

RAPPORT LNR 3842-99

Resipientundersøkelse
ved lokaliteten
Øygarðsvik i Tysvær
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 RESIPIENTUNDERSØKELSE VED LOKALITETEN ØYGARDSVIK I TYSVÆR KOMMUNE	Løpenr. (for bestilling) 3842-99	Dato 11.06.99
	Prosjektnr. Underr. O-97052	Sider Pris 30
Forfatter(e) Evy R. Lømsland Torbjørn M. Johnsen Eivind Oug Brage Rygg	Fagområde Akvakultur	Distribusjon
	Geografisk område Rogaland	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Hydro Seafood Rogaland a.s	Oppdragsreferanse Nils Viga
--	--------------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Ved oppdrettslokaliteten Øygardsvik i Tysvær kommune har det vært gjennomført miljøundersøkelser med analyser av vannsøyle og bunn. De kjemiske analysene av vannmassene viste at øvre del av vannsøylen særlig i sommermånedene tilføres organisk materiale. Flekkvise forekomster av svært høye nitrogenkonsentrasjoner ble også registrert om sommeren. Oksygenkonsentrasjonen i dypvannet var tilfredsstillende. Normalisert verdi for totalt organisk karbon i sedimentet lå i tilstandsklasse I ("Meget god") i henhold til SFTs klassifiseringssystem. Sedimentet tilføres organisk materiale fra oppdrettsvirksomheten, men materialet oppkonsentreres ikke på bunnen. Bunnnyranalysene viste organisk stimulering, men høy artsdiversitet og således gode forhold. Modellberegninger viser at oksygenforholdene på lokaliteten er gode, men i kortere perioder kan oksygenkonsentrasjonen bli noe lav i merden som ligger i strømskyggen.</p>

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tysvær kommune 2. Sjøresipient 3. Miljøundersøkelse 4. Akvakultur 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tysvær municipality 2. Marine recipient 3. Environmental investigation 4. Aquaculture
--	--


Evy Rigmor Lømsland
Prosjektleder


Kari Nygaard
Forskningsleder


Bjørn Braaten
Forskningssjef

RESIPIENTUNDERSØKELSE VED
LOKALITETEN ØYGARDSVIK
I
TYSVÆR KOMMUNE

Prosjektleder: Evy R. Lømsland
Medarbeidere: Lars G. Golmen
Unni Efraimsen
Torbjørn M. Johnsen
Einar Nygaard
Eivind Oug
Brage Rygg
Pirkko Rygg
Lise Tveiten

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*. Unni Efraimsen har gjort kornfordelingsanalysene. *Lise Tveiten* har sortert bunnfaunaprøvene som er identifisert og kvantifisert av *Brage Rygg*, *Pirkko Rygg* og *Eivind Oug*. Ansvarlige for tallbehandling, vurdering og rapportering av bløtbunnsfauna har vært *Brage Rygg* og *Eivind Oug*. *Evy R. Lømsland* som har vært prosjektleder, har vært ansvarlig for den resterende del av rapporteringen.

Rapporten er kvalitetssikret av Bjørn Braaten.

Bergen, 11. juni 1999

Evy Rigmor Lømsland

Innhold

Sammendrag	5
1. INNLEDNING	6
2. MATERIALE OG METODER	7
2.1 Lokalitetsbeskrivelse og stasjoner	7
2.2 Metodikk	7
2.2.1 Hydrografi/Vannkjemi	7
2.2.2 Bunnprøver	9
3. RESULTATER	10
3.1 Hydrografi	10
3.2 Vannkjemi	12
3.3 Sedimentkjemi	14
3.4 Bunnnyrsamfunn	16
4. Kapasitetsberegninger	19
4.1 Vurdering av egnethet for framtidig produksjon av 2.000 tonn fisk pr. år	19
4.1.1 Tilstand på bunnen	19
4.1.2 Tilstanden i sjøen	19
4.1.3 Vannutskiftning, stagnasjonsperioder	20
4.2 Forventet framtidig belastning	20
4.3 Driftsfaktorer	21
4.3.1 Oksygen	21
4.3.2 Ammonium	22
5. KONKLUSJONER	23
6. REFERANSER	24
Vedlegg A.	25
Vedlegg B.	28

Sammendrag

Undersøkelser av vannkvalitet, sediment og bunnfauna har i 1997 vært undersøkt ved oppdrettslokaliteten Øygardsvik i Tysvær kommune.

Analyser av totalt fosfor, fosfat, totalt nitrogen og totalt organisk karbon ble gjort på fire ulike dyp til fire forskjellige tidspunkt på året. Resultatene viste at organisk materiale tilføres vannmassene særlig i sommermånedene. Flekkvise svært høye konsentrasjoner av nitrogen (Tot-N) ble registrert om sommeren og de fleste registreringene forekom på stasjonen nærmest oppdrettsanlegget. Utover dette synes næringssaltforholdene ved Øygardsvik å være relativt normale.

Algebiomasse målt som klorofyll a i integrerte vannprøver fra 0 til 10 meter, lå for sommermånedene godt innenfor tilstandsklasse I ("Meget god").

Kjemiske analyser av sedimentet viste at innholdet av normalisert organisk karbon, kobber og sink lå innenfor tilstandsklasse I. Analysene viste imidlertid at sedimentet påvirkes av tilført organisk materiale fra oppdrettsvirksomheten.

Bunndyranalysen viste høy artsdiversitet på begge stasjonene og forholdene kan derfor betegnes som gode. På stasjonen nærmest anlegget var imidlertid alle de dominerende artene arter som begunstiges av eller tåler organisk belastning. Lokaliteten bærer preg av å være utsatt for organisk belastning, men det organiske materialet oppkonsentreres ikke på bunnen. Stasjonen 200 m fra anlegget kan betegnes som en strømpåvirket lokalitet stimulert av organisk tilførsel.

En produksjonen av 2.000 tonn fisk vil medføre årlige utslipp av nitrogen og fosfor på henholdsvis 90 og 19 tonn ved førfaktor 1,06. De døgnlige utslippene fra anlegget kan for perioden med høyest biomasse (antatt 1.500 tonn) komme opp i 555 og 120 kg for henholdsvis nitrogen og fosfor.

