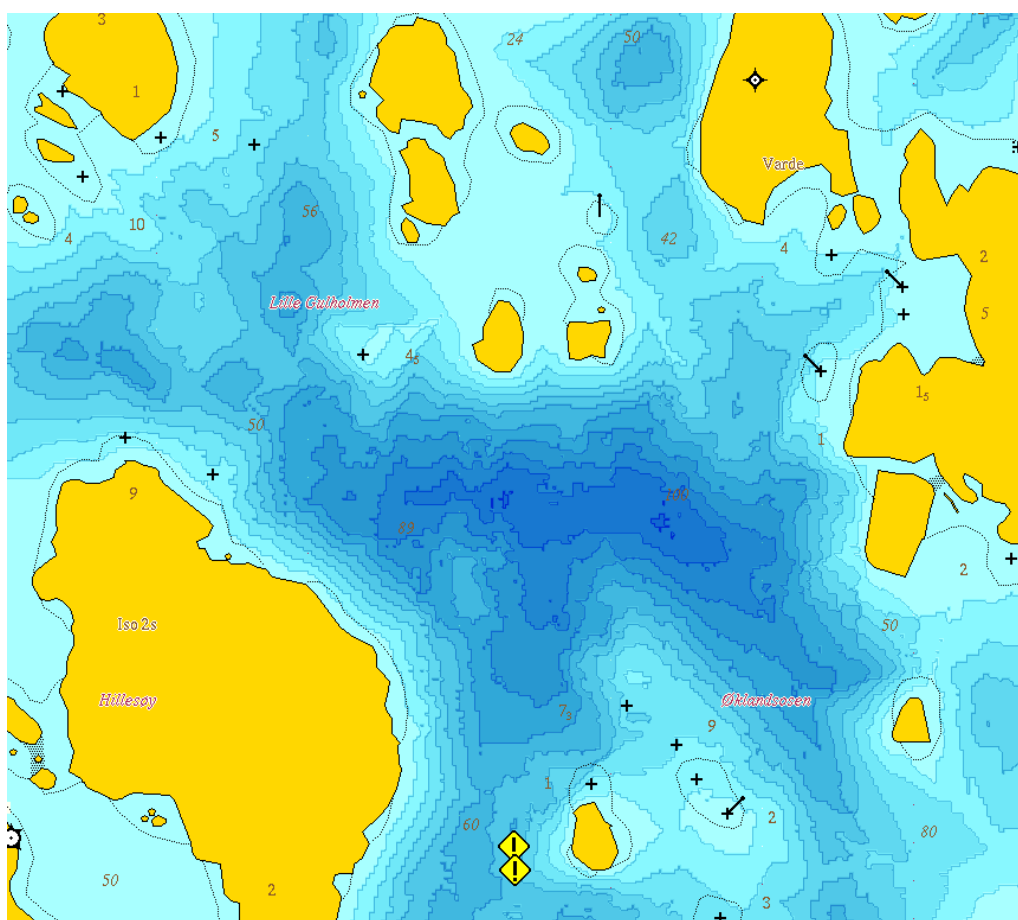


MOM C-resipientundersøkelse av lokaliteten Hillesøy i Bømlo kommune.





Rådgivende Biologer AS

RAPPORTENS TITTEL:

MOM C-resipientundersøkelse av lokaliteten Hillesøy i Bømlo kommune.

FORFATTERE:

Bjarte Tveranger og Geir Helge Johnsen

OPPDRAKSGIVER:

Bremnes Seashore AS

OPPDRAGET GITT:

mai 2004

ARBEIDET UTFØRT:

2004

RAPPORT DATO:

6. august 2004

RAPPORT NR:

739

ANTALL SIDER:

26

ISBN NR:

ISBN 82-7658-251-6

EMNEORD:

- Oppdrettslokalitet i sjø
- MOM C-resipientundersøkelse
- Bømlo 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

Forsideillustrasjon: Utsnitt av Olex-dybdekart opploddet ved befaringen

FORORD

Rådgivende Biologer AS har på oppdrag fra Bremnes Seashore AS utført en MOM C-resipientundersøkelse av oppdrettslokaliteten Hillesøy med den tilhørende resipienten i Øklandsosen i Bømlo kommune. Lokaliteten er i dag godkjent for oppdrett av kveite og et oppdrettsvolum på 12 000 m³, men i utslippstillatelsen fra fylkesmannen i Hordaland, miljøvernavdelinga datert 19. mars 2001 var det stilt krav om at det skulle gjennomføres en ny resipientundersøkelse for å kartlegge resipienttilstanden. Frist for innsedning av rapport var 1. mai 2004.

Denne rapporten presenterer resultatene fra undersøkelsen, som inkluderer innsamling av vannprøver og sediment, samt innsamling av bunndyr i det aktuelle området den 27. mai 2004.

De innsamlete sedimentprøvene og vannprøvene er analysert ved Chemlab Services AS, bunndyrprøvene er sortert av Randi Lund og undersøkt av Lindesnes Biolab ved cand.scient. Inger Dagny Saanum, mens kornfordeling i sedimentet er analysert ved M-Lab AS i Stavanger. Hydrografiske profiler ble innsamlet med et nedsenkbart YSI-instrument.

Rådgivende Biologer takker de ansatte ved anlegget for assistanse i forbindelse med gjennomføringen. Til slutt en takk til Bremnes Seashore AS ved Bernhard Knarvik for oppdraget.

Bergen, 6. august 2004

INNHOLDSLISTE

Forord og innholdsliste	2
Sammendrag	3
Innledning	4
Område- og lokalitetsbeskrivelse	7
Metode	10
Miljøtilstanden våren 2004	14
Diskusjon	21
Referanser	25
Vedleggstabell fauna	26

SAMMENDRAG

Tveranger, B., & G. H. Johnsen 2004.

MOM C-resipientundersøkelse av lokaliteten Hillesøy i Bømlo kommune.

Rådgivende Biologer AS, rapport 739, 27 sider, ISBN 82-7658-251-6

På oppdrag fra Bremnes Seashore AS utførte Rådgivende Biologer AS en miljøundersøkelse på lokaliteten Hillesøy og i resipienten i Øklandsosen 27. mai 2004. MOM C-undersøkelsen i resipienten er utført etter Norsk Standard 9410, 9422 og 9423.

Lokaliteten ligger på nordøstsiden av Hillesøy på en relativt skjermet lokalitet inne i Øklandsosen, som er et kystnært, tersklet område. Sjøområdet har svært mange øyer, holmer og skjær adskilt av grunne terskler som stenger dypvannet inne. De dypeste partiene i Øklandsosen går ned til vel 100 m og omfatter to dypvannsbasseng med en terskel imellom som til sammen danner en middels stor resipient. Anlegget ligger i tilknytning til denne resipienten. Fra lokaliteten skråner bunnen nedover til det dypeste punktet i bassenget på vel 100 m dyp ca 150 m nordøst for anlegget. Hovedterskelen inn til disse bassengene er 35 meter i Bukkholmsundet mot nord.

Anlegget ligger fritt oppankret i retning nordvest - sørøst der anleggets langside mot sørvest ligger ca 80 m fra Hillesøy. På lokaliteten lå det 10 stk bur à 15x15 m (innvendige mål) parvis langs en midtbrygge, med en flåte omtrent midt i anlegget. Under anlegget er det ca 60 - 80 m dypt, og bunnen skråner nedover både i anleggets lengderetning mot nordvest og på tvers av anlegget i retning nordøst.

MOM C-resipientundersøkelsen i Øklandsosen viser at det var sedimenterende forhold på de to prøvestedene i resipienten (C1 og C2) og prøvestedet helt inntil anlegget (C3). Sedimentet var finkornet (mellom 42,2 og 46,7 % silt+leire) med et lavt tørrstoffinnhold (mellom 24,4 og 30,8 %) og et høyt glødetap (mellom 31,9 og 33,6 %) på alle tre stedene, tilsvarende et (normalisert) TOC innhold på mellom 137,2 og 144,8 mg C/g (SFTs tilstandsklasse V = "Meget dårlig"). Nitrogeninnholdet i sedimentet var også høyt på alle tre stedene (mellom 8,7 og 9,9 mg N/g), noe som gir SFTs tilstandsklasse V = "Meget dårlig". En analyse av bunnfauna på prøvested C1 og C2 ga en Shannon-Wiener diversitetsindeks på henholdsvis 2,52 og 2,63, noe som gir dyresamfunnet i resipienten i dypområdet i Øklandsosen tilstandsklasse III = "Mindre god". En analyse av bunnfauna på prøvested C3 helt inntil anlegget ga miljøtilstand 1 = "Lite påvirket". Det var mye dyr og en høy biologisk aktivitet i sedimentet like inntil anlegget.

Verken ute i resipienten eller helt inntil anlegget var det mer enn moderate mengder av tungmetallene kobber og sink, noe som ga stedene SFTs' tilstandsklasse I og II (= "Ubetydelig - Lite forurenset" og "Moderat forurenset").

