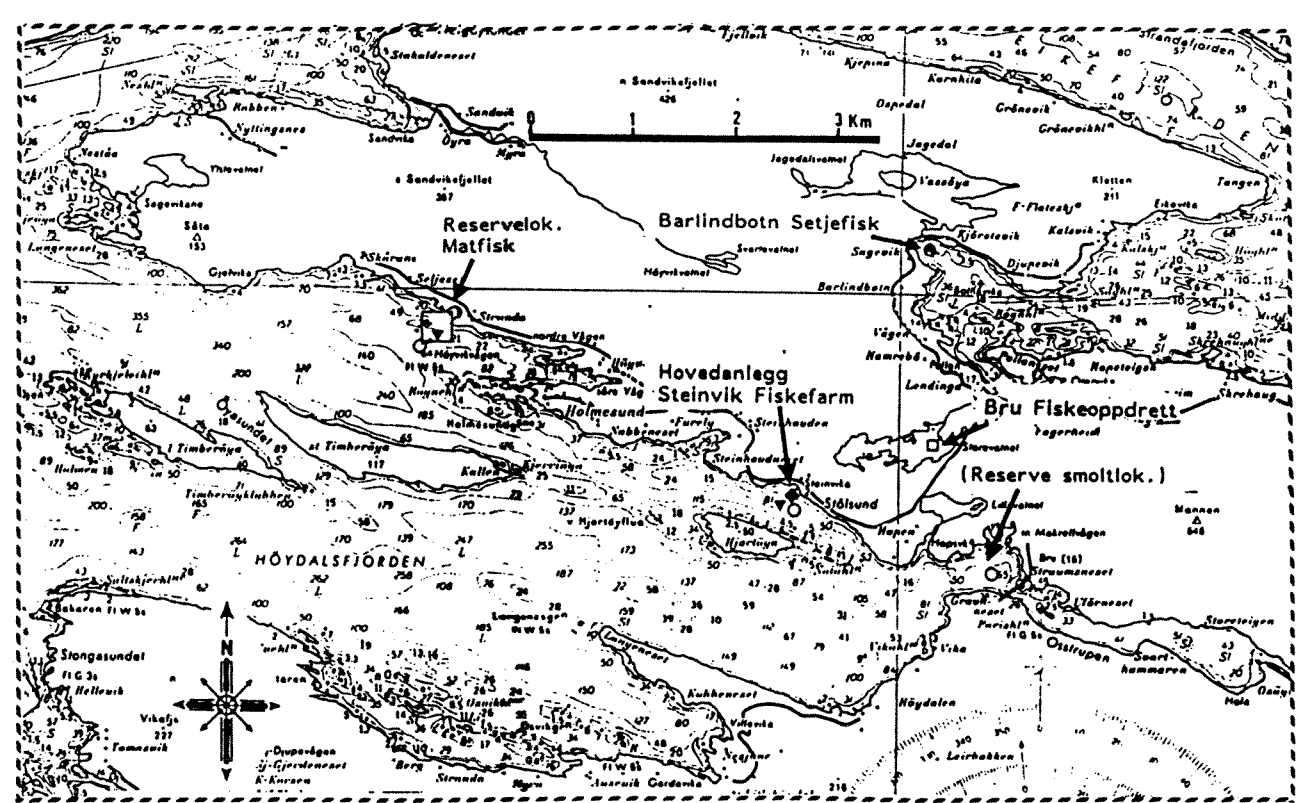
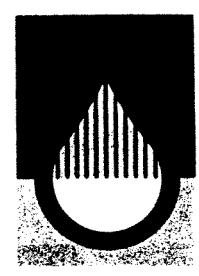


O-88140

Vurdering av to oppdretts- lokaliteter i Høydalsfjorden



Norsk institutt for vannforskning
Vestlandsavdelingen



NIVA

NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Hovedkontor Postboks 33, Blindern 0313 Oslo 3 Telefon (02) 23 52 80 Telefax (02) 39 41 29	Sørlandsavdelingen Grooseveien 36 4890 Grimstad Telefon (041) 43 033 Telefax (041) 42 709	Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad Telefon (065) 76 752	Vestlandsavdelingen Breiviken 5 5035 Bergen - Sandviken Telefon (05) 95 17 00 Telefax (05) 25 78 90
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Prosjektnr.: O-88140
Undernummer:
Løpenummer: 2185
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: VURDERING AV TO OPPDRETTSLOKALITETER I HØYDALSFJORDEN	Dato: 23/12 1988
	Prosjektnummer: O-88140
Forfatter (e): L. G. Golmen S. R. Erga	Faggruppe: Akvakultur
	Geografisk område: Sogn og Fjordane
	Antall sider (inkl. bilag): 52

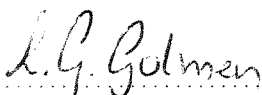
Oppdragsgiver: Steinvik Fiskefarm a/s, 6940 Eikefjord	Oppdragsg. ref. (evt. NTFN-nr.):
-----------------------------------------------------------------	----------------------------------

Ekstrakt:
I rapporten er to ulike sjøområde vurdert med omsyn til eignaheit for for lakseoppdrett. Områda ligg i indre delen av Høydalsfjorden innafor Florø. På eine området (lokaliteten) blir det i dag dreve oppdrett med 8000kbm merdvolum. Det vil bli søkt om å auke volumet til 12000 kbm. Det andre området vil bli brukt som reserve/avlastningslokalitet. NIVA har foretatt målingar av straum, hydrografi, oksygen og nærings-salt ved dei to lokalitetane. Ut frå måleresultata er det gjort eignaheits-vurderingar, m.a. ved hj. av NIVAs EDB modell for belastning frå fiskeoppdrett. Samtlige berekningar og betraktningar tilseier at ut frå dagens kriteriar er begge dei to vurderte lokalitetane eigna for 12000 m³ volum

4 emneord, norske:
1. akvakultur
2. resipient
3. eutrofi (marin)
4. vannutskifting

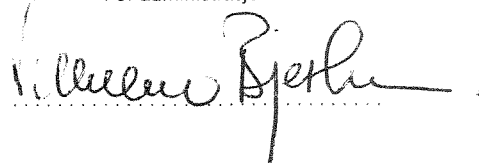
4 emneord, engelske:
1.
2.
3.
4.

Prosjektleder:



L. G. Golmen

For administrasjonen:



ISBN - 82-577-1473-9

INNHALD

SAMANDRAG	
1. INNLEIING.....	2
2. GENERELT OM KRAV TIL EIN OPPDRETTSLOKALITET.....	4
2.1. Miljøeffekter.....	4
2.2 Oppdrettsfisk og miljøkrav.....	7
3. HØYDALSFJORDEN. MORFOLOGI OG VERTILHØVE.....	10
3.1. Morfologi.....	10
3.2. Vertilhøve.....	12
4. MÅLEPROGRAM OG DATAPRESENTASJON.....	13
4.1. Hydrografi.....	13
4.1.1. Vertikalprofilar av T,S og O ₂	13
4.1.2. Tidsseriar av S og T.....	16
4.2. Straummålingar.....	18
4.3. Andre registreringar.....	26
5. DISKUSJON.....	27
LITTERATUR.....	33

- Apendiks 1. Hydrografiske observasjonar. Tabell
- Apendiks 2. Oksygenobservasjonar. Tabell
- Apendiks 3. Notat om straumtilhøve og Fôring.
- Apendiks 4. Resultat av modellberekningar for hovedlokalitet og reservelokalitet.

SAMANDRAG

Steinvik Fiskefarm A/S har gitt NIVA i oppdrag å vurdere to lokalitetar i Høydalsfjorden m.o.t. eignaheit for fiskeoppdrett. Vurderingane er gjort med tanke på framtidig konsesjonsutviding til 12000 m³ merdvolum.

I perioden september-oktober 1988 er det foretatt kontinuerleg straummåling ved dei to lokalitetane h.h.v. i Steinvika og ved Seljeset. Vidare er det gjort målingar av hydrografi (sjiktning m.m.), oksygen og næringssalt ved dei to lokalitetane.

For å vurdere dei to lokalitetane ut frå innsamla data og opplysningar om drift på anlegget m.m. er det foretatt konsekvensanalyser for fisken ut frå følgjande metoder/kriteriar:

1. Straum: Max. og minimumsverdiar. "Nullstraumsepisoder".
2. Oksygen: Forbruk i merdane under ulike straumtilhøve og ved ulik fisketettleik m.m.
3. Næringssalt: Effekter av konsentrasjonsauke p.g.a. oppdrettsaktivitet.
4. Salinitet-temperatur: Optimale verdiar; osmotisk stress.

For å vurdere effekter på resipienten og på fisken, er NIVAs modell for belastning frå oppdrettsanlegg anvendt, der ulike data tilhøyrande dei to lokalitetane inngår. Det er gjort generelle betraktningar omkring auka belastning som føgje av produksjonsauke frå tilsvarende 8000m³ til 12000m³ merdvolum.

Både modellberekningar og andre berekningar tilseier at ut frå dagens gjeldande kriteriar for vasskvalitet, er både hovedlokaliteten og reservelokaliteten akseptable for framtidig drift med 12000m³ anlegg. Dagens hovedlokalitet i Steinvika er ut frå våre data om straumtilhøve den best eigna lokaliteten.

STEINVIK FISKEFARM A/S**NATURFAGLEG VURDERING AV HOVEDLOKALITET OG RESERVELOKALITET****1. INNLEIING**

Steinvik Fiskefarm sitt matfiskanlegg er plassert i Steinvika i indre deler av Høydalsfjorden, aust for Florø. Sjø fig. 1.1. Dagens konsesjonsvolum for anlegget er 8000 m³. Det er meininga å søke om løyve til å utvide til 12000 m³. I dette høve blei NIVA-Vestlandsavdelinga sommaren 1988 kontakta for å vurdere eksisterande lokalitet m.o.t. utviding. Både konsekvensar for det marine miljøet, og lokalitetens generelle eignaheit for oppdrett var det ønske om å få vurdert. I samband med dette oppdraget er også ein lokalitet lenger vest i Høydalsfjorden vurdert, med tanke på å bli etablert som reserve -eller avlastningslokalitet.

Prosjektet er i si form to-delt:

1. Vurdering av miljøkonsekvensar (eit utvida anlegg sin påverknad på det marine miljøet).
2. Vurdering av effekten på fisken som følgje av utviding (dårlegare vassutskifting: verre vilkår for fiskens vekst.)

Både vedrørande 1. og 2. er det gjort granskingar dei seinare åra. Miljøkonsekvensane av oppdrettsaktiviteten er eit mykje omtala tema, og ein opplever strid om tal og storleikar. For del 2. sin del, finns det ein del grenseverdier å halde seg til (fiskens toleranse). Felles for tidlegare granskingar og målingar, er at utgangspunktet har vore anlegg av max. 8000 m³ storleik. Det er ikkje utan vidare klart at ein kan overføre resultat direkte til eit 12000 m³ anlegg. Vi har i denne rapporten hatt som

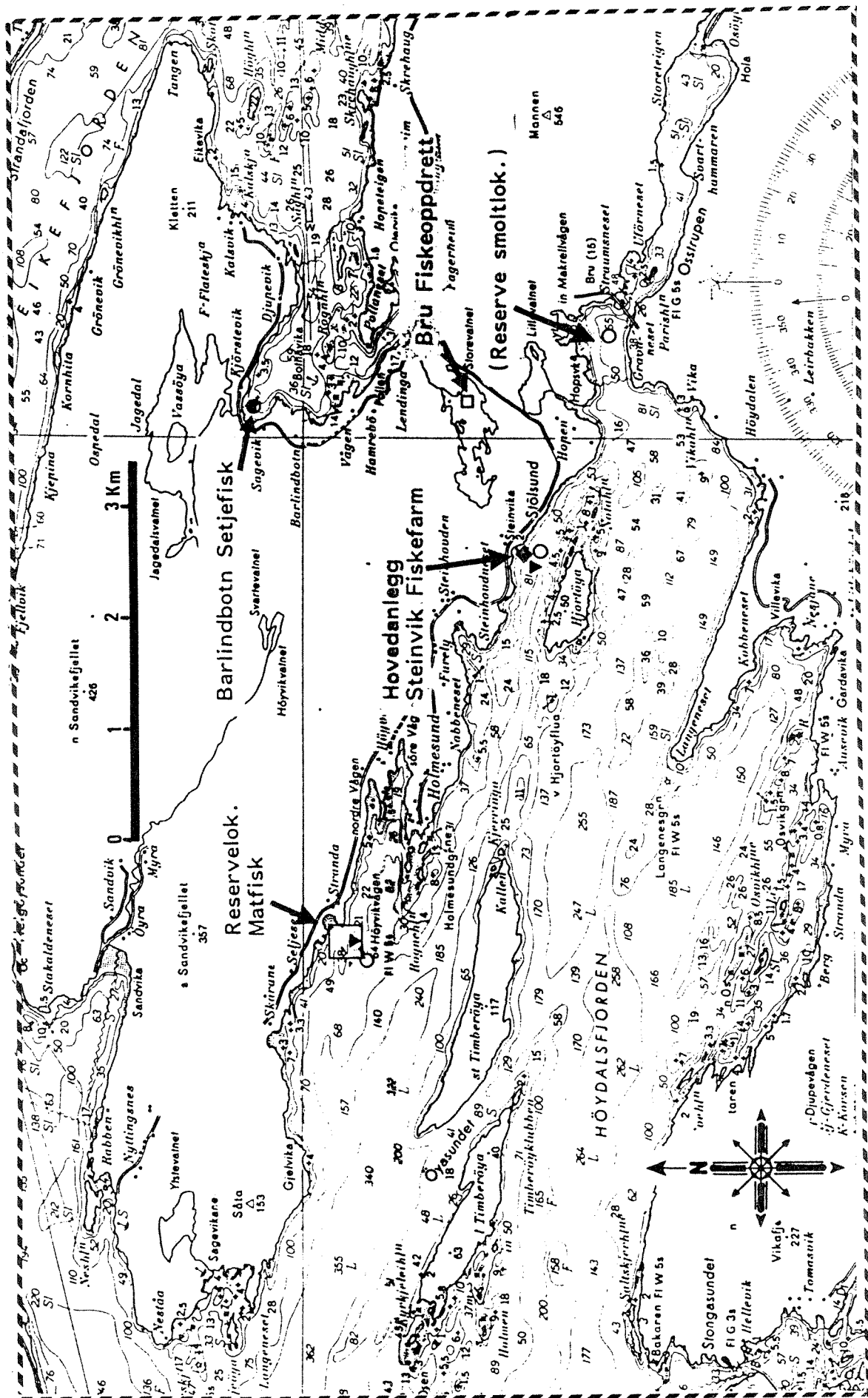


Fig. 1.1. Utsnitt av sjøkart nr 27, markering av noverande anlegg (Steinvik Fiskefarm A/S), påtenkt reservelokalitet, samt smoltlokalitet i Høydalsfjorden. ○ : Hydr. stasjon, ▼ : Straummålar.

utgangspunkt eksisterande kunnskap om effekter, og så freista å overføre desse til eit anlegg av omsøkt storleik. Det er utan vidare klårt at ein her har mykje ugjort når det gjeld forskning, og at behovet for relevant forskning vil presse seg på etter kvart som søknadstalet for utvidingar aukar.

Våre granskingar baserer seg stort sett på vurdering av straumtilhøve og utskifting i de aktuelle områda. Dette er basert m.a. på kontinuerlege registreringar av straum og hydrografi. Det er vidare tatt sjøvassprøver for analyse av næringssalt m.m., og det er tatt stikkprøver av sediment. Måle og analyseresultata er så vurderte opp mot eksisterande og forventa belastning i dei ulike lokalitetane.

2. GENERELT OM KRAV TIL EIN OPPDRETTSLOKALITET.

2.1 Miljøeffekter

Effektene av oppdrett på det marine miljøet betår i føste rekkje av tilførsler av nitrogen, fosfat og org. materiale. Dei to førstnemnde påskundar primærproduksjon i sjøen, med eventuelle sekundæreffekter som auka organisk belastning og oksygenmangel som resultat. Organisk mareriale blir nedbrote på bekostning av oksygenet i sjøen. Fiskens eigen respirasjon bidrar til nitrogenbelastning (ammonium), og til oksygenforbruk.

Eventuelle negative miljøeffeker vil i første rekkje vere lokale, enten i form av botnfall, eller negative effekter i og i nærleiken av merdane. Håkanson m.fl. (1988) gir tal for storleik på ein del miljøbelastningsparametrar. Deira utgangspunkt er å estimere gjennomsnittsverdiar for produksjonssesongen. Dei får tal for samla belastning t.d. pr. år frå eit anlegg.

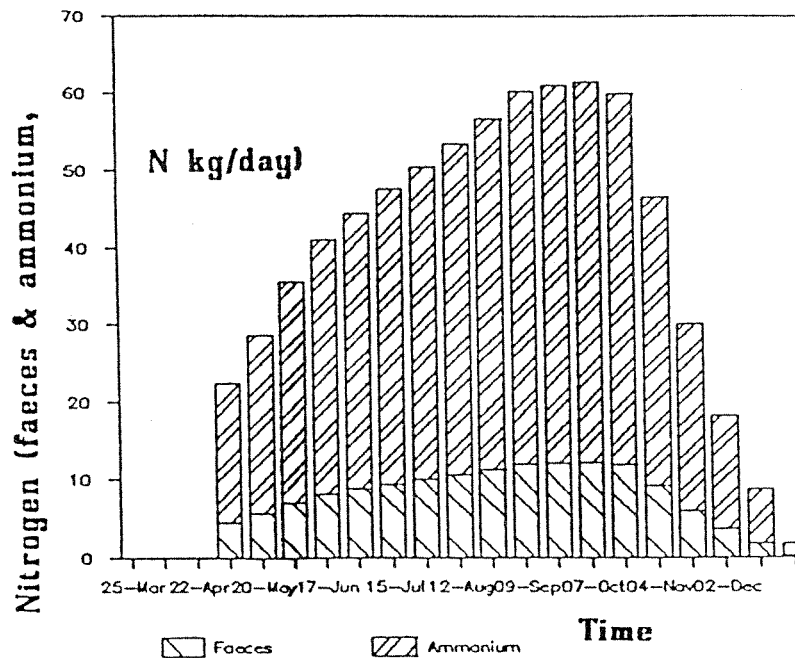
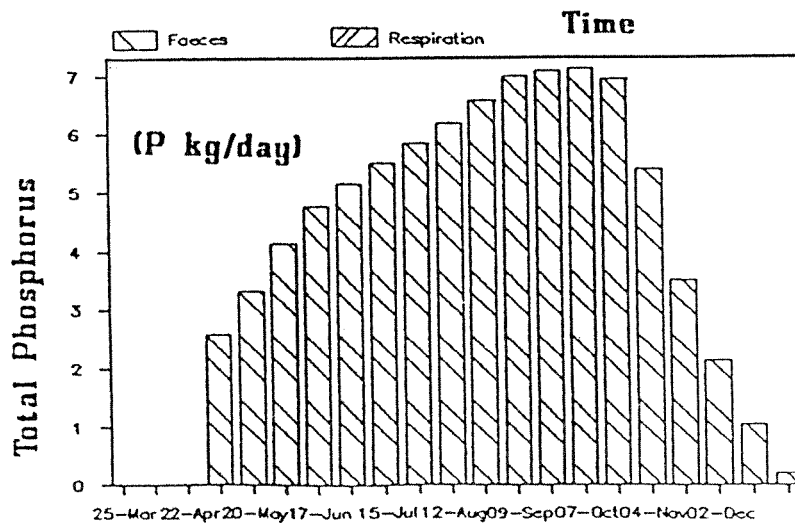
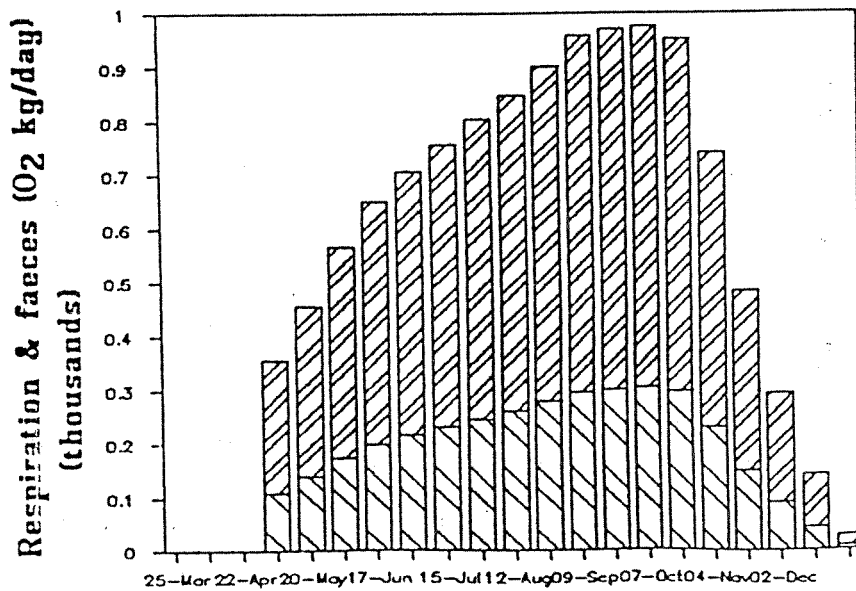


Fig.2.1.1. Oksygenbelastning, N og P tilførsler april-december frå anlegg med 100 tonn netto årleg prod. (Håkanson m.fl. 1988).