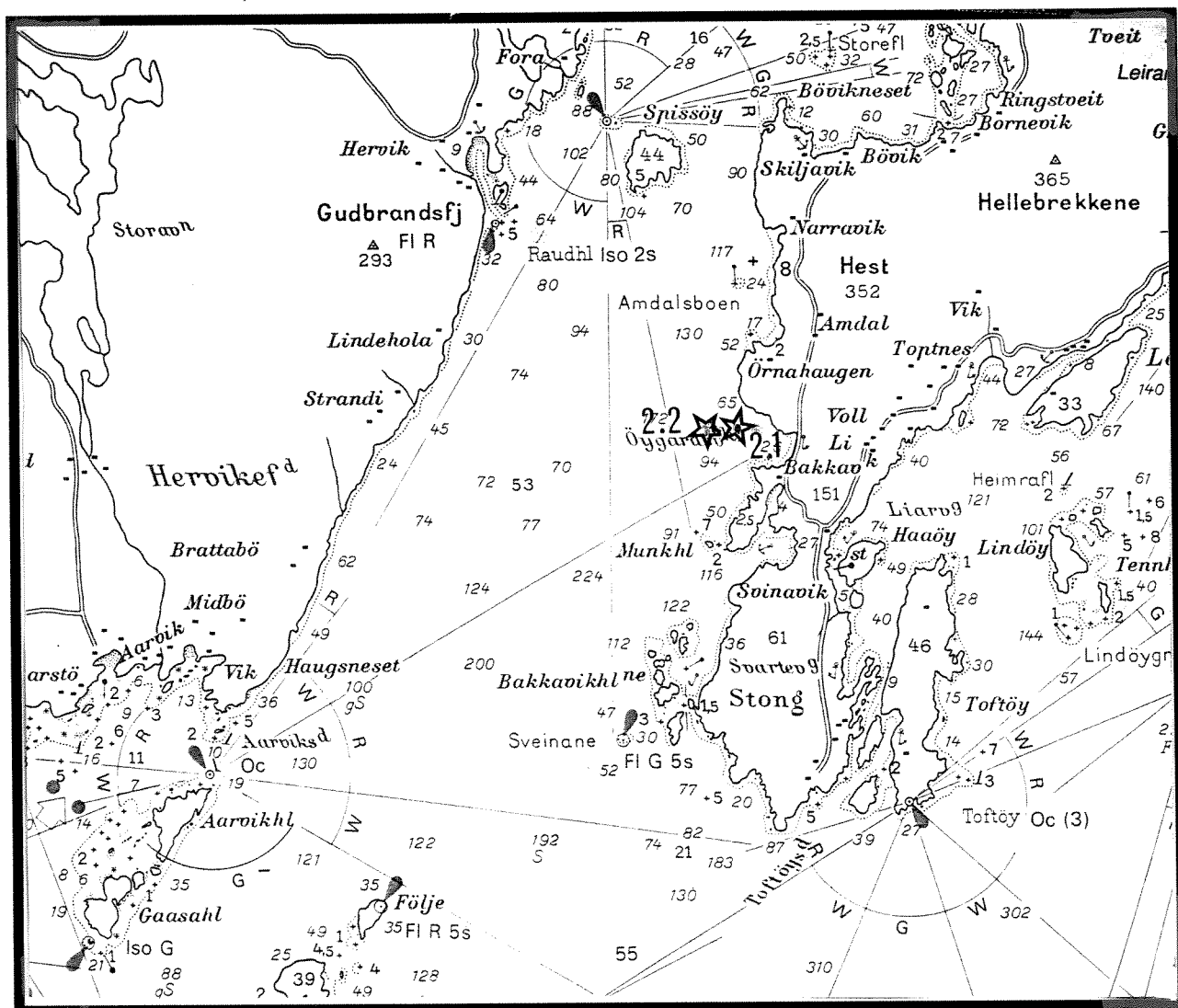
Modellberegninger med bruk av gjennomsnittsstrøm viste at oksygenkonsentrasjonene ikke vil komme under den anbefalte nedre grense på 5 mg O₂/l. Beregningene viste også at ammonium ikke synes å komme opp mot kritiske konsentrasjoner.


1. INNLEDNING

Hydro Seafood Rogaland a.s ønsker å etablere et stort oppdrettsanlegg ($\geq 24.000 \text{ m}^3$) på lokaliteten Øygardsvik i Tysvær kommune (**Figur 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 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^3 .



Figur 1. Kart over innsamlingsområdet. Innsamlingsstasjonene på lokaliteten Øygardsvik er markerte med 

2. MATERIALE OG METODER

2.1 Lokalitetsbeskrivelse og stasjoner

Lokaliteten Øygardsvik ligger i Tysvær kommune på østsiden av Hervikfjorden som munner ut i Boknafjorden (Figur 1). På lokaliteten er dybden ca. 85 meter.

Lokaliteten ligger i et område nord for Boknafjorden som generelt har relativt høy tetthet av oppdrettsanlegg. Området er også noe ferskvannspåvirket.

Det har vært gjennomført innsamling av hydrografiske og vannkjemiske data på to stasjoner (Figur 2) 4 ganger (12. april, 21. juli, 21. august og 11. oktober) i løpet av 1997. Bunnprøver for analyse av bunndyrsamfunn og sedimentkjemi er prøvetatt 1 gang (vår).

Stasjon 1 (St. 2.1) ble lagt midt på eksisterende forankring ca. 200 m fra land (pos. N59°17'30"E05°38'40"). Den andre stasjonen (St. 2.2) ble tatt ca. 200 meter lenger ut i Hervikfjorden.