Både sedimentkvaliteten og kvaliteten på dyresamfunnet tilsvarende det som er funnet flere andre steder i Øklandsosen i en tidligere resipientundersøkelse. Det er lite trolig at oppdrettsaktiviteten ved Hillesøy har medført en forverring av tilstanden i resipienten. I Øklandsosen er det sannsynligvis årlig bunnvannsfornyning, noe som bekreftes av forekomst av bunndyr ved det dypeste. Beregninger utført med Fjordmiljømodellen viser også at det ikke vil oppstå oksygenfrie forhold ved bunnen, og at de samlede utslippene fra oppdrettsvirksomheten i Øklandsosen ikke overskrider resipientens bæreevne.

Det manglende samsvar mellom SFT-vurdering av miljøtilstand basert på sedimentkvalitet og forekomst av bunndyr, er relativt vanlig å observere i denne type sjøbasseng. Sedimentkvalitet målt i henhold til NS 9410 samsvarer bedre med forekomst av dyr enn SFTs dårligere klassifisering av sediment.

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

Oppdrettslokalteter 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 LOKALITETSBEKRIVELSE

Lokaliteten ligger på en relativt skjermet lokalitet inne i Øklandsosen, som er et kystnært, tersklet område omkranset av mange øyer og holmer sør, vest og nord for lokaliteten (**figur 1**). Landskapstopografien i området fører til at en i stedet for et sammenhengende og større, utersklet sjøområde, som f. eks. et fjordbasseng, vil en i et øyrike som dette få større og mindre tersklete basseng. I de øverste vannlagene har en gjerne brukbare strømførhold og vannutskifting, mens det er med stagnerende vannmasser nedover mot bunnen, særlig under terskelnivå i hvert basseng. Det er derfor svært viktig å ha gode kunnskaper om bunntopografien på lokaliteten og området rundt for å få en best mulig vurdering av påvirkningen fra anleggsvirksomheten på resipienten.

De dypeste partiene i Øklandsosen går ned til 80 - 100 m og omfatter to dypvannsbasseng med en terskel imellom som til sammen danner en middels stor resipient. Øklandsosen er relativt godt geografisk avgrenset. Mot øst avgrenses Øklandsosen av Klovøya og Brekke. De viktigste øyene som avgrenser Øklandsosen mot nord er Sæverudsøy, Stongholmen, Dyrabella, Gulholmen, Galgeitholmen, Bukkholmen og Bukkøya. Mot vest - sørvest avgrenses Øklandsosen av Rogøya og Samnugsøy, og mot sør av øyene Brekkholmen, Akselholmen, Lambholmen og Sjøbuholmen. Anlegget ligger således i tilknytning til en tersklet og avgrenset middels stor resipient, med hovedterskel mot nord på 35 meters dyp gjennom Bukkholmsundet (**figur 1**).

Anlegget ligger på nordøstsiden av Hillesøy i retning nordvest - sørøst. Anlegget er et noe eldre Bømlo Construction stålanlegg bestående av 10 stk bur à 15x15 m (innvendige mål) som ligger parvis langs en midtbrygge, med en flåte omtrent midt i anlegget. Under anlegget er det ca 60 - 80 m dypt, og bunnen skrånner nedover både i anleggets lengderetning mot nordvest og på tvers av anlegget i retning nordøst. Fra anlegget skrånner bunnen videre nedover til en når det dypeste punktet i bassenget på ca 100 m dyp ca 150 m nordøst for anlegget (**figur 2**). Fra denne lille forsenkningen/gropen går det en undersjøisk dal mot øst der bunnen grunnes litt oppover til rundt 90 m dyp før det dybdes nedover igjen til en liten grop i terrenget på ca 100 m dyp ca 400 m østnordøst for anlegget. Dalen fortsetter så i retning sørøst og grunnes oppover til ca 40 m dyp mellom Krabbholmen og Åsholmen før det dybdes nedover igjen til ca 80 m dyp i en litt større grop sør for Åsholmen.

Fra det dypeste punktet i bassenget på ca 100 m dyp ca 150 m nordøst for anlegget grunnes det i retning mot sør til ca 50 m dyp i sundet mellom Hillesøy og Krabbholmen. Herifra går det en slette sørover som utvides og gradvis blir dypere i retning sørøst og øst. Fra den samme dyppunktet på 100 m dyp grunnes det i retning mot vestnordvest til ca 43 m dyp i sundet mellom Hillesøy og Galgeitholmen. Det dybdes videre nedover til et nytt basseng i mellom Hillesøy og Rogøya.

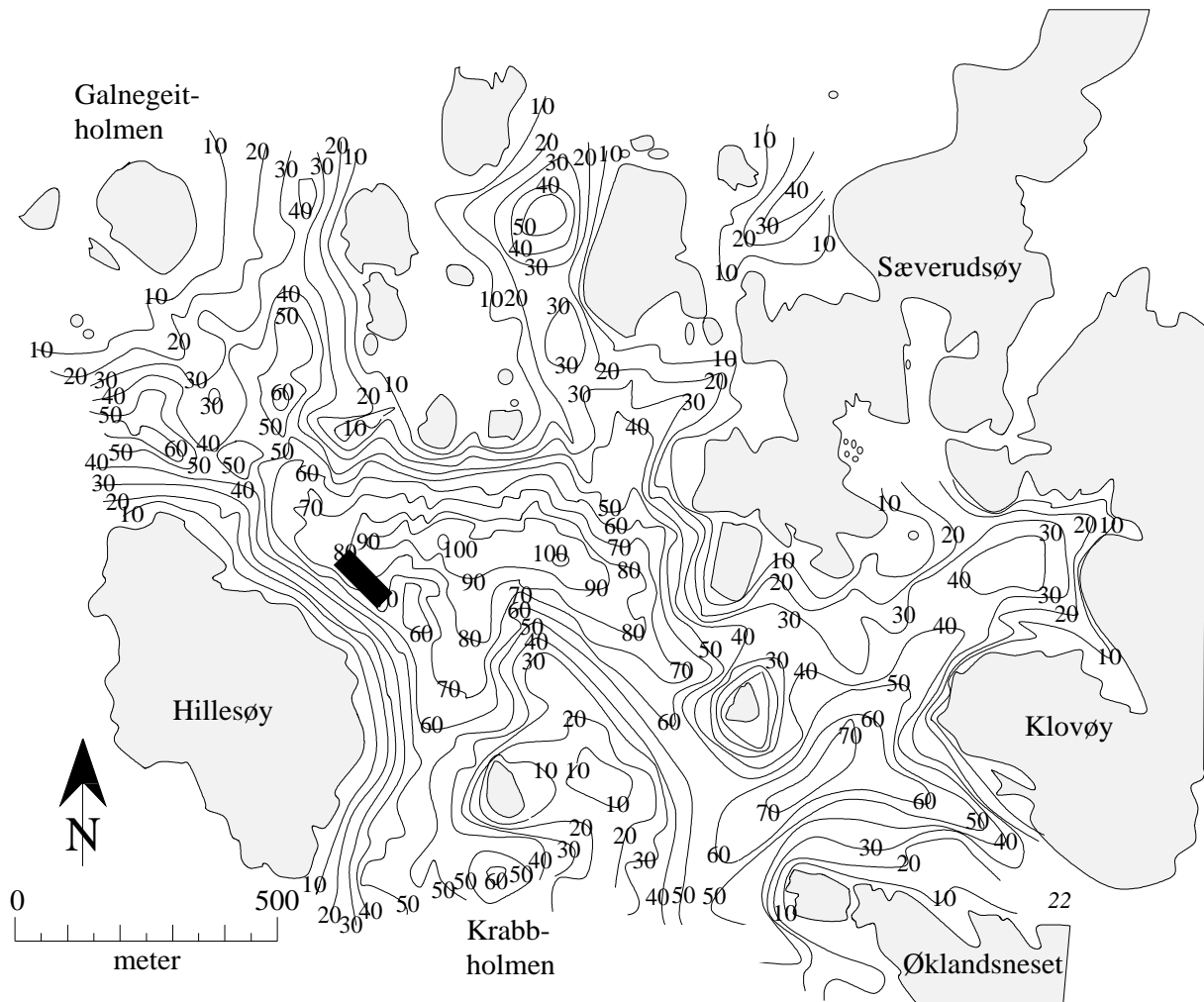
Ut i fra denne detaljerte beskrivelsen og **figur 1** og **2** så ser en at Øklandsosen består av flere delresipienter eller basseng på grunn av den ujevne og varierende topografien internt i Øklandsosen. Detaljkunnskaper om dette er viktig for å kunne forstå hvilken eventuelle effekter ulike utslipp på ulike steder har til Øklandsosen siden disse sedimenterer og påviker ulike basseng. **Figur 2** viser at mesteparten av utslippet fra anlegget ved Hillesøy vil sedimentere til de dypestliggende områdene i Øklandsosen avgrenset av interne terskler til andre basseng på ca 43 m dyp mellom Hillesøy og Galgeitholmen mot vest, 50 m dyp mellom Hillesøy og Krabbholmen og 40 m dyp mellom Krabbholmen og Åsholmen mot sør og ca 25 m dyp mellom Gulholmen og Stongholmen og 31 m dyp mellom Galgeitholmen og Gulholmen i nord.

