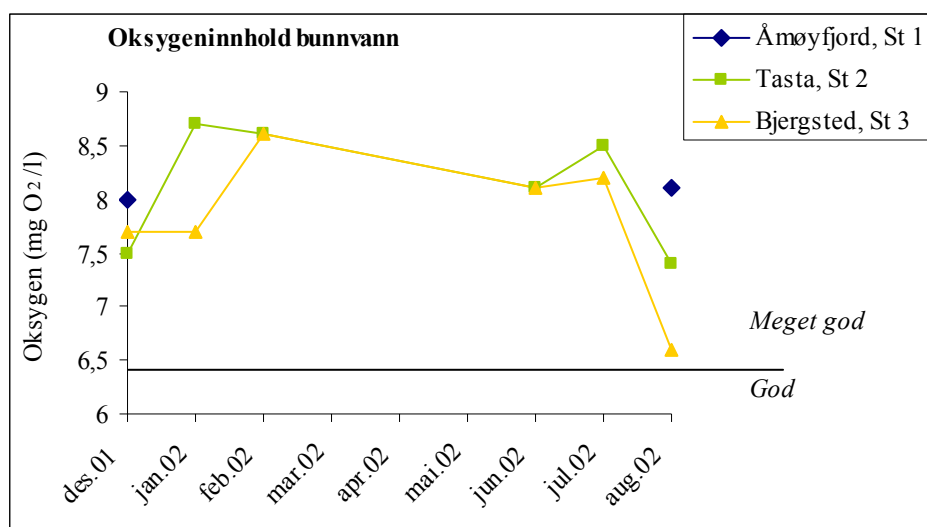
3.6.1.1 Temperatur, saltholdighet, oksygeninnhold

Ved Bjergsted (St 3) viser hydrografidataene at bunnvannet endrer karakter i måleperioden (Figur 3.6.2). Det betyr at det skjer vannutveksling med omkringliggende vannmasser. Generelt er temperaturen nokså jevn i ulike dyp, men om sommeren er det tydelig at oppvarmingen fra solen har størst innflytelse nærmest overflaten. Bunnvannet er 7 °C de meste av tiden, men stiger til 9-10 °C i slutten av måleserien.



Figur 3.6.2. Temperatur og saltholdighet fra CTD-data. Det er gjort målinger ved hver avmerket måned. Start i desember 2001 og slutt i august 2002 (februar mangler).

Alle stasjonene i dette området hadde gode oksygenforhold i bunnvannet (Figur 3.6.3) og alle prøvene tilsvarte SFT tilstand *meget god*. Dette viser at det er tilfredsstillende vannutskiftning i disse områdene. I Åmøyfjord ble det i 1995 funnet noen få meget lave verdier av oksygeninnhold i bunnvannet. Det er senere ikke funnet slike lave verdier (Tvedten 2001 og 2003) og det kan konkluderes med at oksygenforholdene er gode.

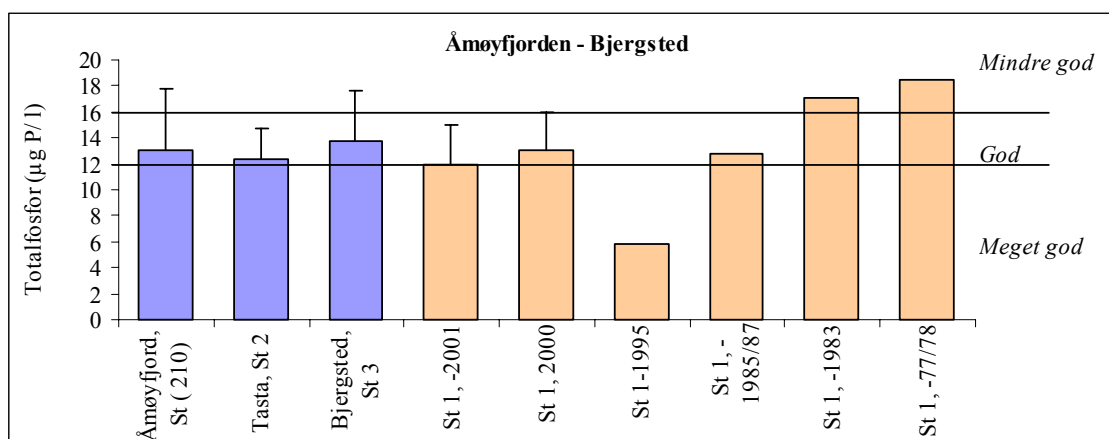


Figur 3.6.3. Oksygeninnhold i bunnvann på St 1, 2 og 3. For St 1 er det vist gjennomsnittsverdier for sommeren 2001 og vinteren 2001-02 (Tvedten 2003). Horisontal strek og tekst i kursiv markerer skille for ulike SFT tilstand. Merk at skal på y-akse begynner på 6.

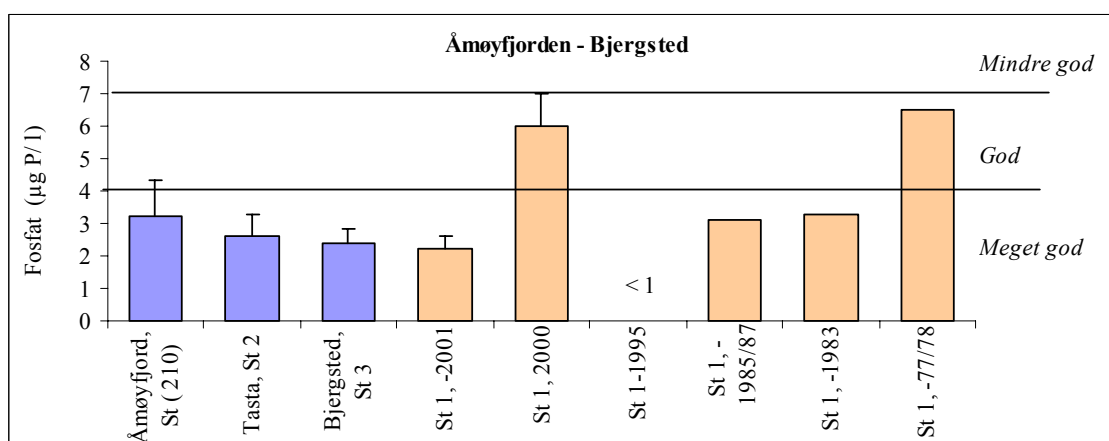
3.6.1.2 Næringsalter, klorofyll og siktedyp

Innholdet av næringsalter er vist i Figur 3.6.4 – 9, sammen med noen tall fra tidligere undersøkelser der det var greit å sammenligne resultatene. Figurene skiller mellom resultater fra sommeren og vinteren, siden det er ulike SFT grenseverdier for årstidene. Resultatene fra tidligere undersøkelser er hentet fra Bokn *m.fl.* (1996) og Tvedten (2001). Vannkvaliteten i 2001-02 tildeles stort sett tilstand *meget god* og *god*. Om sommeren 2002 var det høyere næringssaltinnhold enn i 1995, men det var lavere enn på slutten av 70-tallet og begynnelsen av 80-årene. Mellom stasjonene var det små forskjeller, men St 3 har noe høyere innhold enn de to andre stasjonene. Det er trolig en effekt av lokale kilder til Vågen og Bjergsted området.

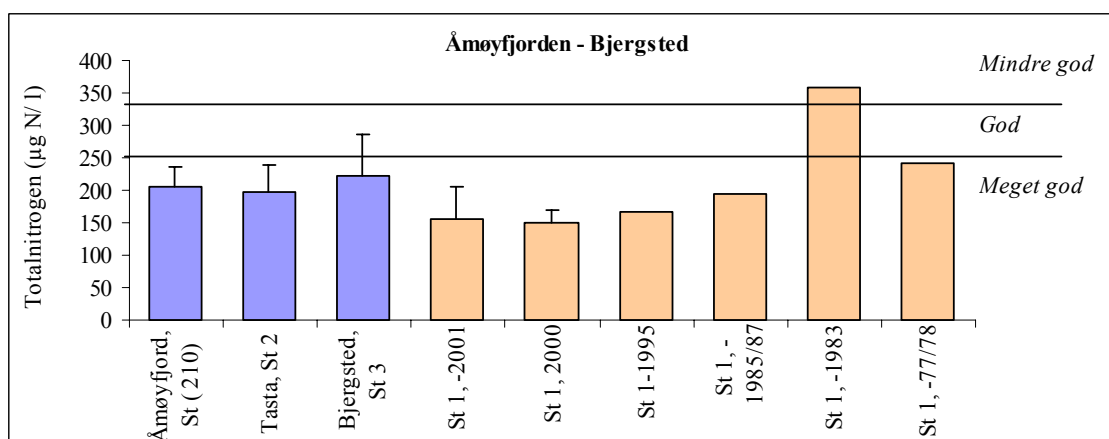
Forholdet mellom innholdet av nitrogen og fosfor (Tot. N og Tot. P om sommeren) var 15-16 i 2002 mens det var 29 på St 1 i 1995. Resultatene tyder på at det er fosforinnholdet som begrenser algeveksten i begge periodene, men at det var minst begrensende i 2002.



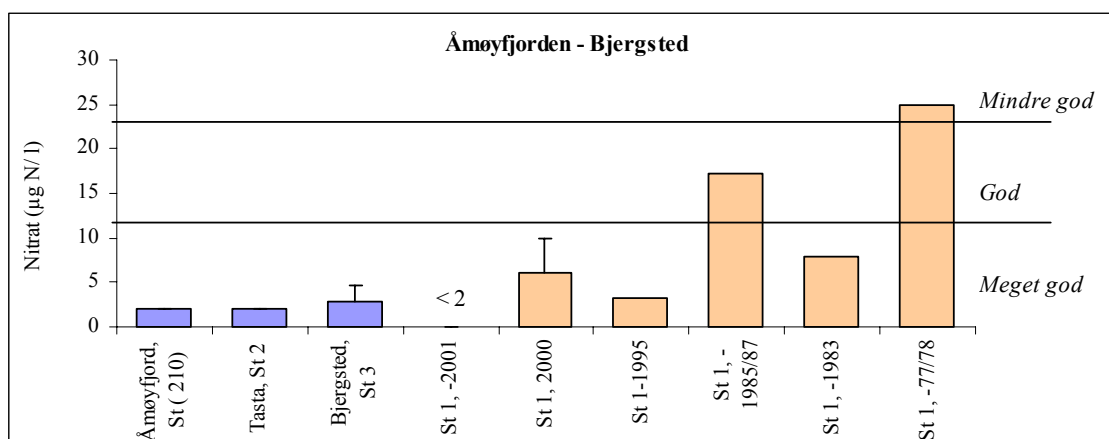
Figur 3.6.4. Gjennomsnittsinhold av totalfosfor i overflatevann, sommer. De blå søylene viser resultater fra denne undersøkelsen. Vertikale streker viser standardavvik. Horisontale streker viser grenseverdier for tilstandsklasser ifølge SFT veiledning 97:03.



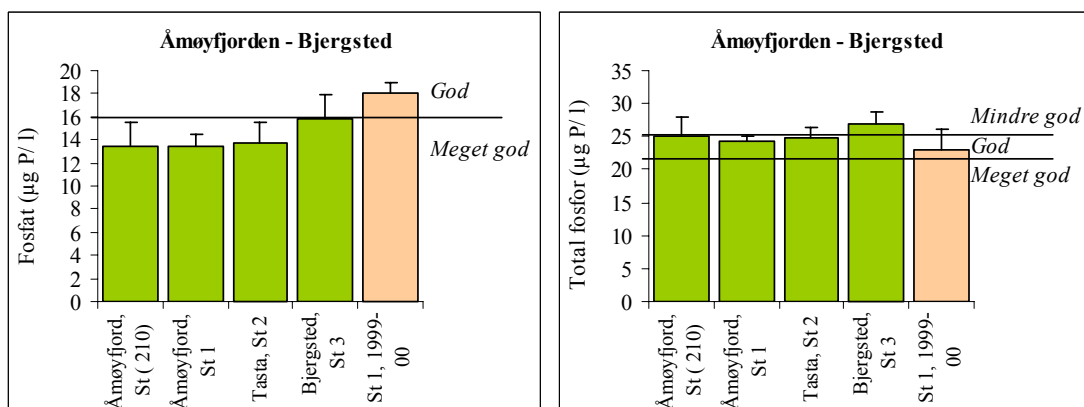
Figur 3.6.5. Gjennomsnittsinhold av fosfat i overflatevann, sommer. De blå søylene viser resultater fra denne undersøkelsen. Vertikale streker viser standardavvik. Horisontale streker viser grenseverdier for tilstandsklasser ifølge SFT veiledning 97:03.



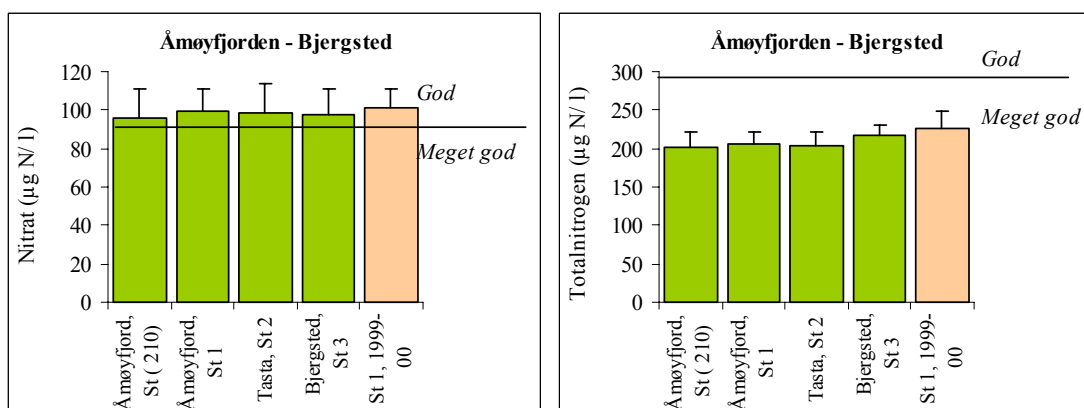
Figur 3.6.6. Gjennomsnittsinhold av totalnitrogen i overflatevann, sommer. De blå søylene viser resultater fra denne undersøkelsen. Vertikale streker viser standardavvik. Horisontale streker viser grenseverdier for tilstandsklasser ifølge SFT veiledning 97:03.



Figur 3.6.7. Gjennomsnittsinhold av nitrat i overflatevann, sommer. De blå søylene viser resultater fra denne undersøkelsen. Vertikale streker viser standardavvik. Horisontale streker viser grenseverdier for tilstandsklasser ifølge SFT veiledning 97:03.