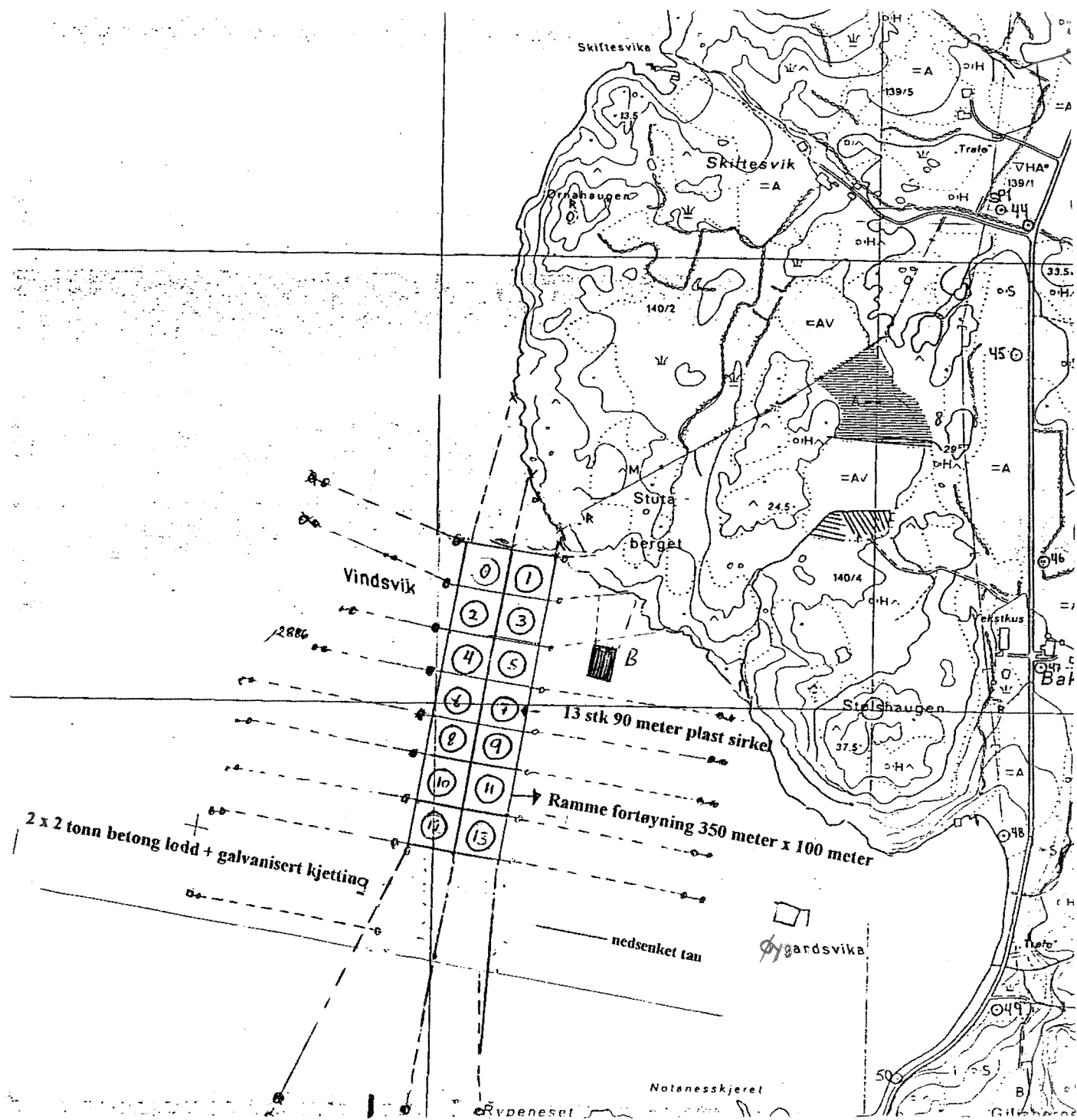
2.2 Metodikk

2.2.1 Hydrografi/Vannkjemi

Hydrografiske målinger (temperatur, saltholdighet 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 (PO₄), totalt nitrogen (Tot-N) og nitrat (NO₃)) og organisk karbon (TOC) ble tatt på 4 dyp (1, 5, 10 og 15 meter) i april, juli, august 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 juli og august. Prøvene ble filtrert på membranfilter og frosset ned for senere analyse i spektrofotometer.



Figur 2. Lokaliteten Øygardsvik med merder inntegnet.

2.2.2 Bunnprøver

Ved bruk av van Veen-grabb ble det tatt 2 grabbhugg på hver stasjon. 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 konserverv 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.

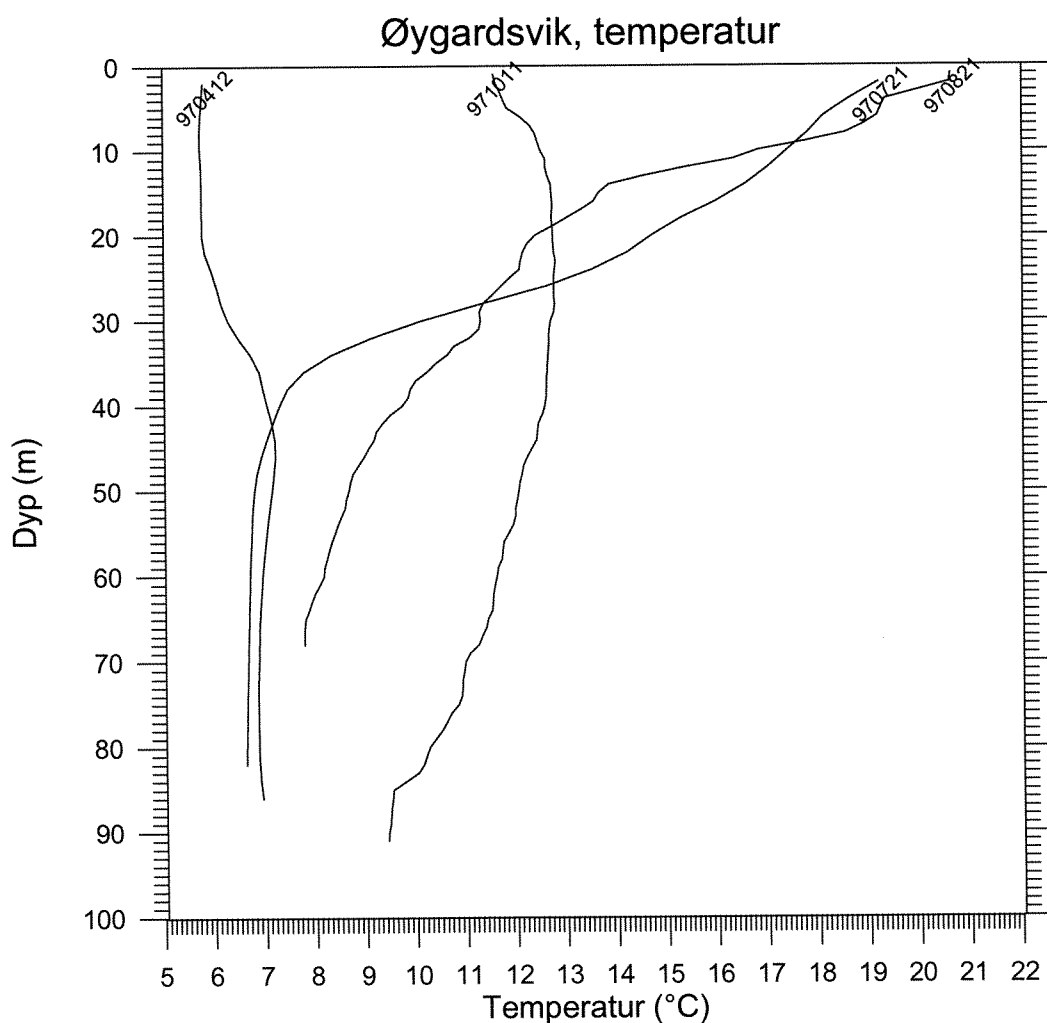
Kapasitetsberegninger

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 O₂/liter.