Den viktigste forbindelsen fra Øklandsosen til sjøområder utenfor med god utskifting og vannkvalitet er Bukkholmsundet som går i retning nordvest (mot Lauvholmsosen) med en terskel på omtrent 35 m dyp. I tillegg er også Hillesøysundet, Brekkholmsundet og Lambholmsundet viktige forbindelser med sjøområdene utenfor mot sør (Nesosen), med en dypeste terskel på ca 24 m dyp. Hovedutskiftingen av vannmassene i sjøbassenget skjer gjennom alle disse sundene.



Figur 1. Oversiktskart over Øklandsosen med tilgrensede sjøområder og avmerking av lokaliteten. Anlegget er markert med en svart firkant. Dybdene i sundene inn til Øklandsosen er angitt med tall i kursiv.

De andre sundene mellom Øklandsosen og sjøområdene utenfor er relativt trange og med grunne terskler, og står således for en relativt liten del av utskiftingen (**figur 1**). En kan påregne god utskifting i overflaten og ned til ca 40 m dyp hele året, og strømmålinger utført av Sunnhordland Havbruksring ved Hillesøy på 50 m dyp viste også en betydelig strømkraft på dette dypet etter noen uker med sammenhengende kuling og storm fra sør, sørvest og nordvest i januar 1993 (Tveranger 1993) etter ca to uker med nesten strømstille på 50 m dyp. Dette indikerer betydelige effekter av vinddrevet strøm og drag etter havdønninger på utskiftingen av de dypere liggende vannmasser i perioder med dårlig vær og mye bølger og vind høst- og vinterstid.



Figur 2. Dybdekart med 10-meterskoter over den aktuelle delen av Øklandsosen. Anlegget er markert med en svart firkant. Dybdekotene er tegnet etter oppløssing med Olex integrert ekkolodd, GPS-posisjonering og digitalt sjøkart, foretatt ved befaringen i mai 2004 (se forøvrig illustrasjon på forsiden av rapporten).

Selve dypbassenget øst for Hillesøy har et areal på 0,6 km² sør for Sveaholmane, vest for Sæverudsøy og nord for Krabbholmen. Bassenget har et samlet volum på 28 millioner m³. Dette bassenget har de samme hovdetersklene som hele Øklandsosen, med 35 meters dyp i Bukkholmsundet og et samlede tverrsnittet på omtrent 10.000 m². Vannutskiftingen skjer gjennom disse sundene, og det medfører et naturlig oksygenforbruk på 0,2 ml O₂/mnd i dypvannet i henhold til Fjordmiljømodellen (Stigebrandt 1992). Med antatt årlig vannutskifting i bassenget, vil det derfor ikke bli oksygenfritt fra naturens side.

METODE

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

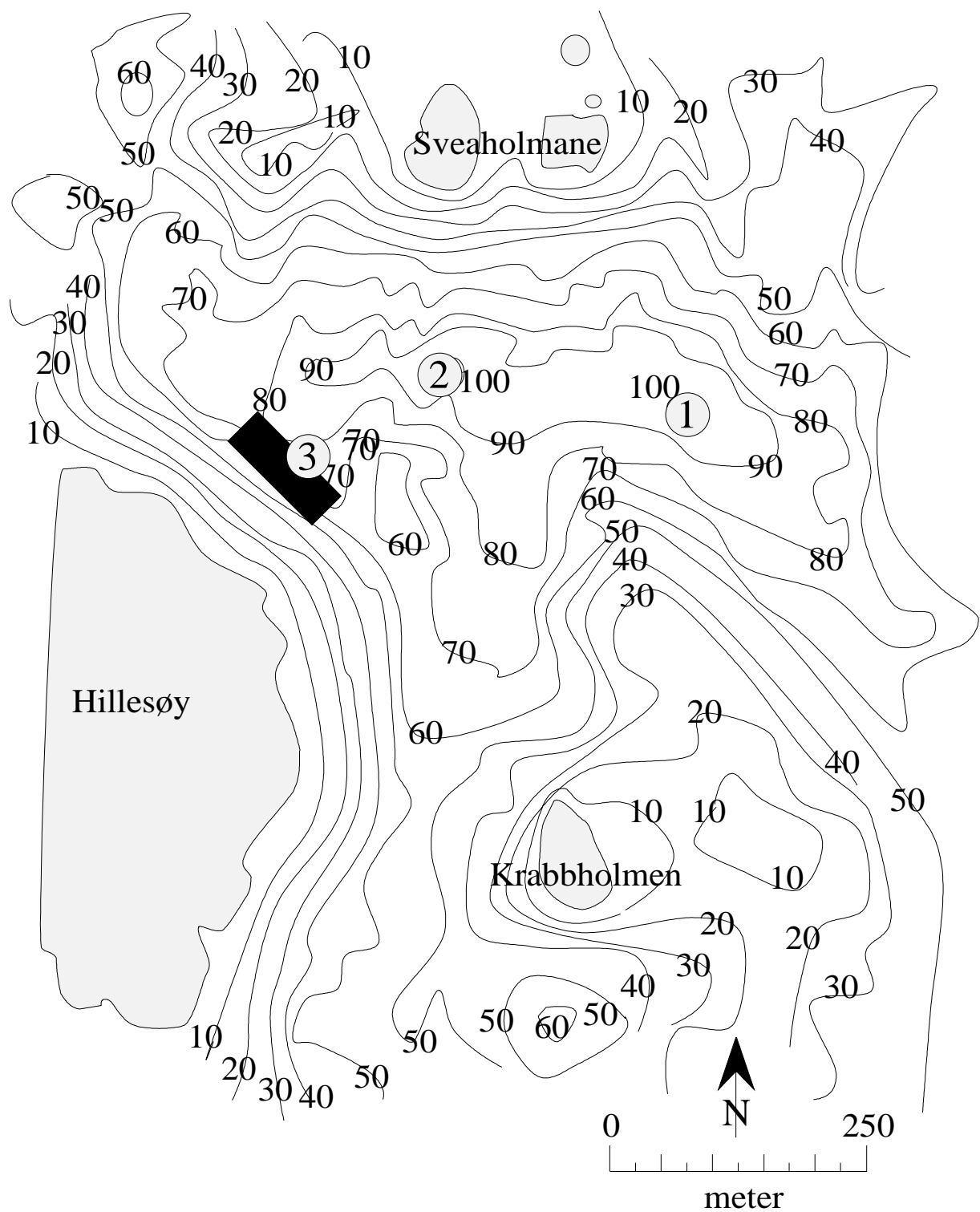
MOM (Matfiskanlegg, Overvåking og Modellering) består av et overvåkingsprogram (A, B og C-undersøkelser) og en modell for beregning av lokalitetens bæreevne og fastsetting av lokalitetens produksjonskapasitet. For nærmere beskrivelse av overvåkingsprogrammet vises til «Konsept og revidert utgave av overvåkingsprogrammet 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-undersøkelse i resipienten og nærsonen

MOM C-undersøkelsen er en undersøkelse av bunntilstanden fra anlegget (nærsonen) og utover i resipienten (fjernsonen). De aktuelle prøvestasjonene er avmerket på **figur 3**. 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).



Figur 3. Prøvestedene C1 - C3 i MOM C-resipientundersøkelsen i Øklandsosen og ved anlegget i Hillesøy i Bømlo kommune, 27. mai 2004. Posisjons-referansepunktet i land på Hillesøy er markert med 'R' (N 59° 48,641' / Ø 5° 06,614' WGS 84).

Det taes 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, taes det bare ett grabbhugg. Ett sett prøver taes 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 prøvestedene er oppgitt i i **tabell 2**.

Tabell 2. Posisjon for prøvestedene ved MOM C-resipientundersøkelsen ved Hillesøy 27. mai 2004.

Prøvetakingssted	C1	C2	C3
Dyp (meter)	101	100	77
Posisjon (WGS 84)	N: 59° 48,762' E: 05° 07,002'	N: 59° 48,792' E: 05° 06,745'	N: 59° 48,744' E: 05° 06,583'

Det utføres 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 taes 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 VÅREN 2004

Det ble utført en MOM C-resipientundersøkelse i resipienten til lokaliteten Hillesøy, dvs i dypområdet i Øklandsosen den 27. mai 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 Øklandsosen og prøvestedet 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 prøvestedene er oppgitt i **tabell 2** og avmerket i **figur 3**.

NÆRINGSRIKHET

Det ble samlet inn overflatevannprøver som ble analysert for næringsrikhet ved stasjon C1 - C3 (**figur 3**). Resultatene er vist i **tabell 4**, og SFT-tilstandsklassen (sommersituasjon) for hver enkelt prøve er markert i parentes. På alle tre prøvestedene ble vannkvaliteten vurdert til tilstandsklasse I="Meget god" for nitrogen og tilstandsklasse II="God" for nitrat. På prøvestedet C1 i Øklandsosen ble vannkvaliteten vurdert til tilstandsklasse I="Meget god" for total fosfor og tilstandsklasse III="Mindre god" for fosfat. På prøvestedet C2 i Øklandsosen mellom anlegget og det dypeste i resipienten ble vannkvaliteten vurdert til tilstandsklasse III="Mindre god" for total fosfor og fosfat. På prøvestedet C3 helt inntil anlegget ble vannkvaliteten vurdert til tilstandsklasse I="Meget god" for total fosfor og fosfat. Det er tilsynelatende grunn til å tro at disse resultatene med hensyn på total fosfor og fosfat på stasjon C2 ikke kan være representative all den tid stasjon C3 tatt helt inntil anlegget (påvirkningskilden) viser helt andre og lavere verdier. Det må imidlertid også nevnes at det drives oppdrett av laks på østsiden av Åsholmen (se **figur 1**), men det var ikke drift på lokaliteten på besøksdagen (brakklagt siden ???) De middels høye verdiene indikerer "forurensning" fra eksterne kilder.

