

RAPPORT LNR 3794-98

**R**esipientundersøkelse  
ved lokaliteten  
Langavika i Hjelmeland  
kommune

**Hovedkontor**

Postboks 173, Kjelsås  
0411 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00

**Sørlandsavdelingen**

Televeien 1  
4890 Grimstad  
Telefon (47) 37 29 50 55  
Telefax (47) 37 04 45 13

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 41  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 62 57 64 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Nordnesboder 5  
5005 Bergen  
Telefon (47) 55 30 22 50  
Telefax (47) 55 30 22 51

**Akvaplan-NIVA A/S**

Søndre Tollbugate 3  
9000 Tromsø  
Telefon (47) 77 68 52 80  
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel <b>RESIPIENTUNDERSØKELSE VED LOKALITETEN LANGAVIKA I HJELMELAND KOMMUNE</b>	Løpnr. (for bestilling) 3794-98	Dato 6.2.98
	Prosjektnr. Undernr. O-97052	Sider Pris 37
Forfatter(e) <b>Evy R. Lømsland Torbjørn M. Johnsen Einar Nygaard Eivind Oug Brage Rygg</b>	Fagområde <b>Akvakultur</b>	Distribusjon
	Geografisk område <b>Rogaland</b>	Trykket <b>NIVA</b>

Oppdragsgiver(e) <b>Hydro Seafood Rogaland a.s</b>	Oppdragsreferanse <b>Nils Viga</b>
---	---------------------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Ved oppdrettslokaliteten Langavika i Hjelmeland kommune har det vært gjennomført miljøundersøkelser med analyser av vannsøylen og bunnforholdene. De vannkjemiske analysene viste vannmasser med næringsstoffinnhold og algebiomasse normale for området. Oksygenforholdene i dypvannet var tilfredsstillende. Kjemiske analyser av sedimentet og bunndyranalysene viste store variasjoner over korte avstander. Høy verdi for artsindeks viste betydelig innslag av forurensningsømfintlige arter. Lokaliteten tilføres noe organisk materiale fra land uten at dette gir seg negativt utslag på bunnfaunasammensetningen. Slik oppdrettsanlegget er planlagt orientert/plassert, kan det ut fra beregninger oppstå kritiske oksygenkonsentrasjoner i strømstille perioder i merden som ligger i strømskyggen.</p>
--

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Hjelmeland kommune</li> <li>Sjøresipient</li> <li>Miljøundersøkelse</li> <li>Akvakultur</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Hjelmeland municipality</li> <li>Marine recipient</li> <li>Environmental investigation</li> <li>Aquaculture</li> </ol>
--	--

  
Evy R. Lømsland  
Prosjektleder

ISBN 82-577-3369-5

  
Bjørn Braaten  
Forskningssjef

**RESIPIENTUNDERSØKELSE VED**

**LOKALITETEN LANGAVIKA**

**I**

**HJELMELAND KOMMUNE**

Prosjektleder: Evy R. Lømsland

Medarbeidere: Lars G. Golmen

Torbjørn M. Johnsen

Inger Midttun

Einar Nygaard

Eivind Oug

Brage Rygg

Lise Tveiten

Sabine Cochrane

## Forord

Denne undersøkelsen er gjennomført av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) på oppdrag av Hydro Seafood Rogaland a.s med Nils Viga som kontaktperson.

Analysene av oksygen er utført ved NIVA-Vestlandsavdelingen, Bergen, mens de resterende kjemiske analyser er utført ved NIVAs laboratorium i Oslo.

Følgende personer har vært involvert i undersøkelsen: Feltarbeidet er utført av Einar Nygaard som sammen med Lars G. Golmen har kommet med verdifulle innspill til kapasitetsberegningene som er rapportert av Torbjørn M. Johnsen. Lise Tveiten har sortert bunnfaunaprøvene. Inger Midttun har analysert oksygenprøver og sortert bunnfaunaprøver. Sabine Cochrane (*Akvaplan-niva*) har sammen med Brage Rygg og Eivind Oug vært ansvarlig for identifisering og kvantifisering av bunnfauna. De to sistnevnte har i tillegg vært ansvarlig for rapporteringen av bunndyranalysene. Torbjørn M. Johnsen og Evy R. Lømsland har vært ansvarlig for den resterende del av rapporteringen. Evy R. Lømsland har vært prosjektleder.

Bergen, 6. februar 1998

*Evy R. Lømsland*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>1. INNLEDNING</b>	<b>6</b>
<b>2. MATERIALE OG METODER</b>	<b>7</b>
2.1 Lokalitetsbeskrivelse og stasjoner	7
2.2 Metodikk	7
2.2.1 Hydrografi/Vannkjemi	7
2.2.2 Bunnprøver	9
<b>3. RESULTATER</b>	<b>10</b>
3.1 Hydrografi	10
3.2 Vannkjemi	12
3.3 Sedimentkjemi	14
3.4 Bunnnyrsamfunn	15
<b>4. Kapasitetsberegninger</b>	<b>20</b>
4.1 Vurdering av egnethet for framtidig produksjon av 2.000 tonn fisk pr. år	20
4.1.1 Tilstand på bunnen	20
4.1.2 Tilstanden i sjøen	20
4.1.3 Vannutskifting, stagnasjonsperioder	20
4.2 Forventet framtidig belastning og oksygenforbruk	22
4.3 Driftsfaktorer	23
4.3.1 Oksygen	23
4.3.2 Ammonium	24
<b>5. KONKLUSJONER</b>	<b>26</b>
<b>6. REFERANSER</b>	<b>27</b>
<b>Vedlegg A.</b>	<b>29</b>
<b>Vedlegg B.</b>	<b>32</b>

---

## Sammendrag

Undersøkelser av vannkvalitet, sediment og bunnfauna har i 1997 vært undersøkt ved oppdrettslokaliteten Langavika på Ombo i Hjelmeland kommune.

Næringssaltanalyser (totalt fosfor, fosfat, totalt nitrogen, nitrat) fra de frie vannmassene (0-15 meter) i april og oktober viste verdier normale for uforurensende vannmasser på innsamlings-tidspunktene. Vårverdiene for totalt organisk karbon representerte normalverdier, mens høstverdiene var noe høyere. Algebiomassen for integrert vannprøve (0-10 meter) målt i oktober tilfredsstilte kravene til tilstandsklasse I ("Meget god") for sommersituasjon.

De kjemiske analysene av sedimentforholdene ved lokaliteten viste store variasjoner fra vår til høst i normalisert organisk innhold på begge stasjonene (tilstandsklasse I-V). Forholdet mellom de ulike elementene indikerer imidlertid flekkvis fordeling av organisk materiale av terrestrisk opprinnelse (materiale fra land). Kopper- og sinkverdiene fra sedimentet tilsvarer tilstandsklasse I ("Meget god").

Bunnfaunaanalysen viste gode forhold på begge de undersøkte stasjonene selv om det er varierende bunnforhold. Til tross for den store variasjonen i prøvene fra vår til høst hadde den grunneste stasjonen et stort artsmangfold som gir karakteristikken "Meget god tilstand" etter SFTs miljøkvalitetskriterier. Den dypere liggende kontrollstasjonen hadde en fauna typisk for dype fjordområder på Vestlandet med stort artsmangfold. På begge stasjonene ble det funnet et betydelig innslag av forurensningsømfintlige arter. Prøvene gir inntrykk av å være tatt på en lokalitet hvor bunnforholdene kan variere endel over korte avstander.

En totalanalyse viser at lokaliteten Langavika tilføres en del organisk materiale fra land, men at dette gir seg lite utslag i negativ retning på faunaanalysene.

En produksjonen av 2.000 tonn fisk vil medføre årlige utslipp av nitrogen og fosfor på henholdsvis 114 og 24 tonn ved førfaktor 1,23. De daglige utslippene fra anlegget kan for perioden med høyest biomasse (antatt 1.500 tonn) komme opp i 700 og 150 tonn for henholdsvis nitrogen og fosfor.

Beregninger viser at i perioder med liten strømfart, høy sjøtemperatur (dvs. lavt oksygeninnhold i sjøen) og stor fisketetthet kan det forekomme perioder med kritiske oksygenkonsentrasjoner i merder som ligger i strømskygge. En orientering av anlegget på tvers av dominerende strømretning og større spredning av merdene vil redusere problemet. Flytting av anlegget ut fra Langavik vil øke vanngjennomstrømningen i anlegget.

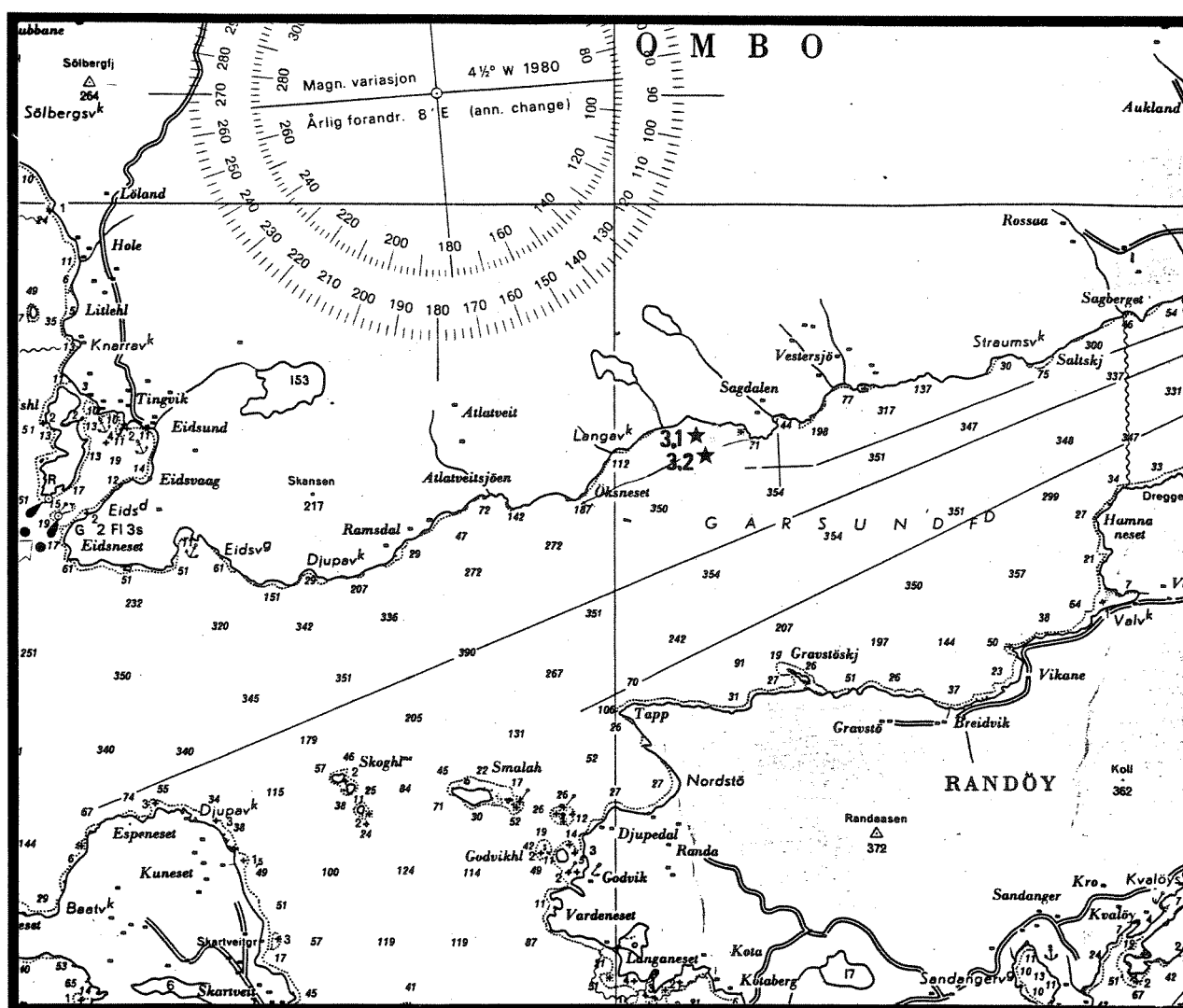
Modellberegninger med bruk av gjennomsnittsstrøm viste at ammoniumkonsentrasjonen i merdene ikke vil overstige faregrensen.