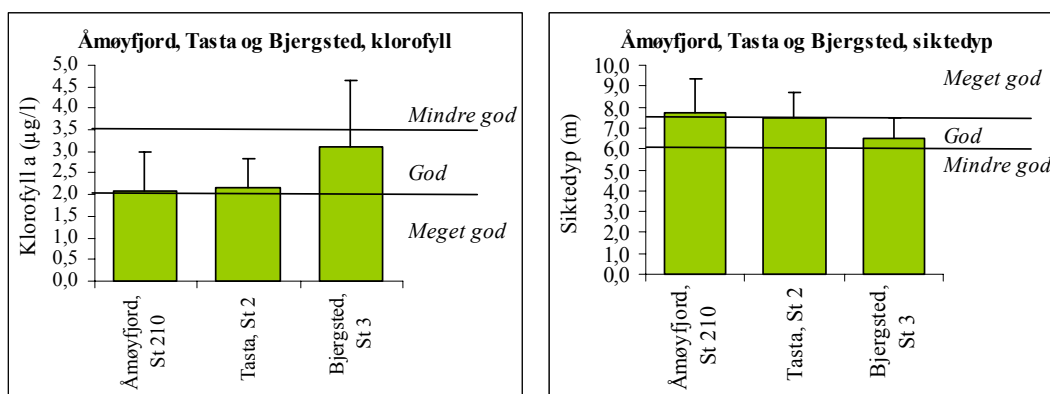


Figur 3.6.8. Gjennomsnittsinhold av fosfat og totalfosfor i overflatevann, vinter 2001-02 og St 1 vinter 1999-2000. Vertikale streker viser standardavvik. Horisontale streker viser grenseverdier for tilstandsklasser ifølge SFT veiledning 97:03.



Figur 3.6.9. Gjennomsnittsinhold av nitrat og totalnitrogen i overflatevann, vinter 2001-02 og St 1 vinter 1999-2000. Vertikale streker viser standardavvik. Horisontale streker viser grenseverdier for tilstandsklasser ifølge SFT veiledning 97:03.

Det gjennomsnittlige klorofyllinnholdet og siktedypet er vist i Figur 3.6.10. Sikten var generelt god og klorofyllnivået tilsvarte tilstand *god* og *meget god* i Åmøyfjord og ved Tasta og *god* ved Bjergsted. Det var tydelig mer alger og dårligere sikt ved Bjergsted, noe som trolig var en effekt av høyere næringssaltinnhold.



Figur 3.6.10. Gjennomsnittlig innhold av klorofyll (blandprøve overflatevann 0-2 m) sommeren 2002 samt siktedyp. Tildelt SFT tilstandsklasse. Vertikale streker viser standardavvik. Horisontale streker viser grenseverdier for tilstandsklasser ifølge SFT veiledning 97:03.

3.6.2 Strandsone

I Byfjord ble to stasjoner undersøkt (B19 og B20, kart i Figur 3.6.1), stasjonene har tidligere vært undersøkt i 1985, 1986, 1987 og 1995. På grunn av en misforståelse hos RF ble ikke B 17 på Åmøy undersøkt. Tabell 3.6.1 viser oversikt over registrerte alger og dyr på de to stasjonene og Figur 3.6.11 viser oversiktsbilder.

Stasjon B19 ligger på Hundvåg, og i årets undersøkelse domineres floraen av brun- og rødalger. Fingertare og stortare er de dominerende brunalgene, mens vanlig rekeklo, krasing og skorpeformede rødalger dominerer blant rødalgene.

Stasjon B20 på Tjuvholmen har en relativt lik artssammensetning som B19. Artssammensetningen tyder på at begge stasjonene har en god vannbevegelse og gode oksygenforhold. Begge stasjonene er dominert av store flerårige brunalger, og innslaget av ettårige opportunistiske arter ser ut til å være normalt for årstiden. Ved sammenlikning med undersøkelsen i 1995 kan miljøforholdene i overflatevannet på disse stasjonene betraktes som normalt gode og stabile.



Figur 3.6.11. Oversiktsbilder over undersøkte stasjoner i Byfjord i 2002. B19 på Kråkenes (Hundvåg) og B 20 på Tjuvholmen.

Tabell 3.6.1. Forekomst av alger og dyr i de semikvantitative strandsoneundersøkelsene i Byfjord i 2002. Registreringene er gjort ved å bruke mengdemessige graderinger, hvor 1, 2 og 3 henholdsvis betyr sjelden, vanlig og dominerende.

Norsk navn	Latinsk navn	B19	B20
Rødalger			
Rødlo	<i>Bonnemaisonia hamifera</i> (2n)		2
Vanlig rekeklo	<i>Ceramium nodulosum</i>	3	3
Krasing	<i>Corallina officinalis</i>	3	3
Skorpeformede kalkalger	<i>Crustose indet.</i>	3	3
Vorteflik	<i>Mastocarpus stellatus</i>		2
Smalving	<i>Membranoptera alata</i>		1
Rødsleipe	<i>Nemalion helminthoides</i>	1	2
Søl	<i>Palmaria palmata</i>	2	3
Eikeving	<i>Phycodrys rubens</i>	2	
Dokke	<i>Polysiphonia spp</i>	3	2
Vanlig fjærehinne	<i>Porphyra umbilicalis</i>	3	
Brunalger			
Strandtagl	<i>Chordaria flagelliformis</i>	3	1
Tabell fortsettelse			
Østerstyv	<i>Colpomenia peregrina</i>		1
Tvebendel	<i>Dictyota dichotoma</i>	1	1
	<i>Ectocarpus spp/Pilayella littoralis</i>	3	
Sli		3	
Sagtang	<i>Fucus serratus</i>	3	3
Spiraltang	<i>Fucus spiralis</i>	3	
Blæretang	<i>Fucus vesiculosus</i>	2	3
Fingertare	<i>Laminaria digitata</i>	3	3
Stortare	<i>Laminaria hyperborea</i>	3	
Japansk drivtang	<i>Sargassum muticum</i>		1
Grønnlager			
Stor grøndott	<i>Acrosiphonia acta</i>	2	1
Laksesnøre	<i>Chaetomorpha melagonium</i>		2
Vanlig grønn dusk	<i>Cladophora rupestris</i>	2	3
Grønn dusk	<i>Cladophora spp.</i>	2	
Vanlig tarmgrønske	<i>Enteromorpha intestinalis</i>	3	
Grønske	<i>Enteromorpha sp</i>		2
Havsalat	<i>Ulva lactuca</i>	2	
Dyr			
Sjøroser	<i>Actinaria</i>		1
Mosdyr på fjell	<i>Bryozoa indet</i>	3	
Tanghydroide	<i>Dynamena pumila</i>	2	
Brødsvamp	<i>Halichondria panicea</i>	1	3
Mosdyr på tare	<i>Membranipora/Electra</i>		3
Blåskjell	<i>Mytilus edulis</i>	2	
Bjellehydroide	<i>Obelia geniculata</i>		2
Albusnegl	<i>Patella vulgata</i>	3	1
Fjærerur	<i>Semibalanus balanoides</i>	3	3

3.6.3 Bunnprøver

Stasjonsopplysninger fra feltarbeidet er gitt i Tabell 3.6.2. På de tre stasjonene ble det tatt prøver til bunndyrsanalyser og miljøgifter. I 1995 ble det tatt bunnprøver i Åmøyfjord og ved Bjergsted, men stasjonsplasseringen var litt forskjellig i forhold til årets undersøkelse. På stasjon 1 ble det også tatt tilsvarende prøver i desember 1999 (Tvedten 2001). Stasjon 1 og 3 ble også undersøkt i 1985 (Bokn *m.fl.* 1986) og det er gjort noen mindre undersøkelser i på 1970- og 80-tallet. I 1995 ble det tatt bunnprøver i Bangarvågen (St 2A). Tidligere undersøkelser har vist at miljøforholdene er bra i Åmøyfjord og at det er mest miljøgifter og dårligst forhold i området Stavanger havn.

Den visuelle observasjonen av bunnprøvene avslører tydelig at det er stor forskjell i miljøforholdene på stasjonene. I Åmøyfjord var bunnen olivengrønn og luktet ikke noe spesielt. Utenfor Bjergsted var sedimentet helt svart (pga. sulfider) og luktet markert H₂S, noe som viser at det er lite oksygen i sjøbunnen. I tillegg viser analysene at det er en klar gradient med hensyn til miljøgiftinnhold. På stasjon 3, nedenfor Bjergsted, ble tidligere vesentlige deler av byens avløpsvann sluppet ut.

Tabell 3.6.2. Stasjonsopplysninger, innsamlingsomfang og sedimentbeskrivelse på stasjonene i Byfjord i april 2002. Posisjonen er notert fra båtens GPS og dypene fra båtens ekkolodd. Full grabb tar 19 liter sediment. De tre første prøvene på hver stasjon ble kun brukt til prøvetakning til kjemiske analyser, de resterende til bunndyr.

Stasjon	Dyp (m)	Posisjon (N, Ø) WGS 84	Fyllingsgrad i grabb (liter)	Kommentarer	Prøve
St 1 (Åm 1) Åmøyfjord/ Byfjord	131	59°00,740' N 05°41,152' Ø	1. hugg, 19	Grå-grønt finkornet sediment. Med litt mørkegrå felt. Børstemarken <i>Pecinaria</i> sett.	Kornstørrelse, metaller, TOC/TN, PAH og PCB Prøve Id-nr 02117, 4-6 Bunnfauna prøve Id 02118, 5-8
			2. hugg, 19		
			3. hugg, 19		
			4. hugg, 19		
			5. hugg, 19		
			6. hugg, 19		
			7. hugg, 19		
St 2 (214) Utenfor Tasta	53	59°59,631' N 05°42,110' Ø	1. hugg, 9	Brungrønn overflate. Grå-svart sediment under. Finkornet sand med stein og slaggbiter. * Grabben litt åpen.	Kornstørrelse, metaller, TOC/TN, PAH og PCB Prøve Id-nr 02117, 7-9 Bunnfauna prøve Id 02118, 9-12
			2. hugg, 8		
			3. hugg, -		
			4. hugg, 9*		
			5. hugg, 7*		
			6. hugg, 9		
			7. hugg, 8*		
St 3 Vågen, utenfor Sandvika	55	58°58,659' N 05°43,427' Ø	1. hugg, 19	Svart, meget finkornet, bløtt sediment. Markert H ₂ S-lukt. Tynn, ca 2 mm lys brun hinne øverst. Litt slaggrester. Mange gravende sjøpiggsvin. Treg å sikte.	Kornstørrelse, metaller, TOC/TN, PAH og PCB Prøve Id-nr 02117, 10-12 Bunnfauna prøve Id 02118, 13-16
			2. hugg, 19		
			3. hugg, 19		
			4. hugg, 19		
			5. hugg, 19		
			6. hugg, 19		
			7. hugg, 19		

3.6.3.1 Sedimentkjemi og miljøgifter

Resultatene er gitt i Tabell 3.6.3 og vedlegg. Sedimentet var grovest utenfor Tasta og var mest finkornet i fordypningen utenfor Bjergsted. Det organiske innholdet var lavest i Åmøyfjord (tilstand *god*) og høyest på St 3 (tilstand *meget dårlig*). Årsaken til dette henger sammen med et mer finkornet sediment, mindre oksygen og mer organisk tilførsel ved Bjergsted enn i Åmøyfjord.

Miljøgiftsinnholdet viste samme forskjeller mellom stasjonene som det organiske. Det har også sammenheng med sedimentets og områdenes naturlige miljøforhold (for eksempel er St 3 i et typisk sedimentasjonsområde og ligger rett nedenfor det tidligere Gassverket) og ikke minst ulik tilførsel av miljøgifter også langt tilbake i tid. I Åmøyfjord tilsvarte de fleste miljøgiftene *ubetydelig – lite forurenset* til *moderat forurenset* (bly, PAH og BaP). På St 2 var metallinnholdet på nivå med St 1, men innholdet av de organiske miljøgiftene var betydelig høyere (tilstand *moderat* til *meget sterkt forurenset*). Det ble også funnet PCB på stasjon 2 (tilstand *moderat forurenset*). På St 3 var det forhøyede verdier av alle metallene bortsett fra krom, i forhold til SFTs grenseverdier og bunnen var betydelig forurenset av de organiske miljøgiftene.

I Åmøyfjord var innholdet av metaller litt høyere enn i 1999, men de organiske miljøgiftene var på helt samme nivå. I forhold til i 1985 (bare metaller) og 1995 er det generelle bildet at miljøgiftsinnholdet har avtatt litt i sedimentet.

På stasjonen utenfor Tasta er det ikke gjort miljøgiftsanalyser tidligere som gir grunnlag for å vurdere utvikling over tid. Moen (2001) fant et tilsvarende miljøgiftsinnhold i området ved Tasta og Bjergsted, men PAH innholdet var betydelig høyere.

Sammenlignet med tidligere undersøkelser i 1983 og 1995 i samme område ser det ut til at det høye innholdet av miljøgifter holder seg nokså uforandret. Det mest positive resultatet i 2002 var at kvikksølvinnholdet på St 3 var betydelig lavere enn det som er funnet tidligere (4,35 mg/kg i 1983 og 2,94 mg/kg i 1995).

Tabell 3.6.3. Resultater fra analyse av sedimentprøver tatt i april 2002. Gjennomsnitt av tre prøver og standardavvik. Totalt organisk nitrogen (TN) og karbon (TOC). Forholdstall mellom karbon og nitrogen (C:N). Prosent innhold av leire og silt. Beregnet TOC verdi ut fra innhold av leire og silt. Organisk innhold målt som glødetap. Metaller (mg/kg) og organiske miljøgifter (µg/kg). Tildelt SFT tilstand. Tilstand I tilsvarer *ubetydelig – lite forurenset*, tilstand II tilsvarer *moderat forurenset*, og III *markert forurenset* osv.

