

RAPPORT LNR 3795-98

Resipientundersøkelse
ved lokaliteten Djupevik
i Finnøy 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 DJUPEVIK I FINNØY KOMMUNE	Løpenr. (for bestilling) 3795-98	Dato 6.2.98
	Prosjektnr. Undernr. O-97052	Sider Pris 33
Forfatter(e) Torbjørn M. Johnsen Einar Nygaard Eivind Oug	Fagområde Akvakultur	Distribusjon
	Geografisk område Rogaland	Trykket NIVA

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

Sammendrag

Ved oppdrettslokaliteten Djupevik i Finnøy kommune har det vært gjennomført miljøundersøkelser med analyser av vannsøylen og bunnforholdene. De kjemiske analysene av vannmassene viste at det var forhøyede næringssaltkonsentrasjoner ved anlegget i forhold til kontrollstasjon 200 meter lenger sørøst. Oksygenkonsentrasjonen i dypvannet var tilfredsstillende. Normalisert verdi for totalt organisk karbon i sedimentet ved oppdrettsanlegget lå i grenseområdet mellom tilstandsklasse I ("Meget god") og II ("God") i henhold til SFTs klassifiseringssystem. Sedimentet tilføres organisk materiale fra oppdrettsvirksomheten, men bunndyranalysene viser gode bunnforhold. Modellberegninger viser at oksygenforholdene på lokaliteten er gode, men i kortere perioder kan oksygenkonsentrasjonen bli noe lav i merden som ligger i strømskyggen.

Fire norske emneord 1. Finnøy kommune 2. Sjøresipient 3. Miljøundersøkelse 4. Akvakultur	Fire engelske emneord 1. Finnøy municipality 2. Marine recipient 3. Environmental investigation 4. Aquaculture
--	--

Evy R. Lømmland
 Evy R. Lømmland

Prosjektleder

ISBN 82-577-3370-9

Bjørn Braaten

Bjørn Braaten

Forskningsjef

**RESIPIENTUNDERSØKELSE VED
LOKALITETEN DJUPEVIK**

I

FINNØY KOMMUNE

Prosjektleder: Evy R. Lømsland
Medarbeidere: Lars G. Golmen
Torbjørn M. Johnsen
Inger Midttun
Einar Nygaard
Eivind Oug
Brage 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 utformingen av kapittelet om kapasitetsberegninger som er rapportert av Torbjørn M. Johnsen. Inger Midttun har utført oksygenmålingene. Lise Tveiten har sortert bunnfaunaprøvene. Identifisering, kvantifisering og rapportering av bunnfauna er utført av Brage Rygg og Eivind Oug. Torbjørn M. Johnsen har vært ansvarlig for den resterende del av rapporteringen, mens Evy R. Lømsland har vært prosjektleder.

Bergen, 6. februar 1998

Evy R. 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 Bunndyrsamfunn	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 og oksygenforbruk	21
4.3 Driftsfaktorer	22
4.3.1 Oksygen	22
4.3.2 Ammonium	23
5. KONKLUSJONER	25
6. REFERANSER	26
Vedlegg A.	28
Vedlegg B.	31

Sammendrag

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

Analyser av totalt fosfor, fosfat og totalt nitrogen fra de frie vannmassene rett ved anlegget viste forhøyede konsentrasjoner (tilstandsklasse I-II ("Meget god"- "God")) i forhold til kontrollstasjon 200 meter lenger sørøst. Nitratverdiene var ikke vesentlig forskjellige på de to stasjonene.

Algebiomasse målt som klorofyll a i integrerte vannprøver fra 0 til 10 meter, lå for sommermånedene godt innenfor tilstandsklasse I ("Meget god"). Verdiene for totalt organisk karbon fra april representerte normalverdier for vannmasser i fjordområder, mens de resterende målinger viste noe forhøyede verdier på begge stasjonene.

Kjemiske analyser av sedimentet viste at innholdet av organisk karbon i sedimentet på stasjon ved oppdrettsanlegget lå på grensen mellom tilstandsklasse I og II, mens kobber- og sinkverdiene lå godt innenfor grensen for tilstandsklasse I. Analysene viste imidlertid at sedimentene i området tilføres organisk materiale fra oppdrettslokaliteten.

Bunndyranalysen fra stasjonen ved oppdrettsanlegget viste et godt bunnmiljø med en normal artssammensetning og høy diversitet. Ut fra bunndyranalysen kunne ikke stasjonen sees å være påvirket av organiske tilførsler. På kontrollstasjonen var det et tilsvarende godt bunndyr-samfunn typisk for dypere bløte fjordsediment.

En totalanalyse viser at en viss påvirkning av oppdrettsaktiviteten kan spores på lokaliteten, men bunndyranalysene tyder på gode bunnforhold hvor belastningen er minimal.

En utvidelse av produksjonen til 2.000 tonn fisk vil medføre årlige utslipp av nitrogen og fosfor på henholdsvis 100-115 og 20-25 tonn for forfaktorer i området 1,12-1,23. 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.

