



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

Øyvind F. Tvedten

Miljøundersøkelse ved Lysefjorden Skjell AS i Lysefjorden, Forsand kommune

Rapport RF – 2001/011

Prosjektets tittel: Miljøundersøkelse ved Lysefjorden skjell AS i Lysefjorden,
Forsand kommune

Oppdragsgiver(e): Lysefjorden Skjell AS

ISBN: 82-490-0088-9

RF - Rogalandsforskning er sertifisert etter et kvalitetssystem basert på NS - EN ISO 9001

Forord

Undersøkelsen er gjennomført på oppdrag fra Lysefjorden Skjell AS, som takkes for godt samarbeid og for at vi fikk gjennomføre et meget interessant prosjekt.

Prøveinnsamlingen ble utført av Øyvind F. Tvedten fra RF, med god hjelp av Jørn Geir Tvedt fra Lysefjorden Skjell. Lars Petter Myhre fra Fylkesmannens miljøvernavdeling var også med den første prøveinnsamlingsdagen.

Arnfinn Skadsheim (RF) og Veslemøy Eriksen (RF) har vært kvalitetssikrer.

Ønsker også å takke Åshild Finnestad (RF) for skanning av kart, samt RF-Miljølab for analyser.

Kort resymé:

Undersøkelsen inneholder målinger og analyser av vannsøyle, bunnstrøm, sedimentasjon og sedimentforhold. Ut fra resultatene vurderes miljøforholdene og eventuell påvirkning fra blåskjellanlegg.

Emne-ord: Blåskjelloppdrett, sediment, sedimentasjon, strømmålinger, MOM, resipientundersøkelse, miljøforhold

Stavanger, 23. januar 2001

Øyvind F. Tvedten, prosjektleder

Innhold

1	INNLEDNING.....	1
2	MATERIALE OG METODER.....	2
2.1	Beskrivelse av området	2
2.2	Innsamlingsprogram og metoder.....	4
2.2.1	Strømmålinger.....	5
2.2.2	Sedimentasjon	5
2.2.3	Bunnprøver.....	5
2.3	Analyser.....	6
2.3.1	Vannprøver.....	6
2.3.2	Strømmålinger.....	6
2.3.3	Sedimentasjon	6
2.3.4	Bunnprøver.....	6
3	RESULTATER OG DISKUSJON	7
3.1	Vannanalyser.....	7
3.2	Strømmålinger.....	9
3.3	Sedimentasjon i fellene	11
3.4	Sedimentbeskrivelse.....	12
4	SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER.....	14
5	LITTERATUR.....	15
6	VEDLEGGSOVERSIKT	16

1 Innledning

Skjellnæringen er i kraftig vekst i Norge. Ikke minst i Rogaland, som tar sikte på å bli et ledende skjellfylke. Siden dette er en forholdsvis ung næring (i stor produksjonskala) er en lang rekke spørsmål fremdeles ubesvarte. Mye av fokus retter seg naturlig nok mot vekstforhold for skjellene, dyrkingsteknikk og giftproduserende alger/gift i skjellene. Men påvirkning og samvirke med miljøet er også av interesse, ut fra blant annet de store lokale biomassekonsentrasjoner skjellene representerer.

Lysefjorden Skjell AS ble etablert i 1996. Hovedproduksjonen er knyttet til blåskjell, men også noe kamskjell og østers blir dyrket. I 1998-00 ble det satt ut blåskjell i større omfang i Lysefjorden på 7 lokaliteter. Til sammen vil dette gi en årsproduksjon på ca. 1 500 tonn blåskjell.

Selskapet ønsket å få gjennomført en miljøundersøkelse i Lysefjorden i forbindelse med blåskjelldyrkingen. Resultatene kan brukes til å dokumentere virkning på miljøet og gi informasjon som kan være til nytte for den videre produksjonen. Tidligere undersøkelser i Lysefjorden er utført både med hensyn på oppdrett og miljøforholdene generelt (Andersen m.fl 1995, Aure m.fl. 1993, Hansen 1989, Kleppe 1986). Undersøkelsene konkluderer blant annet med at fjorden har gunstige forhold for skjelldyrking (overlevelse, vekst osv), og at det er dårlig utskiftning av bunnvann i dypet av fjorden. Dårlig vannutskiftning i bunn gjør at organisk tilførsel til dypvannet bør unngås, da dette tærer på oksygeninnholdet.

Blåskjell har en stor evne til å filtrere partikler (alger og andre organiske partikler) fra vannet. Denne egenskapen gjør at blåskjell kan brukes til å rense vann "Fjordrensing". I en næringsrik (eutrof) fjord kan blåskjelldyrking redusere den totale organiske belastningen i fjorden, ved at organisk materiale (biomasse) i form av skjell blir tatt ut av systemet. Denne effekten kan økes ytterligere ved at en fjerner eventuell opphopning av organisk materiale under anleggene. I motsetning til oppdrett av fisk, krever ikke skjelldyrking tilførsel av fôr, men benytter seg av naturens egen produksjon. Under blåskjell i hengekultur kan det bli tilførsel av organisk materiale til bunnen. Hovedsakelig i form av skjell som løsner og avføring (feces) fra skjellene. I perioder med mye mat vil skjellene filtrere mye mer mat enn de bruker og dette skilles ut som tynne pølser med "pseudofeces" og mindre partikler/stoffer. Den organiske tilførselen kan bli stor og dette kan skape lokale miljøproblem ved at det råtner på bunnen. Det er således ønskelig at anleggene legges i områder med god utskiftning av vannet over bunnen slik at nedbrytningen av organisk materiale går hurtig, og bunnvannet ikke blir oksygenfattig.

Dette prosjektet er en begrenset begynnelse på undersøkelser av miljøpåvirkning både på vannkvalitet og sjøbunn fra skjellanlegg. Undersøkelsen omfatter vannkjemi og hydrografi, strømmålinger, målinger av sedimentasjonsrater og sedimentforhold. Hovedvekten er lagt på sedimentasjon og sedimentforhold. Et begrenset budsjett gjør at det ikke kunne tas et stort antall prøver og ved ulike tidspunkt og produksjonforhold (for eksempel generasjon skjell), eller mer omfattende rapportering. Etter planen skal prosjektet følges opp med nye undersøkelser senere.

Resultatene fra prosjektet vil også utgjøre et sammenligningsgrunnlag med eventuelle oppfølgende undersøkelser, og vil til dels kunne sammenlignes med allerede eksisterende data fra området. Deler av undersøkelsesopplegget er i tråd med en MOM (matfisk – overvåking – modellering) B-undersøkelse (Kupka Hansen, *m.fl.* 1997, NS 9410) og er beskrevet i RFs prosjektforslag F-97789 versjon 2.

Miljøvirkning fra skjellanlegg har også blitt beskrevet av for eksempel; Dahl 1999, Larsson 1985, Mattson & Lindén 1983, Hamer & Edebo 19xx (mangler årstall), (se også informasjon på www.skjell.com). Det er ikke gjort noe nytt litteratursøk i dette prosjektet.