Tabell 4. Overflatevannkvalitet på de tre stedene C1 - C3 øst i Øklandsosen og ved anlegget 27. mai 2004. Prøvene er hentet på en meters dyp og de er analysert av Chemlab Services AS. SFT-tilstanden er markert i parentes.

PRØVESTED	Total fosfor : g/l	Fosfat-fosfor : g/l	Total nitrogen : g/l	Nitrat-nitrogen : g/l
C1, Øklandsosen	11 (I)	9 (III)	186 (I)	< 20 (II)
C2, Øklandsosen	17 (III)	8 (III)	193 (I)	< 20 (II)
C3, ved anlegget	10 (I)	3 (I)	167 (I)	< 20 (II)

Siktedypet på stasjon C1 var ca 8,0 meter. Siktedypet gjenspeiler mengden partikler i, og den generelle fargen på, vannmassene. I områder med høy algeproduksjon, eller i sterkt ferskvannspåvirkete områder, vil siktedypet kunne være naturlig lavt. Klassifisert i henhold til SFT (1997) tilsvarer siktedypet i Øklandsosen tilstandsklasse I = "Meget god".

SEDIMENTKVALITET

Prøvested C1 Øklandsosen ligger på 101 m dyp i et middels stort vest - østgående dypvannsbasseng ca 350 m østnordøst for anlegget (**figur 3**). Prøvestedet ligger på det dypeste stedet i den østlige delen av dypvannsbassenget, dvs nede i en liten grop på rundt 100 m dyp. Herifra skrånner bunnen litt oppover mot vest til ca 90 m dyp ca 125 m vest for prøvestedet og gradvis oppover mot sørøst til ca 40 m dyp ca 600 m sørøst for prøvestedet. Grabbhoggene inneholdt fulle grabber med 12 l mykt, grått, mudderaktig finkornet sediment (silt og leire) med litt skjellrester uten lukt av hydrogensulfid, med et tynt svartaktig lag på toppen (**tabell 9**).

Prøvested C2 Øklandsosen ligger på 100 m dyp ca 150 m nordøst for anlegget (**figur 3**). Prøvestedet ligger på det dypeste stedet i den vestlige delen av dypvannsbassenget, dvs nede i en liten grop på rundt 100 m dyp. Herifra skrånner bunnen litt oppover mot øst til ca 90 m dyp ca 125 m vest for prøvestedet. Fra prøvestedet grunnes det i retning mot sør til ca 50 m dyp i sundet mellom Hillesøy og Krabbholmen og i retning mot vestnordvest til ca 43 m dyp i sundet mellom Hillesøy og Galgeitholmen. Grabbhoggene inneholdt fulle grabber med 10 - 12 l mykt, grått, mudderaktig finkornet sediment (silt og leire) med litt skjellrester uten lukt av hydrogensulfid. (**tabell 5**).

Prøvested C3 ved anlegget ligger like inntil, dvs ca 2 m fra anleggets langside mot nordøst omtrent midt på anlegget (**figur 3**). Her er det 77 m dypt. Bunnen skrånner noe i anleggets lengderetning og på tvers av anlegget fra sørvest mot nordøst. Denne prøven er således tatt inntil anlegget i en noe skrånende bakke i fra anleggets kortende mot sørøst og i fra andre siden av anlegget mot prøvestedet, slik at terrenget samlet sett skrånner nedover mot prøvestedet. Grabbhoggene inneholdt fulle grabber med 10 - 12 l mykt, grått, mudderaktig finkornet sediment (silt og leire) med litt skjellrester uten lukt av hydrogensulfid. (**tabell 5**).

Tabell 5. Beskrivelse av MOM C-prøver fra Øklandsosen og ved anlegget 27. mai 2004.

Prøvetakingssted	Øklandsosen, C1		Øklandsosen, 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)	10 l	12 (full)
Bobling i prøve	Nei		Nei		Nei	
H ₂ S lukt	Nei		Nei		Nei	
Skjellsand	2 - 3 % skjellrester		2 - 3 % skjellrester		Ca 5 % skjellrester	
Primær sediment	Nei		Nei		Nei	
Grus	Nei		Nei		Nei	
Sand/silt	Ja		Ja		Ja	
Leire	Ja		Ja		Ja	
Mudder	Ja		Ja		Ja	
Beskrivelse av prøven	Full grabb med myk, grå og luktfri prøve bestående av fin sand, silt og leire. Mudderbunn. Homogen struktur.		Full grabb med myk, grå og luktfri prøve bestående av fin sand, silt og leire. Mudderbunn. Homogen struktur.		Full grabb med fast-myk, grå og luktfri prøve bestående av fin sand, silt og leire. Mudderbunn. Homogen struktur.	

Nedbrytingsforholdene i sedimentet kan beskrives ved både surhet og elektrodepotensial. Ved høy grad av akkumulering av organisk materiale vil sedimentet være surt og ha et negativt elektrodepotensial. Sedimentet på stasjonene i Øklandsosen og helt inntil anlegget hadde normal pH tilsvarende friske og oksygenrike forhold ved bunnen. Dette ser en også av elektrodepotensialet, som på alle stasjonene viste positive verdier. Sedimentet på alle tre stedene ble klassifisert til tilstand 1 (upåvirket, **tabell 6**).

Tabell 6. Resultater fra måling av surhet (pH) og elektrodepotensialet (Eh) i sediment i Øklandsosen og ved anlegget den 27. mai 2004. Forholdet mellom pH og Eh er hentet fra standard MOM-figur (NS 9410). Ved prøvetaking var: pH sjøvann=7,92, Eh i sjøvann=379 mV og temperaturen i sediment= 8,7 °C.

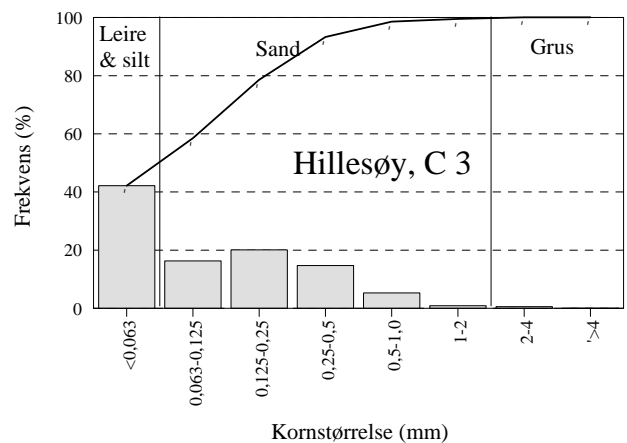
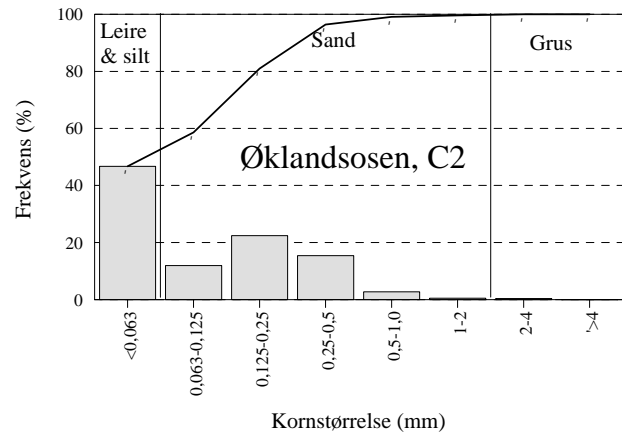
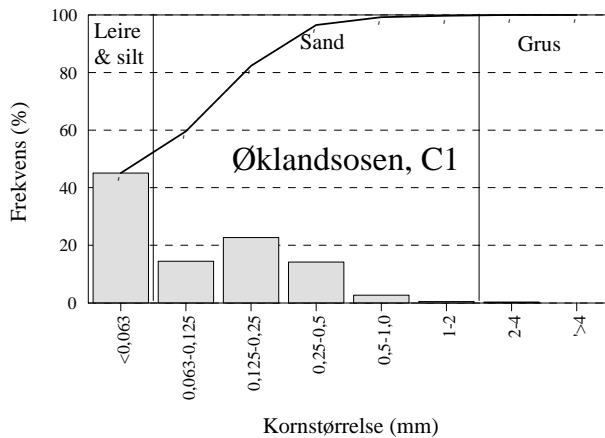
Prøvetakssted	Øklandsosen, C1		Øklandsosen, C2		Ved anlegget, C3	
	replikant 1	replikant 2	replikant 1	replikant 2	replikant 1	replikant 2
Ph	7,79	7,77	7,86	7,64	7,84	7,90
Eh	171	160	130	167	230	170
pH/Eh-tilstand	1	1	1	1	1	1

Kornfordeling

Det ble tatt prøver for analyse av kornfordeling av de øverste 5 cm av sedimentet fra de tre prøvestedene C1 - C3. Resultatene viser at det var sedimenterende forhold på alle tre prøvestedene med omtrent det samme forholdet mellom silt/leire og sand. Henholdsvis 45,1 %, 47,7 og 42,2 % av partiklene på vektbasis var leire og silt på de tre stedene. Henholdsvis 54,6 %, 52,9 og 57,2 % av partiklene på vektbasis var leire og silt på de tre stedene, og det var mest av de minste fraksjonene (under 0,25 mm, **figur 4, tabell 7**). Glødetapet var høyt på alle tre stedene og lå mellom 19,0 og 23,0 %. Sedimentkvaliteten og sammensetningen av sedimentet er således nokså lik på alle tre stedene selv om prøvested 1 og 2 ligger på det dypeste i resipienten og prøvested 3 i en skrånende bakke nedover mot det dypeste i resipienten.