Parameter	St 1	St 1	St 1	St 2	St 2	St 2	St 3	St 3	St 3
	Snitt	SD	SFT tilstand	Snitt	SD	SFT tilstand	Snitt	SD	SFT tilstand
TN (mg/kg)	2,33	0,15	-	1,25	0,07	-	5,97	0,21	-
TOC (mg/kg)	16,00	0,72	-	18,27	7,22	-	65,30	3,25	-
C:N	6,86	-	-	14,61	-	-	10,94	-	-
% leire + silt	38,07	17,18	-	25,73	14,36	-	50,50	9,22	-
TOC-63 (mg/kg)	27	3,64	God	32	9,70	Mindre god	74	4,90	Meget dårlig
Glødetap (%)	10,37	8,17	-	3,63	1,79	-	15,47	1,34	-
Arsen (mg/kg)	4,7	0,4	I	6,5	1,3	I	25,0	3,7	II
Bly (mg/kg)	31,6	2,7	II	32,1	0,7	II	188,4	28,8	III
Kadmium (mg/kg)	0,1	0,0	I	0,1	0,0	I	1,7	0,2	III
Kobber (mg/kg)	14,1	1,3	I	15,5	0,0	I	139,1	14,2	II
Krom (mg/kg)	17,2	1,1	I	8,2	0,3	I	36,3	5,6	I
Kvikksølv (mg/kg)	<0,015	-	I	0,1	0,0	I	0,4	0,0	II
Nikkel (mg/kg)	16,1	0,4	I	8,2	0,9	I	36,8	7,1	II
Sink (mg/kg)	55,1	5,4	I	48,5	2,7	I	323,5	48,2	II
Sølv (mg/kg)	0,2	0,0	I	0,2	0,0	I	2,6	0,5	III
Sum PAH (µg/kg)	443	60	II	4567	1504	III	13333	2309	IV
B(a)P (µg/kg)	38	7	II	513	93	V	1667	208	V
Sum PCB ₇ (µg/kg)	i.p.	i.p.	I	16	7	II	80	17	III

i.p. = ikke påvist

3.6.3.2 Bunn dyr

Det var stor forskjell i antall arter og individer på de tre bunnstasjonene i dette området. Ut fra innholdet av organisk materiale og miljøgifter, ville en forvente at St 3 hadde den fattigste faunaen og det stemte med registreringene. Men det var ikke flest arter i Åmøyfjord, selv om sedimentet var renest der. Trolig har det sammenheng med at det er grovere sediment og stein ved Tasta, og det gir grunnlag for en rikere bunnfauna. I disse prøvene er det også et klart eksempel på at diversitet alene ikke alltid er et godt mål på miljøtilstand. De fleste marinbiologer vil være enig i at bunnfaunaen på Åm 1 er ”friskere” enn på St 3, likevel får St Åm 1 dårligst diversitet (Tabell 3.6.4). Årsaken er at det er én art som dominerer mye mer antallsmessig på Åm 1 i forhold til på St 3 (Tabell 3.6.5). Arts sammensetningen og de mest tallrike artene tyder på en blanding av arter som indikerer forurensning og arter som ikke gjør det, samt at det er best miljøforhold på Åm 1. I 1995 ble det konkludert med at faunaen var dominert av forurensningstolerante arter og at det hadde skjedd en forverring fra tidligere, spesielt på Åm 1. I 1999 og 2002 mener vi at prøvene gir grunnlag for å karakterisere miljøforholdene som gode.

Tabell 3.6.4. Antall arter, individ (pr stasjon 0,4 m² og pr m²), Shannon-Wiener indeks, jevnhetsindeks og Hurlbert (ESn=100). Resultater på “huggnivå” er gitt i vedleggene. Tilstandsklasse er gitt i henhold til SFTs grenseverdier (Molvær *m. fl.* 1997), basert på Shannon-Wiener indeks. Noen prøver kan i noen tilfeller tildeles ulike tilstandsklasser som følge av de to diversitetsberegningene.

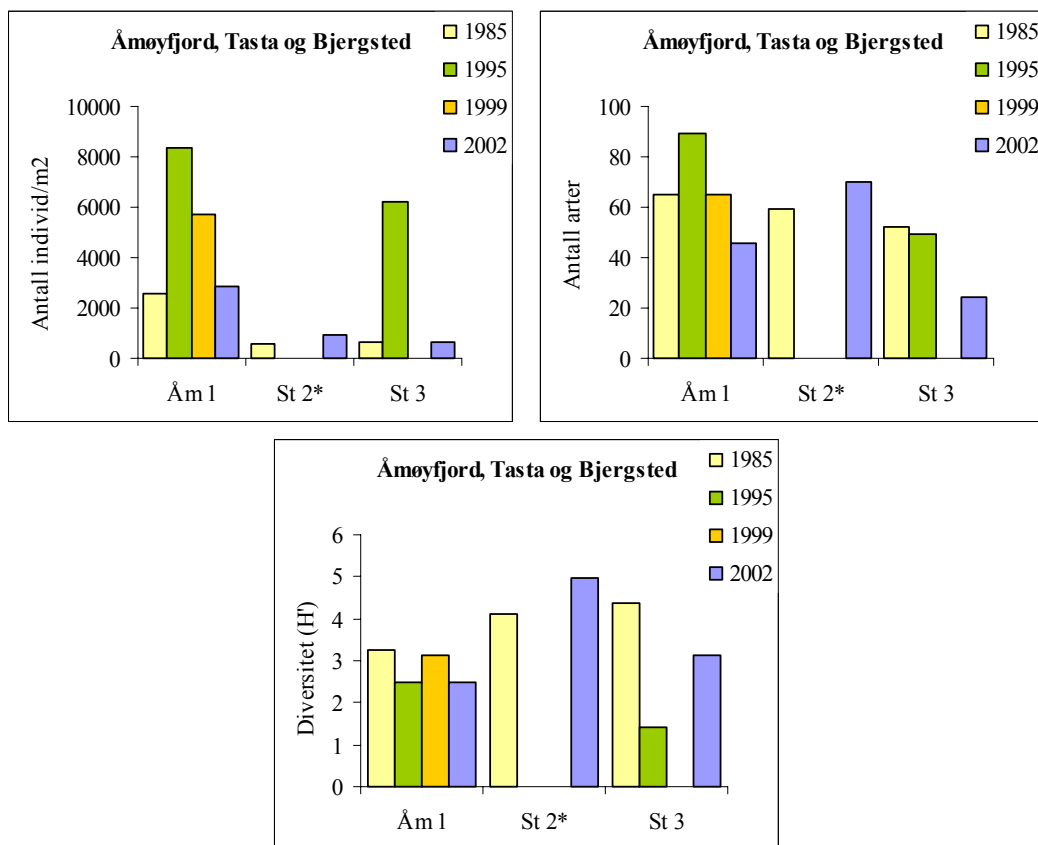
Stasjon	Antall arter	Antall individ pr. stasjon	Antall individ pr m ²	Jevnhets indeks	Hurlbert	Shannon-Wiener indeks	SFT tilstand
Åm 1-sum	46	1132	2830	0,45	14,4	2,49	<i>Mindre god</i>
St 2-sum	70	359	898	0,81	38,4	4,97	<i>Meget god</i>
St 3-sum	24	254	635	0,69	16,2	3,15	<i>God</i>

Tabell 3.6.5. Oversikt over de mest tallrike artene (taxa) på hver stasjon i april 2002. Antall individer og % av totalt antall individer i prøven. Tallene baserer seg på sum av fire replikate prøver (4*0,1 m²).

Art - Åm 1 (St 1)	Antall	% av total	Art - St 2	Antall	% av total
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	670	59,2	<i>Melinna cristata</i>	61	17
<i>Prionospio cirrifera</i>	98	8,7	<i>Thyasira flexuosa</i>	42	11,7
<i>Heteromastus filiformis</i>	82	7,2	<i>Owenia fusiformis</i>	28	7,8
<i>Nemertini indet</i>	62	5,5	<i>Chaetozone setosa</i>	18	5
<i>Echinocardium cordatum</i>	55	4,9	<i>Prionospio cirrifera</i>	17	4,7
<i>Thyasira equalis</i>	42	3,7	<i>Amphicteis gunneri</i>	15	4,2
<i>Eriopisa elongata</i>	22	1,9	<i>Nemertini indet</i>	10	2,8

Art - St 3	Antall	% av total
<i>Prionospio cirrifera</i>	76	29,9
<i>Echinocardium cordatum</i>	53	20,9
<i>Nemertini indet</i>	33	13
<i>OLIGOCHAETAE indet</i>	29	11,4
<i>Diastylis sp.</i>	14	5,5
<i>Myriochele oculata</i>	9	3,5
<i>Glycera alba</i>	7	2,8

I Figur 3.6.12 er det vist noen sammenligninger med tidligere resultater. Det er store forskjeller mellom undersøkelsene og vanskelig å trekke noen konklusjoner om utvikling av miljøforholdene. Et synkende arts- og individantall på Åm 1, kan være tegn til dårligere forhold. Imidlertid tyder arts sammensetningen på stasjonen på at miljøforholdene er bra. Det er viktig å følge med på utviklingen av artssamfunnet videre.



Figur 3.6.12. Antall arter og individer, samt diversitet på stasjoner i Åmøyfjord, Tasta og ved Bjergsted.
* Den gule søylen markerer tall fra 1977 på St 2 og tallet er litt usikkert. På St 3 har stasjonsplasseringen variert.

3.6.4 Oppsummering: Åmøyfjord, Tasta og Bjergsted

Dette undersøkelsesområdet dekker innseilingsleden til Stavanger. Lengst ute er det ca 130 m dypt og bunnen skrår oppover mot 40-50 m innover mot området utenfor Tasta og Bjergsted. Sundene mellom Hundvåg og Stavanger er meget viktige for tilstrekkelig utskiftning og bevegelse av overflatevannet innover mot Stavanger. Tidligere var undersøkelsesområdene mottakere av betydelige mengder avløpsvann, særlig innover mot sentrum. Det meste er nå overført til SNJ. Det er funnet betydelige mengder av ulike miljøgifter og det er utgitt kostholdsråd for skjell og fiskelever fra deler av området.

Tre stasjoner er undersøkt i 2001-02. Én i Åmøyfjord, én i et dyp-parti utenfor Tasta og stasjon 3 ligger i området med maksimaldypet utenfor Bjergsted. I tillegg er strandsonen undersøkt på to steder. Flere vannprøvestasjoner i samme område inngår i undersøkelsen for Stavanger kommune. Tidligere ble særlig området ved Bjergsted tilført mye miljøgifter og store mengder avløpsvann.

Alle stasjonene i dette området hadde gode oksygenforhold i bunnvannet og kunne tildeles tilstand *meget god*. Dette viser at det er tilfredsstillende vannutskiftning. Overflatevannkvaliteten i 2001-02 tildeles stort sett tilstand *meget god* og *god*. Om sommeren 2002 var det høyere næringssaltinnhold enn i 1995, men det var lavere enn på slutten av 70-tallet og begynnelsen av 80-årene. Mellom stasjonene var det små forskjeller, men det var høyest innhold ved Bjergsted. Det var tydelig mer alger og dårligere sikt ved Bjergsted, noe som trolig var en effekt av høyere næringssaltinnhold. Det er trolig en effekt av lokale kilder til Vågen og Bjergsted-området.

Strandsonen på begge stasjonene var dominert av store flerårige brunalger, og innslaget av ettårige opportunistiske arter ser ut til å være normalt for årstiden. Ut fra plante- og dyrelivet i fjæresonen kan miljøforholdene i overflatevannet på disse stasjonene betraktes som normalt gode og stabile.

Den visuelle observasjonen av bunnprøvene avslører tydelig at det er stor forskjell i miljøforholdene på stasjonene. I tillegg viser analysene at det er en klar gradient med hensyn til miljøgiftsinnhold. I Åmøyfjord tilsvarte de fleste miljøgiftene *ubetydelig* – *lite forurenset* til *moderat forurenset*. Ved Tasta var metallinnholdet på nivå med Åmøyfjord, men innholdet av de organiske miljøgiftene var betydelig høyere (tilstand *moderat* til *meget sterkt forurenset*). Det ble også funnet PCB på stasjon 2 (tilstand *moderat forurenset*). Utenfor Bjergsted var det forhøyede verdier av alle metallene bortsett fra krom, i forhold til SFTs grenseverdier. Bunnen var i tillegg betydelig forurenset av de organiske miljøgiftene.

I Åmøyfjord er det forholdsvis lite miljøgifter i sedimentet og det generelle bilde viser en liten nedgang i innholdet i forhold til tidligere. På de andre stedene var det ikke mulig å se noen tydelig utvikling, men kvikksølvinnholdet ved Bjergsted var lavere enn før.

Det var bra med bunndyr på stasjonene, selv på stasjonen utenfor Bjergsted. I Åmøyfjord tydet artssammensetningen på bra miljøforhold, selv om antall arter og individer har avtatt de senere år. Utviklingen i bunnfaunaen i Åmøyfjord bør følges videre.

3.7 Gandsfjord og Riskafjord

Dette undersøkelsesområdet dekker Gandsfjord som er innseilingsleden til Sandnes, og Riskafjord i området ved Usken og Hommersåk (Figur 3.7.1). Gandsfjord er en stor og dyp fjord. I store deler av fjorden er fjordsidene bratte og maksimaldypet finnes omtrent midt i fjorden. Bunnen skråer også nedover fra fjordbunnen ved Sandnes og utover til maksimaldypet på 247 m ved Lihalsen. Det er ingen betydelige terskler i Gandsfjord, men vannutskiftningen er begrenset av de dypeste tersklene ut mot Høgsfjord ved Kalvøy og Teistholmen (ca 72 og 110 m). I tillegg kommer begrensningene som ligger i bunntopografien til sjøområdene lenger ut mot Boknafjord. I Riskafjord er maksimaldypet 95 m. Området er avgrenset ut mot Gandsfjord av en terskel på 65 m og ut mot øst er det grunnere. Det meste av avløpsvanntilførselen til Gandsfjord og Riskafjord er nå sanert og overført til SNJ.

I Hillevåg, Vaulen og Hinna har Stavanger kommune gjennomført en tilsvarende innsamling av vannprøver. Resultatene rapporteres hovedsakelig i en egen rapport. Stasjon 5E (Uskakalven), 5 D (Hommersåk) og Stasjon 10 (innerst mot Sandnes) er innsamlet for Sandnes kommune, og noen deler vil bare bli rapportert til kommunen. Sandnes har også fått undersøkt Høle og Høgsfjord, samt flere strandsonestasjoner.

Områdene er i varierende grad undersøkt tidligere (se Myhrvold *m.fl.* 1997 Gjørstad *m.fl.* 2001 og Moen 2001). Oppsummert har det blitt konkludert med at det er høyt miljøgiftsinnhold innerst i Vågen (kostholdsråd for konsum av skjell), og redusert bunnvannsutskiftning på det dypeste i Gandsfjord og Riskafjord. Generelt har næringssaltinnholdet i vannet avtatt og ved siste foregående måleserie i 1995 var det ikke høyt næringssaltinnhold.

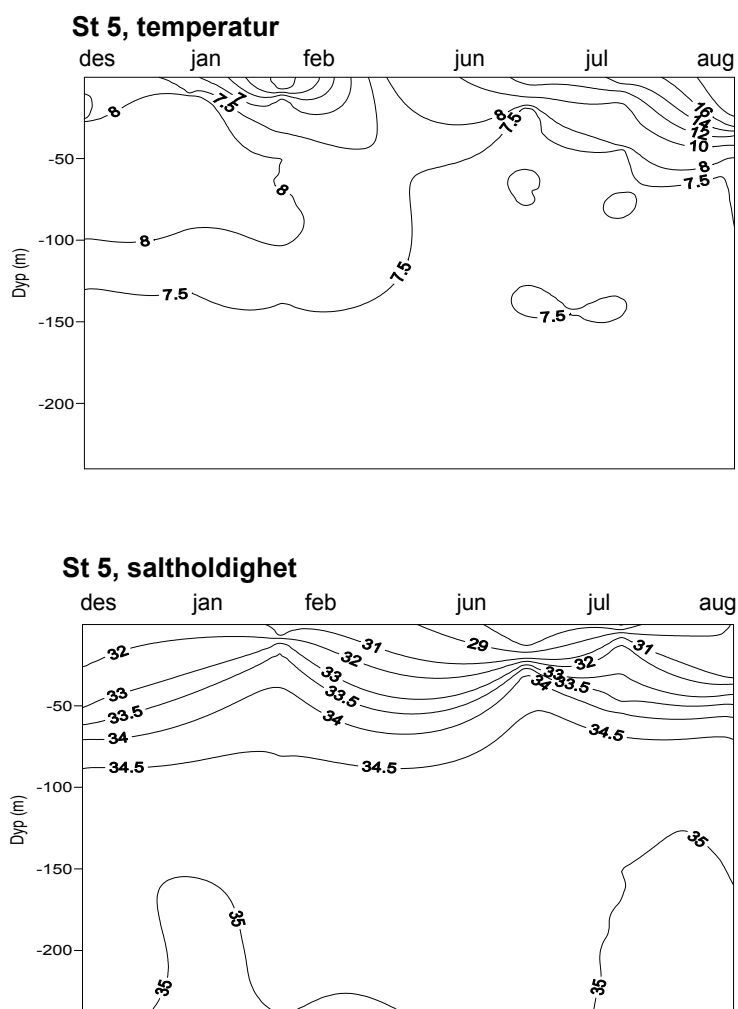
3.7.1 Hydrografi og vannkjemi

Det ble tatt vannprøver på 6 stasjoner (St 4, St 5, St 5A, 5E, 5D og St 6) i 2001-02. I 1995 ble St 5 og 5A undersøkt om sommeren.