2 Materiale og metoder

2.1 Beskrivelse av området

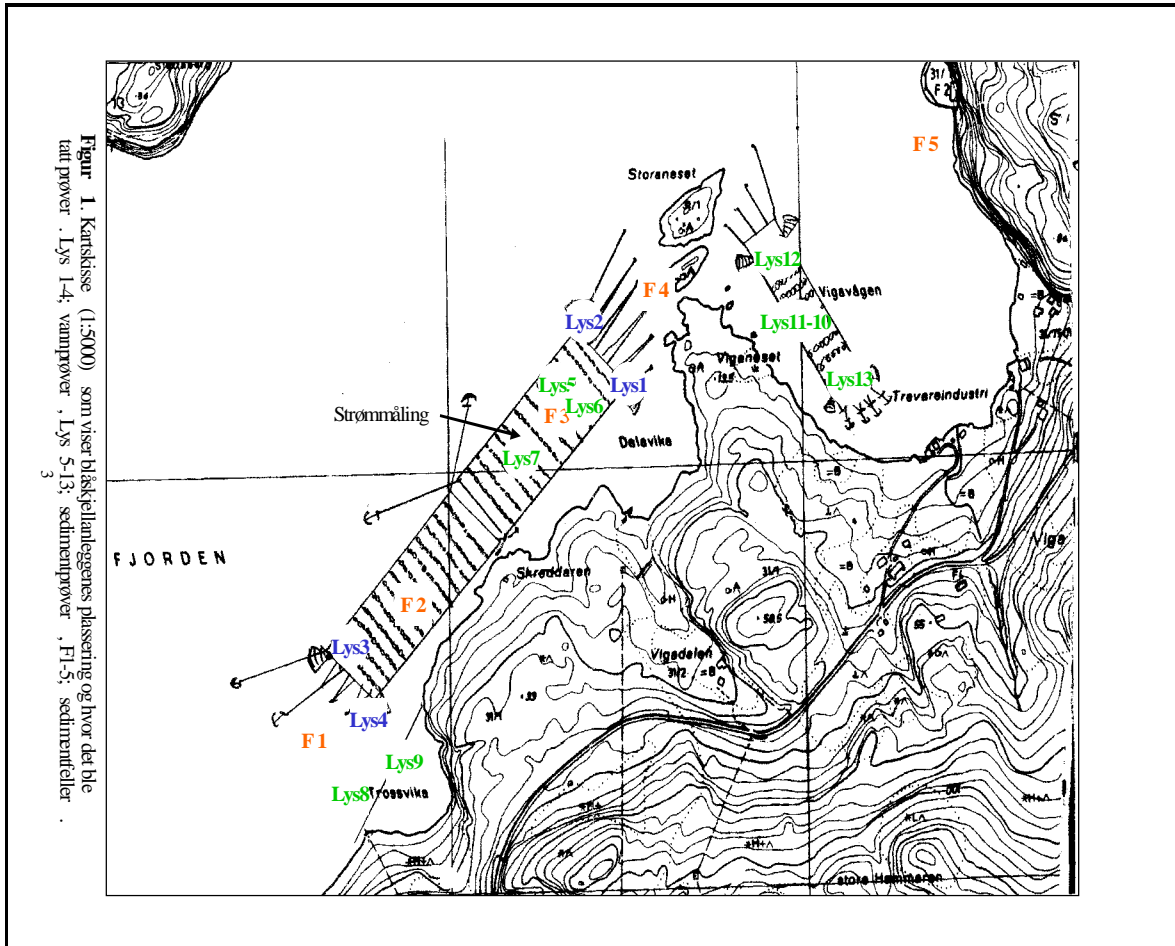
Lysefjorden er en terskelfjord med lave oksygenkonsentrasjoner i bunnvannet. Fjorden har fire dype basseng (109 m, 457 m, 334 m, 167 m) som er adskilt med terskler. Den grunneste terskelen (13 m) er ytterst mot Høgsfjorden. Tersklene hindrer tilstrekkelig utskiftning av bunnvannet og de lave oksygenkonsentrasjonene (ned til rundt 2 ml/l) i bunnvannet skyldes hovedsakelig naturlige forhold, og ikke menneskeskapte utslipp. Sammenlignet med nærliggende fjorder mottar Lysefjorden lite kloakk og det er få menneskeskapte kilder til forurensning. Det meste av stofftilførslene kommer via ferskvann og i inn med en kompensasjonsstrøm med sjøvann under overflatestrømmen med ferskvann/brakkvann. Miljøforholdene synes å ha vært stabile over lang tid. Lave oksygenverdier og dårlig utskiftning av bunnvannet, gjør at tilførsler som øker oksygenforbruket lett kan gi negative konsekvenser. Slik tilførsel kan være stoffer (organisk materiale) som krever oksygen ved nedbrytning eller næringssalter som fører til økt produksjon (primærproduksjon) av biologisk materiale som igjen krever oksygen ved nedbrytning.

Siste resipientundersøkelse av Lysefjorden ble utført (prøveinnsamling) i 1992 (Andersen *m. fl.* 1995). Foruten Havforskningens tidligere årlige høst-undersøkelser (Aure *m. fl.* 1993) av vannmassene er det ikke jevnlig overvåking av vann eller bunn i fjorden, bortsett fra vannmålingene som oppdretterne utfører.

Undersøkelsen ble foretatt ved to blåskjellanlegg ved fjordens sørside, ca 4 km innenfor fjordmunningen ut mot Høgsfjorden. Figur 1, viser et kart hvor stasjonene som ble benyttet i denne undersøkelsen er inntegnet. Vedleggsfigur 1 viser kart over hele Lysefjorden.

NB Kartet finnes i bedre format i en egen vedlagt PDF fil!

Ø. Tvedten 12.02.01



Figur 1. Kart over undersøkelsesområdet (1:5000) med prøvestasjoner og blåskjellanleggene inntegnet.

2.2 Innsamlingsprogram og metoder

Prøveinnsamlingen til denne undersøkelsen foregikk i to omganger. 12 september 2000 ble det tatt prøver av vann og sjøbunn og det ble satt ut sedimentfeller og strømmåler. Fellene og strømmåleren ble tatt opp 3. oktober. Undersøkelsen konsentrerte seg om blåskjellanlegget i Dalavika. Et anlegg som ble etablert i 1998. I tillegg ble det tatt noen bunnprøver ved et anlegg i Vigavågen, hvor det også ble satt ut yngelsamlere i 1998. Tabell 1 gir en kort oppsummering av prøveomfanget. Det ble benyttet en åpen plastbåt til feltarbeidet. Været var tilfredsstillende begge dager. Overflatestrømmen gikk utover i fjorden begge dager. 12. september var den sterk.

