

RAPPORT LNR 3797-98

Resipientundersøkelse
ved lokaliteten
Kleppholmen i
Hjelmeland kommune

Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

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

Østlandsavdelingen

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

Vestlandsavdelingen

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

Akvaplan-NIVA A/S

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

Tittel RESIPIENTUNDERSØKELSE VED LOKALITETEN KLEPPHOLMEN I HJELMELAND KOMMUNE	Løpenr. (for bestilling) 3797-98	Dato 06.02.98
	Prosjektnr. Undernr. O-97052	Sider Pris 32
Forfatter(e) Evy R. Lømsland 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 Kleppholmen i Hjelmeland kommune har det vært gjennomført miljøundersøkelser med analyser av vannsøylen og bunnforholdene. De kjemiske analysene av vannmassene viste periodevis overkonsentrasjoner av næringssalter i enkelte vannsjikt. De kjemiske analysene av sedimentet tilfredsstilte kravene til plassering i tilstandsklasse I ("Meget god") i henhold til SFTs klassifiseringssystem, men nærmere analyse av sedimentkjemien viste at sedimentet tilføres organisk materiale fra oppdrettsvirksomheten. Bunnnyr analysene viste gode forhold, der totalbildet er en lokalitet som blir utsatt for organisk belastning, men hvor det organiske materialet ikke oppkonsentreres. Lokaliteten er imidlertid på ingen måte overbelastet. Modellberegninger viser at ved liten strømfart, høy sjøtemperatur og stor fisketetthet kan det oppstå kritisk lave oksygenkonsentrasjoner i merdene.

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

Evy R. Lømsland

Evy R. Lømsland

Prosjektleder

ISBN 82-577-3372-5

Bjørn Braaten

Bjørn Braaten

Forskningssjef

**RESIPIENTUNDERSØKELSE VED
LOKALITETEN KLEPPHOLMEN**

I

HJELMELAND KOMMUNE

Prosjektleder: Evy R. Lømsland

Medarbeidere: Lars G. Golmen

Torbjørn M. Johnsen

Inger Midttun

Einar Nygaard

Eivind Oug

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 også har gjort kapasitets-/modellberegningene. Inger Midttun har utført oksygenmålingene. Lars G. Golmen har kommet med verdifulle innspill til utformingen av kapitlet om kapasitetsberegninger som er rapportert av Torbjørn M. Johnsen. Identifisering, kvantifisering og rapportering av bunndyrfauna er utført av Brage Rygg og Eivind Oug. Evy R. Lømsland har vært prosjektleder og ansvarlig for den resterende delen av rapporteringen.

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 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	19
4.2 Forventet framtidig belastning og oksygenforbruk	20
4.3 Driftsfaktorer	21
4.3.1 Oksygen	21
4.3.2 Ammonium	22
5. KONKLUSJONER	24
6. REFERANSER	25
Vedlegg A.	27
Vedlegg B.	30

Sammendrag

Undersøkelser av vannkvalitet, sediment og bunnfauna har i 1997 blitt foretatt ved oppdrettslokaliteten Kleppholmen i Hjelmeland kommune.

Oksgenanalysene viste meget gode oksygenforhold nær bunnen på begge stasjonene.

Næringssaltanalyser fra de frie vannmassene rett ved anlegget og 200 meter utenfor lokaliteten viste periodevis forhøyete verdier av totalt nitrogen, totalt fosfor og fosfat i enkelte vannsjikt. Ingen klare forskjeller i konsentrasjoner mellom de to stasjonene ble funnet.

Gjennomsnittet av målingene av algebiomasse i form av klorofyll a i integrerte vannprøver fra 0 til 10 meter, lå innenfor tilstandsklasse I ("Meget god"). Verdiene for totalt organisk karbon i vannmassene varierte utover det som representerer normal variasjon. Verdiene var gjennomgående høyest om sommeren.

Kjemiske analyser av sedimentet viste at kravene til klassifisering innen tilstandsklasse I ("Meget god") var tilfredsstillende for begge stasjonene. Analysene viste imidlertid at sedimentet tilføres organisk materiale fra oppdrettsvirksomheten med størst tilførsel for stasjonen midt på anlegget.

Den generelle analysen av bunndyrfaunaen viser gode forhold på begge stasjonene. Artssammensetningen på stasjonen rett ved anlegget indikerer imidlertid organisk påvirkning. Totalbildet er en lokalitet som blir utsatt for organisk belastning, men hvor det organiske materialet ikke oppkonsentreres. Et noe høyt artsantall på 200 m fra anlegget kan være tegn på en svak organisk stimulering.

En utvidelse av produksjonen til 2.000 tonn fisk vil medføre årlige utslipp av 100-115 tonn nitrogen og 20-25 tonn fosfor 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 tonn nitrogen og 150 tonn fosfor.

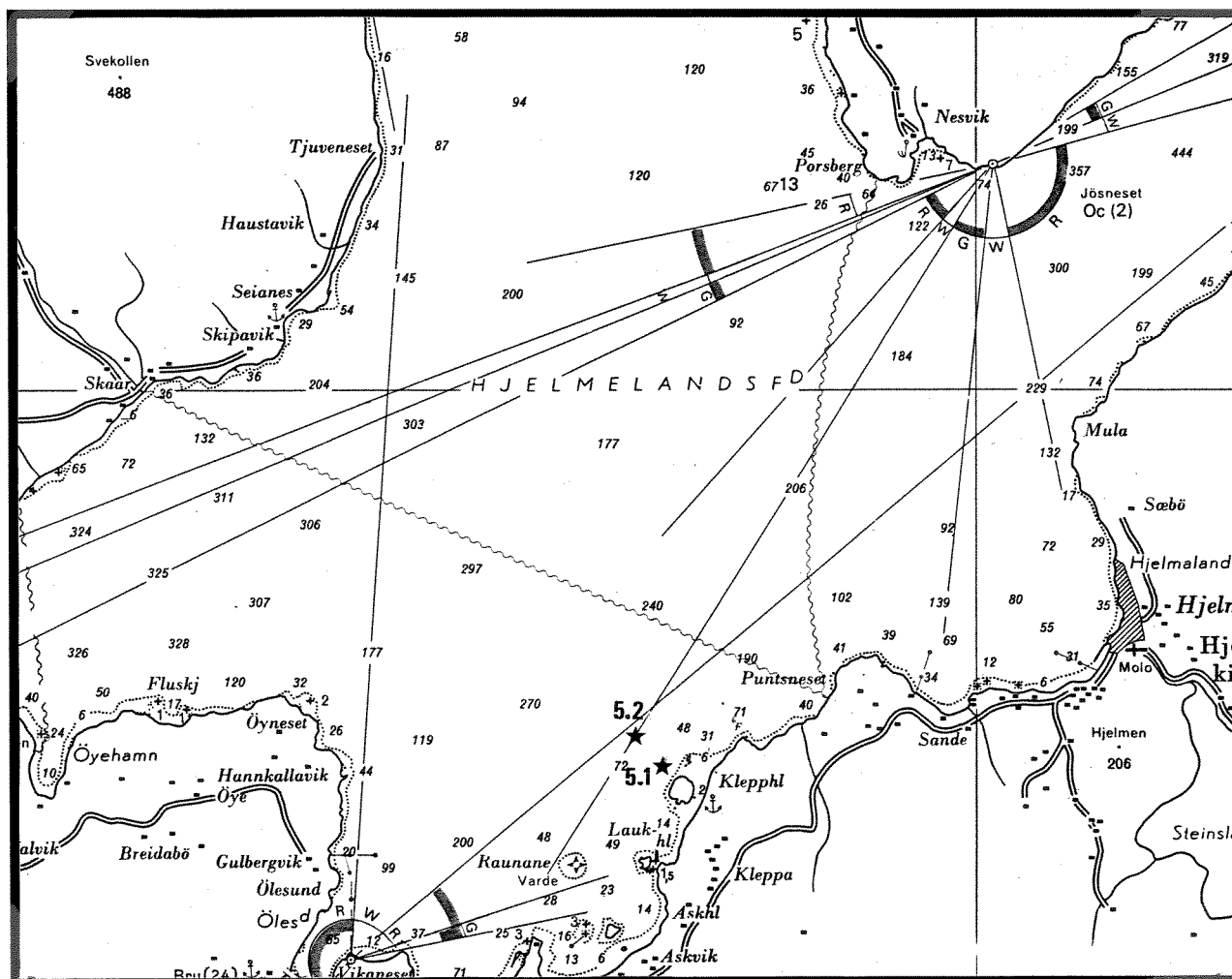
Beregninger viser at i perioder med liten strømfart, høy sjøtemperatur (dvs. lavt oksygeninnhold i sjøen) og stor fisketetthet kan det forekomme perioder med kritiske oksygenkonsentrasjoner i anlegget. Ammoniumkonsentrasjonen synes under slike forhold ikke å overstige faregrensen.