# 1. INNLEDNING

Hydro Seafood Rogaland a.s ønsker å etablere et stort oppdrettsanlegg (opptil 48.000 m<sup>3</sup>) på lokaliteten Langavika i Hjelmeland kommune (figur 1.1). I den forbindelse ble Norsk institutt for vannforskning (NIVA) engasjert av oppdrettsfirmaet for å gjennomføre resipientundersøkelse og egnethet for oppdrettsvirksomhet i henhold til krav fra miljøvernavdelingen hos Fylkesmannen i Rogaland. Lokaliteten har ikke tidligere vært benyttet til oppdrett av laksefisk.

Hensikten med undersøkelsen er:

1. Dokumentere miljøtilstanden på lokaliteten.
2. Vurdere lokalitetens egnethet for produksjon av 2.000 tonn laksefisk i et oppdrettsvolum på 24.000 m<sup>3</sup>.



Figur 1. Kart over Ombofjorden og tilgrensende områder. Innsamlingsstasjonene på lokaliteten Langavika er markerte med \*.

## 2. MATERIALE OG METODER

### 2.1 Lokalitetsbeskrivelse og stasjoner

Lokaliteten Langavika ligger i Langavik ved sørenden av Ombo i Hjelmeland kommune. Sør for Ombo ligger Randøy. I mellom øyene går Garsundfjorden i sørvestlig retning. På lokaliteten varierer dybden mellom 120 og 200 meter med minst dybde inn mot land. Bunnen i området som sannsynligvis er berg, skråner bratt ned mot ca. 350 meters dyp i Garsundfjorden.

Det har vært gjennomført 2 innsamlinger (11. april og 12. oktober) av hydrografiske data, vannprøver for vannkjemisk analyse og bunnprøver for analyse av bunndyrsamfunn og sedimentkjemi på to stasjoner (figur 2.1) i løpet av 1997.

Stasjon 1 (St. 3.1) ble lagt ca. 100 meter fra land ved Langavik (pos. N59°14,13' E06°00,65'), dvs. på det stedet hvor det er planlagt etablering av et matfiskanlegg. Stasjon 2 (St. 3.2) ble tatt ca. 200 meter lenger ut i sørøstlig retning i Garsundfjorden (pos. N59°14,07' E06°00,70').

### 2.2 Metodikk

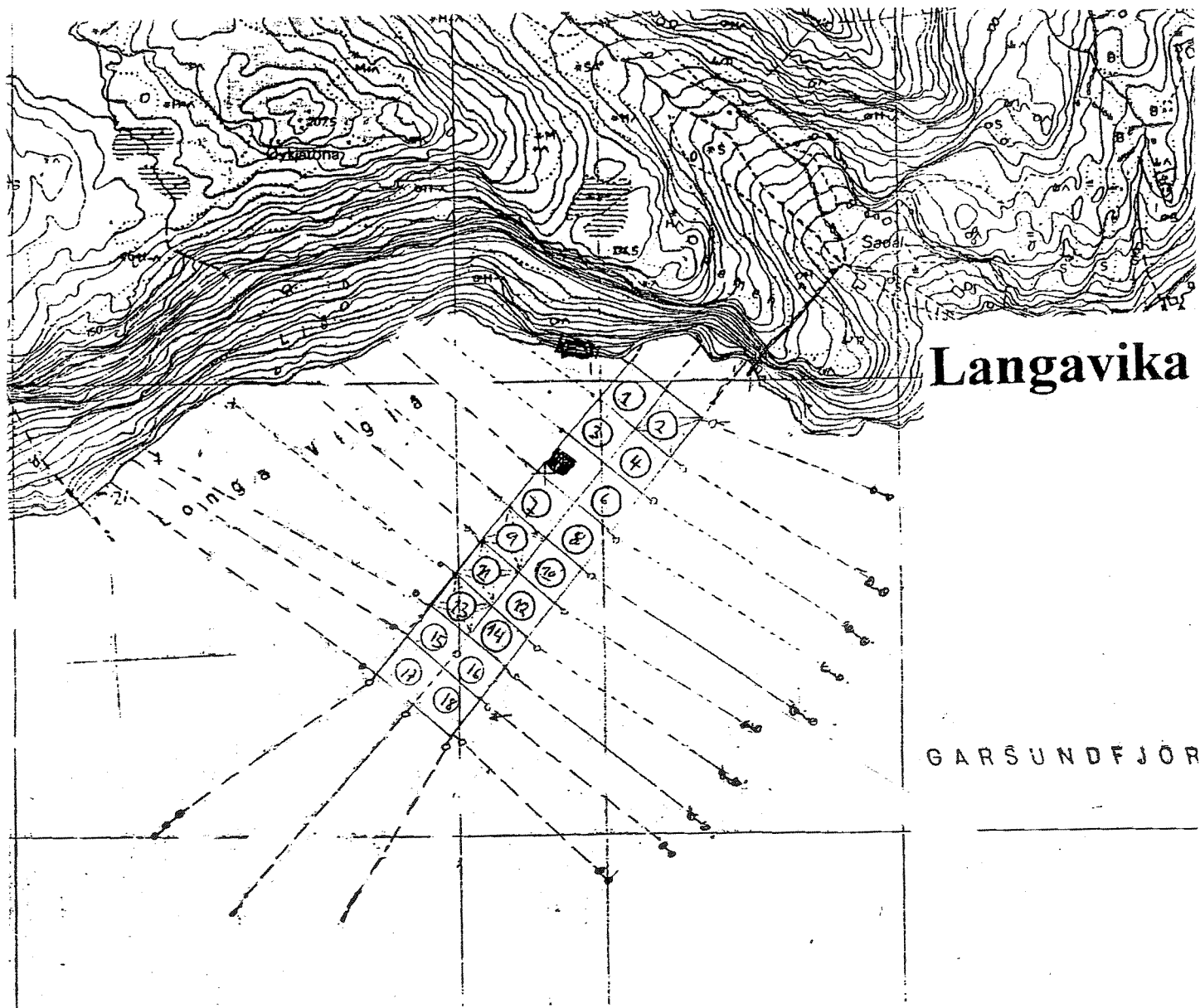
#### 2.2.1 Hydrografi/Vannkjemi

Hydrografiske målinger (temperatur, salinitet og oksygen) fra overflaten til bunnen ble gjennomført på samtlige tokt ved bruk av selvregistrerende sonde av merke Seabird. I tillegg er det vår og høst tatt prøver av dypvannet på begge stasjonene ved bruk av vannhenter for analyse av oksygen etter Winklers metode.

Vannprøver for analyse av næringssalter (totalt fosfor (Tot-P), fosfat (PO<sub>4</sub>), totalt nitrogen (Tot-N) og nitrat (NO<sub>3</sub>)) og organisk karbon (TOC) ble tatt på 3 dyp (1, 5 og 15 meter) i april og oktober. Siktedyp med fargeangivelse ble samtidig målt.

Integrert vannprøve fra 0-10 meter for analyse av klorofyll *a* ble samlet inn ved bruk av slange i oktober. Prøvene ble filtrert på membranfilter og frosset ned for senere analyse i spektrofotometer.





Figur 2. Lokaliteten Langavika med planlagte merder inntegnet.

### 2.2.2 Bunnprøver

Ved bruk av van Veen-grabb ble det forsøkt tatt 2 grabbhugg på hver stasjon. Bunnforholdene ved Langavika var imidlertid vanskelige, med mye stein. Dette førte til mange bomskudd og ved innsamlingen i oktober resulterte dette i at kun ett skikkelig grabbhugg ble tatt på st. 3.1. For vurdering av sedimenttilstanden ble surhetsgrad (pH) målt på 1 cm dyp i sedimentet i det ene grabbhugget. Målinger av redokspotensial (Eh) ble forsøkt, men måtte gis opp på grunn av instrumentfeil.

Fra hvert grabbhugg ble det tatt ut sedimentprøver til en blandprøve for analyse av kornfordeling (andel finmateriale <63 µm), glødetap, totalt organisk karbon (TOC), nitrogen (Tot-N), fosfor (Tot-P), kobber (Cu) og sink (Zn).

Begge grabbhuggene ble siktet slik at dyr større enn 1 mm ble tatt vare på og konserverert i formalin for kvalitativ og kvantitativ analyse av bunndyrsamfunnene. Før sikting ble det gjort en visuell beskrivelse og karakterisering av sedimentet på grunnlag av farge, lukt, forekomst av fôrrester osv.

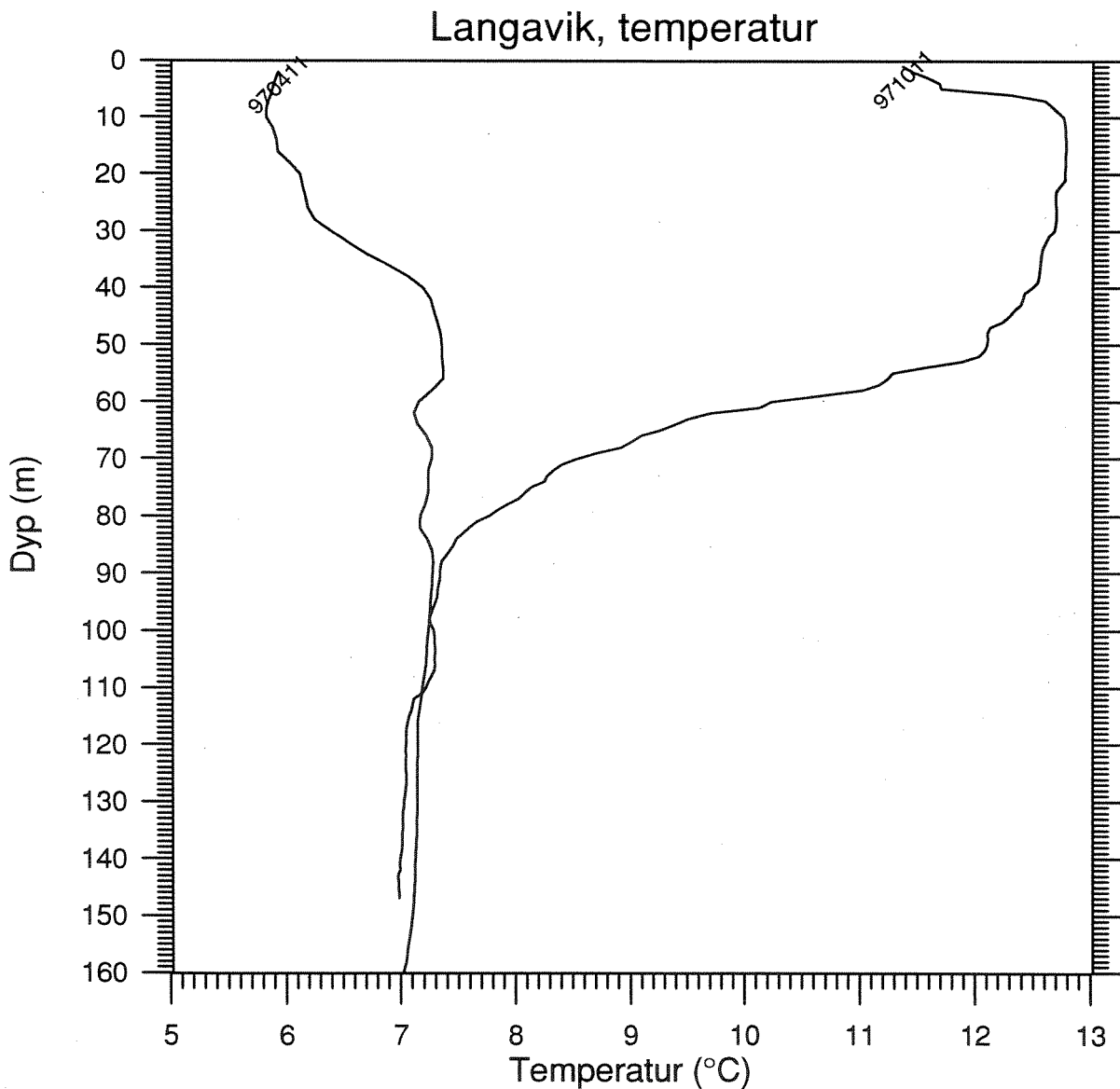
### Kapasitetsberegninger

Beregninger av lokalitetens kapasitet er gjennomført ved bruk av modellen Fiskmeny (Stigebrandt 1986). I tillegg er det gjennomført diverse tilleggsberegninger for å finne ut om oksygenkonsentrasjonen i anlegget til tider kan komme under den anbefalte minimumsgrense på 5 mg O<sub>2</sub>/liter.