Vannprøver

Det ble tatt vannprøver fra to stasjoner i hver ende av anlegget (Niskin vannhenter). Stasjonene ble plassert slik at to stasjoner lå oppstrøms i forhold til anlegget og overflatestrøm, mens to stasjoner lå i strømskyggen. To prøver ble tatt fra hver stasjon (4 og 7 m). I disse prøvene ble det analysert: innhold av organisk karbon (TOC), klorofyll (et mål på innhold av alger), totalfosfor (Tot. P), totalnitrogen (Tot N) og ammonium. I tillegg ble siktedyp målt og det ble gjort registreringer (to stasjoner) av saltholdighet, temperatur og oksygeninnhold med en YSI 6820 sonde. Sonden har etter fabrikantens spesifikasjoner følgende nøyaktighet: Temperatur $\pm 0,15$ °C, saltholdighet $\pm 0,1$ (eller 1%), oksygeninnhold $\pm 0,2$ mg/l (for prøver 0-20 mg/l) og dyp 0,12 cm (for dyp 0-61m). Bare saltholdighet og oksygeninnhold ble kalibrert før prøveinnsamlingen. I rapporten er saltholdighet oppgitt som "Practical Salinity UNIT, PSU" med symbolet S, dette tilsvarer promille (‰) som ble brukt tidligere (se eventuelt vedlegg i Molvær *m.fl.* 1997).

Siktedyp er et enkelt mål på klarheten (gjennomsjinnelighet) til vannet. En Secchi skive (hvit 25 cm i diameter) senkes ned til den er ute av syne, og trekkes opp til den kan ses igjen. Snittverdien av dypet hvor skiven forsvant og kom til syne igjen ble notert som siktedypet.

Tabell 1. Oversikt over prøvene.

Stasjon	Prøvedyp (m)	Prøveparametre
Vannprøver		
4 stasjoner, to oppstrøms og to nedstrøms skjellanlegget.	4 og 7	Siktedyp, TOC, klorofyll, Tot. P, Tot N, ammonium, hydrografiprofil med sonde på to stasjoner.
Bunnprøver		
9 stasjoner, under og utenfor anleggene. 1-2 grabbprøver på hvert sted.	10-35	Tilstedeværelse av bunndyr, visuell beskrivelse av sedimentet, lukt.
Sedimentfeller		
5 feller, under og rundt anlegget.	12-16	TOC og TN, sedimentasjonshastighet.
Strømmåling		
1 stasjon bunnstrøm under anlegget.	25	Hastighet og retning, temperatur.

2.2.1 Strømmålinger

En Aquadopp strømmåler ble satt ut 12. september og hentet 3. oktober (posisjon 58°56.56'N, 06°07.25'Ø, Datum: WGS-84). Dette er en dopplermåler som bruker akustikk (ikke rotor) til å måle strømhastighet i nord/sør og øst/vest retning samt vertikal (opp-ned) bevegelse i sjøen. Den har kompass, dybdesensor, tiltsensor (vertikal orientering) og temperatur. Måleren ble ankret i bunnen midt under anlegget og hang fast (ca 2 m over bunn) på et tau som ble holdt stramt med hjelp av oppdriftsbøyer ca. 3 m under overflaten. Det var ca 27 m dypt der hvor måleren ble satt ut og måleren hang på 25 m dyp.

Strømmåleren målte i ett minutt (registrert som gjennomsnitt) hvert tiende minutt i hele perioden. I tillegg ble det logget data som kan brukes til å diagnostisere måleren og vurdere kvaliteten på dataene. Oppsettet for målingene og opplysninger om måleren er gitt i vedleggene sammen med resultatene.

2.2.2 Sedimentasjon

Det ble satt ut fem sedimentfeller. To ble plassert under blåskjellanlegget og to et stykke fra i hver langsgående retning. En felle ble plassert i Vigavågen på ett sted som ikke skulle være påvirket av blåskjeloppdrett. Fellene ble ankret opp med en dregg og kjetting og hang ca. 2 m over bunnen i et tau som gikk til overflaten. De oppgitte vanddybene til fellene er grovt målt ved å måle lengden på tauet. Fellene var av Limnos type og rørene hadde en indre diameter på 62 mm og var 385 mm høye. Alle fellene hadde to parallelle rør. Hele prøven i det ene røret ble brukt til målinger av sedimentasjonsrate (tørrstoff og gløderest). Innholdet i det andre røret ble analysert med hensyn på organisk materiale (TOC) og nitrogen (TN). Sedimentasjonsfellene stod ute i 21 dager, og var ikke tilsatt kjemikalier som skulle hindre foråtnelse. Felle nr 4 drev bort fra stasjonen og ble tømt for materiale før den ble satt ut igjen dagen etter (den stod ute i 20 dager). Ved innsamling ble det sedimenterte materialet overført til plastflasker og oppbevart kjølig eller nedfrost frem til analyse.

2.2.3 Bunnprøver

Bunnprøvene ble tatt med en 225 cm² van Ween grabb (ca 8 kg og kan betjenes for hånd). Det ble tatt prøver fra 9 steder i og rundt anleggene. Prøvene ble tømt ut på en hvit plate i båten. Sedimentet ble beskrevet visuelt, og andre parametre som lukt, farge, innhold av blåskjell, samt innhold av spesielle dyr i sedimentet ble notert under innsamlingen. Noen steder ble det tatt 2 grabbprøver.

Posisjonene ble målt med en hånd GPS (Garmin 12XL, ikke differensiert). Se kart i Figur 1. Etter at en tidligere unøyaktighet i satellittsignalene var fjernet, har dette utstyret en nøyaktighet på noen få meter når satellittforholdene er gode.

2.3 Analyser

2.3.1 Vannprøver

Analysene ble foretatt ved RF-Miljølab (akkreditert). Totalfosfor: NS 4725 3/84, fosfat: NS 4724 2/84, totalnitrogen NS 4743 2/93, nitrat + nitritt NS 4745 2/91. I overflatesjøvann med tilfredsstillende oksygeninnhold er det normalt ubetydelige mengder nitritt. I rapporten omtales resultatene fra nitrat + nitritt analysen ofte som nitrat. Oksygeninnholdet ble analysert med Winkler titrering (NS-ISO 5813 1/93). Klorofyllanalysene ble foretatt ved RF-Miljølab etter en intern RF metode. Vannprøvene ble filtrert og klorofyllet i algene på filteret ble løst med aceton-DMSO og målt som absorbans ved ulike bølgelengder (RF metode RF/2.1-221).

2.3.2 Strømmålinger

Strømmåleren måler strømhastighet i nord-sør og øst-vest retning og faktisk strømretning (vektorverdier) og hastighet er beregnet ved hjelp av formler i regneark.

2.3.3 Sedimentasjon

Analysene av tørrstoff og gløderest i sedimentfelle materiale ble foretatt ved RF-Miljølab. Hele prøvematerialet i det ene røret på fellen ble filtrert (på grunn av mye materiale ble opptil fire filter brukt pr. prøve) på Whatman GF/A filter og skylt med destillert vann. Deretter ble filterne tørket (NS 4764 1/81) og veid og glødetap ble deretter analysert som vektreduksjon etter forbrenning (NS 4764 1/81).

Sedimentfelle materiale fra det andre røret ble frosset og sendt fra RF-Miljølab til analyse av TOC og TN ved NIVAs laboratorium i Oslo. Analysene ble gjort ved forbrenning ved 1800 °C etter at karbonater var fjernet ved hjelp av saltsyre. NIVA metode G6 (akkreditert).

