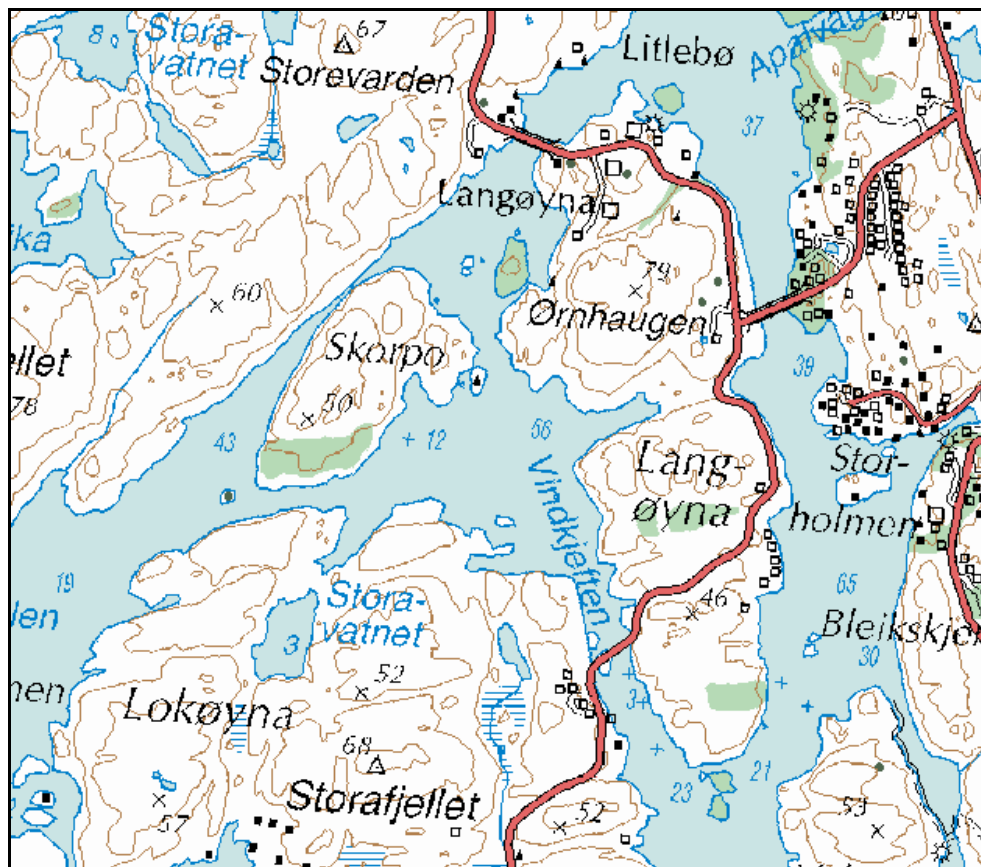


MOM C-resipientundersøkelse av Søre Langøyosen i Fjell kommune.



Rådgivende Biologer AS

784



Rådgivende Biologer AS

RAPPORTENS TITTEL:

MOM C-resipientundersøkelse av Søre Langøyosen i Fjell kommune.

FORFATTERE:

Bjarte Tveranger, Erling Brekke og Geir Helge Johnsen

OPPDRAKSGIVER:

Konrad Sekkingstad AS, 5357 Fjell

OPPDRAGET GITT:

november 2004

ARBEIDET UTFØRT:

2004

RAPPORT DATO:

10. mars 2005

RAPPORT NR:

784

ANTALL SIDER:

23

ISBN NR:

ISBN 82-7658-419-5

EMNEORD:

- Oppdrettslokalitet i sjø
- MOM C-resipientundersøkelse
- Fjell kommune

SUBJECT ITEMS:

RÅDGIVENDE BIOLOGER AS
Bredsgården, Bryggen, N-5003 Bergen
Foretaksnummer 843667082-MVA
www.radgivende-biologer.no
Telefon: 55 31 02 78 Telefax: 55 31 62 75 E-post: post@radgivende-biologer.no

FORORD

Rådgivende Biologer AS har på oppdrag fra Konrad Sekkingstad AS v/John Sekkingstad utført en MOM C-resipientundersøkelse av oppdrettslokaliteten Giljeholmen med den tilhørende resipienten Søre Langøyosen i Fjell kommune. Lokaliteten er i dag midlertidig godkjent for et oppdrettsvolum på 6 000 m³ fram til 31. desember 2005 (Fiskeridirektoratets havbruksregister). Fylkesmannen i Hordaland har i utslippstillatelsen på 6 000 m³ datert 9. februar 2001 (ikke tidsavgrenset) stilt som krav at det gjennomføres en resipientundersøkelse hvert tredje år der første gangs rapportering skulle vært gjort innen 1. juli 2004.

Denne rapporten presenterer resultatene fra undersøkelsen, som inkluderer innsamling av vannprøver og sediment, samt innsamling av bunndyr i det aktuelle området den 22. november 2004. De innsamlete sedimentprøvene og vannprøvene er analysert ved Chemlab Services AS, bunndyrprøvene er sortert av Christine Johnsen og artsbestemt ved Lindesnes Biolab av cand.scient. Inger Dagny Saanum, mens kornfordeling i sedimentet er analysert ved M-Lab AS i Stavanger.

Rådgivende Biologer takker for lån av båt og assistanse i forbindelse med gjennomføringen. Til slutt en takk til John Sekkingstad for oppdraget.

Bergen, 10. mars 2005

INNHOLDSLISTE

Forord og innholdsliste	2
Sammendrag	3
Innledning	4
Område- og lokalitetsbeskrivelse	7
Metode	9
Miljøtilstanden våren 2004	12
Diskusjon	18
Referanser	23

SAMMENDRAG

Tveranger, B., E. Brekke & G. H. Johnsen 2005.

MOM C-resipientundersøkelse av Søre Langøyosen i Fjell kommune.

Rådgivende Biologer AS, rapport 784, 23 sider, ISBN 82-7658-419-5

På oppdrag fra Konrad Sekkingstad AS utførte Rådgivende Biologer AS en miljøundersøkelse på lokaliteten Giljeholmen og i resipienten i Søre Langøyosen 22. november 2004. MOM C-undersøkelsen i resipienten er utført etter Norsk Standard 9410, 9422 og 9423.

Anlegget ved Giljeholmen ligger i tilknytning til et terskelområde, hvorav Giljesundet som ligger mellom Søre og Nordre Langøyosen har det største terskeldypet på 12 meter. Selve anlegget ligger i tilknytning til den delen av resipienten hvor det er relativt gode strøm- og utskiftingsforhold året rundt. Lokaliteten er godkjent for et volum på 6000 m³ der 3000 m³ av disse består av et merdanlegg med seks merder som ligger over et dyp på omtrent 10 - 27 meter, og 3000 m³ utgjør et avstengt naturlig basseng på innsiden av Giljeholmen. Dette bassenget varierer mellom 9 meters dyp i sør-vest og 4-5 meter i nord-øst, og vannstrømmen herfra går mot nordøst og til Giljesundet.

Ved resipientundersøkelsen ble det samlet inn prøver ved tre steder i Søre Langøyosen; ved det dypeste, ved merdanlegget og mellom. Overflatevannkvaliteten på alle tre stedene tilsvarte SFTs tilstand I="meget god" for alle nærings saltene. På begge stedene ute i Søre Langøyosen var det sterkt sedimenterende forhold, og sedimentet var finkornet (henholdsvis 55,9 og 55,5 % silt+leire) med et lavt tørrstoffinnhold (henholdsvis 15,8 og 15,56 %) og svært høyt glødetap (henholdsvis 34,5 og 37 %), tilsvarende et (normalisert) TOC innhold på henholdsvis 145,9 og 456 mg C/g (SFTs tilstandsklasse V = "meget dårlig"). Det ble heller ikke funnet dyr på de to dypeste stedene ute i resipienten, og dette tilsvarer SFTs tilstandsklasse V = "meget dårlig". Sedimentet helt inntil anlegget var imidlertid grovkornet (6,1 % silt+leire) med et relativt høyt tørrstoffinnhold (52,6 %) og normalt glødetap (6,7 %). Bunnfaunaen tilsvarte miljøtilstand 2= "moderat påvirket" etter NS 9410. Det var mye dyr og en høy biologisk aktivitet i sedimentet ved anlegget. Kobberinnholdet var 120 mg Cu/kg og sinkinnholdet 260 mg Zn/kg, hvilket tilsvarer SFTs' tilstandsklasse II = "moderat forurenset" for begge tungmetallene på dette stedet.

Oppdrettsanlegget ved Giljeholmen ligger ikke over dypvannsområdet i Søre Langøyosen, og den umiddelbare miljøpåvirkningen fra anlegget er i all hovedsak helt lokal. Her er relativt gode strøm- og utskiftingsforhold året rundt, alik at mesteparten av det organiske materialet fra anlegget vil bli omsatt og omdannet her. I resipientens dypområder er tilstanden "dårlig" fra naturens side, og det er ikke funnet noen sammenheng mellom årlig produksjon ved anlegget og miljøforholdene i resipientens dypeste områder. Så selv om det ikke kan utelukkes at noe av belastningen finner veien til dypområdene, har dette liten påvirkning på tilstanden her.

Denne undersøkelsen bekrefter de samme forhold som tidligere undersøkelser. Undersøkelsene i perioden 1988 - 2004 viser relativt konstante miljøforhold i resipienten uavhengig av omfang av driften ved Giljeholmen. Det oppstår oksygenfrie forhold i det dypeste i resipienten hvert år og hvert år forekommer det en fullstendig bunnvannsfornyning. Sedimenkvaliteten i dypområdet er konstant dårlig over tid med finkornet sediment med høyt glødetap, karbon- og nitrogeninnhold, og der er ikke levelige forhold for dyr. Denne og tidligere undersøkelser med beregninger viser at de dårlige forholdene i resipienten i Søre Langøyosen skyldes naturgitte forhold. Driften av anlegget påvirker således dypområdet lite, og miljøforholdene ved anlegget er så pass gode at mesteparten av tilførselene omsettes lokalt under anlegget og i anleggets nærområde. Denne konklusjonen underbygges av tidligere rapporter (Johnsen 1988, Johannessen og Botnen 1990, Bakke 1991, Botnen m. fl. 1993, Johnsen 1994 og 1997).

INNLEDNING

Valg av lokalitet har etter hvert blitt en kritisk suksessfaktor for å oppnå vellykket driftsresultat all den tid det i de senere årene har gått mot en stadig større konsentrasjon av volum og biomasse pr lokalitet. Dette stiller større krav til strømforhold og dybde på lokaliteten, bunntopografi, samt lokaliteten og området rundt sin evne til å omsette det tilførte materialet fra anlegget. Det er et mål at oppdrettsaktiviteten ikke skal påføre det ytre miljø skade og påvirkning utover det som er akseptert i etablerte standarder og normer for næringen, slik som blant annet definert i NS 9410, Miljøovervåking av marine matfiskanlegg.