3.7.1.1 Temperatur, saltholdighet, oksygeninnhold

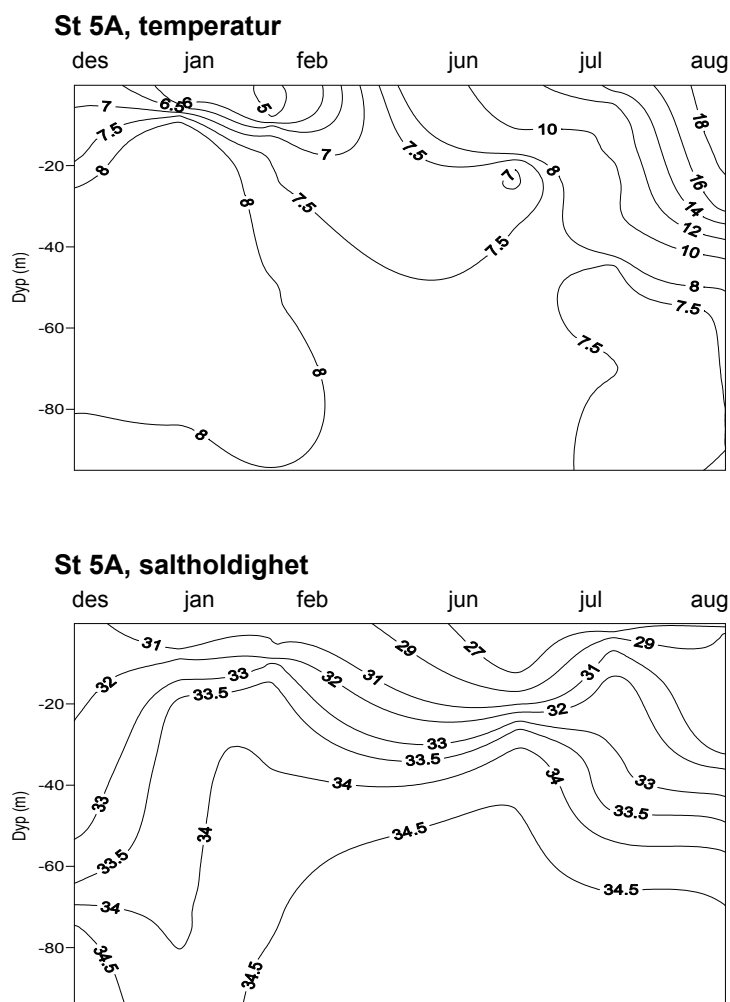
I Gandsfjord var det stabile forhold under ca 50 m dyp (Figur 3.7.2). Temperaturen lå jevnt på 7-8 °C og saltholdigheten var over 33,5. De stabile forholdene viser at det ikke skjer noen bunnvannsutskiftning i perioden. Tilsvarende forhold ble funnet i 1995, temperaturen i dypvannet var da ca 7 °C og saltholdigheten som i 2002. I 1995 ble det konkludert med at det skjedde noen mindre utskiftninger over terskeldypet, men at bunnvannet var det samme i målingene. Resultatene viser at det minst går flere måneder mellom hver bunnvannsutskiftning i Gandsfjord.

Målingene viser at overflatevannet er kaldt og har høyere saltholdighet om vinteren enn om sommeren. Det er minst tetthetsforskjeller om vinteren.



Figur 3.7.2. Temperatur og saltholdighet fra CTD-data. Det er gjort målinger ved hver avmerket måned, men saltholdighet i januar var feil og er ikke inkludert i figuren. Start i desember 2001 og slutt i august 2002.

I Riskafjord var det også stabile hydrografiske forhold i bunnvannet, særlig under 40-60 m (Figur 3.7.3). Temperaturen lå jevnt på 7-8 °C og saltholdigheten var rundt 34,5 og er tilsvarende det som ble registrert i 1995. En svak økning av saltholdigheten (og tettheten) i bunnvannet fra januar til februar antyder at det kommer inn nytt vann, men effekten av bunnvannsfornyelsen er mye mer tydelig i oksygenmålingene (se nedenfor).



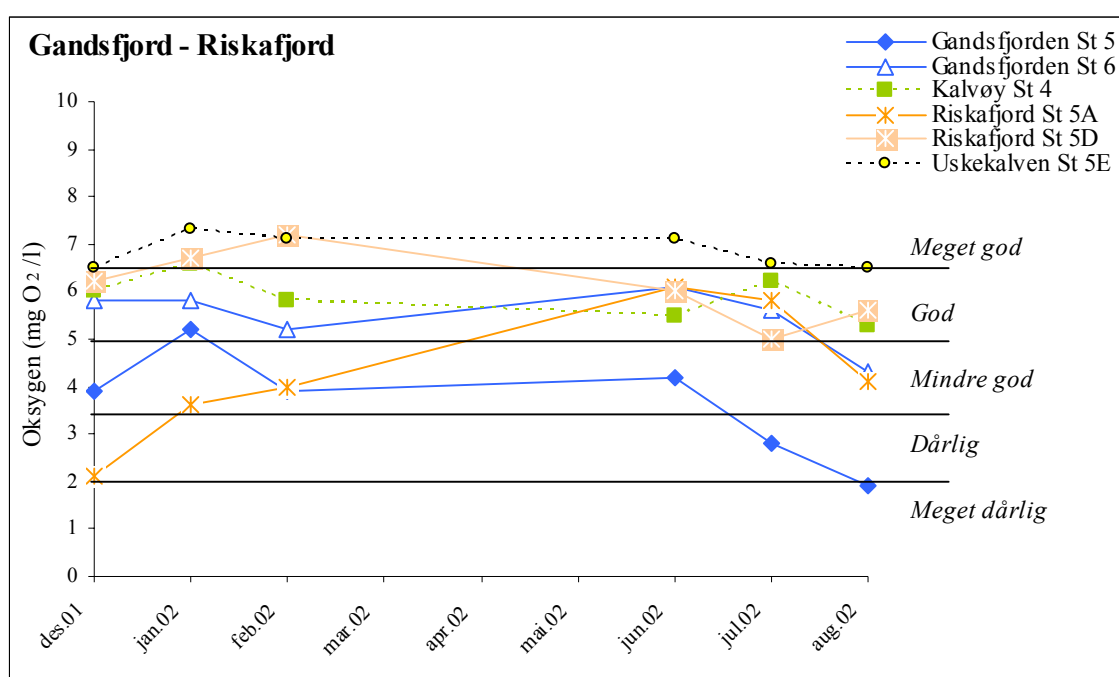
Figur 3.7.3. Temperatur og saltholdighet fra CTD-data. Det er gjort målinger ved hver avmerket måned. Start i desember 2001 og slutt i august 2002.

Prøvene fra de dypeste områdene i hver fjord viser at både Gandsfjord og Riskafjord har tidvis lavt oksygeninnhold i bunnvannet og at oksygeninnholdet var tilfredsstillende øst for Uskekalven (5 E), ved Kalvøy (St 4) og midtfjords i Gandsfjord ved Dale (St 6) (Figur 3.7.4). Siden SFTs klassifisering bygger på den laveste verdien som måles i hver resipient (St 5 og 5A) får begge områdene tilstand *dårlig* til *meget dårlig*.

Resultatene stemmer godt med tidligere undersøkelser. I Gandsfjord ble det i 1995 målt et minimumsinnhold på litt under 1 mg O₂/l. I 1977-79 ble det også målt tilsvarende lave verdier og det ble da konkludert med at det kunne gå år mellom hver bunnvannsutskiftning i Gandsfjord (Regionplankontoret for Jæren 1979). Resultatene

fra 2001-02 tyder på at oksygenforholdene i Gandsfjord er omtrent som tidligere, og at det ikke kan måles noen tydelig positiv effekt av kloakkomlegging.

I Riskafjord er det også tidligere målt lavt oksygeninnhold i dypvannet, men i 1995 var det laveste innholdet 4,8 mg/l, noe som var bedre enn i denne undersøkelsen. I 1985 og -86 var minimumsinnholdet 2,1 og 1,7 mg/l. Resultatene fra 2001-02 viser at oksygenforholdene i dypvannet var som tidligere. En økning av oksygeninnholdet i deler av innsamlingsperioden, viser at det skjer en viss bunnvannsfornyelse. Undersøkelsen viser også at de dårlige oksygenforholdene er knyttet til dypvannet. Utenfor Hommersåk (St 5D) hvor det er litt grunnere var det tilfredsstillende oksygenforhold helt ned til bunnen. En undersøkelse (en innsamling) i 1999 målte et oksygeninnhold på 4,4 mg/l på 77 m dyp utenfor Hommersåk (Tvedten 2000). Ved Uskekalven og Kalvøy var det gode oksygenforhold i hele måleperioden 2001-02. Ved Kalvøy og Usken er det ikke gjort tilsvarende undersøkelser tidligere.



Figur 3.7.4. Oksygeninnhold i bunnvann på St 4, 5, 5A, 5D, 5E og 6 i 2001-02. Horisontal strek og tekst i kursiv markerer skille for ulike SFT tilstand.

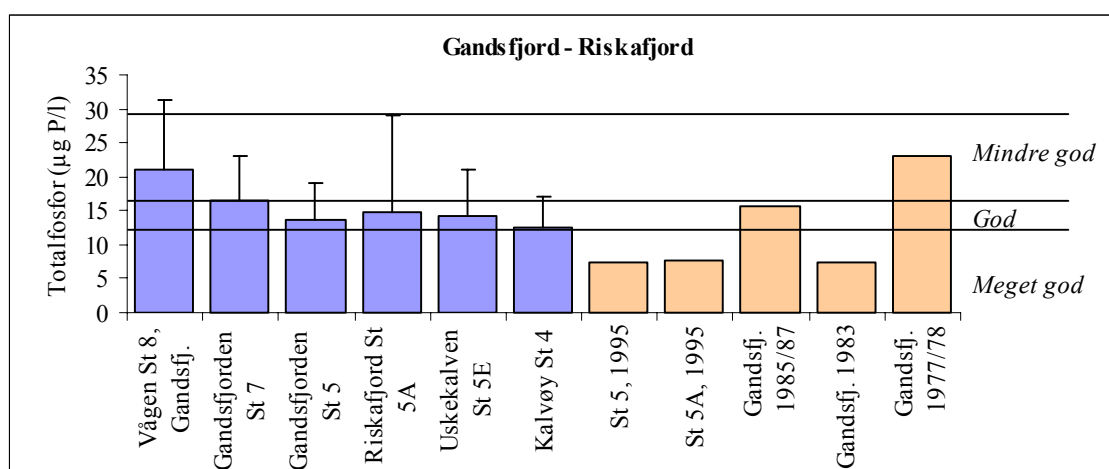
3.7.1.2 Næringssalter, klorofyll og siktedyp

Innholdet av næringssalter er målt på St 4, 5, 5A, 5E, St 7 og St 8 og er vist i Figur 3.7.5 – 10, sammen med noen tall fra tidligere undersøkelser der det var greit å sammenligne resultatene. Figurene skiller mellom resultater fra sommeren og vinteren, siden det er ulike SFT grenseverdier for årstidene. På 5A er en prøve utelatt fra begynnelsen av august 2002 siden den var mye høyere enn de andre.

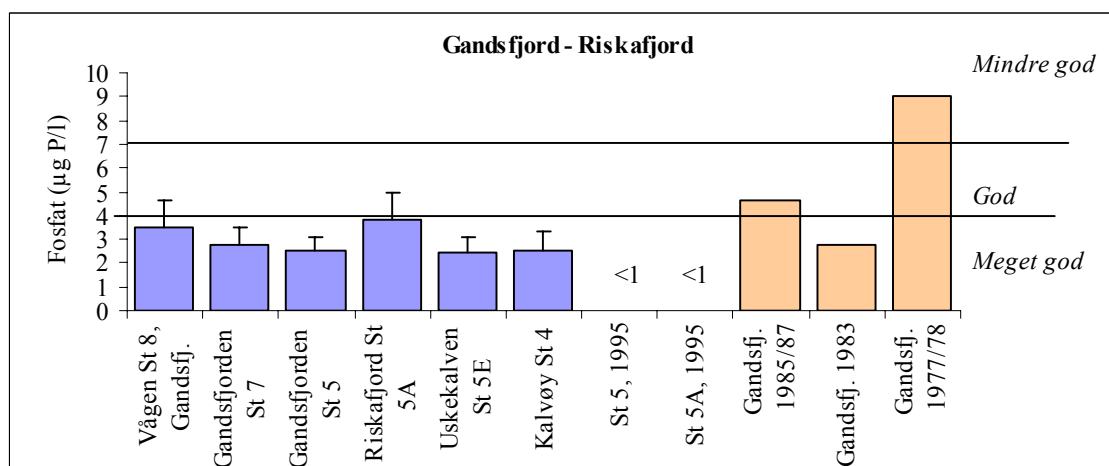
For de fleste stasjonene kan sommerprøvene tildeles tilstand *meget god* med hensyn til næringssaltinnhold. Dårligst kom totalfosfor ut, men de fleste prøvene tilsvarte tilstand *god*. Bortsett fra denne parameteren tyder resultatene på at vannet stort sett ikke tilføres mer næringssalter enn det som algene kan omsette om sommeren. Imidlertid vises det i noen tilfeller en klar gradient fra høyest næringssaltinnhold på St 8, stasjonen lengst

inne i Gandsfjord, og lenger ute. Dette viser at det fremdeles er tilførsler innerst i Vågen, men at de fortynnes og forbrukes lenger ute i fjorden. Det var også litt mer næringssalter på St 5A i Riskafjord enn på de andre stasjonene i det området. Dette skyldes at det var nokså mye næringssalter i den siste prøven i august (i tillegg til den første i august som er utelatt fra gjennomsnittet i figurene). Det at det ble funnet høye verdier i noen av prøvene, kan tyde på en lokal tilførsel eller skyldes tilfeldigheter.