Eit regnbogaure anlegg med netto årsproduksjon 100 tonn, er oppgitt å avgje følgjande til sjø og/eller botn (førfaktor 1.5):

Oksygenforbruk:	143 tonn O ₂
Nitrogen:	9.4 " N
Fosfor:	1.1 " P

Oksygenforbruk er summen av respirasjon og BOD (biologisk nedbryting av ekskrement), h.h.v. ca. 70% og 30%. Fosforbelastninga er i stor grad i form av ekskrement (ca. 90%). Nitrogenbelastninga består av utskilt ammonium (80%) og fekalier (20%). Desse tala indikerer altså at det er først og fremst nitrogenet som belastar det omgjevande sjøvatnet, mens fosforbelastninga er ein sekunder prosess, i form av langsam lekkasje frå sediment. Stigebrandt (1986) med sin modell for belastning frå fiskeoppdrett, har argument for at fisken i hovudsak skil ut fosfor direkte til vatnet. Ved eit anlegg med lav forfaktor, er det såleis lite fosfor som sedimenterer. Molvær m.fl. (1988) fann at fosforutskiljinga består av 90% fosfat, mens nitrogentilførsleane (løyst) består av 66% ammonium. Molvær m.fl. fann vidare at N:P forholdet (vekt) av utslepp frå eit anlegg var ca 6, m.a.o. nær den optimale verdien (7.2), slik at planteplankton under normale omstende effektivt kan utnytte utskilt N og P frå eit anlegg.

Belastinga frå oppdrettsanlegg er ikkje jamnt fordelt over sesongen. Fig. 2.1.1. Syner tidsutviklinga for oksygenforbruk, samt N og P belastning. Dei høgste verdiane finn ein i perioden august til oktober. Dagleg N og P belastning er då av storleiksorden 60 kg N og 6-7 kg P (Håkanson m.fl. (1988). Oksygenbelastninga kjem opp i 700 kg O₂ (respirasjon) og 400 kg BOD. Også den daglege belastninga varierer sterkt. Oksygenforbruk t.d. har minimum før daggry, og max. ved foring, mens nitrogenutskiljing har eit seinare (3 timar etter) maksimum. Fosfor- og nitrogenutskiljing er heller ikkje heilt i fase (Molvær m.fl. 1988).

2.2 Oppdrettsfisk og miljøkrav

Fiskens toleranse, eller minstekrav til miljø og vasskvalitet, kan i prinsippet definerast ved eit sett av grenseverdiar for ulike miljøparametrar. Dette gjeld i første rekkje oksygeninnhald og ammonium/ammoniakk i sjøvatnet. Ei rad andre parametrar påverkar fisken, og dens trivsel og vekst. I dag finns det ingen godkjenningsordning når det gjeld miljøparametrar på ein oppdrettslokalitet. Styres-/maktene manglar kriterier, eller minstegrenser. Dette gjer at skjønsmessige vurderingar i høg grad må anvendast i vurderingar om kor godt eigna ein spesifikk lokalitet er for oppdrett. Det er klart at fisk kan overleve kortare perioder der straum eller oksygen ligg under generelt aksepterte minimumsverdiar.

Straumtilhøve - vassutskifting.

Gode straumtilhøve ved eit oppdrettsanlegg er avgjerande for fisken sin trivsel og for vassmiljøet i og rundt anlegget. Stagnerande vatn vil kunne føre til kritiske oksygenverdiar i vatnet, og store konsentrasjonar av respirasjonsprodukt frå fisken, m.a. ammonium.

For straumfart gjennom eit anlegg vil det gjelde ein kritisk minimumsverdi som er avhengig av ei rekkje faktorar, slik som fisketettleik, temperatur, O_2 -innhald og fôringsrate. Aure (1983) har for eit anlegg med medels fisketettleik 8-10 kg/m³ antyda 2 cm/sek. som minimum for medelstraumen gjennom merdane. Større fisketettleik vil fordre sterkare medelstraum. Straumen inne i ein merd og utanfor vil vere forskjellig. Notveggen vil dempe gjennomstrøyminga, og fisken inne i merdane vil i seg sjølv dempe eller endre strøymingsmønsteret. Sterkt tilgrodde nøter vil krevje hastigheiter rundt 10 cm/sek. (Møller, 1976). Lite er enno kjent om kva effektar fisken og fiskens eigen bevegelse i seg sjølv induserer i strøymingsmønsteret.

Straumen gjennom og forbi anlegget medverkar også til at avfallsstoff blir transportert vekk, og at ekskrement, fôr-

restar o.l. ikkje sedimenterer under anlegget. Nyare granskingar tyder for øvrig på at forureining frå oppdrettsanlegg raskt blir spreidd/fortynna i den delen av vasssøyla som ligg over terskeldjup (Aure og Stigebrandt 1988, in prep.).

Det er få stadar ein har einsretta og stabil straum. Regelen er heller at straumen varierer på ulike frekvensar. Den mest markerte variasjonen langs Norskekysten og i fjordane er knytta til det halvdaglege tidevatnet, men effektar knytta til endringar i vertilhøve o.a. føyer seg til, og kan gi eit komplisert strøymingsmønster. Begrepet medelstraum må difor brukast med reservasjon, og knyttast til andre parametrar som viser variabiliteten i straumen. I akvakultursamanheng skulle desse tilhøva m.a. tilseie at føring av fisken i ein periode med null straum (når tidevatnet snur) bør unngåast. Likeeins bør føring i for sterk straum (tidevasstraumen maksimal) også unngåast, for å redusere fôrspillet (Sjå Apendiks 3).

Periodar med for sterk straum kan vere eit problem ved oppdrettsanlegg m.a. gjennom den dynamiske/mekaniske belastninga dette medfører. Særleg dersom notveggane gror til, vil dette representere eit faremoment, ved reduksjon i effektivt merdvolum og ved fare for havari. Tilgroing må derfor haldast under oppsyn, og reduserast om nødvendig. Sjå Pedersen (1982).

Oksygenkonsentrasjonen i øvre vasslag har nøye samanheng med straumtilhøve og vassutskifting. Metningsverdiane for oksygen er bestemt av salinitet og temperatur i vatnet. Fig. 4.5. viser metningsverdiar som funksjon av salinitet og temperatur. Varmt (og salt) vatn har mindre evne enn kaldt vatn (og ferskt) til å løyse opp gassar som oksygen.

Oksygen blir tilført vassmassene frå to kjelder: fra atmosfæren og frå planteplanktonet og tang og tare sin fotosyntese. Oksygenet blir fjerna ved kjemisk og organisk nedbryting, samt respirasjon. I sjøen blir oksygen

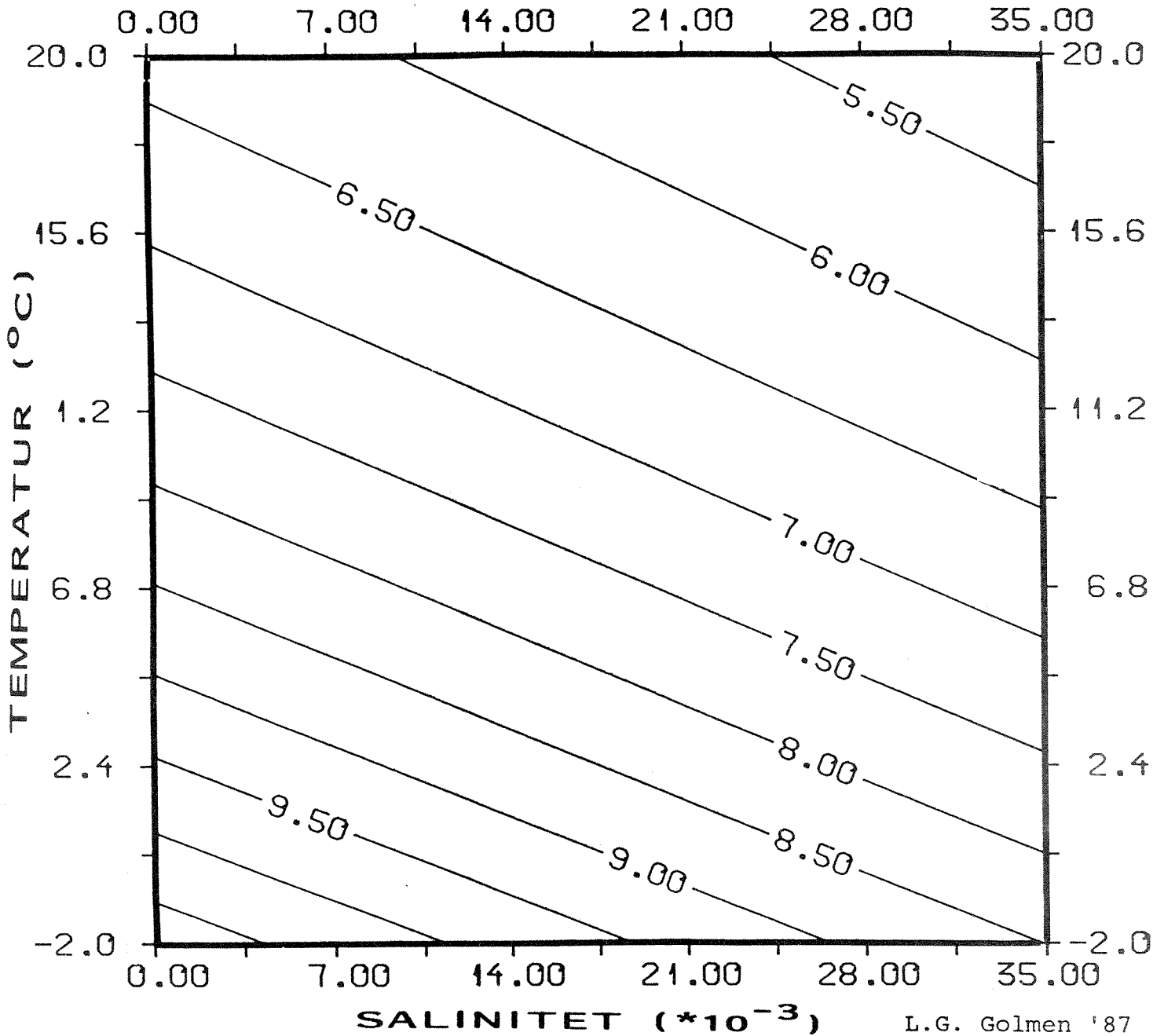


Fig. 2.2.1. Diagram som syner metningsverdi (ml/l) for oksygen i sjøvattn som funksjon av salinitet og temperatur.

transportert via molekylær og turbulent diffusjon, samt adveksjon. Det øverste vassjiktet som står i umiddelbar kontakt med atmosfæren, blir rekna for å vere metta, eller også svakt overmetta (Broecker og Peng, 1982). Observasjonar frå oppe hav i arktiske strok har imidlertid vist at

overflatevatn også kan vere markert undermetta, (Clarke, 1986).

Oksygentilførselen frå atmosfæren ned i vassmassene er ein langsam prosess (Broecker og Peng, 1982). I eit oppdrettsanlegg er ein difor avhengig av ei advektiv tilførsle av oksygenrikt vatn.

Om sommaren er vatnet varmt (låge metningsverdiar for O_2), samstundes som oksygenforbruket er stort (stor aktivitet og vekst hos fisken). I slike perioder er det ekstra viktig å ha gode utskiftingstilhøve rundt anlegget. Det er påvist ein samanheng mellom stagnasjon i vekst hos oppdrettsfisk og danning av små oksygenfrie lommer eller "mikro-miljø", særleg nær botnen (Avnimelech og Zohar 1986). Slike små lommer lar seg vanlegvis ikkje påvise ved vanlege prøvetakingsmetoder. Ei sikker gardering mot at slike tilstandar oppstår, er gode straumtilhøve.

I våre vurderingar har vi tatt utgangspunkt i gjeldande estimat for utslepp frå oppdrettsanlegg (avsn. 2.1). Saman med våre data om straum, hydrografi og vasskvalitet m.m. har vi freista å estimere kor mykje ekstra belastning resipienten (den frie vannmassen) og fisken kan tåle. Vi har ikkje foretatt noka særskildt sedimentgransking.

3. HØYDALSFJORDEN. MORFOLOGI OG VERTILHØVE.

3.1 Morfologi

Høydalsfjorden strekkjer seg i tilnærma aust-vest retning, i ei legde av om lag 10 km. Breidda er av storleiksorden 3 km i yte del, og 2 km i indre delen (austafør Langeneset). Overflatearealet er estimert til 25 km^2 (rekna austover frå ei S-N line som tangerer vestenden av l. Timberøy). Samla vassvolum er om lag $3.3 \cdot 10^9 \text{ m}^3$. Derav omlag $0.3 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ austanfor ei line nordover frå V-spissen av Langeneset. Fjorden har ingen markerte tersklar, men områda S av Timberøyane har ein del djupe parti som teoretisk kan ha

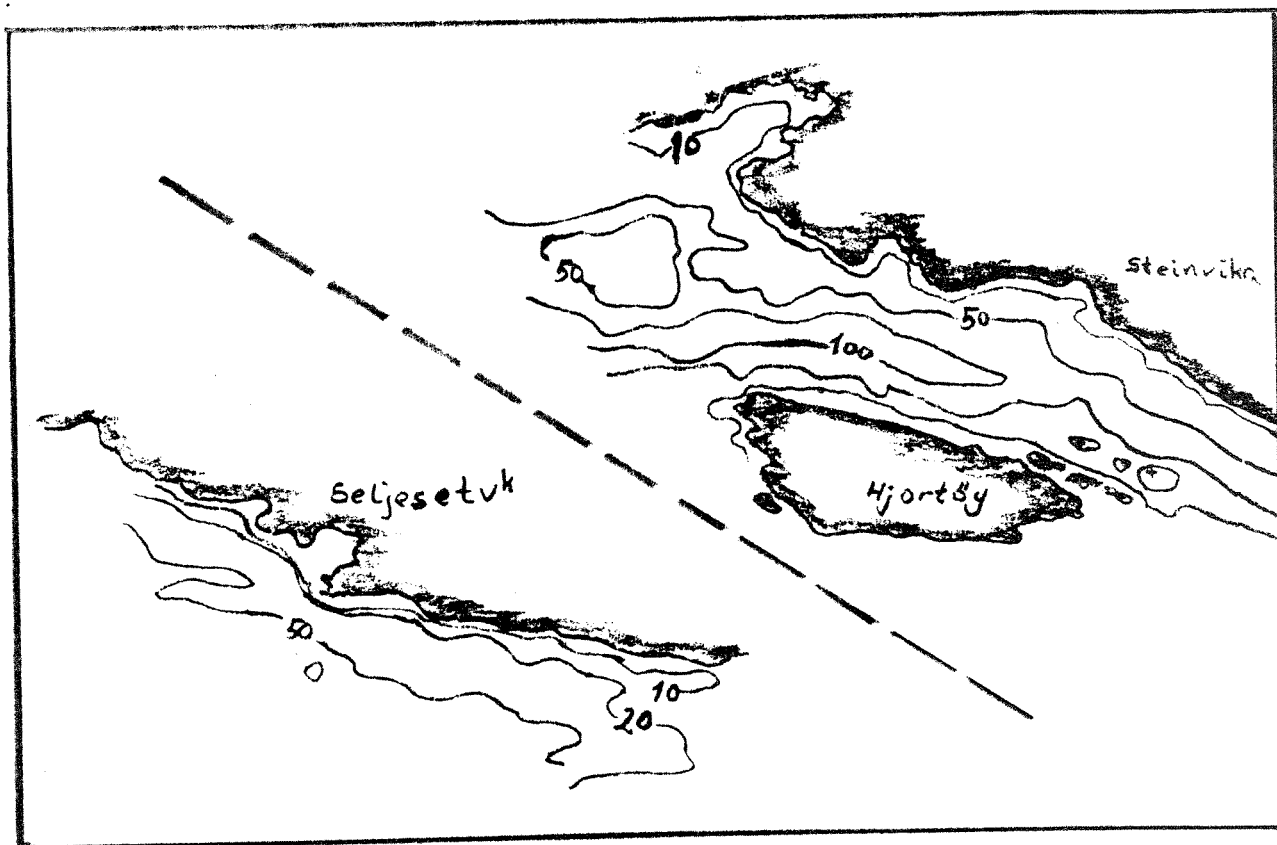


Fig. 3.1. Botnkonturar ved dei to lokalitetane, teikna på basis av hydrografisk original.

reduisert vassutskifting. Dei nordlege områda av fjorden, som er direkte berørt av dei oppdrettsanlegga som blir omtalt her, har djupvass-samband vestover gjennom ei renne med kontinuerleg aukande djup vestover. Anlegget i Steinvikna ligg i eit noko grunnare område, med djupare område austafør Hjortøya (fig. 1.1.). Fig. 3.1. syner botnkonturane for 10, (20), 50 og 100 meter rundt dei to lokalitetane. Konturane er handteikna, på grunnlag av hydrografisk original frå Sjøkartverket.