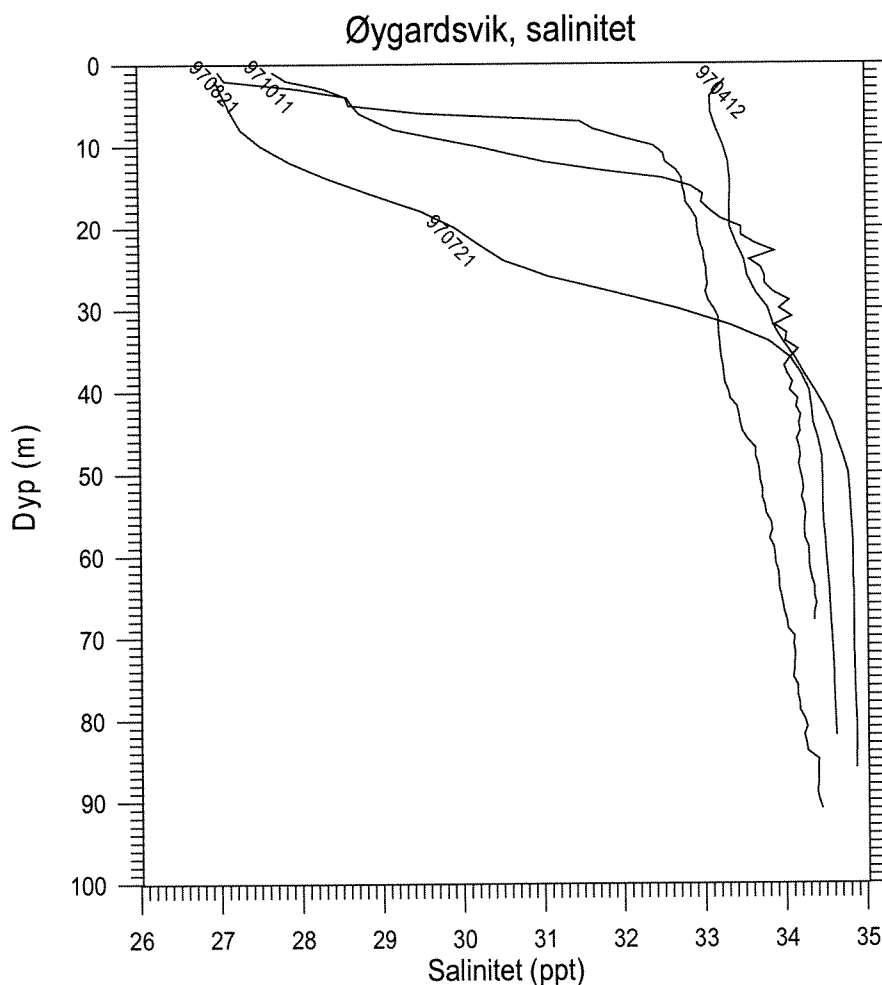
3. RESULTATER

3.1 Hydrografi

Figur 3 og Figur 4 viser temperatur og saltholdighetsprofiler på lokaliteten Øygardsvik. I juli lå sprangsjiktet mellom 10 og 15 meter, mens det i august lå helt nede på 30 m dyp. Om våren og høsten var vannmassene lite temperaturstratifisert. I april hadde oppvarmingen av overflatelaget ennå ikke startet og i oktober var nedkjølingsprosessene av overflatelaget allerede godt i gang.



Figur 3. Temperaturprofiler på lokaliteten Øygardsvik 12. april, 21. juli, 21. august og 11. oktober 1997.



Figur 4. Salinitetsprofiler på lokaliteten Øygardsvik 12. april, 21. juli, 21. august og 11.oktober 1997.

Salinitetsprofilene viser at vannmassene i de øvre 10-30 meterne var klart ferskvannspåvirket om sommeren og høsten. Sterkest ferskvannspåvirkning ble registrert i juli. Om våren var imidlertid ferskvannspåvirkningen liten.

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 målingstidspunktene 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.

Tabell 1. Resultater av oksygenanalyser etter Winklers metode på stasjon 7.1 og 7.2.

Dato	St. 7.1			St. 7.2		
	Dyp (m)	O ₂ (mg/l)	Siktedyp (m)	Dyp (m)	O ₂ (mg/l)	Siktedyp (m)
12.04.97	82	9,62	8	90	9,90	8
11.10.97	75	7,94	7	85	7,93	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 næringsstofforråd ikke er forbrukt.

Innsamlingen i oktober ble foretatt i en periode der nedkjølingsprosessen, som er et vanlig høstfenomen, hadde brutt ned temperaturstratifiseringen fra sommermånedene. Denne prosessen fører til omrøring av vannmassene og medvirker til at næring tilføres øvre del av vannsøylen fra dypere vannlag. Klorofyllverdiene fra Øygardsvik, som lå innenfor grensen til tilstandsklasse I - "Meget god", var relativt høye i forhold til en normal sommersituasjon noe som tyder på at næring har blitt tilført det øvre vannlaget på senhøsten.

Næringsstoffverdiene i april var høye både for totalt fosfor, fosfat og nitrat. Høye verdier av både fosfat og nitrat tyder på at vinterforrådet av næringsstoffer ikke har blitt forbrukt eller at næringsrikt dypvann har blitt tilført de øvre vannlaget. Dersom SFTs vinterkriterier legges til grunn, kan forholdene i april karakteriseres som "Meget gode". Både næringsstoffverdiene og planteplanktonforekomstene i oktober indikerer tilførsel av næringsrikt dypvann og forholdene kan ut fra SFTs vinterkriterier karakteriseres som "Meget gode".

Sommerverdiene av totalt fosfor, fosfat og nitrat kvalifiserte til tilstandsklasse 1 – "Meget god" – ut fra SFTs sommerkriterier. Verdiene for totalt nitrogen som stort sett i hele innsamlingsperioden lå innenfor tilstandsklasse 1, var på enkelte dyp i sommerperioden svært høye og kvalifiserte til karakteristikken "Dårlig/Meget dårlig". Verdiene indikerer en flekkvis fordeling av nitrogenholdig materiale i sommerperioden.

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 nitrogentilgangen er vekstbegrensende sett fra planteplanktonets behov. Resultatene viste at forholdet generelt lå lavere enn 7,2. I oktober forekom imidlertid fosfat i underskudd i forhold til nitrat. Underskudd på fosfat er vanlig i uforurensede ferskvannspåvirkede områder. Salinitetsprofilene gir imidlertid ingen holdepunkter for at ferskvannstilførselen var større i oktober enn i juli og august, snarere tvert imot.

Tabell 2. Resultater av næringssaltanalyser og totalt organisk karbon i vannmassene.