Minimumsbehovet for strøm i et anlegg er avhengig av temperaturen i sjøen, årstid, fiskemengde i anlegget, føringen, tetthet i merdene, dybde på nøtene, om nøtene er rene, anleggets plassering i forhold til strømretning, osv. For lite strøm medfører oksygensvikt samt opphoping av ammoniakk ut over anbefalte grenseverdier i merdene. Spesielt kritiske perioder har en om sommeren og et stykke utover høsten (ut september) med høy temperatur i sjøen kombinert med lite oksygen tidlig om morgenen før algeblomstringen starter (oksygen blir forbrukt av algene i mørket).

LOKALITETSTYPER

Oppdrettslokaliteter og sjøresipienter langs kysten av Vestlandet kan generelt deles i fire hovedtyper: *1) Fjorder og poller*, *2) strømsund*, *3) vik og bukter* eller *4) åpne sjøområder*. Disse forskjellige områdetypene skiller seg fra hverandre på grunnlag av topografiske forhold, noe som medfører at vannmassene har forskjellige utskiftings- og sjiktingsforhold på de ulike dyp. Dette er avgjørende for de lokale sedimentasjonsforholdene, noe som blir lagt vekt på ved vurdering av resipientforhold og lokal påvirkning av eventuelle utslipp til de ulike typene sjøområde. På steder med god "overflatestrøm" og dermed stor vannutskifting i overflatevannmassene, vil tilførsler av oppløst næringsstoff raskt bli ført bort. Tilførsler av organisk stoff synker ned og vil sedimentere avhengig av strømforholdene lenger nede i vannsøylen. Vi snakker da om "spredningsstrøm" i vannmassene under overflaten, og denne er avgjørende for om tilførsler vil påvirke lokalitetene.

Fjorder og poller er pr. definisjon skilt fra de tilgrensende utenforliggende sjøområdene med en terskel i munningen/utløpet. Dette gjør at vannmassene innenfor ofte er sjiktet, der dypvannet som er innestengt bak terskelen, kan være stagnerende, mens overflatevannet hyppig blir skiftet ut fordi tidevannet to ganger daglig strømmer fritt inn og ut. I de store fjordene vil dypvannet utgjøre svært store volum, og dypene kan være på mange hundre meter.

I det stabile dypvannet innenfor tersklene i fjordene i slike sjøbasseng, er tettheten vanligvis større enn i det daglig innstrømmende tidevannet, og her foregår det to viktige prosesser. For det første blir oksygenet i vannmassene jevnt forbrukt på grunn av biologisk aktivitet knyttet til nedbryting av tilført organisk materiale. For det andre skjer det en jevn tetthetsreduksjon i dypvannet på grunn av daglig påvirkning fra det inn- og utstrømmende tidevannet. Dersom munningen er kanalformet, vil det inn- og utstrømmende tidevannet kunne få en betydelig fart, og påvirkningen på de underliggende vannmassene vil kunne bli stor. Når tettheten i dypvannet har blitt så lav at den tilsvarer tettheten til tidevannet, kan dypvannet bli skiftet ut med tilførsel av friskt vann helt til bunns i bassenget. Utskifting av dypvannet kan også skje vinterstid. Når tyngre og saltere vannmasser kommer nærmere overflaten i sjøområdene langs kysten, fordi ferskvannspåvirkningen til kystområdene da er liten og brakkvannslaget blir tynnere, vil dette tyngre vannet kunne bidra til fullstendig utskifting av dypvannet innenfor terskelen, dersom det kommer opp over terskelnivå. Hyppigheten av slike utskiftninger avhenger i stor grad av dypet til terskelen, - dess grunnere terskel, dess sjeldnere har man utskiftninger av denne typen.

I slike innestengte dypvannsområder, som altså finnes naturlig i alle fjorder under terskelnivået til fjorden, vil balansen mellom disse to nevnte prosessene avgjøre miljøtilstanden i dypvannet. Dersom oksygenforbruket er stort grunnet store tilførsler, slik at oksygenet blir brukt opp raskere enn tidsintervallet mellom dypvannsutskiftingene, vil det oppstå oksygenfrie forhold med danning av hydrogensulfid i dypvannet. Under slike forhold er den biologiske aktiviteten mye lavere, slik at nedbryting av organisk materiale blir sterkt redusert. Motsatt vil man hele tiden ha oksygen i dypvannet dersom oksygenforbruket i dypvannet enten er lavt eller tidsintervallet mellom dypvannsutskiftingene er kort. Det er utviklet modeller for teoretisk beregning av balansen mellom disse to forholdene (Stigebrandt 1992).

Strømsund omfatter ofte trange, nesten kanal-lignende nord-sør gående områder der tidevannsstrømmen periodevis er svært sterk. Dersom slike strømsund er grunne, vil man kunne ha en fullstendig utskifting av vannmassene helt til bunns, men vanligvis er det mindre sterk strøm nedover i dypet. Det vil imidlertid bare være høye strømhastigheter i avgrensede tidsperioder, og innimellom tidevannsstrømmen vil det kunne være strømstille. Grunne strømsund vil vanligvis ha en svært god resipientkapasitet, fordi selv betydelige tilførsler vil bli spredd utover store områder, mens dypere strømsund vil ha sedimenterende forhold i dypet i de periodene vannhastigheten er mindre. Den lokale påvirkningen av utslipp vil derfor variere avhengig av dypet til sundet. Større sjøområder kan også ha karakter av strømsund i overflaten, mens de kan ha relativt grunne terskler i begge ender og dermed ha egenskaper av fjorder med tilhørende stagnerende dypvann under terskelnivå. Slike større områder vil også ha sedimenterende forhold og kunne ha lokal påvirkning av utslipp.

Innslaget av strømstille perioder mellom tidevannsstrømmene i slike **strømsund**, gjør at en kan risikere at fisken i lengre perioder svømmer i tilnærmet det samme vannet. Pulsvis vannutskiftingsstrøm på slike lokaliteter gir ikke kontinuerlig utskifting av vannet i anlegget. Dette trenger ikke være kritisk i den kalde årstiden, men i perioder med høy temperatur i sjøen og mye fisk i anlegget og intensiv fôring, vil fisken kunne få tilført for lite oksygen. Dette vil i særlige tilfeller kunne virke negativt inn på fiskens vekst og trivsel.

Bukter og vik viser til lokale områder som gjerne ligger i tilknytning til enten større fjorder, strømsund eller åpne havområder. Buktene og vikene blir skilt fra poller ved at de ikke er fraskilt fra de utenforliggende sjøområdene med noen terskel, og derfor ikke har stagnerende dypvann ved bunnen. Vanligvis vil derfor en bukt / vik ha skrånende bunn fra land og utover mot det utenforliggende området, slik at også de dypere delene av vannsøyla her blir skiftet ut. Slike områder har relativt god resipientkapasitet, selv om et utslipp vil kunne ha en lokal miljøeffekt på lokaliteten avhengig av den lokale bunntopografien og strømforholdene. **Åpne havområder** ligger utenfor tersklene til de store fjordene, vest i havet. Her er det store dyp og jevn utskifting av vannmassene uten stagnerende dypvann mot bunnen. Her er resipientforholdene svært gode, og et eventuelt utslipp vil ikke ha noen innvirkning på miljøet ved utslippet.

LOKAL BELASTNING

Ved alle vurderinger av belastning må man skille mellom det som utgjør en **lokal** punktbelastning på en oppdrettslokalitet og det som resipienten **regionalt** har kapasitet til å omsette av organisk materiale før den blir overbelastet. Uansett om resipienten har god kapasitet, så vil bæreevnen til selve lokaliteten i stor grad være avhengig av terrenget ved bunnen, dybdeforholdene og strømforholdene i vannsøyla.

Når belastningen på en lokalitet er i likevekt med omsetningen i sedimentene under oppdrettsanlegget, betyr det at den tilførte mengden organisk materiale blir brutt ned og omsatt i sedimentene, i all hovedsak av bunngravende dyr. Forholdsvis store mengder sediment kan omsettes på lokaliteter der man har en rik bunnsfauna, har strøm ved bunnen som medfører jevn tilførsel av oksygen, og som også sprer avfallet fra anlegget ut over et større område.

Dersom belastningen fra anlegget er større enn det lokaliteten kan omsette, vil sedimentene bygge seg opp under anlegget, de blir surere, oksygenmengden blir redusert, og bunnfauna som er lite tolerant for miljøforandringer forsvinner. De dyrene som tåler større miljøforandringer blir værende inntil sedimentene er så sure og oksygenfattige at disse dyrene også må gi tapt. Det er svært uheldig å ikke ha bunngravende dyr på bunnen under merdene, fordi mesteparten av nedbrytingsprosessene da stopper opp. Graveaktiviteten til dyrene skaper omrøring og tilfører sedimentet vann og oksygen. Dyrene konsumerer sedimentet, bryter det ned og omdanner det. Når dyrene forsvinner, er det bare den bakterielle nedbrytinga som fortsetter, noe som går vesentlig langsommere. Da skal det bare små tilførsler til før sedimenthaugene bygger seg opp under merdene.

Erfaring viser at **fjordlokaliteter** er mer utsatt for punktbelastning enn drift på mer kystnære lokaliteter, og det medfører at disse lett blir overbelastet. I store og dype fjorder kan belastningen være et lokalt problem for oppdretter, mens det regionalt utgjør et lite problem for resipienten. Årsaken til at bunnen på **fjordlokaliteter** lettere blir overbelastet, skyldes både at det generelt er mindre spredningsstrøm nedover i vannmassene og at bunnen ofte består av fjell uten særlig mye opprinnelig sediment. En **kystlokalitet** har som oftest sedimentbunn og god spredningsstrøm nedover i vannmassene, og i **strømsund** har man derfor ofte svært gode lokaliteter med sedimentbunn og liten lokal påvirkning under anleggene. På typiske **fjordlokaliteter** har man dessuten ofte bratt stein- og fjellbunn med lite primærsediment, der det i utgangspunktet finnes lite gravende bunnfauna som kan ta seg av nedbryting av avfallet fra anlegget.