I samband med LENKA prosjektet er det foretatt ei grov-inndeling av fjord- og kystområda i Sogn og Fjordane. Den førebels inndelinga går ut på å karakterisere Høydalsfjorden som eit A-område, d. v. s. beste kategori når det gjeld teoretisk vassutskifting (omsyn til tersklar) (T. Tørresen, Planavd. hos Fylkesmannen i S. og Fj.- pers. komm.). Berre dei sørlege delene, ved Osvikholmane, er karakterisert som B område. Overgang frå A til B område går m.a. på kor stor prosentdel av fjorden som er grunnare enn 50 m. Sjøkartet

for Høydalsfjorden syner at den nordlege delen har terskelfritt samband vestover mot Solheimsfjorden. Stongasundet, Ålvårsundet og sunda mellom Ålvåra og Timberøya har tersklar (fig. 1.1.). I Øyasundet har det vore vanskeleg ut frå sjøkartet å fastslå terskeldjup (T. Tørresen, pers. komm.).

3.2 Vertilhøve.

Vertilhøva påverkar straum og hydrografi. Opplysningar om vertilhøva føre og under prøvetaking/måling kan gje verdfull tilleggsinformasjon ved datatolkinga. Det er ikkje her rom for inngåande klimaanalyse. Meteorologisk Institutt i Oslo har framskaffa måleresultat frå Ytterøyane Fyr, for perioden sept.-okt. 1988, samt middelveidiar for perioden 1984-1988 (vind).

Temperatur: September hadde 12 grader i månadsmiddel. Tilsvarende verdi for oktober 1988 var 8.9 grader. Normalverdiane er h.h.v. 12 og 8.7 grader (Kinn). M.a.o. temmeleg normale temperaturtilhøve i lufta mens våre sjømålingar blei gjort.

Nedbør: September 1988 hadde 249 mm, oktober 113 mm. Normalane er h.h.v. 175 og 213 mm. M.a.o. våtare september, og tørrare oktober enn normalt.

Vind: Vanlegaste vindretning på Ytterøyane er SV i september og S i oktober. September 1988 hadde mest vind frå vest. Oktober hadde mest innslag av S-SØ vind, men også med unormalt mykje nordavind (18% av observasjonane).

4. MÅLEPROGRAM OG DATAPRESENTASJON

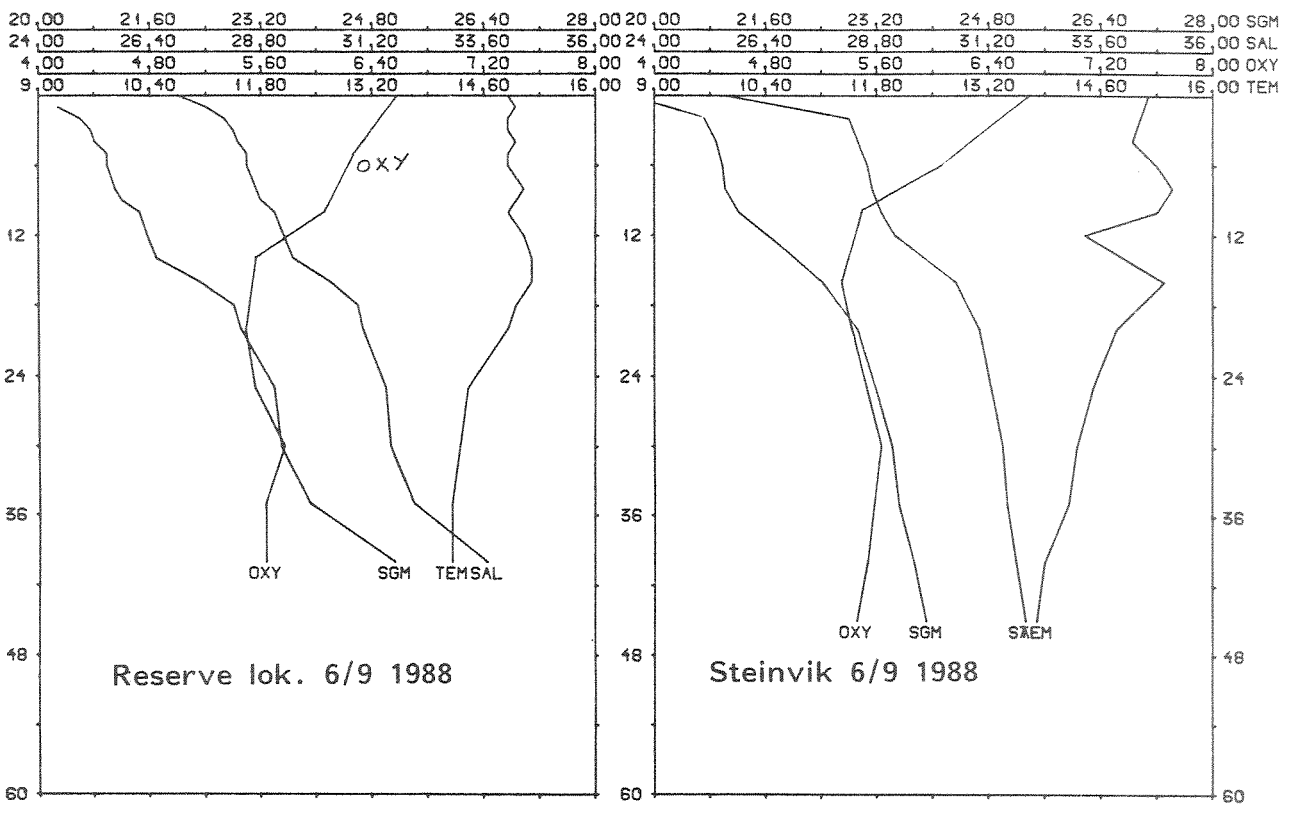
4.1. Hydrografi

4.1.1. Vertikalprofilar T,S og O₂

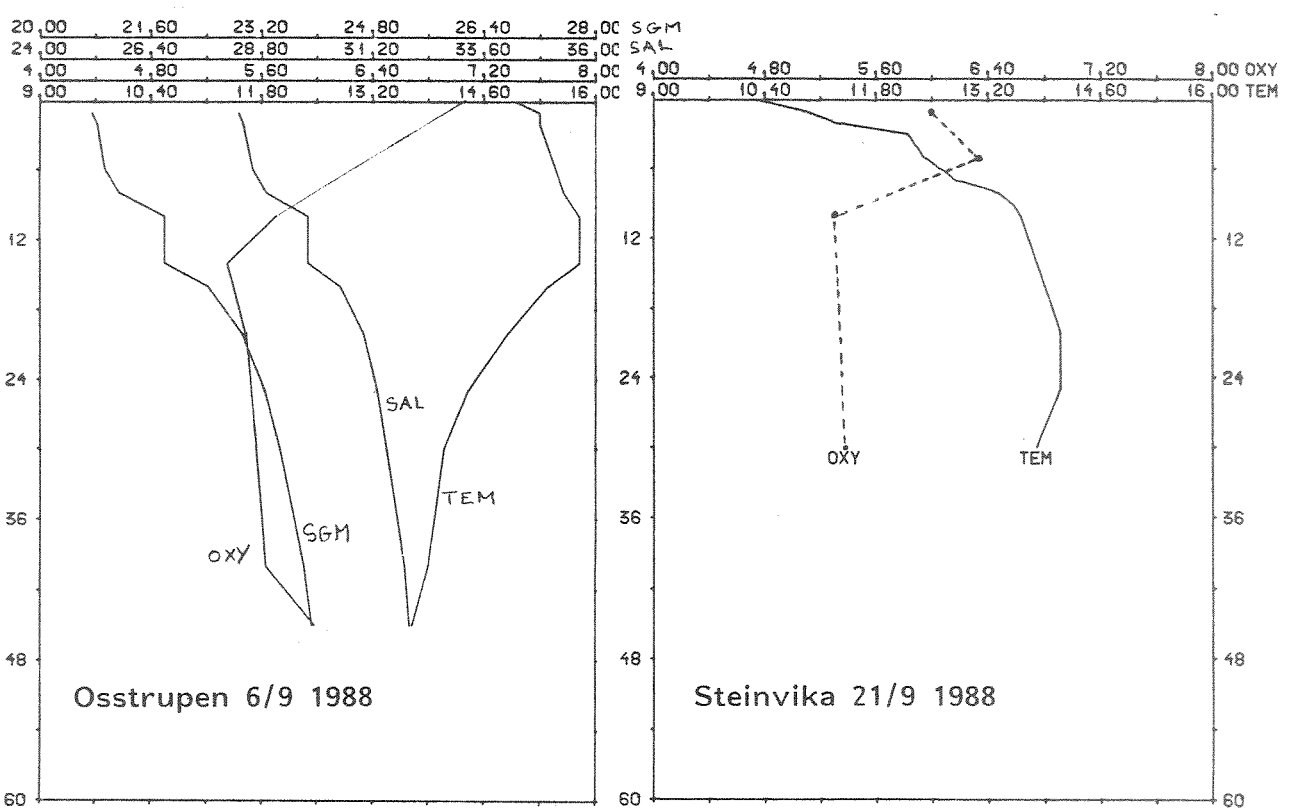
I løpet av måleperioden for straum, blei det tatt ein del vertikalprofilar med sonde, for å få kartlagt sjiktnings-tilhøve m.m.. Under utsettinga av straummålarane blei det tatt tre profilar, sta.1,2 og 3 ved h.h.v. reservelokaliteten, hovedanlegget og reservelokaliteten ved Osstrupen (fig. 1.1.).

Til profileringa blei det nytta Salitermssonde, som måler temperatur og salinitet (eigentleg konduktivitet) i sjøen. I nokre høve blei det i tillegg målt vertikalprofil av oksygen med YSI oksygenprobe (60 m kabel). Ved hj. av vasshentar blei det tatt vassprøver i utvalde djup for. m.a. å få kalibrert sondemålingane. I tillegg blei det tatt prøver for analyse av næringssaltinnhald m.m. (avsn. 4.3). Vertikalprofilane av S,T og O₂, samt utrekna densitet (tettleik til sjøvatnet) er presentert i fig. 4.1.a-g. Dei (kalibrerte) måleverdiane er tabellerte i appendix 2. Grunna feil ved målesonden, vart det ikkje målt salinitet i dei tiltenkte måledjup mot slutten av perioden. Vassprøver kompensere til ei viss grad denne mangelen.

6/9 var det gjennomgåande uvanleg høge temperaturverdiar gjennom heile vassøyla, med verdiar rund 14 -15 grader i dei øvste 50 meter av vassøyla. Under målingane 16/10 var desse verdiane falle merkbart, til under 10 grader. Reservelokaliteten og hovedlokaliteten har tilnærma same sjiktningsstilhøve. Verdiane (salinitet) er såpass høge at dei indikerer liten fare for tilhøve som kan medføre osmotisk stress på fisken (atterhald om sterke nedbørsperioder). Oksygenverdiane syner gode tilhøve under vår prøvetaking, med verdiar mellom 5.5 og 7 ml/l (85-110% metn.).



PROFILE: hoydalsfjrdn 1988 PROFILE: hoydalsfjrdn 1988
 STA: 1 ; POS: 6.667°N 10.000°E ; TIME:88. 9. 6 : ... STA: 2 ; POS: 6.667°N 10.000°E ; TIME: 0. 8.80 : 9. 6



PROFILE: hoydalsfjrdn 1988 PROFILE: HOYDALSFJORD 1988
 STA: 3 ; POS: 6.667°N 10.000°E ; TIME:88. 9. 6 : 17 STA: 4 ; POS: 6.667°N 10.000°E ; TIME:88. 9.21 : 15. 0

Fig. 4.1.a-d. Vertikalprofilar av Salinitet (SAL), temperatur (TEM), oksygen (OXY) og densitet (SGM) i Høydalsfjorden i perioden september-oktober 1988.

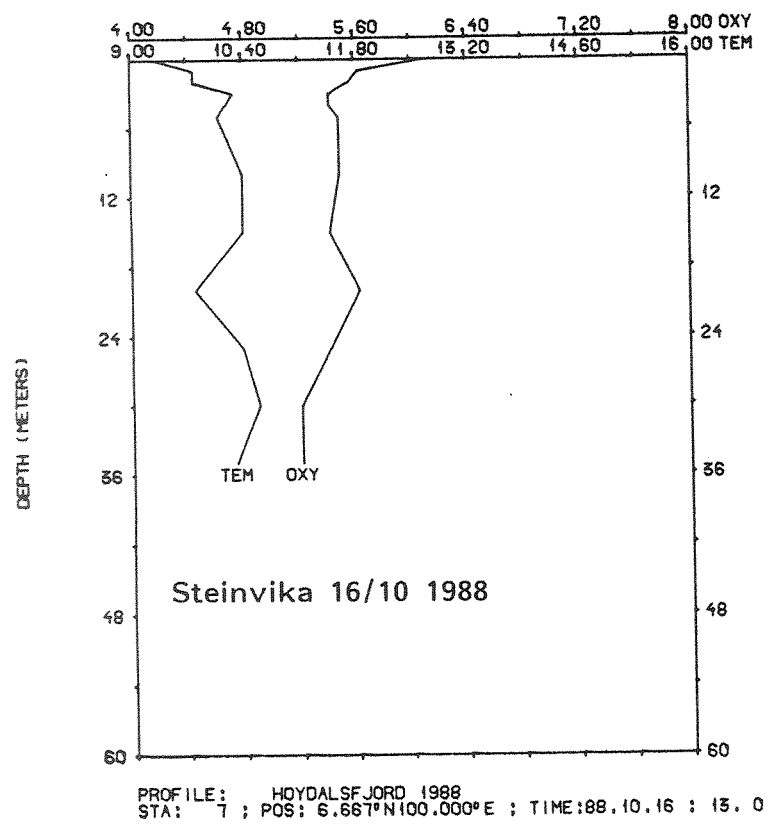
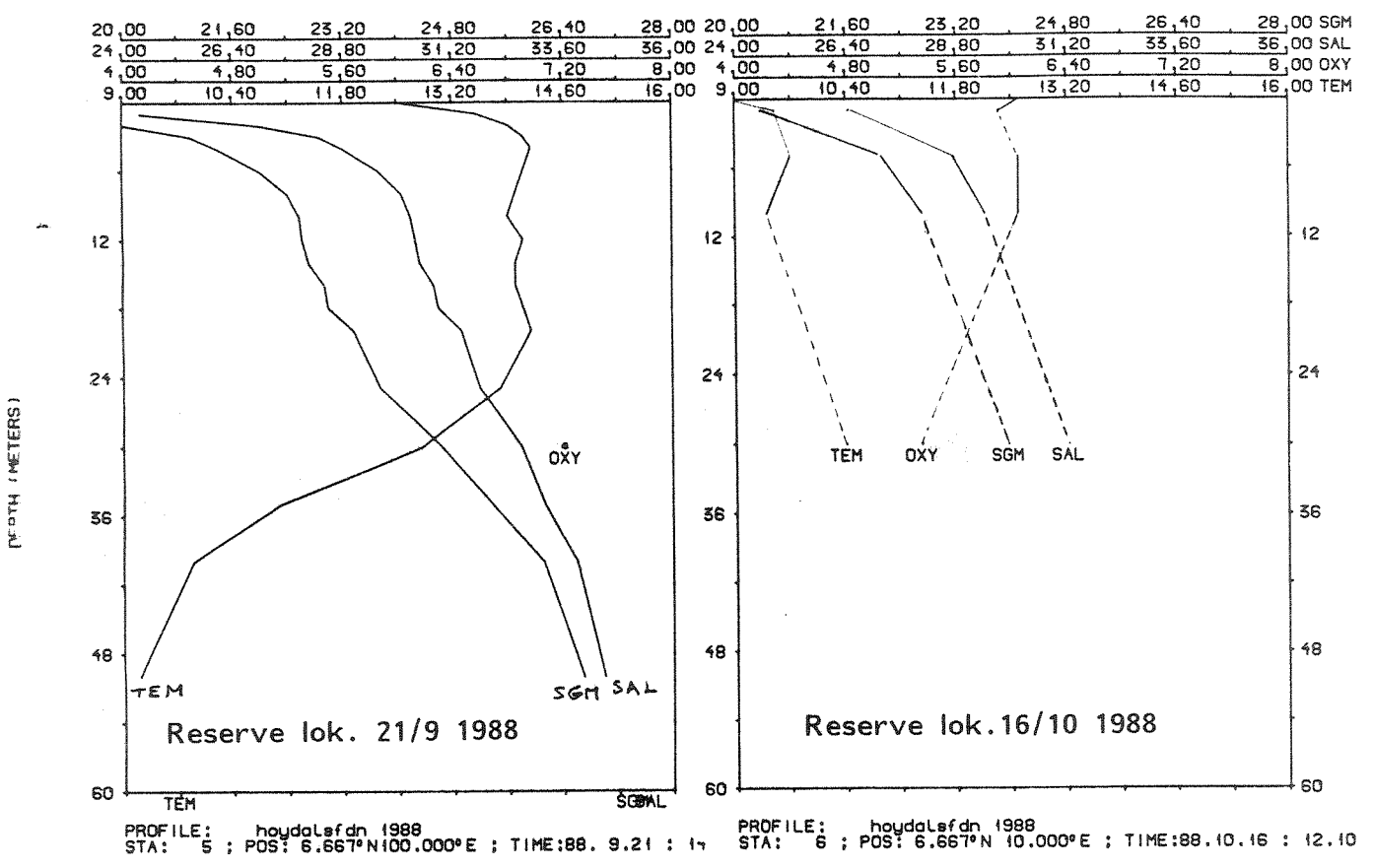


Fig. 4.1.e-g. Vertikalprofilar av Salinitet (SAL), temperatur (TEM), oksygen (OXY) og densitet (SGM) i Høydalsfjorden i perioden september-oktober 1988.

4.1.2. Tidsseriar av S og T

Figur 4.1. h presenterer tidsseriane av salinitet og temperatur i Steinвика og på reservelokaliteten. Sjå tabell 4.1 og fig. 1.1 for plassering av dei ulike målarane m.m.. Registreringane er gjort v. hj. av straummålarane, som stod i 3 m djup og nær botn på dei to stadane (avsn. 4.2.). Data frå målarane nær botn var delvis av dårleg kvalitet, og er ikkje presentert.

Hovedlokalitet, 3 m djup: Lågaste observerte salinitet var 16 (20/9). Midlare salinitet låg rundt 27-28. Høgste verdi var i overkant av 30. Episodene med relativt raske, og markerte endringar i salinitet, f.eks. 20/9: Fall frå 26 til 16, og påfølgjande auke frå 16 til 27 i løpet av eit par timar. Sjølv om den lågaste verdien ikkje var ned mot den mest kritiske grensa for osmotisk stress (ca. 12 i salinitet), bør ein vere merksam slike episoder, og notere seg under kva vertilhøve m.m. dei synest å opptre. Temperaturen avtar gradvis gjennom måleperioden. Temperaturen heldt seg rundt 15 grader til medio september (jamfør avsn. 4.1.1.)¹ Lågaste temperatur var 11 grader.