Stasjon	Dato	Dyp (m)	Tot-P (µg/l)	PO ₄ (µg/l)	Tot-N (µg/l)	NO ₃ (µg/l)	NO ₃ /PO ₄	TOC (mg/l)	Tot. N/P	Klf.a. (µg/l)
St. 7.1 (ved anlegget)	11.04.97	1	17	11	175	66	6,0	1,3	10,3	
		5	22	12	185	66	5,5	1,6	8,4	
		10	22	15	190	71	4,7	1,8	8,6	
		15	19	13	195	73	5,6	1,9	10,3	
St. 7.2 (sørvest for anlegget)		1	19	12	175	66	5,5	1,8	9,2	
		5	18	11	170	66	6,0	2,8	9,4	
		10	17	11	175	75	6,8	1,5	10,3	
		15	20	14	195	75	5,4	1,5	9,8	
St. 7.1 (ved anlegget)	21.07.97	1	7	<1	150	2	-	2,7	21,4	0,37
		5	6	<1	625	2	-	3,4	104	
		10	6	<1	147	2	-	2,9	24,5	
		15	6	<1	525	2	-	2,4	87,5	
St. 7.2 (sørvest for anlegget)		1	7	1	160	2	2,0	2,4	22,9	0,31
		5	6	<1	155	2	-	2,6	25,8	
		10	6	<1	146	2	-	2,7	24,3	
		15	7	<1	825	2	-	2,7	118	
St. 7.1 (ved anlegget)	21.08.97	1	9	2	235	4	2,0	3,0	26,1	0,47
		5	8	2	525	4	2,0	3,5	65,6	
		10	6	2	180	4	2,0	3,0	30,0	
		15	11	3	130	4	1,3	2,6	11,8	
St. 7.2 (sørvest for anlegget)		1	12	5	150	4	0,8	3,2	12,5	0,63
		5	7	2	150	4	2,0	2,6	21,4	
		10	9	2	150	4	2,0	2,4	16,7	
		15	9	3	143	4	1,3	2,5	15,9	
St. 7.1 (ved anlegget)	11.10.97	1	8	3	210	29	9,7	1,9	26,3	1,19
		5	9	3	190	29	9,7	1,7	21,1	
		10	15	9	160	27	3,0	1,5	10,7	
		15	16	10	149	28	2,8	1,6	9,3	
St. 7.2 (sørvest for anlegget)		1	7	2	165	29	14,5	1,7	23,6	1,40
		5	8	3	165	29	9,7	1,7	20,6	
		10	9	5	141	27	5,4	1,5	15,7	
		15	9	4	175	25	6,3	1,6	19,4	

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.

Verdiene for totalt organisk karbon (TOC) i vannmassene varierer normalt innenfor et område mellom 0,4 og 2 mg C/l (Parsons et al. 1977). I sommersesongen lå verdiene generelt over øvre grenseverdi med en variasjon mellom 2,4-3,5 mg/l, mens verdiene i april og oktober generelt lå under 2 mg C/l. Resultatene indikerer en viss tilførsel av organisk karbon til området, særlig om sommeren.

Klorofyll a-verdiene fra sommersituasjonen (juli og august) var lave og godt innenfor grensen for tilstandsklasse I ("Meget god").

3.3 Sedimentkjemi

Tabell 3 og **Tabell 5** viser innhold av organisk materiale og prosentvis andel av finfraksjon i sedimentets øvre 2 centimeter og pH i sedimentets porevann på 1 cm sedimentdyp.

Verdiene for organisk materiale i form av glødetap var svært lave på begge stasjonene (jfr. **Tabell 4**).

Etter SFTs klassifiseringssystem (Molvær et al. 1997) ligger verdiene for normalisert organisk karbon innenfor tilstandsklasse I ("Meget god") på begge stasjonene. Totalt organisk nitrogen og fosfor inngår ikke i SFTs klassifiseringssystem. Analyseresultatene viste imidlertid lavt nitrogeninnhold i sedimentet (<1,0 mg N/g), mens fosforinnholdet var 1,1 og 0,62 mg P/g sediment på henholdsvis stasjon 7.1 og 7.2 og viser således avtagende verdi med økende avstand fra anlegget.

I fiskefôr er fosforinnholdet normalt 1,0-1,4%, mens fisk inneholder ca. 0,4% fosfor (Ervik & Aure 1990). Det vil si at fisk ikke er i stand til å nyttiggjøre seg alt fosforet i fôret. Hele 85% av overskuddsfosforet blir tilført miljøet i form av spillfôr og fekalier som faller til bunns og påvirker bunnsedimentet. Nitrogenutslippene skjer derimot hovedsaklig i oppløst form. Forholdet mellom fosfor og nitrogen i sedimentet vil dermed kunne gi gode indikasjoner på om et sediment påvirkes av oppdrettsvirksomhet.

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 planteplanktonet 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

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

Stasjon	Dyp (m)	Total gløderest (g/kg)	% glødetap/organisk materiale	<63 µm (%)	pH
St. 7.1	84	978	2,2	43,1	6,4
St. 7.2	95	976	2,4	42,2	6,6

Tabell 4. Klassifiseringskala 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

Tabell 5. Resultater av sedimentanalyser.

Stasjon	Dyp (m)	TN (mg/g)	Tot-P (mg/g)	TOC (mg/g)	Norm TOC (mg/g)	C/N	N/P	P/C	Cu (µg/g)	Zn (µg/g)
St. 7.1	80	<1,0	1,10	8,2	18,4	>8,2	<0,9	0,13	7,2	36,1
St. 7.2	150	<1,0	0,62	5,3	15,7	>5,3	<1,6	0,12	4,0	30,9

større andel av det tilgjengelige fosforet enn karbon og har derfor et høyere P/C-forhold enn planteplankton.

Lavt innhold av organisk nitrogen i sedimentet gjør det vanskelig å bedømme C/N-forholdet i prøvene. N/P-forholdet er imidlertid lavt og tyder på en opphopning av fosfor i sedimentet på begge stasjonene. Et forholdsmessig høyt fosforinnhold gir også høye forholdstall mellom fosfor og karbon på begge stasjonene. Selv om det organiske innholdet i sedimentet på de to stasjonene er lavt, kan det imidlertid konkluderes med at de organiske tilførselene til sedimentene i betydelig grad stammer fra oppdrettsanlegget.

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. På begge stasjonene lå imidlertid både kobber- og sinkverdiene (jfr. **Tabell 5**) innenfor tilstandsklasse I ("Meget god") etter SFTs klassifiseringssystem.

3.4 Bunn dyrsamfunn

Observasjoner under prøvetakning er oppsummert i **Tabell 6**. Oversikt over artsforekomstene er gitt i **Tabell 7**, **Tabell 8** og Vedlegg A.

Stasjon 7.1. I bunnfaunaen var det normalt antall arter, men det var svært høy individtetthet. Alle de dominerende artene er kjent for å bli begunstiget av eller å tolerere organisk belastning (f.eks. børstemarkene *Capitella capitata* og *Chaetozone setosa* og muslingen *Thyasira sarsi*). De høye individtetthetene og artssammensetningen tyder derfor på en lokalitet som anrikes av organiske tilførsler. Artsmangfoldet var normalt, og basert på artsmangfoldet får stasjonen karakteristikken "god tilstand" etter SFTs miljøkvalitetskriterier. Sedimentet hadde lavt organisk innhold, men var noe anrikt av fosfor. Basert på organisk karbon (TOC) får sedimentet karakteristikken "meget god tilstand" etter SFTs kriterier. Prøvene tyder på en lokalitet som er utsatt for en del organisk belastning, men hvor det organisk materiale ikke oppkonsentreres på bunnen.