2.3.4 Bunnprøver

Utover observasjonene under feltarbeidet ble det ikke gjort noen analyser.

3 Resultater og diskusjon

Vi observerte at det var mye alger (sli) som grodde på skjellanlegget og utstyret som stod i sjøen. I og på blåskjellanlegget var det også mye krepsdyr, børstemark, sjøpunger, sjøstjerner, fisk og andre dyr. Skjellanlegg av denne type skaper et egnet leveområde (habitat) for en rekke organismer som ellers vil leve i skjul mellom for eksempel tang eller steiner. De får både tilgang til mat og skjul i skjellanlegget. I områder med lite tang og steiner på bunn, vil skjellanlegg kunne øke leveområdene til disse artene betydelig. Den økologiske betydningen av dette med hensyn til bestandsutviklinger og samspill mellom arter hadde vært interessant å undersøke.

Noen bilder fra feltarbeidet og analyser er vist i Figur 2.



Oversiktsbilde, anlegg i Dalavik.



Filter med sedimentasjonsmateriale.
Blåskjellene er fra felle nr 2.



Limnos sedimentfelle, med rør og flyteelement.



Aquadopp strømmåler med rør.

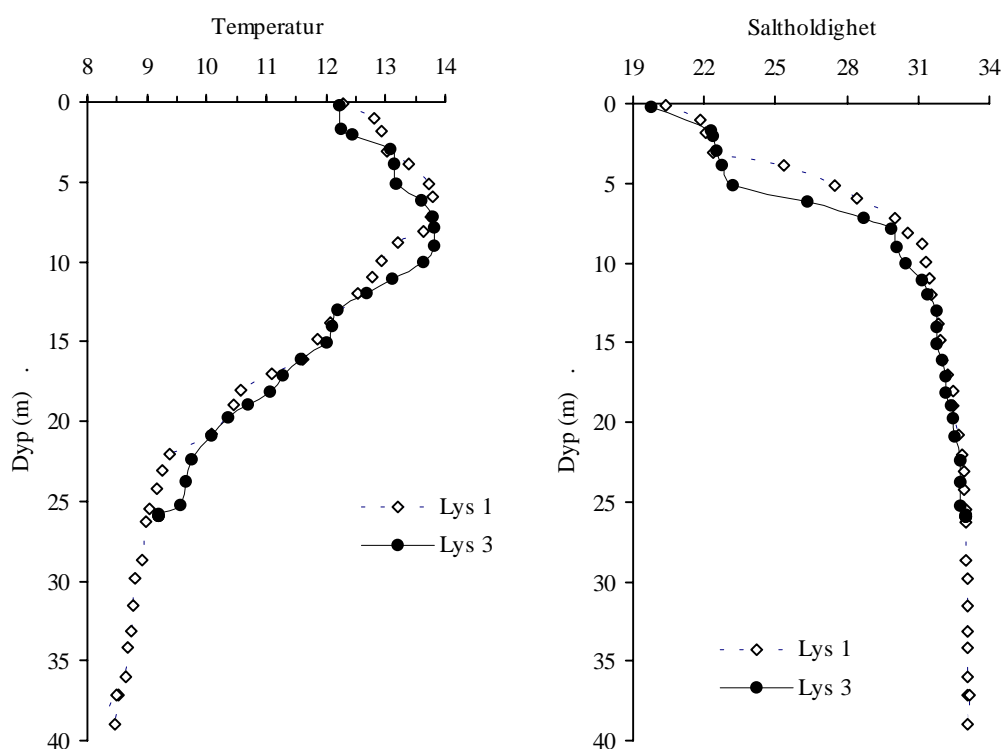
Figur 2. Noen bilder fra feltarbeid og analyser (foto Ø. Tvedten).

3.1 Vannanalyser

Siden blåskjell spiser mye partikler og alger, samtidig som de utskiller avfallstoffer og bruker oksygen kan en tenke seg at dette fører til ulik vannkvalitet på vannet som kommer inn i, og strømmer ut av et anlegg. Dette kan blant annet gi seg utslag i bedre sikt, noe som mange oppdrettere kan bekrefte. Hensikten med vannprøvene var blant

annet å se om dette kunne måles ved det gitte tidspunktet. Da prøvene ble samlet, var det en utoverrettet strøm i overflaten. Det vil si at strømmen gikk noenlunde i lengderetningen av anlegget. Normalt er det en innoverrettet kompensasjonsstrøm under overflatestrømmen. Det burde tas målinger av disse strømmene for å kunne bruke de til vurderinger av vannkvalitet og selvsagt må en ha et betydelig høyere antall prøver over tid. Ut fra de visuelle observasjonene under feltarbeidet var det svake strømmer under overflatestrømmen da prøvene ble tatt.

Det var generelt ingen tydelige forskjeller i temperatur eller saltholdighet mellom stasjonene eller de ulike vandypene. De ble altså ikke målt ulik vannkvalitet i de to endene av anlegget. De hydrografiske målingene Figur 3 (Vedlegg 1) viste at det var et sprangskjikt (stor endring i vannets tetthet) rundt 5 m. Saltholdigheten var 20 i overflaten og økte til over 30 på 10 m dyp. Temperaturen var høyest i 5 til 10 m dyp.



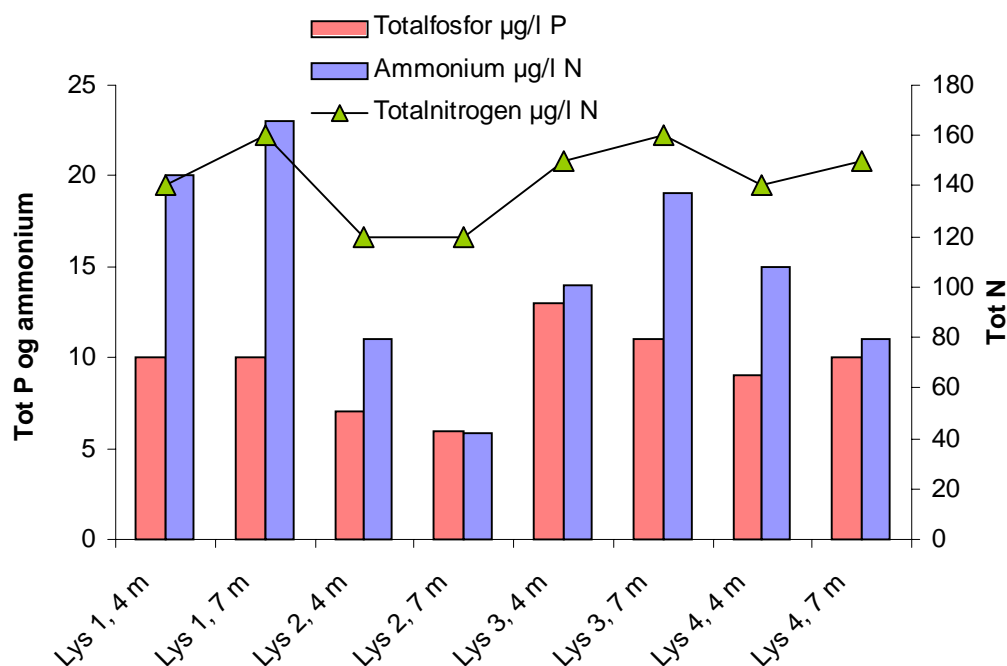
Figur 3. Temperatur og saltholdighet plottet mot dyp på to stasjoner. 9. september 2000 i Lysefjorden.