1. INNLEDNING

Hydro Seafood Rogaland a.s ønsker å etablere et stort oppdrettsanlegg (36.000 m³) på lokaliteten Kleppholmen i Hjelmeland kommune (figur 1.1). I den forbindelse ble Norsk institutt for vannforskning (NIVA) engasjert av oppdrettsfirmaet for å gjennomføre resipientundersøkelse og egnethet for oppdrettsvirksomhet i henhold til krav fra miljøvernmyndigheten 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 36.000 m³.



Figur 1.1. Kart over Hjelmelandsfjorden og tilgrensende områder. Innsamlingsstasjonene på lokaliteten Kleppholmen er markerte med *.

2. MATERIALE OG METODER

2.1 Lokalitetsbeskrivelse og stasjoner

Lokaliteten Kleppholmen ligger i Hjelmeland kommune ca. 2,5 km vestsørvest for tettstedet Hjelmeland. Lokaliteten ligger i sørlige del av Hjelmelandsfjorden. På lokaliteten varierer dybden mellom 58 og 126 meter med minst dybde inn mot land. Rett vest for Kleppholmen er bunn-dypet over 250 meter. Det vil si lokaliteten ligger i et område med store dyp.

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 bunndyrsamfunn og sedimentkjemi er prøvetatt 1 gang (vår).

Stasjon 1 (St. 5.1) ble lagt midt på eksisterende anlegg (pos. N59°13,92' E06°08,50'). Det har vært drevet fiskeoppdrett på denne lokaliteten i to år. Den andre stasjonen (St. 5.2) ble tatt ved ytterste forankring ca. 200 meter i nordvestlig retning fra anlegget (pos. N59°14,00' E06°08,40').

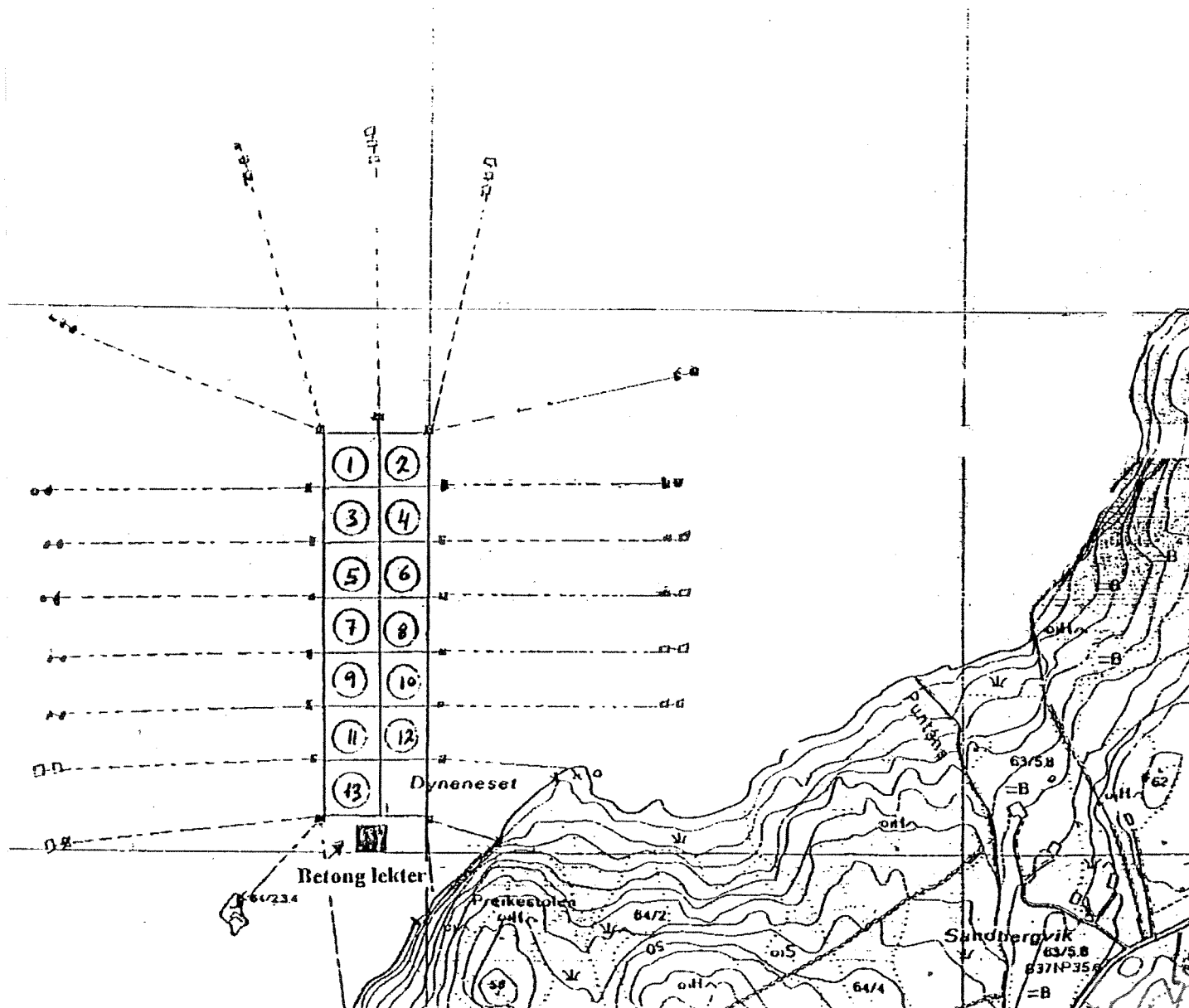
2.2 Metodikk

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 Kleppholmen 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 konservert 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.