Stasjon 7.2. I bunnfaunaen var det forholdsvis høye artstall og individtettheter. Flere av de dominerende artene er kjent for å tolerere organisk belastning, men i hovedtrekkene må artssammensetningen karakteriseres som normal fjordfauna. Artsmangfold var høyt, og basert på artsmangfoldet får stasjonen karakteristikken "meget god tilstand" etter SFTs miljøkvalitetskriterier. Sedimentet var svært grovt, som indikerer at lokaliteten er strømpåvirket. Bunn sedimentet hadde lavt organisk innhold, men var noe anrikt av fosfor. Basert på organisk karbon (TOC) får sedimentet karakteristikken "meget god tilstand" etter SFTs kriterier. Prøvene indikerer en strømpåvirket lokalitet med gode forhold, men som synes å være noe stimulert av organiske tilførsler.

Tabell 6. Prøvetaking av bunnfauna ved Øygardsvik 12. april 1997. Alle prøvene ble tatt med 0.1 m² van Veen bunngrabb.

Stasjon	Dyp	Antall prøver	Fyll.-grad	Observasjoner	Sikterest (materiale > 1 mm)
St. 7.1	84	2	1/1	Grå fin leire med noe hvitt belegg. Små skjellbiter.	0,5 liter: grov grus og småstein. Litt skallfragmenter. Litt organiske partikler
St. 7.2	95	2	½	Steinet bunn. Grå leire med skjellbiter i prøvene. Mange bomskudd under prøvetakingen.	1,5 liter: grov grus og småstein

Tabell 7. Antall arter, individtall, individtettheter og artsmangfold i prøvene av bunnfauna fra Øygardsvik 12. april 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 ²	H'	E(S ₁₀₀)	AI	Klasse
7.1 ¹⁾	grabb 1	0.1	49	776				
	grabb 2	0.1	50	765				
	sum	0.2	65	1541	7705	3.38	20.3	6.7
7.2 ¹⁾	grabb 1	0.1	54	329				
	grabb 2	0.1	66	527				
	sum	0.2	93	856	4280	4.98	36.0	7.6

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 Øygardsvik 12. april 1997. De ti mest individrike artene på hver stasjon er vist.

Stasjon 7.1

Art	Gruppe	Ind /0,2 m ²
<i>Chaetozone setosa</i>	POLYCHAETA	502
<i>Heteromastus filiformis</i>	POLYCHAETA	408
<i>Capitella capitata</i>	POLYCHAETA	109
<i>Myriochele oculata</i>	POLYCHAETA	107
<i>Prionospio fallax</i>	POLYCHAETA	72
<i>Thyasira sarsi</i>	BIVALVIA	40
<i>Abra nitida</i>	BIVALVIA	40
<i>Nemertinea ind.</i>	NEMERTINEA	20
<i>Praxillella cf. affinis</i>	POLYCHAETA	17
<i>Diplocirrus glaucus</i>	POLYCHAETA	16

Stasjon 7.2

Art	Gruppe	Ind /0,2 m ²
<i>Chaetozone setosa</i>	POLYCHAETA	150
<i>Heteromastus filiformis</i>	POLYCHAETA	94
<i>Eclysippe vanelli</i>	POLYCHAETA	62
<i>Myriochele oculata</i>	POLYCHAETA	51
<i>Pseudopolydora paucibranchiata/sp.</i>	POLYCHAETA	45
<i>Prionospio fallax</i>	POLYCHAETA	37
<i>Nemertinea ind.</i>	NEMERTINEA	35
<i>Amythasides macroglossus</i>	POLYCHAETA	26
<i>Diplocirrus glaucus</i>	POLYCHAETA	24
<i>Paradoneis lyra</i>	POLYCHAETA	23

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 ved oppdrettsanlegget ved Øygardsvik viste at for normert organisk karbon tilfredsstillende sedimentet kravet for klassifisering i tilstandsklasse I ("Meget god") selv om analysene av nitrogen og fosfor i sedimentet viste en viss tilførsel av organisk materiale fra oppdrettsvirksomheten. Analyser av bunndyrfauna viste også at området rundt oppdrettsanlegget tilføres organisk materiale, men belastningen er ikke så stor at det fører til opphopning av organisk materiale på bunnen. Bunnfaunaen inneholdt imidlertid arter som begünstiges av eller er tolerante ovenfor organisk belastning.

Under denne undersøkelsen er det ikke foretatt strømmålinger på lokaliteten, men basert på bunnfaunaprøvene og sedimentets beskaffenhet må lokaliteten betegnes som strømpåvirket.

4.1.2 Tilstanden i sjøen

Næringssaltkonsentrasjonene fra vannprøvene viste at vannmassene ved Øygardsvik for totalt fosfor, fosfat og nitrat tilfredsstillende kriteriene for tilstandsklasse I ("Meget god"). For totalt nitrogen ble det imidlertid målt svært høye konsentrasjoner på 5 meters dyp ved anlegget både i juli og august.

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 imidlertid ikke vintermålinger, og kun målingene fra juli og august faller inn under sommermålinger i henhold til SFTs klassifiseringsnorm. Variasjonene i totalt nitrogen og fosfor fra sommer til vinter i vannmassene ved Øygardsvik kan dermed ikke vurderes. Sommervardiene sørvest for anlegget (stasjon 7,2) lå imidlertid på samme konsentrasjonsnivå som målinger i 1995 viste i vannmassene nord for Stavanger (Bokn et al. 1996), mens verdiene for totalt nitrogen på 5 meters dyp ved anlegget (stasjon 7.1) var som tidligere nevnt meget høye.

En økning av algebiomassen (målt som klorofyll a) i oktober tyder på at vannmassene var blitt tilført næringssalter som hadde resultert i en normal høstoppblomstring av planteplankton.

4.1.3 Vannutskiftning, stagnasjonsperioder

Ved oppdrettsanlegget ved Øygardsvik er det ved denne undersøkelsen ikke gjennomført strømmålinger. Strømretning, middelvei for strømfart, retningsstabilitet, varighet av perioder osv. kan derfor ikke kommenteres for denne lokaliteten. Ut fra observasjoner gjort under prøvetaking av sediment og ut fra bunnfaunaprøvene synes imidlertid lokaliteten å være strømpåvirket.

4.2 Forventet framtidig belastning

Fiskeoppdrett er en av de største bidragsyterne 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 næringssalter bare et lite bidrag til innholdet av næringssalter i vannmassene (Aure & Stigebrandt 1990). I den 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 vestlandsfylkene (Fiskeridirektoratet 1997). For Rogaland og Skagerrak-kysten var middelveidien 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 fórforbruk ("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 1,06 (N. Viga, pers.medd. 1998):

Tilførsler pr. år	Årsproduksjon 1.200 tonn	Årsproduksjon 2.000 tonn
Totalt nitrogen (avrundet)	54 tonn	90 tonn
Totalt fosfor (avrundet)	14 tonn	19 tonn