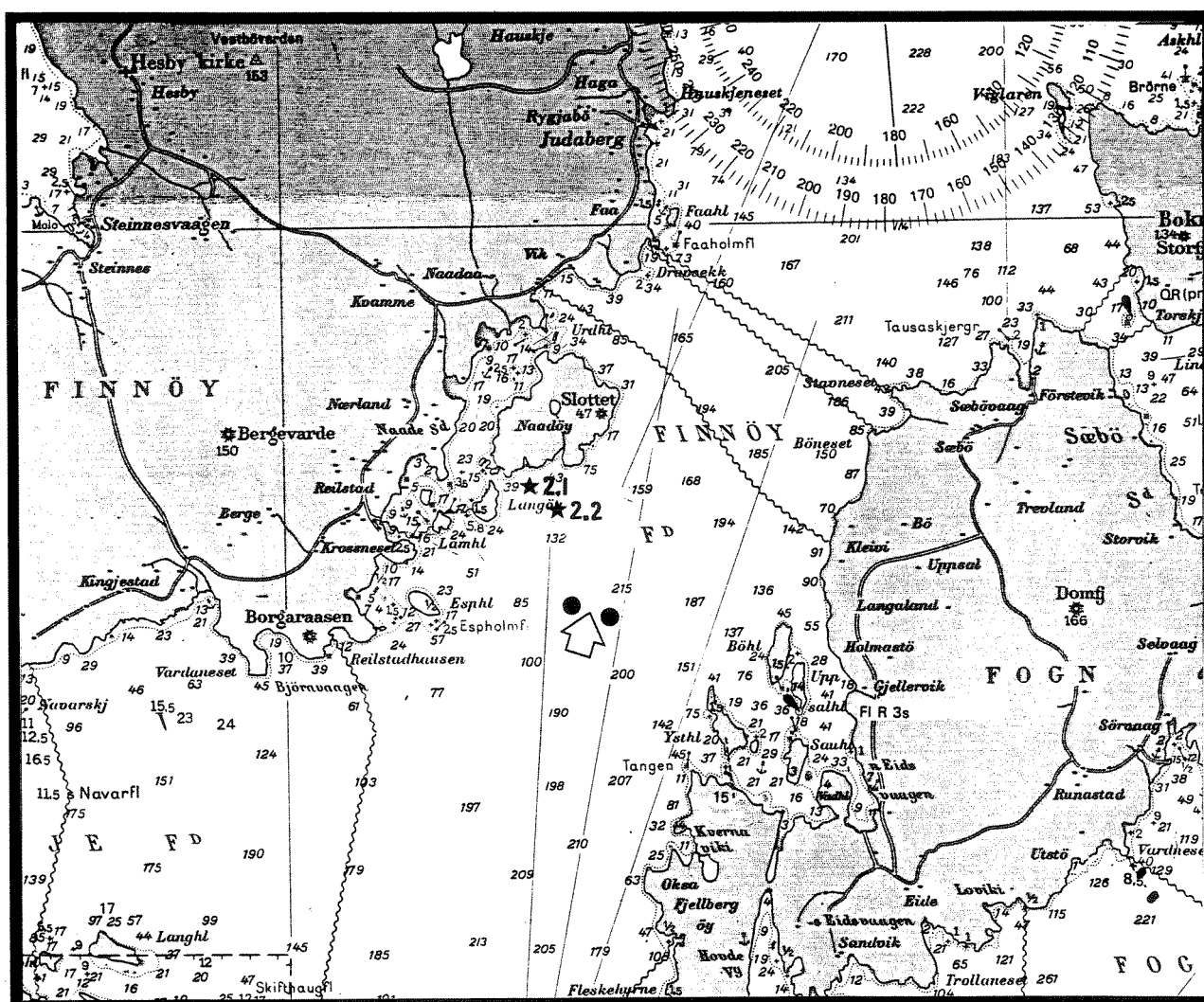
Beregninger viser at oksygenkonsentrasjonen i mærene stort sett vil være tilfredsstillende. Kun i kortere perioder med "strømstille" kan det være fare for noe lave oksygenkonsentrasjoner i merden som ligger i strømskyggen. Ammoniumkonsentrasjonen synes ikke å kunne overstige faregrensen.

1. INNLEDNING

Hydro Seafood Rogaland a.s ønsker å etablere et stort oppdrettsanlegg (opptil 48.000 m³) på lokaliteten Djupevik i Finnøy 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 miljøvern avdelingen 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 m³.



Figur 1.1. Kart over Finnøyfjorden og nærområdene. Innsamlingsstasjonene på lokaliteten Djupevik er markerte med *.

2. MATERIALE OG METODER

2.1 Lokalitetsbeskrivelse og stasjoner

Lokaliteten Djupevik ligger i Finnøy kommune sør for øya Naadøy i Finnøyfjorden på Finnøys østside (figur 2.1). På lokaliteten er dybden ca. 80 meter med skrånende dyp ut mot Finnøyfjorden hvor største dyp er over 200 meter.

Det har vært gjennomført innsamling av hydrografiske og vannkjemiske data på to stasjoner (figur 2.1) 4 ganger (11. april, 21. juli, 22. august og 11. oktober) i løpet av 1997. Bunnprøver for analyse av bunndyrksamfunn og sedimentkjemi er prøvetatt 1 gang (vår).

Stasjon 1 (St. 2.1) ble lagt midt på eksisterende forankring (pos. N59°09,02' E05°51,85'). Den andre stasjonen (St. 2.2) ble tatt ca. 200 meter lenger ut i Finnøyfjorden i sørøstlig retning (pos. N59°08,50' E05°51,95'). Dette er en relativt ny lokalitet hvor det forut for prøvetakningen kun har vært drevet fiskeoppdrett i ett år.

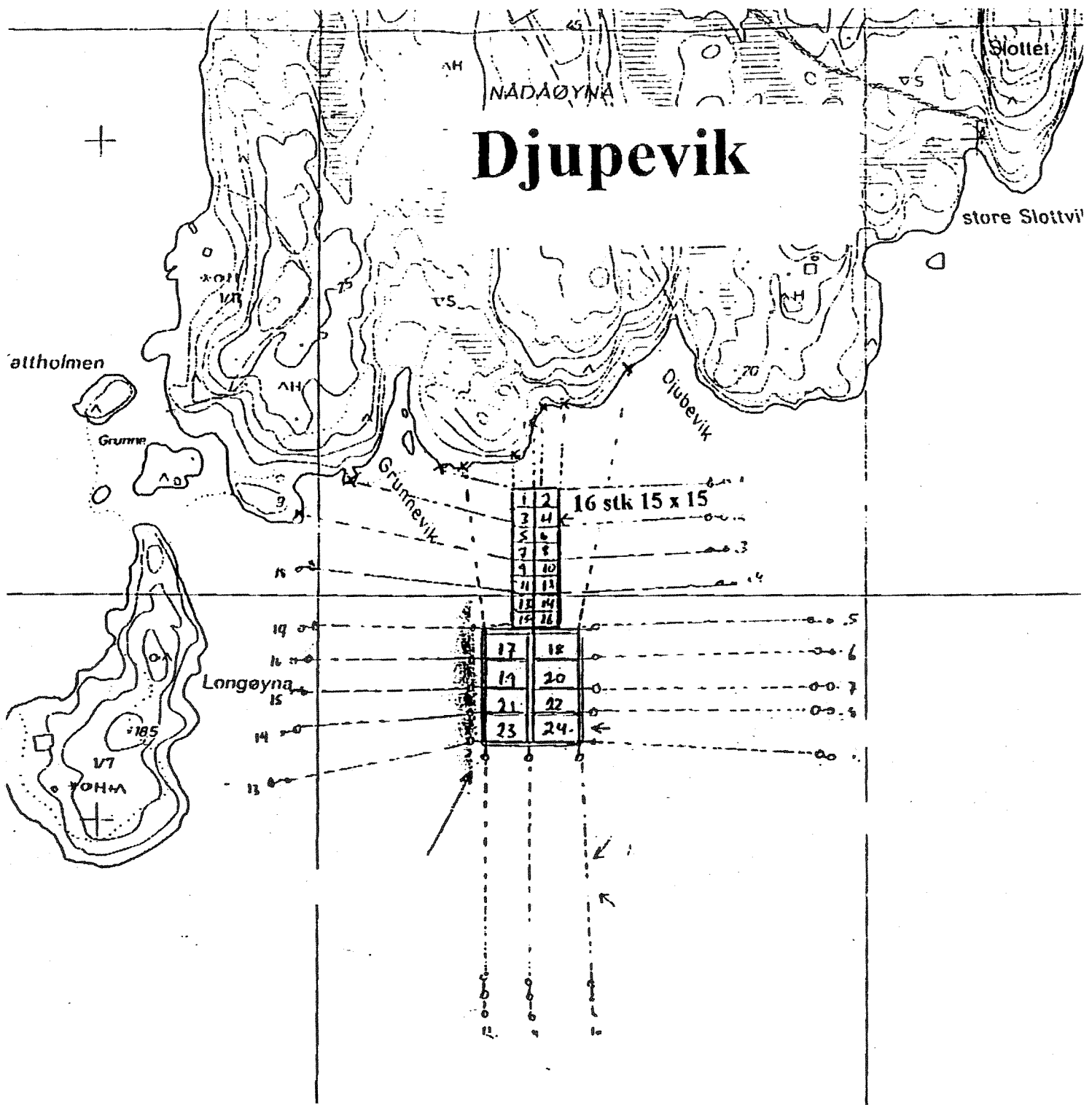
2.2 Metodikk

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 2.1. Lokaliteten Djupevik med nåværende og planlagte 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 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.