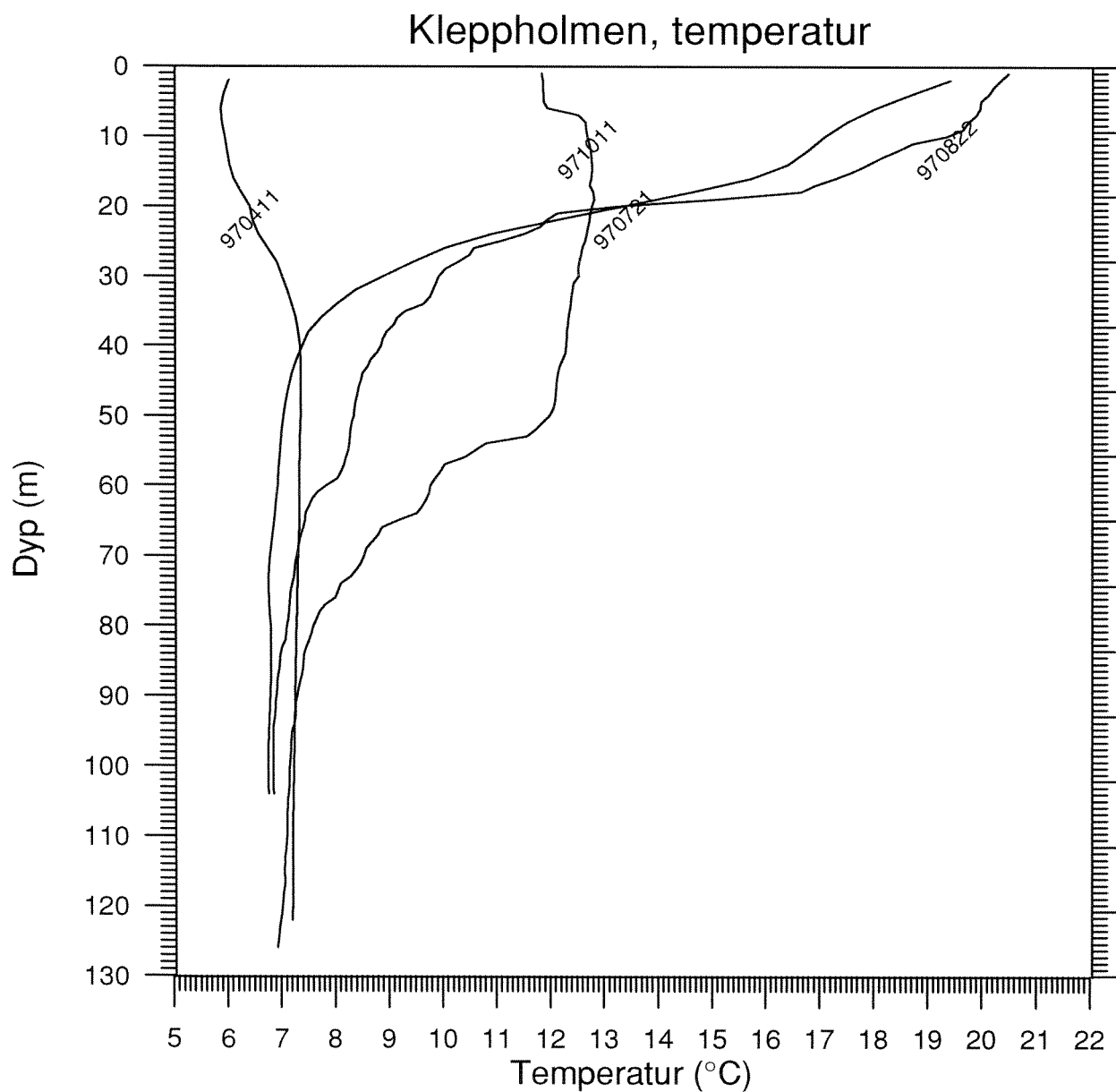
Kapasitetsberegninger

Beregninger av lokalitetens kapasitet er gjennomført ved bruk av modellen Fiskmeny (Stigebrand 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.

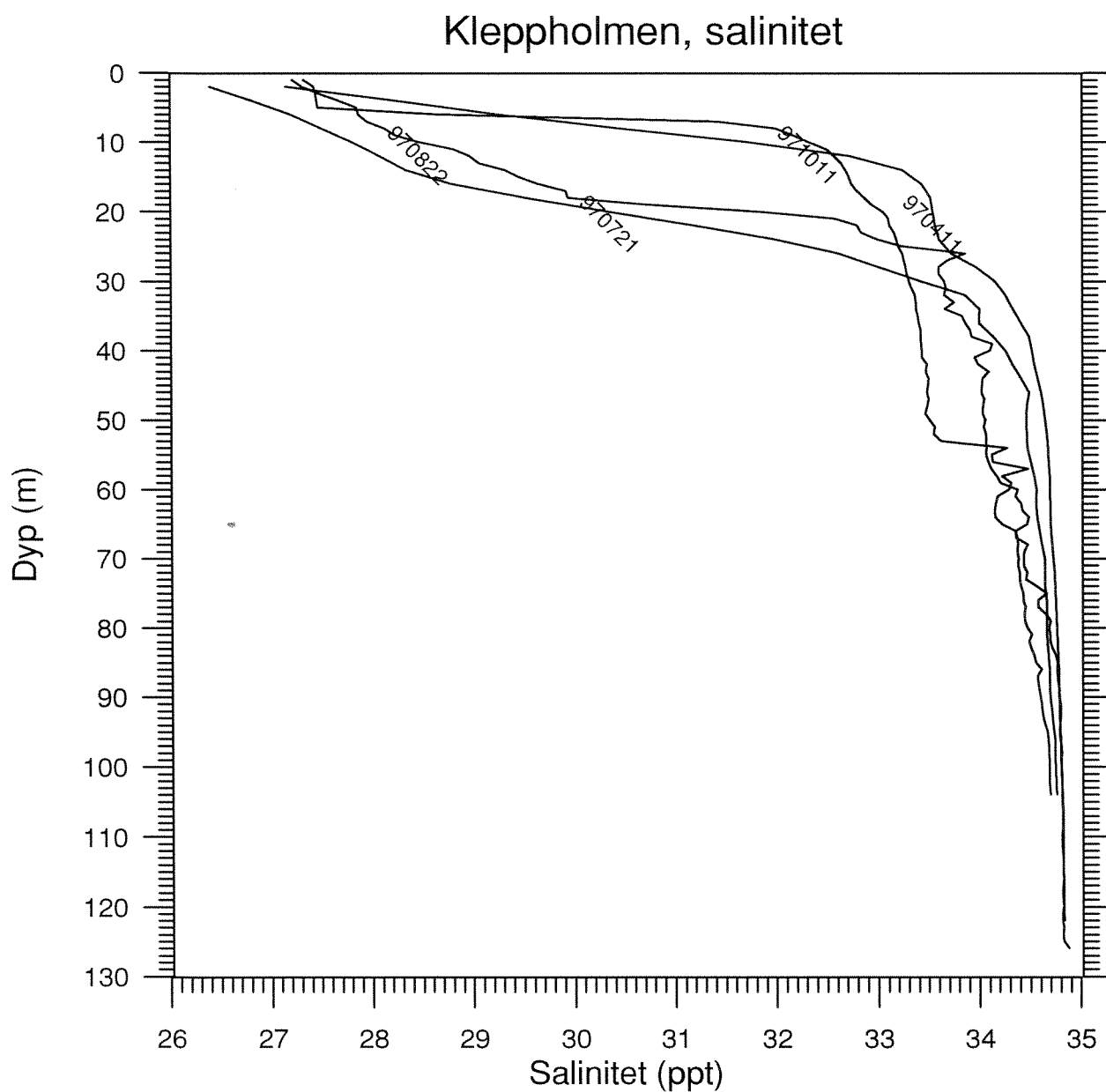
3. RESULTATER

3.1 Hydrografi

Figur 3.1 og 3.2 viser temperatur og saltholdighetsprofiler på lokaliteten Kleppholmen. Profilene viste relativt homogene vannmasser med hensyn på temperatur i april, men i juli og august var vannmassene betydelig mer stratifiserte.