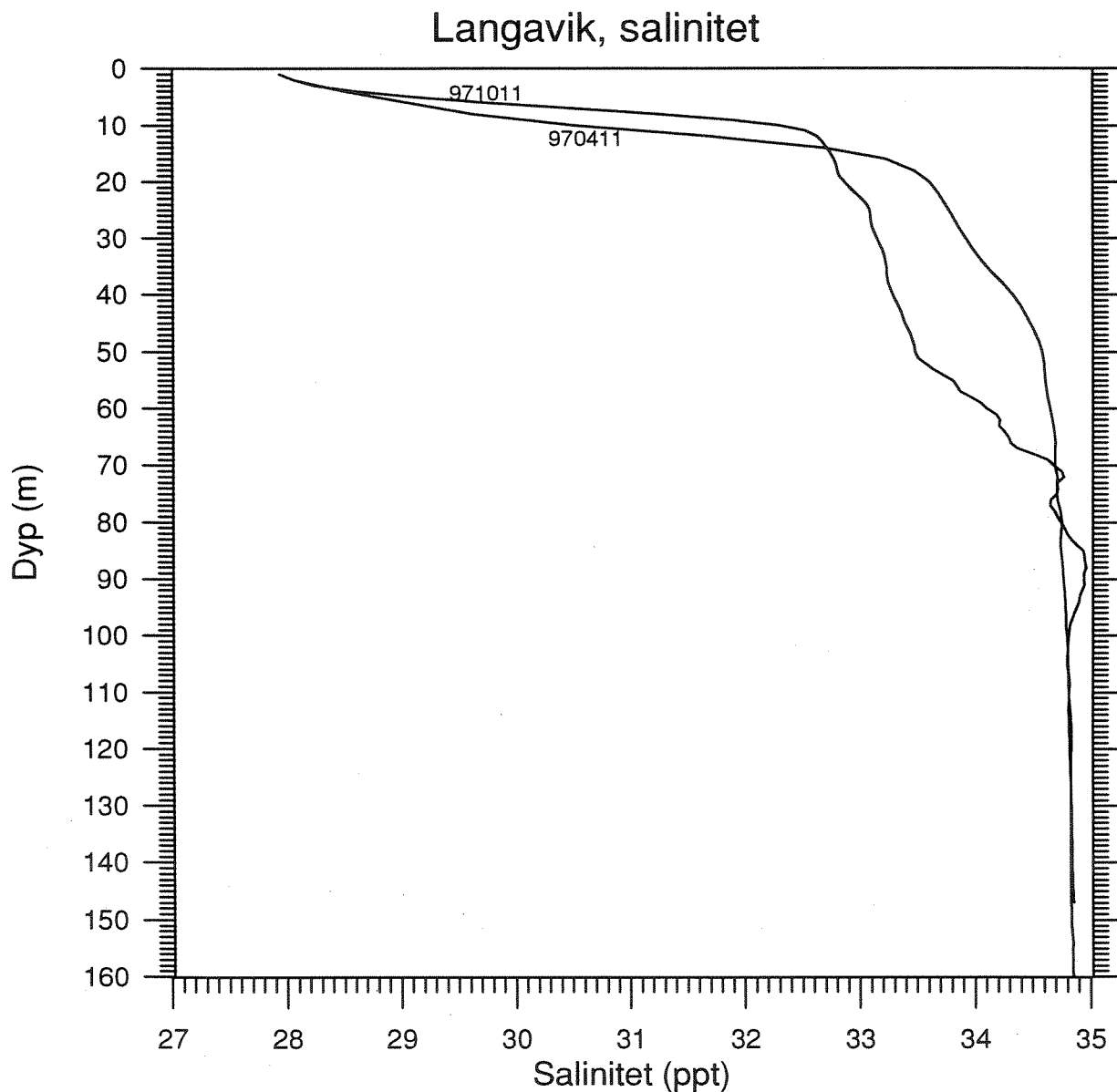
### 3. RESULTATER

#### 3.1 Hydrografi

Figur 3 og Figur 4 viser temperatur og saltholdighetsprofiler på lokaliteten Langavika. Sprangsjiktet lå i oktober på rundt 6 meter, mens vannmassene i april var relativt homogene med hensyn på temperatur.



Figur 3. Temperaturprofiler på lokaliteten Langavika 11. april og 12. oktober 1997.



Figur 4. Salinitetsprofiler på lokaliteten Langavika 11. april og 12. oktober 1997.

Brakkvannslaget varierer mellom 5-15 m. Under ca. 70 m dyp ligger tyngre vann med høy salinitet og lavere temperatur. Målingene i oktober viste en relativt homogen vannmasse under brakkvannslaget med liten temperaturvariasjon og bare svak økning i saliniteten mot dypet. Dette tyder på at det like i forkant av målingen hadde vært en omrøring av i dette vannsjiktet.

Resultatene fra oksygenprøver analysert etter Winklers metode er vist i Tabell 1. Målingene fra oktober er på begge stasjonene noe lavere enn april-målingene, men ved begge målings-tidspunktene ligger dypvannet klart i tilstandsklasse I ("Meget god") etter SFTs klassifisering av miljøtilstand (Molvær et al. 1997).

Siktedypet var 8 m på begge stasjonene om våren og 7 m om høsten og fargen var lys grønn..

**Tabell 1.** Resultater av oksygenanalyser etter Winklers metode på stasjon 3.1 og 3.2.

Dato	St. 3.1			St. 3.2		
	Dyp (m)	mg O <sub>2</sub> /l	Siktedyp (m)	Dyp (m)	mg O <sub>2</sub> /l	Siktedyp (m)
11.04.97	110	9,30	8	190	9,18	8
12.10.97	110	7,93	7	190	7,92	7

### 3.2 Vannkjemi

Resultatene av de vannkjemiske analysene er vist i **Tabell 2**. Vannprøvene er tatt i april og oktober og faller derfor mellom de to periodene juni-august/desember-februar i SFT sitt klassifiseringssystem. En sen våroppblomstring kan gi relativt høye næringssaltverdier i april, ved at vinterens næringssaltforråd ikke er forbrukt.

Innsamlingen i oktober ble foretatt i en periode der sprangsjiktet ligger rundt 6 m og med relativt homogene vannmasser fra 6-60 m. Andre målinger fra området viste helt tydelig at nedbrytningen av temperaturstratifiseringen var i gang. Dette fører til omrøring av vannmassene og medvirker til at næring tilføres øvre del av vannsøylen fra dypere vannlag. Klorofyllverdiene fra Langavik, som var relativt høye i forhold til en normal sommersituasjon, tyder på at dette hadde skjedd i forkant av prøvetakningen.

Næringssaltverdiene fra 0 og 5 meters dyp lå under grenseverdien til tilstandsklasse I - "meget god" i SFT sine sommerkriterier både for totalt fosfor, fosfat og med ett unntak også for totalt nitrogen. Nitratverdiene var derimot høyere, men alle verdiene lå langt under grenseverdien for tilstandsklasse I dersom vinterkriteriene legges til grunn.

Høye nitratverdier kan delvis forklares med at lokaliteten ligger i utløpet av Norges største permanente brakkevannssystem, Sandsfjordsystemet, der nitrat er i konstant overskudd.

I april ble det tatt tilsvarende prøver fra totalt 7 lokaliteter i området og i oktober fra totalt 6 lokaliteter. Alle lokalitetene viser det samme bildet. Prøvene tatt i Langavika skiller seg således ikke ut fra de andre områdene.

Generelt er forholdet mellom nitrogen og fosfor på vektbasis lik 7,2 for marint planteplankton. Planktoniske alger benytter hovedsaklig nitrat og fosfat som nitrogen- og fosforkilder. Hvis forholdet mellom nitrat og fosfat i vannmassene er lavere enn 7,2 (Redfieldforholdet), betyr det at nitrogen tilgangen er vekstbegrensende sett fra planteplanktonets behov. Målingene viste at forholdet nitrat/fosfat var høyt i 1 og 5 m dyp. Dette indikerer at nitrogen er i overskudd i forhold til fosfat og at det stort sett er fosformangel som begrenser algenes vekst i de øvre 5 meterne. Dette er et vanlig fenomen i ferskvannspåvirkede områder. I rene marine områder er det vanligvis nitrogen som blir den begrensende faktoren. Verdiene fra 15 m dyp viste at det enten var balanse mellom næringssaltene eller underskudd på nitrogen.

Totalt nitrogen og fosfor inneholder summen av alle målbare nitrogen- og fosforforbindelser i vannsøylen, både organiske og uorganiske. Det vil si at de målte konsentrasjonene inkluderer både nyttbare og unyttbare forbindelser for algene, og dermed reflekterer ikke forholdet mellom Tot-N og Tot-P på samme måte som nitrat og fosfat algenes tilgjengelighet for næring. I marint miljø har det vist seg at forholdet mellom totalt nitrogen og fosfor ligger høyere enn Redfieldforholdet (Olsen & Jensen 1989). Dette viste seg klart å være tilfelle på begge stasjonene i denne undersøkelsen.

Klorofyll a-verdiene for oktober ligger innenfor grensen for tilstandsklasse I ("Meget god").

Verdiene for totalt organisk karbon i vannmassene varierer normalt innenfor et område mellom 0,4 og 2 mg/l (Parson et al. 1977). I april lå verdiene generelt innenfor dette variasjonsområdet, mens verdiene for oktober i gjennomsnitt lå noe over.

**Tabell 2.** Resultater av næringssaltanalyser, totalt organisk karbon og klorofyll a i vannmassene.

Stasjon	Dato	Dyp (m)	Tot-P (µg/l)	PO <sub>4</sub> -P (µg/l)	Tot-N (µg/l)	NO <sub>3</sub> -N (µg/l)	NO <sub>3</sub> /PO <sub>4</sub>	TOC (mg/l)	Tot. N/P	Klf.a. (µg/l)
St. 3.1	11.04.97	1	4	2	131	29	14,5	1,7	32,8	
		5	5	2	129	29	14,5	1,7	25,8	
		15	16	12	160	66	5,5	1,5	10,0	
St. 3.2		1	4	2	126	28	14,0	2,1	31,5	
		5	9	2	131	28	14,0	1,3	14,6	
		15	14	9	160	64	7,1	1,3	11,4	
St. 3.1	12.10.97	1	6	2	165	21	10,5	2,0	27,5	1,82
		5	7	2	260	23	11,5	3,5	37,1	
		15	11	6	220	25	4,2	2,2	20,0	
St. 3.2		1	6	2	175	22	11,0	2,1	29,2	1,79
		5	6	2	175	22	11,2	1,7	29,2	
		15	8	4	185	25	6,3	3,0	23,1	

### 3.3 Sedimentkjemi

Tabell 3 og Tabell 5 viser innhold av organisk materiale, metaller, prosentvis andel av finfraksjon i sedimentets øvre 2 centimeter og pH i sedimentets porevann på 1 cm sedimentdyp. Det var stor variasjon mellom de to innsamlingene, noe som antyder en betydelig flekkvis fordeling av sedimentert materiale. Bunntypen synes i hovedsak å være sterkt skrånende berg med enkelte lommer med sedimentert materiale. Særlig er dette tilfellet for st. 3.1.

Tabell 3. Organisk materiale, %-vis andel partikler <63 µm og pH i sedimentet.

Stasjon	Dato	Dyp (m)	Total gløderest (g/kg)	% organisk materiale Glødetap	Cu (µg/g)	Zn (µg/g)	<63 µm (%)	pH
St. 3.1	11.04.97	120	953	4,7	8,6	57,6	47,6	7,5
St. 3.2	11.04.97	200	891	10,9	21,2	121,0	85,8	7,1
St. 3.1	12.10.97	120	956	4,4	11,4	36,1	17,8	7,8
St. 3.2	12.10.97	200	962	3,8	9,7	69,7	45,0	

Med unntak av st. 3.2 i april, var verdiene for glødetap (dvs. % organisk materiale) lave (jfr. Tabell 3), mens verdiene for organisk karbon var relativt høye ved en anledning for hver av de to stasjonene. Verdiene for normert organisk karbon kvalifiserer i disse tilfellene for tilstandsklasse III og V etter SFT sitt klassifiseringssystem (Molvær et al. 1997), mens de andre prøvene kom inn under tilstandsklasse I (jfr. Tabell 5). Hvis klassifiseringssystemet fra Bjerknes et al. (1988) benyttes, blir klassifiseringen "Svært lav"- "Middels" (jfr. Tabell 4).