På denne type bunn vil avfall fra anlegget skli nedover på det bratte berget og lande på hyller og bli liggende i små lommer og groper i terrenget. Når man tar prøver på en slik **fjordlokalitet**, vil prøven som regel vise dårlige forhold der det er mulig å få opp sediment, mens det 1 – 2 m fra treffpunktet kan være tilnærmet rent for sediment og avfall. Det prøvematerialet man da får opp, består ofte av oppskrapte sure, brune, løse og luktende sedimenter, som automatisk får en noe høyere poengsum ut fra de formelle MOM B-vurderingskriteriene. Denne type lokaliteter kan derfor lett bli vurdert som overbelastet, og MOM-metodikken bør derfor ikke alltid benyttes slavisk. Det er viktig å tolke resultatene i lys av hvordan lokaliteten er.

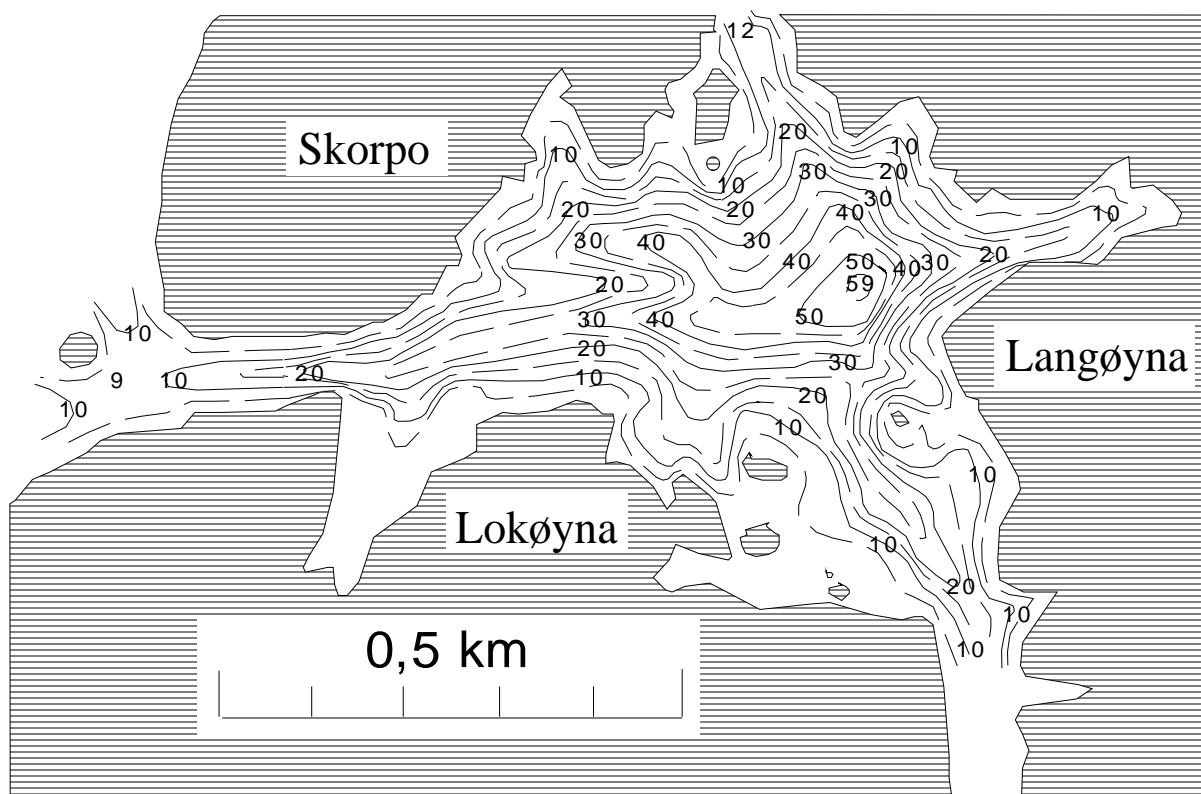
PÅVIRKNING, TYPE ANLEGG OG DRIFTSSYKLUS

I tillegg vil drift i kompaktanlegg bidra til en høyere punktbelastning over et større areal enn drift i plastringer der det gjerne er noe avstand mellom hver ring. På strømsvake lokaliteter vil dette kunne gi store utslag i belastning på en lokalitet, da avfallet stort sett sedimenterer rett under nøtene. På bratte fjordlokaliteter kan denne effekten til en viss grad oppveies ved at en oppnår en viss spredning av avfallet.

Ved planlegging av større anlegg i fjordsystemer kan det være fornuftig å vurdere tålegrensen til lokaliteten opp mot valg av anleggstype, plassering av anlegget i forhold til dominerende strømretning, og også å sikre lokaliteten tilstrekkelig hviletid mellom driftsperiodene.

OMRÅDE- OG LOKALITETSBESKRIVELSE

Søre Langøyosen har et areal på 0,37 km² og et volum på 5,8 millioner m³. Det er tre sund inn til bassenget, hvorav Giljesundet som ligger mellom Søre og Nordre Langøyosen har det største terskeldypet på 12 meter (**figur 1**). Samlet tverrsnitt på sundene inn til Søre Langøyosen er vel 1000 m². Vannutskiftingstiden for overflatevannet er teoretisk beregnet til 2,0 døgn. I dypvannet vil det være stagnerende forhold med et teoretisk beregnet oksygenforbruk på 0,6 ml O₂/mnd. Tidsintervallet for utskifting av dypvannet er teoretisk beregnet til omtrent det dobbelte av tiden det tar å bruke opp oksygenet i dypvannet, slik at det teoretisk sett skulle være lange perioder med oksygenfrie forhold. Imidlertid vet man fra tilsvarende kystnære resipienter med grunne terskler og lite ferskvannstilrenning at man som oftest har en årlig bunnvannsfornyelse om vinteren grunnet nedkjølingen av vannsøylen der særlig mye uvær, vind og bølger om høsten og vinteren setter opp en kraftig vindstrøm og bidrar til en raskere nedkjøling og nedbryting av sjiktningen i vannsøylen. Man får da en homogenisering av vannsøylen der temperaturen og saliniteten på et gitt tidspunkt gir sjøvannet en engenvekt som skaper en vertikalomrøring og utskifting av bunnvannet. Mye dårlig vær i den mørke årstid akselererer bunnvannsfornyelsen.



Figur 1. Dybdekart over Søre Langøyosen. Kartet er hentet fra Johnsen (1994). Prøvetaking ble blant annet utført ved det dypeste i bassenget (for prøvetaking; se **figur 2** side 10).

Anlegget ved Giljeholmen.

Konrad Sekkinstad AS fikk i september 1999 konsesjon for oppdrett av torsk, kveite og hyse ved Giljeholmen i Søre Langøyosen. Lokalteten er godkjent for et volum på 6000 m³ der 3700 m³ av disse består av et merdanlegg med seks merder som ligger over et dyp på omtrent 10 - 27 meter, og 2300 m³ utgjør et avstengt naturlig basseng på innsiden av Giljeholmen (**figur 2**). Dette bassenget varierer mellom 9 meters dyp i sør-vest og 4-5 meter i nord-øst. Driftssyklus ved anlegget består i at settefisk av torsk settes ut i merdanlegget om høsten, for så å bli overført til bassenget innen påske året etter. Her blir fisken så gående til den slaktes.

Det var ikke drift ved dette anlegget i perioden mars 1996 - høsten 2002. Det ble tidligere produsert laks i anlegget. Høsten 2002 ble det satt ut rundt 20 000 settefisk av torsk i merdanlegget. Denne vil være utslaktet av anlegget innen påske 2005. Høsten 2004 ble det satt ut nye 15 000 settefisk av torsk i merdanlegget. Forbruket i 2003 var ca 70 tonn og i 2004 ca 52 tonn. Den årlige produksjonen i anlegget har vært på 60 - 70 tonn i 2003 og 2004, og det forventes at produksjonen vil ligge på omtrent dette nivået i de kommende årene.

METODE

Det ble gjennomført en MOM C-resipientundersøkelse i forbindelse med utredningen av anleggets miljøpåvirkning i nærsonen og utover i resipienten (**tabell 1**).

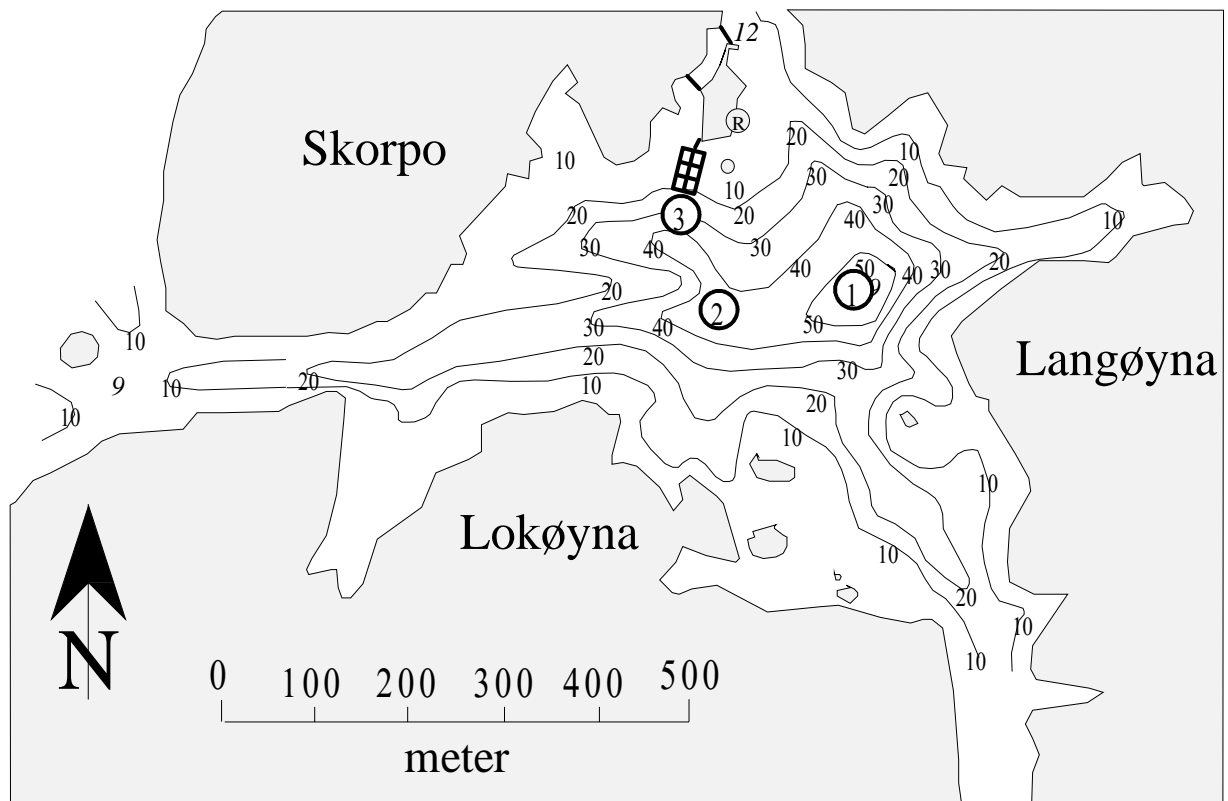
MOM (Matfiskanlegg, Overvåking og Modellering) består av et overvåkingsprogram (A, B og C-undersøkelser) og en modell for beregning av lokalitetens bæreevne og fastsetting av lokalitetens produksjonskapasitet. For nærmere beskrivelse av overvåkingsprogrammet vises til «Konsept og revidert utgave av overvåkingsprogrammet 1997» (Hansen m. fl., 1997). Det er nå utarbeidet en Norsk Standard for miljøovervåking av marine matfiskanlegg (NS 9410).