Tabell 7. Organisk innhold og andel leire + silt, sand og grus i sedimentet på de tre prøvestedene C1 - C3 i Øklandsosen og ved anlegget 27. mai 2004. Prøvene er analysert ved M-LAB, mat og miljøanalyser.

FORHOLD	Øklandsosen, C1	Øklandsosen, C2	Ved anlegget, C3
Glødetap i %	23,0	22,0	19,0
Leire + silt i %	45,1	46,7	42,2
Sand i %	54,6	52,9	57,2
Grus i %	0,3	0,4	0,6



Figur 4. Kornfordeling i sedimentprøvene fra sted C1 og C2 i Øklandsosen (øverst til venstre og høyre) og sted C3 ved anlegget på Hillesøy (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 27. mai 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 alle tre stedene og lå mellom 24,4 og 30,8 %, noe som viser at det i dypvannsbassenget i Øklandsosen er sedimenterende forhold kombinert med en noe lavere nedbryting av organisk materiale og/eller at tilførslene er høyere enn nedbrytingsraten. Glødetapet var høyt på alle tre stasjonene og lå mellom 31,9 og 33,6 %. 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. Sedimentet på alle tre stedene var kjennetegnet ved et høyt innhold av organisk stoff.

Tabell 8. Sedimentanalyser fra prøvested C1 - C3 i Øklandsosen 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	24,4	25,6	30,8
Glødetap	%	NS 4764	33,0	31,9	33,6
TOC	mg/g	beregnet	132,0	127,6	134,4
Normalisert TOC	mg/g	beregnet	141,2	137,2	144,8
Total Fosfor	%	Intern	0,20	0,19	0,59
Kjeldal Nitrogen	%	Kjeldahl	0,91	0,87	0,99
Kobber	mg/kg	NS 4773	61,1	51,4	101
Sink	mg/kg	NS4773	171	114	412

Innholdet av (normalisert) TOC lå mellom 137,2 og 144,8 mg C/g på alle tre prøvestedene i Øklandsosen og helt inntil anlegget. (**tabell 8**). 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 9,1 og 8,7 mg N/g i sedimentet på prøvested C1 og C2 i dypvannsbassenget i Øklandsosen. Det ble også målt en høy konsentrasjon av nitrogen med 9,9 mg N/g i sedimentet helt inn til anlegget (**tabell 8**). Fosforinnholdet i sedimentet var lavest på prøvested C1 og C2 i Øklandsosen og ca 2,5 ganger så høyt i sedimentet helt inntil anlegget. Nitrogenverdien fra sedimentet på prøvested C1 - C3 tilsvarer SFTs’ tilstandsklasse V = “Meget dårlig” (SFT 1993). Av **tabell 8** ser en at innholdet av nitrogen er målt høyere enn fosforinnholdet på alle tre stasjonene, noe som indikerer begrensede nedbrytingsforhold i resipienten.

Det ble målt et moderat innhold av kobber på alle tre prøvestedene. På stasjon C1 og C2 i resipienten var konsentrasjonen henholdsvis 61,1 og 51,4 mg Cu/kg. På stasjon C3 helt inntil anlegget var konsentrasjonen høyere, dvs 101 mg Cu/kg (**tabell 8**). På alle tre prøvestedene tilsvarer dette SFTs’ tilstandsklasse II = “Moderat forurenset”. Innholdet av sink i sedimentet var lavt på stasjon C1 og C2 i resipienten og litt forhøyet i sedimentet helt inntil anlegget. Innholdet på stasjon C2 ble målt til 114 mg Zn/kg, hvilket tilsvarer SFTs’ tilstandsklasse I = “Ubetydelig-Lite forurenset”. Innholdet på stasjon C1 og C3 ble målt til henholdsvis 171 og 412 mg Zn/kg, hvilket tilsvarer SFTs’ tilstandsklasse II = “Moderat forurenset”.

BUNNDYR

På prøvested C1 og C2 i dypområdet i Øklandsosen var faunasammensetningen ganske lik og preget av arter vanlige ved moderat organisk belastning. Det ble til sammen i de to parallelle prøvene på hvert sted funnet henholdsvis 212 og 169 individer fordelt på henholdsvis 17 og 19 arter. Shannon-Wieners diversitetsindeks ble beregnet til henholdsvis 2,52 og 2,63 som gir dypområdet i Øklandsosen (resipienten til anlegget) tilstandsklasse III= “Mindre god” (**tabell 9**). Verdien for jevnhet var lav på begge steder (0,62) og viser at individene ikke er jevnt fordelt mellom artene. Dette skyldes en total dominans av skjellet (slekten) *Thyasira spp.* som utgjorde henholdsvis 53,3 og 49,7 % av individantallet på de to stedene.

På stasjon C3 helt inntil oppdrettsanlegget var situasjonen nokså lik som på de to andre stasjonene. Her var det imidlertid enda flere arter (27) og individer (1093), der flere av artene er vanlige i organisk belastede områder (*Heteromastus filiformis*, *Thyasira spp.*, *Nemertinea spp.*, *Scalibregma inflatum*, *Chaetozone setosa*). Siden børstemakken *Heteromastus filiformis* og skjellet *Thyasira spp.* utgjorde henholdsvis 62,6 og 11,7 % av individantallet ble jevnheten lav (0,47).

På grunn av sterk dominans av to arter var diversiteten bare 2,22 på stasjon C3 helt inntil anlegget selv om flere arter var representert enn i dypvannsbassenget i Øklandsosen. Dette tilsier SFT-tilstandsklasse III= "Mindre god".

Følsomme diversitetsindekser er lite egnet til å angi miljøtilstand i anleggets nærsone på grunn av den store, lokale påvirkningen fra anlegget. Helt opp til anlegget gjøres vurderingen derfor på grunnlag av artsantallet og artssammensetningen (NS 9410, se **tabell 3**). På stasjon C3 ble det funnet 1093 individer fordelt på 27 arter. Dette gir dyresamfunnet i anleggets nærsone like inntil anlegget miljøtilstand 1= "Lite påvirket".

Antall arter tilsier at miljøtilstanden ikke overskrider de miljøforholdene en forventer å finne i forbindelse med et oppdrettsanlegg, og at forholdene i den undersøkte nærsonen dermed er akseptabel. Dyresamfunnet i dypområdet i resipienten er mer preget av moderat organisk belastning, men om dette skyldes anleggspåvirkningen og/eller de naturgitte forhold er mer uvisst (se diskusjonen).

Tabell 9. Antall arter og individer av bunndyr i de seks MOM-C grabbhoggene tatt i resipienten i Øklandsosen (C1 og C2) og like ved anlegget (C3) 27. mai 2004, samt Shannon-Wieners diversitets-indeks, jevnhet (evenness), beregnet maksimal diversitet (H'-max) og SFT-tilstandsklasse. MOMC-vurdering av miljøtilstand er også presentert. Enkeltresultatene er presentert i **vedleggstabell 1** til rapporten.