Figur 3.1. Temperaturprofiler på lokaliteten Kleppholmen 11. april, 21. juli, 22. august og 12. oktober 1997.



Figur 3.2. Salinitetsprofiler på lokaliteten Kleppeholmen 11. april, 21. juli, 22. august og 12. oktober 1997.

Sprangsjiktet lå i sommermånedene rundt 20 m dyp. Målingen fra oktober viste at nedbrytningen av temperaturstratifiseringen i overflatelaget hadde begynt og vannmassene var relativt homogene ned til 50 m dyp.

Haloklinen lå mellom 5 og 20 m dyp. Den lå dypest om sommeren noe som betyr at tykkelsen på brakkvannslaget var størst da.

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 på begge stasjonene 8 m om våren og 9 m om høsten.

Tabell 3.1. Resultater av oksygenanalyser etter Winklers metode på stasjon 5.1 og 5.2.

Dato	St. 5.1			St. 5.2		
	Dyp (m)	mg O ₂ /l	Siktedyp (m)	Dyp (m)	mg O ₂ /l	Siktedyp (m)
11.04.97	50	9,11	8	100	9,51	8
14.10.97	50	7,54	9	120	7,67	9

3.2 Vannkjemi

Resultatene av de vannkjemiske analysene er vist i tabell 3.2. Gjennomsnittsverdiene for totalt fosfor (Tot-P), fosfat (PO₄), totalt nitrogen (Tot-N) og nitrat (NO₃) i de 8 prøvene som er tatt av vannsøylen på hver stasjon i sommermånedene faller alle både inn under tilstandsklasse I ("Meget god") etter SFTs klassifiseringssystem for overflatelag (Molvær et al. 1997). Der forekommer imidlertid enkelte høye verdier spesielt for totalt nitrogen der den høyeste verdien faller inn under tilstandsklasse III. Det er imidlertid ikke noe mønster der st. 5.1 skiller seg ut i forhold til st. 5.2.

Vår og høstverdiene skiller seg ut med høye verdier for nitrat, fosfat og totalt fosfor sett i forhold til sommerkriteriene. Målingene i april er gjort på et tidspunkt da vinterforrådet av næring fremdeles kan innvirke på næringssaltkonsentrasjonene. I tillegg var vannmassene relativt homogene og næring tilføres da lett fra dypere vannlag. Høye verdier for både nitrat og fosfat på 15 m underbygger næringstilførsel fra dypere vannlag. Verdiene ligger i gjennomsnitt innenfor tilstandsklasse I ("Meget god") etter vinterkriteriene.

Økningen i nitrat om høsten viser at næring er blitt tilført øvre del av vannsøylen. Verdiene var omtrent like på alle fire dyp og kan være et utslag av homogene vannmasser der næringsinnholdet var jevnt fordelt i den øvre delen av vannsøylen. De spesielt høye verdiene for totalt fosfor og fosfat på 1 m dyp på st. 5.1 og 5 m dyp på st. 5.2 kan ikke tilskrives tilførsler fra dypere vannlag. Verdiene for totalt fosfor faller inn under tilstandsklasse III ("Mindre god"), når man tar utgangspunkt i vinterkriteriene. Mønsteret for de høye fosforverdiene kan indikere utslipp av fosfor som synker ned etter hvert som avstanden fra anlegget øker.

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

Tabell 3.2. Resultater av næringsstoffanalyser 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. 5.1 (ved anlegget)	11.04.97	1	8	7	135	31	4,4	1,3	16,9	
		5	7	2	135	26	13,0	1,4	19,3	
		10	10	5	147	39	7,8	1,5	14,7	
		15	19	15	190	88	5,9	1,0	10,0	
St. 5.2 (sørvest for anlegget)		1	6	2	140	33	16,5	2,7	23,3	
		5	7	2	126	26	13,0	3,3	18,0	
		10	10	6	144	40	6,7	1,3	14,4	
		15	19	15	280	135	9,0	1,6	14,7	
St. 5.1 (ved anlegget)	21.07.97	1	7	<1	265	1	-	2,5	37,9	0,35
		5	6	<1	165	1	-	3,0	27,5	
		10	7	<1	175	1	-	2,7	25,0	
		15	6	<1	325	1	-	2,4	54,2	
St. 5.2 (sørvest for anlegget)		1	6	<1	150	2	-	2,5	25,0	0,33
		5	6	<1	149	2	-	2,9	24,8	
		10	10	<1	141	2	-	2,7	14,1	
		15	9	2	160	2	1,0	2,3	17,8	
St. 5.1 (ved anlegget)	22.08.97	1	7	2	195	4	2,0	2,8	27,9	0,52
		5	9	2	150	4	2,0	2,8	16,7	
		10	7	2	144	3	1,5	2,9	20,6	
		15	7	2	150	4	2,0	2,4	21,4	
St. 5.2 (sørvest for anlegget)		1	7	2	290	<1	-	3,0	41,4	0,71
		5	12	5	170	<1	-	2,7	14,2	
		10	7	2	175	4	2,0	3,0	25,0	
		15	10	3	415	4	1,3	2,6	41,5	
St. 5.1 (ved anlegget)	12.10.97	1	27	14	165	21	1,5	1,9	6,1	2,00
		5	10	4	160	21	5,3	2,0	16,0	
		10	9	4	175	25	6,3	2,4	19,4	
		15	14	9	205	29	3,2	1,8	14,6	
St. 5.2 (sørvest for anlegget)		1	6	2	165	27	13,5	1,9	27,5	2,03
		5	36	29	165	21	0,7	1,6	4,6	
		10	8	4	225	27	6,8	1,6	28,1	
		15	9	5	160	25	5,0	1,8	17,8	

forholdet mellom nitrat og fosfat i vannmassene er lavere enn 7,2 (Redfieldforholdet), betyr det at nitrogen tilgangen er vekstbegrensende sett fra planteplanktonets behov. Underskudd på nitrogen i forhold til fosfor synes å være hovedtrenden ved Kleppholmen.

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, da med unntak av de tilfellene med fosfortilførsel om høsten.

Gjennomsnittsverdiene for de tre klorofyll a - målingene var 0,96 og 1,02 for henholdsvis stasjon 5.1 og 5.2. Dette er verdier som ligger godt innenfor grensen for tilstandsklasse I ("Meget god").