Næringssaltinnholdet var lavest på Lys 2 (Figur 4, Tabell 2), men det var nokså små forskjeller mellom stasjonene og ingen markerte trender. Et høyt forholdstall (mellom 12 og 20) mellom nitrogen og fosfor viser at det var overskudd av nitrogen i vannet. På vektbasis regner et forholdstall på 7 til å være i balanse med algenes sammensetning. I Lysefjorden kan en forvente et høyt N/P forhold siden fjorden mottar mye ferskvann som normalt inneholder mye nitrogen i forhold til fosfor. Målingene av klorofyll og siktedyp viser at det var moderat til lave algemengder i vannet. Innholdet av organisk karbon (TOC) var likt i alle prøvene.

Innholdet av næringssalter kan sammenlignes med SFT's grenseverdier for miljøkvalitet (Molvær m.fl. 1997). Imidlertid kreves det et større sett med data enn det som foreligger, for å oppnå en klassifisering med ønsket sikkerhet. September målingene

faller dessuten utenfor årstidene som inngår i klassifiseringen. Resultater fra september vil normalt være mest lik sommermålingene og tilhørende grenseverdier. Mye næringssalter og klorofyll tyder på stor næringstilførsel og algeproduksjon og gir dårlig tilstandsklasse. Med forbehold ut fra de kompromiss en begrenset undersøkelse innebærer, havner Lysefjorden stort sett i tilstandsklasse I, *meget god*, når data sammenlignes med SFT's grenseverdier for sommer. Det var lavt innhold av næringssalter og klorofyll.

Resultatene tyder på at skjell som var på 4 og 7 m hadde omtrent de samme vekstforholdene, bortsett i fra høyere saltholdighet på 7 m.



Figur 4. Noen resultater fra næringssalt analyser.

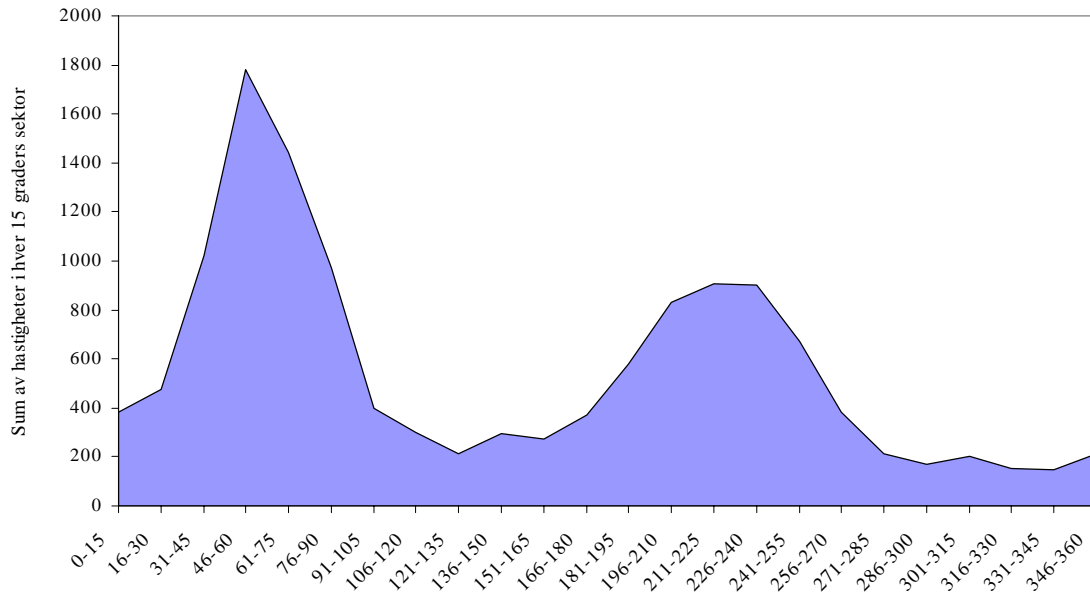
Tabell 2. Resultater fra analysene av vannprøvene samlet 12.09.00. Siktedyp målt på hver stasjon (ikke 4 og 7 m). Se eventuelt også Vedlegg 2.

Parameter	Lys 1, 4 m	Lys 1, 7 m	Lys 2, 4 m	Lys 2, 7 m	Lys 3, 4 m	Lys 3, 7 m	Lys 4, 4 m	Lys 4, 7 m
Totalfosfor µg/l P	10	10	7	6	13	11	9	10
Ammonium µg/l N	20	23	11	5,8	14	19	15	11
Totalnitrogen µg/l N	140	160	120	120	150	160	140	150
Tot.N/Tot.P	14	12	16	15	17	16	20	15
Siktedyp	11		10		9		9	
TOC mg/l	1,6	1,4	1,4	1,3	1,4	1,3	1,3	1,4
Klorofyll a µg/l	1,2	0,9	1,9	1,8	1,2	2	1,2	0,8

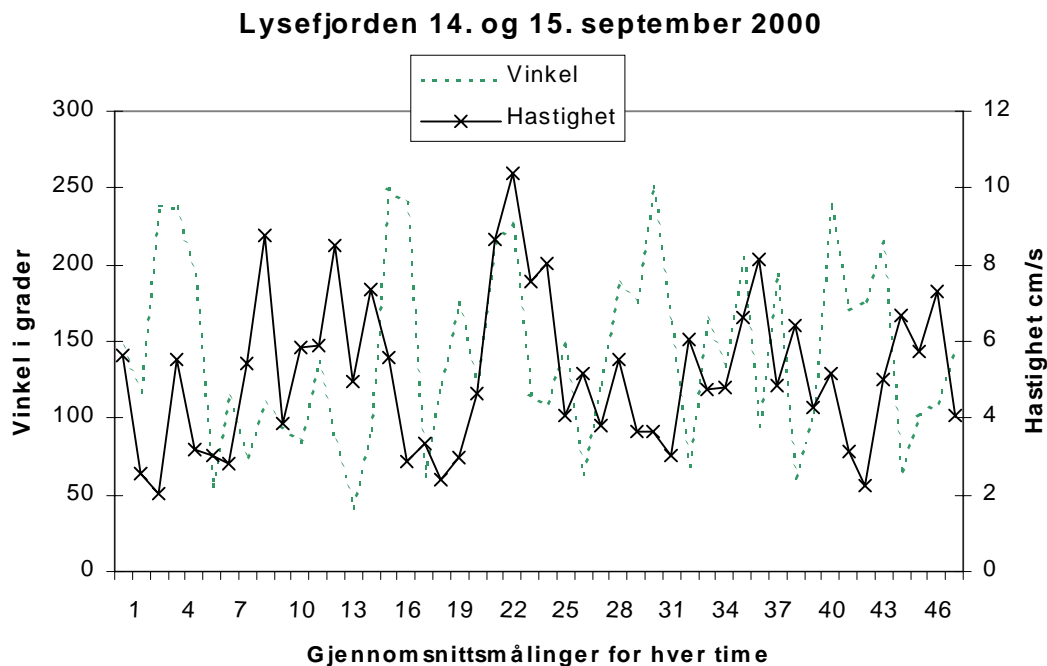
3.2 Strømmålinger

Resultatene er gitt i Vedlegg 4 og 5. I måleperioden varierte temperaturen fra 8 til 12 °C. Figur 5 viser resultatene inndelt i 15 graders sektorer. Litt over 3000 målinger ble brukt. Alle strømhastighetene innen hver sektor er summert og figuren gir et bilde på i hvilken retning det er mest strøm totalt (ikke maksimalhastighet). O° er nord (kl 12 på