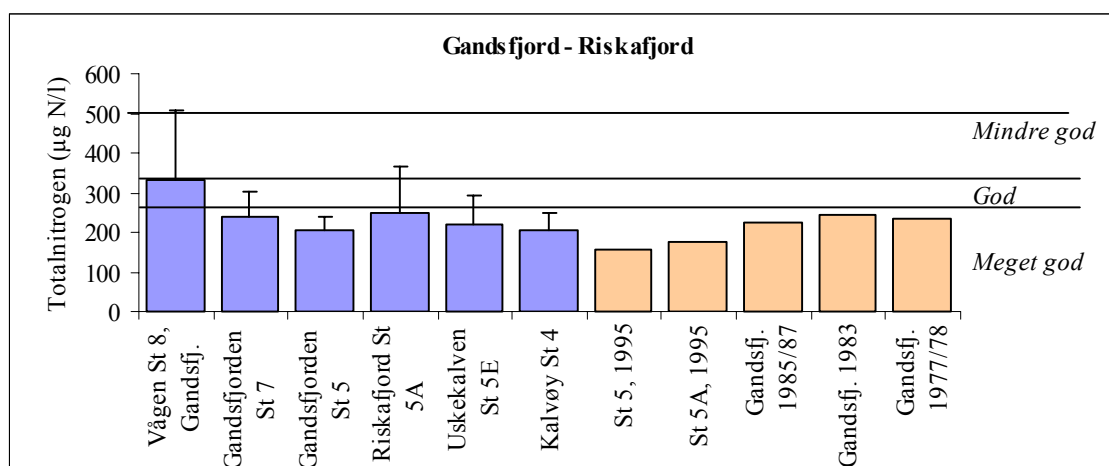
I forhold til tidligere undersøkelser var det generelt mer næringssalter enn i 1995 og i noen tilfeller litt mindre enn på 1970-og 80 tallet. Resultatene viser at innholdet av næringssaltene naturlig kan variere fra ett år til et annet (særlig om sommeren) og at det ikke er funnet en entydig trend over tid. Det at nitrat- og fosfatinnholdet ser ut til å ha avtatt kan ha sammenheng med reduserte utslipp siden dette er løste næringssalter som tilføres via avløpsvann og avrenning fra land.



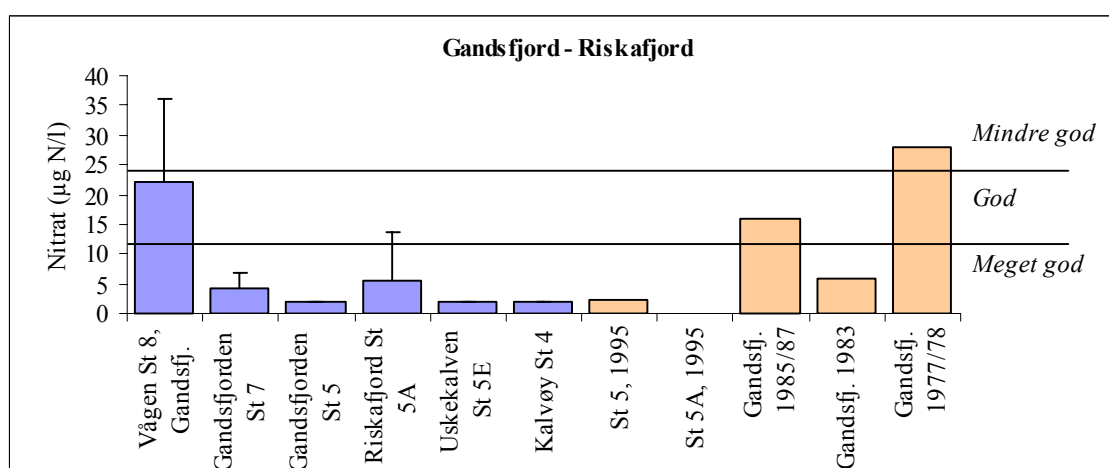
Figur 3.7.5. Gjennomsnittsinhold av totalfosfor i overflatevann, sommer. De blå søylene viser resultater fra denne undersøkelsen. Vertikale streker viser standardavvik. Horisontale streker viser grenseverdier for tilstandsklasser ifølge SFT veiledning 97:03.



Figur 3.7.6. Gjennomsnittsinhold av fosfat i overflatevann, sommer. De blå søylene viser resultater fra denne undersøkelsen. Vertikale streker viser standardavvik. Horisontale streker viser grenseverdier for tilstandsklasser ifølge SFT veiledning 97:03.

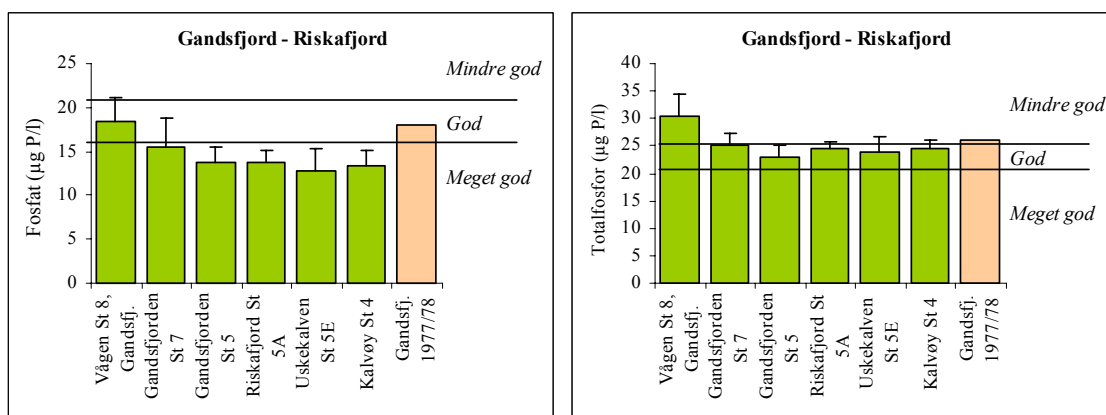


Figur 3.7.7. Gjennomsnittsinhold av totalnitrogen i overflatevann, sommer. De blå søylene viser resultater fra denne undersøkelsen. Vertikale streker viser standardavvik. Horisontale streker viser grenseverdier for tilstandsklasser ifølge SFT veiledning 97:03.

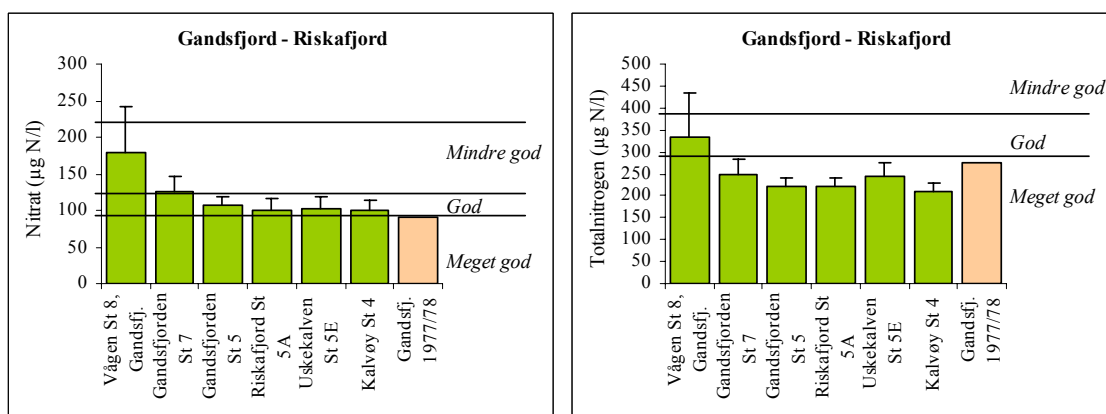


Figur 3.7.8. Gjennomsnittsinhold av nitrat i overflatevann, sommer. De blå søylene viser resultater fra denne undersøkelsen. En nitratverdi på St 8 (110 µg/l i august er ikke tatt med). Vertikale streker viser standardavvik. Horisontale streker viser grenseverdier for tilstandsklasser ifølge SFT veiledning 97:03.

Innholdet av næringssalter om vinteren tilsvarer stort sett tilstand *god* til *meget god* (Figur 3.7.9-10), men totalfosfor og nitratinholdet tilsvarer tilstand *mindre god* på St 8. Som for sommermålingene var det en gradient fra den innerste stasjonen i Gandsfjord og utover. I Riskafjord området var innholdet mer jevnt. Etter det vi kjenner til er det gjort få vintermålinger av næringssalter tidligere, og de vi har funnet gir ikke noe grunnlag for å si at det har vært noen utvikling.

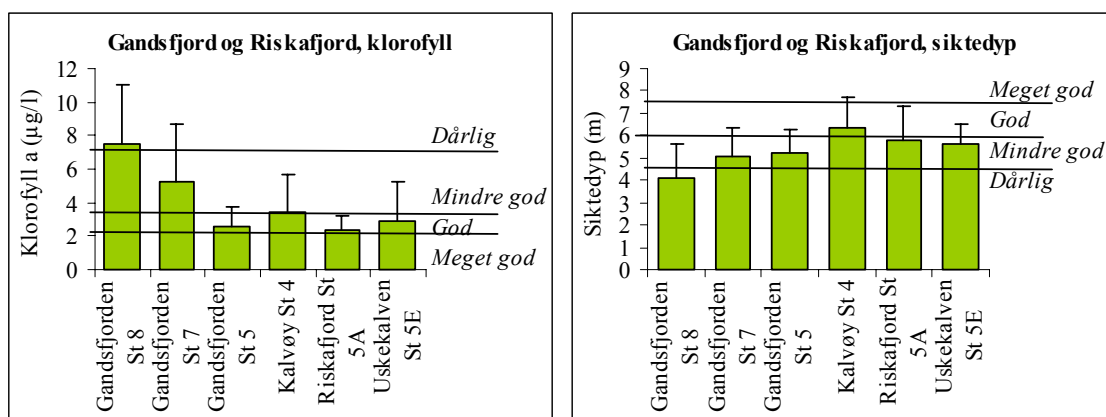


Figur 3.7.9. Gjennomsnittsinhold av fosfat og totalfosfor i overflatevann, vinter 2001-02. Vertikale streker viser standardavvik. Horisontale streker viser grenseverdier for tilstandsklasser ifølge SFT veiledning 97:03.



Figur 3.7.10. Gjennomsnittsinhold av nitrat og totalnitrogen i overflatevann, vinter 2001-02. Vertikale streker viser standardavvik. Horisontale streker viser grenseverdier for tilstandsklasser ifølge SFT veiledning 97:03.

Det gjennomsnittlige klorofyllinnholdet og siktedypet om sommeren er vist i Figur 3.7.11. Stort standardavvik på noen av stasjonene viser at det var til dels stor forskjell mellom de fem innsamlingene om sommeren. Særlig var det mye alger (klorofyll) i begynnelsen av august. Det var mest klorofyll innerst i Gandsfjord (tilstand *dårlig*) men alle stasjonene hadde mer en 2 µg /l som er grensen for beste tilstandsklasse. Sikten var påvirket av algemengden og var dårligst innerst i Gandsfjord. Resultatene viser at det særlig i Gandsfjord var økt algevekst blant annet som følge av næringssalttilførsel.

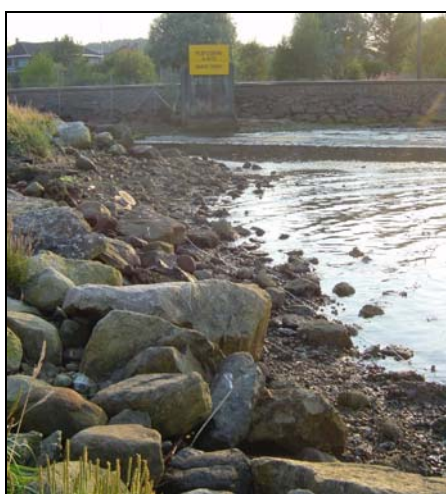


Figur 3.7.11. Gjennomsnittlig innhold av klorofyll (blandprøve overflatevann 0-2 m) sommeren 2002 samt siktedyb. Tildelt SFT tilstandsklasse. Vertikale streker viser standardavvik. Horisontale streker viser grenseverdier for tilstandsklasser ifølge SFT veiledning 97:03.

3.7.2 Strandsone

Stasjon B10 ved Lura har vært undersøkt flere ganger tidligere og er plassert nær et nødoverløp (Figur 3.7.12). Visuelt sett var miljøforholdene dårlige. Det ble observert dårlig vannkvalitet, mye partikulært materiale og redusert sikt. Dette tyder på at området påvirkes av eutrofe (overgjødslende) vannmasser i Gandsfjord.

Tabell 3.7.1 gir en oversikt over makroskopiske alger og dyr på B 10 i Gandsfjord. I tabellen er det brukt mengdemessige graderinger, hvor 1, 2 og 3 henholdsvis betyr sjelden, vanlig og dominerende. På Stasjon B10 ble det gjort få artsregistreringer, og artsdiversiteten var veldig lav. Det ble bare funnet en art av rødalger (krusflik), en art av brunalger (blæretang) og tre arter grønnalger (krøllhårsalge, viklesnøre og vanlig tarmgrønnske). I tillegg ble det registrert enkelte dyr, hvor blåskjell, fjærerur og vanlig strandsnegl var de mest dominerende. Den lave diversiteten er forårsaket av habitatets beskaffenhet, ferskvannspåvirkning og dårlige miljøforhold (forurensing).



Figur 3.7.12. Oversiktsbilder fra B10 i 2002.

Tabell 3.7.1. Forekomst av alger og dyr i de semikvantitative strandsoneundersøkelsene på B 10 i Gandsfjord i 2002. Registreringene er gjort ved å bruke mengdemessige graderinger, hvor 1, 2 og 3 henholdsvis betyr sjelden, vanlig og dominerende.

Norsk navn	Latinsk navn	B10
Rødalger		
Krusflik	<i>Chondrus crispus</i>	2
Brunalger		
Bæretang	<i>Fucus vesiculosus</i>	1
Grønnlager		
Krøllhårsalge	<i>Chaetomorpha linum</i>	3
Viklesnøre	<i>Chaetomorpha mediterranea</i>	1
Vanlig tarmgrønnske	<i>Enteromorpha intestinalis</i>	2
Dyr		
Vanlig korstroll	<i>Asterias rubens</i>	1
Hjertemusling	<i>Cerastoderma sp.</i>	1
Vanlig strandsnegl	<i>Littorina littorea</i>	3
Blåskjell	<i>Mytilus edulis</i>	3
Albusnegl	<i>Patella vulgata</i>	2
Fjærerur	<i>Semibalanus balanoides</i>	3

3.7.3 Bunnprøver

I dette område er det tatt bunnprøver på 8 stasjoner (St 4, St 5, 5A, 5D, 5E, St 6, St 7 og St 10), stasjon 5D og 5E samt St 10 omtales mer i rapport til Sandnes kommune. I 1995 ble St 5, 5 A og 6 undersøkt.