Tabell 4. Klassifiseringsskala for organisk belastning av bunnsediment (Bjerknes et al. 1988).

Total organisk karbon (mg/g)	Klassifisering	Glødetap
>100	Svært høy	>25
60-100	Høy	15-25
30-60	Middels	7,5-15
15-30	Lav	4-7,5
<15	Svært lav	<4

I sedimenter hvor det organiske materialet i hovedsak har marin opprinnelse (f.eks. dødt plankton), er forholdstallet mellom karbon og nitrogen normalt 6-10, mens det i sedimenter som tilføres betydelige mengder materiale fra land, vil ligge over 10. I havet er det plante

**Tabell 5.** Resultater av sedimentanalyser.

Stasjon	Dato	Dyp (m)	TN (mg/g)	Tot-P (mg/g)	TOC (mg/g)	Norm TOC (mg/g)	SFT klasse	C/N	N/P	P/C
St. 3.1	11.04.97	120	1,4	0,90	10,4	19,8	I	7,4	1,6	0,087
St. 3.2	11.04.97	200	2,1	0,83	25,3	27,9	III	12,1	2,5	0,033
St. 3.1	12.10.97	120	1,6	<0,1	28,3	43,1	V	17,7	-	-
St. 3.2	12.10.97	200	1,2	0,45	8,6	18,5	I	7,2	2,7	0,052

planktonet som assimilerer næringsstoffene i vannet og omdanner disse til organisk materiale. Denne assimilerte næringen blir så overført til høyere trofiske nivå gjennom næringskjeden. For planteplankton i god vekst er det atomære forholdet mellom karbon (C), nitrogen (N) og fosfor (P) = 106:16:1 (Redfieldforholdet). På vektbasis gir dette et C/N-forhold på 5,7, et N/P-forhold på 7,2 og et P/C-forhold på 0,024. Dyreplankton og bakterier binder en prosentvis større andel av det tilgjengelige fosforet enn karbon og har derfor et høyere P/C-forhold enn planteplankton.

C/N-forholdet var svært høyt i de tilfellene hvor sedimentet hadde høye verdier for totalt organisk karbon. Dette antyder tilførsel av organisk materiale fra land.

Kobber (Cu) inngår ofte som begroingshindrende middel i notimpregnering og finnes derfor ofte i forhøyede konsentrasjoner under oppdrettsanlegg. Sinkinnholdet (Zn) i fiskefôr er relativt høyt og forspill gir derfor forhøyede Zn-konsentrasjoner nær oppdrettsanlegg. For å få en indikasjon på bakgrunnverdiene på lokaliteten før eventuell drift starter opp, ble det analysert på disse to metallene. På begge stasjonene lå som forventet både kobber- og sinkverdiene (jfr. **Tabell 3**) innenfor tilstandsklasse I ("Meget god") etter SFTs klassifiseringssystem.

### 3.4 Bunndyrsamfunn

Oversikt over artsforekomstene er gitt i **Tabell 8** og **Vedlegg A**.

#### Stasjon 3.1. (120 meter)

Prøvene fra april og oktober var noe forskjellige (**Tabell 6**). Prøvene fra april inneholdt endel grus og skjellsand og litt planterester. Sedimentet hadde normalt organisk innhold og får karakteristikken "Meget god tilstand" etter SFTs miljøkvalitetskriterier. Faunaen var normalt artsrik og individrik og hadde høyt artsmangfold. Basert på artsmangfoldet får stasjonen karakteristikken "Meget god tilstand" etter SFTs miljøkvalitetskriterier.

I oktober var prøvetakingen problematisk, og bare en god prøve ble tatt. Denne inneholdt skjellsand, grus og stein. Målene for organisk innhold (glødetap og TOC) ga ulike resultater (jfr. **Tabell 3** og **Tabell 5**). Glødetapsverdien var normal til noe høy, mens TOC-verdien var



uforholdsmessig høy. C/N-forholdet var svært høyt. Faunaen var nokså arts- og individfattig, men hadde høyt artsmangfold og får karakteristikken "Meget god tilstand" etter SFTs miljøkvalitetskriterier. Prøvene fra april var dominert av arter som er typiske for dypere fjordområder på Vestlandet, mens prøvene fra oktober ikke hadde noen karakteristisk sammensetning.

Ved begge innsamlinger tok artsindeksen (AI-Tabell 7) forholdsvis høy verdi, som viser at det var et betydelig innslag av forurensningsømfintlige arter i faunaen. Prøvene gir inntrykk av en lokalitet hvor bunnforholdene varierer over korte avstander. Lokaliteten har gode forhold, men synes å tilføres noe naturlig organisk materiale uten å være særlig påvirket av dette.

### Stasjon 3.2. (200 meter)

Prøvene fra april besto av mudder med grus og skjellsand. Sedimentet hadde litt høyt organisk innhold og får karakteristikken "Mindre god tilstand" etter SFTs miljøkvalitetskriterier. Det var høyt C/N-forhold som tyder på at lokaliteten tilføres nitrogenfattig plantemateriale fra land. Faunaen var normalt artsrik og individrik og hadde høyt artsmangfold. Basert på artsmangfoldet får stasjonen karakteristikken "Meget god tilstand" etter SFTs miljøkvalitetskriterier.

I oktober var det store mengder skjellsand og grus i prøvene. Sedimentet hadde lavt organisk innhold og får karakteristikken "Meget god tilstand" etter SFTs miljøkvalitetskriterier. Faunaen var meget arts- og individrik og hadde høyt artsmangfold som gir karakteristikken "Meget god tilstand". I hovedtrekkene ble de samme artene funnet ved begge innsamlinger. Artssammensetningen var normal med overvekt av arter som er typiske for dypere fjordområder på Vestlandet (f.eks. *Paramphinome*, *Kelliella*, *Onchnesoma*, *Ampharetidae*).

Ved begge innsamlinger tok artsindeksen (AI-Tabell 7) forholdsvis høy verdi, som viser at det var et betydelig innslag av forurensningsømfintlige arter i faunaen. Prøvene gir inntrykk av en lokalitet hvor bunnforholdene kan variere endel over korte avstander. Lokaliteten har gode forhold, men kan synes å tilføres noe organisk materiale fra land.

**Tabell 6.** Prøvetaking av bunnfauna ved Langavik 11. april og 12. oktober 1997. Alle prøvene ble tatt med 0,1 m<sup>2</sup> van Veen bunngabb.

Stasjon	Dyp	Antall prøver	Fyll.-grad	Observasjoner	Sikterest (materiale > 1 mm)
<i>11. april</i>					
St. 3.1	120	2	1/5	Grå fin leire, litt skjell og rør i prøvene. Mange bomskudd under prøvetakingen	1 liter: grus og skjellsand. Planterester fra land, en del tang- og tarefragmenter
St. 3.2	200	2	1/5	Fin mørk grå leire med litt skjell. Flere bomskudd	0.5 liter: grov grus, småstein og skjellsand. Noe løv
<i>12. okt.</i>					
St. 3.1	120	1	3/4	Lys grov skjellsand. Mange bomskudd.	3 liter: skjellsand, grus og stein
St. 3.2	200	2	3/4	Grå leire med skjell	8 liter: skjellsand, sand, grus og stein

**Tabell 7.** Antall arter, individtall, individtettheter og artsmangfold i prøvene av bunnfauna fra Langavik 11. april og 12. oktober 1997. Artsmangfoldet er gitt ved Shannon-Wiener indeksen (H'), og indeksen  $ES_{(100)}$  som gir forventet antall arter ved en prøve på 100 individer. Indeksen AI (artsindeks) gir et mål for forekomst av forurensningsømfintlige arter i prøven, verdier  $>6$  indikerer normale forhold. Tilstandsklasse i henhold til SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet er også vist (Molvær et al. 1997).

Stasjon	Areal	Artstall	Ind.	Ind/m <sup>2</sup>	H'	E(S <sub>100</sub> )	AI	SFT Klasse	
<i>11. april</i>									
3.1	grabb 1	0,1	59	190					
	grabb 2	0,1	62	390					
	sum	0,2	84	580	2900	4,75	36,1	7,2	I 'meget god'
3.2	grabb 1	0,1	31	90					
	grabb 2	0,1	53	235					
	sum	0,2	64	325	1625	4,65	36,1	8,5	I 'meget god'
<i>12. okt.</i>									
3.1 <sup>1)</sup>		0,1	33	98	980	4,54	33,1	7,3	I 'meget god'
3.2 <sup>1)</sup>	grabb 1	0,1	80	437					
	grabb 2	0,1	65	433					
	sum	0,2	99	870	4350	4,75	36,4	7,4	I 'meget god'

1) Gruppen Nematoda (rundmark) er ikke tatt med i beregningene fordi disse ikke samles kvantitativt ved prøvetakingen.

**Tabell 8.** De viktigste artene i prøvene av bunnfauna fra Langavik 11. april og 12. oktober 1997. De ti mest individrike artene på hver stasjon ved hver innsamling er vist. Individtallene representerer en grabbprøve (0,1 m<sup>2</sup>) for St. 3.1 i oktober, mens det er sum av to grabbprøver (0,2 m<sup>2</sup>) for St. 3.1 i april og for St. 3.2 ved begge innsamlingene.

**Stasjon 3.1**

Art	Gruppe	11. april	12. oktober
<i>Ampharetidae ind.</i>	POLYCHAETA	131	-
<i>Nemertinea ind</i>	NEMERTINEA	90	-
<i>Thyasira ferruginea</i>	BIVALVIA	36	1
<i>Eclysippe vanelli</i>	POLYCHAETA	25	-
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	POLYCHAETA	21	-
<i>Abyssoninoe hibernica</i>	POLYCHAETA	16	-
<i>Exogone verugera</i>	POLYCHAETA	14	3
<i>Aphelochaeta sp.</i>	POLYCHAETA	13	4
<i>Diplocirrus glaucus</i>	POLYCHAETA	12	-
<i>Eriopisa elongata</i>	AMPHIPODA	12	-
<i>Nematoda ind</i>	NEMATODA	-	20
<i>Paradoneis lyra</i>	POLYCHAETA	11	11
<i>Polyplacophora ind</i>	MOLLUSCA	-	11
<i>Glycera lapidum</i>	POLYCHAETA	-	8
<i>Chaetozone setosa</i>	POLYCHAETA	-	7
<i>Pholoe sp.</i>	POLYCHAETA	5	6
<i>Polycirrus norvegicus</i>	POLYCHAETA	-	5
<i>Harmothoe sp.</i>	POLYCHAETA	1	4
<i>Aricidea albatrossae</i>	POLYCHAETA	-	4

**Stasjon 3.2**

Art	Gruppe	11. april	12. oktober
<i>Nemertinea ind.</i>	NEMERTINEA	85	22
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	POLYCHAETA	29	85
<i>Kelliella miliaris</i>	BIVALVIA	20	1
<i>Onchensoma steenstrupi</i>	SIPUNCULIDA	17	5
<i>Terebellides stroemi</i>	POLYCHAETA	13	3
<i>Spiophanes kroyeri</i>	POLYCHAETA	12	19
<i>Heteromastus filiformis</i>	POLYCHAETA	11	1
<i>Augeneria tentaculata</i>	POLYCHAETA	10	11
<i>Entalina quinquangularis</i>	SCAPHOPODA	9	-
<i>Ampharetida ind</i>	POLYCHAETA	7	246
<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	POLYCHAETA	2	52
<i>Eclysippe vanelli</i>	POLYCHAETA	1	43
<i>Sosanopsis wireni</i>	POLYCHAETA	3	35
<i>Eriopisa elongata</i>	AMPHIPODA	2	25
<i>Thyasira ferruginea</i>	BIVALVIA	4	22
<i>Caudofoveata ind</i>	MOLLUSCA	5	16

## 4. Kapasitetsberegninger

### 4.1 Vurdering av egnethet for framtidig produksjon av 2.000 tonn fisk pr. år

#### 4.1.1 Tilstand på bunnen

Resultatene av de kjemiske analysene av sedimentet i Garsundfjorden viste varierende forhold med tilførsler av organisk materiale av terrestrisk opprinnelse uten at dette gir seg særlige utslag på bunnfaunasammensetningen. Strømmålinger gjennomført i mars-april og juli-august viste at det er vekslende strøm i øst-vestlig retning i overflatelaget, men med netto vanntransport i vestlig retning (Nygaard 1997a). På 80 meters dyp er imidlertid strømmen svak (mindre enn 1% av målingene over en periode på 1 måned viste strøm sterkere enn 1,1 cm/s) (Nygaard 1997b). I tillegg viste målingene fra 7 og 15 meter at det er relativt lange perioder med svak strøm i de øvre 15 meterne. Dessuten viste kjøring av modellen SMS ("Surface Water Modeling System") (ECGL 1994) at lokaliteten Langavika ligger i lé for både østlig og vestlig strøm. Det vil si at organisk materiale som tilføres vannmassene i Langavika, vil spesielt i strømsvake perioder synke til bunns relativt nært tilførselsstedet på overflaten. Dybden ved lokaliteten er imidlertid stor (120-150 meter) slik at influensområdets bunnareal likevel blir relativt stort.