Hovedlokalitet, 18 m djup: Målingane var befengt med ein del signalstøy etter første veka i sjøen, slik at ein må vere varsam med tolkinga av siste del av serien. Variasjonane i S og T er rimelegvis mindre enn i 3 m djup. Saliniteten varierer mellom ca. 30 og 33(?). Temperaturen fell gradvis, frå ca. 15 grader til ned mot 12 grader ved slutten av måleperioden (16/10). Kortvarige T-variasjonar er av storleiksorden ein grad, med typisk periode lik tidevatnets. At temperaturen varierer slik, indikerer at tidevatnet bidrar til utskifting/ vasstransport også i dette djupet. Der er to karakteristiske perioder med markerte periodiske svingningar i temperaturen: i byrjinga og mot slutten av serien. Desse tidspunkta svarar til omtrent nymåne.

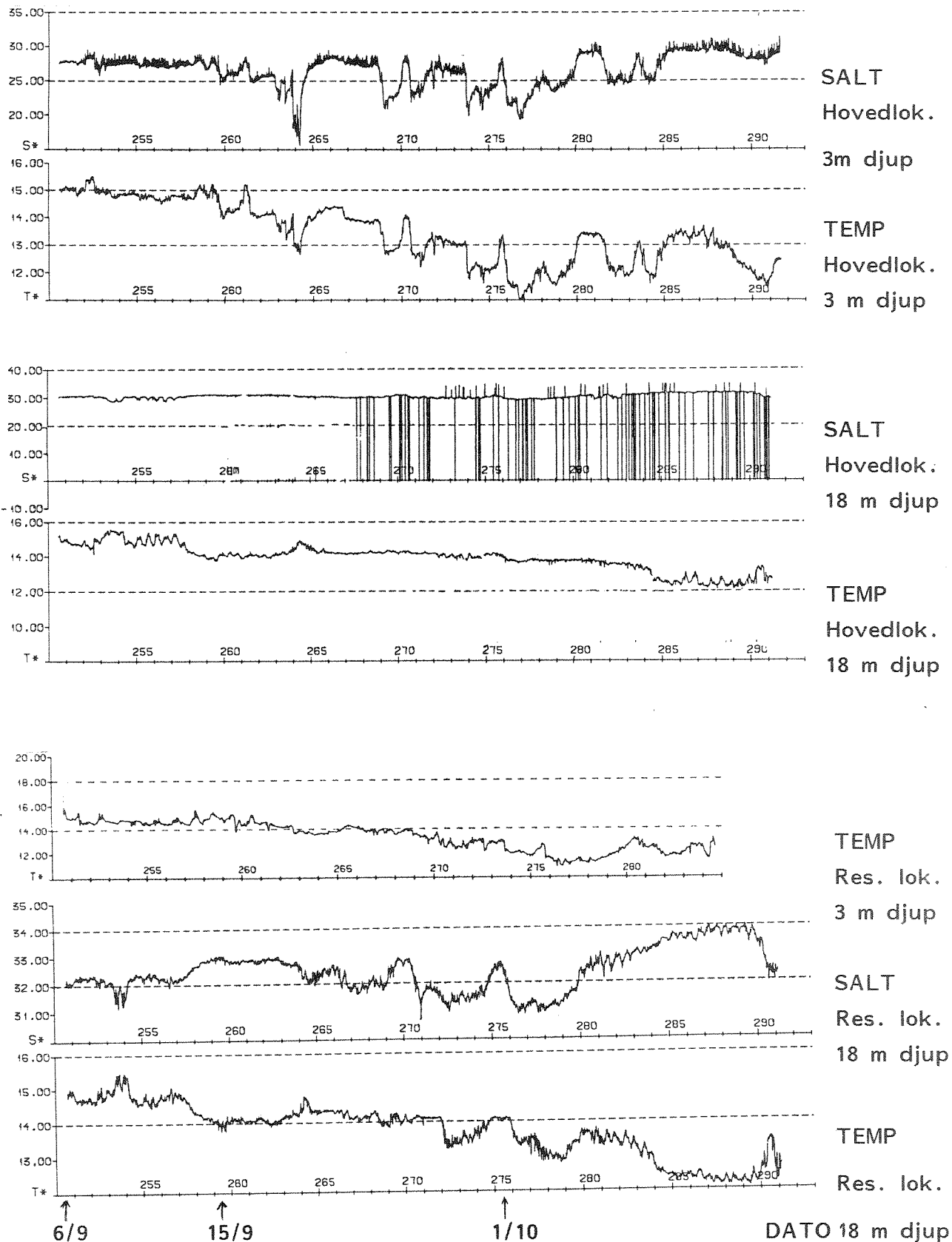


Fig. 4.1. h. Tidsseriar av salinitet og temperatur, målt samstundes med straummålingane. Saltmålingane i 18 m på hovedlokaliteten har mykje signalstøy, truleg fordi målaren tidvis har berørt botn. Nokre datoar er indikert på tidsaksen. Merk at Y-akse skaleringen varierer frå serie til serie.

Reservelokalitet, 3 m djup: Her blei det kun gjort temperaur-registeringar. Variasjonane er godt korrellerte med variasjonane på hovedlokaliteten.

Reservelokalitet, 18 m djup: Temperaturen avtar gradvis utetter måleperioden. Mot slutten er det høgare temperatur i 18 meter enn i 3 meters djup. Dei tidevassgenererte variasjonane som framkom på hovedlokaliteten, er tydeleg også her. I tillegg framkjem også meir langperiodiske variasjonar. Saliniteten aukar markert mot slutten av måleperioden, til oppmot 34, sansynlegvis i samband med ei meir storstilt utskifting (sjå avsnitt 4.2.).

4.2. Straummålingar.

To strauummålar-riggjar var utplassert i området, i perioden 6/9 til 16/10 1988. Ein rigg stod nær hovedanlegget, og ein rigg på reservelokaliteten (sjå fig. 1.1). Fig. 4.2.1. syner ei skisse av ein rigg. Kvar rigg hadde to måleinstrument, h.h.v. nær overflata (ca. 3m djup) og nærmare botn (ca. 20 m). Tre instrument var av typen Aanderaa RCM, som i tillegg til å registrere straumfart- og retning, også registrerer salinitet og temperatur. Måleintervallet var 10 minutt, d.v.s. 6 registreringar pr. time. Eit fjerde instrument var av typen Sensordata SD2000, som registrerer straumfart- og retning, samt temperatur. Tabell 4.1. syner ein oversikt over målingane.

Tabell 4.1. Oversikt over straummålingane i september-oktober 1988.

<u>POS</u>	<u>INSTR.</u>	<u>DJUP</u>	<u>MÅLEPERIODE</u>	<u>MÅLEINTERV.</u>	<u>MÅLTE PARAM</u>
Steinvik	Aa277	3m	6/9 - 16/10	10 min	Hast, retn, S, T
"	Aa900	18m	" - (")	"	"
Res. lok.	Gy-4	3m	6/9 - 10/10	24 min	Hast, retn, T
"	Aa9000	18m	6/9 - 16/10	10 min	Hast, retn, S, T

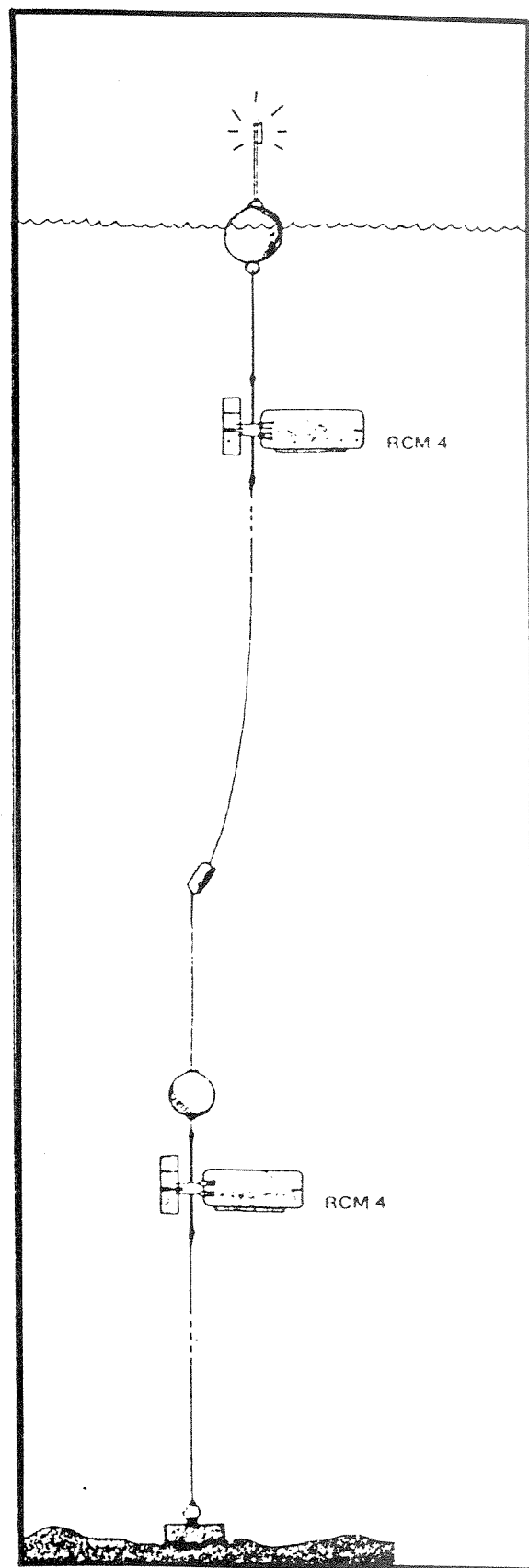
Måleintervallet for SD2000 instrumentet var 24 minutt. Dette instrumentet slutta å registrere nokre dagar før dei andre, fordi det elektroniske minnet var fullt. Om lag ei veke etter utsetjing, blei riggen som stod ved hovedanlegget flytta litt, etter at riggen var dratt under vatn (glidd utfor ein undervass-skrent). Etter flyttinga må nederste instrument (nr 900) ha blitt liggande så nær botnen at dei påfølgjande straummålingane delvis er ubrukelege. Observasjonane frå første veka gir imidlertid sannsynlegvis god indikasjon på straumtilhøva nær botn, som under alle omstende må reknast å vere svakare enn overflatestraumen.

Resultata av straumobservasjonane er synt som ordinære tidsserieplott (ingen sub-sampling eller filtrering), (fig. 4.2.2 og 4.2.3.), samt som progressiv vektor plott i figur 4.2.4 og 4.2.5. I dei progressive vektor plotta er kvar einskild straumobservasjon addert vektorielt til den foregåande, slik at ein får eit inntrykk av nettotransport i målepunktet, og eventuelle endringar av transport over tid (dynamikk).

Hovedlokalitet, 3 m djup: Figur 4.2.2. (øverste ramme) syner tidsserien av fart, samt nord-sør (U) og aust-vest (V) komponent av straumen. Middelstraum er rundt 8 cm/s.

Maksimal observert
 straum var 40 cm/s
 (26/9). Kun kortvarige
 episoder med straum
 under 1 cm/s (deteksjon-
 sgreusa for instrumen-
 tet). Tidevatnets
 inverknad er merkbar,
 med ikkje fullstendig
 dominerande. Fig. 4.2.4.
 syner progressivt
 vektorplott for denne
 serien. Nettotransporten
 ved anlegget er retta
 mot NV, og er av
 storleiksorden 2.5 cm/s.

Hovedlokalitet, 18 m
 djup: Måleserien var her
 redusert til ca ei veke.
 4.2.2. (nederst)
 indikerer Maksimalstraum
 rundt 5 cm/s, med med
 lengre perioder med
 straum under deteksjon-
 sgreusa (1.1. cm/s).
 Straumretningen har
 imidlertid variert (ror-
 vinkel variasjon),
 jamfør U og V varias-
 jon. U og V komponentane
 indikerer hovedstraum-
 retning mor SØ (positiv
 U-komp., negativ V-
 komp.). Storleiken på
 denne nettostraumen er
 av storleiksorden 1 cm/s.



Skisse av strø-
 målerrigg.

Fig. 4.2.1. Skisse av straummålarrigg.

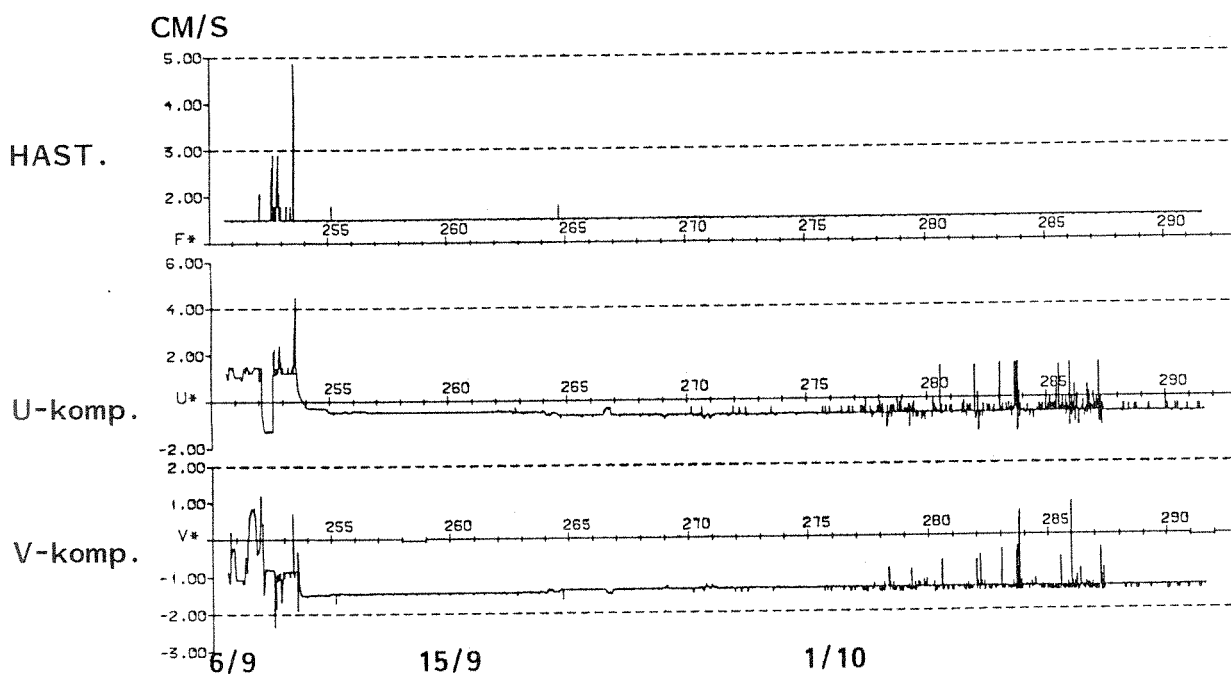
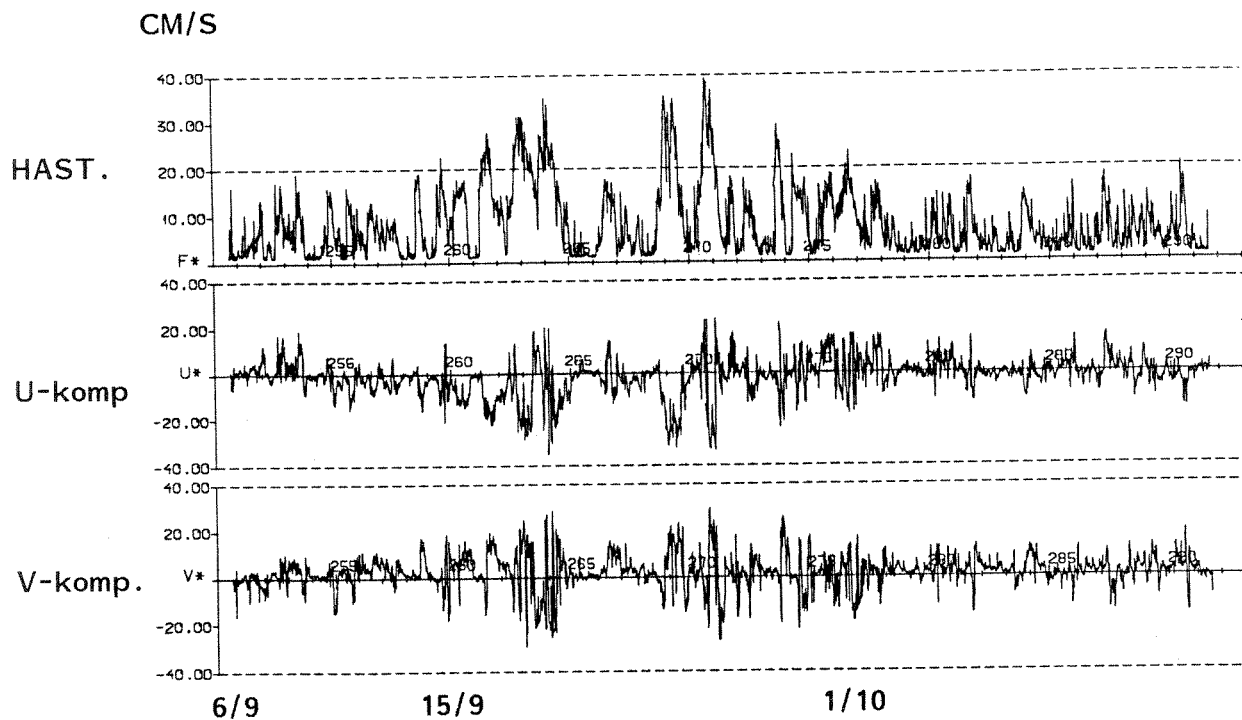


Fig. 4.2.2. Tidsserieplott av strømmålingane på hovedlokaliteten (Steinvika). Øverst: 3 m djup. Nederst: 18 m djup.