Tabell 1. Oversikt over soneinndelingen i MOM systemet. Tabellen beskriver påvirkningskilde og potensiell påvirkning, samt hvilke undersøkelser som inngår i overvåkingen og hvilke typer miljøstandarder som anvendes (fra NS 9410).

	Nærsonen	Overgangssone	Fjernsonen
Definisjon	Område under og nær et anlegg der det meste av større partikler sedimenterer. Denne strekker seg normalt ikke mer enn 15 meter fra anlegget.	Område mellom nærsonen og fjernsonen der mindre partikler sedimenterer.	Område utenfor overgangssonen.
Påvirkningskilde	Oppdrettsanlegget.	Oppdrettsanlegget er hovedpåvirker, men andre kilder kan ha betydning.	Oppdrettsanlegget er en av flere kilder.
Potensiell påvirkning	Store endringer i dyresamfunn og kjemiske forhold i bunnen. Begroing av installasjoner, redusert oksygeninnhold i merdene	Gradvis mindre påvirkning	Økt primærproduksjon og oksygenforbruk i dypvannet.
Overvåking	Primært A og B	Primært C	Primært C
Miljøstandarder	Egne grenseverdier gitt i NS 9410	Egne grenseverdier gitt i NS 9410	SFT: Klassefisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann

MOM C-undersøkelsen er en undersøkelse av bunntilstanden fra anlegget (nærsonen) og utover i resipienten (fjernsonen). De aktuelle prøvestasjonene er avmerket på **figur 2**. Hovedbestanddelene i en MOM C-undersøkelse består av en analyse av hydrografi i vannsøylen, næringsrikhet i overflatevannet, sedimentkvalitet (kornfordeling, kjemiske analyser) og bunndyrsamfunnets sammensetning, der både prøvetaking og vurdering utføres etter NS 9410, NS 9422, NS 9423 og i henhold til SFTs klassifisering av miljøkvalitet (SFT 1993; 1997).

Det tas to parallelle grabbprøver med en 0,1 m² stor vanVeen-grabb som beskrevet i NS 9422 og NS 9423. Hvis grabben er tom, gjøres det et nytt forsøk. Hvis grabben er tom etter også andre forsøk er det sannsynligvis fjellbunn uten akkumulering av organisk materiale. Dersom bunnen er sterkt påvirket med kraftig lukt av hydrogensulfid og uten makrofauna, tas det bare ett grabbhugg. Ett sett prøver tas nedstrøms så nær anlegget som mulig, og ett sett tas i det dypeste partiet i området. Dersom anlegget ligger i en bratt skråning, skal det tas prøver ved foten av skråningen. Når de innsamlede prøvene gir inntrykk av dårlige miljøforhold, skal det tas prøver fra et område som ligger mellom anlegget og det dypeste partiet. I denne undersøkelsen ble det ut fra våre anbefalinger tatt en tredje grabbprøve noe nærmere anlegget. Posisjonene til stasjonene er oppgitt i **tabell 2**.



Figur 2. Stasjonene C1 - C3 i MOM C-resipientundersøkelsen på to steder og ved anlegget i Søre Langøyosen i Fjell kommune, 22. november 2004. Posisjons-referansepunktet i land ved Giljeholmen er markert med 'R' (N 60° 20,447' / Ø 4° 58,148' WGS 84).

Tabell 2. Posisjon for stasjonene ved MOM C-resipientundersøkelsen i Søre Langøyosen 22. november 2004.

Stasjon	C1	C2	C3
Dyp (meter)	59	42	28
Posisjon (WGS 84)	N: 60° 20,355' E: 04° 58,287'	N: 60° 20,339' E: 04° 58,121'	N: 60° 20,390' E: 04° 58,060'

Det er utført en kvantitativ og kvalitativ undersøkelse av makrofauna (dyr større enn 1 mm). Vurderingen av bunndyrs sammensetningen gjøres på bakgrunn av diversiteten i prøven. Diversitet omfatter to ting, artsrikdom og jevnhet, (fordelingen av antall individer pr art). Disse to komponentene er sammenfattet i Shannon-Wieners diversitetsindeks (Shannon & Weaver 1949), og denne er brukt for å angi diversitet for de prøvene (C1 og C2) som er tatt i anleggets fjernsone i resipienten:

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

der $p_i = n_i/N$, og n_i = antall individer av arten i , N = totalt antall individer og S = totalt antall arter.

Dersom artsantallet er høyt, og fordelingen mellom artene er jevn, blir verdien på denne indeksen (H') høy. Dersom en art dominerer og/eller prøven inneholder få arter blir verdien lav. Prøver med jevn fordeling av individene blant artene gir høy diversitet, også ved et lavt artsantall. En slik prøve vil dermed

få god tilstandsklasse selv om det er få arter (Molvær m. fl. 1997). Diversitet er også et dårlig mål på miljøtilstand i prøver med mange arter, men hvor svært mange av individene tilhører en art. Diversiteten blir lav som følge av skjev fordeling av individene (lav jevnhet), mens mange arter viser at det er gode miljøforhold. Ved vurdering av miljøforholdene vil en i slike tilfeller legge større vekt på artsantallet og hvilke arter som er til stede enn på diversitet.

Jevnheten av prøven på stasjon C1 og C2 er også kalkulert, ved Pielous jevnhetsindeks (J):

$$J = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

der $H'_{\max} = \log_2 S$ = den maksimale diversitet som kan oppnåes ved et gitt antall arter, S.

Beregningen av diversitetsindekser m. m. er minimumsanslag, da en liten andel av hver prøve ble tatt ut til analysing av kornfordeling og kjemisk analyse før prøven ble analysert for innhold av dyr. Det reelle tallet på arter og individer i prøvene kan derfor trolig være litt høyere enn det som er påvist.

Helt opp til anlegget vil man på grunn av den store lokale påvirkningen ofte kunne finne få arter med ujevn individfordeling i prøvene. Diversitetsindekser blir da lite egnet til å angi miljøtilstand. Helt opp til anlegget (i nærsonen) gjøres vurderingen derfor på grunnlag av artsantallet og artssammensetningen etter nærmere beskrivelse i NS 9410, (**tabell 3**), og denne er brukt for å angi diversitet for den prøven (C3) som er tatt like opptil anlegget.

Tabell 3. Grenseverdier benyttet i nærsonen til vurdering av prøvestasjonens tilstandsklasse (fra NS 9410).

Miljøtilstand 1	-Minst 20 arter av makrofauna (>1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² ; -Ingen av artene må utgjøre mer enn 65% av det totale individantallet.
Miljøtilstand 2	-5 til 19 arter av makrofauna (>1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² ; -Mer enn 20 individer utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² ; -Ingen av artene må utgjøre mer enn 90 % av det totale individantallet.
Miljøtilstand 3	-1 til 4 arter av makrofauna (>1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ² .
Miljøtilstand 4 (uakseptabel)	-Ingen makrofauna (>1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m ²

For vurdering av sedimentkvalitet tas det fra hver prøvestasjon ut prøvemateriale for kornfordelingsanalyse og kjemiske analyser (total organisk karbon (TOC), total nitrogen (totN), fosfor (P), sink (Zn) og kobber (Cu). Kornfordelingsanalysen måler den relative andelen av leire, silt, sand, og grus i sedimentet og utføres etter standard metoder (NS 9423). Bearbeiding av de resterende kjemiske analysene utføres også i henhold til NS 9423.

Temperatur, oksygeninnhold og saltinnhold i vannsøylen ble målt ved hjelp av en YSI 600 XLM nedsenkbar sonde. Overflatevannprøver ble analysert for total fosfor, total nitrogen, fosfat -P og nitrat-N. I forbindelse med MOM C-undersøkelsen blir det også foretatt sensoriske vurderinger av prøvematerialet samt måling av pH/Eh på samme måte som ved en MOM B-undersøkelse. Disse opplysningene blir i hovedsak brukt som tilleggsopplysninger for å støtte oppunder en god og helhetlig vurdering av resipienten.

Alle resultatene blir vurdert i henhold til SFT s klassifiseringssystem (SFT 1993, 1997).

MILJØTILSTANDEN HØSTEN 2004

Det ble utført en MOM C-resipientundersøkelse i resipienten til lokaliteten Giljeholmen i Søre Langøyosen den 22. november 2004. Det ble tatt vannprøver og bunnprøver på tre steder (C1-C3). Av bunnprøvene ble det tatt to replikater fra hver av de to prøvestasjonene C1 og C2 i Søre Langøyosen og stasjonen C3 helt inntil anlegget (i anleggets nærsone). Replikatene fra hver av stasjonene ble slått sammen forut for analyse av kornfordeling og kjemiske analyser. Analyse av fauna ble gjort for hver replikat og for prøvene samlet. Posisjonene til stasjonene er oppgitt i **tabell 2** og avmerket i **figur 2**.

NÆRINGSRIKHET

Det ble samlet inn overflatevannprøver som ble analysert for næringsrikhet ved stasjon C1 - C3 (**figur 2**). Resultatene er vist i **tabell 4**, og SFT-tilstandsklassen (vintersituasjon) for hver enkelt prøve er markert i parentes. På stasjonene ute i Søre Langøyosen og helt inntil anlegget ble vannkvaliteten vurdert til tilstandsklasse I="Meget god"for nitrat, nitrogen, fosfat og fosfor. Forholdstallet mellom nitrogen og fosfor var mellom 11,5 og 16,2 på alle tre stasjoner.

Tabell 4. Overflatevannkvalitet på de tre stedene C1 - C3 øst i Søre Langøyosen og ved anlegget 22. november 2004. Prøvene er hentet på en meters dyp og de er analysert av Chemlab Services AS. SFT-tilstanden er markert i parentes.