#### 4.1.2 Tilstanden i sjøen

##### Næringssalter

Næringssaltkonsentrasjonene fra vannprøvene (**Tabell 2**) tatt rett på lokaliteten for det planlagte oppdrettsanlegget i Langavika og ca. 200 meter lenger ut Garsundfjorden i sørøstlig retning viste gode forhold sett i relasjon til SFTs vannkvalitetskriterier. Vanligvis har en naturlig et minimum av næringssalter i sjøens overflatelag om sommeren - gjerne med de laveste verdiene i juli-september (Aure & Johannessen 1997). For totalt nitrogen og totalt fosfor kan variasjonene mellom sommer og vinter dreie seg om henholdsvis 50 og 100%. I denne undersøkelsen foreligger det målinger kun fra april og oktober slik at variasjonene i totalt nitrogen og fosfor fra sommer til vinter i vannmassene ved Langavika ikke kan vurderes. Næringssaltkonsentrasjonene i april ble målt i en våroppblomstringsperiode hvor ikke hele næringssaltforrådet fra vinteren var forbrukt. Målingene i oktober ble tatt lik i etterkant av en omrøringsperiode og næringssaltkonsentrasjonene ligger på et nivå som tilsvarer en mellom-situasjon mellom sommer og vinter (Bokn et al. 1996a, b).

#### 4.1.3 Vannutskiftning, stagnasjonsperioder

Det planlagte anlegget ved Langavika (**Figur 2**) er ikke helt gunstig orientert i forhold til dominerende strømrretning øst-vest på lokaliteten (Nygaard 1997a). Merdene bør orienteres i sør-nord retning, dvs. vinkelrett på de dominerende strømrretningene.

Strømmålingene gjennomført av NIVA i mars-april og juli-august 1997 viste en middelverdi for strømfart på 3,96 og 3,10 cm/s på henholdsvis 7 og 15 meters dyp (Nygaard 1997a, b).

Middelstrømverdiene var noe lavere enn det en typisk finner på en kystlokalitet eller på lokaliteter lenger nord der tidevannsutskiftningen er større. Verdiene avviker imidlertid ikke særlig fra det som ble målt av NIVA for Hydro Seafood Rogaland a.s på andre lokaliteter i Rogaland vinteren/våren 1997 (Nygaard 1997a, c).

Målingene viste lite innslag av motsatt rettet strøm på de to måledypene slik en ofte finner i sterkt sjiktede fjorder. Før Ulla-Førre reguleringen var det relativt svakt sjiktning i Jøsenfjorden (Svendsen 1977), og sjiktningen har nok avtatt ytterligere etter reguleringen som har ført til vesentlig mindre ferskvannsavrenning til fjorden. Undersøkelser i 1980-årene gjennomført av Universitetet i Bergen (Lie et al. 1992) synes å bekrefte at sjiktningen har avtatt på grunn av vassdragsreguleringen. Målinger foretatt i munningen av Jøsenfjorden rett nord for Hjelmeland (stasjon 82 i Lie et al. 1992) viste at det kun var i juni-august at tydelige vertikalgradienter ble registrert med saliniteter på 8 og 30 henholdsvis i overflaten og på 8 meters dyp. NIVAs hydrografimålinger fra 1997 (**Figur 3** og **Figur 4**) stadfester dette bildet. Dette innebærer at også området ved Langavik har lite innslag av sterk sjiktning av vannmassene og eventuelt tilhørende karakteristiske forskjeller i strømmen fra overflaten og nedover.

Varighet av perioder med svak strøm kan likevel være en begrensende faktor for produksjon/egnethet i forhold til det å opprettholde tilfredsstillende vannkvalitet for fisken i merdene (Nygaard & Golmen 1997). Det er derfor naturlig å vurdere egnetheten ut fra dette kriteriet. Målingene i mars-april 1997 viste at lengste periode med strøm under 1,1 cm/s var 5,8 timer på 7 meters dyp og 17,2 timer på 15 meters dyp.

## 4.2 Forventet framtidig belastning og oksygenforbruk

Fiskeoppdrett er en av de største bidragsyterene når det gjelder norske tilførsler av antropogent fosfor og nitrogen til sjøvann i kystområdene på Vestlandet (Tjomsland & Braaten 1996). Spesielt gjelder dette fosfor hvor beregninger viser at ca. halvparten av den totale tilførsel av fosfor for kyststrekningen fra Rogaland til Stad, kommer fra akvakultur (Molvær 1997). Disse tilførslene kommer som mange små punktutslipp over et stort område. Lokalt kan slike utslipp ha en eutrofierende virkning, men totalt sett utgjør de antropogene utslippene av næringsalter et lite bidrag til innholdet av næringsalter i vannmassene (Aure & Stigebrandt 1990). I den nylig avsluttede nasjonale utredningen om eutrofisituasjonen på kyststrekningen Jomfruland-Stad (Molvær 1997) ble det likevel uttrykt et klart behov for ytterligere kunnskap om fosfor- og nitrogenutslippene fra akvakulturnæringen. Derfor er det viktig å kvantifisere disse tilførslene når en skal vurdere mulige effekter av framtidig belastning fra store fiskeoppdrettsanlegg.

Tilførslene av nitrogen og fosfor avhenger av fóring og fiskeproduksjon. Fórfaktoren ved moderne anleggsdrift nærmer seg 1,0. Statistikk for 1996 viser verdier på rundt 1,1-1,2 for matfiskanlegg i vestlandfylkene (Fiskeridirektoratet 1997). For Rogaland og Skagerrakkysten var middelverdien 1,23, dvs. noe høyere enn for fylkene lenger nord. For å beregne den totale årlige maksimale tilførselen av nitrogen og fosfor, har vi benyttet samme metode som i Molvær (1997):

$$\text{Nitrogentilførsel (tonn)} = (\text{Fór} * 0,070) - (\text{Fiskeproduksjon} * 0,029)$$

$$\text{Fosfortilførsel (tonn)} = (\text{Fór} * 0,0134) - (\text{Fiskeproduksjon} * 0,0045)$$

For verdier for fórfaktor ("Fór") har vi tatt utgangspunkt i produsert fiskemengde multiplisert med fórfaktoren.

Framtidige årsproduksjoner på henholdsvis 1.200 og 2.000 tonn laks vil tilsvare følgende nitrogen- og fosfortilførsler ved en fórfaktor på 1,10 (N. Viga, pers. med.):

Tilførsler pr. år	Årsproduksjon 1.200 tonn	Årsproduksjon 2.000 tonn
Totalt nitrogen (avrundet)	58 tonn	96 tonn
Totalt fosfor (avrundet)	12 tonn	20 tonn

En forbedring av fórfaktoren vil naturlig nok redusere tilførslene ved at en større andel av fóret bindes i fisken.

Tilførslene vil imidlertid variere over året med de største tilførslene i månedene april-juli da det vil være mest fisk i anlegget (N. Viga, pers. med.). De daglige tilførslene kan da være 3-4

ganger høyere enn ellers i året. I perioden med mest fisk i anlegget kan det antas at fiskemengden vil være 900 og 1.500 tonn ved produksjon av henholdsvis 1.200 og 2.000 tonn fisk. Føring og ekskresjon fra fisken vil i måneden med størst utføring og produksjon føre til gitte mengder tilførsler av fosfor og nitrogen hvor det kan antas at 50-60% av fosforet og inntil 80-90% av nitrogenet løses i sjøen, mens resten er partikulært bundet (fekalier, fórspill) og synker til bunns. Ut fra disse anslagene kan de framtidige utslippene pr. døgn i en periode med høy produksjon beregnes til (fórfaktor 1,1):

Estimerte tilførsler pr. døgn ved maksimal føring	Totalt	Vannløst
Årlig produksjon: 1.200 tonn		
Totalt nitrogen (avrundet)	360 kg/døgn	300 kg/døgn
Totalt fosfor (avrundet)	80 kg/døgn	40 kg/døgn
Årlig produksjon: 2.000 tonn		
Totalt nitrogen (avrundet)	590 kg/døgn	500 kg/døgn
Totalt fosfor (avrundet)	130 kg/døgn	65 kg/døgn

## 4.3 Driftsfaktorer

### 4.3.1 Oksygen

Oksygen vil kunne være en problemfaktor i perioder med maksimal produksjon, svak strøm og høy sjøtemperatur som gir liten oksygenkonsentrasjon i sjøen. Gjennomsnittlig strømfart ved målt stagnasjon (pga. friksjon i rotor på strømmåler) er beregnet til henholdsvis 0,4 og 0,9 cm/s i henholdsvis 7 og 15 meters dypde. Lengste periode med disse strømfartene på de to dypene ble målt til 6 og 17 timer. Dette er benyttet for å finne oksygenkonsentrasjonen inne i merd som ligger rett mot strømmen og i en merd som ligger i strømskyggen fra en foranliggende merd. I disse beregningene er merdene antatt å være kvadratiske (25x25 meter, omtrent tilsvarende areal som en 90 metring) og med et dyp på 20 meter. Oksygenforbruket er satt til 10 kg O<sub>2</sub> pr. tonn fisk pr. døgn. Utgangskonsentrasjonen for oksygen er satt lik 9 mg/l. Ved høy fisketetthet er det beregnet 115 tonn fisk i hver merd, noe som vil tilsvare omtrent 2.000 tonn fisk for hele anlegget. Merd2 er nedstrøms merd1, og 75% av vannet som strømmer inn i merd2 er antatt å komme fra merd1.

Beregninger viser at oksygenkonsentrasjonen i merd1 kan komme ned i 3,9 og 6,3 mg O<sub>2</sub>/l på 7 og 15 meters dyp (**Figur 5**). For merd2 (merden som ligger i strømskyggen) er imidlertid muligheten for kritiske oksygenkonsentrasjoner tilstede. På 7 meters dyp er det beregnet at oksygenkonsentrasjonen i "strømstille" perioder kan bli 1,0 og 4,3 mg O<sub>2</sub>/l på henholdsvis 7 og



15 meter(jfr. **Figur 5**). At de mest kritiske forholdene er funnet for 7 meters dyp, har sannsynligvis sammenheng med at beregningene for 7 og 15 meter er utført på grunnlagsdata fra to forskjellige måleperioder.

Modellen Fiskmeny (Stigebrandt 1986) er benyttet for å beregne miljøbelastningen ved produksjon av 1.200 og 2.000 tonn fisk på lokaliteten Langavika. Resultatene av modellkjøringen (Vedlegg B) viser at oksygenkonsentrasjonen i merdene ikke vil bli lavere enn den anbefalte nedre grense på 5 mg O<sub>2</sub>/l. Beregningene i denne modellen utføres for gjennomsnittlig strøm og tar ikke hensyn til forholdene som oppstår under perioder med strømstille/liten strømfart.