Reservelokalitet 3m GYTRE S02000

M=GY-4 N= 2047 FUVT D= 24 T=880906-1309 Z=3 PS=Reserve Loka

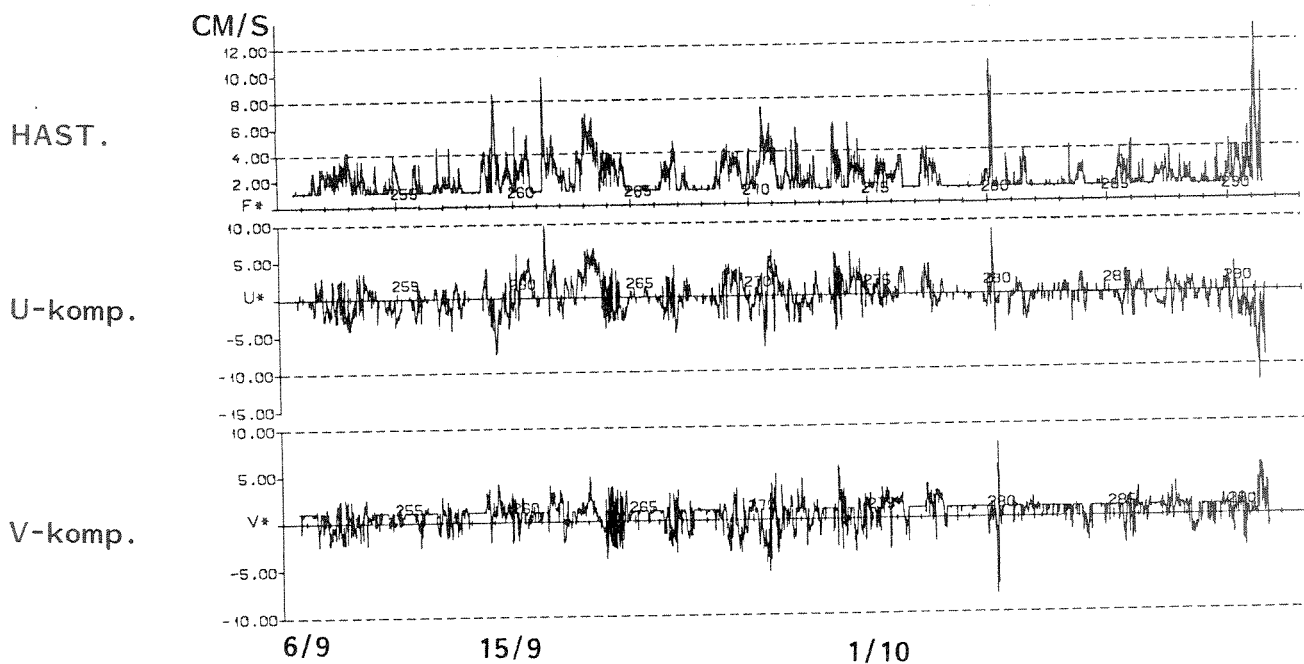
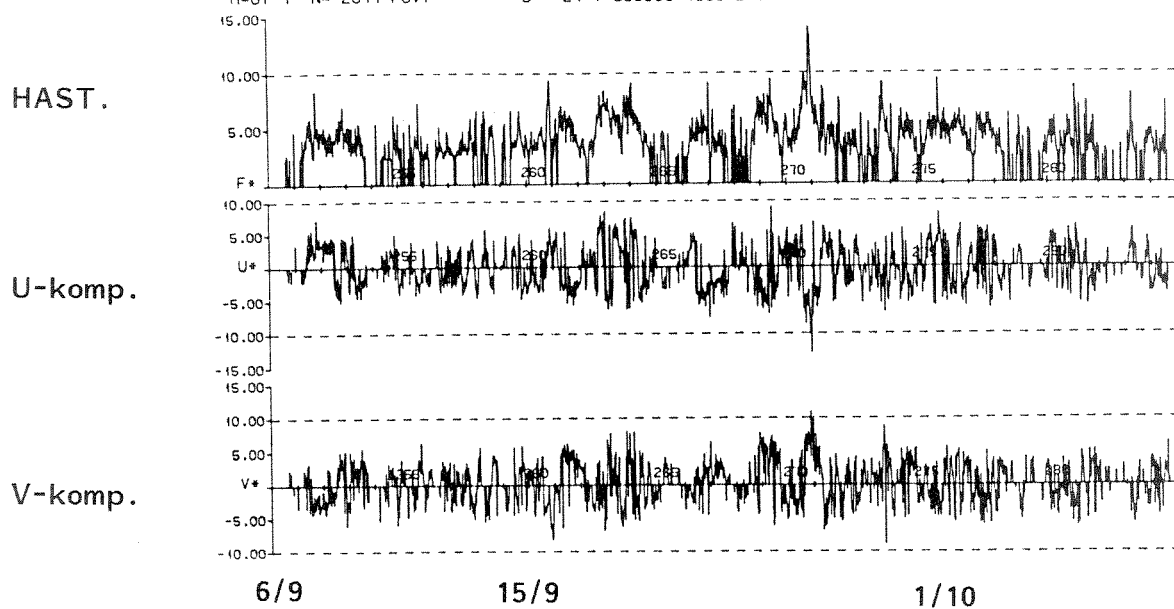


Fig. 4.2.3. Tidsserieplott av strømmålingane på reser-
velokaliteten. Øverst: 3 m djup. Nederst: 18 m djup.

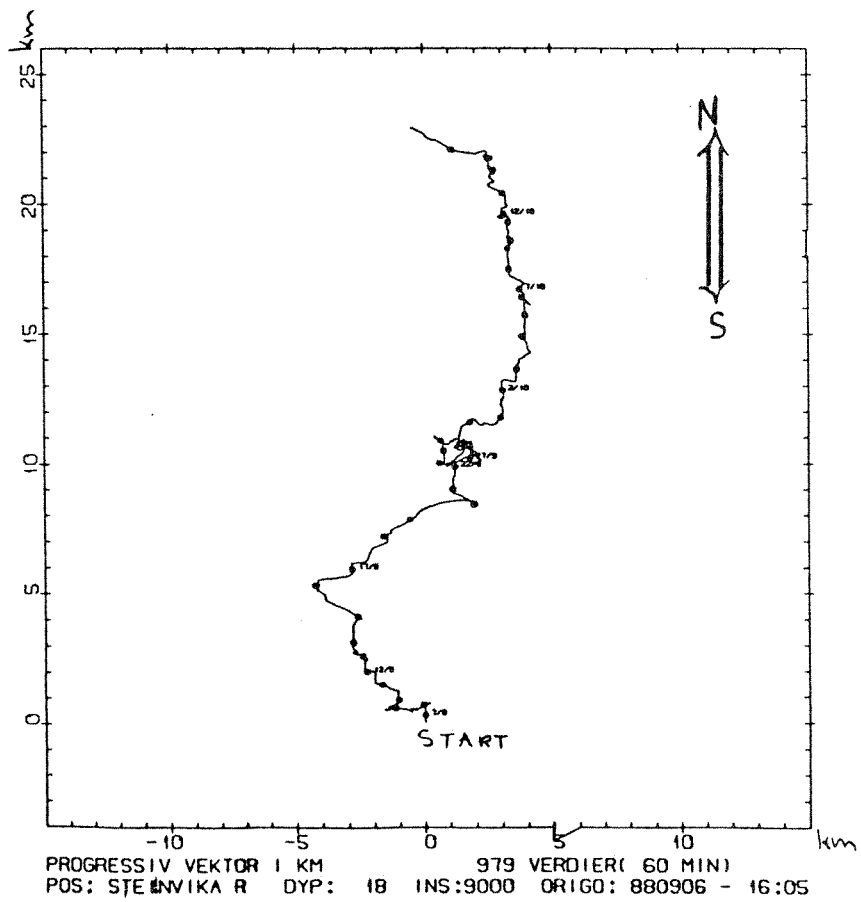
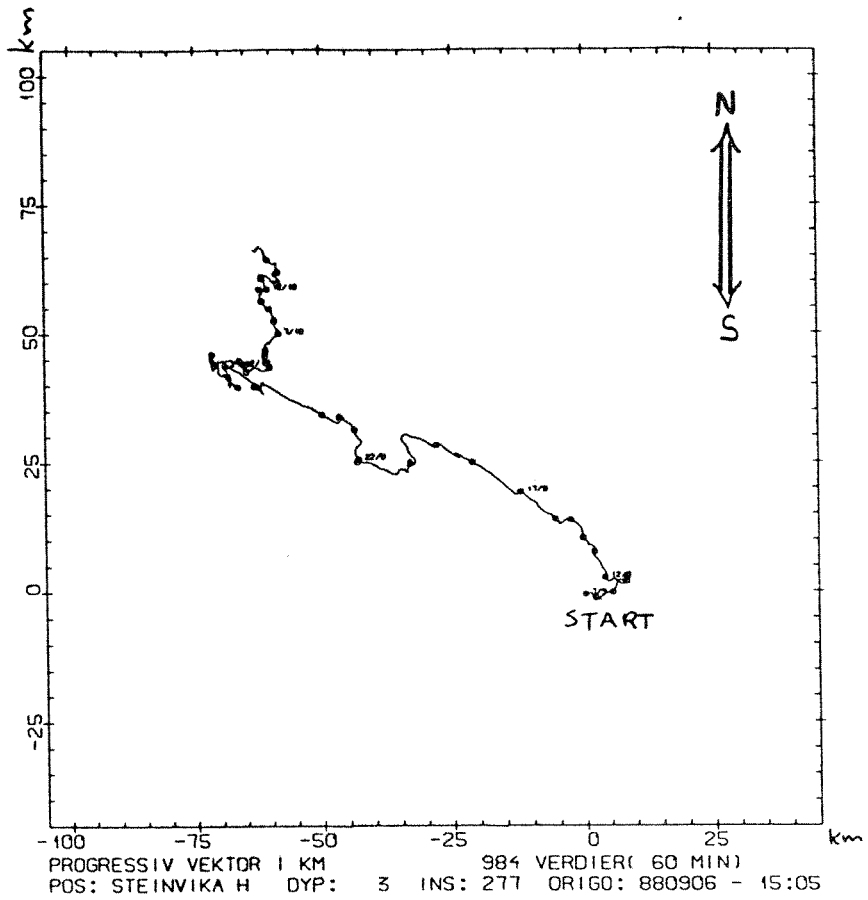


Fig. 4.2.4. Progressivt vektordiagram for strømmålingene i 3m på hovedlokaliteten (øverst) og i 18 m på reservelokaliteten.

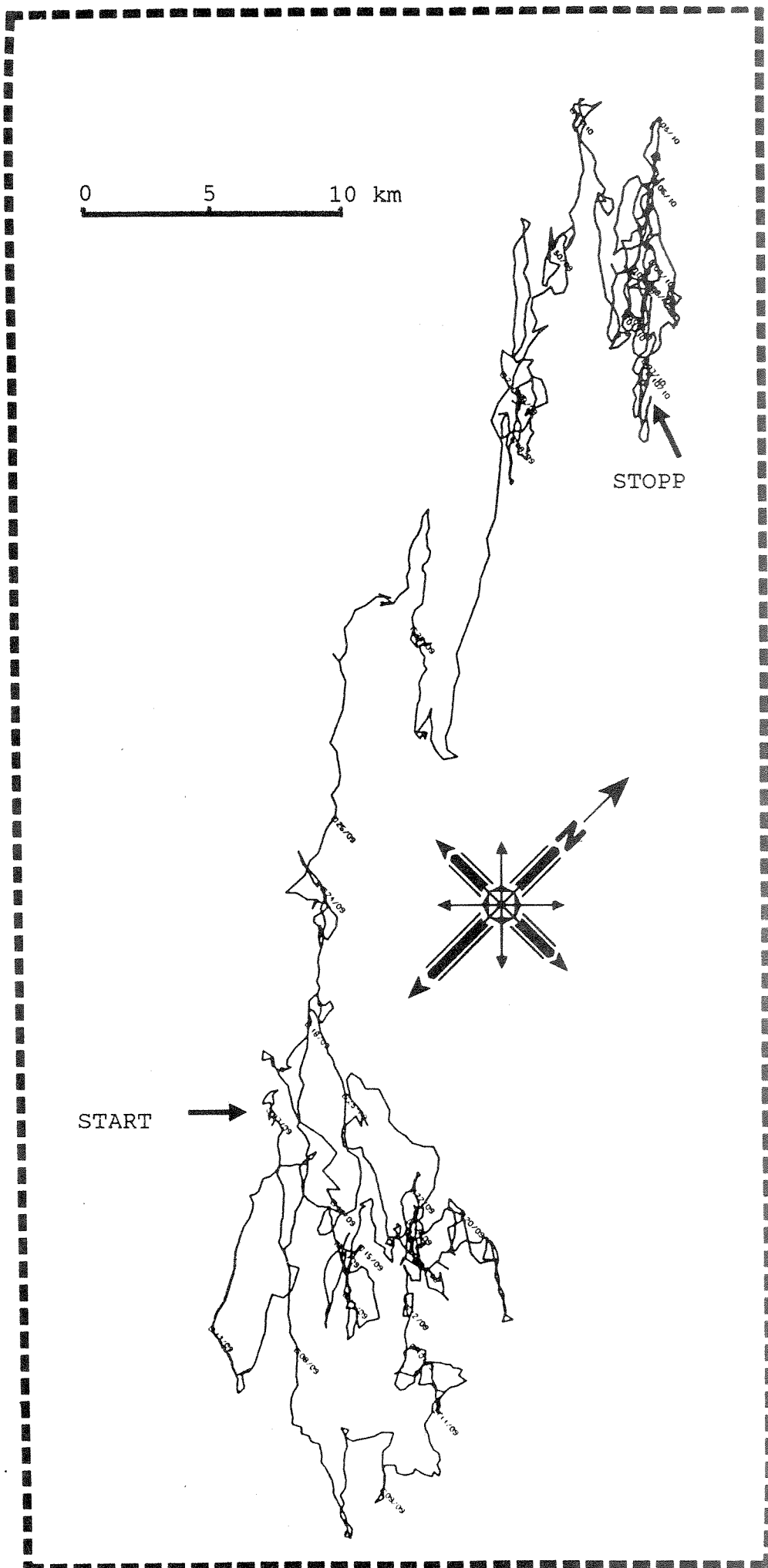


Fig.4.2.5. Progressivt vektorplott for strømmålingane i 3 m djup på reservelokaliteten.

Reservelokalitet, 3 m djup: Fig. 4.2.3. syner maksimalstraum rundt 15 cm/s, og typisk middelstraum rundt 5 cm/s. Der er kun kortvarige episoder med "null-straum" (2-3 timar maks.). Den progressive vektorframstillinga (fig. 4.2.5.) syner nettostraum stort sett mot NV. Første del av måleperioden er imidlertid transporten svært variabel, vekslende mellom NV eine dagen, og SØ hin. I perioden 23/9 til 27/9 er nettostraumen meir einsretta mot NV, for deretter å igjen bli meir variabel. Storleiksordenen for nettostraumen for heile måleperioden er 1.5-2 cm/s.

Reservelokaliteten, 18 m djup: Fig. 4.2.3. syner relativt god straum i dette djupet. Høgste målte fart var 13 cm/s. Typisk middelstraum var 3 cm/s. Av progressivt vektorplott (fig 4.2.4.) ser ein at nettostraumen var nordgåande, og av storleiksordenen 0.7 cm/s. der er bra rørsle i vatnet heile tida (max varigheit av "null-straum" episoder var rundt eit døger).

4.3. Andre registreringar

6/9 og 16/10 blei det tatt vassprøver for analyse av næringssalt, alger m.m. Nokre resultat er synt i tabell 4.2.

Tabell 4.2. Oversikt over analyseresultat for næringssalt m.m. ved hovedlokalitet (H.l.) og reservelokalitet (R.l.).

Pos/djup	Tot-N	PARAMETER				TOC
		($\mu\text{g/l}$)			(mg/l)	
		Tot-P	NO ₃	NH ₄	PO ₄	
H.l. 6/9						
1.5m:	144	4.0	11	6	0.5	1.7
10m:	156	6.0	12	8	2.5	1.8
30m:	153	6.0	34	13	3.5	1.8
H.l. 4/10						
1m:	299	14.0	29	94	2.0	
5m:	149	8.0	14	7	<0.5	
10m:	155	11.0	17	24	2.0	
30m:	137	12.0	43	3	4.0	
H.l. 16/10						
1m:	168	11.0	45	10	2.0	
5m:	149	11.0	52	7	4.0	
10m:	155	13.0	55	8	4.0	
30m:	162	14.0	70	7	6.0	
R.l. 16/10						
1m:	168	14.0	46	5	5.0	
5m:	168	12.0	50	5	5.0	
10m:	155	11.0	47	11	4.0	
30m:	155	17.0	74	5	7.0	

Sediment-prøver.

16/10 Blei det tatt eit grabbhogg like ved anlegget på hovedlokaliteten. Sedimentet bestod av fin sand, med islett av brunsvarte partiklar. Ingen H₂S lukt.

Algeprøver.

5. DISKUSJON

Våre måledata har som siktemål å gje grunnlag for å vurdere hovedlokaliteten m.o.t. drift med 12 000 m³ merdvolum, samt å vurdere reservelokaliteten m.o.t. generell eignaheit. Krava til ein reservelokalitet vil avhenge av i kor stor grad denne blir brukt, men generelle eignaheitskriterier kan likevel anvendast i vurderingane. Område med marginale miljøvilkår vil likevel kunne nyttast til oppdrett dersom ein tar omsyn og reduserer f. eks. fisketettleik.

Dagens utgangspunkt er eit 8000 m³ anlegg på hovedlokaliteten i Steinvika, med estimert årsproduksjon 300 tonn laks. (I følgje opplysningar om drifta, blei det i 1987 slakta 300 tonn, og for 1988 er slaktemengda estimert til 310 tonn). Ved normal drift med 2 årgangar i anlegget, og med slakting fordelt over året, vil maksimal biomasse i merdane vere lågare enn årsproduksjonen. Det er ikkje meldt om sjukdom eller åtferdsavvik hos laksen som kan tilskrivast dårlege miljøtilhøve.

Anlegget gjev i dag inntrykk av å vere godt dreve, med m.a. regelmessig notvasking og godt tilsyn med fisken. Straumsetjar er i bruk inne ved land. Under NIVAs befaringar var det ikkje observert lokale eutfierings-effekter. Nylege granskingar av sediment under anlegget, (utført i regi av Gjensidige Forsikringsselskap) synte liten forureiningseffekt. Nedanfor diskuterer vi lokalitetane ut frå våre måledata og registreringar.

Salinitet-temperatur:

Våre hydrografiske målingar avdekka ingen markante forskjeller mellom dei to lokalitetane. Inst i fjorden, ved Osstrupen, er det tidvis markert ferskvasstilførsle, slik at hovedlokaliteten periodevis teoretisk kan ha noko meir brakkvassinnslag enn reservelokaliteten. Våre målingar kan ikkje gje absolutt svar på om dette er tilfelle, sidan dei er gjort over eit relativt kort tidsrom. I middel må begge lokalitetane seiast å ha gode salinitetsforhold for laks, med verdiar mellom 25 og 30 i vår måleperiode. Vi kan ikkje utelukke at markerte sprang i salinitet kan skje

om våren, t.d. i samband med snøsmelting. Våre registreringar oppfanga iallfall ei slik episode, (hovedlokaliteten) med relativt markert fall og påfølgjande auke. Denne episoden var assosiert med vestavind, men ikkje med ekstra nedbør. September hadde for øvrig vesentleg mindre nedbør enn normalt (avsn. 3.2.) Minimumsverdien for salinitet var ikkje ned mot fåregrensa for osmotisk stress for laks, som er rundt 12. Kor stor stressfaktor salinitetsendringar av storleiksorden lik den vi har målt utgjjer, er uklårt. Større/raskare endringar er observert andre stader, utan at alvorlege problem har oppstått. Ved låge temperaturar er imidlertid stressfaren vesentleg større.

Oksygen:

Våre registreringar av oksygen synte gode tilhøve, med verdier nær metning ved dei fleste observasjonane (jamfør fig. 2.2.1. og apendiks 2), sjølv nær anlegget. Dei lågaste verdiane (80-90 % metn.) blei observert 16/10. Metningsreduksjonen skuldast endra salinitets- og temperaturtilhøve i sjøen, og ikkje mindre oksygenmengde i sjøen, jamfør apendiks 2. I september var det unormalt høg temperatur i sjøen. Dette vil vanlegvis medføre ekstra vekst/aktivitet hos fisken, og generelt auka oksygenforbruk (respirasjon og org. nedbryting). Dette hadde ikkje gjort seg utslag i lokal reduksjon i oksygeninnhald (utanfor merdane) på tidspunktet for våre målingar.