Stasjonsopplysninger fra feltarbeidet er gitt i Tabell 3.7.2. På stasjon 7 ble det ikke gjort miljøgiftsanalyser. I 1995 ble det tatt bunnprøver på det dypeste ved Lihalsen (stasjon 5), Riskafjord (5A) og midtfjords ved Forus (stasjon 6), mens de andre stasjonene i denne undersøkelsen kan sees på som nye med hensyn til bunnprøver. Tidligere undersøkelser har vist at miljøforholdene i bunnen er nokså dårlige på det dypeste i Gandsfjord og Riskafjord. Dette skyldes hovedsakelig at det er for dårlig bunnvannsutsiftning. Det er også funnet en del miljøgifter, spesielt i Gandsfjord.

Den visuelle observasjonen av bunnprøvene avslører tydelig at det er stor forskjell i miljøforholdene på stasjonene. Ved Kalvøy var sjøbunnen olivengrønn og virket frisk og fin med gode oksygenforhold. På det dypeste i Gandsfjord var sedimentet grå-svart og det ble ikke sett noen levende dyr under feltarbeidet. Observasjonene tyder på lite oksygen i bunnvannet, og utvikling av sulfider (som er svarte) i sjøbunnen. Lenger inne i Gandsfjord (St 6 og 7) var forholdene mye bedre og det var bra med dyr. På det dypeste i Riskafjord var det også sulfider i sjøbunnen og sedimentet var meget finkornet.

Tabell 3.7.2. Stasjonsopplysninger, innsamlingsomfang og sedimentbeskrivelse på stasjonene i Riskafjord - Gandsfjord i april 2002. Posisjonen er notert fra båtens GPS og dypene fra båtens ekkolodd. Full grabb tar 19 liter sediment. De tre første prøvene på hver stasjon (unntatt stasjon 7) ble kun brukt til prøvetakning til kjemiske analyser, de resterende til bunndyr.

Stasjon	Dyp (m)	Posisjon (N, Ø) WGS 84	Fyllingsgrad i grabb (liter)	Kommentarer	Prøve
St 4 Sør for Kalvøy	136	58°58,060' N 05°49,728' Ø	1. hugg, 19	Olivengrønt sediment. <i>Calocaris</i> sp. Noen børstemark. Grabbene helt fulle til lokket.	Kornstørrelse, metaller, TOC/TN, PAH og PCB Prøve Id-nr 02117, 88-90 Bunnfauna prøve Id 02118, 105-108
			2. hugg, 19		
			3. hugg, 19		
			4. hugg, 19		
			5. hugg, 19		
			6. hugg, 19		
			7. hugg, 19		
St 5 Gandsfjord, midtfjord ved Lihalsen	246	58°56,730' N 05°46,300' Ø	1. hugg, 19	Grå-svart, bløtt og finkornet sediment. Markert H ₂ S lukt. En del tomme <i>S. typicus</i> rør. Noen døde <i>Abra</i> og <i>Thyasira</i> skjell. Ingen levende dyr sett. Alle grabber fulle til lokket.	Kornstørrelse, metaller, TOC/TN, PAH og PCB Prøve Id-nr 02117, 76-78 Bunnfauna prøve Id 02118, 89-92
			2. hugg, 19		
			3. hugg, 19		
			4. hugg, 19		
			5. hugg, 19		
			6. hugg, 19		
			7. hugg, 19		
St 6 Gandsfjord ved Forus	134	58°53,700' N 05°45,900' Ø	1. hugg, 19	Grå-grønt finkornet nokså bløtt sediment. Noe mørkere og mer kompakt under overflaten. Gravende sjøpiggsvin. Bra med dyr. Noen tomme <i>S. typicus</i> rør.	Kornstørrelse, metaller, TOC/TN, PAH og PCB Prøve Id-nr 02117, 73-75 Bunnfauna prøve Id 02118, 85-88
			2. hugg, 19		
			3. hugg, 19		
			4. hugg, 19		
			5. hugg, 19		
			6. hugg, 19		
			7. hugg, 19		
St 7 Gandsfjord	53	58°52,480' N 05°45,140' Ø	1. hugg, 17	Olivengrønt, finkornet sediment. Grå-svart under. Gravende sjøpiggsvin, litt skjell og børstemark. Ikke miljøgifter.	Kornstørrelse, og TOC/TN Prøve Id-nr 02117, 70-72 Bunnfauna prøve Id 02118, 81-84
			2. hugg, -		
			3. hugg, 17		
			4. hugg, 17		
5A Riskafjord	96	58°55,900' N 05°49,600' Ø	1. hugg, 19	Mørkegrønt finkornet sediment. Markert H ₂ S lukt.	Kornstørrelse, metaller, TOC/TN, PAH og PCB Prøve Id-nr 02117, 79-81 Bunnfauna prøve Id 02118, 93-96
			2. hugg, 19		
			3. hugg, 19		
			4. hugg, 19		
			5. hugg, 19		
			6. hugg, 19		
			7. hugg, 19		

3.7.3.1 Sedimentkemi og miljøgifter

Resultatene er gitt i Tabell 3.7.3 og vedlegg. Leire + silt innholdet varierte fra 34 % på 5A til 70 % på St 5. Dette er lavere enn slik en skulle forvente ut fra sedimentbeskrivelsen, og i 1995 lå prosenten på mellom 80 og 90 %. Trolig er innholdet noe underestimert i vår analysemetode. Målingene av organisk innhold i sedimentet viste at TOC- og TN-innholdet var litt lavere enn i 1995 på St 5 og 5 A, men en god del høyere på St 6 (TOC₆₃ 28,7 mg/g i 1995). Flere målinger over tid kan vise om dette er en trend. I forhold til SFTs klassifisering fikk stasjonene tilstand *meget dårlig* og *mindre god* (St 5). Glødetapet var på hele 22 % ved Kalvøy, og det var høyt ut fra

sedimentbeskrivelsen og at stasjonen har god bunnvannsutskifting og ikke spesielt utsatt for organisk belastning.

Tabell 3.7.3. Resultater fra analyse av sediment. Gjennomsnitt av tre prøver og standardavvik. Totalt organisk nitrogen (TN) og karbon (TOC). Forholdstall mellom karbon og nitrogen (C:N). Prosent innhold av leire og silt. Beregnet TOC verdi ut fra innhold av leire og silt. Organisk innhold målt som glødetap. Metaller (mg/kg) og organiske miljøgifter (µg/kg). Tildelt SFT tilstand. Tilstand I tilsvarer *ubetydelig* – *lite forurenset*, Tilstand II tilsvarer *moderat forurenset*, og III markert *forurenset* osv.

Parameter	St 4	St 4	St 4	St 5	St 5	St 5	St 6	St 6	St 6
	Snitt	SD	SFT tilstand	Snitt	SD	SFT tilstand	Snitt	SD	SFT tilstand
TN (mg/kg)	5,30	0,40	-	3,43	0,25	-	4,67	0,25	-
TOC (mg/kg)	38,60	1,45	-	26,40	2,18	-	43,53	2,00	-
C:N	7,28	-	-	7,69	-	-	9,33	-	-
% leire + silt	46	9	-	70	14	-	45	8	-
TOC-63 (mg/kg)	48	2,50	Meget dårlig	32	4,81	Mindre god	53	2,29	Meget dårlig
Glødetap (%)	21,9	12,5	-	9,6	0,7	-	12,6	0,0	-
Arsen (mg/kg)	7,0	0,9	I	10,2	1,4	I	10,5	0,4	I
Bly (mg/kg)	69,3	3,7	II	69,2	8,1	II	77,3	8,0	II
Kadmium (mg/kg)	0,3	0,0	II	0,2	0,0	I	0,2	0,0	I
Kobber (mg/kg)	25,4	1,8	I	28,0	2,0	I	33,5	3,7	I
Krom (mg/kg)	32,8	2,3	I	35,6	7,2	I	37,1	3,3	I
Kvikksølv (mg/kg)	0,0036	0,004	I	0,025	0,0	I	0,042	0,0	I
Nikkel (mg/kg)	24,4	2,2	I	47,6	16,1	II	25,1	2,1	I
Sink (mg/kg)	101,6	6,8	I	133,9	10,3	I	129,4	18,9	I
Sølv (mg/kg)	0,4	0,1	II	1,0	0,1	II	0,9	0,1	II
Sum PAH (µg/kg)	1000	100	II	933	153	II	807	95	II
B(a)P (µg/kg)	96	13	III	87	20	III	70	8	III
Sum PCB ₇ (µg/kg)	4	1	I	15	4	II	11	2	II

Parameter	St 5A	St 5A	St 5A
	Snitt	SD	SFT tilstand
TN (mg/kg)	6,47	0,21	
TOC (mg/kg)	55,77	4,97	
C:N	8,62		
% leire + silt	34	4	
TOC-63 (mg/kg)	68	5,6	Meget dårlig
Glødetap (%)	14,2	1,60	
Arsen (mg/kg)	12,6	0,8	I
Bly (mg/kg)	89,9	5,5	II
Kadmium (mg/kg)	0,5	0,1	II
Kobber (mg/kg)	35,3	1,1	II
Krom (mg/kg)	29,6	3,5	I
Kvikksølv (mg/kg)	0,025	0,0	I
Nikkel (mg/kg)	21,1	3,0	I
Sink (mg/kg)	133,7	5,0	I
Sølv (mg/kg)	0,9	0,5	II
Sum PAH (µg/kg)	1167	58	II
B(a)P (µg/kg)	105	9	III
Sum PCB ₇ (µg/kg)	11	1	II

Det var ingen av sedimentene som var meget forurenset av metaller og innholdet av miljøgifter var nokså jevnt mellom stasjonene. Dette viser at det ikke er punktutslipp

som påvirker stasjonene, men at de gjenspeiler de mer generelle forholdene. De fleste stasjonene fikk beste tilstandsklasse når det gjelder metaller. Bly- og sølvinnholdet tilsvarte *moderat forurenset* samt kadmiuminnholdet på St 4 og 5 A. Det var mer av de organiske miljøgiftene hvor prøvene fikk tilstand *moderat* til *markert forurenset* (ikke PCB på St 4). To positive trekk i forhold til i 1995 var at sum PAH og kvikksølv nå var lavere, men ellers var resultatene forholdsvis like. I 1985 ble det målt færre metaller og kun på St 5, 5A og 6. I forhold til da var kadmiuminnholdet nå høyere på St 5 og 6 og kvikksølvinnholdet lavere. For de andre metallene var det mindre forskjeller.

3.7.3.2 Bunnedyr

Det var stor forskjell i bunnfaunaen på stasjonene i dette området. Det gjenspeiler de hydrografiske forholdene og periodevis lite oksygen i bunnvannet i det helt dypeste av Gandfjord og Riskafjord (Stagnerende bunnvann). I de grunnere områdene er det en mye mer artsrik fauna.

Ved Kalvøy (St 4) var det 28 arter i prøvene og diversiteten var rimelig høy (tilstand *god*) (Tabell 3.7.4). På denne stasjonen er det ikke tatt bunnprøver tidligere. Det er litt uvanlig at slimormer (Nemertini) er den mest tallrike arten i slik sjøbunn, men ellers var det en blanding av arter som er vanlige i uforurensete fjordbunner og noen som trives med mer organisk materiale. Det var et forholdsvis høyt innhold av organisk materiale i sedimentet. Resultatene tyder på at det er en del tilførsel av organisk materiale, men at miljøforholdene kan beskrives som tilfredsstillende.

I det dypeste av Gandsfjord (St 5) var det få arter (Tabell 3.7.4-5). Årsaken er at det periodevis er lite oksygen i bunnvannet. Sammenlignet med 1985 og 1995 (Figur 3.7.13) var det størst likhet med 1985, men diversiteten var som i 1995. På tross av et meget lavt artsantall, ble diversiteten nokså høy og stasjonen fikk SFT tilstand *mindre god*. Denne tilstanden er slik vi vurderer det for god i forhold til de faktiske forholdene. Vurdert ut fra bunnedyrene har tilstanden til stasjonen ikke endret seg, og det er ser ut til at det så vidt eksisterer et stabilt minimum av arter i bunnen. 6 av de syv artene ble funnet i en av grabbprøvene og ett av replikatene fra stasjonen var uten bunnedyr.

Lenger inne i Gandsfjord (St 6 og 7) er det mange flere arter i bunnen, siden oksygenforholdene i bunnvannet er god. Sammenlignet med 1985 og 1995 var det på St 6 færre arter og individer, men diversiteten var noe høyere. Stasjonene fikk tilstand *god* og *meget god*. Ut fra artssammensetningen og antall arter og individer ser det ikke ut til at miljøforholdene har endret seg vesentlig. Det er som tidligere en blanding av arter som indikerer organisk belastning/forurensning og arter som ikke gjør det.

I Riskafjord (St 5A), var det bare 4 arter i prøvene og miljøforholdene i bunnen var dårlige. Dette forklares med lite oksygen i bunnvannet. Resultatene fra 2002 ligner mest på de fra 1985, og var dårligere enn i 1995. Endringene kan skyldes svingninger i oksygeninnholdet og viser at bunnedyrssamfunnet er ustabil. Artene i bunnen var slike som kan trives med høyt organisk innhold og kan raskt kolonisere et område, for eksempel etter at lavt oksygeninnhold tidligere har gjort det ulevelig.

Tabell 3.7.4. Antall arter, individ (pr stasjon 0,4 m² og pr m²), Shannon-Wiener indeks, jevnhetsindeks og Hurlbert (ESn=100). Resultater på “huggnivå” er gitt i vedleggene. Tilstandsklasse er gitt i henhold til SFTs grenseverdier (Molvær *m. fl.* 1997), basert på Shannon-Wiener indeks. Noen prøver kan i noen tilfeller tildeles ulike tilstandsklasser som følge av de to diversitetsberegningene.