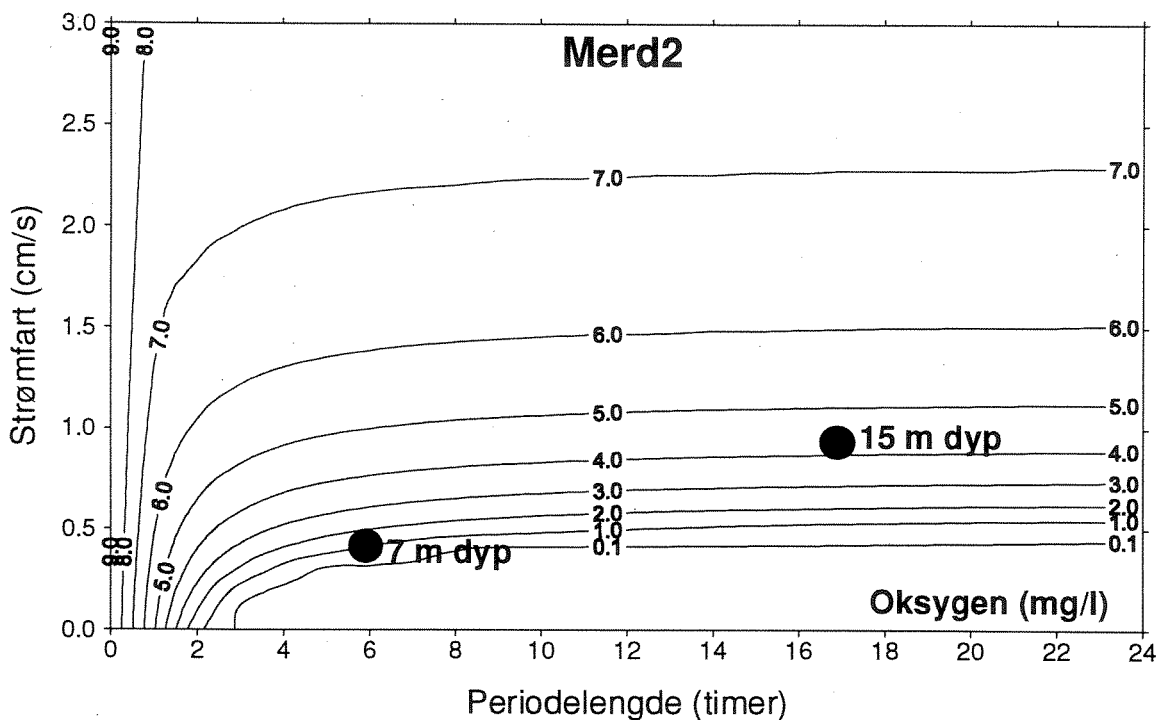
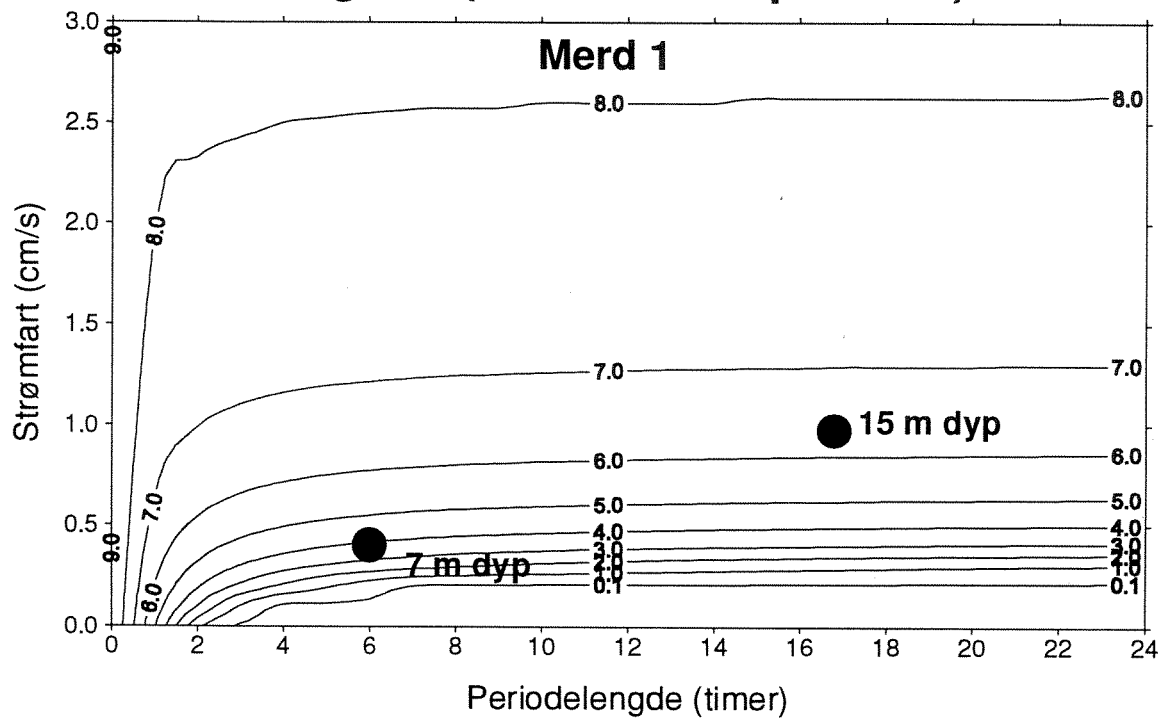
For å redusere faren for at lavt oksygennivå skal oppstå i merdene under perioder med liten strømfart, kan avstanden mellom merdene økes og spres over et større område slik at ingen merder blir liggende i strømskygge. Dessuten har tidligere modellberegninger vist at slik anlegget er tenkt plassert på lokaliteten, vil det ligge i lé for både øst- og vestgående strøm. Flytting av anlegget til et av de nærliggende nesene vil forbedre strømsituasjonen betydelig.

#### **4.3.2 Ammonium**

Ammoniakk/ammonium vil teoretisk sett kunne representere en begrensende faktor mht. giftvirkning av ammoniakk. Det meste av nitrogenet utskilles over gjellene som ammoniakk. Antar en at 80% av nitrogenutskillelsen er ammoniakk, tilsvarer dette i en periode med sterk tilvekst 290 og 480 kg NH<sub>3</sub>/døgn ved årsproduksjon på henholdsvis 1.200 og 2.000 tonn fisk. En stor del av ammoniakken oksyderes raskt til ammonium, men noe vil bestå som ammoniakk.

I modellen Fiskmeny benyttes en ammoniumkonsentrasjon på 0,5 mg/l som grenseverdi for dårlig vannkvalitet i merdene. Modellkjøringer av gjennomsnittssituasjoner ga som resultat at ammonium i merdene sannsynligvis ikke vil være et problem for anlegget med den størrelse og fiskeproduksjon som er planlagt.

## Langavik (115 tonn fisk pr. merd)



Figur 5. Beregnet oksygenkonsentrasjon a) i merd som ligger rett mot strømmen (Merid 1) og b) i merd som ligger i strømskyggen fra foranliggende merd (Merid 2) ved 115 tonn fisk pr. merd.

## 5. KONKLUSJONER

De vannkjemiske analysene fra de øvre 15 meterne av vannsøylen fra april og oktober viste vannmasser med konsentrasjoner for totalt fosfor, fosfat, totalt nitrogen og nitrat normale for uforurensende vannmasser. Klorofyll a-verdiene for integrerte vannprøver fra 0 til 10 meter lå i oktober innenfor grensen for tilstandsklasse I ("Meget god"). Verdiene for totalt organisk karbon om våren representerte normalverdier, mens høstverdiene var noe høyere.

De kjemiske analysene av sedimentprøvene fra begge stasjonene viste store variasjoner, noe som indikerer flekkvis fordeling av sedimentert materiale. Basert på normalisert organisk karbon i sedimentet gir klassifiseringen tilstandsklasse I-V. En nærmere analyse av sedimentets kjemi viser imidlertid at sedimentet tilføres organisk materiale av terrestrisk opprinnelse (tilførsler fra land).

Analyse av bunnfaunaen viste at det er varierende bunnforhold på stedet hvor det er planlagt etablering av oppdrettsanlegg. Miljøforholdene kan karakteriseres som gode selv om lokaliteten tilføres en del naturlig organisk materiale. På den dypere liggende kontrollstasjonen var faunaen arts- og individrik med en overvekt av arter som er typiske for dypere fjordområder på Vestlandet. Forholdene på stasjonen var gode, men også her ble det funnet resultater som tilsier noe tilførsel av organisk materiale fra land. Artsindeksen (AI) ga høye verdier både vår og høst på begge stasjonene - noe som viser at faunaen hadde et betydelig innslag av forurensningsømfintlige arter.

Både vår og høst viste målinger at dypvannet har tilfredsstillende oksygenforhold (tilstandsklasse I ("Meget god")).

Totalt sett viser resultatene at lokaliteten Langavika tilføres noe organisk materiale fra land, men dette synes ikke i særlig grad å påvirke bunnfaunaen i negativ retning.

En produksjon av 2.000 tonn fisk ved Langavika vil resultere i tilførsler på 96 tonn nitrogen og 20 tonn fosfor ved en fórfaktor på 1,10. Tilførslene vil imidlertid variere over året og er beregnet ved en fiskemengde på 1.500 tonn til å kunne komme opp i 590 kg nitrogen/døgn og 130 kg fosfor pr. døgn hvorav 80-90% av nitrogenet og 50-60% av fosforet vil være vannløst.

Beregninger av oksygenforholdene i merdene under perioder med lav strømfart viser at det i perioder med høy fisketetthet, kan forekomme perioder med kritiske oksygenkonsentrasjoner i merd som ligger i strømskygge fra foranliggende merd. Modelleringsresultater med bruk av gjennomsnittlig strømfart synes ikke å føre til kritiske konsentrasjoner av ammonium i merdene.

For å unngå problemer med lavt oksygennivå i merdene, kan merdene orienteres slik at ingen blir liggende i strømstille og slik at de blir liggende vinkelrett på de dominerende strømretninger, dvs. vinkelrett ut fra land. Tidligere modellresultater har også vist at strømforholdene i merdene kan forbedres ved å etablere anlegget ved et av nesene ved Langavik istenfor i bukten mellom de to nesene.

## 6. REFERANSER

- Aure, J., & T. Johannessen. 1997. Næringssalter og klorofyll-a fra Skagerak til Vestlandet. *Fisken og Havet*, rapp.nr.2/97. Havforskningsinstituttet, Bergen. 45 s.
- Aure, J., & A. Stigebrandt. 1990. Quantitative estimates of the eutrophication effects of fish farming on fjords. *Aquaculture*, 90:135-156.
- Bjerknes, V., L.G. Golmen, A. Pedersen & K. Sørgaard. 1988. Kapasitet for fiskeoppdrett i Skogsvågen og i fjordområdet kring Toftarøy på Sotra. NIVA-rapport l.nr. 2072. Oslo.
- Bokn, T., T.M. Johnsen, J. Knutzen, E. Lømsland, F. Moy, K. Nygaard & B. Rygg. 1996a. Resipientundersøkelser i 1995 i sjøområder rundt Stavangerhalvøya. NIVA-rapport l.nr.3493-96. 127 s.
- Bokn, T., T.M. Johnsen, J. Knutzen, E. Lømsland, F. Moy, K. Nygaard & B. Rygg. 1996b. Resipientundersøkelser i 1995 i sjøområder rundt Stavangerhalvøya. Vedleggsrapport. NIVA-rapport l.nr.3493A-96. 117 s.
- ECGL. 1994. SMS Surface Water Modeling System. RMA2/RMA4 Primer. Hydrodynamic Modeling. Brigham Young Univ., Utah, USA.
- Ervik, A. & J. Aure. 1990. Pp. 32-39 i T.T. Poppe (Red.). *Fiskehelse. Sykdommer, behandling, forebygging*. John Grieg Forlag AS. ISBN 82-533-0254-1. 422 pp.
- Fiskeridirektoratet. 1997. Lønnsomhetsundersøkelse for matfiskanlegg 1996. Rapp. nr. 2/97. Fiskeridirektoratet. 118 s.
- Lie, U., H. Svendsen, S. Kaartvedt, S. Mikki, T.M. Johnsen, D. Aksnes, R.P. Asvall & L.G. Golmen. 1992. Vannkraft og fjorder. Fysiske og biologiske konsekvenser av Ulla-Førre utbyggingen. Rapp. nr. 4/92, SMR, Universitetet i Bergen. 89 s.
- Molvær, J. (Red.). 1997. Kyststrekningen Jomfruland-Stad. Vurdering av eutrofitilstand. Rapp. nr. 2, SFTs ekspertgruppe for vurdering av eutroforhold i fjorder og kystfarvann. SFT/NIVA. 129 s.
- 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-nr. 1467/1997.
- Nygaard, E. 1997a. Strømmålinger ved Herøy, Kobbavik, Langavik og Vindsvik i Ryfylke. NIVA-rapport l.nr. 3684-97. 40 s.
- Nygaard, E. 1997b. Strømmålinger ved Langavik på Ombo i juli-august 1997. NIVA-notat nr. 97/06. 14 s.