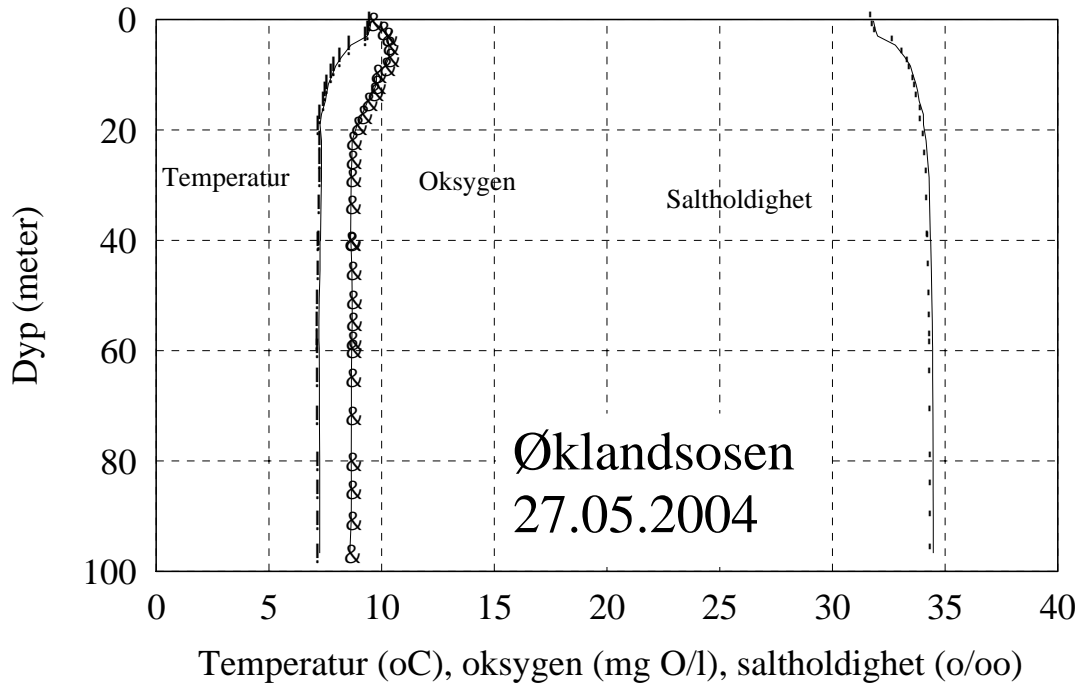
FORHOLD	Øklandsosen, C1			Øklandsosen, C2			Ved anlegget, C3		
	A	B	A+B	A	B	A+B	A	B	A+B
Antall arter	15	13	17	14	14	19	20	23	27
Antall individ	98	114	212	89	80	169	399	694	1093
Shannon-Wiener, H'	2,55	2,35	2,52	2,53	2,47	2,63	2,22	2,17	2,22
Jevnhet, J	0,65	0,63	0,62	0,66	0,65	0,62	0,51	0,48	0,47
H'-max	3,91	3,7	4,09	3,81	3,81	4,25	4,32	4,52	4,75
SFT-tilstandsklasse	III	III	III	III	III	III	III	III	III
MOM-C vurdering dyr (modifisert SFT)							Miljøtilstand 1 "Lite påvirket"		

SJIKTNING

Den 27. mai 2004 omtrent kl 17:00 ble temperatur, saltholdighet og oksygeninnhold målt i vannsøylen i Øklandsosen, ved prøvested C2. Det ble benyttet et nedsenkbart YSI 600XLM-instrument som logget hvert 30. sekund. Det ble målt ned til 96 m dyp, mens dybden til bunns på målestedet var 100 m.

Målingene er foretatt på en årstid med en begynnende temperaturstigning i de øvre vannlag som en konsekvens av økende daglengde og innstråling. Dette vises også av **figur 5** der det med hensyn til temperatur og saltholdighet var i ferd med å etablere seg et svakt skille mellom det som normalt benevnes som et overflatelag (0 - 10 m), overgangslag (10 - 20 m) og dypvannslag. Overflatelaget strakk seg ned til ca 7 m dyp der temperaturen falt fra 9,5 til 8,2 °C. Saltinnholdet økte fra 31,8 i overflaten til 33,2 på 7 m dyp. Overgangslaget strakk seg ned til ca 17 m dyp der temperaturen var 7,3 °C og saltinnholdet 34,0. Hele vannsøylen i dypvannslaget fra rundt 17 m dyp og ned til 96 m dyp var relativt homogen med hensyn til temperatur og salinitet. Temperaturen var rundt 7,3 °C i hele dette skiktet, og saltinnholdet økte til 34,5.

Det ble målt høye oksygenverdier i hele vannsøylen ned til dypvannslaget (fra 10,3 mg/l på 0,2 m dyp til 10,9 mg/l på 7 m dyp og så et fall til 8,6 mg/l på 96 m dyp), noe som tilsvarer en oksygenmetning på over 100 % ned til 13 m dyp. I dypvannslaget fra 17 m dyp og ned til 96 m dyp falt oksygenmengden til 8,6 mg/l, noe som tilsvarer en oksygenmetning på 89 %. Oksygeninnholdet i hele vannsøylen blir vurdert til å være SFT tilstandsklasse I= "Meget god" .



Figur 5. Måling av temperatur (° C), oksygeninnhold (mg O/l) og saltholdighet (%) i vannsøylen ved prøvestedet C2 i Øklandsosen den 27. mai 2004.

DISKUSJON

Lokaliteten ligger på nordøstsiden av Hillesøy på en relativt skjermet lokalitet inne i Øklandsosen, i et tersklet sjøområde med mange øyer, holmer skjær og gruntområde, med ujevn bunn, noe som stenger dypvannet inne. De dypeste partiene i Øklandsosen går ned til over 100 m. Skråningen under anlegget ender i dette dypvannsbassenget som går i retning øst - vest i Øklandsosen. Erfaringsmessig vet en at mesteparten av avfallet fra et anlegg sedimenterer lokalt under anlegget og i anleggets nærområde. Det er således bare små mengder som vil sedimentere i de dypere liggende områdene i resipienten, men i tersklete resipienter med avgrensede nedbrytingsforhold og resipientkapasitet vil slike tilførsler kunne påvirke miljøet negativt.

Overflatevannkvalitet

På alle tre prøvestedene ble vannkvaliteten vurdert til tilstandsklasse I="Meget god" for nitrogen og tilstandsklasse II="God" for nitrat. På prøvestedet C1 i Øklandsosen ble vannkvaliteten vurdert til tilstandsklasse I="Meget god" for total fosfor og tilstandsklasse III="Mindre god" for fosfat. På prøvestedet C2 i Øklandsosen mellom anlegget og det dypeste i resipienten ble vannkvaliteten vurdert til tilstandsklasse III="Mindre god" for total fosfor og fosfat. På prøvestedet C3 helt inntil anlegget ble vannkvaliteten vurdert til tilstandsklasse I="Meget god" for total fosfor og fosfat. Det er tilsynelatende grunn til å tro at disse resultatene med hensyn på total fosfor og fosfat på stasjon C2 ikke kan være representative all den tid stasjon C3 tatt helt inntil anlegget (påvirkningskilden) viser helt andre og lavere verdier.

Det må imidlertid nevnes at det i anlegget ved Hillesøy foregår oppdrett av kveite, og at oppdrettsvirksomheten er liten. Kveiten tar også føret på bunnen av noten og er lite aktiv oppe i merden. Det er således små næringssalttilførsler fra anlegget til overflatevannet, og vannkvaliteten ved anlegget kan godt være så god som resultatet viser. De noe forhøyete verdiene av fosfat i resipienten på prøvested C1 og C2 kan skyldes lokale tilførsler. Det drives oppdrett av laks på østsiden av Åsholmen ca 500 m sørøst for prøvested C1 (se **figur 1**), men det var ikke drift på lokaliteten på besøksdagen (brakklagt siden ???) De middels høye verdiene kan da for så vidt indikere "forurensning" fra eksterne kilder.

Hydrografi

Det ble målt høye oksygenverdier i hele vannsøylen ned til bunns i dypvannslaget (fra 10,3 mg/l på 0,2 m dyp til 8,6 mg/l på 96 m dyp), noe som tilsvarer en oksygenmetning på 89 % ved bunnen. Oksygeninnholdet i hele vannsøylen blir vurdert til å være SFT tilstandsklasse I= "Meget god". En resipientundersøkelse utført av Aqua Safe i desember 1995 på dypeste punkt i resipienten omtrent på samme sted som stasjon C1 i denne undersøkelsen viste også høye oksygenverdier like over bunnen (8,6 mg/l).

Det ble også tatt vannprøver i bunnsedimentet, som viste tilnærmet oksygenfrie forhold, dvs. henholdsvis 1,6 og 1,4 mg/l (Anon 1995). Det er grunn til å tro at disse resultatene må være påvirket av materiale fra bunnsedimentet, dvs at en kan ha fått et forbruk av oksygen på grunn av opphvirvling og innblanding av sediment i vannprøven og organisk nedbryting forut for stabilisering av vannprøvene. Det virker uansett lite sannsynlig at disse målingene er representative all den tid sedimentet på dette prøvestedet i undersøkelsen fra 1995 ble karakterisert til å være friske uten lukt av hydrogensulfid. Det ble også funnet mye dyr i denne prøven, (23 arter og 136 individer) som ga en Shannon Weaner diversitetsindeks på 3,3, noe som tilsvarer SFT tilstandsklasse II= "God". Et så pass rikt og variert dyresamfunn samsvarer ikke med så lave oksygenverdier, for da skulle dyrene ha vært fraværende i sedimentet.

Sedimentkvalitet

Det var sedimenterende på alle tre prøvestedene i resipienten i Øklandsosen og helt inntil anlegget. En kunne kanskje forventet noe mindre sedimenterende forhold ved anlegget siden sedimentprøven er tatt i en nedoverskrånende bakke, og en følgelig kunne ha forventet noe mer grovkornet sediment. Når dette ikke var tilfelle indikerer dette at det trolig er moderate strømforhold i hele vannsøylen i bassenget i Øklandsosen 5 - 10 m under terskeldyp (fra ca 40 m dyp og nedover). Sedimentet var finkornet med et lavt tørrstoffinnhold og forhøyete verdier av karbon og nitrogen i sedimentet.