Verdiene for totalt organisk karbon i vannmassene varierte utover det som representerer normal variasjon (0,4-2 mg/l). Gjennomsnittet for alle målingene var 2, 2 og 2,3 mg/l på henholdsvis st. 5.1 og st. 5.2. Verdiene var gjennomgående høyest om sommeren.

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 lavt på begge stasjonene. Etter klassifiseringssystemet utarbeidet av Bjerknæs et al. (1988) (Tabell 3.4) vil begge stasjonene gi klassifisering "Svært lav" organisk belastning.

Etter SFTs klassifiseringssystem (Molvær et al. 1997) ligger også begge stasjonene (Tabell 3.5) innenfor tilstandsklasse I ("Meget god") når det gjelder normalisert totalt organisk karbon. Totalt organisk nitrogen og fosfor inngår ikke i SFTs klassifiseringssystem. Analyseresultatene viser imidlertid 1,10 og 1,00 mg P/g sediment på henholdsvis stasjon 5.1 og 5.2 og <1,0 mg N/g sediment på begge stasjonene.

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.

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

Stasjon	Dyp (m)	Total gløderest (g/kg)	% organisk materiale Glødetap	<63 µm (%)	pH
St. 5.1	56	986	1,4	14,8	7,6
St. 5.2	126	976	2,4	46,0	7,5

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

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. 5.1	56	<1,0	1,10	4,3	19,6	>4,3	<0,91	0,26	18,5	22,1
St. 5.2	126	<1,0	1,00	5,9	15,6	>5,9	<1,00	0,17	4,3	29,6

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- og N/P-forholdene 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 (0,26 og 0,17) med høyest forholdstall på stasjon 5.1. Selv om det organiske innholdet i sedimentet på de to stasjonene er lavt, kan det imidlertid konkluderes med at de organiske tilførslerne 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 fôrspill gir derfor forhøyede Zn-konsentrasjoner nær oppdrettsanlegg. På begge stasjonene lå imidlertid både kobber- og sinkverdiene (jfr. Tabell 3.5) innenfor tilstandsklasse I ("Ubetydelig-Lite forurenset") etter SFTs klassifiseringssystem.

3.4 Bunndyrsamfunn

Tabell 3.6 og 3.7 oppsummerer resultatene av bunndyranalysene. Fullstendige artslistene fra bunndyranalysene er gitt i Vedlegg 1.

Stasjon 5.1. Stasjonen hadde normale arts- og individtall og normalt artsmangfold som tyder på generelt gode forhold. Men artssammensetningen indikerer organisk påvirkning. De to dominante artene, *Capitella capitata* og *Ophryotrocha hartmanni*, er former som begünstiges av organiske tilførsler. Lavt innhold av finmateriale i sedimentet tyder på at lokaliteten er strømråk. Sedimentet hadde lavt organisk innhold og får god karakteristikk etter SFTs

miljøkvalitetskriterier. Prøvene tyder på en lokalitet som er utsatt for organisk belastning, men hvor organisk materiale ikke oppkonsentreres på bunnen.

Stasjon 5.2. Stasjonen hadde forholdsvis høye artstall og normale individtall. Artsmangfold var høyt og indikerer sammen med artsindeksen gode forhold. Muligens kan det høye artstallet være tegn på en svak stimulering av organiske tilførsler. Artssammensetningen er typisk for dypere bløte fjordsedimenter. Sedimentet hadde lavt organisk innhold og får god karakteristikk etter SFTs miljøkvalitetskriterier.

Tabell 3.6 Antall arter, individtall, individtettheter og arts mangfold i prøvene av bunnfauna fra Kleppholmen 11. april 1997. Arts mangfoldet 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
5.1 ¹⁾	grabb 1	0.1	40	374				
	grabb 2	0.1	35	180				
	sum	0.2	52	554	2770	3.82	24.8	6.1
5.2 ¹⁾	grabb 1	0.1	60	335				
	grabb 2	0.1	63	245				
	sum	0.2	80	580	2900	4.90	35.7	7.7

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 Kleppholmen 11. april 1997. De ti mest individrike artene på hver stasjon er vist.

Stasjon 5.1

Art	Gruppe	Ind /0.2 m ²
<i>Capitella capitata</i>	POLYCHAETA	159
<i>Ophryotrocha hartmanni</i>	POLYCHAETA	124
<i>Thyasira flexuosa</i>	BIVALVIA	36
<i>Myriochele oculata</i>	POLYCHAETA	27
<i>Prionospio fallax</i>	POLYCHAETA	21
<i>Edwardsia</i> sp.	ANTHOZOA	14
<i>Nemertinea</i> sp.	NEMERTINEA	14
<i>Exogone verugera</i>	POLYCHAETA	14
<i>Philine scabra</i>	OPHISTOBRANCHIA	13
<i>Cerianthus lloydi</i>	ANTHOZOA	11

Stasjon 5.2

Art	Gruppe	Ind /0.2 m ²
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	POLYCHAETA	93
<i>Nemertinea indet</i>	NEMERTINEA	71
<i>Eclysippe vanelli</i>	POLYCHAETA	56
<i>Ampharetidae ind</i>	POLYCHAETA	34
<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	POLYCHAETA	28
<i>Spiophanes kroeyeri</i>	POLYCHAETA	21
<i>Sosanopsis wireni</i>	POLYCHAETA	19
<i>Levinsenia gracilis</i>	POLYCHAETA	15
<i>Diplocirrus glaucus</i>	POLYCHAETA	15
<i>Abyssoninoe hibernica</i>	POLYCHAETA	13

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 viste på begge stasjonene påvirkning fra anlegget. Med en årlig produksjon på inntil 1.000 tonn de siste årene, med bunndyp på ca. 60-130 meter og moderat strøm er et slikt resultat ikke overraskende. I følge NIVAs strømmålinger (Nygaard 1997a) varierer strømmen fra å være enten øst- eller vestgående. Det innebærer at en kan forvente å finne fôrrester og fekalier i et visst areal på bunnen både på øst- og vestsiden av anlegget.

4.1.2 Tilstanden i sjøen

Næringssalter

Næringssaltkonsentrasjonene fra vannprøvene (Tabell 3.2) tatt rett ved og ca. 200 meter i sørvestlig retning utenfor anlegget viste om høsten forhøyede konsentrasjoner av totalt fosfor og fosfat. Årsaken til dette antas å skyldes målbare økninger i fosforkonsentrasjonen som følge av utslippene fra oppdrettsanlegget.

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 Fosså kan dermed ikke vurderes. Sommerverdiene ligger imidlertid på samme konsentrasjonsnivå som målinger i 1995 viste i vannmassene nord for Stavanger (Bokn et al. 1996).

4.1.3 Vannutskiftning, stagnasjonsperioder

Anlegget ved Fosså ligger gunstig orientert i retning nord-sør (fig. 2.1) med hensyn til de dominerende strømmetninger som er østlig og vestlig (Nygaard 1997a).

Strømmålingene gjennomført av NIVA i januar-februar 1997 viste en middelvei for strømfart på 4,39 cm/s på 15 meters dyp. Det foreligger ikke strømmålinger fra 3 meters dyp fordi strømmåleren gikk tapt på grunn av vannlekkasje.

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

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 med strøm under 2 cm/s var 4,3 timer på 3 meters dyp og 19,3 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 (Fiskeridirktoratet 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 (fórfaktor for Kleppholmen (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 1,10 til en reduksjon i nitrogen- og fosfortilførslene på 16-17%. En ytterligere forbedring av fórfaktoren vil naturlig nok redusere tilførslene ved at enda 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 (N. Viga pers. med.).