Stasjon	Total fosfor : g / l	Fosfat-fosfor : g / l	Total nitrogen : g / l	Nitrat-nitrogen : g / l	N:P-forhold
C1, Søre Langøyosen	13 (I)	8 (I)	210 (I)	58 (I)	16,2
C2, Søre Langøyosen	13 (I)	8 (I)	178 (I)	57 (I)	13,7
C3, ved anlegget	14 (I)	9 (I)	161 (I)	57 (I)	11,5

SEDIMENTKVALITET

Stasjon C1 Søre Langøyosen ligger på 59 m dyp i det dypeste området i resipienten ca 200 m østsørøst for merdanlegget (**figur 2**). Stasjonen ligger i en liten fordypning på det dypeste stedet i Langøyosen. Grabbhoggene inneholdt fulle grabber med 12 l mykt, gråsvart, mudderaktig finkornet sediment (silt og leire), 5 - 10 % skjellrester og litt tangrester. De to prøvene luktet av hydrogensulfid (**tabell 5**).

Stasjon C2 Søre Langøyosen ligger på 42 m dyp noe lengre mot vest og noe grunnere i det samme dypområdet som stasjon C1 i resipienten ca 125 m sørsørøst for merdanlegget (**figur 2**). Stasjonen ligger i bunnen av bakken nedenfor anlegget ved Giljeholmen. Grabbhoggene inneholdt fulle grabber med 12 l mykt, gråsvart, mudderaktig finkornet sediment (silt og leire), 2 - 3 % skjellrester og litt tangrester. Prøven luktet av hydrogensulfid (**tabell 5**).

Stasjon C3 ved anlegget ligger like inntil, dvs ca 2 m fra anleggets kortsida mot sør. Her er det 28 m dypt. Bunnen skråner noe i anleggets lengderetning fra Giljeholmen mot sør. Denne prøven er således tatt i skråningen helt inntil anleggets kortsida mot sør. Grabbhoggene inneholdt nesten halvfulle grabber med 6 og 4 l fast, gulgrå og H₂S-luktfri skjellsand med noen større skjellrester og litt organisk materiale innblandet (**tabell 5**).

Tabell 5. Beskrivelse av MOM C-prøver fra Søre Langøyosen og ved anlegget 22. november 2004.

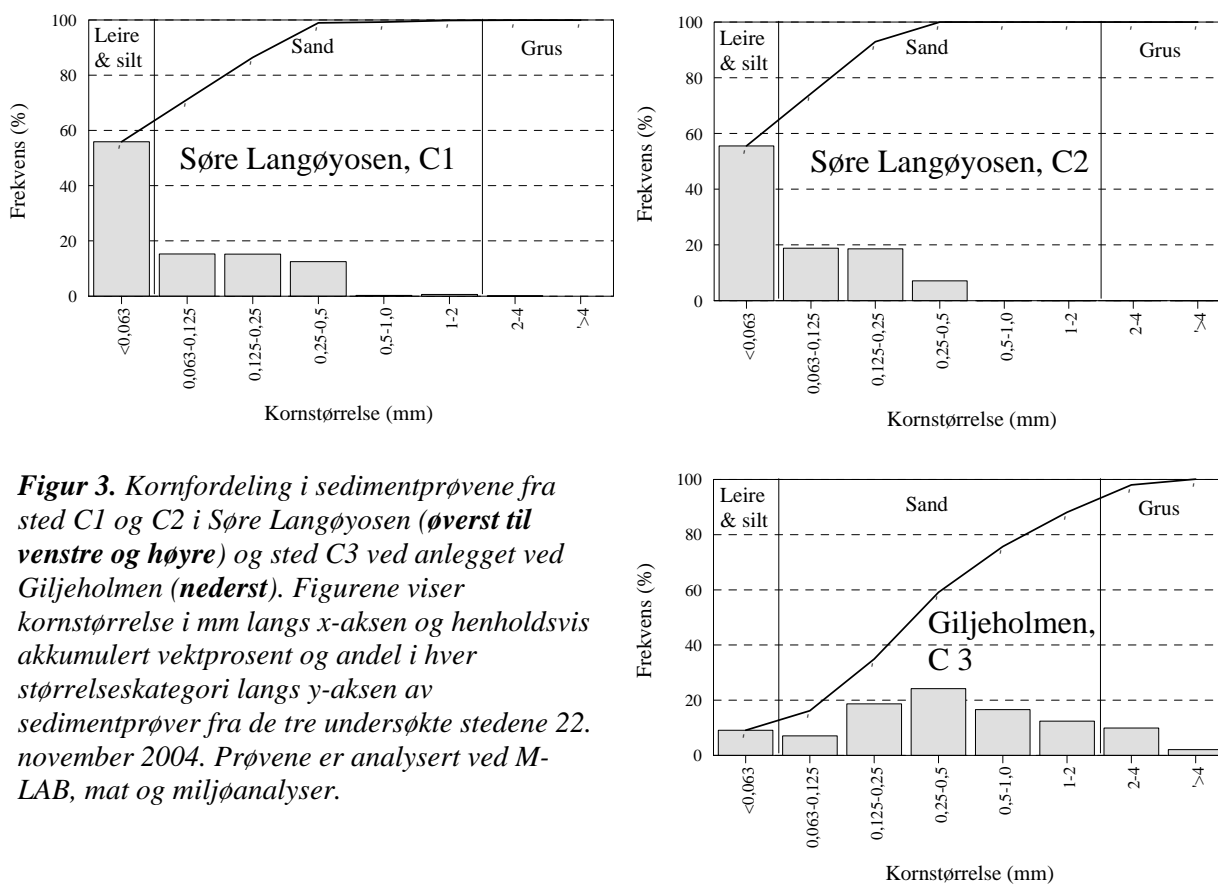
Stasjon	Søre Langøyosen, C1		Søre Langøyosen, C2		Ved anlegget, C3	
	replikat 1	replikat 2	replikat 1	replikat 2	replikat 1	replikat 2
Grabbvolum (liter)	12 (full)	12 (full)	12 (full)	12 (full)	6 l	4 l
Bobling i prøve	Nei		Nei		Nei	
H ₂ S lukt	Ja (sterk)		Ja (sterk)		Nei	
Primær sediment	Skjellsand	Nei	Nei		Ja	
	Grus	Nei	Nei		Nei	
	Sand/silt	Ja	Ja		Nei	
	Leire	Ja	Ja		Nei	
	Mudder	Ja	Ja		Nei	
Beskrivelse av prøven	Full grabb med myk, gråsvart prøve med noe - sterkt hydrogensulfidluk. 5 - 10 % skjellrester, tangrester. Silt og leire. Mudderbunn. Homogen struktur.		Full grabb med myk, gråsvart prøve med noe - sterkt hydrogensulfidluk. 2 - 3 % skjellrester, tangrester. Silt og leire. Mudderbunn. Homogen struktur.		6 og 4 liter skjellsand. Fast, gulgrå og luktfri med større skjellrester og litt innblandet organisk materiale.	

Kornfordeling

Det ble tatt prøver for analyse av kornfordeling av de øverste 5 cm av sedimentet fra de tre stasjonene C1 - C3. På stasjon C1 og C2 i Søre Langøyosen er det sedimenterende forhold og moderate til dårlige strøm- og utskiftingsforhold siden stasjonene ligger godt under terskeldyp. Henholdsvis 55,9 og 55,5 % av partiklene på vektbasis var leire og silt, og henholdsvis 44,0 og 45,5 % av partiklene på vektbasis var sand på disse to stasjonene, og det var mest av de minste fraksjonene (under 0,25 mm). Stasjon C3 ligger i en nedoverskrånende bakke ved anlegget i anleggets nærsone. På dette stedet kan en forvente mer strøm og bedre utskiftingsforhold enn på det dypeste i Søre Langøyosen siden stasjonen ligger nærmere terskeldypet (12 m dyp) Sedimentet var her mer grovkornet og inneholdt vesentlig mindre silt og leire (9,1 %) enn stasjon C1 og C2. Andelen sand var høy, dvs 78,9 %, og her var det mest av de største fraksjonene (over 0,25 mm, **figur 3, tabell 6**). Glødetapet var høyt i sedimentet fra de dypeste stasjonene C1 og C2 i Søre Langøyosen (29 %) og relativt lavt på stasjon C3 like inntil anlegget (9,1 %).

Tabell 6. Organisk innhold og andel leire + silt, sand og grus i sedimentet på de tre stasjonene C1 - C3 i Søre Langøyosen og ved anlegget 22. november 2004. Prøvene er analysert ved M-LAB, mat og miljøanalyser.

FORHOLD	Søre Langøyosen, C1	Søre Langøyosen, C2	Ved anlegget, C3
Glødetap i %	29,0	29,0	6,1
Leire + silt i %	55,9	55,5	9,1
Sand i %	44,0	45,5	78,9
Grus i %	0,1	0	12,0



Figur 3. Kornfordeling i sedimentprøvene fra sted C1 og C2 i Søre Langøyosen (øverst til venstre og høyre) og sted C3 ved anlegget ved Giljeholmen (nederst). Figurene viser kornstørrelse i mm langs x-aksen og henholdsvis akkumulert vektprosent og andel i hver størrelseskategori langs y-aksen av sedimentprøver fra de tre undersøkte stedene 22. november 2004. Prøvene er analysert ved M-LAB, mat og miljøanalyser.

Kjemiske analyser

Sedimentprøver for hver av stasjonene C1 - C3 ble analysert med hensyn på tørrstoff, glødetap (karbon), nitrogen, fosfor, kobber og sink. Analysene ble utført ved det akkrediterte laboratoriet Chemlab Services AS, og resultatene er vist i **tabell 8**. Innhold av organisk karbon (TOC) i sedimentet er omtrent 0,4 x glødetapet, men for å kunne benytte klassifiseringen i SFT (1997) skal konsentrasjonen av TOC i tillegg standardiseres for teoretisk 100% finstoff etter nedenforstående formel, der F = andel av finstoff (leire + silt) i prøven.:

$$\text{Normalisert TOC} = \text{målt TOC} + 18 \times (1-F)$$

Tørrstoffinnholdet var lavt på stasjon C1 og C2 i Søre Langøyosen, noe som bekrefter at det her i dette området er mest sedimenterende forhold kombinert med lavere nedbryting av organisk materiale og/eller at tilførslene er høyere enn nedbrytingsraten. Tørrstoffinnholdet var høyest i sedimentet helt inntil anlegget på stasjon C3, hvilket skyldes at prøvene inneholdt mer grovkornet materiale og mindre organisk materiale enn de to første. Glødetapet var tilsvarende svært høyt på stasjon C1 og C2 i Søre Langøyosen (henholdsvis 34,5 og 37,0 %). Glødetapet var vesentlig lavere på stasjon C3 helt inntil anlegget (6,7). Glødetapet er et mål for mengde organisk stoff i sedimentet, og en regner med at det vanligvis er 10 % eller mindre i sediment der det foregår normal nedbryting av organisk materiale. Høyere verdier forekommer i sediment der det enten er så store tilførsler av organisk stoff at nedbrytingen ikke greier å holde følge med tilførslene, eller i områder der nedbrytingen er naturlig begrenset av for eksempel oksygenfattige forhold. Sedimentet på stasjon C1 og C2 var kjennetegnet ved et svært høyt innhold av organisk stoff, noe som viser at det her fra naturens side er dårlige nedbrytingsforhold.