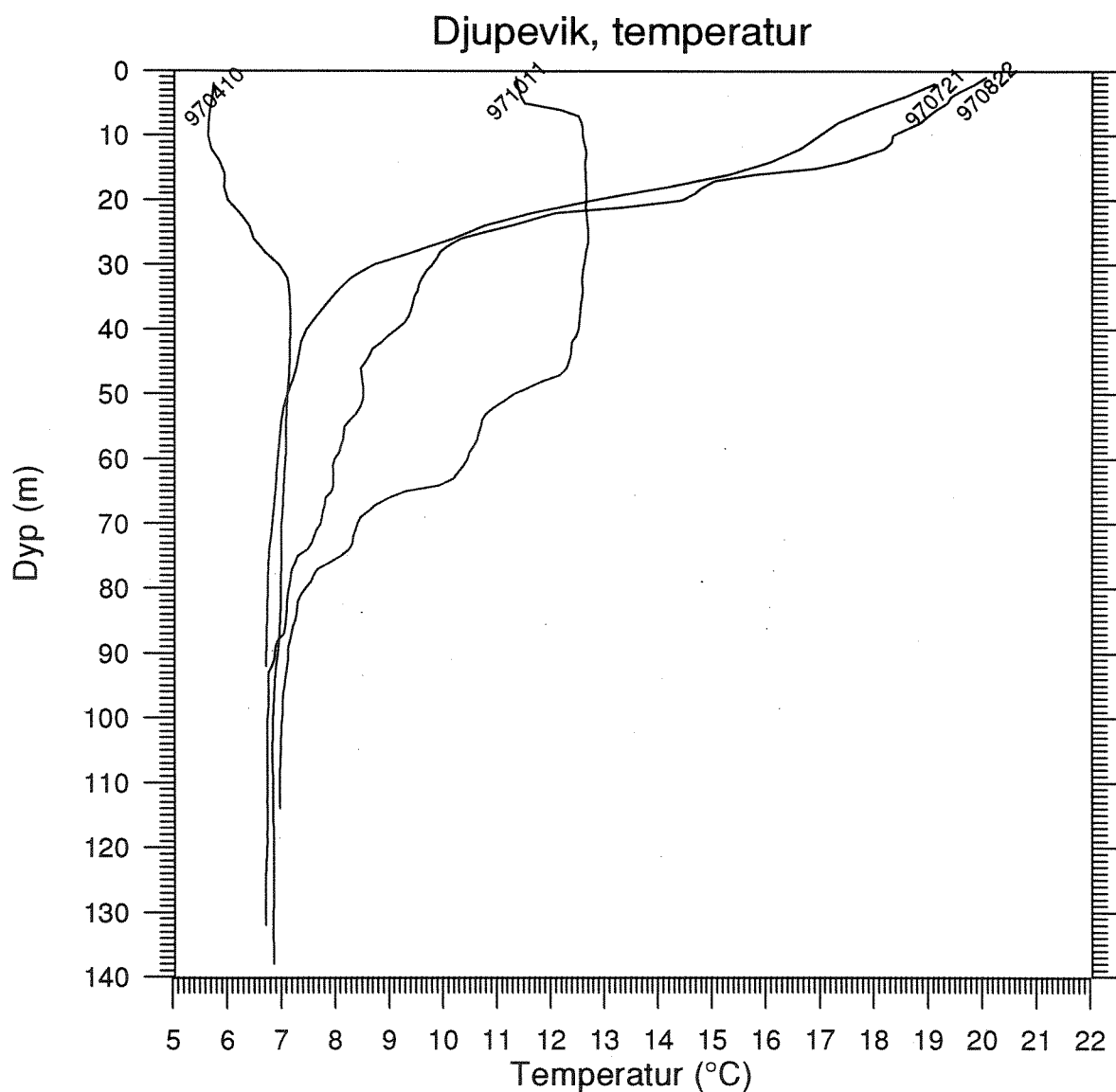
Kapasitetsberegninger

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 O₂/liter.