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 (3 ganger benyttet i beregningene). I perioden med mest fisk i anlegget kan det antas at fiskemengden vil være 975 og 1.500 tonn ved produksjon av henholdsvis 1.200 og 2.000 tonn fisk. Fôring og ekskresjon fra fisken vil i måneden med størst utfôring og produksjon føre til gitte mengder tilførsler av fosfor og nitrogen hvor det kan antas at 50-60% (gj.snitt. 55%) av fosforet og inntil 80-90% (gj.snitt. 85%) av nitrogenet løses i sjøen, mens resten er partikulært bundet (fekalier, fôrspill) og synker til bunns. Hvis en antar at de daglige tilførslene under maksimal fôring er 3 ganger høyere enn ellers i året og at fôrfaktoren er 1,23, vil de framtidige utslippene pr. døgn i en periode med høy produksjon beregnes til:

Estimerte tilførsler pr. døgn ved maksimal fôring	Totalt	Vannløst
Årlig produksjon: 1.200 tonn		
Totalt nitrogen (avrundet)	335 kg/døgn	285 kg/døgn
Totalt fosfor (avrundet)	70 kg/døgn	40 kg/døgn
Årlig produksjon: 2.000 tonn		
Totalt nitrogen (avrundet)	555 kg/døgn	470 kg/døgn
Totalt fosfor (avrundet)	120 kg/døgn	65 kg/døgn

En reduksjon av fôrfaktoren vil resultere i utslippsreduksjoner både for nitrogen og fosfor.

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. Manglende data for gjennomsnittlig strømfart ved målt stagnasjon og lengste periode ved "strømstille" medfører at beregninger av oksygenminimum ikke kan beregnes.

Modellen Fiskmeny (Stigebrandt 1986) er imidlertid kjørt for å beregne miljøbelastningen som den planlagte utvidelsen av matfiskanlegget ved Øygardsvik vil forårsake. For ikke å overvurdere lokalitetens kapasitet er det i mangel av strømdata antatt en relativt lav middelstrøm (4 cm/s) om sommeren. Selv ved en så lav middelstrøm viste imidlertid resultatene av modellkjøringen at oksygenkonsentrasjonene ikke ville bli lavere enn den anbefalte nedre

grense på 5 mg O₂/l (Vedlegg B). Beregningene i denne modellen utføres imidlertid for gjennomsnittlig strøm og tar ikke hensyn til forholdene som oppstår under perioder med strømstille/liten strømfart.

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 480 kg NH₃/døgn i en periode med sterk tilvekst. 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. Modellkjøring av gjennomsnittssituasjon ga som resultat at ammonium i merdene ikke vil være et problem for anlegget med den størrelse og fiskeproduksjon som er planlagt.

5. KONKLUSJONER

De vannkjemiske analysene viste at det særlig i sommermånedene tilføres organisk materiale til vannmassene. Det ble også om sommeren flekkvis registrert svært høye nitrogenforekomster (Tot-N), og de fleste registreringene forekom på stasjonen nærmest oppdrettsanlegget. Utover dette synes næringssaltforholdene ved Øygardsvik å være relativt normale.

Klorofyll a-verdiene for integrerte vannprøver fra 0 til 10 meter lå godt innenfor grensen for tilstandsklasse I ("Meget god"). Verdiene for totalt organisk karbon på de enkelte dyp lå i april og oktober med ett unntak innenfor det normale variasjonsområdet, mens forhøyede verdier ble registrert i sommersesongen.

De kjemiske analysene av sedimentprøvene fra begge stasjonene tilfredsstillende både for kobber, sink og normert organisk karbon kravene for klassifisering i tilstandsklasse I ("Meget god") innen SFTs klassifiseringssystem. En nærmere analyse av sedimentets kjemi viste imidlertid at sedimentet var påvirket av organisk materiale fra oppdrettsvirksomheten.

Analyse av bunndyrfaunaen viste at forholdene på begge stasjonene kunne betraktes som gode sett ut fra et høyt artsmangfold. Alle de dominerende artene på stasjon 7.1 var imidlertid arter som blir begunstiget av eller tåler organisk belastning. Lokaliteten bar preg av å være utsatt for organisk belastning, men det organiske materialet oppkonsentreres ikke på bunnen. Stasjon 7.2 som i hovedtrekk hadde normal fjordfauna, ble vurdert som en strømpåvirket lokalitet stimulert av organisk tilførsel.

En produksjon av 2.000 tonn fisk ved Øygardsvik vil resultere i tilførsler på 90 tonn nitrogen og 19 tonn fosfor ved førfaktor 1,06. Tilførslene vil imidlertid variere over året og er beregnet ved en fiskemengde på 1.500 tonn til å kunne komme opp i 555 kg nitrogen pr. døgn og 120 kg fosfor pr. døgn hvorav 80-90% av nitrogenet og 50-60% av fosforet vil være vannløst.

Beregninger ved bruk av modellen Fiskmeny viste at oksygenkonsentrasjonene ved en gjennomsnittstrøm på 4 cm/s ikke vil komme under den anbefalte nedre grense på 5 mg O₂/l. Ammonium synes imidlertid ikke å komme opp mot kritiske konsentrasjoner.

6. REFERANSER

- Aure, J., & T. Johannessen. 1997. Næringsalter og klorofyll-a fra Skagerrak til Vestlandet. *Fisken og Havet*, rapp.nr.2/97. Havforskningsinstituttet, Bergen. 45 pp.
- 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 2072. Oslo.
- Bokn, T., T.M. Johnsen, J. Knutzen, E. Lømsland, F. Moy, K. Nygaard & B. Rygg. 1996. Resipientundersøkelser i 1995 i sjøområder rundt Stavangerhalvøya. NIVA-rapport 3493. 127 pp.
- 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 pp.
- Molvær, J. (Red.). 1997. Kyststrekningen Jomfruland-Stad. Vurdering av eutrofitilstand. Rapp. nr. 2, SFTs ekspertgruppe for vurdering av eutrofi-forhold i fjorder og kystfarvann. SFT/NIVA. 129 pp.
- Molvær, J., J. Knutzen,, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei & J. Sørensen. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. SFT-veiledning 97:03. TA-nr. 1467/1997.
- 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 1823. 28 pp.
- Tjomsland, T., & B. Braaten. 1996. Tilførsler av næringsstoffer til kysten mellom svenskegrensen og Stad. NIVA-rapport 3548. 39 pp.

Vedlegg A.