Tabell 7. Sedimentanalyser fra stasjon C1 - C3 i Søre Langøyosen og ved anlegget. Duplikatene fra hver prøvestasjon på stasjon C1 - C3 ble slått sammen forut for analysen. Prøvene er analysert ved Chemlab Services AS.

FORHOLD	Enhet	Metode	C1	C2	C3
Tørrstoff	%	NS 4764	15,8	15,5	52,6
Glødetap	%	NS 4764	34,5	37	6,7
TOC	mg/g	beregnet	138	148	26,8
Normalisert TOC	mg/g	beregnet	145,9	156	43,2
Total Fosfor	%	Intern	0,3	0,31	1,24
Kjeldal Nitrogen	mg/g	Kjeldahl	15,3	15,9	3,3
Kobber	mg/kg	NS 4773	95,3	86,7	120
Sink	mg/kg	NS4773	218	220	235

Innholdet av (normalisert) TOC var henholdsvis 145,9 og 156 mg C/g på stasjon C1 og C2 i det dypeste partiet i Søre Langøyosen og 43,2 mg C/g på stasjon C3 helt inntil anlegget i Nautvika (**tabell 7**). Dette tilsvarer SFTs tilstandsklasse V = “Meget dårlig” for alle tre stedene (SFT 1997).

Innholdet av organisk nitrogen og fosfor i sedimentet forteller også noe om nedbrytingsforholdene og omfanget av tilførsler til sedimentet. Det ble målt en høy konsentrasjon av nitrogen med henholdsvis 15,3 og 15,9 mg N/g (tilsvarende g N/kg) i sedimentet på stasjon C1 og C2 i Søre Langøyosen. Det ble målt middels høy konsentrasjon av nitrogen med 3,3 mg N/g i sedimentet helt inn til anlegget (**tabell 7**). Fosforinnholdet i sedimentet var lavest på stasjon C1 og C2 i Søre Langøyosen og ca fire ganger så høyt i sedimentet helt inntil anlegget. Nitrogenverdien fra sedimentet på stasjon C1 og C2 tilsvarer SFTs’ tilstandsklasse V = “meget dårlig”, mens resultatene for prøven ved anlegget tilsvarer tilstandsklasse II = “mindre god” (SFT 1993). Av **tabell 8** ser en at innholdet av fosfor i sedimentet er målt vesentlig høyere enn nitrogeninnholdet på stasjon C3 inntil anlegget, noe som skyldes anleggspåvirkningen.

Det ble målt et moderat innhold av kobber og sink på alle tre stasjonene både i resipienten og helt inntil anlegget (**tabell 7**). På stasjon C1 - C3 var konsentrasjonen henholdsvis 95,3 mg Cu/kg, 86,7 og 120 mg Cu/kg. Dette tilsvarer SFTs’ tilstandsklasse II = “moderat forurenset”. Innholdet av sink i sedimentet var litt forhøyet på stasjon C1 - C3 og ble målt til henholdsvis 218 mg Zn/kg, 220 og 235 mg Zn/kg, hvilket tilsvarer SFTs’ tilstandsklasse II = “moderat forurenset”.

BUNNDYR

Det ble ikke funnet dyr på de to stasjonene C1 og C2 i dypområdet i Søre Langøyosen (**tabell 8**). Dette var som forventet ut i fra den dårlige sedimentkvaliteten. Forholdene for levende bunndyr på det dypeste i Langøyosen er svært dårlige.

På stasjon C3 helt inntil oppdrettsanlegget var situasjonen en helt annen. Det ble tilsammen funnet 421 individer fordelt på 10 arter. Shannon-Wiener diversitetsindeks (H') ble beregnet til 1,38, og dette tilsvarer SFTs tilstandsklasse IV="dårlig" (**tabell 8**). Her var faunaen totalt dominert av de opportunistiske børstemakkenene *Capitella capitata* og *Malacoceros fuliginosus*. Det ble tilsammen registrert 400 individer av disse artene totalt i prøven, og de utgjør således 95 % av individantallet. Følsomme diversitetsindekser er lite egnet til å angi miljøtilstand i anleggets nærsone på grunn av den lokale påvirkningen fra anlegget. Helt opp til anlegget gjøres vurderingen derfor på grunnlag av artsantallet og artssammensetningen (NS 9410, **tabell 3**). På stasjon C3 utgjør ingen arter mer enn 90 % av individantallet. Dette gir dyresamfunnet i anleggets nærsone like inntil anlegget miljøtilstand 2= "moderat påvirket".

Tabell 8. Antall arter og individer av bunndyr i de seks MOM-C grabbhoggene tatt i resipienten i Søre Langøyosen (C1 og C2) og like ved anlegget (C3) 22. november 2004, samt Shannon-Wieners diversitetsindeks, jevnhet (evenness), beregnet maksimal diversitet (H' -max) og SFT-tilstandsklasse. MOM-C-vurdering av miljøtilstand er også presentert.

Stasjon	C1	C2	C3		C3
Parallell	1 og 2	1 og 2	1	2	3
<i>Cerianthus lloydii</i>				1	1
<i>Oligochaeta sp.</i>	Ingen	Ingen		2	2
<i>Anaitides mucosa</i>	dyr	dyr	2	1	3
<i>Eteone longa</i>			1	4	5
<i>Glycera alba</i>			1		1
<i>Protodorvillea kefersteini</i>			1		1
<i>Scoloplos armiger</i>			3	1	4
<i>Malacoceros fuliginosus</i>			98	117	215
<i>Capitella capitata</i>			98	87	185
<i>Pectinaria koreni</i>			2	2	4
Antall individer			206	215	421
Antall arter			8	8	10
Shannon-Wiener, H'			1,35	1,35	1,38
Jevnhet, J			0,45	0,45	0,41
H' -max			3	3	3,32
SFT-tilstandsklasse			IV	IV	IV
MOM-C vurdering dyr (modifisert SFT)			2	2	2

SJIKTNING

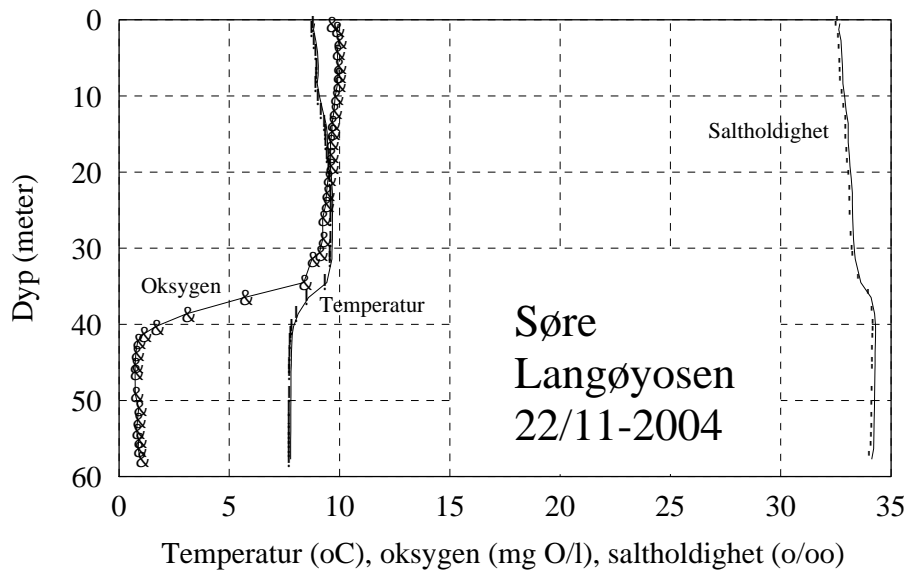
Den 22. november 2004 ble temperatur, saltholdighet og oksygeninnhold målt i vannsøylen i Søre Langøyosen, ved stasjon C1. Det ble benyttet et nedsenkbart YSI 600XLM-instrument som logget hvert 30. sekund. Det ble målt ned til bunns på ca 58 m dyp.

Målingene er foretatt i et terskelområde og avspeiler en klassisk senhøstes situasjon med et oksygenrikt lag tilknyttet et aktivt og strømrøkt overfaltetlag og et oksygenfattigt, stillestående dypvannslag.

På denne tiden av året er det på grunn av avkjølingen normalt ingen sjiktning mellom det som normalt blir benevnt som *overflatelag* og *tidevannslag* (figur 4). Derimot var det et markert skille mellom tidevannslaget og dypvannslaget. Det var et sprangsjikt mellom vel 30 og 40 meters dyp, dvs. ca 18 - 28 meter under terskeldypet på 12 meter. Vannmassene var relativt homogene ned til ca 30 m dyp. Temperaturen var 8,9 °C i overflaten og steg til 9,7 °C på 23 - 30 m dyp. Saltinnholdet var 32,7 i overflaten og 33,4 på ca 30 m dyp. Det ble målt høye oksygenverdier i hele vannsøylen ned til dypvannslaget (fra 9,96 mg/l på 2,7 m dyp til 9,1 mg/l på ca 30 m dyp), noe som tilsvarer en oksygenmetning på over 100 % ned til 30 m dyp.

I sprangsjiktet falt temperaturen fra 9,7 °C til 7,9 °C. Saltinnholdet økte fra 33,4 til 34,3, og oksygeninnholdet falt fra 9,1 mg O₂/l til 1,7 mg O₂/l. Under sprangsjiktet var det oksygenfattigt dypvannslag på rundt 20 m helt til bunns. Her var temperaturen jamt 7,8 °C og saltinnholdet ca 34,3. Oksygeninnholdet var under 0,9 mg O₂/l tilsvarende en metning på under 10 %. Dette gir en

oksygenmengde på 0,63 ml/l, noe som tilsvarer SFT tilstandklasse V= "Meget dårlig". Det var sannsynligvis i praksis oksygenfritt under vel 40 meters dyp i Søre Langøyosen.



Figur 4. Måling av temperatur ($^{\circ}$ C), oksygeninnhold (mg O/l) og saltholdighet (‰) i vannsøylen ved stasjonen C1 i Søre Langøyosen den 22. november 2004.