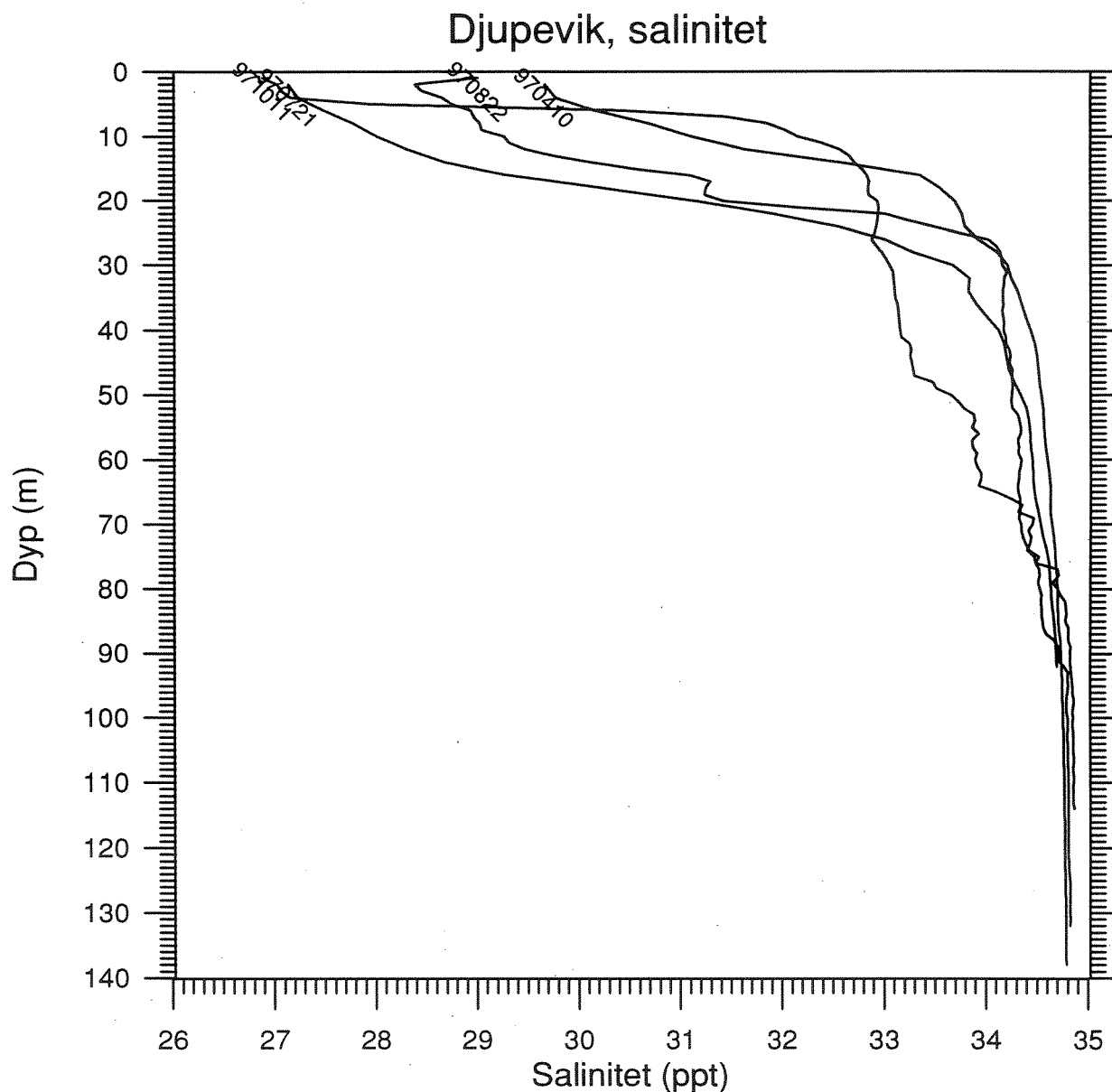
3. RESULTATER

3.1 Hydrografi

Figur 3.1 og 3.2 viser temperatur og saltholdighetsprofiler på lokaliteten Djupevik. Profilene viser at vannmassene i de øvre 15-30 meter er noe ferskvannspåvirket. Øverst ligger et 4-5 meter tykt overflatelag hvor saliniteten ved de fire gjennomførte målinger varierte mellom ca. 27 og 30.



Figur 3.1. Temperaturprofiler på lokaliteten Djupevik 10. april, 21. juli, 22. august og 11. oktober 1997.



Figur 3.2. Salinitetsprofiler på lokaliteten Djupevik 10. april, 21. juli, 22. august og 11.oktober 1997.

Sprangsjiktet lå i oktober mellom 4 og 6 meter, mens det ved de resterende måletidspunktene var svakere definert. I slutten av august ble overflatetemperaturen målt til ca. 20,5°C og hele 19,0°C på 12 meters dyp

Målingene i oktober viste en vannmasse med relativt jevn temperatur fra 8 til 45 meter og med relativt lite fall i saltholdighet (Figur 3.1 og 3.2). Dette tyder på at det like i forkant av målingen har vært en omrøring i dette vannsjiktet.

Resultatene fra oksygenprøver analysert etter Winklers metode er vist i tabell 3.1. 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 både om våren og høsten.

Tabell 3.1. Resultater av oksygenanalyser etter Winklers metode på stasjon 2.1 og 2.2.

Dato	St. 2.1			St. 2.2		
	Dyp (m)	mg O ₂ /l	Siktedyp (m)	Dyp (m)	mg O ₂ /l	Siktedyp (m)
11.04.97	75	9,60	8	140	10,07	8
12.10.97	75	8,15	8	140	8,10	8

3.2 Vannkjemi

Resultatene av de vannkjemiske analysene er vist i tabell 3.2. For stasjon 2.2 (200 meter sørøst for oppdrettsanlegget) viser alle analysene av totalt fosfor (Tot-P), fosfat (PO₄), totalt nitrogen (Tot-N) og nitrat (NO₃) i de øvre 10 metrene av vannsøylen at der hører til i tilstandsklasse I ("Meget god") etter SFTs klassifiseringssystem for overflatelag (Molvær et al. 1997).

For prøvene tatt ved oppdrettsanlegget (stasjon 2.1) viser resultatene mer varierende forhold. Gjennomsnittsverdiene fra juli for totalt fosfor, fosfat og totalt nitrogen i vannsøylen fra 0 til 15 meter ligger i skillet mellom tilstandsklasse I ("Meget god") og II ("God").

Gjennomsnittskonsentrasjonene av totalt fosfor, fosfat og totalt nitrogen for juli og oktober lå henholdsvis ca. 50, 135 og 64% høyere på stasjon 2.1 enn på stasjon 2.2, mens nitratverdiene ikke var vesentlig forskjellige på de to stasjonene. Ved innsamlingene i april og august var forskjellene mellom de to stasjonene mindre, men også på disse tidspunktene ble det registrert høyere verdier ved anlegget enn lenger sørøst. Dette viser at utslippene fra oppdrettsaktiviteten ved Djupevik forårsaker forhøyede næringssaltkonsentrasjoner i vannmassene like ved oppdrettsanlegget.

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. Vår- og høstmålingene viser at det til disse årstidene stort sett er fosformangel som begrenser algenes vekst i de øvre 10 meterene, mens det om sommeren er nitrogen som er vekstbegrensende faktor. Målingene viser imidlertid at fosforutslippene om våren og høsten er så betydelige at det i oppdrettsanleggets nærområde vil være nitrogen som er vekstbegrensende, mens fosfor er den vekstbegrensende næringsfaktor i de omkringliggende vannmasser.

Tabell 3.2. 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. 2.1 (ved anlegget)	11.04.97	1	6	2	126	24	12,0	1,7	21,0	
		5	11	6	117	21	3,5	1,3	10,6	
		10	7	3	120	26	8,7	1,8	17,5	
		15	19	13	170	77	5,9	1,2	17,1	
St. 2.2 (sørøst for anlegget)		1	6	3	122	24	8,0	1,7	20,3	
		5	7	3	119	24	8,0	1,6	17,0	
		10	8	3	126	25	8,3	1,4	15,8	
		15	11	5	138	36	7,2	3,1	12,5	
St. 2.1 (ved anlegget)	21.07.97	1	20	9	240	4	0,4	2,7	12,0	0,49
		5	7	<1	165	3	-	2,5	23,6	
		10	12	1	340	4	4,0	4,9	28,3	
		15	12	5	295	4	0,8	2,3	24,6	
St. 2.2 (sørøst for anlegget)		1	7	<1	155	4	-	2,6	22,1	0,43
		5	9	2	160	4	2,0	2,6	17,8	
		10	10	3	160	4	1,3	2,8	16,0	
		15	7	1	140	4	4,0	2,1	20,0	
St. 2.1 (ved anlegget)	22.08.97	1	9	3	170	4	1,3	3,0	18,9	0,69
		5	8	2	180	4	2,0	4,0	22,5	
		10	10	3	165	4	1,3	2,7	16,5	
		15	10	3	1180	4	1,3	2,7	118,0	
St. 2.2 (sørøst for anlegget)		1	8	2	150	4	2,0	2,5	18,8	0,54
		5	8	2	144	<1	-	2,5	18,0	
		10	8	2	144	<1	-	2,8	18,0	
		15	8	3	345	4	1,3	2,6	43,1	
St. 2.1 (ved anlegget)	11.10.97	1	9	3	265	29	8,3	2,7	29,4	1,91
		5	16	10	285	33	8,3	2,2	17,8	
		10	10	9	300	29	4,2	1,7	30,0	
		15	10	6	401	33	5,0	4,6	40,1	
St. 2.2 (sørøst for anlegget)		1	8	2	205	29	7,7	2,0	25,6	1,97
		5	7	2	270	34	7,7	2,0	38,6	
		10	8	4	149	29	5,0	2,3	18,6	
		15	8	4	215	29	6,3	1,7	26,9	