Næringssalt:

Våre prøver er tatt på utsida av anlegget (ca. 30 m ifrå), og må såleis betraktast som å representere bakgrunnsnivået i området, og ikkje max. verdier. Prøvetakingsstasjonen låg også slik til i høve til dominerande straumretning at prøvene ikkje kan ventast å reflektere direkte effekter frå anlegget. Verdiane frå prøvene (tabell 4.2.) syner TOC verdier representative for ein ikkje belasta resipient. Nitrat og fosfatverdiane syner aukande verdier frå 10 meter til 30 meters djup. Dei gjev ikkje uttrykk av noka form for (lokal) næringssalt belastning. På begge lokalitetane er

der ein tendens til høge N/P forhold. TotN/TotP var 30/1 (atomforhold) og $(\text{NO}_3 + \text{NH}_4)\text{N}/(\text{Po}_4 - \text{P})$ var 35/1 den 16/10 ved hovedlokaliteten. På reservelokaliteten var tilsvarende verdier h.h.v. 28/1 og 25/1. Til samanlikning er N/P forholdet i havet i middel lik 16/1 (atomforhold). Dei relativt høge N/P verdiane kan enten skuldast relativt overskot av N eller underskot av P. Ved anlegget kan ein teoretisk forvente et relativt N overskot, men dette er truleg ikkje observert, sidan verdien på reservelokaliteten er tilnærma lik. Dei høge N/P verdiane skuldast difor truleg eit relativt P-underskot. Dette kan vidare skuldast ferskvasspåverknad på begge lokalitetane, sidan ein normalt finn P-underskot i ferskvatn.

Ammoniumnivået er ikke unormalt høgt. Kritisk (letal) grense for ammonium innhald varierer med temperatur og pH. Ved $\text{pH} = 8.5$ og $T = 15$ grader, er denne grensa omlag 1.1 mg/l, (1100 $\mu\text{g}/\text{l}$) (Bjerknes m.fl. 1988), m.a.o. langt over våre observerte verdier. Det må imidlertid anmerkast at våre prøver ikkje blei tatt inne i sjølve anlegget, det ammoniumkonsentrasjonen vil vere størst.

Straum:

Hovedlokaliteten.

Straummålingane ved hovedlokaliteten var gjort nær eksisterande anlegg (fig.1.1.). Målingane representerer tilhøva for dei ytterste merdene. Det er her eventuelle tilleggsmønder er tenkt plassert, i samband med utvidinga. Målingane i 3 m djup synte god middelstraum (8 cm/s), og ingen ekstraordinære perioder med stagnerande vatn. Nettotransporten var tilnærma einsretta, mot NV. Dette indikerer at det vesentlegaste av suspendert avfallsstoff i øvre sjikt blir transportert ut fjorden frå anlegget. Botnstraumen er i følgje våre (dels mangelfulle) målingar retta mot SØ. m.a.o inn fjorden. Med atterhald for dårleg datadekning, indikerer dette at eventuelt re-suspendert sediment blir transportert inn fjorden.

Reservelokaliteten.

Måleresultata synte her akseptabel middelstraum (5 cm/s) i

3 m djup, men svakare enn på hovedlokaliteten. Også nettostraumen var svakare, og mindre einsretta, enn på hovedlokaliteten. Nettostraumsretninga var for måleperioden sett under eitt ut fjorden. Der var imidlertid lange perioder (1-2 veker) med liten nettostraum, som vil kunne medføre at overflatevatn vil kunne bli ført fram og tilbake gjennom anlegget fleire gonger, med ein teoretisk fåre for oppkonsentrasjon av m.a. ammoniakk.

Straumen i 18 m djup var relativt sterk (middel 3 cm/s). Nettostraumretninga hadde ein norgående tendens, noko som truleg skuldast topografisk styring. Ut frå lokal topografi er det er rimeleg å anta at hovedtransporten er retta ut fjorden. Ut frå strømmålingar og generell erfaring frå ulike oppdrettslokalitetar, synes verdiane på reser-velokaliteten å vere akseptable for plassering av eit 12000 m³ anlegg. Erfaring frå drift av større anlegg knyter seg førebels til ytre kyststok (m.a. MOWIs 2 anlegg ved Turøy og Haveøy på Sotra), der straumtilhøva sannsynlegvis er betre.

Effekt av auka beasting.

1. Modellberekningar

Vi har anvendt ein numerisk EDB-modell for berekning av belastning frå fiskeoppdrett (Stigebrandt, 1986). Input til modellen er basert på våre måledata om straum etc., samt m.a. anleggsstorleik lik 12000 m³, og fisketettleik lik 30kg/m³. Input-parametrar, såvel som resultat er tabellert i apendiks 4. Modellen indikerer ingen markerte effekter av auka ammoniumkonsentrasjon og redusert oksygeninnhald på nokon av lokalitetane.

2. Korttidseffekter

Modellen ovanfor tar utgangspunkt i ein middeltilstand for straum m.m. Ved å ta utgangspunkt i målt oksygenkonsentrasjon, og varigheit av perioder med svak straum, kan vi under gjevne føresetnader (sjå Bjerknes m.fl.1988) berekne teoretisk max fisketettleik i merdane. Med to timar stagnasjon, i ein periode med sterk vekst (10 kg O₂- /dag/tonn fisk i forbruk), får ein ca. 55 kg fisk pr m³ som

øvre grense for fisketettleik. Dette er godt over vanleg tettleik ($25-30 \text{ kg/m}^3$), slik at både hovedlokalitet og reservelokalitet med oksygen som utgangspunkt har god teoretisk kapasitet.

Om vi tar tilsvarande utgangspunkt for ammonium m.o.t. den før nemnde letalgrensa, får vi ein max fisketettleik på 37 kg fisk/ m^3 , også over vanlege verdier for eit normalt anlegg.

Dersom merdene ved utvidinga blir plassert i forlenginga av det eksisterande anlegget (retning SV ut frå land i Steinvika), vil dette vere tilnerma normalt på hovudstraumretninga i området. Gjennomstrøyminga i eksisterande merder vil då ikkje bli vesentleg redusert, og dei nye merdane vil ha god gjennomstrøyming (truleg betre dess lenger ut i sundet dei ligg). Forutsatt at fisketettleiken blir halde på eit rimeleg nivå (sjå ovanfor), skulle hovedlokaliteten av omsyn til fisken vere beredyktig for eit $12\ 000 \text{ m}^3$ anlegg.

3. Langtidseffekter

Eit $12\ 000 \text{ m}^3$ anlegg, med årsproduksjon 300 tonn, vil avgje av storleiksorden 400 tonn O_2 , 30 tonn Nitrogen og 3 tonn fosfor (Håkanson m. fl. 1988). Desse tilførsleane til sjø og botn vil vesentlegast foregå i perioden sept-neovember. Dagleg tilførsle vil vere 2-3 tonn O_2 , 200 kg N og 20 kg P i perioden med max. vekst (jamfør fig. 2.1.1., som for øvrig representerer oppdrett i Østersjøen). Vi kan samanlikne desse verdiane med t.d. Tot-N og Tot-P mengdene totalt i indre deler av Høydalsfjorden. Om vi reknar med bakgrunnsverdier på h.h.v. $150 \mu\text{g/l}$ og $5 \mu\text{g/l}$ for h.h.v. Tot-N og Tot-P, svarar dette til stoffmengder av storleiksorden 45 tonn N og 1.5 tonn P i sjøen i indre delen av fjorden (austanfor lina Langeneset- N). Den daglege tilførsle frå eit $12\ 000 \text{ m}^3$ anlegg vil bidra med ca. 0.5% til Tot-N og 1.5% til Tot-P i fjorden ved max. vekst. Forutsett fullstendig blanding, men ingen utskifting (og ingen primærproduksjon!) i indre Høydalsfjorden i løpet av ei 2 vekers periode, vil ein få ein konsentrasjonsauke på rundt 8% for N og 20% for P. Vi har ikkje godt nok grunnlag for å

fastslå effektiv opphaldstid for vatn i indre delene av Høydalsfjorden, men kan gå ut frå at der med normal tidevassutskifting foregår langt hyppigare utskifting enn med 14 dagars periode. I sjølve sundet der hovedanlegget er plassert (max. 1.5 km langt) kan ein med 8 cm/s medelstraum rekne med at det meste av vatnet (0-10 meter) er utskifta i løpet av eit døger, slik at lokal oppkonsentrering av N og P, med fare for (lokal) eutrofiering, normalt ikkje vil skje.

Eit 12 000 m³ anlegg med normal produksjon 300 tonn/år, vil dermed ikkje bidra vesentleg til å auke N og P nivået i Høydalsfjorden.

Tilsvarende betraktningar som ovanfor for oksygen, tilseier oksygenreduksjon på rundt 1-2 % i løpet av 14 dgr. for indre deler av fjorden. Med middelstraum lik 8 cm/s gjennom hovedanlegget, vil vatn bruke 4-5 minutt på gjennomstrøyminga. Ved max. vekst kan oksygenforbruket estimerast til 0.01 kg O₂/kg fisk/dag. Med 5 minutt til gjennomstrøyming, 5 ml/O₂ i det innstrøymande vatnet, og 30 kg fisk/m³, vil vatnet som kjem ut av anlegget teoretisk ha oksygeninnhaldet redusert med ca. 10%. For reservelokaliteten, med noko svakare straum, vil denne reduksjonen vere av storleiksorden 15-20 %. med 5.5-6 ml/l oksygen i innstrøymande vatn (jamfør apendiks 2), vil oksygenivået inne i mærdane under normale omstende ikkje nå ned mot kritisk verdi (2 ml/l). Den berekna reduksjonen vil rimelegvis kunne bli større under (korte) perioder med svakare straum, noko ein bør vere merksam på, og eventuelt redusere foringa då (ta omsyn til tidevassstraum m.m. - sjå apendiks 3).

6. LITTERATUR

Aure, J. 1983: Akvakultur i Troms. Kartlegging av høvelige lokaliteter for fiskeoppdrett. *Fisken og Havet* 1983, Nr 1.

Avnimelech, Y., og Zohar, G. 1986: The effects of anaerobic conditions on growth retardation in aquaculture systems. *Aquaculture* 58, pp 167-174.

Bjerknes, V., Golmen, L.G., Pedersen, A. og Sørgaard, K. 1988: Kapasitet for fiskeoppdrett i Skogsvågen og i fjordområdet kring Toftarøy på Sotra. NIVA rapp. nr. 2072.

Broecker, W.S. og Peng, T.H. 1982: Tracers in the Sea. *Lamont-Doherty Geol. Obs., N.Y.* 690 pp.

Clarke, A. 1986: The formation of Greenland Sea Deep Water. *ICES C.M.* 1986/C:2.

Håkanson, L., Ervik, A., Maekinien, T og Møller, B.: Basic Concepts Concerning Assessments of Environmental Effects of Marine Fish Farms. Rapp. Nordisk Ministerråd 1988:90.

Molvær, J., A. Stigebrandt, J.A. Berge og V. Bjerknes, 1988: Modell for miljøbelastning fra fiskeoppdrettsanlegg. Om utskillelse av nitrogen og fosfor fra fiskeoppdrettsanlegg. NIVA rapp. O-86004, under utarb.

Møller, D. 1976: Recent development in Cage and Enclosure Aquaculture in Norway. *FAO Fish. Rep.. FAO Techn. conf. on Aquacult.*

Pedersen, A. (red) 1982: Miljøpåvirkning fra fiskeoppdrett. NIVA rapp. FP 80802.

Stigebrandt, A.. 1986: Modellberegningar av en fiskodlings miljøbelastning. NIVA rapport nr 1823.

APENDIKS 1 Hydrografiske observasjonar

STA: 1 POS: (6.6666, 9.9999) DATE: 88. 9. 6 TIME (GMT): 15:45 DEPTH: 60.
 R1,VED RESERVE LOKALITET Dels,Delt,Delo: .000, .00, .00,saliterm

PRESS	TEMP	OXY	SALT	SIG-T
.00	14.900	6.620	27.000	19.836
1.00	15.000	*****	27.600	20.276
2.00	14.900	*****	28.000	20.604
3.00	14.900	*****	28.200	20.758
4.00	15.000	*****	28.300	20.814
5.00	14.900	6.268	28.500	20.989
6.00	14.900	*****	28.500	20.989
7.00	15.000	*****	28.600	21.045
8.00	15.100	*****	28.700	21.101
9.00	15.000	*****	28.800	21.199
10.00	14.900	6.056	29.100	21.450
12.00	15.100	*****	29.300	21.562
14.00	15.200	5.563	29.500	21.695
16.00	15.200	*****	30.300	22.310
18.00	15.000	*****	30.900	22.814
20.00	14.900	5.493	31.000	22.912
25.00	14.400	5.563	31.500	23.402
30.00	14.300	5.775	31.600	23.500
35.00	14.200	5.634	32.100	23.906
40.00	14.200	5.634	33.680	25.126
45.00	*****	5.563	*****	*****
50.00	*****	5.634	*****	*****

STA: 2 POS: (6.6666, 99.9999) DATE: 0. 8.80 TIME (GMT): 9: 6 DEPTH: ****
 H1,HOVEDANLEGGET Dels,Delt,Delo: .000, .00, .00,saliterm

PRESS	TEMP	OXY	SALT	SIG-T
.00	15.200	6.690	25.500	18.622
2.00	15.100	*****	28.200	20.717
4.00	15.000	*****	28.400	20.891
6.00	15.300	6.056	28.600	20.982
8.00	15.500	*****	28.700	21.017
10.00	15.300	5.493	28.900	21.213
12.00	14.400	*****	29.200	21.630
16.00	15.400	5.352	30.500	22.421
20.00	14.800	5.423	31.000	22.933
25.00	14.500	*****	31.250	23.189
30.00	14.300	5.634	31.500	23.423
35.00	14.200	*****	31.600	23.521
40.00	13.900	5.535	31.800	23.736
45.00	13.800	5.458	32.000	23.911
50.00	*****	5.634	*****	*****

STA: 3 POS: (6.6666, 99.9999) DATE: 88. 9. 6 TIME (GMT): 17:30 DEPTH: 60.
 SM1,VED SMOLTLOKALITETEN Dels,Delt,Delo: .000, .00, .00,saliterm

PRESS	TEMP	OXY	SALT	SIG-T
.00	15.000	7.113	7.500	4.869
1.00	15.300	*****	28.300	20.752
2.00	15.300	*****	28.400	20.828
4.00	15.400	*****	28.500	20.884
6.00	15.500	*****	28.600	20.940
8.00	15.600	*****	28.900	21.149
10.00	15.800	5.704	29.800	21.797
14.00	15.800	5.352	29.800	21.797
16.00	15.400	*****	30.500	22.421
20.00	14.900	5.493	31.000	22.912
25.00	14.400	*****	31.300	23.248
30.00	14.100	5.563	31.500	23.464
40.00	13.900	5.634	31.900	23.814
45.00	13.700	5.986	32.000	23.931

STA: 4 POS: (66.6666, 9.9999) DATE: 88. 9.21 TIME (GMT): 13: 0 DEPTH: 50.
 S4,STEINVIK FISKEFARM Dels,Delt,Delo: .000, .00, .00,salitem

PRESS	TEMP	OXY	SALT	SIG-T
.00	10.300	*****	*****	*****
1.00	10.900	6.000	*****	*****
2.00	11.300	*****	*****	*****
3.00	12.200	*****	*****	*****
4.00	12.300	*****	*****	*****
5.00	12.400	6.340	*****	*****
6.00	12.600	*****	*****	*****
7.00	12.800	*****	*****	*****
8.00	13.300	*****	*****	*****
9.00	13.500	*****	*****	*****
10.00	13.600	5.300	*****	*****
12.00	13.700	*****	*****	*****
14.00	13.800	*****	*****	*****
16.00	13.900	*****	*****	*****
18.00	14.000	*****	*****	*****
20.00	14.100	*****	*****	*****
25.00	14.100	*****	*****	*****
30.00	13.800	5.380	32.100	23.988

STA: 5 POS: (6.6666, 99.9999) DATE: 88. 9.21 TIME (GMT): 14: 0 DEPTH: 60.
 R2,SELJESETH Dels,Delt,Delo: .000, .00, .00,salitem

PRESS	TEMP	OXY	SALT	SIG-T
.00	12.500	*****	8.500	6.022
1.00	13.500	*****	24.400	18.107
2.00	13.900	*****	27.000	20.035
3.00	14.100	*****	28.300	20.997
4.00	14.200	*****	28.800	21.362
6.00	14.100	*****	29.600	21.999
8.00	14.000	*****	30.100	22.404
10.00	13.900	*****	30.300	22.579
12.00	14.100	*****	30.400	22.616
14.00	14.000	*****	30.500	22.713
16.00	14.000	*****	30.800	22.944
18.00	14.100	*****	30.900	23.001
20.00	14.200	*****	31.400	23.366
25.00	13.800	*****	31.800	23.757
30.00	12.800	7.220	32.700	24.651
35.00	11.000	*****	33.200	25.374
40.00	9.900	*****	33.900	26.110
50.00	9.200	*****	34.500	26.695
60.00	9.700	*****	35.500	27.394
70.00	9.500	*****	35.200	27.193

STA: 6 POS: (6.6666, 9.9999) DATE: 88.10.16 TIME (GMT): 12:10 DEPTH: 60.
 R2,VED RES. LOK Dels,Delt,Delo: .000, .00, .00,saliterm

PRESS	TEMP	OXY	SALT	SIG-T
.00	9.000	6.127	*****	*****
1.00	9.500	5.915	26.460	20.368
2.00	9.600	5.915	*****	*****
3.00	9.600	5.915	*****	*****
4.00	9.700	5.915	*****	*****
5.00	9.700	6.056	28.740	22.116
10.00	9.400	6.056	29.440	22.708
15.00	9.800	5.845	*****	*****
20.00	10.000	5.704	*****	*****
25.00	10.100	5.634	*****	*****
30.00	10.400	5.352	31.250	23.960
35.00	10.500	5.282	*****	*****
40.00	10.000	5.282	*****	*****

STA: 7 POS: (6.6666, 99.9999) DATE: 88.10.16 TIME (GMT): 13: 0 DEPTH: 60.
 S3,STEINVIK FISKEFARM Dels,Delt,Delo: .000, .00, .00,saliterm

PRESS	TEMP	OXY	SALT	SIG-T
.00	9.300	6.127	*****	*****
1.00	9.800	5.634	27.250	20.939
2.00	9.800	5.563	*****	*****
3.00	10.300	5.423	*****	*****
4.00	10.200	5.423	*****	*****
5.00	10.100	5.493	*****	*****
10.00	10.400	5.493	29.560	22.644
15.00	10.400	5.423	*****	*****
20.00	9.800	5.634	*****	*****
25.00	10.400	5.423	*****	*****
30.00	10.600	5.211	31.010	23.739
35.00	.010	5.211	*****	*****