DISKUSJON

Det har vært drevet oppdrettsvirksomhet ved Giljeholmen siden 1978. Oppdrettet ble drevet i avstengningen fram til 1984, da det i tillegg ble etablert et merdanlegg sørvest for Giljeholmen. Det ble drevet oppdrett av laks i anlegget fram til 1996 bare avbrutt av en stans i produksjonen i perioden 1989 - 1992 (dvs at det ikke ble satt ut ny settefisk i 1990 og 1991). Det vart ikke drift i anlegget i perioden mars 1996 - høsten 2002. Da ble det satt ut torsk i anlegget. Inkludert denne undersøkelsen har det til sammen vært gjort 8 større resipient- og miljøundersøkelser i Søre Langøyosen i perioden 1988 - 2004 (Johnsen, 1988, Johannessen og Botnen 1990, Bakke 1990, Botnen m. fl. 1993, Johnsen 1994, Johnsen 1998, Brekke m. fl 2001, Tveranger m. fl. 2005).

Tabell 9 viser en oversikt over produksjonen (tilveksten) og fôrbruket i anlegget (merdanlegget og avstengningen) i samme periode. Perioden 1997 - 2001 er ikke med da anlegget sto tomt for fisk.

Tabell 9. Oversikt over fôrbruk og tilvekst i anlegget ved Giljeholmen i perioden 1989 - 1996 (fra Johnsen 1994, 1988) og 2002 - 2004.

År	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	2002	2003	2004
Fôrbruk (tonn)	37	91	24	57	169	55	73	1	4	70	52
Tilvekst (tonn)	33	76	20	48	141	50	57	1	4	64	43

Sjiktning

Anlegget ligger i tilknytning til et terskelområde som på undersøkelsestidspunktet trolig var på et minimumsnivå med hensyn på oksygenforbruk i dypvannslaget, og målingene er således trolig representativ for en minimumssituasjon i løpet av et normalår. En årlig bunnvannsfornyelse inntreer vinterstid. Mye dårlig vær med vind, bølger og strøm i desember 2004 og januar 2005 har nok allerede medvirket til en fullstendig bunnvannsfornyelse i Søre Langøyosen. Et relativt omfattende materiale innsamlet i perioden 1988 - 2004 på stasjonen C1 i Søre Langøyosen (**tabell 10**) viser at det skjer et oksygenforbruk i det stillestående dypvannsbassenget utover sommeren og høsten, med tilnærmet oksygenfrie forhold senhøstes, men at en årlig bunnvannsfornyelse forekommer vinterstid. Denne bunnvannsfornyelsen kan forekomme allerede sent i november eller ut på nyåret (januar - februar) året etter.

Tabell 10. Sammenligning av oksygeninnhold på stasjonen C1 i Søre Langøyosen basert på 13 målinger i perioden 1988 - 2004 (Johnsen 1988, Aqua Safe, enkeltmåling 16/1-90, Johannessen og Botnen 1990, Bakke 1991, Botnen m. fl. 1993, Aqua-Lab AS 1995 og 1996, Johnsen 1998 og Tveranger m. fl. 2005).

	1988	1990	1990	1990	1992	1995	1995	1995	1995	1995	1996	1997	2004
	25/11	16/1	19/3	20/11	7/10	6/2	18/4	11/7	1/9	15/12	26/1	26/11	22/11
Dyp (m)	50	53	50	<45	50	54	54	52	53	56	53	50	<38
Oksygen (ml/O ₂ /l)	2,2	6,5	7,0	<0,6	1,07	7,5	7,0	3,0	5,8	0,9	6,5	6,5	0,63
SFT-tilstand	IV	I	I	V	V	I	I	III	I	V	I	I	V

Terskeldypet inn til Søre Langøyosen er på ca 12 m dyp, og normalt regner man at det i tersklede områder er god utskifting året rundt i vannsøylen ned til mellom 5 og 10 m under terskeldyp. Det er flere forhold som indikerer at man i Søre Langøyosen året rundt har en god og kontinuerlig utskifting i vannsøylen ned til rundt 30 m dyp, dvs 18 m under terskeldyp. Hydrografimålingene i 2004 er tatt på en årstid som viser minimumssituasjonen der det var full oksygenmetning ned til over 30 m dyp. På stasjonen helt inntil anlegget ble det på 28 meters dyp funnet skjellsand, der det organiske innholdet var relativt lavt, dvs at man på dette stedet har normale nedbrytingsforhold. Det var også mye dyr i sedimentet selv om faunaen var relativt artsfattig og dominert av forurensingstolerante arter, men dette skyldes først og fremst den lokale påvirkningen fra anlegget. Det forutsettes likevel oksygen året rundt for å kunne ha disse nedbrytingsforholdene og dette dyresamfunnet i sedimentene på dette prøvestedet. Til sammen indikerer dette at anlegget sin produksjon og utslipp foregår i den delen av vannsøylen og på et sted der man har et aktivt sjikt med gode strøm-, oksygen-, og utskiftingsforhold året rundt, og at driften således i liten grad ligger over dypområdene i Søre Langøyosen.

Overflatevannkvalitet

På stasjonene ute i Søre Langøyosen og helt inntil anlegget ble vannkvaliteten vurdert til tilstandsklasse I= ”meget god” for nitrat, nitrogen, fosfat og fosfor. Dette er vurdert ut fra en sen høstsituasjon der algeblomstringen er avsluttet, og grenseverdiene i klassifiseringen er derfor noe høyere enn for en sommersituasjon (SFT 1997). Konsentrasjonen av næringssalter i Søre Langøyosen var ikke forskjellig fra det man venter å finne i lite påvirkete resipienter med god utskifting, og verdiene gir ingen indikasjoner på spesielle lokale tilførsler.

Forholdstallet mellom nitrogen og fosfor var mellom 11,5 og 16 på alle tre stasjoner. Dette er hva man venter å finne i lite påvirkete systemer, og det indikerer heller ikke at det var noen spesielle tilførselskilder til resipienten på prøvetakingstidspunktet. Tilførsler fra fiskeoppdrett har et forholdstall på under 7.

Overflatevannet skiftes meget hyppig ut av tidevannet (Johnsen 1994). I Søre Langøyosen viser teoretiske beregninger at vannet over terskeldypet skiftes ut hver annen dag. Det er foretatt strømmålinger i Søre Langøyosen som viser at tidevannet har en nettotransport inn gjennom Grunnesundet og videre gjennom Giljesundet til Nordre Langøyosen. Det går også en motsvarende tidevannsstrøm sydover når sjøen fjærer, men denne er under halvparten så stor.

Overflatevannet er, på grunn av den store vannutskiftingen, lite følsomt for tilførsler av næringsstoffer. Det betyr at effekten av lokale tilførsler er liten i forhold til hva vannet i seg selv har med seg av næringsstoffer. Eksempelvis kan nevnes at 97,1 % av tilførslene av næringsstoffet fosfor til Søre Langøyosen kommer med tidevannmassene (Johnsen 1994).

Tabell 11. Sammenligning av overflate vannkvalitet på stasjonen C1 og C3 i Søre Langøyosen ved fire undersøkelser i perioden 1990 - 2004 (Bakke 1991, Botnen m. fl. 1993, Brekke m. fl. 2001, og Tveranger m. fl. 2005).

Forhold	Enhet	1990		1994	2001	2004	
		C1	C3	C1	C1	C1	C3
Stasjon							
Dato		20/11	20/11	18/3	18/1	22/11	22/11
Total-fosfor	: g / l	19	20	20	14	13	14
Fosfat-fosfor	%	-	-	15	7	8	9
Total nitrogen	%	229	308	333	202	210	161
Nitrat-nitrogen	%	-	-	85	90	58	57

Fire undersøkelser av overflate vannkvalitet i perioden 1990 - 2004 på stasjonen C1 ute i resipienten og stasjonen C3 helt inntil anlegget (**tabell 11**) viser relativt små variasjoner i konsentrasjonen av næringssalter. Alle målingene i perioden ligger innenfor SFTs tilstandsklasse I="meget god" for fosfat og fosfor og SFTs tilstandsklasse I="meget god" og II="god" for nitrat og nitrogen. Resultatene fra 2004 var blant de laveste som er gjort i Søre Langøyosen.

Sedimentkvalitet

Det var sedimenterende forhold i det stillestående dypvannslaget ved stasjon C1 og C2 i resipienten i Søre Langøyosen. Dette henger sammen med de dårlige utskiftingsforholdene under terkeldyp kombinert med årlige perioder med oksygenfrie forhold, noe som gir redusert nedbryting og opphoping av organisk stoff i sedimentene. Sedimentet på begge steder var svært finkornet med et lavt tørrstoffinnhold og forhøyete verdier av karbon og nitrogen i sedimentet. Glødetapet er et mål for mengde organisk stoff i sedimentet, og en regner med at det vanligvis er 10 % eller mindre i sedimenter der det foregår normal nedbryting av organisk materiale. Høyere verdier forekommer i sediment der det enten er så store tilførsler av organisk stoff at nedbrytingen ikke greier å holde følge med tilførslene, eller i områder der nedbrytingen er naturlig begrenset av for eksempel oksygenfattige forhold.

Det var vesentlig bedre nedbrytingsforhold på stasjonen C3 helt inn til anlegget. Sedimentet var vesentlig mer grovkornet, og hadde et mye lavere innhold av karbon og nitrogen i sedimentet, noe som indikerer bedre strøm- utskiftings- og nedbrytingsforhold her.

Innholdet av organisk karbon (normalisert TOC) var henholdsvis 145,9 og 156 mg C/g på stasjon C1 og C2 og 43,2 mg C/g på stasjon C3 i Søre Langøyosen. Dette tilsvarer SFTs tilstandsklasse V = "Meget dårlig" for alle stedene (SFT 1997). At stasjon C3 kommer så pass dårlig ut bør ikke tillegges særlig vekt da mange av våre tidligere undersøkelser viser at grensene for klassifisering av organisk innhold i sediment synest å være satt for strengt i forhold til andre vurderingskriterier (f. eks. kvaliteten på dyresamfunnet). Innholdet av organisk nitrogen i sedimentet på stasjon C1 og C2 var henholdsvis 15,3 og 15,9 mg N/g (tilsvarende g N/kg). Dette tilsvarer SFTs' tilstandsklasse V = "Meget dårlig" (SFT 1993). Innholdet av organisk nitrogen i sedimentet på stasjon C3 helt inntil anlegget var 3,3 mg N/g (tilsvarende g N/kg). Dette tilsvarer SFTs' tilstandsklasse II = "Mindre god" (SFT 1993).

Tabell 12. Sammenligning av sedimentkvalitet på stasjonen C1 og C3 i Søre Langøyosen ved seks undersøkelser i perioden 1990 - 2004 (Johannessen og Botnen 1990, Bakke 1991, Botnen m. fl. 1993, Johnsen 1998, Brekke m. fl. 2001 og Tveranger m. fl. 2005).