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

Verdiene for totalt organisk karbon (TOC) i vannmassene i april representerte normalverdier (0,4-2,0 mg/l), mens det for de resterende innsamlingsdatoene var noe forhøyede verdier. Høyeste TOC-konsentrasjoner ble funnet ved oppdrettsanlegget hvor gjennomsnittskonsentrasjonene for juli, august og oktober lå 26% høyere enn på stasjon 2.2.

3.3 Sedimentkjemi

Tabell 3.3 viser innhold av organisk materiale og prosentvis andel av finfraksjon i sedimentets øvre 2 centimeter og pH i sedimentets porevann på 1 cm sedimentdyp. Innholdet av organisk materiale var relativt lavt på begge stasjonene. Etter klassifiseringssystemet utarbeidet av Bjerknæs et al. (1988) (Tabell 3.4) vil stasjonen ved oppdrettsanlegget (stasjon 2.a) gi klassifisering "Svært lav" organisk belastning, mens stasjonen 200 meter lenger sørøst (stasjon 2.2) gir klassifisering "Lav".

Etter SFTs klassifiseringssystem (Molvær et al. 1997) ligger stasjon 2.1 i grenseområdet mellom tilstandsklasse I ("Meget god") og II ("God") når det gjelder normalisert totalt organisk karbon. Stasjon 2.2 kan ikke klassifiseres i henhold til denne norm fordi prøven til analyse av finfraksjon er tapt. Totalt organisk nitrogen og fosfor inngår ikke i SFTs klassifiseringssystem. Analyseresultatene viser imidlertid 0,70 og 0,95 mg P/g sediment på henholdsvis stasjon 2.1 og 2.2 og <1,0 mg N/g sediment på begge stasjonene.

Tabell 3.3. Organisk materiale, %-vis andel partikler <63 µm og pH i sedimentet.

Stasjon	Dyp (m)	Total gløderest (g/kg)	% organisk materiale	<63 µm (%)	pH
St. 2.1	80	979	2,1	11,1	7,6
St. 2.2	150	949	5,1	-	7,6

Tabell 3.4. 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 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 istand 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.

Tabell 3.5. 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. 2.1	80	<1,0	0,70	4,7	20,70	>4,7	<1,4	0,149	4,4	33,2
St. 2.2	150	<1,0	0,95	9,8	-	>9,8	<1,1	0,097	9,5	56,9

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 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 svært lavt og tyder på en opphopning av fosfor i sedimentet på begge stasjonene. Høyt fosforinnhold gir også høye forholdstall mellom fosfor og karbon på begge stasjonene (0,149 og 0,097) med høyest forholdstall på stasjon 2.1. Selv om det organiske innholdet i sedimentet på de to stasjonene er lavt, kan det imidlertid

konkluderes med at de organiske tilførsler til sedimentene i hovedsak 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 3.5) innenfor tilstandsklasse I ("Meget god") etter SFTs klassifiseringssystem.

3.4 Bunn dyrsamfunn

Fullstendige artslistene fra bunnfaunaprøvene er gitt i Vedlegg A.

Stasjon 2.1 (80 meter)

Stasjonen hadde en fauna med normalt arts- og individtall (Tabell 3.6). Diversiteten var høy og artssammensetningen normal (Tabell 3.7). Ut fra bunnfaunaanalysen kan ikke stasjonen sees å være påvirket av organiske tilførsler, og bunnforholdene er gode. Ut fra artssammensetningen synes lokaliteten å være strømpåvirket. Lavt innhold av finmateriale i sedimentet tyder på det samme.

Stasjon 2.2 (150 meter)

Også denne stasjonen hadde en meget arts- og individrik bunnfauna (Tabell 3.7), og samfunnet hadde et høyt artsmangfold (Tabell 3.6). Artssammensetningen var typisk for dypere bløte fjordsedimenter. Sannsynligvis har en her å gjøre med en jevn bløtbunn. Verdiene for totalt organisk karbon (TOC) og glødetap må karakteriseres som normale til lave for bløte fjordsediment (TOC på denne stasjonen kan ikke karakteriseres i henhold til SFTs klassifiseringssystem fordi prøve til analyse av finfraksjon er tapt).

Tabell 3.6. Antall arter, individtall, individtettheter og arts mangfold i prøvene av bunnfauna fra Djupevik 10. april 1997. Arts mangfoldet er gitt ved Shannon-Wiener indeksen (H'), og (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	
2.1	grabb 1	0.1	45	133					
	grabb 2	0.1	42	131					
	sum	0.2	67	264	1320	4.85	39.2	6.7	I 'meget god'
2.2 ¹⁾	grabb 1	0.1	44	226					
	grabb 2	0.1	43	210					
	sum	0.2	58	436	2180	4.60	31.6	7.9	I 'meget god'

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

Tabell 3.7. De viktigste artene i prøvene av bunnfauna fra Djupevik 10. april 1997. De ti mest individrike artene på hver stasjon er vist.

Stasjon 2.1

Art	Gruppe	Ind /0.2 m ²
<i>Myriochele oculata</i>	POLYCHAETA	44
<i>Labidoplax buski</i>	HOLOTHUROIDEA	43
<i>Pholoe sp</i>	POLYCHAETA	20
<i>Owenia fusiformis</i>	POLYCHAETA	15
<i>Jasmineira caudata</i>	POLYCHAETA	9
<i>Thyasira flexuosa</i>	BIVALVIA	7
<i>Leitoscoloplos sp</i>	POLYCHAETA	6
<i>Scoloplos armiger</i>	POLYCHAETA	6
<i>Diplocirrus glaucus</i>	POLYCHAETA	6
<i>Pectinaria auricoma</i>	POLYCHAETA	6

Stasjon 2.2

Art	Gruppe	Ind /0.2 m ²
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	POLYCHAETA	78
<i>Heteromastus filiformis</i>	POLYCHAETA	59
<i>Spiophanes kroeyeri</i>	POLYCHAETA	34
<i>Eclysippe vanelli</i>	POLYCHAETA	26
<i>Eriopisa elongata</i>	AMPHIPODA	20
<i>Ampharetidae indet</i>	POLYCHAETA	19
<i>Nemertinea indet</i>	NEMERTINEA	19
<i>Diplocirrus glaucus</i>	POLYCHAETA	15
<i>Abyssoninoe hibernica</i>	POLYCHAETA	15
<i>Tharyx mcintoshii</i>	POLYCHAETA	12

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 rett under oppdrettsanlegget (stasjon 2.1) viste påvirkning fra anlegget. Med en produksjon på 600 tonn det siste året (N. Viga, pers. med.), med et bunndyp på ca. 80 meter og moderat strøm er et slikt resultat ikke overraskende. I følge NIVAs strømmålinger er strømmen på lokaliteten vekslende, men i perioder med sterk strøm er nordøst den framtreddende strømrretning (Nygaard 1997a). Det innebærer at en kan forvente å finne fôrrester og fekalier i et visst areal på bunnen rundt anlegget.