*** DOUBLE EOF FOUND ***
 *** STATION 7 IS THE LAST STATION FOUND IN THE FILE, AND THE LAST STATION LISTED ***

STOP OK

@

APPENDIKS 2

STA	TID	DJUP	TEMP	SALT	OX	OXSAT	AOU	%SAT	
1 * 88 * 9 * 6	0.	14.90	27.00	6.62	5.98	-.64	110.6	R1,VED RESERVE LOKALITET	
1 * 88 * 9 * 6	5.	14.90	28.50	6.27	5.93	-.34	105.7	R1,VED RESERVE LOKALITET	
1 * 88 * 9 * 6	10.	14.90	29.10	6.06	5.91	-.15	102.5	R1,VED RESERVE LOKALITET	
1 * 88 * 9 * 6	14.	15.20	29.50	5.56	5.86	.30	95.0	R1,VED RESERVE LOKALITET	
1 * 88 * 9 * 6	20.	14.90	31.00	5.49	5.84	.35	94.1	R1,VED RESERVE LOKALITET	
1 * 88 * 9 * 6	25.	14.40	31.50	5.56	5.88	.32	94.6	R1,VED RESERVE LOKALITET	
1 * 88 * 9 * 6	30.	14.30	31.60	5.77	5.89	.12	98.0	R1,VED RESERVE LOKALITET	
1 * 88 * 9 * 6	35.	14.20	32.10	5.63	5.88	.25	95.7	R1,VED RESERVE LOKALITET	
1 * 88 * 9 * 6	40.	14.20	33.68	5.63	5.83	.19	96.7	R1,VED RESERVE LOKALITET	
1 * 88 * 9 * 6	45.	*****	*****	5.56	*****	*****	*****	R1,VED RESERVE LOKALITET	
1 * 88 * 9 * 6	50.	*****	*****	5.63	*****	*****	*****	R1,VED RESERVE LOKALITET	
2 * 88 * 9 * 6	0.	15.20	25.50	6.69	6.00	-.69	111.4	H1,HOVEDANLEGGET	
2 * 88 * 9 * 6	6.	15.30	28.60	6.06	5.88	-.18	103.0	H1,HOVEDANLEGGET	
2 * 88 * 9 * 6	10.	15.30	28.90	5.49	5.87	.37	93.6	H1,HOVEDANLEGGET	
2 * 88 * 9 * 6	16.	15.40	30.50	5.35	5.80	.45	92.3	H1,HOVEDANLEGGET	
2 * 88 * 9 * 6	20.	14.80	31.00	5.42	5.85	.43	92.7	H1,HOVEDANLEGGET	
2 * 88 * 9 * 6	30.	14.30	31.50	5.63	5.89	.26	95.6	H1,HOVEDANLEGGET	
2 * 88 * 9 * 6	40.	13.90	31.80	5.54	5.93	.40	93.3	H1,HOVEDANLEGGET	
2 * 88 * 9 * 6	45.	13.80	32.00	5.46	5.94	.48	91.9	H1,HOVEDANLEGGET	
2 * 88 * 9 * 6	50.	*****	*****	5.63	*****	*****	*****	H1,HOVEDANLEGGET	
3 * 88 * 9 * 6	0.	15.00	7.50	7.11	6.73	-.38	105.7	S1,VED SMOLTLOKALITETEN	
3 * 88 * 9 * 6	10.	15.80	29.80	5.70	5.78	.07	98.7	S1,VED SMOLTLOKALITETEN	
3 * 88 * 9 * 6	14.	15.80	29.80	5.35	5.78	.42	92.6	S1,VED SMOLTLOKALITETEN	
3 * 88 * 9 * 6	20.	14.90	31.00	5.49	5.84	.35	94.1	S1,VED SMOLTLOKALITETEN	
3 * 88 * 9 * 6	30.	14.10	31.50	5.56	5.92	.36	94.0	S1,VED SMOLTLOKALITETEN	
3 * 88 * 9 * 6	40.	13.90	31.90	5.63	5.93	.29	95.0	S1,VED SMOLTLOKALITETEN	
3 * 88 * 9 * 6	45.	13.70	32.00	5.99	5.95	-.04	100.6	S1,VED SMOLTLOKALITETEN	
4 * 88 * 9 * 21	1.	10.90	*****	6.00	*****	*****	*****	S4,STEINVIK FISKEFARM	
4 * 88 * 9 * 21	5.	12.40	*****	6.34	*****	*****	*****	S4,STEINVIK FISKEFARM	
4 * 88 * 9 * 21	10.	13.60	*****	5.30	*****	*****	*****	S4,STEINVIK FISKEFARM	
4 * 88 * 9 * 21	30.	13.80	32.10	5.38	5.93	.55	90.7	S4,STEINVIK FISKEFARM	
5 * 88 * 9 * 21	30.	12.80	32.70	7.22	6.04	-1.18	119.6	R2,SELJESETH	
6 * 88 * 10 * 16	0.	9.00	*****	6.13	*****	*****	*****	R2,VED RES. LOK	
6 * 88 * 10 * 16	1.	9.50	26.46	5.92	6.74	.83	87.7	R2,VED RES. LOK	
6 * 88 * 10 * 16	2.	9.60	*****	5.92	*****	*****	*****	R2,VED RES. LOK	
6 * 88 * 10 * 16	3.	9.60	*****	5.92	*****	*****	*****	R2,VED RES. LOK	
6 * 88 * 10 * 16	4.	9.70	*****	5.92	*****	*****	*****	R2,VED RES. LOK	
6 * 88 * 10 * 16	5.	9.70	28.74	6.06	6.62	.56	91.5	R2,VED RES. LOK	
6 * 88 * 10 * 16	10.	9.40	29.44	6.06	6.63	.58	91.3	R2,VED RES. LOK	
6 * 88 * 10 * 16	15.	9.80	*****	5.85	*****	*****	*****	R2,VED RES. LOK	
6 * 88 * 10 * 16	20.	10.00	*****	5.70	*****	*****	*****	R2,VED RES. LOK	
6 * 88 * 10 * 16	25.	10.10	*****	5.63	*****	*****	*****	R2,VED RES. LOK	
6 * 88 * 10 * 16	30.	10.40	31.25	5.35	6.41	1.06	83.5	R2,VED RES. LOK	
6 * 88 * 10 * 16	35.	10.50	*****	5.28	*****	*****	*****	R2,VED RES. LOK	
6 * 88 * 10 * 16	40.	10.00	*****	5.28	*****	*****	*****	R2,VED RES. LOK	
7 * 88 * 10 * 16	0.	9.30	*****	6.13	*****	*****	*****	S3,STEINVIK FISKEFARM	
7 * 88 * 10 * 16	1.	9.80	27.25	5.63	6.67	1.03	84.5	S3,STEINVIK FISKEFARM	
7 * 88 * 10 * 16	2.	9.80	*****	5.56	*****	*****	*****	S3,STEINVIK FISKEFARM	
7 * 88 * 10 * 16	3.	10.30	*****	5.42	*****	*****	*****	S3,STEINVIK FISKEFARM	
7 * 88 * 10 * 16	4.	10.20	*****	5.42	*****	*****	*****	S3,STEINVIK FISKEFARM	
7 * 88 * 10 * 16	5.	10.10	*****	5.49	*****	*****	*****	S3,STEINVIK FISKEFARM	
7 * 88 * 10 * 16	10.	10.40	29.56	5.49	6.48	.99	84.7	S3,STEINVIK FISKEFARM	
7 * 88 * 10 * 16	15.	10.40	*****	5.42	*****	*****	*****	S3,STEINVIK FISKEFARM	
7 * 88 * 10 * 16	20.	9.80	*****	5.63	*****	*****	*****	S3,STEINVIK FISKEFARM	
7 * 88 * 10 * 16	25.	10.40	*****	5.42	*****	*****	*****	S3,STEINVIK FISKEFARM	
7 * 88 * 10 * 16	30.	10.60	31.01	5.21	6.39	1.18	81.5	S3,STEINVIK FISKEFARM	
7 * 88 * 10 * 16	35.	10.30	*****	5.21	*****	*****	*****	S3,STEINVIK FISKEFARM	

Tabell over observert oksygeninnhold (OX, ml/l), aktuell metningsverdi (OXSAT), oksygenforbruk (AOU) og prosent metningsgrad (%SAT).

APENDIKS 3

1

Internt notat. NIVA Vestlandsavd. mai 1987. Lars G. Golmen.

STRØMFORHOLD OG FØRING

INNLEDNING

Det er allment kjent at fôrspill ved oppdrettsanlegg både øker miljøbelastningen, og reduserer det økonomiske resultatet av driften. Oppdrettere er oppmerksomme på dette, og prøver å holde fôrspillet så lavt som råd. Miljøet rundt anleggene blir også overvåket bedre enn før, for å forhindre uønskede forurensingseffekter.

Den observerte svikten i tilgang på fôrråstoff (lodde m.m.), sett i sammenheng med den forventede økningen i fôretterspørselen, har understreket behovet for økt kontroll med fôringen. Dette har også resultert i økt forskningsinnsats på området. Eksempel her er forsøkene med akkustisk måling av fôrspill som foregår ved Akvakulturstasjonen i Austevoll (Juell 1987).

For å holde fôrspillet så lavt som råd, må oppdretteren selv ta hensyn til en rekke faktorer, som fôrtype, fisketettheten, fiskens appetitt, vanntemperatur m.m.

All fôring bør i prinsippet avsluttes når fisken er mett. Dette lar seg vanligvis registrere ved manuell fôring, men er vanskeligere å kontrollere ved automatisk fôring.

Vi vil i dette notatet først omtale en del effekter strømforholdene ved et oppdrettsanlegg forårsaker i forbindelse med fôring og fôrspill. Dernest diskuteres det hvordan kunnskap om fôringsrutiner og strømforhold kan kombineres for en optimal utnyttelse av fôret.

FORETS SYNKEHASTIGHET

Før vi går i mer detalj om strømforholdenes innvirkning på fôring og fôrspill, er det aktuelt å nevne noe om fôrets synkehastighet, som i likhet med strømmen bidrar til at fôr

transporteres utenfor fiskens rekkevidde.

Det synes allment godtatt at en liten synkehastighet gir minst fôrspill. Fisken får god tid til å nyttiggjøre seg fôret før det forsvinner ut av rekkevidde.

Synkehastigheten til fôret er i første rekke gitt av fôrets konsistens og partikkelstørrelse. Konsistensen er i første omgang gitt av fôrtype: våtfôr, mjukfôr eller tørrfôr. En regner at tørrfôr synker hurtigst, og våtfôr langsomst (Pedersen 1982). Synkehastigheten bestemmes av tetthetsdifferansen mellom fôrpartikkelen og det omgivende vannet, og av den motstand (friksjon) partikkelen møter. Høyt vanninnhold i fôret gjør tetthetsdifferansen, og dermed synkehastigheten liten. Større fôrpartikler vil vanligvis ha en høyere synkehastighet enn små partikler, på grunn av større friksjonskraft (pr. masseenheter) for mindre partikler.

I en gitt avstand fra overflaten vil fôrpartikkelen nå maksimal synkehastighet, på grunn av oppnådd likevekt mellom tyngdekraft og friksjonskraft. Etter hvert som partikkelen synker videre, vil den absorbere noe vann. Dette vil redusere tetthetsdifferansen mellom partikkel og vann, og dermed reduseres synkehastigheten. Fôrpartikkelen vil etterhvert også løses opp i mindre partikler, noe som øker friksjonskraften, og dermed reduserer synkehastigheten.

Sjiktforholdene i vannet influerer også på synkehastigheten. En gradvis økning av vannets tetthet med dypet vil medføre en reduksjon av den ovenfor nevnte tetthetsdifferansen etter som fôrpartikkelen synker. Dersom det eksisterer et markert sprangsjikt (som i fjordene om våren og sommeren), kan en risikere at fôret "bremses opp" ved sprangsjiktet, og ikke synker videre.

STRØMFORHOLD

Ved svak eller ingen strøm er det fôrets synkehastighet som

alene bestemmer fôrets oppholdstid innenfor mæren. Slike strømforhold er langt fra gunstige hva angår vannutskifting og fiskens miljø.

For sterk strøm vil åpenbart være ugunstig for fôringen sin del. En risikerer at mye av fôret føres (horisontalt) ut av mæren før fisken har fått nyttiggjort seg dette. En langsommere fôringsrate, kombinert med visuell kontroll, vil kunne redusere slikt fôrspill, men sterk strøm vil fortsatt være ugunstig, særlig fordi fisken da bruker mye energi på å få tak i fôret.

Det er ikke gitt at strømforholdene inne i en mær er lik forholdene utenfor mæren. Begroing på mærene vil redusere gjennomstrømningen, og fiskens egenbevegelse vil kunne forandre strømningssmønstret. For selve fôringen vil strømforholdene inni mæren være viktigst. For forureningsproblematikken er det forholdene utenfor mæren som er viktigst.

Strømmen varierer

Ved alle oppdrettsanlegg vil en oppleve at strømforholdene varierer. Tidevannet forårsaker i de fleste tilfeller den mest merkbare og regelmessige variasjonen. Meteorologiske forhold innvirker også på strømforholdene, spesielt på lavere frekvenser. Vind kan resultere i f.eks. daglige variasjoner (fønvind). For øvrig vil sjiktningsforholdene i de øvre vannlag invirke på den vindgenererte strømmen, En gitt vindstyrke vil gi kraftigere overflatestrøm under forhold med markert sjikting (sommeren), sammenlignet med en vintersituasjon med mindre markert overflatelag.

Lufttrykksvariasjoner vil også direkte og indirekte medføre variasjon i strømmen. Sesongmessige variasjoner er knyttet til bl. a. temperatur og ferskvannsavrenning, som innvirker på sjiktningsforholdene i sjøen.

Fôring bør unngås i peioder med sterkest strøm ut fra ønsket om å redusere fôrspillet. Svak strøm reduserer

fôrspillet, men kan ha negative effekter for fisk og miljø. Fôring i stillestående vann kan føre til ugunstig lave oksygenverdier i vannet innenfor mærene, med negative følger for fisken. Fôring i stillestående vann øker også sedimenteringsraten under mærene (ekskremitter og uutnyttet fôr).

Tidevannsstrøm

Variasjonene i strømforholdene er mer eller mindre forutsigbare. Den mest åpenbare regularitet er knyttet til tidevannsstrømmen. På Norskekysten og i fjordene er en halvdaglig periode (omtrentlig) dominerende. Merkbart sterkere tidevannsstrøm oppleves ofte ved tidspunkt rundt nymåne og fullmåne. Figur 1 viser et eksempel på en måleserie for strøm. Det er målt over en periode på ca. 2 1/2 uke. Måledypet er ca. 4 meter. (Den langsomt varierende kurven er tidsmidlete verdier, og kan sees bort fra i denne sammenheng).

Målingene er foretatt i et sund, hvor strømmen veksler mellom nord (+) og sør (-) retning. En halvdaglig variasjon framgår tydelig av fig. 1. Strømhastighetene i dette tilfellet har maksimalverdier rundt 15 - 20 cm/sek. Kurven er ikke helt retningssymmetrisk. Nordgående strøm har høyest maksimalverdier. Disse maksimalverdiene opptrer imidlertid bare over korte perioder. Den sørgående strømmen holder seg tilnærmet konstant over et lengere tidsrom. En merker seg også at strømmen i dette tilfellet hurtig skifter retning fra nord til sør og omvendt. Periodene hvor en har stillestående vann er kortvarige.

En liknende strømcurve som den i fig. 1 vil en finne ved mange oppdrettsanlegg langs Norskekysten. Maksimal strømhastighet vil variere fra sted til sted. Likedan "fasongen" på kurven. Periodene med stillestående vann kan være lengre.

Spørsmålet er om strømvariasjonene er så regelmessige (forutsigbare) at de kan taes hensyn til ved bestemmelse av

fôringstidspunkt og fôringsrate, slik at fôrspillet reduseres. Det første en da trenger, er objektive metoder til å beskrive strømforholdene ved et anlegg, særlig med henblikk på variabiliteten.

Karakterisering av strømforhold

Dersom de foran nevnte idéene om fôring og strømforhold skal kunne brukes i praksis, må en først og fremst ha egnede objektive metoder for å karakterisere, eller beskrive - strømforholdene.

Begreper som middelstrøm og reststrøm vil være mindre aktuelle i denne sammenheng. En må bruke, evt. utvikle metoder som også gir opplysninger om variabiliteten. En må finne brukbare parametre som kan si hvorvidt strømmen er tilsrekkelig periodisk (regelmessig) til at dette kan nyttes i fôringssammenheng.

Vi antar at det ved et gitt anlegg er foretatt måling av strømmen over et tilstrekkelig langt tidsrom, slik at måleresultatene er representative for forholdene generelt. En kurve (tidsserie) som i figur 1, vil umiddelbart kunne framstilles, og vil gi grunnlag for en subjektiv vurdering av periodisiteten. Andre dataframstillingsmåter gir også endel grunnlag for å kunne beskrive periodisiteten. Middelerverdiens standardavvik uttrykker variabiliteten, men sier ikke noe om periodisiteten.

Stabilitetsfaktoren ("Neumann-faktoren") B, er definert ved

$$B = \frac{|\bar{v}|}{\bar{S}} * 100 \%,$$

der \bar{S} er middelerverdien for fart over en gitt midlingsperiode ($t_2 - t_1$), og $|\bar{v}|$ er et mål for strømmens netto bevegelse i samme periode (fig. 2). B gir et uttrykk for strømmens retningsstabilitet, og den kan tolkes som forholdet mellom reststrøm og fluktuasjoner (Hackett 1981). En monoton, ensrettet strøm vil ha en stabilitetsfaktor lik 1, mens for en fullstendig periodisk og aksisymmetrisk strøm vil $|\bar{v}|$, og dermed B være lik null.

Spektralanalyse av en strømserie er basert på teorien om at serien kan framstilles som en sum av mange egensvingninger (-Fourierrekke framstilling). Ved en slik analyse vil en se hvilke eventuelle frekvenser som går igjen i måleserien, og hvor stor strømhastighet (-energi) disse frekvensene representerer.

For å få et grunnlag for å vurdere strømforholdene bedre, må det utvikles og anvendes metoder som gjør det mulig å parametrisere andre trekk, slik som hvor raskt strømmen skifter retning, graden av aksial-symmetri for retningen, varighet av strømsvake i forhold til strømsterke perioder etc.

FORINGEN I PRAKSIS

Gunstige fôringsperioder

Figur 3 viser en typisk kurve for forløpet av tidevannsstrømmen, tegnet med større oppløsning på tidsaksen enn eksemplet i fig.1. I løpet av et døgn (tilnærmet) har en fire perioder med maksimalstrøm: to med sørgående og to med nordgående.

I figur 3 har vi antatt en øvre og en nedre grense for tillatelige strømhastigheter under fôringen. Disse grensene vil avhenge av bl.a. fôrtypen og fiskens appetitt. Jo større appetitt, jo større strømhastighet kan tolereres. Disse grensene medfører at døgnet deles opp i ulike perioder hvor det er gunstig og ugunstig å fôre. I praksis vil en kurve for strømmen ved et anlegg ikke være så regelmessig som i fig. 3, (jamfør fig. 1). Kurven vil oftest ikke være retningssymmetrisk, slik at f. eks. nordgående strøm er sterkere enn sørgående. I et slikt tilfelle kan en da finne at kun perioder med nordgående strøm har kritisk høye hastigheter, med tilsvarende færre ugunstige fôringsperioder i løpet av døgnet.