- Nygaard, E. 1997c. Strømmålinger ved Lindvik, Fossaa, Kleppholmen og Djupvik i Ryfylke. NIVA-rapport l.nr. 3671-97. 40 s.
- Nygaard, E., & L.G. Golmen. 1997. Strømforhold på oppdrettslokaliteter i relasjon til topografi og miljø. NIVA-rapport l.nr. 3709-97. 58 s.
- Olsen, Y., & A. Jensen. 1989. Status for NTNFs program for eutrofieringsforskning. Programmets relevans til forskning og forvaltning i forbindelse med marin eutrofiering. ISBN 82-72224-299-0.
- Parsons, T.R., M. Takahashi & B. Hargrave. 1977. *Biological oceanographic processes*. 2nd Ed. Pergamon International Library, Oxford. 332 pp.
- Stigebrandt, A. 1986. Modellberäkningar av en fiskodlings miljöbelastning. NIVA-rapport l.nr. 1823. 28 s.
- Svendsen, H. 1977. Fysisk-oseanografisk undersøkelse i Ryfylkefjordene 1972-1975. Rådgivende utvalg for fjordundersøkelser. Rapp. nr. 2, Tekstbind, Universitetet i Bergen. 81 s.
- Tjomsland, T., & B. Braaten. 1996. Tilførsler av næringsstoffer til kysten mellom svenskegrensen og Stad. NIVA-rapport l.nr. 3548-96. 39 s.

## Vedlegg A.

## Fullstendige resultater for bunnfauna - Langavika

0.1 m2 van Veen bunngrabb

Dato		11.april.1997				12.oktober.1997		
Stasjon - prøve (Langavik)		3.1-1	3.1-2	3.2-1	3.2-2	3.1	3.2-1	3.2-2
Areal, m2		0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
<b>PORIFERA</b>	Porifera indet	1		3	1			
<b>HYDROZOA</b>	Abietinaria abietina						1	
<b>ANTHOZOA</b>	Anthozoa indet				2			
	Cnidaria indet	1						
	Cerianthus lloydi Gosse				1			
<b>NEMERTINEA</b>	Nemertinea indet	31	59	8	77		5	17
<b>NEMATODA</b>	Nematoda indet					20		5
<b>POLYCHAETA</b>	Paramphinome jeffreysii (McIntosh 1868)	8	13	18	11		15	70
	Aphrodita aculeata Linne 1758						1	
	Harmothoe sp		1		1	4		
	Malmgreniella castanea (McIntosh, 1876)					1		
	Malmgreniella mcintoshii (Tebble & Chambers, 1982)					3		
	Neoleanira tetragona (Oersted 1844)						1	1
	Pholoe pallida Chambers 1985	1	6					
	Pholoe sp	3	2			6	2	7
	Pisione sp						1	
	Eulalia mustela Pleijel						1	
	Pseudomystides limbata							1
	Nereimyra punctata (O.F.Mueller 1788)			1		3		2
	Ophiodromus flexuosus (Delle Chiaje 1822)	1						
	Exogone verugera (Claparede 1868)		14	1	3	3	1	6
	Ceratocephale loveni Malmgren 1867	1	1		1			
	Nephtys hystrix McIntosh 1900	1	3		2			
	Nephtys paradoxa Malm 1874		1					
	Nephtys sp				1		1	
	Glycera lapidum (Eliason 1920)			2		8	2	
	Glycinde nordmanni (Malmgren 1865)		1					
	Paradiopatra fiordica (Fauchald 1974)	1	1				1	
	Paradiopatra quadricuspis (M. Sars, 1872)	1	1					
	Abyssoninoe hibernica (McIntosh, 1903)	6	10				9	4
	Augenaria tentaculata Monro 1930	1	6	6	4		4	7
	Lumbrineris aniana Fauchald 1974		2				1	
	Lumbrineris gracilis (Ehlers 1868)	1	5			1	4	6
	Dorvilleidae indet							3
	Protodorvillea sp			1			1	
	Apistobranchus tullbergi (Theel 1879)	1	1					
	Aricidea albatrossae Pettibone 1957					4		1
	Aricidea catherinae Laubier 1967	4	2				4	5
	Aricidea simonae Laubier & Ramos 1974							1
	Cirrophorus furcatus					1		
	Levinsenia gracilis (Tauber 1879)	4	4				5	7
	Paradoneis lyra (Southern 1914)	5	6	4	1	11	1	12

	Prionospio cirrifera Wiren 1883	1		2		1	1
	Prionospio dubia Maciolek 1985	2		2			
	Prionospio multifibranchiata Berkeley 1927					2	
	Prionospio steenstrupi Malmgren 1867	1					
	Pseudopolydora paucibranchiata Czerniaavsky	1	4	2		8	44
	Scolecopsis korsuni Sikorski, 1994					2	
	Spiophanes kroeyeri Grube 1860	3	3	5	7	10	9
	Spiophanes urceolata Imajima, 1991				1	1	
	Aphelochaeta sp	5	8	1	4	4	5
	Chaetozone setosa Malmgren 1867					7	3
	Cirratulidae indet		2				5
	Cirratulus cirratus (O.F.Mueller 1776)					1	
	Tharyx killariensis		1	3			
	Brada villosa (Rathke 1843)	1			1		
	Diplocirrus glaucus (Malmgren 1867)	8	4	2	3	1	6
	Lipobranchus jeffreysii						1
	Scalibregma inflatum Rathke 1843	1				3	1
	Ophelina acuminata Oersted 1843		1		1		3
	Ophelina modesta Stoep-Bowitz 1958	2			1		10
	Heteromastus filiformis (Claparede 1864)			1	10		1
	Mediomastus fragilis Rasmussen 1973	4	4		3	2	1
	Notomastus latericeus Sars 1851					2	
	Clymenura borealis (Arwidsson 1906)		1				
	Euclymeninae indet		2		1		1
	Praxillura longissima Arwidsson 1906	1				1	6
	Rhodine lovéni Malmgren 1865			1	1		
	Myriochele oculata Zaks 1922	1					1
	Owenia fusiformis Delle Chiaje 1841	1				2	
	Pectinaria auricoma (O.F.Mueller 1776)				1		
	Pectinaria koreni Malmgren 1865	1				1	1
	Amage auricula Malmgren 1865	1	1		2		2
	Ampharete falcata Eliason 1955					1	2
	Ampharete lindstroemi Malmgren 1867					1	
	Ampharetidae indet	32	99	1	6	156	90
	Eclysippe vanelli (Fauvel 1936)	4	21	1		29	14
	Melinna cristata (M.Sars 1851)	2					6
	Sosane gracilis (Malmgren 1865)						2
	Sosanopsis wireni Hessle 1917	2	5		3	26	9
	Pista cristata (O.F.Mueller 1776)	2					1
	Polycirrus norvegicus (Wollebaek 1912)					5	
	Terebellides stroemi M.Sars 1835	1	4	2	11	2	1
	Trichobranchus roseus (Malm 1874)	1	1	1		1	
	Chone sp		3			1	6
	Euchone southerni		1		1		4
	Euchone sp		5	1			4
	Jasmineira candela (Grube 1863)	1	1				3
	Jasmineira caudata Langerhans 1880					1	
<b>OLIGOCHAETA</b>	Oligochaeta indet	1			6		1
<b>PROSOBRANCHIA</b>	Lunatia montagui (Forbes)						1
	Eulima stenostoma Jeffreys	1					
	Lepeta fulva (Mueller)					1	
<b>OPISTHOBANCHIA</b>	Philina scabra (O.F.Mueller 1776)	1			1		

<b>POLYPLACOPHORA</b>	Polyplacophora indet					11	1	
<b>CAUDOFOVEATA</b>	Caudofoveata indet	1	2	1	4		7	9
	Chaetoderma nitidulum Loven 1845	2	2					
<b>BIVALVIA</b>	Nucula tumidula (Malm)	2	4		3		5	
	Nucula turgida Leckenby & marshall	2	7		3			
	Yoldiella lucida (Loven 1846)				1			
	Yoldiella tomlini Winckworth 1932	1			1		2	1
	Bathyarca pectunculoides (Scacchi 1836)		1				1	
	Thyasira croulinensis (Jeffreys)		1				3	1
	Thyasira equalis (Verrill & Bush)	3	6	1	2		3	6
	Thyasira ferruginea (Forbes)	11	25	2	2	1	18	4
	Thyasira obsoleta (Verrill & Bush)	1		1	1		1	
	Thyasira pygmaea (Verrill & Bush)				3		1	
	Montacuta tenella Loven				1			
	Astarte elliptica Brown 1827					1	1	1
	Parvicardium minimum (Philippi 1836)		1				1	
	Kelliella miliaris (Philippi 1844)			4	16		1	
	Cuspidaria obesa (Loven 1846)	1						1
	Tropidomya abbreviata (Forbes 1843)		1					
<b>SCAPHOPODA</b>	Scaphopoda indet						4	1
	Dentalium entale Linne		1		1			2
	Entalina quinquangularis (Forbes)	1			9			
<b>CUMACEA</b>	Eudorella truncatula Sp.Bate						1	4
	Diastylis cornuta Boeck		3				3	3
	Diastylis rostrata Sars							1
	Diastylis sp		2					
<b>TANAIDACEA</b>	Tanaidacea indet		1	1	1		3	
<b>ISOPODA</b>	Desmosomatidae indet						1	
	Eurycope cornuta G.O.Sars				2			
<b>AMPHIPODA</b>	Hyperiididae indet	1						
	Normania quadrimanus (Bate&Westwood)					3		
	Tryphosites longipes (Bate & Westwood 1861)						3	
	Stenothoe marina (Sp.Bate)						1	
	Cheirocratus sp					1	1	
	Eriopisa elongata Bruzelius	4	8	2			15	10
	Haliceion longicaudatus Boeck					1		
	Monoculodes sp	1					2	
<b>DECAPODA</b>	Caridea indet						1	
	Calocaris macandreae Bell 1846	2	1		1		2	2
<b>SIPUNCULIDA</b>	Golfingia sp				2			2
	Onchnesoma steenstrupi Koren & Danielssen 1876	2	2	11	6		3	2
	Phascolion strombi (Montagu 1804)						1	1
	Sipunculida indet			1				
<b>ASTEROIDEA</b>	Asteroidea indet						1	
<b>OPHIUROIDEA</b>	Ophiuroidea indet						1	
	Amphiura chiajei Forbes		1					
	Amphilepis norvegica Ljungman	4	6		2	1		2
	Ophiura sp		2		1	1	2	5
<b>ECHINOIDEA</b>	Regularia indet						1	1
	Echinocardium flavescens (O.F.Mueller)					3		
	Echinocardium sp				1		3	
<b>HOLOTHUROIDEA</b>	Labidoplax buski (McIntosh)						2	1



## Vedlegg B.

Resultater fra kjøring av modellen Fiskmeny.

NIVA  
Postboks 333 - Blindern  
0314 OSLO 3

**FISKMENY (ver.2.0): Langavik (1200 tonn produksjon), for Nostra**

TABELL 1 FYSISKE DATA FOR LOKALITETEN.

Middelstrøm - langtids sommer	0.03	m/sek
Middelstrøm - tidevann	0.01	m/sek
Typisk saltholdighet (juli-sept)	31.0	o/oo
Typisk vindhastighet (sommer)	3.0	m/sek
Terskeldyp (utenfor anlegget)	100.0	meter
Areal innenfor evt. terskel	30.00	kvadratkilometer
Middeldyp innenfor evt. terskel	200.0	meter
Middeldyp ved anlegget	100.0	meter

TABELL 1B AKTUELLE TEMPERATURER (MÅNEDSMIDDEL) SLETTA.

Jan=	5.6	Apr=	5.3	Jul=	13.7	Okt=	12.0
Feb=	4.4	Mai=	8.0	Aug=	14.7	Nov=	9.5
Mar=	4.3	Jun=	10.8	Sep=	13.9	Des=	7.5

TABELL 2 ANLEGGETS DIMENSJONER.

Volum av mærene (totalt)	100000	kubikkmeter
Lengde (vinkelrett på strømretning)	450	meter
Mærenes dyp	20	meter
Fisktetthet (høyeste verdi juli-sept.)	12	kilo/kubikkmeter
Reduksjonsfaktor for gjennomstrømning	0.70	

TABELL 3A FORSAMMENSETNING.