4.1.2 Tilstanden i sjøen

Næringssalter

Næringssaltkonsentrasjonene fra vannprøvene (Tabell 3.2) tatt rett ved og ca. 200 meter i sørøstlig retning utenfor anlegget viste at vannmassene ved anlegget (stasjon 2.1) hadde forhøyede konsentrasjoner av totalt fosfor, fosfat og totalt nitrogen.

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 Djupevik kan dermed ikke vurderes. Sommerverdiene på stasjon 2.2 ligger imidlertid på samme konsentrasjonsnivå som målinger i 1995 viste i vannmassene nord for Stavanger (Bokn et al. 1996a, b), mens verdiene fra stasjon 2.1 var noe høyere.

Økningen av næringssalter i oktober både på stasjon 2.1 og 2.2 kan skyldes både tilførsler fra oppdrettsanlegget og naturlige prosesser. Temperaturmålingene viste 12-13 grader fra 7 meter og helt ned til nesten 50 meters dyp (fig. 3.1) på det tidspunkt næringssaltmålingene ble foretatt. Dette tyder på at en omrøring av vannmassene var igang. Den generelle økningen av næringssalter i vannmassene på dette tidspunktet synes derfor å være et resultat av naturlige prosesser. En økning av algebiomassen (målt som klorofyll a) i hele området tyder på at vannmassene var blitt tilført næringssalter som har resultert i en normal høstoppblomstring av planteplankton. Forhøyde næringssaltkonsentrasjoner ved oppdrettsanlegget også på dette tidspunktet viser at høstutslippene fra fiskeproduksjonen er betydelige.

4.1.3 Vannutskiftning, stagnasjonsperioder

Anlegget ved Djupevik ligger orientert i retning nord-sør (fig. 2.1). Hovedstrømretningen i perioder med sterk strøm var nordøst, mens det ellers var strøm av skiftende retning (Nygaard 1997a).

Strømmålingene gjennomført av NIVA i januar-februar 1997 viste en middelvei for strømfart på 5,20 og 4,18 cm/s på henholdsvis 3 og 15 meters dyp.

Middelstrømverdiene var lavere enn det en typisk finner på en kystlokaltet 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, b).

Målingene viste ikke noe tydelig innslag av motsatt rettet strøm på de to måledypene slik en ofte finner i sterkt sjiktede fjorder.

Varighet av perioder med svak strøm kan 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 januar-februar 1997 viste at lengste periode "strømstille" var 0,9 timer på 3 meters dyp og 2,7 timer på 15 meters dyp.

4.2 Forventet framtidig belastning og oksygenforbruk

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 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 vestlandsfylkene (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.

En framtidig årsproduksjon på 2.000 tonn laks vil tilsvare følgende nitrogen- og fosfortilførsler ved en fórfaktor på 1,23 (middel for regionen i 1997) og 1,10 (N. Viga pers. med.):

Tilførsler pr. år	Fórfaktor 1,23	Fórfaktor 1,10
Totalt nitrogen (avrundet)	114 tonn	96 tonn
Totalt fosfor (avrundet)	24 tonn	20 tonn

I følge disse beregningene medfører en reduksjon i fórfaktor fra 1,23 til 1,12 til en reduksjon i nitrogen- og fosfortilførslene på ca. 16-17%. En ytterligere 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 er 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 1.500 tonn. Fóring og ekskresjon fra fisken vil i måneden med størst utfóring 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 fóring	Totalt	Vannløst
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 er beregnet til 1,1 cm/s på 3 meters dyp og 0,9 cm/s på 15 meters dyp. Lengste periode med denne strømfarten ble målt til 0,9 og 2,7 timer på henholdsvis 3 og 15 meter. 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 O₂ pr. tonn fisk pr. døgn. Utgangskonsentrasjonen for oksygen er satt lik 9 mg/l. Ved høy fisketetthet er det beregnet 175 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.

For å unngå/reducere det potensielle problemet med lav oksygenkonsentrasjon i merden som ligger i strømskyggen, er en løsning å spre merdene over et større område på tvers av hovedstrømretning slik at ingen merder blir liggende i strømskygge.

I tillegg er modellen Fiskmeny (Stigebrandt 1986) benyttet for å beregne miljøbelastningen som den planlagte utvidelsen av matfiskanlegget ved Djupevik vil forårsake. Resultatene av modellkjøringen viser at oksygenkonsentrasjonene ikke er lavere enn den anbefalte nedre grense på 5 mg O₂/l (Vedlegg B). Beregningene i denne modellen utføres for gjennomsnittlig strøm og tar ikke hensyn til forholdene som oppstår under perioder med strømsstille/liten strømfart.