Glødetapet var høyt på alle tre stasjonene og lå mellom 31,9 og 33,6 %, noe som indikerer sedimenterende forhold ved bunnen kombinert med en noe lavere nedbryting av organisk materiale og/eller at tilførslene er høyere enn nedbrytingsraten. Glødetapet er et mål for mengde organisk stoff i sedimentet, og en regner med at det vanligvis er 10 % eller mindre i sedimentet der det foregår normal nedbryting av organisk materiale. Høyere verdier forekommer i sedimentet 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.

Andre marinbiologiske undersøkelser i Øklandsosen viser at det er helt vanlig med et høy glødetap i sedimentet siden dyppartiene fungerer som sedimentfeller. En resipientundersøkelse viste et glødetap på mellom 16,6 og 29,9 % på tre prøvesteder i Øklandsosen på dyp mellom 42 og 104 m dyp (Anon 1995). Stasjon 2, som i deres undersøkelse omtrent er identisk med vår stasjon 1, hadde et glødetap på 27 %.

Innholdet av (normalisert) TOC lå mellom 137,2 og 144,8 mg C/g på alle tre prøvestedene i Øklandsosen og helt inntil anlegget. Dette tilsvarer SFTs tilstandsklasse V = "Meget dårlig" for alle tre stedene (SFT 1997). Innholdet av organisk nitrogen i sedimentet lå mellom 8,7 og 9,9 mg N/g i sedimentet på prøvested C1 - C3 i dypvannsbassenget i Øklandsosen og helt inn til anlegget. Dette tilsvarer SFTs tilstandsklasse V = "Meget dårlig" for alle tre stedene (SFT 1993). Dette indikerer avgrensede nedbrytingsforhold i sedimentet.

Fosforinnholdet i sedimentet var lavest på prøvested C1 og C2 i Øklandsosen og ca 2,5 ganger så høyt i sedimentet helt inntil anlegget, noe som skyldes anleggspåvirkningen.

Selv om sedimentkvaliteten ut fra en SFT-vurdering er "Meget dårlig", hadde sedimentet på stasjonene i Øklandsosen og helt inntil anlegget hadde normal pH tilsvarende friske og oksygenrike forhold ved bunnen. Dette ser en også av elektrodepotensialet, som på alle stasjonene viste positive verdier. Sedimentet på alle prøvestedene ble klassifisert til tilstand 1 (upåvirket, NS 9410). Dette indikerer at de dypereliggende områdene i Øklandsosen som resipient kan ha en dårlig **sedimenttilstand**, men allikevel en vesentlig **resipientkapasitet** siden oksygeninnholdet er høyt helt til bunns, og sedimentet er friskt.

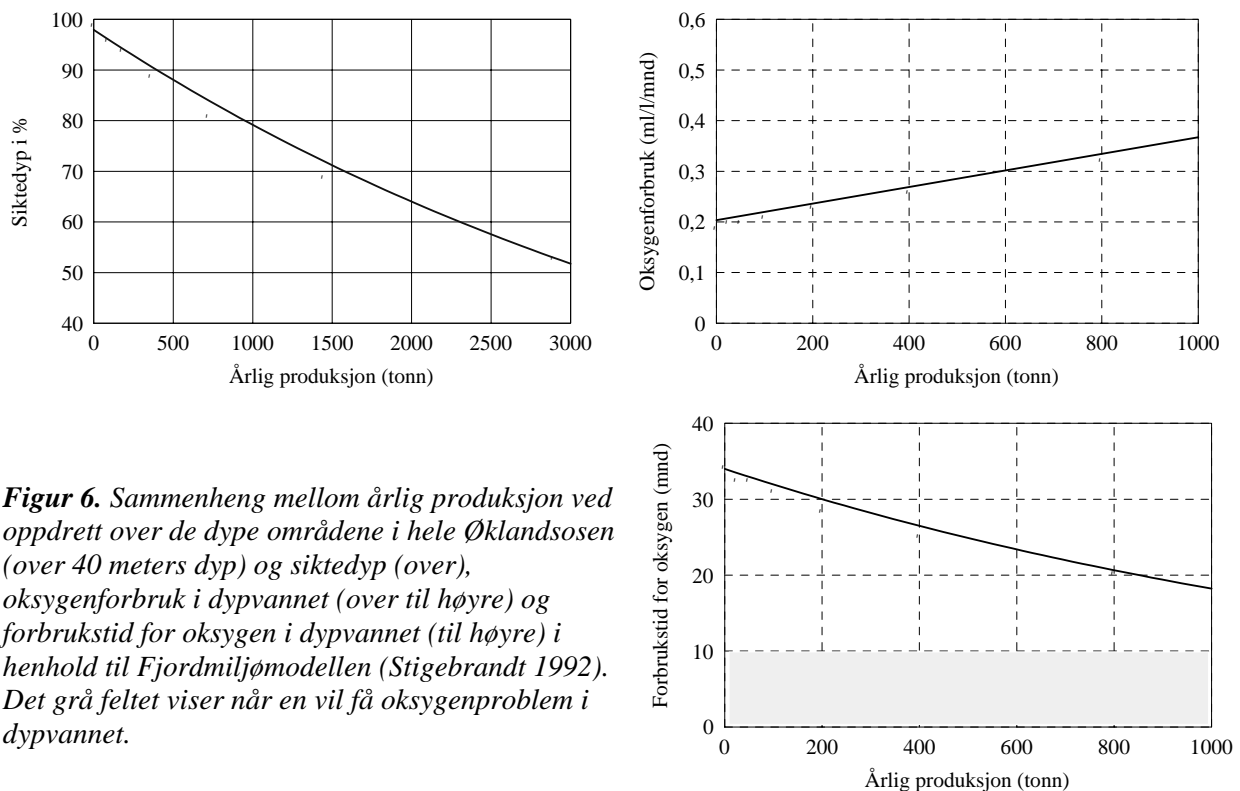
Anleggsvirkningen har i liten grad påvirket miljøet negativt når det gjelder utslipp av tungmetaller. Det ble målt et moderat innhold av kobber på alle tre prøvestedene (mellom 51,4 og 101 mg Cu/kg). Dette tilsvarer SFTs' tilstandsklasse II = "Moderat forurenset". Innholdet av sink i sedimentet var lavt på stasjon C1 og C2 i resipienten og litt forhøyet i sedimentet helt inntil anlegget. Innholdet på stasjon C2 ble målt til 114 mg Zn/kg, hvilket tilsvarer SFTs' tilstandsklasse I = "Ubetydelig-Lite forurenset". Innholdet på stasjon C1 og C3 ble målt til henholdsvis 171 og 412 mg Zn/kg, hvilket tilsvarer SFTs' tilstandsklasse II = "Moderat forurenset".

Bunnfauna

På prøvested C1 og C2 i dypområdet i Øklandsosen var faunasammensetningen ganske lik og preget av arter vanlige ved moderat organisk belastning. Det ble til sammen i de to parallelle prøvene på hvert sted funnet henholdsvis 212 og 169 individer fordelt på henholdsvis 17 og 19 arter. Shannon-Wieners diversitetsindeks ble beregnet til henholdsvis 2,52 og 2,63 som gir dypområdet i Øklandsosen (resipienten til anlegget) tilstandsklasse III= "Mindre god".

Diversitet og tilstand i dypområdet i Øklandsosen/resipienten til anlegget ble også bestemt i den samme marinbiologiske undersøkelsen utført i 1995. På deres stasjon 2 (som ligger i nærheten av vår stasjon 1) ble det funnet færre individer, men flere arter, dvs 136 individer fordelt på 23 arter, som ga en Shannon Weaner diversitetsindeks på 3,3, noe som tilsvarer SFT tilstandsklasse II= "God". Det som imidlertid svekker diversitetsindeksen i vår undersøkelse er at skjell tilhørende slekten *Thyasira spp* totalt dominerer i prøven, dvs utgjør 53,3 % av individantallet. I undersøkelsen i 1995 utgjorde det samme skjellet 38,9 %. Siden denne slekten er meget tolerant overfor organisk materiale kan denne økningen indikere en forverring av miljøet siden denne slekten har økt i individantall på bekostning av de andre artene siden undersøkelsen for 9 år siden.

Det er likevel viktig å presisere at slike endringer i artsantall, individantall og antall individ pr art er normalt forekommende i terskelresipienter med begrensede nedbrytingsforhold, fordi de organiske tilførselene vil variere over tid. Forholdene kan forverre seg over tid, og de kan bli bedre alt etter hvor store tilførselene er. Hovedpåvirkningskildene i Øklandsosen er de naturlige tilførselene, utslipp fra menneskelig aktivitet og oppdrettsvirksomheten. Utslipp fra oppdrettsvirksomheten skjer fra anlegget ved Åsholmen (laks og ørret) og Hillesøy (kveite). Det som har størst betydning er at de samlede tilførselene ikke må overstige resipientkapasiteten, og **beregninger ut i fra fjordmiljømodellen viser at med en produksjon på f. eks 1000 tonn fisk i året vil det ta 18 måneder før oksygenet i dypvannsbassenget er oppbrukt (figur 6)**. Med en årlig forekommende bunnvannsfornyning i de dypere partier i Øklandsosen viser fjordmiljøberegningene at dette ikke vil kunne forekomme.