Forhold	Enhet	1990		1992		1997	2001	2004		
		C1	C3	C1	C1	C3	C1	C1	C1	C3
Stasjon		C1	C3	C1	C1	C3	C1	C1	C1	C3
Leire og silt	%	97	30	-	93	23			56	9
Sand	%	3	60	-	7	72			44	79
Grus	%	0	10	-	0	5			0,1	12
Glødetap	%	38	11	-	32	6,5	89,7*	32,6	34,5	7
TOC	mg/g	152	44	125	128	26	360*	130	138	27
Normalisert TOC	mg/g								146	43
Nitrogen (tot)	mg/g			15,8			13,9		15,3	3,3

* usannsynlig høye verdier tilskrives analysefeil.

Seks marinbiologiske undersøkelser i Søre Langøyosen utført i perioden 1990 - 2004 viser omtrent identiske forhold (**tabell 12**) Alle prøvene tatt ute i det dypeste partiet viser at sedimentet er svært finkornet med et høyt glødetap og et høyt nivå av karbon og nitrogen. Helt inntil anlegget er sedimentet mer grovkornet og har et betydelig lavere glødetap og nivå av organisk karbon.

Det ble målt et moderat innhold av kobber og sink på alle tre stasjonene både i resipienten og helt inntil anlegget. På stasjon C1 - C3 var konsentrasjonen henholdsvis 95,3 mg Cu/kg, 86,7 og 120 mg Cu/kg. Dette tilsvarer SFTs' tilstandsklasse II = "moderat forurenset". Innholdet av sink i sedimentet var litt forhøyet på stasjon C1 - C3 og ble målt til henholdsvis 218 mg Zn/kg, 220 og 235 mg Zn/kg, hvilket tilsvarer SFTs' tilstandsklasse II = "moderat forurenset".

Selv om det har vært drevet oppdrett ved Giljeholmen i over 25 år er lokaliteten og resipienten bare moderat forurenset av kobber fra notimpregneringsmiddel brukt i nøtene på lokaliteten.

Bunnfauna

Det ble ikke funnet dyr på de to stasjonene C1 og C2 i dypområdet i Søre Langøyosen. Dette var som forventet ut i fra den dårlige sedimentkvaliteten. Forholdene for levende bunndyr på det dypeste i Langøyosen er svært dårlige fra naturens side.

På stasjon C3 helt inntil oppdrettsanlegget var situasjonen en helt annen. Det ble tilsammen funnet 421 individer fordelt på 10 arter. Shannon-Wiener diversitetsindeks (H') ble beregnet til 1,38, og dette tilsvarer SFTs tilstandsklasse IV="Dårlig". Her var faunaen totalt dominert av de opportunistiske børstemakkenene *Capitella capitata* og *Malacoceros fuliginosus*. Det ble tilsammen registrert 400 individer av disse artene totalt i prøven, og de utgjør således 95 % av individantallet. Følsomme diversitetsindekser er lite egnet til å angi miljøtilstand i anleggets nærsone på grunn av den lokale påvirkningen fra anlegget. Helt opp til anlegget gjøres vurderingen derfor på grunnlag av artsantallet og artssammensetningen (NS 9410, **tabell 3**). På stasjon C3 utgjør ingen arter mer enn 90 % av individantallet. Dette gir dyresamfunnet i anleggets nærsone like inntil anlegget miljøtilstand 2= "moderat påvirket". Så selv om dette ut fra en SFT kvalitetsvurdering av dyresamfunn blir vurdert som "dårlig", så er det nettopp en slik sammensetning av dyr som fra naturens side er spesialister i høy omsetning der en får store tilførsler av organisk materiale.

Tabell 13. Sammenligning av bunndyrsundersøkelsene ved de seks undersøkelsene i perioden 1988 - 2004 (Johnsen 1988, Johannessen og Botnen 1990, Botnen m. fl. 1993, Johnsen 1998, Brekke m. fl. 2001 og Tveranger m. fl. 2005).

År	1988		1990		1992		1997	2001	2004	
	C1	C3	C1	C3	C1	C3	C1	C1	C1	C3
Antall individer	-	46	20	2541	8	64	-	-	-	421
Antall arter	-	5	3	12	2	13	-	-	-	10
Prøvetakingsareal, m ²	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,2	0,02	0,04	0,2	0,2
Shannon-Wiener, H'		0,70	0,92	1,18	0,54	2,91				1,38
Jevnhet, J		0,30	0,58	0,33	0,54	0,78				0,41
H'-max		2,32	1,59	3,59	1,0	3,7				3,32
SFT-tilstandsklasse	V	V	V	IV	V	III	V	V	V	IV

Undersøkelser i perioden 1988 - 2004 bekrefter de samme forholdene for bunnlevende dyr i hele perioden. Forholdene for dyr er svært dårlige på stasjon C1 ute i resipienten. Som oftest har dyrene vært totalt fraværende, eller de forekommer i små mengder, og da finner man bare arter som er svært forurensingstolerante (**tabell 13**). Helt inntil anlegget har det periodevis forekommet mye dyr, og kvaliteten på dyresamfunnet har variert mellom SFT tilstand III og V, noe som primært skyldes den lokale påvirkningen fra anlegget. NS 9410 angir miljøtilstand som et bedre mål der man har en lokal påvirkning. Ut fra dette ville stasjon C3 i 1998, 1990 og 1992 fått tildelt miljøtilstand 2= "moderat påvirket".

KONKLUSJON

Denne undersøkelsen bekrefter de samme forhold som tidligere undersøkelser. Dypvannsbassenget i Søre Langøyosen viste tilnærmet oksygenfrie forhold i november. Sedimentet var finkornet, mykt og svart med mudderaktig konsistens og luktet hydrogensulfid. Det ble målt et høyt glødetapt og høyt innhold av karbon og nitrogen. Det ble ikke funnet bunnlevende dyr i sedimentet. Dette skyldes i all hovedsak de naturgitte forholdene med stagnere de dypvann. Det kan ikke dokumenteres at de dårlige forholdene ute i resipienten skyldes påvirkningen fra anlegget. Forholdene her har vært forbausende konstante over tid, uavhengig av produksjon eller stans i produksjon ved fiskeanlegget.

Oppdrettsanlegget ved Giljeholmen ligger ikke over dypvannsområdet i Søre Langøyosen, og påvirker derfor i liten grad forholdene der. Miljøpåvirkningen fra anlegget er i all hovedsak helt lokal, og siden man her har relativt gode strøm- og utskiftingsforhold året rundt, blir mesteparten av det organiske materialet fra anlegget omsatt og omdannet her. Det indikerer også at det må være meget høy omsetningskapasitet i friske og oksygenrike sedimenter. Inntil anlegget ble det funnet skjellsand, og sedimentkvaliteten var relativt god. Det ble funnet mye dyr her, og her foregår det normal nedbryting året rundt.

Undersøkelsene i perioden 1988 - 2004 viser relativt konstante miljøforhold i resipienten uavhengig av størrelsen på driften ved Giljeholmen. Det oppstår oksygenfrie forhold i det dypeste i resipienten hvert år og hvert år forekommer det sannsynligvis en fullstendig bunnvannsfornyning. Sedimentkvaliteten i dypområdet er fra naturens side konstant dårlig med finkornet sediment med høyt glødetap, karbon- og nitrogeninnhold, og der er ikke levelige forhold for dyr. Denne og tidligere undersøkelser viser at de dårlige forholdene i resipienten i Søre Langøyosen skyldes naturgitte forhold. Disse konklusjoner understøttes av og i tidligere rapporter (Johnsen 1988, Johannessen og Botnen 1990, Bakke 1991, Botnen m. fl. 1993, Johnsen 1994 og 1997).

REFERANSER

- BAKKE, H. 1991.** Resipientgransking ved Sekkingstad, Sotra.
NIVA-rapport V-91/04, 15 sider.
- BOTNEN, H.B., P.J.JOHANNESSEN & Ø.F.TVEDTEN 1993.** Resipientundersøkelse i Langøyosen, Fjell kommune. *Institutt for Marinbiologi, Universitetet i Bergen, rapport nr 22-1993, 23 sider.*
- BREKKE, E., G.H. JOHNSEN & B.A.HELLEN 2001.** Undersøkelser av fem marine resipienter i Fjell kommune 2001. *Rådgivende Biologer AS Rapport nr 489, 24 sider, ISBN 82-7658-335-0.*
- HANSEN, P.K., A. ERVIK, J. AURE, P. JOHANNESSEN, T. JAHNSEN, A. STIGEBRANDT & M. SCHAANNING 1997.** MOM - Konsept og revidert utgave av overvåkningsprogrammet. 1997
Fisken og Havet nr 5, 55 sider.
- JOHANNESSEN, P.J. & H.B.BOTNEN 1990.** Resipientundersøkelse for As. Sekkingstad Preserving i Langøyosen, Fjell kommune. *Institutt for Marinbiologi, Universitetet i Bergen, rapport nr 22-1990, 14 sider.*
- JOHNSEN, G.H. 1994.** Vurdering av miljøvirkningene fra as. Sekkingstad Preserving sitt oppdrettsanlegg ved Giljeholmen i Fjell kommune. *Rådgivende Biologer as, rapport 118, 54 sider, ISBN 82-7658-027-0*
- JOHNSEN, G.H. 1998.** Resipientundersøkelser i Nordre og Søre Langøyosen i Fjell kommune 1997
Rådgivende Biologer as. Rapport nr 315, 16 sider, ISBN 82-7658-175-7.
- JOHNSEN, T.M. 1988.** Sekkingstad Preserving as. Resipientundersøkelse i Langøyosen.
AkvaSafe rapport, unummerert, 13 sider.
- MOLVÆR, J., J. KNUTZEN, J. MAGNUSSON, B. RYGG, J. SKEI & J. SØRENSEN 1997.**
Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. *SFT Veiledning 97:03. TA-1467/1997.*
- NORSK STANDARD NS 9410.** Miljøovervåking av marine matfiskanlegg. 1. utgave mars 2000.
- NORSK STANDARD NS 9422.** Vannundersøkelse. Retningslinjer for sedimentprøvetaking i marine områder.
- NORSK STANDARD NS 9423.** Vannundersøkelse. Retningslinjer for kvantitative undersøkelser av sublittoral bløtbunnsfauna i marint miljø.
- RYGG, B. & I. THÉLIN 1993.** Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Virkninger av organiske stoffer. *SFT Veiledning 93:05. TA-925/1993.*
- SHANNON, C.E. & W. WEAVER 1949.** The mathematical theory of communication.
University of Illinios Press, Urbana, 117 s.
- STIGEBRANDT, A. 1992.** Beregning av miljøeffekter av menneskelige aktiviteter.
ANCYLUS, rapport nr. 9201, 58 sider.