Estimerte tilførsler pr. døgn ved maksimal fóring	Totalt	Vannløst
Totalt nitrogen (avrundet)	600 kg/døgn	500 kg/døgn
Totalt fosfor (avrundet)	130 kg/døgn	65 kg/døgn

4.3 Driftsfaktorer

4.3.1 Oksygen

Oksygen vil kunne være en problemfaktor i perioder med maksimal produksjon, svak strøm og høy sjøtemperatur som gir liten oksygenkonsentrasjon i sjøen. Gjennomsnittlig strømfart ved målt stagnasjon (pga. friksjon i rotor på strømmåler) er beregnet til 0,8 cm/s. Lengste periode med denne strømfarten ble målt til ca. 7 timer. Dette er benyttet for å finne oksygenkonsentrasjonen inne i merd som ligger rett mot strømmen og i en merd som ligger i strømskyggen fra en foranliggende merd. I disse beregningene er merdene antatt å være kvadratiske (25x25 meter, omtrent tilsvarende areal som en 90 metring) og med et dyp på 20 meter. Oksygenforbruket er satt til 10 kg O₂ pr. tonn fisk pr. døgn. Utgangskonsentrasjonen for oksygen er satt lik 9 mg/l. Ved høy fisketetthet er det beregnet 150 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 merd2.

Beregninger viser at oksygenkonsentrasjonen i merdene kan ved høy fisketetthet komme ned i 2-3 mg O₂/l i merden som ligger i strømskyggen.

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 Fosså vil forårsake. Resultatene av modellkjøringen viser at oksygenkonsentrasjonen nær overflaten i merdene ikke kommer ned under den anbefalte nedre grense på 5 mg O₂/l (Vedlegg B). Her bør det imidlertid gjøres oppmerksom på at modellen Fiskmeny benytter gjennomsnittlig strømfart slik at forhold som oppstår under perioder med strømstille/liten strømfart ikke inkluderes i beregningene.

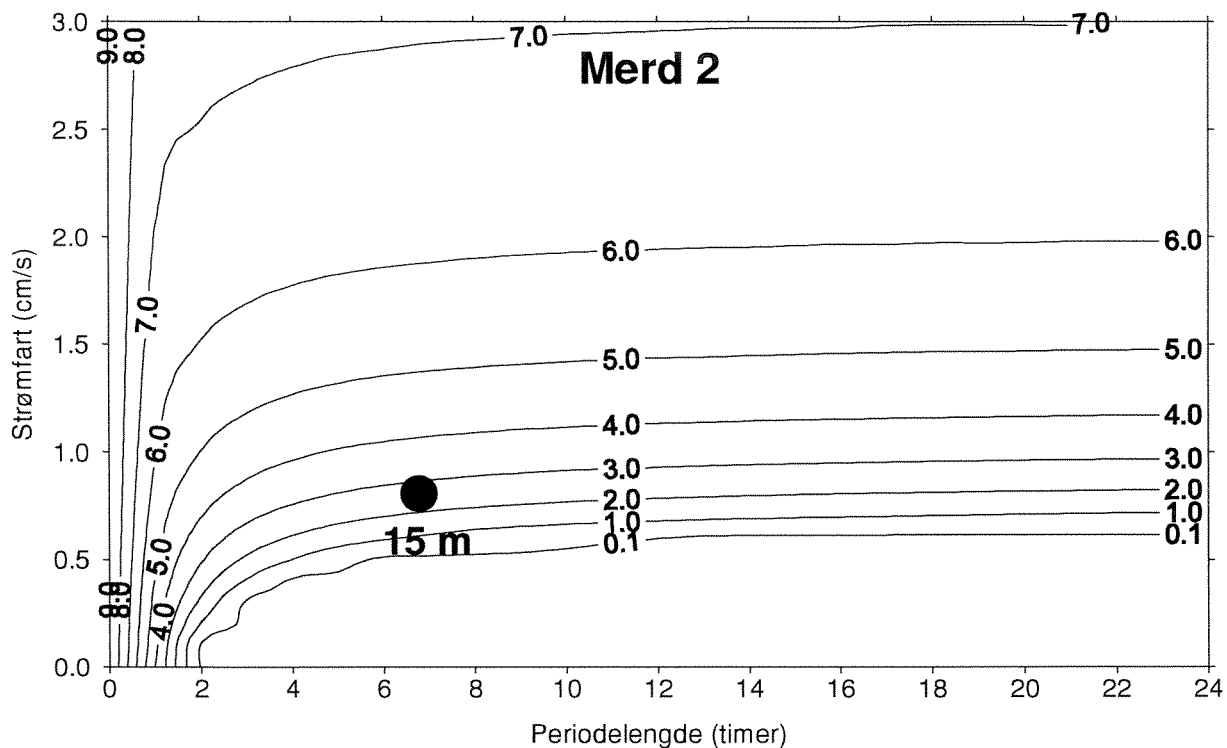
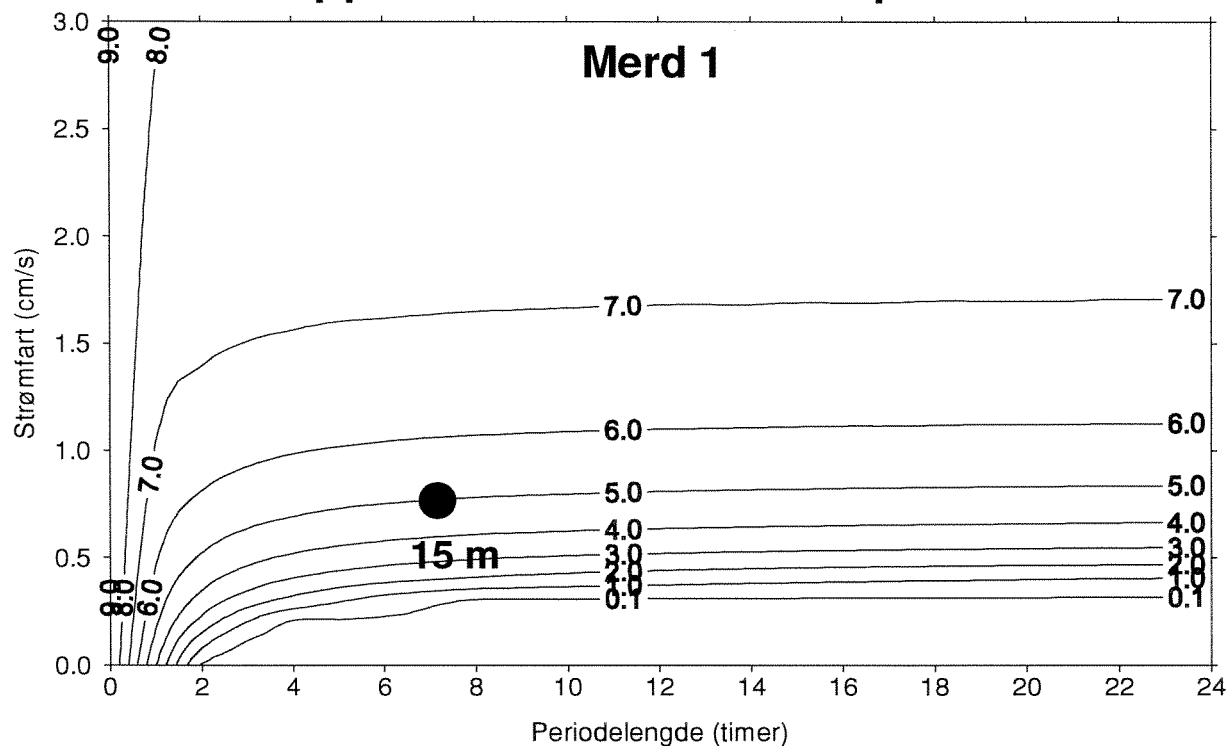
Ut fra disse resultatene anbefales det at det gjennomføres oksygenmålinger i anlegget ved Kleppholmen sommerstid for å kontrollere om lavt oksygennivå kan være en stress og vekstbegrensende faktor for fisken om sommeren.