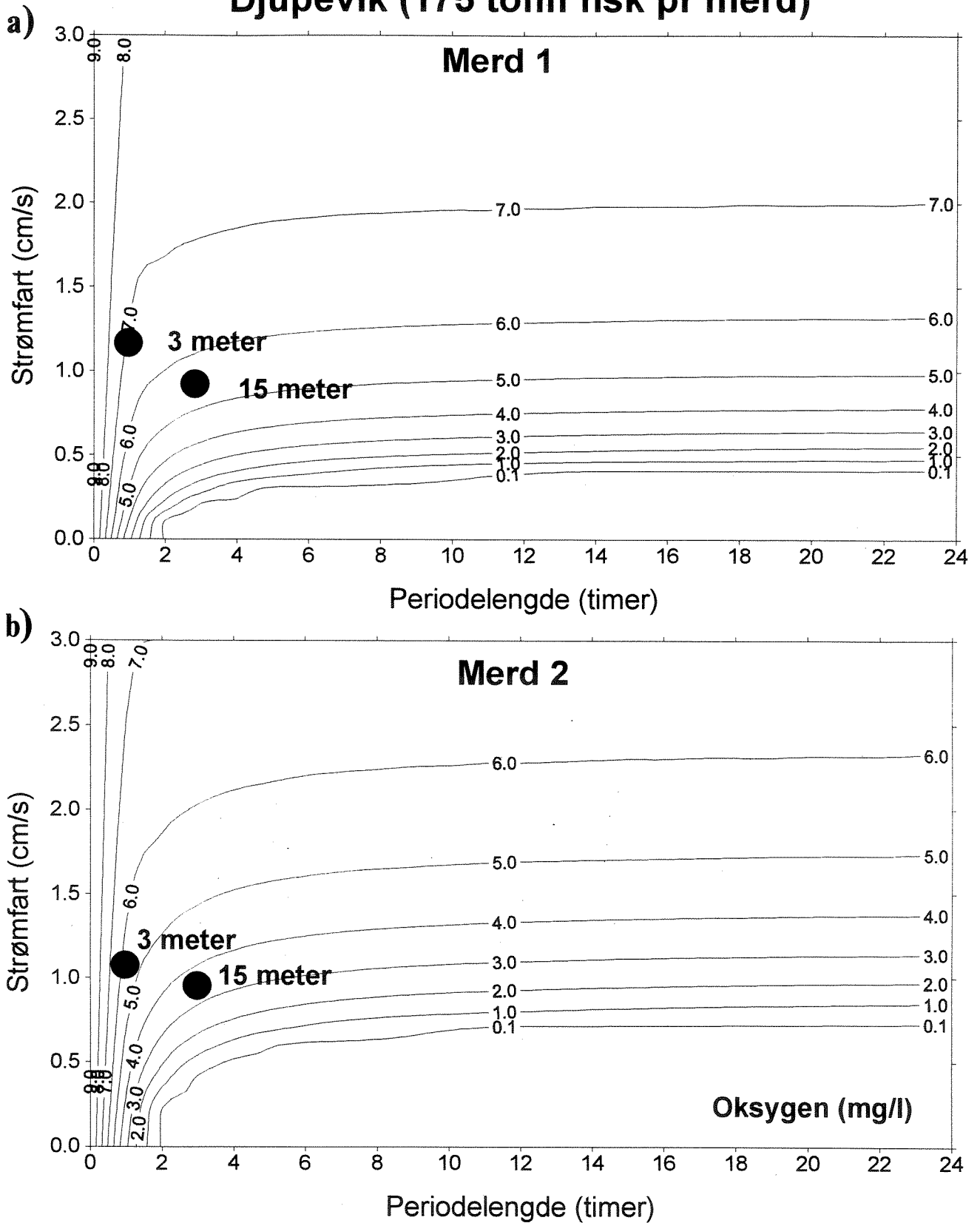
Ut fra disse resultatene anbefales det at det gjennomføres oksygenmålinger i anlegget ved Djupevik sommerstid for å kontrollere om lavt oksygennivå kan være en stress og vekstbegrensende faktor om sommeren for fisken i merdene som ligger i strømskyggen.

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.

Djupevik (175 tonn fisk pr merd)



Figur 4.1. Beregnet oksygenkonsentrasjon a) i merd som ligger rett mot strømmen (Merd 1) og b) i merd som ligger i strømskyggen fra foranliggende merd (Merd 2) ved 175 tonn fisk pr. 90-metring.

5. KONKLUSJONER

De vannkjemiske analysene fra de øvre 15 meterene av vannsøylen viste at vannmasser ved oppdrettsanlegget hadde forhøyede konsentrasjoner av totalt fosfor, fosfat og totalt nitrogen i forhold til konsentrasjonene som ble funnet på kontrollstasjonen 200 meter lenger sørøst. For disse parameterene falt gjennomsnittsverdiene inn i tilstandsklasse I-II ("Meget god"- "God). For nitrat var det ingen klare forskjeller mellom stasjonene.

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 fra april representerte normalverdier for vannmasser i fjordområder, mens verdiene fra de øvrige innsamlingsdatoene viste noe forhøyede verdier.

De kjemiske analysene av sedimentprøvene fra begge stasjonene tilfredsstiller både for kobber og sink kravene for klassifisering i tilstandsklasse I ("Meget god") innen SFTs klassifiserings-system. Normert organisk karbon i sediment fra stasjonen ved oppdrettsanlegget resulterte i klassifisering i tilstandsklasse I-II. En nærmere analyse av sedimentets kjemi viste også at sedimentet i området tilføres organisk materiale fra oppdrettsvirksomheten.

Analyse av bunndyrfaunaen ved oppdrettsanlegget viste imidlertid at bunnforholdene kunne ansees som gode ved at artsmangfoldet var høyt og artssammensetningen normal for et sediment upåvirket av organiske tilførsler. Det samme kunne sies om bunnfaunasamfunnet på kontrollstasjonen. Artssammensetningen var typisk for dypere bløte bunn sediment. Verdiene for totalt organisk karbon og glødetap var også normale til lave i forhold til det som normalt finnes i bløte fjordsediment.

Totalt sett viser resultatene at lokaliteten Djupevik i noen grad er påvirket av oppdretts-aktiviteten. Analysene tyder imidlertid på de organiske tilførslene til lokaliteten har vært beskjedne i den tid lokaliteten har vært benyttet til fiskeoppdrett, og bunndyranalysene indikerer gode miljøforhold på bunnen.

En produksjon av 2.000 tonn fisk ved Djupevik vil resultere i tilførsler på 96 tonn nitrogen og 20 tonn fosfor ved fórfaktor 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 viser at oksygenkonsentrasjonene sjelden vil være lave. Kun i kortere perioder med "strømstille" kan oksygenkonsentrasjonen bli noe lav i merden som ligger i strømskyggen. Ammonium synes imidlertid ikke å komme opp mot kritiske konsentrasjoner.

6. REFERANSER

- Aure, J., & T. Johannessen. 1997. Næringsalter 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.
- 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.
- Molvær, J. (Red.). 1997. Kyststrekningen Jomfruland-Stad. Vurdering av eutrofitilstand. Rapp. nr. 2, SFTs ekspertgruppe for vurdering av eutrofiforhold 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 Lindvik, Fossaa, Kleppholmen og Djupevik i Ryfylke. NIVA-rapport l.nr. 3671-97.
- Nygaard, E. 1997b. Strømmålinger ved Herøy, Kobbavik, Langavik og Vindsvik i Ryfylke. NIVA-rapport l.nr. 3684-97. 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.

Stigebrandt, A. 1986. Modellberäkningar av en fiskodlings miljöbelastning. NIVA-rapport l.nr. 1823. 28 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 bunnprøver fra oppdrettslokaliteten Djupevik.