en klokke) 90° er øst (kl 15) 180° er sør og så videre. Den dominerende strømretningen var i lengderetningen av fjorden, det vil si mot nord-øst og mot sør-vest. Reststrømmen går i østlig retning, det vil si at det var en nettotransport av vann inn i fjorden på 25 m dyp. Strømmen styres hovedsakelig av tidevannsbevegelse. Dette kan vises mer i detalj (Figur 6) hvor resultatene fra 14. til 15. september illustrerer noen detaljer. Det kommer frem at tidevannet har innvirkning på strømretningen og hastigheten. Vannet går i sør-østlig retning når det flør og nord-vestlig når det fjærer. Størst hastighet ble gjerne registrert midt mellom flo eller fjære. Resultatene viser at bunnstrømmen i likhet med overflatestrømmen er styrt av tidevannet.



Figur 5. Inndeling av de vektorbaserte resultatene i 15° sektorer. Strømhastighetene (cm/s) innen hver sektor er summert. Målinger fra 12. september til 3. oktober 2000.



Figur 6. En times gjennomsnitt av målinger fra 14. september kl 00:00 og til og med 15. september (48 timer). Den 14. september var det fjære kl 0448.

I henhold til *Veiledning for utfylling av søknadsskjema for tillatelse til fiskeoppdrettsvirksomhet* skal følgende oppgis med hensyn til strøm: maksimum, minimum, varians, middel og retning. Resultatene er gitt i Tabell 3. Målingene viser at det var bra med strøm over bunnen under anlegget. Dette betyr at det er god vannutskiftning i området og tilførsel av oksygenrikt vann. En del målinger i opp-ned retning kan tyde på at strømmen var nokså turbulent.

Tabell 3. Oversikt over vektorverdier fra strømmålingene (cm/s).

	Maks	Min	Variasjon	Middel	Dyp	Retning, hoved	Periode fra-	Periode - til
Bunnstrøm	19,6	0,0	8,1	4,4	25	N-Ø / S-V	12.09	03.10

Lysefjorden skjell fikk også utført en strømmåling 6-8. desember 1999, 8-10 m dyp på samme lokalitet. Gjennomsnittlig strømhastighet var ca 9,2 cm/s og nord-vestlig retning dominerte. Det ble altså målt noe sterkere strøm i disse målingene enn våre målinger ved bunnen.

3.3 Sedimentasjon i fellene

Resultatene fra sedimentfellene brukes til å måle sedimenteringsgrad og vurdere kilden til det sedimenterte materialet. Materialet i fellene så ut som grønnlig ”dynn” og luktet litt H₂S da prøvene ble tatt opp av sjøen. De hadde stått ute i 21 dager. Beskrivelse av felle materialet er gitt i Tabell 4.

Vekten av sedimentert materiale er vist i Tabell 5, sammen med andre analyser og beregninger av materialet i fellene (se også Vedlegg 3). Figur 7 viser noen av de samme resultatene.

Tabell 4. Opplysninger om sedimentfellene, fra feltinnsamlingen. Dypet er vanddyppet ned til fellen.

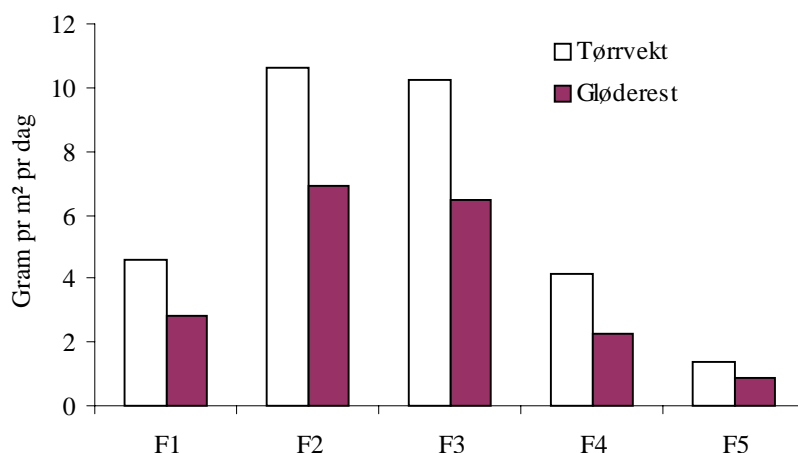
Felle, sted	Dyp	Kommentarer
F1, ca 80 m sør vest for anlegget	16	Grønt materiale på toppen, nokså svart under. Svak H ₂ S lukt.
F2, under anlegget	15	Grønt materiale på toppen, nokså svart under. Sterkere H ₂ S lukt.
F3, under anlegget	16	Grønt materiale på toppen, nokså svart under. Tydelig H ₂ S lukt. Små blåskjell.
F4, ca 150 m nord-øst for anlegget	16	Grønt materiale på toppen, nokså svart under. Tydelig H ₂ S lukt. Små blåskjell. Fellen tømt og satt ut på nytt 13. sept.
F5, Vigavågen, ca 200 m fra anlegg	12	Grå-grønt materiale på toppen, nokså svart under. Mindre materiale enn i de andre fellene. <u>Svak</u> H ₂ S lukt.

Sedimentasjonsmengden ble målt til 1-11 g pr m² pr dag. Resultatene kan sammenlignes med resultater fra Fanafjorden ved Bergen der sedimentasjonsraten over et halvt år varierte mellom 1 - 4 g pr m² pr dag (Wassman 1984). I undersøkelser ved Farsund varierer naturlig sedimentasjonsrate fra 0,25 til 21 g pr m² pr dag (Skei 1986, Cripps *m. fl.* 1997). Målingene i Lysefjorden viser at det var omtrent dobbelt så stor sedimentasjon i fellene (F2 og F3) som hang under anlegget i forhold til de andre. Det var også stor forskjell mellom felle 5 som lå lengst borte fra blåskjellanleggene og de andre fellene. Resultatene tyder på at de to fellene (F1 og F4) også mottok materiale fra

blåskjellanlegget, selv om de var plassert ca 80-150 m utenfor selve anlegget. Noe av forskjellene kan også skyldes at fellene ikke hang like dypt i sjøen. 50-60 % av vekten av det sedimenterte materialet bestod av uorganisk materiale. Trolig er noe av det organiske materialet blitt nedbrutt i fellene siden de stod ute så pass lenge. TOC innholdet varierte mye mellom fellene og var størst i fellene under anlegget. Det var det også høyest innhold av nitrogen. Et lavt C/N forhold tyder på at det sedimenterte materialet har marin opprinnelse.