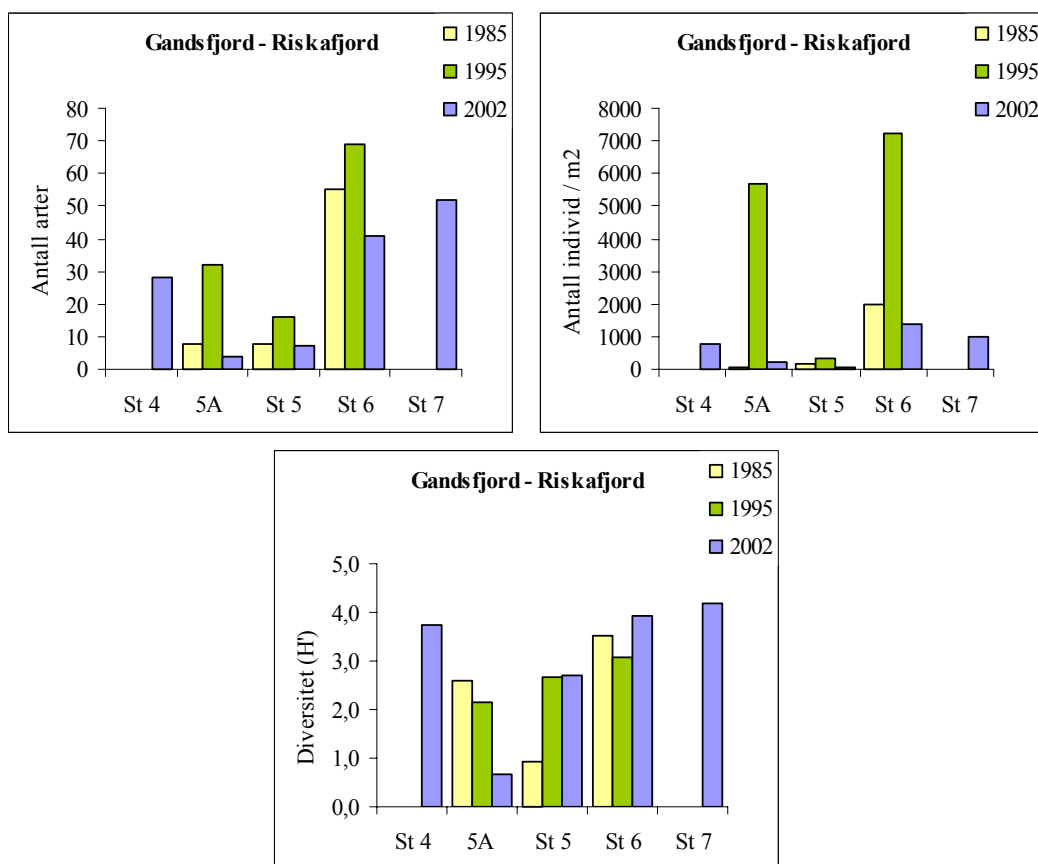
Stasjon	Antall arter	Antall individ pr. stasjon	Antall individ pr m ²	Jevnhets indeks	Hurlbert	Shannon-Wiener indeks	SFT tilstand
St 4-sum	28	303	758	0,78	19,9	3,75	God
St 5-sum	7	12	30	0,96	7,0	2,69	Mindre god
St 6-sum	41	550	1375	0,73	21,6	3,93	God
St 7-sum	52	400	1000	0,73	29,4	4,18	Meget god
St 5A-sum	4	85	213	0,33	4,0	0,66	Meget dårlig

Tabell 3.7.5. Oversikt over de mest tallrike artene (taxa) på hver stasjon i april 2002. Antall individer og % av totalt antall individer i prøven. Tallene baserer seg på sum av fire replikate prøver (4*0,1 m²).

Art – stasjon 4	Antall	% av total	Art – stasjon 5	Antall	% av total
<i>Nemertini indet</i>	80	26,4	<i>Nemertini indet</i>	3	25,0
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	40	13,2	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	2	16,7
<i>Thyasira equalis</i>	25	8,3	<i>Polydora ciliata</i>	2	16,7
<i>Chaetozone setosa</i>	20	6,6	<i>Abra nitida</i>	2	16,7
<i>Mediomastus fragilis</i>	19	6,3	<i>Thyasira sarsii</i>	1	8,3

Art – stasjon 6	Antall	% av total	Art – stasjon 7	Antall	% av total
<i>Nemertini indet</i>	100	18,2	<i>Prionospio cirrifera</i>	106	26,5
<i>Chaetozone setosa</i>	88	16,0	<i>Ophiuroidea juv. indet</i>	68	17,0
<i>Thyasira equalis</i>	74	13,5	<i>Chaetozone setosa</i>	29	7,2
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	45	8,2	<i>Scalibregma inflatum</i>	21	5,3
<i>Polydora ciliata</i>	38	6,9	<i>Nemertini indet</i>	21	5,3

Art – stasjon 5A	Antall	% av total
<i>Capitella capitata</i>	75	88,2
<i>Ophiodromus flexuosus</i>	7	8,2
<i>Prionospio cirrifera</i>	2	2,4
<i>Glycera alba</i>	1	1,2



Figur 3.7.13. Antall arter og individer, samt diversitet på stasjoner i Gandsfjord og Riskafjord i 1985, 1995 og 2002.

3.7.4 Oppsummering: Gandsfjord og Riskafjord

Syv vann- og bunnstasjoner er undersøkt i 2001-02. Fem i Gandsfjord (inkludert fjærestasjon), en ved Kalvøy og en i Riskafjord. Flere andre stasjoner i samme område inngår i undersøkelser for Stavanger og Sandnes kommune. Tidligere undersøkelser har vist at disse områdene er moderat til lite påvirket av miljøgifter, men at innholdet øker inn mot Vågen i Gandsfjord. Miljøproblemene er i første rekke knyttet til naturlig begrenset bunnvannsutskiftning på det dypeste i Gandsfjord og Riskafjord. Dette har vært kjent siden 1970-tallet og gjør at resipientene er sårbare overfor organisk tilførsel.

Overflatevannkvaliteten i 2001-02 tildeles stort sett tilstand *meget god* og *god*. Det var en avtagende gradient utover i Gandsfjord og det viser at det fremdeles er tilførsler fra land innerst i fjorden. Det var også høyest mengde i vannet innerst i fjorden (tilstand *dårlig*) og forhold til lenger ute (tilstand *meget god*). Om sommeren 2002 var det høyere næringssaltinnhold enn i 1995, noe som er et generelt trekk fra alle områder i hele undersøkelsen.

Oksygeninnholdet var tilfredsstillende på de grunneste stasjonene og var bare *dårlig* på det dypeste i Gandsfjord og i Riskafjord. Områdene fikk dermed SFT tilstand *dårlig* og *meget dårlig*. Ut fra undersøkelsene som er gjort tidligere var oksygenforholdene i Gandsfjord og Riskafjord omtrent som før. Det ikke kan måles noen tydelig positiv

effekt av kloakkomlegging, noe som tyder på at det er de naturgitte forholdene som hovedsakelig styrer oksygenforholdene.

Strandsonen ved stasjon B10 ved Lura har vært undersøkt flere ganger tidligere og er plassert nær et nødoverløp. Visuelt sett var miljøforholdene dårlige. Det ble videre bekreftet ved at de ble funnet få arter i fjæren. Dette skyldes en kombinasjon av habitatets beskaffenhet, ferskvannspåvirkning og dårlige miljøforhold (forurensing).

I forhold til SFTs klassifisering av det organiske innholdet fikk stasjonene tilstand *meget dårlig* og *mindre god* (Gandsfjord, St 5). Det var ingen av sedimentene som var sterkt forurenset av metaller og innholdet av miljøgifter var nokså jevnt mellom stasjonene. Dette viser at det ikke er punktutslipp som påvirker stasjonene, men at de gjenspeiler de mer generelle forholdene. De fleste stasjonene fikk beste tilstandsklasse når det gjelder metaller. Bly- og sølvinnholdet tilsvarte *moderat forurenset* samt kadmiuminnholdet på St 4 (Kalvøy) og 5A (Riskafjord). Det var mer av de organiske miljøgiftene, hvor prøvene fikk tilstand *moderat* til *markert forurenset* (ikke PCB på St 4). To positive trekk i forhold til i 1995, var at sum PAH og kvikksølv nå var lavere, men ellers var resultatene forholdsvis like.

Ved Kalvøy viser resultatene at bunnen var påvirket av tilførsel av organisk materiale, men at forholdene generelt sett var tilfredsstillende. Antall bunndyrsarter var moderat og det var tegn i faunaen på at organisk tilførsel påvirket artssammensetningen. På det dypeste av Gandsfjord og Riskafjord var det meget få arter i bunnen. Dette skyldes at det er lite oksygen i bunnvannet. Resultatene viser ikke at forholdene var verre enn tidligere, men de lignet mer på 1985 enn 1995. På stasjonene lenger inne i Gandsfjord var artsantallet normalt høyt og stasjonene fikk SFT tilstand *god* og *meget god*.

4 Referanser

- Berge, J.A., A. Fagerhaug (Noteby) & B. Rygg 2000. *Marine investigations in Risavika 2000*. NIVA rapport. Løpe nr. 4301-2000. 37 pp.
- Bokn, T., T.M. Johnsen, J. Knutzen, E. Lømsland, F. Moy, K. Nygaard & B. Rygg 1996. *Resipientundersøkelser 1995 i sjøområdene rundt Stavangerhalvøya*. NIVA rapport 3493-96. 127 s + 3493A-96 (vedlegg).
- Bokn, T., J. Molvær & B. Rygg 1986. *Overvåking av Gandsfjorden, Riskaffjorden og Byfjorden, Stavanger 1985*. NIVA rapport O-84138.
- Bray, J.R. & J.T. Curtis 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecological Monographs* 27:325-349.
- Buchanan, J. B. 1984. Sediment analysis. Methods for the study of marine benthos. N. A. Holme and A. D. McIntyre. Oxford, Blackwell Scientific Publications: 41-65.
- Byveterinæren 1983. Vannovervåking av Hafstrøfjord 1977-1982. Sluttrapport. Byveterinæren i Stavanger.
- Clarke, K.R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. - *Australian Journal of Ecology* 18:117-143.
- Clarke, K.R. & R.N. Gorley 2001. PRIMER (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research) v5; User Manual/Tutorial. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth. England.
- Clarke, K.R. & R.M. Warwick 1994. Similarity-based testing for community pattern: the two-way layout with no replication. - *Marine Biology* 118:167.
- Dragsund, E. & K. Sivertsen 1992. Basisundersøkelse i Håsteindsfjorden Del 7 – Gruntvannssamfunn. - *OCEANOR-rapport* 64550. 38 s.
- EU 2000. Directive of the European Parliament and of the Council 2000/60/EC establishing a framework for community action in the field of water policy. 62 s. + 88 s. vedlegg.
- Field, J. G., Clarke, K. R., & R. M. Warwick 1982. A Practical Strategy for Analysing Multispecies Distribution Patterns. *Marine Ecology Progress Series*, 8, 37-52.
- Gjerstad, K.O., Aas, E. & J. Frydenlund 2001. *Miljøgifter i fisk, skalldyr og sediment i havneområder og fjorder i Rogaland 1999-2000*. NMT report no. 2001/5. SFT rapport nr. 839/01. RF rapport nr. 2001/294. (Open).
- Gray, J.S., M. Aschan, M.R. Carr, K.R. Clarke, R.H. Green, T.H. Pearson, R. Rosenberg & R.M. Warwick 1988. Analysis of community attributes of the benthic macrofauna of Frierfjord/Langesundfjord and in a mesocosm experiment. - *Marine Ecology Progress Series* 46:151-165.
- Hurlbert, S.H. 1971. The nonconcept of species diversity: A critique and alternative parameters. - *Ecology* 52:577-586.
- Kain, J.M. 1971. Synopsis of biological data on *Laminaria hyperborea*. *Fisheries Synopsis* 87:1-68.
- Källquist, T., J. Molvær, E. Oug, D. Berge, T. Tjomsland & S.S. Johansen 2002. *Implementation of the Urban Waste Water Directive in Norway – An Evaluation of the Norwegian Approach regarding Wastewater Treatment*. NIVA rapport. Rapp no 21195. Serie no 1166-2001. 70 s.
- Kjos-Hansen, B. & K. Staveland 1979. Overvåking av fjordsystemene rundt Stavangerhalvøya 1977-1979- Rapport 1B og 2B 1979. Byveterinæren i Stavanger. 55s.
- Klaveness, D., 1984. Klorofyll a. I: Vennerød, K. (red.), *Vassdragsundersøkelser. En metodebok i limnologi*. Norsk Limnologforening, Universitetsforlaget: 127-131.
- Magurran, A.E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. - (red. - Croom Helm, London. 179.
- Moen, 2001. Undersøkelse av forurensning av sedimentene i Stavanger interkommunale havn. 92 s. + vedlegg.

- Moy, F., J. Aure, E. Dahl, N. Green, T. Johnsen, E. Lømsland, J. Magnusson, L. Omli, E. Oug, A. Pedersen, B. Rygg & M. Walday 2002. Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. 10-års rapport 1990-1999. Statens Forurensningstilsyn, TA-1883/2002, Oslo. 136 s.
- Moy, F. E., S. Fredriksen (UiO), J. Gjøsaeter (HFF), S. Hjøhlman (UiB), T. Jacobsen, T. Johannessen (HFF), T. E. Lein (UiB), E. Oug & Ø. F. Tvedten (UiB) 1996. *Utredning om benthossamfunn på kyststrekningen Fulehuk - Stad*. NIVA rapport. Løpe nr. 3551-96. 84 pp
- Molvær, J., J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei & J. Sørensen 1997. *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann*. SFT Veiledning 97:03. Statens Forurensningstilsyn, TA-1467/1997, Oslo. 36 s.
- Myhrvold, A. U., O. I. Forsberg & Å. Mølversmyr 1997. *Samlerapport for Rogaland 1996. Forurensningsundersøkelser i sjøområder*, RF-Rogalandsforskning. RF-96/245. Versjon 2, datert 14.10.97. 138 s.
- Ness, L.M., E. Bjørnbom & T. Møskeland 2003. *Kartlegging av miljøgifter i Bangarvågen og Vågen i Stavanger havn*. Det Norske Veritas rapport nr 2003-0067.
- NS 4724:1984. *Vannundersøkelse - Bestemmelse av fosfat/Water analysis - Determination of phosphate*. Norsk Standard 1984.
- NS 4725:1984. *Vannundersøkelse - Bestemmelse av totalfosfor - Oppslutning med peroksidisulfat/Water analysis - Determination of total phosphorus - Digestion by peroxodisulphate*. Norsk Standard 1984.
- NS 4743:1993. *Vannundersøkelse - Bestemmelse av nitrogen etter oksidasjon med peroksidisulfat/Water analysis - Determination of total nitrogen after oxidation by peroxodisulphate*. Norsk Standard 1993.
- NS 4745:1991. *Vannundersøkelse - Bestemmelse av summen av nitritt- og nitrat-nitrogen/Water analysis - Determination of the sum of nitrite nitrogen and nitrate nitrogen*. Norsk Standard 1991.
- NS 4764:1980. *Vannundersøkelse - Tørrstoff og gløderest i vann, slam og sedimenter* Norsk Standard 1980.
- NS 4770:1994. *Vannundersøkelse - Bestemmelse av metaller ved atomabsorpsjons- spektrofotometri i flamme - Generelle prinsipper og retningslinjer*. 2.utg, Norsk Standard 1994.
- NS 9420:1998. *Retningslinjer for feltarbeid i forbindelse med miljøovervåking og -kartlegging*. Norsk Standard 1998. 9 s.
- NS 9422:1998. *Retningslinjer for sedimentprøvetaking i marine områder*. Norsk Standard 1998. 11 s.
- NS 9423:1998 *Retningslinjer for kvantitative analyser av sublitoral bløtbunnsfauna i marint miljø*. Norsk Standard 1998. 16 s.
- NS-ISO 5813:1993. *Vannundersøkelse - Bestemmelse av oppløst oksygen - Iodometrisk metode - (= EN 25813:1992) (ISO 5813:1983)*. Norsk Standard 1993.
- Pielou, E. C. 1966. Species-diversity and pattern-diversity in the study of ecological succession. - *Journal of Theoretical Biology* 10: 370-383.
- Paasche, E. 1991. *Forelesninger i marin biologi, botanisk del*. Ny utgave. Forelesningshefte. Universitetet i Oslo 98. s.
- Regionplankontoret for Jæren, 1979. Resipientundersøkelser av fjordene rundt Stavangerhalvøya. 127 s.
- SFT 1997a. *The Norwegian North Sea Coastal Water. Eutrophication. Status and trends*. SFT ekspertgruppe. H.R. Skjoldal m. fl.
- SFT 1997b. *Kyststrekningen Jomfruland Stad. Vurdering av eutrofitilstand*. SFT ekspertgruppe. NIVA 1997. ISBN 82-577-3197-8.
- SFT 2001. *Vurdering av konsekvenser av å innføre Europaparlamentets og Rådets direktiv 2000/60/EF. Om fastleggelse av en ramme for fellesskapets vannpolitikk*. Direktorat gruppe, ledet av SFT. Datert 5.10.01.
- SFT 2002a. *Forslag til forskrift om utslipp av avløpsvann (avløpsforskriften)*. Revidert 06.05.02. 11 s.