Figur 6. Sammenheng mellom årlig produksjon ved oppdrett over de dype områdene i hele Øklandsosen (over 40 meters dyp) og siktedyp (over), oksygenforbruk i dypvannet (over til høyre) og forbrukstid for oksygen i dypvannet (til høyre) i henhold til Fjordmiljømodellen (Stigebrandt 1992). Det grå feltet viser når en vil få oksygenproblem i dypvannet.

Bunnvannsfornyingen i fjorder og terskelbasseng på Vestlandet vil normalt forekomme i perioden desember - april. I Øklandsosen vil en bunnvannsfornyning trolig være et element av en eller flere av disse mekanismene:

- Bunnvannsfornyning over tersklene i nordvest (Bukholmsundet) og sør (tersklene mot Nesosen). Ved nordlige og nordvestlige vinder vil upwelling medføre at tyngre og saltere vann renner inn over tersklene.
- Vertikal sirkulasjon. Siden Øklandsosen i liten grad er preget av lokale ferskvannstilførsler, vil sjøvannets relative høye salinitet kombinert med vinteravkjøling i de øvre vannlag gjøre at dette tyngre vannet om vinteren synker nedover mot dypvannsbassenget og erstatter underliggende varmere vann med lavere oksygeninnhold. Dette er en mekanisme som vi har sett i tersklede områder (f. eks Kassosen) som er så pass grunne at dypere liggende saltere havvann med temperaturer rundt 7 - 8 °C i mindre grad kommer over tersklene. Den 11. april 2002 ble det målt rundt 6,0 °C i overflaten og helt til bunns på det dypeste i Kassosen (Johnsen og Tveranger 2002).
- Den vertikale sirkulasjonen kan også bli forsert i perioder med kuling og storm vinterstid, når temperaturen i vannet er kaldt nok og saliniteten høy nok til at dette kan erstatte underliggende og oftere noe saltere vann. Dette vil primært kunne skje i ormåder med lite ferskvannstilrenning og relativt høy salinitet i overflaten vinterstid. Kuling og storm vil kunne sette opp en sterk vinddrevet strøm som i relativt innelukkende bassenger vil kunne sette opp en vertikalstrøm, slik som en ser i ferskvann. Strømmålinger utført av Sunnhordland Havbruksring ved Hillesøy på 50 m dyp (15 m under terskeldyp) i perioden 30. desember 1992 - 30. januar 1993 viste en betydelig strømkraft på dette dypet etter noen uker med sammenhengende kuling og storm fra sør, sørvest og nordvest i januar 1993 etter ca to uker med nesten strømslutt på 50 m dyp (Tveranger 1993). I perioden 30. desember 1992 - 18. januar 1993 var gjennomsnittlig strømhastighet 1,5 cm/s. I perioden 18. - 30. januar 1993 var gjennomsnittlig strømhastighet 2,8 cm/s, og i denne perioden blåste det mye kuling og storm. I perioden 18. - 20. januar 1993 var gjennomsnittlig strømhastighet hele 7,7 cm/s, noe som er uvanlig mye på dette dypet.

Alle disse mekanismene vil tilsammen medvirke til at det i Øklandsosen skjer en årlig bunnvannsfornyning. En må da sørge for at de årlige utslippene til Øklandsosen ikke overstiger systemet sin bæreevne, og ut i fra **fjordmiljømodellen vil dette ikke skje innenfor en samlet utlippsmengde/produksjon fra oppdrettsvirksomhet på opp mot 1500 tonn i året.** De samlede utslippene fra oppdrettsvirksomheten ligger i dag betydelig under dette.

KONKLUSJON

Det er sedimenterende forhold i de dypere områdene i Øklandsosen (150 m og 400 m fra anlegget) og helt inntil anlegget. Sedimentkvaliteten (organisk karbon og nitrogen) ble alle steder vurdert til å være "Meget dårlig". Kvaliteten på dyresamfunnet ble vurdert til å være "Mindre god" i dypvannsbassenget i Øklandsosen. Både sedimentkvaliteten og kvaliteten på dyresamfunnet tilsvarer det som er funnet flere andre steder i Øklandsosen i en tidligere resipientundersøkelse. Like inntil anlegget ble kvaliteten på dyresamfunnet vurdert til å være "Lite påvirket" (miljøtilstand 1), og det var mye dyr i sedimentet og høy biologisk aktivitet. Det er lite trolig at oppdrettsaktiviteten ved Hillesøy har medført en forverring av tilstanden i resipienten. Siden det i Øklandsosen trolig er en årlig bunnvannsfornyning, viser beregninger **utført med Fjordmiljømodellen at de samlede utslippene fra oppdrettsvirksomheten i Øklandsosen ligger under systemet sin bæreevne.**

REFERANSER

ANON 1995.

Resipientundersøkelse. Bremnes Fryseri AS. Februar 1995
Aqua Safe-Kystkonsult AS. 8 sider.

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.

JOHNSEN, G.H. & B.TVERANGER 2002.

Strømmålinger samt kombinert MOM B og MOM C-resipientundersøkelse av Kassosen, Bømlo kommune, våren 2002
Rådgivende Biologer AS. Rapport nr 589, 39 sider, ISBN 82-7658-379-2.

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.
Norges standardiseringsforbund, 22 sider.

NORSK STANDARD NS 9422

Vannundersøkelse. Retningslinjer for sedimentprøvetaking i marine områder.

NORSK STANDARD NS 9423

Vannundersøkelse. Retningslinjer for kvantitative undersøkelser av sublittoral bløtbunns-fauna 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 Illinois Press, Urbana, 117 s.

STIGEBRANDT, A. 1992.

Beregning av miljøeffekter av menneskelige aktiviteter.
ANCYLUS, rapport nr. 9201, 58 sider.

TVERANGER, B. 1993

Vedkjem strømmålingane ved Åsholmen og ved Hillesøy
Sunnhordland Havbruksring, 9 sider.

VEDLEGGSTABELL FAUNA

Tabell 1. Oversikt over bunndyr funnet i sedimentene på to prøvesteder i Øklandsosen og ved anlegget 27. mai 2004. Prøvene er hentet ved hjelp av en 0,1 m² stor van Veen Grabb, og det ble tatt to parallelle prøver hvert sted (A og B). Prøvetakingen dekker dermed et samlet bunnareal på 0,2 m² på hvert sted. Prøvene er sortert av Randi Lund og artsbestemt ved Lindesnes Biolab av cand. scient. Inger D. Saanum.

ART	Øklandsosen C1			Øklandsosen C2			Ved anlegget C3		
	A	B	A + B	A	B	A + B	A	B	A + B
ANTHOZOA									
<i>Edwardsia</i> sp.							1		1
NEMERTINEA									
<i>Nemertinea</i> spp.							7	30	37
SIPUNCULIDA									
<i>Sipunculus norvegicus</i>								1	1
POLYCHAETA - Flerbørstemakk									
<i>Harmothoe</i> sp.		1	1						
<i>Gattyana cirrosa</i>				1		1			
<i>Pholoe inornata</i>	2		2				2	8	10
<i>Sige fusigera</i>				1		1			
<i>Eteone longa</i>					2	2	1	1	2
<i>Glycera alba</i>	7	8	15	16	9	25	11	13	24
<i>Ophiodromus flexuosus</i>	3	3	6		2	2	1	3	4
<i>Hesionidae</i> sp.	5	1	6	1	1	2		3	3
<i>Typosyllis</i>				1		1	1	2	3
<i>Scoloplos armiger</i>	3	2	5	1	1	2	17	15	32
<i>Trochochaeta multisetosa</i>		1	1		3	3			
<i>Chaetoparia variepedatus</i>	1		1	1	1	2			
<i>Prionospio cirrifera</i>							3	6	9
<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>							2	7	9
<i>Chaetozone setosa</i>	1	1	2	13	3	16	6	26	32
<i>Tharyx</i> sp.								1	1
<i>Brada villosa</i>							1		1
<i>Diplocirrus glaucus</i>					1	1		1	1
<i>Scalibregma inflatum</i>	14	12	26	3	3	6	22	26	48
<i>Polyphysia crassa</i>							2		2
<i>Ophelina</i> sp.								1	1
<i>Heteromastus filiformis</i>	7	9	16	1	6	7	235	450	685
<i>Capitella capitata</i>	1	9	10	7		7			
<i>Myriochele oculata</i>	1	2	3				14	22	36
<i>Pectinaria koreni</i>	1	2	3				2	2	4
MOLLUSCA - Bløtdyr									
<i>Abra nitida</i>				2	3	5	5	9	14
<i>Thyasira</i> spp.	50	63	113	40	44	84	65	63	128
<i>Mysella bidentata</i>							1		1
<i>Corbula gibba</i>								1	1
<i>Dosina exoelata</i>				1		1			
CRUSTACEA - Krepssdyr									
<i>Diastylis</i> sp.								3	3
Caprellidae sp.	1		1						
<i>Cheirocratus sundevalli</i>	1		1						
ECHINODERMATA - Pigghuder									
<i>Ophiopholis aculeata</i>					1	1			
Antall individer	98	114	212	89	80	169	399	694	1093
Antall arter	15	13	17	14	14	19	20	23	27
Diversitet, H'	255	235	252	253	247	263	222	217	222
H' max	391	370	409	381	381	425	432	452	475
Pielou's Jevnhet (J)	65	63	62	66	65	62	51	48	47