I praksis vil ikke alle "gunstige" perioder som de som framkommer i fig. 3 kunne brukes til fôring. Perioder på natten kan falle bort. Et ønske om å begrense forurensingen på f.eks. sørsiden av anlegget, kan eliminere perioder med sørgående strøm, eller en tar hensyn til disse periodene ved at fôringen da begrenses.

På et oppdrettsanlegg inne i en bukt eller liten fjordarm (poll), vil en ved å fôre kun ved utgående tidevannsstrøm unngå unødig forurensing i bukten eller fjordarmen (fig. 4).

Praksisen med fôring 3-4 ganger pr dag vil i de fleste tilfeller kunne opprettholdes. Men i stedet for fôring til faste klokkeslett, blir fôringstidspunkt knyttet til tidevannet, med en langsom forskyving av klokkeslett fra dag til dag. Regulering av fôrmengdene (f. eks. mest fôr først på dagen) er fortsatt mulig. Spørsmålet er hvor ømfindtlig fisken er for disse noe uregelmessige fôringsperiodene i forhold til klokka. Det synes rimelig å tro at fiskens døgnrytme fra naturens side er vel så mye tilpasset tidevannets variasjoner som de variasjoner som skyldes f. eks. solens gang.

En omlegging av fôringspraksisen til å følge tidevannssyklusen vil kreve at en kjenner strømbildet ved anlegget. Strømmålinger må evt. foretas. Fra disse målingene trekker en ut de regelmessige svingningene og relaterer faseforskjeller og perioder til tidevannstabellen. Basert på dette kan en enkel tidstabell (plan) lages. Ved anlegg med automatisk fôring kan en skifte ut klokka med en programmerbar mikroprosessor, hvor en legger inn ønskede parametre.

I prinsippet vil strømmålingene også kunne gi indikasjon på hvilke endringer i strømforholdene som lufttrykksforandringer, vind etc. forårsaker. Slike endringer vil imidlertid være vanskelige å forutsi med sikkerhet. Hensyntagen til slike forhold er derfor vanskeligere å kombinere med

automatisk (programmert) fôring, men en ærfaren oppdretter kan på en skjønnsmessig måte ta hensyn til dette i forbindelse med manuell fôring.

REFERANSER.

Hackett, B. 1981. Innføring i behandling av strømdata. FOH rapport nr. 2 1981. Miljøverndept. Oslo.

Juell, J.E. 1987. Optimal appetittfôring i matfiskanlegg ved akustisk registrering av fôrspill. Norsk Fiskeoppdrett nr. 5 1987.

Pedersen, A. 1982. Miljøpåvirkning fra fiskeoppdrett. Rapp. nr. 80802, Norsk Inst. for Vannforskning, Oslo.

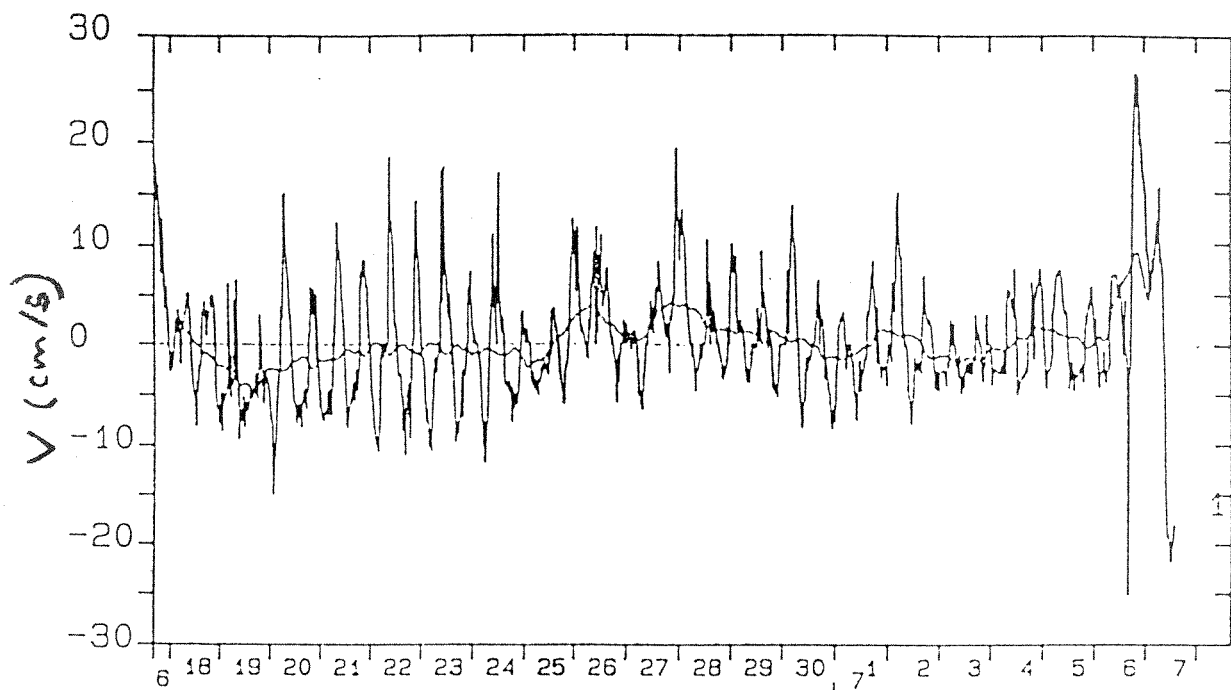
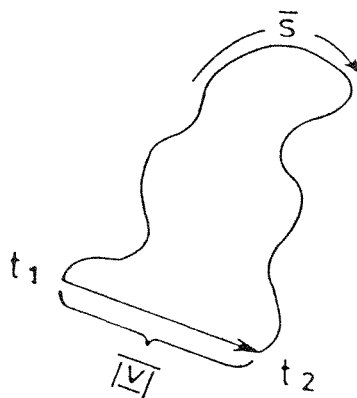


Fig. 1. Eksempel på måleserie for strøm, her representert ved nord (+)-sør (-) komponenten. Dato (i juni-juli) på nederste akse.



b) Stabilitetsfaktor ("Neumann faktor") B ,
definert ved

$$B = \frac{|\bar{v}|}{\bar{s}} \cdot 100\%,$$

Fig. 2. Forklaring til beregning av stabilitetsfaktoren (se teksten).

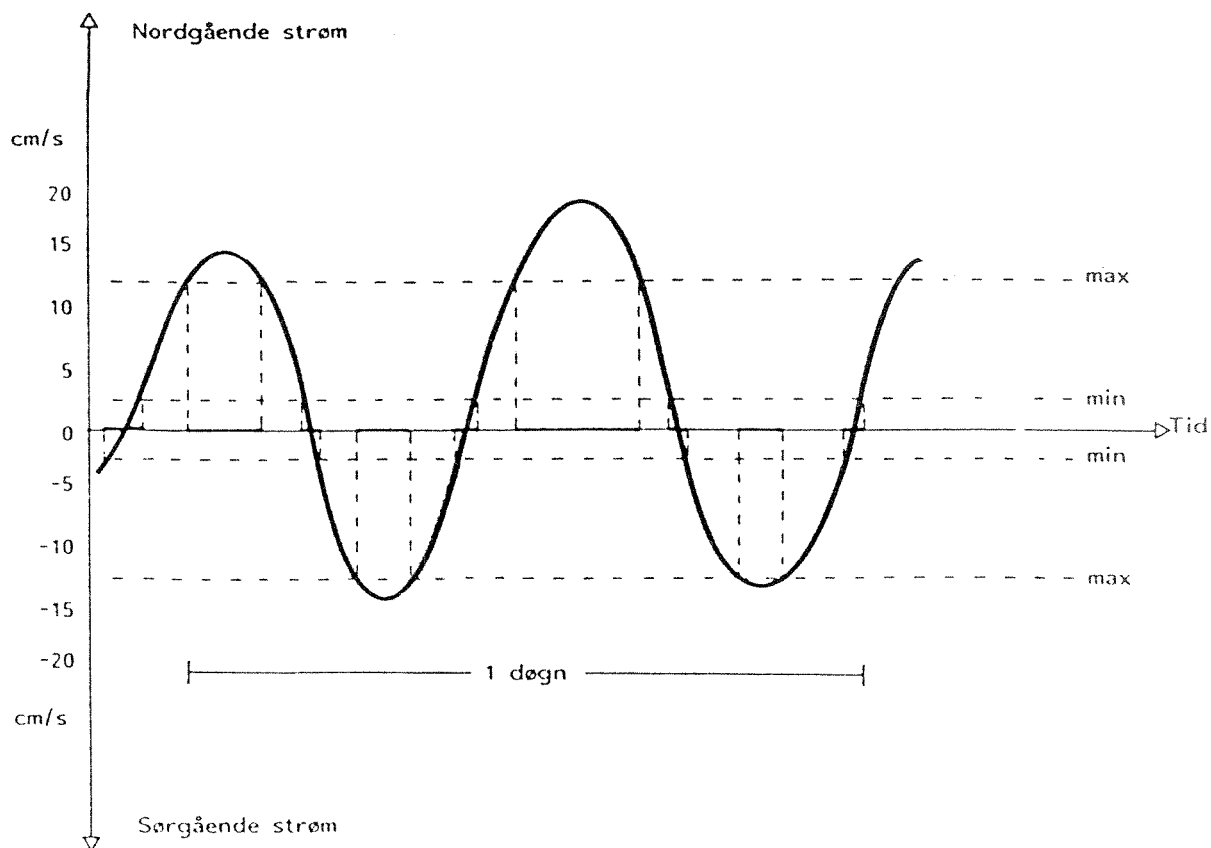


Fig. 3. Skematisk framstilling av en tidevannsdomminert strøm, med markerte grenser for akseptabel strøm m.o.t. føring. Tykke avsnitt av tidsaksen angir ugunstige føringstidspunkt.

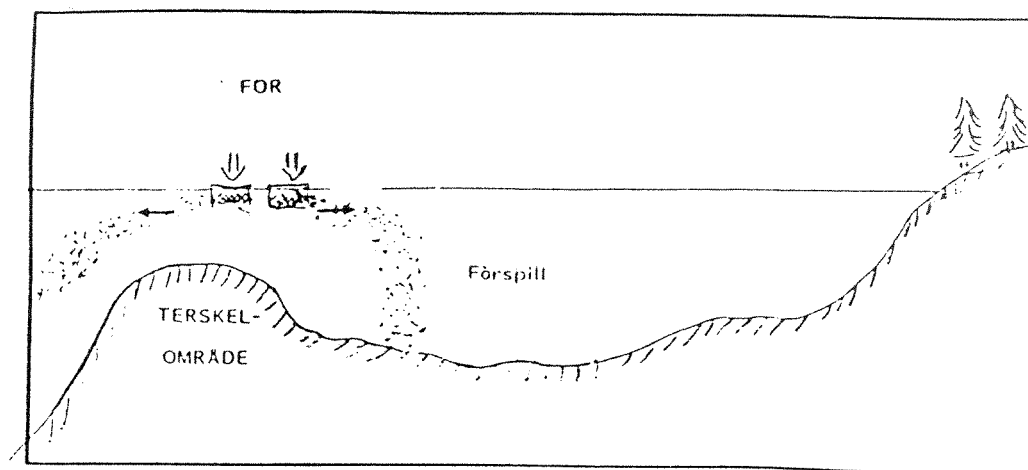


Fig. 4. Skjematisk framstilling av førspill ved ulike strømretninger, fra et anlegg som ligger i terskelområde ved utløp av en fjord.

Apendiks 4. Modellberegninger for reservelokaliteten. Resultat som er samsvarande med hovedlokaliteten er ikkje tatt med her.

FISKMENY (ver.2.0): Reservelokaliteten Høydalsfjorden

TABELL 1 FYSISKE DATA FOR LOKALITETEN.

Middelström - langtids sommer	0.05	m/sek
Middelström - tidevann	0.01	m/sek
Typisk saltholdighet (juli-sept)	27.5	o/oo
Typisk vindhastighet (sommer)	1.0	m/sek
Terskeldyp (utenfor anlegget)	100.0	meter
Areal innenfor evt. terskel	15.00	kvadratkilometer
Middeldyp innenfor evt. terskel	80.0	meter
Middeldyp ved anlegget	45.0	meter

TABELL 1B AKTUELLE TEMPERATURER (MÅNEDSMIDDEL) SOGNESJÖEN.

Jan=	5.8	Apr=	5.9	Jul=	13.5	Okt=	11.4
Feb=	4.8	Mai=	7.7	Aug=	14.6	Nov=	9.2
Mar=	4.5	Jun=	10.6	Sep=	13.9	Des=	7.6

TABELL 2 ANLEGGETS DIMENSJONER.

Volum av märene (totalt)	12000	kubikkmeter
Lengde (vinkelrett på strömretning)	100	meter
Märenes dyp	10	meter
Fisktetthet (höyeste verdi juli-sept.)	30	kilo/kubikkmeter
Reduksjonsfaktor for gjennomströmning	0.50	

OBS!

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

TABELL 5 FORANDRING AV OKSYGEN- OG AMMONIUMKONSENTRASJONER I MÄRENE PÅ GRUNN AV FISKENS RESPIRASJON RESPEKTIVE EKSKRESJON. FISKENS VEKT= 2000 GRAM, TEMPERATUR= 14.6 GRADER C TONNAGEN I MÄRENE ER 360000 KG.

Basert på	Oksygen inn (mg/l)	Oksygen ut (mg/l)	Ammonium inn (mg/l)	Ammonium ut (mg/l)
Middelström*)	8.15	7.08	0	0.05
Fjordoverflate*)	6.70	5.64	0.00	0.05

*) OBS! Tabellen gir middelveidier. Lavere (höyere for ammonium) verdier kan forekomme. På den annen siden er ikke forhøyning av oksygeninnholdet (reduksjon av ammoniumkonsentrasjon) p.g.a. eventuell primärproduksjon i vertsystemet tatt med. Ved en eventuell omdimensjonering: Forsök å gjør anleggets lengde større (anlegget bör vende så stor flate som mulig mot strömmen).

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 MÄRENE PÅ GRUNN AV FISKENS RESPIRASJON RESPEKTIVE EKSKRESJON. FISKENS VEKT= 2000 GRAM, TEMPERATUR= 14.6 GRADER C TONNAGEN I MÄRENE ER 360000 KG.

Basert på	Oksygen inn (mg/l)	Oksygen ut (mg/l)	Ammonium inn (mg/l)	Ammonium ut (mg/l)
Middelström*)	8.15	7.48	0	0.03
Fjordoverflate*)	5.98	5.31	0.00	0.04

*) 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 primärproduksjon i vertssystemet tatt med. Ved en eventuell omdimensjonering: Forsök å gjør anleggets lengde større (anlegget bör vende så stor flate som mulig mot strömmen).

TABELL 6 UTSLIPP AV OPPLÖST NITROGEN OG FOSFOR FRA MÄRENE VED HÖYE, MIDLERE OG LAVE TEMPERATURER. TONNAGEN I MÄRENE ER 360000 KG. *)

Temperatur (C)	Nitrogen (kg/dögn)	Fosfor (kg/dögn)
14.6	105.7	16.5
9.5	70.6	11.0
4.5	47.1	7.4

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

FOSFOR (P), ASKEFRI TÖRRSUBSTANS (T) SAMT ASKE (A) VED HÖYESTE, MIDLERE OG LAVESTE TEMPERATUR FOR ULIK GRAD AV OVERFORING. HVIS FORINGEN SKJER IFLG TAB. 9, ER OVERFORINGEN 0 PROSENT. TONNAGEN I MÄRENE ER 360000 KG (FISKENS VEKT 2.00 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	14.6	450	263	258.1	0.88	5.63
25	14.6	1779	844	322.6	8.22	52.52
50	14.6	3109	1425	387.1	15.55	99.41
0	9.5	300	176	172.3	0.59	3.76
25	9.5	1188	563	215.4	5.49	35.06
50	9.5	2076	951	258.4	10.38	66.37
0	4.5	201	117	115.0	0.39	2.51
25	4.5	793	376	143.8	3.66	23.41
50	4.5	1386	635	172.5	6.93	44.31

KOMMENTARER TIL TABELL 7.

Sedimentoverflate= 6200 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 märene.

Beregningen av oksygenforbruk i dypvannet per tonn fiskproduksjon: Reduksjon av oksygenkonsentrasjon = 0.001 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 (LÖST + FAST STOFF) AV NITROGEN (N) OG FOSFOR (P) FOR ULIKE GRADER AV OVERFORING. FISKENS VEKT= 2000 GRAM. UTSLIPPET ER UTTRYKT I KILO NITROGEN ELLER FOSFOR PER 1000 KG FISKPRODUKSJON.

Overforing (prosent)	Löst		Fast		Totalt utslipp	
	N (kg)	P (kg)	N (kg)	P (kg)	N (kg)	P (kg)
0	36.7	5.74	1.95	0.31	38.62	6.04
25	36.7	5.74	18.22	2.85	54.89	8.59
75	36.7	5.74	50.76	7.94	87.42	13.68
100	36.7	5.74	67.03	10.49	103.69	16.22

PR 100 KG FISK/DÖGN (MED FOR IFLG TAB. 3A).

Temperatur (C)	Fiskens vekt (kg)			
	0.1	0.3	1.0	3.0
4	0.83	0.60	0.42	0.31
8	1.14	0.82	0.58	0.42
12	1.57	1.13	0.79	0.58
16	2.16	1.56	1.09	0.80
20	2.97	2.14	1.51	1.10

TABELL 10 AKTUELL UTFORINGSTABELL (IFLG. TAB. 3A). TONNAGEN I MÅRENE ER 360000 KG, (FISKVEKT 2.00 KG). FORVENTET FISKVEKT ETTER EN 30-DAGERS PERIODE VISES OGSÅ.

Temperatur (grader C)	Formengde (kg/dögn)	Beregnet vekt etter 30 dögn
8.00	1701	2.31
9.00	1842	2.33
10.00	1996	2.36
11.00	2162	2.40
12.00	2342	2.43

TABELL 11 BEREGNET FISKVEKT (KG) VED ULIKE TIDSPUNKTER MED DE I TAB. 1B GITTE TEMPERATURFORHOLDENE.

År	Mån	Vekt	År	Mån	Vekt	År	Mån	Vekt
0	1	0.00	1	1	1.43	2	1	7.46
0	2	0.00	1	2	1.63	2	2	8.04
0	3	0.00	1	3	1.83	2	3	8.61
0	4	0.00	1	4	2.05	2	4	9.19
0	5	0.10	1	5	2.30	2	5	9.87
0	6	0.15	1	6	2.63	2	6	0.00
0	7	0.22	1	7	3.08	2	7	0.00
0	8	0.35	1	8	3.72	2	8	0.00
0	9	0.54	1	9	4.52	2	9	0.00
0	10	0.77	1	10	5.36	2	10	0.00
0	11	1.00	1	11	6.13	2	11	0.00
0	12	1.21	1	12	6.81	2	12	0.00