Fullstendige resultater for bunnfauna - Djupevik

0.1 m2 van Veen bunngrabb

Anlegg 2 Djupevik: stasjon - prøve		1-1	1-2	2-1	2-2
ANTHOZOA	Actiniaria indet		3		
	Edwardsia sp	2			
NEMERTINEA	Nemertinea indet	1		9	10
NEMATODA	Nematoda indet			5	
POLYCHAETA	Paramphinome jeffreysii (McIntosh 1868)			44	34
	Pholoe pallida Chambers 1985				2
	Pholoe sp	9	11		
	Phyllodoce sp			1	
	Exogone verugera (Claparede 1868)			1	8
	Typosyllis cornuta (Rathke 1843)	1	1		
	Ceratocephale loveni Malmgren 1867				1
	Nereis sp		1		
	Nephtys hombergii Savigny 1818	1	4		
	Nephtys hystricis McIntosh 1900			1	
	Nephtys pulchra Rainer 1991			1	
	Glycera alba (O.F.Mueller 1776)		1		
	Goniada maculata Oersted 1843	3	1		
	Abyssoninoe hibernica			3	12
	Augenaria tentaculata Monro 1930			3	
	Drilonereis filum (Claparede 1868)			1	
	Leitoscoloplos sp	6			
	Scoloplos armiger (O.F.Mueller 1776)		6		
	Aricidea sp	1		1	
	Levinsenia gracilis (Tauber 1879)			7	
	Paradoneis lyra (Southern 1914)	2	1	1	2
	Aonides paucibranchiata Southern 1914	1			
	Laonice bahusiensis (Soederstroem 1920)		1		
	Prionospio cirrifera Wiren 1883	2	1	4	7
	Prionospio fallax Soederstroem 1920		1		1
	Pseudopolydora paucibranchiata Czerniaavsky			10	2
	Spiophanes kroeyeri Grube 1860	1		21	13
	Caulleriella sp		1		2
	Chaetozone setosa Malmgren 1867	2	1		1
	Tharyx mcintoshii	2		2	10
	Diplocirrus glaucus (Malmgren 1867)	4	2	9	6
	Scalibregma inflatum Rathke 1843			1	2
	Ophelina cylindrica data (Hansen 1878)		1	1	
	Ophelina norvegica Stoep-Bowitz 1945			1	2

	Heteromastus filiformis (Claparede 1864)			31	28
	Notomastus latericeus Sars 1851	1			
	Isocirrus planiceps (M.Sars 1872)			1	
	Maldanidae indet				2
	Nicomache cf. lumbricalis (Fabricius 1780)			1	
	Praxillella sp				1
	Praxillura longissima Arwidsson 1906		1		
	Rhodine loveni Malmgren 1865			3	1
	Myriochele oculata Zaks 1922	15	29	4	4
	Owenia fusiformis Delle Chiaje 1841	7	8		
	Pectinaria auricoma (O.F.Mueller 1776)	3	3		
	Pectinaria koreni Malmgren 1865	1			
	Ampharete lindstroemi Malmgren 1867	2			
	Ampharetidae indet	3	2	11	8
	Eclysippe vanelli (Fauvel 1936)			17	9
	Samytha sexcirrata M.Sars 1856		1		3
	Sosane sulcata Malmgren 1865		1		
	Sosanopsis wireni Hessle 1917			2	
	Phisidia aurea Southward	1			
	Polycirrus sp	1	1		1
	Thelepus cincinnatus (Fabricius 1780)		1		
	Terebellides stroemi M.Sars 1835			1	2
	Chone sp		3	3	2
	Jasmineira caudata Langerhans 1880	5	4		
PROSOBRANCHIA	Lunatia alderi (Forbes)	1			
	Diaphana minuta (Brown 1827)		1		
	Philine scabra (O.F.Mueller 1776)	1			
	Cylichna cylindracea (Pennant 1777)	3	1		
	Scaphander punctostriatus (Mighels & Adams)		1		
POLYPLACOPHORA	Hanleya hanleyi (Bean)	1			
CAUDOFOVEATA	Caudofoveata indet		1	3	3
BIVALVIA	Nucula tumidula (Malm)			1	1
	Nucula turgida Leckenby & Marshall	1		3	1
	Nuculoma tenuis (Montagu)	1			
	Thyasira equalis (Verrill & Bush)				1
	Thyasira ferruginea (Forbes)			1	2
	Thyasira flexuosa (Montagu 1803)	5	2		
	Thyasira sp		1		
	Montacuta ferruginosa (Montagu 1803)		2		
	Abra nitida (Mueller 1789)	3			
	Abra prismatica (Montagu)	1	1		
	Tropidomya abbreviata (Forbes 1843)			1	
SCAPHOPODA	Entalina quinquangularis (Forbes)			5	
CUMACEA	Eudorella emarginata Kroeyer			1	2
	Eudorella truncatula Sp.Bate	1			
	Leucon nasica (Kroeyer)			1	1
	Diastylidae indet	1			
ISOPODA	Gnathia sp	1			
AMPHIPODA	Tmetonyx cicada (Fabricius)		2		
	Tmetonyx leucophthalmus	1			

	Tryphosites longipes (Bate & Westwood 1861)		2	
	Ampelisca odontoplax G.O.Sars		1	
	Eriopisa elongata Bruzelius	1		7 13
	Westwoodilla caecula (Sp.Bate)			1
	Harpinia sp			1
	Pardalisca tenuipes G.O.Sars			2
DECAPODA	Zoealarve			1 2
	Calocaris macandreae Bell 1846			2
SIPUNCULIDA	Golfingia cf. minuta (Keferstein)			2
	Onchnesoma steenstrupi Koren & Danielssen 1876			2 1
OPHIUROIDEA	Ophiuroidea indet	1	3	
	Amphiura chiajei Forbes			1 1
	Amphiura sp	1		
	Amphilepis norvegica Ljungman			1
ECHINOIDEA	Echinocardium flavescens (O.F.Mueller)	2	4	
HOLOTHUROIDEA	Thyone sp	1		
	Thyone fusus			1
	Labidoplax buski (McIntosh)	26	17	
	Leptosynapta decaria (Oestergren)	3		

Vedlegg B.

Resultater fra kjøring av modellen Fiskmeny.

NIVA
Postboks 333 - Blindern
0314 OSLO 3

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

TABELL 1 FYSISKE DATA FOR LOKALITETEN.

Middelstrøm - langtids sommer	0.05	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	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)	85000	kubikkmeter
Lengde (vinkelrett på strømmretning)	300	meter
Mærenes dyp	20	meter
Fisktetthet (høyeste verdi juli-sept.)	23	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 1955000 KG.

Basert på	Oksygen inn (mg/l)	Oksygen ut (mg/l)	Ammonium inn (mg/l)	Ammonium ut (mg/l)
Middelstrøm*)	7.95	7.36	0	0.02
Fjordoverflate*)	6.85	6.26	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 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 1955000 KG. *)

Temperatur (C)	Nitrogen (kg/døgn)	Fosfor (kg/døgn)
14.7	276.9	43.3
9.5	182.7	28.6
4.3	120.5	18.9

*) 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 1955000 KG (FISKENS VEKT 2.10 KG).

Overføring (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	2272	1183	989.1	3.33	21.26
25	14.7	8751	3872	1236.3	31.05	198.46
50	14.7	15231	6561	1483.6	58.78	375.66
0	9.5	1499	781	652.5	2.19	14.03
25	9.5	5773	2554	815.6	20.48	130.92
50	9.5	10048	4328	978.7	38.77	247.82
0	4.3	989	515	430.4	1.45	9.25
25	4.3	3808	1685	538.0	13.51	86.37
50	4.3	6628	2855	645.6	25.58	163.48

KOMMENTARER TIL TABELL 7.

Sedimentoverflate= 23450 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.

Overføring (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 3795-98

ISBN 82-577-3370-9