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. Modellkjøringene ga som resultat at ammonium i merdene sannsynligvis ikke vil være et problem for anlegget med den størrelse og fiskeproduksjon som er planlagt.

Klepsholmen 150 tonn fisk pr. merd



Figur 3.3. 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 150 tonn fisk pr. merd.

5. KONKLUSJONER

Oksgenanalysene viste meget gode oksygenforhold ved bunnen på begge stasjonene.

De vannkjemiske analysene fra de øvre 15 meterene av vannsøylen fra april, juli, august og oktober viste periodevis forhøyete verdier av totalt fosfor, fosfat og totalt nitrogen i enkelte vannsjikt. Ingen klare forskjeller i næringssaltkonsentrasjonene ble imidlertid funnet for stasjonen midt i anlegget og på stasjonen 200 meter utenfor oppdrettslokaliteten.

Gjennomsnittet av 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 i vannmassene varierte utover det som representerer normal variasjon. Verdiene var gjennomgående høyest om sommeren.

De kjemiske analysene av sedimentprøvene fra begge stasjonene tilfredsstillende for alle parametere kravene for klassifisering i tilstandsklasse I ("Meget god") innen SFTs klassifiseringssystem. En nærmere analyse av sedimentets kjemi viser imidlertid at sedimentet tilføres organisk materiale fra oppdrettsvirksomheten. Sterkest er signalet på stasjonen tatt midt på oppdrettsanlegget.

Den generelle analysen av bunndyrfaunaen viser gode forhold på begge stasjonene. Artssammensetningen på st. 5.1 indikerer imidlertid organisk påvirkning. Totalbildet er en lokalitet som blir utsatt for organisk belastning, men hvor det organiske materialet ikke oppkonsentreres. Det må også bemerkes at denne stasjonen ligger midt i eksisterende oppdrettsanlegg og en viss påvirkning må forventes. Et noe høyt artsantall på st. 5.2 kan være tegn på en svak organisk stimulering.

En produksjon av 2.000 tonn fisk ved Kleppholmen vil resultere i tilførsler på 99-114 tonn nitrogen og 21-24 tonn fosfor ved fórfaktorer på 1,12-1,23. Tilførslene vil imidlertid variere over året og er beregnet ved en fiskemengde på 1.500 tonn til å kunne komme opp i 700 kg nitrogen/døgn og 150 kg fosfor pr. døgn hvorav 80-90% av nitrogenet og 50-60% av fosforet vil være vannløst.

Beregninger av oksygenforholdene i merdene under perioder med lav strømfart viser at det i perioder med høy fisketetthet, kan forekomme perioder med kritiske oksygenkonsentrasjoner. Dette gjelder spesielt for 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. 1996. Resipientundersøkelser i 1995 i sjøområder rundt Stavangerhalvøya. NIVA-rapport l.nr.3493-96. 127 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 eutroforhold i fjorder og kystfarvann. SFT/NIVA. 129 s.
- Molvær, J., J. Knutzen,, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei & J. Sørensen. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. SFT-veiledning 97:03. TA-nr. 1467/1997.
- Nygaard, E. 1997a. Strømmålinger ved Lindvik, Fossaa, Kleppholmen og Djupvik 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 bunnfauna - Kleppholmen 11. april
1997

0.1 m² van Veen bunngrabb

Anlegg 5 Kleppholmen: stasjon - prøve		1-1	1-2	2-1	2-2
ANTHOZOA	<i>Cerianthus lloydi</i> Gosse	10	1		
	<i>Edwardsia</i> sp	12	2		
NEMERTINEA	<i>Nemertinea</i> indet	5	9	54	17
NEMATODA	<i>Nematoda</i> indet	4	1	1	1
POLYCHAETA	<i>Paramphinome jeffreysii</i> (McIntosh 1868)			56	37
	<i>Pholoe</i> sp	4	6	2	1
	<i>Eteone</i> cf. <i>longa</i> (Fabricius 1780)	1	2		
	<i>Exogone verugera</i> (Claparede 1868)	6	8	4	1
	<i>Ceratocephale loveni</i> Malmgren 1867			1	
	<i>Nephtys</i> cf. <i>cirrosa</i> Ehlers 1868	2			
	<i>Nephtys hombergii</i> Savigny 1818	1	1		
	<i>Nephtys paradoxa</i> Malm 1874		1		
	<i>Nephtys</i> sp				1
	<i>Sphaerodoridium fauchaldi</i> Hartmann-Schröder, 1993				1
	<i>Glycera lapidum</i> (Eliason 1920)		1	1	
	<i>Glycinde nordmanni</i> (Malmgren 1865)	1			
	<i>Goniada maculata</i> Oersted 1843	2			1
	<i>Abyssoninoe hibernica</i> (McIntosh, 1903)			8	5
	<i>Augenaria tentaculata</i> Monro 1930			1	1
	<i>Lumbrineris</i> cf. <i>aniara</i> Fauchald 1974			3	1
	<i>Drilonereis filum</i> (Claparede 1868)			1	1
	<i>Ophryotrocha hartmanni</i> Huth 1933	57	67		
	<i>Ougia macilenta</i> (Oug, 1978)		1		
	<i>Parougia eliasoni</i> (Oug, 1978)		1		
	<i>Protodorvillea kefersteini</i> (McIntosh 1869)			1	1
	<i>Palpiphitime lobifera</i> (Oug, 1978)	6	5		
<i>Phylo kupfferi</i>			1		
<i>Scoloplos armiger</i> (O.F.Mueller 1776)	1	2			
<i>Apistobranchnus tullbergi</i> (Theel 1879)				1	
<i>Aricidea catherinae</i> Laubier 1967	1		2	1	
<i>Aricidea</i> cf. <i>simonae</i> Laubier & Ramos 1974				2	
<i>Levinsenia gracilis</i> (Tauber 1879)			12	3	
<i>Paradoneis lyra</i> (Southern 1914)	1	2		3	
<i>Polydora</i> cf. <i>caeca</i> (Oersted 1843)	1				