- SFT 2002b. *Vurdering av konsekvenser av forslag til ny implementering av EUs avløpsdirektiv og forslag til en fellesforskrift for avløpssektoren*. Datert 30.04.02. 26 s.
- Shannon, C. E. & W. Weaver 1963. *The mathematical theory of communication*, University of Illinois Press, Urbana.
- Simensen, T. & S. Stene Johansen 1966. En resipientundersøkelse av Gannsfjorden og Hafrsfjord 1964/65. NIVA rapport O-11/64.
- Stauffer, R.E., G.F. Lee & D.E. Armstrong 1979. Estimating chlorophyll extraction biases. *J. Fish. Res. Board Can.* 36: 152-157.
- Stokland, Ø. 1985. Resipientundersøkelse Hafrsfjord og Vistevika 1984 – 1985. – AVF 4/85 del I og II. Åpen rapport. Rogalandsforskning. 31 og 24 sider.
- Stokland, Ø. 1986. Resipientundersøkelse I Risavika 1986. – SAV 1/86. Åpen rapport. Rogalandsforskning.
- Stokland, Ø., K. Tangen, E. Dragsund & K. Sivertsen 1992. Basisundersøkelse i Håsteinsfjorden – sammendrag av de enkelte delundersøkelser. –OCN R-92076. ISBN 82-7427-093-2. Oceanor 23 s.
- Tangen, K. 1992a. Basisundersøkelse i Håsteinsfjorden Del 1 - Hydrografi og oksygen. –OCN R-92076. ISBN 82-7427-085-1. Oceanor 16 s.
- Tangen, K. 1992b. Basisundersøkelse i Håsteinsfjorden Del 2 – Planktonalger og næringssalter. – OCN R-92076. ISBN 82-7427-087-81. Oceanor 17 s.
- Tvedten, Ø.F. 2000. *Resipientundersøkelse utenfor et smoltanlegg ved Hestå, Sandnes kommune*. Rogalandsforskning. Rapport. RF-2000/020. 18 s. Tvedten, Ø.F. 2001. *Langtidsovervåking av to resipienter i Rogaland. Resultater fra 1999 og 2000*. RF-Rogalandsforskning. RF-2001/037. 24 s +vedlegg.
- Tvedten, Ø.F. 2003. *Langtidsovervåking av to resipienter i Rogaland. Resultater fra 2001 og 2002*. RF-Rogalandsforskning. RF-2003/xxx, under utarbeidelse.

5 Vedleggsoversikt

Vedlegg 1. Resultater fra hydrografimålinger

Vedlegg 2. Resultater fra vannanalyser, usikkerhet i vannanalyser

Vedlegg 3. Resultater fra strandsonundersøkelser.

Vedlegg 4. Sedimentanalyser

Vedlegg 5. Bunnfauna, artsliste, de mest tallrike artene.

Vedlegg 6. Noen forklaringer til ord og uttrykk.

VENNLIGST MERK AT DENNE PDF-VERSJONEN AV RAPPORTEN ER UTEN VEDLEGG.
HENVEND TIL RF ELLER IVAR FOR FULLSTENDIG RAPPORT.

Vedlegg 6 Noen ord og uttrykk

- Abiotisk** – ikke biologisk.
- Aerob** – som kan leve i nærvær av molekylært oksygen.
- Anaerob** – organismer som kan leve og vokse uten nærvær av molekylært oksygen.
- Anoksisk** – uten oksygen, oksygenfritt.
- Antropogen** – av menneskeskapt opprinnelse.
- Aromater** – organiske forbindelser hvor karbonatomene er bundet til hverandre i ring(er) og annenhver binding er en dobbeltbinding.
- Artsidentifisering** – taksonomi, bestemme identiteten (navn) på et individ.
- Artsmangfold** - et mål på antall arter (artsrikdom) en prøve eller et område.
- Autotrof** – brukes om organismer som kan leve utelukkende av uorganiske forbindelser, eksempelvis fotosyntetiske grønne alger og planter.
- Avløpsvann** – kan være en blanding av vann fra husholdning, industri og overflateavrenning.
- BaP** – Benzo (a) pyren, fem ring struktur av PAH
- Benthos** – organismer som lever på eller i havbunnen.
- Biogen** – av biologisk opprinnelse (brukes særlig i forbindelse med partikler og sedimenter).
- BOF** - (Biokjemisk oksygenforbruk), et mål på oksygenforbruk ved biokjemisk nedbrytning av organisk materiale. Oppgis for eksempel som mg O₂ pr liter.
- Brakkvann** – sjøvann som er iblandet ferskvann, saltholdighet under ca 20.
- Bunnfauna** – dyr som lever på eller i sjøbunnen.
- Børstemark** – mark som har børster på kroppen. Deles inn i mangebørstemark (polychaeter) som har mange børster på kroppen og fåbørstemark (oligochaeter). Mangebørstemark er vanligst i sjøvann og vi omtaler derfor mangebørstemark ofte som bare børstemark.
- CTD sonde** – instrument som måler konduktivitet (ledningsevne for strøm) og temperatur (Conductivity Temperature Density). Resultatene brukes til å beregne saltholdighet og vannets tetthet (Density).
- Deteksjonsgrense** – den laveste verdien som kan påvises med metoden.
- Detritus** – dødt partikulært materiale av biologisk eller ikke biologisk opprinnelse.
- Diversitet** – arts mangfold, et mål på antall arter i en prøve eller et område.
- Ekskresjon** – utskillelse av stoffer i forbindelse med cellers stoffskifte.
- Eufotisk** – der det er godt med lys. Eufotisk sone er vanddyb hvor det er primærproduksjon.
- Eutrofi-effekt** – virkning av økt næringssalttilførsel (f. eks. økt algevekst)
- Eutrofiering** – overgjødning.
- Finfraksjon** – brukes her om partikler som er mindre enn 0,063 mm, det vil si leire og silt.
- Fotosyntese** – oppbygging av energirike organiske stoffer ved å bruke lys som energikilde – finnes bare hos organismer som inneholder klorofyll a.
- Glødetap** – vektreduksjon av en prøve etter forbrenning. Et mål på innhold av organisk materiale.
- H₂S** – se hydrogensulfid.
- Heterotrof** – brukes om organismer som trenger organiske stoffer som energikilde, eksempelvis alle dyr, sopp og de fleste bakterier.
- Hydrogensulfid** – (dihydrogensulfid, H₂S). Farveløs og meget giftig gass. Dannes ved reduksjon av sulfat til sulfid, i fravær eller mangel på oksygen. H₂S tyder på at miljøet er uten oksygen.
- Hydrografi** – den del av oceanografien (læren om havet) som beskriver havvannets fysiske og kjemiske forhold.
- Hydroider/hydrozoer** – nesledyr som er i slekt med for eksempel maneter.
- Hydrokarboner** – organiske stoffer som består utelukkende av karbon- og hydrogenatomer. Det enkleste er metan, CH₄. De viktigste finnes i jordolje.
- Isolinje** – linje som forbinder punkter med samme verdi.
- Isoplet** – grafisk fremstilling av isolinjer.
- Juvenil** – ung (juvenile – engelsk: ungdom) , brukes om unge individ av dyr eller planter.
- Klorofyll** – grønne pigmenter (fargestoff) i fotosyntetiske organismer.
- Koeffisient** – betegnelse på en tallfaktor som står foran et matematisk uttrykk eller en del av det.
- KOF** - (kjemisk oksygenforbruk) mengde oksygen som forbrukes ved kjemisk nedbrytning av organisk materiale.
- Kvantitativt** – uttrykk for en fast mengde, antall, eller størrelse, -finne mengden av ulike stoff i en sammensatt forbindelse. Her i rapporten: Kvantitative bunnprøver. Prøven skal inneholde alle dyrene som var i bunn materialet (arealet) som grabben skulle ta prøve av. Se kvalitativt.
- Kvalitativt** – uttrykk for kvaliteten. For eksempel finne hva slags forbindelser som finnes i et sammensatt stoff. Ikke avhengig av mengdene av hvert stoff.
- Leire** – uorganiske partikler som er mindre enn 0,002 mm (< 2 μm)
- Makrobenthos** – bunnlevende organismer med diameter større enn 0,5 mm.
- Marin** – det som har med havet å gjøre, Latin *mare*, havet.

- MDS** - Multi Dimensional Scaling. En type multivariat analyse.
- Multivariate metoder** – her brukt om matematiske metoder som sammenligner og gir likheter og sammenhenger mellom mange ulike prøver og prøveparametre.
- Næringsalter** – stoffer som brukes av alger og planter, eksempelvis, nitrogen, fosfor og silisium.
- Nødoverløp** – utslippspunkt for avløpsvann, når ordinært ledningsnett ikke benyttes eller har for liten kapasitet (for eksempel ved mye overflatevann, regn).
- Organisk** – av biologisk opprinnelse, eller biologisk materiale. Inneholder karbon.
- Organisk materiale** – organisk stoff, av biologisk opprinnelse.
- Oseanografi** – vitenskapene som angår havet.
- PAH** – (Polyaromatiske hydrokarboner), eller tjærestoffer, er en gruppe forbindelser som består av 2 til 6 aromatiske benzen ringer.
- Parameter** – konstant i en ligning (se koeffisient). Representerer ofte variable som man velger en konstant verdi for som ledd i en forenkling av en matematisk modell. Brukes her også som en betegnelse på en type egenskap som kan observeres, måles eller beregnes, for eksempel nærings salt.
- PCB** (polyklorerte bifenyler) er også blitt analysert i denne undersøkelsen. Dette er forbindelser som har blitt brukt i blant annet transformatorer, kjøle(apparat), maling. På grunn av ekstrem lav nedbrytbarhet og giftighet overfor organismer, er PCB regnet som en av de verste miljøgiftene. De er nå mer eller mindre faset ut av bruk i Norge.
- pe** – **person ekvivalent** er nå definert som den mengde organisk stoff som brytes ned biologisk med et biokjemisk oksygenforbruk målt over fem døgn, BOF₅, på 60 g oksygen per døgn (avløpsforskriften, SFT 2002). Tidligere var 1 pe knyttet til stofftilførsler fra 1 person. Nå er det vanlig å regne 1,5 personer per 1 pe. I tillegg til BOF (Biokjemisk oksygenforbruk) finnes det blant annet verdier for hvor stor tilførsel av nitrogen og fosfor pr år det er pr pe.
- Pelagisk** – som er tilknyttet de frie vannmasser (ikke bunnen).
- Planktonisk** – angår frittlevende organismer som har så liten svømmeevne at de er prisgitt vannstrømmene.
- Resipient** – vannforekomst som mottar tilførsler av antropogen (menneskeskapt) opprinnelse. Begrepet brukes ofte i forbindelse med forurensninger, f. eks. ved utslipp av kommunalt avløpsvann eller prosessvann fra industri.
- Populasjon** – den samlede mengden av organismer av én art innenfor et gitt område.
- Primærproduksjon** – produksjon av biologisk materiale fra fotosyntetiserende organismer.
- Primærrensing** - oppnås dersom BOF₅-verdien i avløpsvannet reduseres med minst 20 % i forhold til det som blir tilført og den samlede mengde suspenderte stoffer, SS, reduseres med minst 50 % i forhold til det som blir tilført renseanlegget, eller ikke overstiger 60 mg/l ved utslipp (avløpsforskriften, SFT 2002). Utslipp som kun går gjennom grove siler eller helt ubehandlet kalles direkte utslipp. Dersom utslippet går gjennom siler med spalteåpning på 1 mm og/eller slamavskiller kan primærrensingskravet bli tilfredsstillt, men det er ikke alltid tilfelle.
- Salinitet** – saltholdighet.
- Sediment** – bunnslam, det som ligger på sjøbunnen
- Sedimenter/sedimentasjon** – partikler som synker ut fra vannmasse og til bunn
- Sekundærrensing** - oppnås dersom: 1) BOF₅-verdien i avløpsvannet reduseres med minst 70 % i forhold til det som blir tilført renseanlegget eller overstiger 25 mg O₂/l ved utslipp, og 2) KOF_{cr}- verdien (KOF- Kjemisk oksygenforbruk) i avløpsvannet reduseres med minst 75 % forhold til det som blir tilført renseanlegget eller overstiger 125 mg O₂/l ved utslipp (avløpsforskriften, SFT 2002). I tillegg anbefales det at SS-verdien (suspendert stoff) for det tilførte vannet reduseres med 90 % før utslipp, eller ikke overstiger 35 mg/l etter rensing.
- Silt** – uorganiske partikler som er større enn 0,002 mm (< 2 µm) og mindre enn 0,063 mm (<63 µm).
- Standard avvik** – et matematisk mål på variasjon/forskjeller mellom en serie med tall.
- Sublittoral** – dypere en lavvannsmerket.
- Taksa/taxa** (taxon) – en gruppe beslektede organismer
- Terrestrisk** – som angår landjorden.
- Terrigen** – som stammer fra landjorden.
- Terskel** – undersjøisk rygg som avgrenser et vannbasseng.
- Tertiærrensing** - knyttes opp mot prosentvis fjerning av nærings saltene nitrogen og fosfor, samt krav til utslippskonsentrasjoner av stoffene etter rensing.
- Tetthet** – tyngde på vannet. Sjøvannets tetthet (masse pr volum) er oppgitt som σ_t og 1000 kg må legges til for å få tyngde i kg pr m³. I våre farvann kan en forenklet si at tettheten øker med økende saltholdighet og trykk, og avtagende temperatur (ned mot frysepunktet).
- THC** – (Total hydrokarbon) et mål på det totale innhold av hydrokarboner, uten å skille mellom hvilke komponenter som inngår.
- TN** – total nitrogen, et mål på mengde nitrogen i en prøve.
- TOC** – totalt organisk karbon, et mål på innhold av organisk materiale
- Toksisk** – giftig

Topografi – beskrivelse av terrengets fasong, i havet bunntopografi.

Uorganisk – inneholder ikke karbon (unntak karbonoksider), ”ikke biologisk”.

SFT 2002a. *Forslag til forskrift om utslipp av avløpsvann (avløpsforskriften)*. Revidert 06.05.02. 11 s.