Tabell 5. Tørrvekten av totalt sedimentert materiale (TSM) og gløderest, vist som gram pr. sedimentfelle-rør og beregnet sedimentert materialet pr. m² og pr. dag. TOC og TN i felle materialet. Feller stått ute 12.09.00 til 03.10.00.

Felle	Tørrvekt i mg pr. sedimentfelle (ett rør)	Tørrvekt TSM, g pr m ² pr dag	Vekt av gøderest mg pr. sedimentfelle (ett rør)	Sedimentert gløderest, g pr m ² pr dag	TOC mg C/g	TN mg N/g	C/N
F1	290	4,6	178	2,8	9,9	2,4	4,1
F2	674	10,6	437	6,9	24,1	4,1	5,9
F3	649	10,2	410	6,5	16	3,8	4,2
F4	251	4,2	137	2,3	7	1,3	5,4
F5	86	1,4	56	0,9	2,1	<1,0	-



Figur 7. Vekt av det sedimenterte materialet. Felle 2 og 3 var under anlegget. Felle 5 var lengst borte.

3.4 Sedimentbeskrivelse

Resultatene er vist i Tabell 6. Generelt ble det funnet påvirkning fra anlegget på alle stasjonene, men miljøforholdene på bunnen var tilfredsstillende for videre bruk av området til skjelloppdrett. Et krav for akseptable miljøforhold, må være at det er bunndyr på bunnen, og at det ikke er stor gassproduksjon i sedimentet. Gassbobler som stiger til overflaten kan ta med seg sediment opp i vannmassene og gjøre vannet uegnet til oppdrett. Blåskjellrester og hele blåskjell ble registrert på de fleste stasjonene. Det var få levende blåskjell, og det tyder på at det er mange dyr som raskt beiter på skjellene som ramler ned. Med en så liten grabb som ble brukt, var det vanskelig å få et helt godt

bilde på hvor tykt blåskjellaget var, men på de fleste stedene var det opptil maksimalt et par cm. Det ble funnet "naturlig" sediment på de fleste stedene. Det var også noe løst "dynn" på sedimentoverflaten. Bortsett fra på Lys 9 ble det registrert dyreliv på alle stasjonene. Trolig var mange av børstemarkene individer av *Capitella capitata*, en art som trives i områder med stor tilførsel av organisk materiale. Mattsson & Lindén (1983) fant denne arten i store mengder ved og 5-20 m omkring blåskjellanlegg. De anslo sedimentasjonen til flere cm pr år.

Prøvetakingen ved anlegget i Vigavågen, ble tatt på oppfordring fra oppdretter. Det hadde blitt observert et hvitt belegg på bunnen i dette området. Bare i en av grabbprøvene fant vi noe av dette, som trolig er bakterier (*Beggiatoa*) som lever i overgangen mellom oksygenfattig og oksygenrikt miljø. Vekst av *Beggiatoa* tyder på svak vannstrøm eller stor organisk tilførsel. Det har vært trevareindustri i dette området tidligere, og sagflis derfra kan ha belastet bunnen tidligere.

Ved en rask inndeling av grabbprøvene i henhold til tilstandsklassifisering i MOM (Kupka Hansen, *m.fl.* 1997) B-undersøkelse, fikk begge områdene akseptable forhold med hensyn til bunndyr. Og tilstand 2-3 når det gjelder gruppe 3 parametre (gass, farge, lukt, volum og konsistens).

Tabell 6. Stasjonsopplysninger og sedimentbeskrivelse fra stasjonene hvor det ble tatt vann (Lys 1-4)- og bunnprøver (Lys 5-13). Vanddyppet varierte fra 10-35 m.

Stasjon	Posisjon (WGS-84)	Kommentarer
Lys 1	58°56.659'N 06°07.527'Ø	Vannprøver, siktedyp, sonde.
Lys 2	58°56.692'N 06°07.457'Ø	Vannprøver, siktedyp.
Lys 3	58°56.501'N 06°07.115'Ø	Vannprøver, siktedyp, sonde.
Lys 4	Mangler	Vannprøver, siktedyp.
Lys 5	58°56.651'N 06°07.417'Ø	Blåskjellrester, Litt mudder og sand. Gråsvart. Børstemark, sjøstjerner, leirgauk og slangestjerner. Ingen spesiell lukt.
Lys 6	58°56.634'N 06°07.466'Ø	Lite i grabben, ca 1/5 del. Litt skjell og stein. 2. grabbprøve mer sediment med blåskjellrester. Lite dyr. Svart og grått sediment.
Lys 7	58°56.556'N 06°07.255'Ø	Blåskjellrester og litt sediment. Svart. Lite dyr, noen børstemark. Svak H ₂ S-lukt. 1 tom grabb.
Lys 8	58°56.424'N 06°07.175'Ø	I Trossvika. 1. prøve, 1 stein og litt sli, børstemark. 2. prøve litt blåskjellrester, mørkegrått sediment. Børstemark og sjømus.
Lys 9	58°56.441'N 06°07.215'Ø	GPS signal noe dårlige. I Trossvika der det hadde vært anlegg tidligere. 1997 og 1999 generasjon. Mørkegrått sediment, mudder og sand. Litt blåskjellrester. Tydelig H ₂ S-lukt. Ingen dyr sett.
Lys 10	58°56.724'N 06°07.831'Ø	Grå-svart sediment, mudder og en del blåskjellrester. Litt sli. Børstemark. Svak H ₂ S lukt.
Lys 11	58°56.727'N 06°07.816'Ø	Som Lys 10.
Lys 12	58°56.765'N 06°07.789'Ø	Svart og grått sediment. Litt mudder, ellers blåskjellrester. Børstemark og kongesnegl. Litt <i>beggiatoa</i> . Tydelig H ₂ S lukt.
Lys 13	58°56.684'N 06°07.863'Ø	Gråsvart mudder med litt blåskjellrester. En del børstemark.

4 Sammendrag og konklusjoner

Undersøkelsen omhandler resultater fra en miljøundersøkelse ved blåskjellanlegg i Lysefjorden. Lysefjorden Skjell ønsket å få kartlagt noe av miljøpåvirkningen fra skjellanlegg. De fleste prøvene ble tatt i Dalavik, hvor anlegget hadde ligget siden 1998. Det ble også tatt noen prøver i ved anlegget Vigavågen. Rapporten omhandler målinger av hydrografi, næringsalter og klorofyll, strømmålinger, måling av sedimentering og karakterisering av bunn.

Feltarbeidet ble utført 12. september og 3. oktober 2000 av personell fra RF, og oppdretterne. Det ble tatt vannprøver fra fire steder, gjort strømmålinger ved bunnen, satt ut fem sedimentfeller og tatt grabbprøver på 9 steder.