Fullstendige resultater for bunnfauna – St.7 Øygarðsvik - 12.

april 1997

0,1 m² van Veen bunngrabb

	Stasjon - prøve	7.1-1	7.1-2	7.2-1	7.2-2
ANTHOZOA	Cerianthus lloydi Gosse	3	2		
	Edwardsia sp	1	14		
	Edwardsiidae indet				1
NEMERTINEA	Nemertinea indet	8	12	12	23
NEMATODA	Nematoda indet	2	3	3	9
POLYCHAETA	Paramphinome jeffreysii (McIntosh 1868)	2		22	
	Aphrodita aculeata Linne 1758				1
	Pholoe minuta (Fabricius 1780)				2
	Pholoe sp	4	4	3	
	Sthenelais limicola (Ehlers 1864)			1	
	Eteone cf. longa (Fabricius 1780)	1	3		
	Kefersteinia cirrata (Keferstein 1862)	1			
	Ophiodromus flexuosus (Delle Chiaje 1822)	2	2		
	Exogone sp				20
	Exogone verugera (Claparede 1868)		2	5	
	Typosyllis cornuta (Rathke 1843)		1	1	
	Nephtys hombergii Savigny 1818			2	1
	Sphaerodoridium fauchaldi Hartmann-Schröder, 1993		1		
	Glycera lapidum (Eliason 1920)		2		
	Goniada maculata Oersted 1843	3	5	3	1
	Abyssoninoe hibernica (McIntosh, 1903)		1	6	
	Lumbrineris scopa Fauchald 1974				8
	Drilonereis filum (Claparede 1868)			1	3
	Dorvilleinae indet				1
	Ophryotrocha hartmanni Huth 1933		1		
	Parougia eliasoni (Oug, 1978)		1		
	Orbinia sertulata (Savigny 1820)	1			
	Scoloplos armiger (O.F.Mueller 1776)	3			
	Aricidea sp				2
	Levinsenia gracilis (Tauber 1879)		11		
	Paradoneis lyra (Southern 1914)	5	3	12	11
	Paraonis gracilis (Tauber 1879)				4
	Aonides paucibranchiata Southern 1914	1			
	Polydora cf. caeca (Oersted 1843)	3		6	
	Polydora sp				5

Prionospio cirrifera Wiren 1883	1	6	2	3
Prionospio fallax Soederstroem 1920	35	37	16	21
Pseudopolydora paucibranchiata Czerniaavsky	1	1	8	
Pseudopolydora sp				37
Scolelepis sp		1		3
Spiophanes bombyx (Claparede 1870)	5	6	1	
Spiophanes kroeyeri Grube 1860			5	
Spiophanes sp				12
Chaetozone setosa Malmgren 1867	221	281	103	47
Cirratulidae indet				1
Cirratulus cirratus (O.F.Mueller 1776)				1
Tharyx mcintoshii (Southern, 1914)		1	4	
Tharyx sp	9	5		11
Diplocirrus glaucus (Malmgren 1867)	6	10	11	13
Scalibregma inflatum Rathke 1843	6	5	2	1
Ophelina acuminata Oersted 1843		2	2	
Ophelina cylindricaudata (Hansen 1878)			1	
Ophelina sp				1
Capitella capitata (Fabricius 1780)	67	42		
Heteromastus filiformis (Claparede 1864)	242	166	10	84
Notomastus latericeus Sars 1851	1		3	4
Euclymeninae indet	3	2	3	5
Lumbriclymene sp	1			
Praxillella cf. affinis M.Sars, 1872	9	8		
Praxillura longissima Arwidsson 1906				1
Myriochele oculata Zaks 1922	54	53	18	33
Owenia fusiformis Delle Chiaje 1841	4	4	6	9
Pectinaria auricoma (O.F.Mueller 1776)	2			
Pectinaria koreni Malmgren 1865	1		1	
Amythasides macroglossus Eliason 1955			3	23
Anobothrus gracilis (Malmgren 1865)				1
Eclysippe vanelli (Fauvel 1936)	1		12	50
Samytha sexcirrata M.Sars 1856			3	3
Sosanopsis wireni Hessle 1917			1	8
Paramphitrite tetrabranchiata Holthe 1976			1	2
Pista cristata (O.F.Mueller 1776)				1
Polycirrus norvegicus (Wollebaek 1912)			1	
Polycirrus plumosus (Wollebaek 1912)				1
Polycirrus sp	4	1		1
Terebellus sp				1
Terebellides stroemi M.Sars 1835		1		7
Trichobranchus roseus (Malm 1874)		1		3
Chone sp			5	
Euchone sp				2

	Jasmineira caudata Langerhans 1880			4	
	Sabellidae indet				2
PROSOBRANCHIA	Lunatia alderi (Forbes)	1			
	Eulima stenostoma Jeffreys				1
	Lepeta caeca (Mueller)				1
OPISTOBRANCHIA	Retusa umbilicata (Montagu)	1	1		4
	Philina scabra (O.F.Mueller 1776)	4	3	1	
	Philina sp			1	
	Scaphander punctostriatus (Mighels & Adams)			1	1
CAUDOFOVEATA	Caudofoveata indet	1	2		
BIVALVIA	Nucula tumidula (Malm)				1
	Nuculoma tenuis (Montagu)	4	1	2	3
	Yoldiella tomlini Winckworth 1932				4
	Mytilus edulis Linne 1758		1		
	Thyasira cf. sarsi (Philippi 1845)				2
	Thyasira croulinensis (Jeffreys)				5
	Thyasira equalis (Verrill & Bush)			2	6
	Thyasira ferruginea (Forbes)				2
	Thyasira flexuosa (Montagu 1803)	4	3	2	
	Thyasira pygmaea (Verrill & Bush)				1
	Thyasira sarsi (Philippi 1845)	20	20		
	Montacuta ferruginosa (Montagu 1803)	3		2	
	Mysella bidentata (Montagu 1803)	2	6		
	Abra longicallus (Scacchi 1836)		1		
	Abra nitida (Mueller 1789)	18	22		1
CUMACEA	Eudorella truncatula Sp.Bate			1	1
AMPHIPODA	Cheirocratus sp			1	
	Eriopisa elongata Bruzelius			1	
	Microdeutopus sp			1	
	Ampelisca tenuicornis Lilljeborg	1			
DECAPODA	Zoealarve				1
SIPUNCULIDA	Golfingia sp			1	
	Onchnesoma steenstrupi Koren & Danielssen 1876			1	1
PRIAPULIDA	Priapulius caudatus Lamarck 1816	1	1		
PHORONIDA	Phoronis sp		1		
OPHIUROIDEA	Amphiura filiformis (O.F.Mueller)	1	2		10
	Ophiura sp				1
ECHINOIDEA	Echinocardium cordatum (Pennant)	1			
	Echinocardium sp			1	
HOLOTHUROIDEA	Thyone raphanus Dueben & Koren				1
	Labidoplax buski (McIntosh)	3	3	7	5
HEMICHORDATA	Hemichordata indet			1	

Vedlegg B.

Resultater fra kjøring av modellen Fiskmeny.

NIVA

Postboks 333 - Blindern

0314 OSLO 3

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

TABELL 1 FYSISKE DATA FOR LOKALITETEN.

Middelstrøm - langtids sommer	0.04	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	50.00	kvadratkilometer
Middeldyp innenfor evt. terskel	200.0	meter
Middeldyp ved anlegget	80.0	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)	350	meter
Mærenes dyp	20	meter
Fisktetthet (høyeste verdi juli-sept.)	20	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 2000000 KG.

Basert på	Oksygen inn (mg/l)	Oksygen ut (mg/l)	Ammonium inn (mg/l)	Ammonium ut (mg/l)
Middelstrøm*)	7.95	7.30	0	0.02
Fjordoverflate*)	7.28	6.63	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 gjøre 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 = 27400 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