Protein	39.00	prosent
Fett	36.00	prosent
Karbohydrat	12.00	prosent
Aske	8.00	prosent
Energiinnhold (OE - beregnet)	4365	kcal/kg (18275 kJ/kg)

TABELL 3B FORSAMMENSETNING (TILLEGGSOPPLYSNINGER).

Proteinet inneholder:

Nitrogen	14.70	prosent
Fosfor	2.30	prosent
Forets synkehastighet	0.05	m/s

TABELL 4 FISKENS SAMMENSETNING.

Protein	18.00 prosent
Fett	12.00 prosent
Proteinet inneholder:	
Nitrogen	14.70 prosent
Fosfor	2.30 prosent

OBS!

Er den etterfølgende beregnede oksygenkonsentrasjonen lavere enn 5 mg/l, eller er ammoniumkonsentrasjonen høyere enn 0.5 mg/l, bør anleggets dimensjoner eller driftsform vurderes på nytt.

TABELL 5 FORANDRING AV OKSYGEN- OG AMMONIUMKONSENTRASJONER I MÆRENE PÅ GRUNN AV FISKENS RESPIRASJON RESPEKTIVE EKSKRESJON. FISKENS VEKT= 2100 GRAM, TEMPERATUR= 14.7 GRADER C TONNAGEN I MÆRENE ER 1200000 KG.

Basert på	Oksygen inn (mg/l)	Oksygen ut (mg/l)	Ammonium inn (mg/l)	Ammonium ut (mg/l)
Middelstrøm*)	7.95	7.55	0	0.01
Fjordoverflate*)	7.28	6.87	0.00	0.01

\*) OBS! Tabellen gir middelerverdier. Lavere (høyere for ammonium) verdier kan forekomme. På den annen siden er ikke forhøyning av oksygeninnholdet (reduksjon av ammoniumkonsentrasjon) p.g.a. eventuell primærproduksjon i vertsystemet tatt med. Ved en eventuell omdimensjonering: Forsøk å gjør anleggets lengde større (anlegget bør vende så stor flate som mulig mot strømmen).

TABELL 6 UTSLIPP AV OPPLØST NITROGEN OG FOSFOR FRA MÆRENE VED HØYE, MIDLERE OG LAVE TEMPERATURER. TONNAGEN I MÆRENE ER 1200000 KG. \*)

Temperatur ( C)	Nitrogen (kg/døgn)	Fosfor (kg/døgn)
14.7	170.0	26.6
9.5	112.1	17.5
4.3	74.0	11.6

\*) Forutsatt at fisken fores og spiser maksimalt, se Tab.9 og Tab.3. Utslipet kan minskes ved å redusere proteininnholdet i foret.

TABELL 7 SEDIMENTERENDE LATENT OKSYGENFORBRUK (UOD), NITROGEN (N), FOSFOR (P), ASKEFRI TØRRSUBSTANS (T) SAMT ASKE (A) VED HØYESTE, MIDLERE OG LAVESTE TEMPERATUR FOR ULIK GRAD AV OVERFORING. HVIS FORINGEN SKJER IFLG TAB. 9, ER OVERFORINGEN 0 PROSENT. TONNAGEN I MÆRENE ER 1200000 KG (FISKENS VEKT 2.10 KG).

Overforing (prosent)	Temp ( C)	Fra for og ekskrementer				
		kg O2/d	kg T/d	kg A/d	kg P/d	kg N/d
0	14.7	1394	726	607.1	2.04	13.05
25	14.7	5372	2377	758.9	19.06	121.82
50	14.7	9349	4027	910.7	36.08	230.59
0	9.5	920	479	400.5	1.35	8.61
25	9.5	3544	1568	500.6	12.57	80.36
50	9.5	6167	2657	600.7	23.80	152.11
0	4.3	607	316	264.2	0.89	5.68
25	4.3	2338	1034	330.2	8.29	53.01
50	4.3	4068	1753	396.3	15.70	100.35

KOMMENTARER TIL TABELL 7.

Sedimentoverflate= 41000 kvadratmeter markert påvirket av forrester og ekskrementer. I tillegg kommer sedimentasjon over et større område av organisk materiale som plante- og dyreplankton genererer pga utskillelse av oppløst fosfor og nitrogen direkte fra mærene.

Beregningen av oksygenforbruk i dypvannet per tonn fiskproduksjon: Reduksjon av oksygenkonsentrasjon = 0.000 mg/l/pr. tonn fisk. Om det totale årlige forbruk i dypvannet (oksygenreduksjon x årsproduksjon (i tonn) blir større enn 1 mg/l bør oseanografisk ekspertise konsulteres.

TABELL 8 TOTALE UTSLIPP (LØST + FAST STOFF) AV NITROGEN (N) OG FOSFOR (P) FOR ULIKE GRADER AV OVERFORING. FISKENS VEKT= 2100 GRAM. UTSLIPPET ER UTTRYKT I KILO NITROGEN ELLER FOSFOR PER 1000 KG FISKPRODUKSJON.

Overforing (prosent)	Løst		Fast		Totalt utslipp	
	N (kg)	P (kg)	N (kg)	P (kg)	N (kg)	P (kg)
0	17.8	2.79	1.37	0.21	19.22	3.01
25	17.8	2.79	12.79	2.00	30.63	4.79
75	17.8	2.79	35.63	5.57	53.47	8.37
100	17.8	2.79	47.05	7.36	64.89	10.15

NIVA  
Postboks 333 - Blindern  
0314 OSLO 3

**FISKMENY (ver.2.0): Langavik (2000 tonn årlig produksjon), for Nostra**

TABELL 1 FYSISKE DATA FOR LOKALITETEN.

Middelstrøm - langtids sommer	0.03	m/sek
Middelstrøm - tidevann	0.01	m/sek
Typisk saltholdighet (juli-sept)	31.0	o/oo
Typisk vindhastighet (sommer)	3.0	m/sek
Terskeldyp (utenfor anlegget)	100.0	meter
Areal innenfor evt. terskel	30.00	kvadratkilometer
Middeldyp innenfor evt. terskel	200.0	meter
Middeldyp ved anlegget	100.0	meter

TABELL 1B AKTUELLE TEMPERATURER (MÅNEDSMIDDEL) SLETTA.

Jan=	5.6	Apr=	5.3	Jul=	13.7	Okt=	12.0
Feb=	4.4	Mai=	8.0	Aug=	14.7	Nov=	9.5
Mar=	4.3	Jun=	10.8	Sep=	13.9	Des=	7.5

TABELL 2 ANLEGGETS DIMENSJONER.

Volum av mærene (totalt)	100000	kubikkmeter
Lengde (vinkelrett på strømretning)	450	meter
Mærenes dyp	20	meter
Fisktetthet (høyeste verdi juli-sept.)	20	kilo/kubikkmeter
Reduksjonsfaktor for gjennomstrømming	0.70	

TABELL 3A FORSAMMENSETNING.

Protein	39.00	prosent
Fett	36.00	prosent
Karbohydrat	12.00	prosent
Aske	8.00	prosent
Energiinnhold (OE - beregnet)	4365	kcal/kg (18275 kJ/kg)

TABELL 3B FORSAMMENSETNING (TILLEGGSOPPLYSNINGER).

Proteinet inneholder:

Nitrogen	14.70	prosent
Fosfor	2.30	prosent
Forets synkehastighet	0.05	m/s

TABELL 4 FISKENS SAMMENSETNING.

Protein	18.00 prosent
Fett	12.00 prosent
Proteinet inneholder:	
Nitrogen	14.70 prosent
Fosfor	2.30 prosent

OBS!

Er den etterfølgende beregnede oksygenkonsentrasjonen lavere enn 5 mg/l, eller er ammoniumkonsentrasjonen høyere enn 0.5 mg/l, bør anleggets dimensjoner eller driftsform vurderes på nytt.

TABELL 5 FORANDRING AV OKSYGEN- OG AMMONIUMKONSENTRASJONER I MÆRENE PÅ GRUNN AV FISKENS RESPIRASJON RESPEKTIVE EKSKRESJON. FISKENS VEKT= 2100 GRAM, TEMPERATUR= 14.7 GRADER C TONNAGEN I MÆRENE ER 2000000 KG.

Basert på	Oksygen inn (mg/l)	Oksygen ut (mg/l)	Ammonium inn (mg/l)	Ammonium ut (mg/l)
Middelstrøm*)	7.95	7.28	0	0.02
Fjordoverflate*)	6.83	6.15	0.00	0.02

\*) OBS! Tabellen gir middelerverdier. Lavere (høyere for ammonium) verdier kan forekomme. På den annen siden er ikke forhøyning av oksygeninnholdet (reduksjon av ammoniumkonsentrasjon) p.g.a. eventuell primærproduksjon i vertssystemet tatt med. Ved en eventuell omdimensjonering: Forsøk å gjør anleggets lengde større (anlegget bør vende så stor flate som mulig mot strømmen).

TABELL 6 UTSLIPP AV OPPLØST NITROGEN OG FOSFOR FRA MÆRENE VED HØYE, MIDLERE OG LAVE TEMPERATURER. TONNAGEN I MÆRENE ER 2000000 KG. \*)

Temperatur ( C)	Nitrogen (kg/døgn)	Fosfor (kg/døgn)
14.7	283.3	44.3
9.5	186.9	29.2
4.3	123.3	19.3

\*) Forutsatt at fisken fores og spiser maksimalt, se Tab.9 og Tab.3. Utslipet kan minskes ved å redusere proteininnholdet i foret.

TABELL 7 SEDIMENTERENDE LATENT OKSYGENFORBRUK (UOD), NITROGEN (N), FOSFOR (P), ASKEFRI TØRRSUBSTANS (T) SAMT ASKE (A) VED HØYESTE, MIDLERE OG LAVESTE TEMPERATUR FOR ULIK GRAD AV OVERFORING. HVIS FORINGEN SKJER IFLG TAB. 9, ER OVERFORINGEN 0 PROSENT. TONNAGEN I MÆRENE ER 2000000 KG (FISKENS VEKT 2.10 KG).

Overforing (prosent)	Temp ( C)	Fra for og ekskrementer				
		kg O2/d	kg T/d	kg A/d	kg P/d	kg N/d
0	14.7	2324	1210	1011.8	3.40	21.75
25	14.7	8953	3961	1264.8	31.77	203.03
50	14.7	15582	6712	1517.8	60.13	384.31
0	9.5	1533	798	667.5	2.25	14.35
25	9.5	5906	2613	834.4	20.96	133.94
50	9.5	10279	4428	1001.2	39.67	253.52
0	4.3	1011	527	440.3	1.48	9.47
25	4.3	3896	1724	550.4	13.82	88.35
50	4.3	6781	2921	660.5	26.17	167.24

KOMMENTARER TIL TABELL 7.

Sedimentoverflate= 41000 kvadratmeter markert påvirket av forrester og ekskrementer. I tillegg kommer sedimentasjon over et større område av organisk materiale som plante- og dyreplankton genererer pga utskillelse av oppløst fosfor og nitrogen direkte fra mærene.

Beregningen av oksygenforbruk i dypvannet per tonn fiskproduksjon: Reduksjon av oksygenkonsentrasjon = 0.000 mg/l/pr. tonn fisk. Om det totale årlige forbruk i dypvannet (oksygenreduksjon x årsproduksjon (i tonn) blir større enn 1 mg/l bør oseanografisk ekspertise konsulteres.

TABELL 8 TOTALE UTSLIPP (LØST + FAST STOFF) AV NITROGEN (N) OG FOSFOR (P) FOR ULIKE GRADER AV OVERFORING. FISKENS VEKT= 2100 GRAM. UTSLIPPET ER UTTRYKT I KILO NITROGEN ELLER FOSFOR PER 1000 KG FISKPRODUKSJON.

Overforing (prosent)	Løst		Fast		Totalt utslipp	
	N (kg)	P (kg)	N (kg)	P (kg)	N (kg)	P (kg)
0	17.8	2.79	1.37	0.21	19.22	3.01
25	17.8	2.79	12.79	2.00	30.63	4.79
75	17.8	2.79	35.63	5.57	53.47	8.37
100	17.8	2.79	47.05	7.36	64.89	10.15

**Norsk institutt for vannforskning**

Postboks 173 Kjelsås  
0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00  
Telefax: 22 18 52 00

Ved bestilling av rapporten,  
oppgi løpenummer 3794-98

ISBN 82-577-3369-5