Vannprøver

Vannprøvene representerer et øyeblikk-bilde og det var stort sett ingen forskjell mellom stasjonene eller dyp (4 og 7 m). Det betyr at det ikke ble funnet endringer i vannkvalitet som følge av at vannet (i teorien) hadde passert gjennom anlegget. Det var lite næringsalter i vannet, og moderat til lave algekonsentrasjoner.

Strømmålinger

Målingene viste at det generelt var god strøm ved bunnen. Vannbevegelsen var hovedsakelig styrt av tidevannet og gikk på langs av fjorden og anlegget. Strømmen gikk utover når det var fjærende sjø og inn når det flødde.

Sedimentasjon

Det var betydelig større sedimentasjon i fellene som var plassert under anlegget enn i de tre fellene utenfor. Sedimentasjonen var dobbelt så stor som 80 og 100 m fra anlegget, og seks ganger så stor som 200 m bort fra anlegget.

Sjøbunn

Alle stasjonene var påvirket av tilførsler fra blåskjellanleggene. Det ble funnet døde blåskjell og blåskjellrester i prøvene. Laget med blåskjellrester på bunnen var stort sett tynt (<2 cm). Blåskjell og annet organisk materiale som tilføres bunnen er føde for flere typer dyr. Børstemark dominerte i grabbprøvene og det som kom til bunnen ble i stor grad raskt omsatt. Bare ett sted ble det ikke registrert bunndyr, og det kan skyldes tilfeldigheter.

Ut fra resultatene kan en konkludere med at blåskjellanlegget fører til stor sedimentasjon, og materialet som tilføres bunnen blir raskt omsatt av bunndyr. Strømforholdene er gode og det gir tilgang på oksygenrikt vann. Miljøforholdene under anlegget er tilfredsstillende for videre bruk av lokaliteten.

Et meget interessant prosjekt som bør videreføres!

5 Litteratur

- Andersen, O.K., J. Klovning, J.P. Aabel & A. Myhrvold 1995. *Resipientundersøkelse i Lysefjorden*. RF-Rogalandsforskning. Foreløpig rapport. RF-95/345. 51 s.
- Aure, J., L. Føyn & R. Pettersen 1993. *Miljøundersøkelse i norske fjorder 1975 – 1973. 1. Rogaland: Lysefjorden, Høgsfjorden, Hillefjorden og Boknafjorden*. Fisken og Havet, nr 12.
- Cripps, S.J., R.K. Bechman og A. Myhrvold 1997. *Miljøundersøkelse ved utfylling i Lundevågen, Farsund*. RF-97/225. Åpen rapport. RF-Rogalandsforskning. 47 s.
- Dahl, E. 1999. *Skjellanlegg – både produksjon og miljøforbedring?* Norsk havbruksrapport 1999. s 92-94.
- Hansen, S.E. 1989. *Hydrofysiske forhold i Lysefjorden, Rogaland*. Oceanor, OCN 89069. ISBN 82-7427-039-8.
- Haamer J. & L. Edebo 19xx. *Resturering av ett näringsbelastat fjordsystem i centrala bohusslän med hjälp av musselodlingar*. Gøteborg Universitet. Notat.
- Kleppe, T. 1986. Kartlegging av eigna områder for blåskjell dyrkning i Rogaland og Hordaland. *Fisken og Havet Serie B, nr 1*, 1986. 103 s.
- Kupka Hansen, P., A. Ervik, J. Aure, P. Johannessen, T. Jahnsen, A. Stigebrandt & M. Scanning 1997. MOM (Matfiskanlegg - Overvåking - Modellering). Konsept og revidert utgave av overvåkingsprogrammet 1997. *Fisken og Havet nr. 5*, 1997. 55 s.
- Larsson, A.-M. 1985. Blue mussel sea farming – effects on water quality. *Vatten* 41:218-224.
- Mattsson, J., & Lindén, O. 1983. Benthic macrofauna succession under mussels, *Mytilus edulis* L. (Bivalvia), cultured on hanging long-lines. *Sarsia*, 68, 97-102.
- Molvær, J., J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei & J. Sørensen 1997. *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann*. SFT Veiledning 97:03. Statens Forurensningstilsyn, TA-1467/1997, Oslo. 36 s.
- NS 9410:2000. *Miljøovervåking av marine matfiskanlegg*. Norsk Standard 2000. 22 s.
- Skei J. 1986. The biochemistry of Framvaren. NIVA rapport F-80400. 165 s.
- Wassman, P. 1984. Sedimentation and benthic mineralization of organic detritus in a Norwegian fjord. - *Marine Biology* 83:83-94.

6 Vedleggsoversikt

Vedleggsfigur 1. Kart over hele Lysefjorden.

NB!

***Vedleggene finnes i rapport som kan bestilles hos
prosjektleder (51875436) eller***

RF-Rogalandforskning:

51 87 50 00. <http://www.rf.no>

NB! Kart finnes også i egne PDF filer.

Øyvind Tvedten

12.02.01

Vedlegg 1. Resultater fra målinger med YSI sonde.

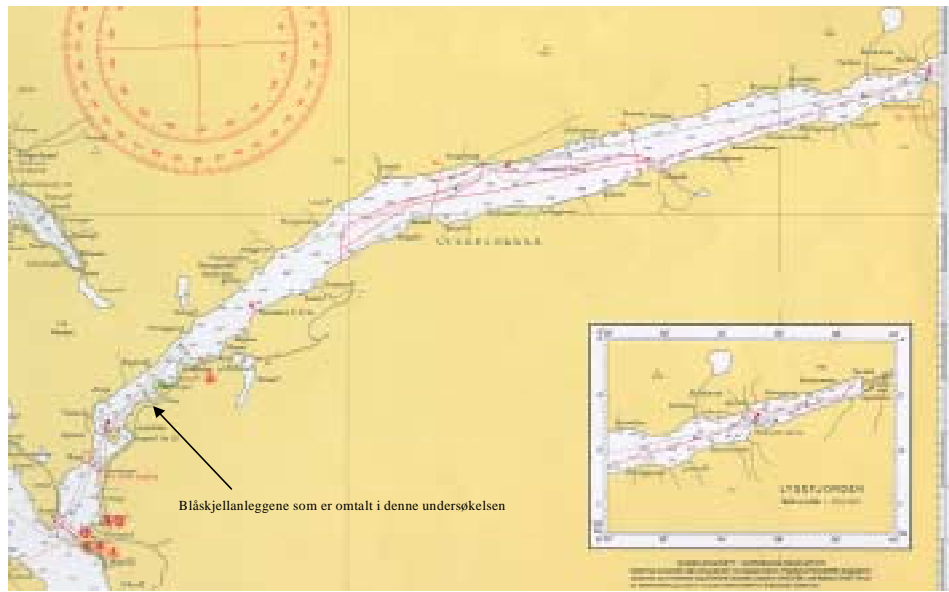
Vedlegg 2. Resultater fra vannanalyser.

Vedlegg 3. Resultater fra sedimentfeller.

Vedlegg 4. Oppsettet for strømmåleren.

Vedlegg 5. Resultater fra strømmålinger.

Vedleggsfigura. Kart over Lysøfjorden



Blåskjellanleggene som er omtalt i denne undersøkelsen