	<i>Prionospio cirrifera</i> Wiren 1883	2	1	1	1
	<i>Prionospio dubia</i> Maciolek 1985			1	1
	<i>Prionospio fallax</i> Soederstroem 1920	15	6	1	
	<i>Prionospio multibranchiata</i> Berkeley 1927			1	
	<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i> Czerniaavsky			20	8
	<i>Spiophanes bombyx</i> (Claparede 1870)		1		
	<i>Spiophanes kroeyeri</i> Grube 1860			13	8
	<i>Chaetozone setosa</i> Malmgren 1867	5	5	1	1
	<i>Cirratulus cirratus</i> (O.F.Mueller 1776)	6	3		
	<i>Macrochaeta polyonyx</i> Eliason 1962			2	
	<i>Tharyx cf. mcintoshi</i> (Southern, 1914)			10	
	<i>Tharyx mcintoshi</i> (Southern, 1914)				2
	<i>Tharyx</i> sp			5	5
	<i>Diplocirrus glaucus</i> (Malmgren 1867)			9	6
	<i>Scalibregma inflatum</i> Rathke 1843	1		3	4
	<i>Ophelina acuminata</i> Oersted 1843				3
	<i>Ophelina norvegica</i> Stoep-Bowitz 1945				2
	<i>Capitella capitata</i> (Fabricius 1780)	142	17		
	<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparede 1864)	2		6	4
	<i>Mediomastus fragilis</i> Rasmussen 1973		4		
	<i>Notomastus latericeus</i> Sars 1851			1	
	<i>Euclymeninae</i> indet			1	1
	<i>Nicomache</i> sp			1	1
	<i>Rhodine gracillior</i> Tauber 1879			1	
	<i>Rhodine loveni</i> Malmgren 1865				2
	<i>Myriochele oculata</i> Zaks 1922	22	5	2	
	<i>Owenia fusiformis</i> Delle Chiaje 1841	5	2		
	<i>Pectinaria auricoma</i> (O.F.Mueller 1776)	6			
	<i>Pectinaria koreni</i> Malmgren 1865	2		1	
	<i>Ampharetidae</i> indet			17	17
	<i>Eclysippe vanelli</i> (Fauvel 1936)			24	32
	<i>Samytha sexcirrata</i> M.Sars 1856			2	1
	<i>Sosanopsis wireni</i> Hessle 1917			4	15
	<i>Pista cristata</i> (O.F.Mueller 1776)			1	1
	<i>Polycirrus norvegicus</i> (Wollebaek 1912)		1		
	<i>Polycirrus</i> sp			1	1
	<i>Terebellides stroemi</i> M.Sars 1835			8	3
	<i>Trichobranthus roseus</i> (Malm 1874)			1	2
	<i>Chone</i> sp	1		2	1
	<i>Euchone</i> sp			1	
PROSOBRANCHIA	<i>Lunatia alderi</i> (Forbes)	2	2		
	<i>Lunatia montagui</i> (Forbes)		1		
	<i>Nudibranchia</i> indet	1	9		
	<i>Philine scabra</i> (O.F.Mueller 1776)	7	6		
POLYPLACOPHOR A	<i>Lepidopleurus asellus</i> (Spengler)		1		

CAUDOFOVEATA	Caudofoveata indet	3		6	4
BIVALVIA	Nucula tumidula (Malm)			3	2
	Nucula turgida Leckenby & marshall			1	
	Yoldiella tomlini Winckworth 1932				2
	Lucinoma borealis (Linne 1767)	1			
	Thyasira equalis (Verrill & Bush)			4	4
	Thyasira ferruginea (Forbes)			5	2
	Thyasira flexuosa (Montagu 1803)	33	3		
	Thyasira obsoleta (Verrill & Bush)			2	1
	Thyasira pygmaea (Verrill & Bush)				1
	Mysella bidentata (Montagu 1803)	1			
	Tellina sp	1			
	Abra nitida (Mueller 1789)	2			
	Cardiomya costellata (Deshayes)			1	
	Tropidomya abbreviata (Forbes 1843)				1
SCAPHOPODA	Dentalium entale Linne		1		
	Entalina quinquangularis (Forbes)				1
CUMACEA	Eudorella emarginata Kroeyer			2	1
TANAIDACEA	Tanaidacea indet				1
AMPHIPODA	Amphipoda indet			1	
	Tryphosites longipes (Bate & Westwood 1861)		2		
	Ampelisca tenuicornis Lilljeborg	1			
	Cheirocratus intermedius Sars 1894		1		
	Eriopisa elongata Bruzelius			8	3
	Bathymedon longimanus (Boeck)				1
	Synchelidium haplocheles (Grube)				1
	Nicippe tumida Bruzelius			1	2
DECAPODA	Zoealarve			1	1
SIPUNCULIDA	Golfingia cf. minuta (Keferstein)			1	1
	Onchnesoma steenstrupi Koren & Danielssen 1876			6	7
	Sipunculida indet			1	
ASTEROIDEA	Luidia sarsi Dueben & Koren	1			
OPHIUROIDEA	Ophiuroidea indet			3	6
	Amphilepis norvegica Ljungman			1	
	Ophiura albida Forbes				1
ECHINOIDEA	Brisaster fragilis (Dueben & koren)				1
	Brissopsis lyrifera (Forbes)	1			
HOLOTHUROIDEA	Labidoplax buski (McIntosh)				1

Vedlegg B.

Resultater fra kjøring av modellen Fiskmeny.

NIVA
Postboks 333 - Blindern
0314 OSLO 3

FISKMENY (ver.2.0): Kleppholmen (2000 tonn produksjon), 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	100.0	meter

TABELL 1B AKTUELLE TEMPERATURER (M•NEDSMIDDEL) 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 strømretning)	350	meter
Mærenes dyp	20	meter
Fisktetthet (høyeste verdi juli-sept.)	24	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 (TILLEGGSPPLYSNINGER).

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 2040000 KG.

Basert p†	Oksygen inn (mg/l)	Oksygen ut (mg/l)	Ammonium inn (mg/l)	Ammonium ut (mg/l)
Middelstrøm*)	7.95	7.29	0	0.02
Fjordoverflate*)	7.26	6.60	0.00	0.02

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

TABELL 6 UTSLIPP AV OPPLØST NITROGEN OG FOSFOR FRA MÆRENE VED HØYE, MIDLERE OG LAVE TEMPERATURER. TONNAGEN I MÆRENE ER 2040000 KG. *)

Temperatur (C)	Nitrogen (kg/døgn)	Fosfor (kg/døgn)
14.7	289.0	45.2
9.5	190.6	29.8
4.3	125.8	19.7

*) 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 2040000 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	2370	1235	1032.1	3.47	22.19
25	14.7	9132	4041	1290.1	32.40	207.09
50	14.7	15893	6847	1548.1	61.33	392.00
0	9.5	1564	814	680.8	2.29	14.64
25	9.5	6024	2666	851.1	21.38	136.61
50	9.5	10484	4517	1021.3	40.46	258.59
0	4.3	1032	537	449.1	1.51	9.66
25	4.3	3974	1758	561.4	14.10	90.12
50	4.3	6916	2979	673.7	26.69	170.59

KOMMENTARER TIL TABELL 7.

Sedimentoverflate= 32250 kvadratmeter markert påvirket av forrester og ekskrementer. I tillegg kommer sedimentasjon over et større område av organisk materiale som plante- og dyreplankton genererer pga utskillelse av oppløst fosfor og nitrogen direkte fra mærene.

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

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

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

Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås
0411 Oslo

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

Ved bestilling av rapporten,
oppgi løpenummer 3797-98

ISBN 82-577-3372-5