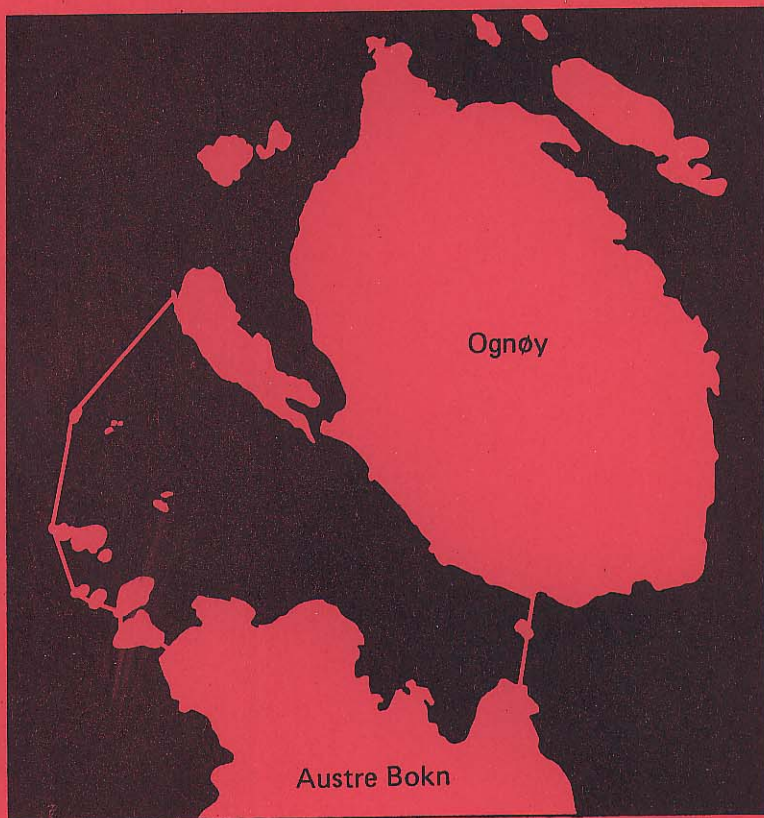


Gasskraftverk på OGNØY

O-87056

Gasskraftverk på Ognøy i Bokn kommune, Rogaland



NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Hovedkontor
Postboks 33
0314 Oslo 3
Telefon (02) 23 52 80

Sørlandsavdelingen
Grooseveien 36
4890 Grimstad
Telefon (041) 43 033

Østlandsavdelingen
Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (065) 76 752

Vestlandsavdelingen
Breiviken 2
5035 Bergen - Sandviken
Telefon (05) 25 97 00

Prosjektnr.:
0-87056

Undernummer:

Løpenummer:
1990

Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: GASSKRAFTVERK PÅ OGNØY i Bokn kommune, Rogaland	Dato: 20. mai 1987
	Prosjektnummer: 0-87056
Forfatter (e): John Arthur Berge Lars Golmen Vestlandsavdelingen Ivar Haugen Pål Jacobsen	Faggruppe: Marinøkologisk
	Geografisk område: Rogaland
	Antall sider (inkl. bilag): 44

Oppdragsgiver: Bokn kommune, Bokn	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.): Rådmann J E Nygaard
--------------------------------------	--

Ekstrakt:

En vurdering av Ognøy som lokalitet for gasskraft er gjennomført. Vurderingen baserer seg på at det bygges et kjølevannsbasseng mellom Ognøy og Østre Bokn, og at kjølevannet fra kraftverket slippes ut i dette før det går ut i resipienten mot Boknafleet. Det er også utført en foreløpig analyse av brukspotensialet til kjølevannsbassenget. Vurderingen konkluderer med at Ognøy ut fra miljøhensyn er en akseptabel lokalitet for etablering av et gasskraftverk.

4 emneord, norske:

1. Gasskraftverk
2. Kjølevann
3. Økologi
4. Utnytting kjølevann

4 emneord, engelske:

1. Gas fueled power plant
2. Cooling water
3. Ecology
4. Beneficial use of cooling water

Prosjektleder:


Ivar Haugen

For administrasjonen:


Tor Bokn
Avd.sjef

ISBN 82-577-1236-1

O-87056

GASSKRAFTVERK PÅ OGNØY

Bokn kommune, Rogaland.

NIVA, 20. mai 1987

Prosjektleder: Ivar Haugen

Medarbeidere: Lars Golmen,
Vestlandsavdelingen

John Arthur Berge

Pål Jacobsen

INNHALDSFORTEGNELSE :

1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	Side 1
2. INNLEDNING	2
3. FYSISKE MILJØKONSEKVENSER	3
3.1 Innledning	3
3.2 Ognøy-alternativet	4
3.3 NHLs preliminare studium	6
3.4 NHLs måleprogram	7
3.5 Hydrografiske forhold og strøm	8
3.6 Vurdering av utslippsdyp	12
3.7 Sluttbemerkninger. Behov for videre gransk- ninger	15
3.8 Konklusjoner	16
4. ØKOLOGISKE VURDERINGER	17
5. KJØLEVANNSBASSENGETS BRUKSPOTENSIALE	19
5.1 Innledning	19
5.2 Oppdrett av laksefisk	19
5.3 Annen bruk av kjølevannet	20
5.4 Effekter på helsetilstanden hos oppdretts- organismene	21
5.5 Forskningspotensialet i et marint "biotest system" ved Ognøy	23
6. REFERANSER	27

VEDLEGG

1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

Ved sirkulasjon gjennom kraftverket og kjølevannsbassenget vil sjøvannet gjennomgå en netto oppvarming av størrelsesorden 6° C om vinteren, og 8.5° C om sommeren. Tilsvarende tetthetsreduksjon er anslått til 0.8 om vinteren, og 1.7 om sommeren (-i sigma-t enheter).

Med et utslipp så dypt og langt vest på Boknaflæet som råd, vil risikoen for overskyllinger over terskelen nord for Ognøy trolig være liten og begrenset til mindre deler av året (mai-juni).

Ved et innlagringsdyp mellom 5 - 10 meter vil det være en viss risiko for innstrømming av kjølevann til Førlandsfjorden.

Det vil i tillegg være en viss risiko for mer kortvarige episoder (størrelsesorden noen dager) over året med grunnere kjølevannsinlagring enn 10 meter. Kjølevannet vil trolig bare i sjeldne tilfeller stige direkte opp til overflaten.

Under de gitte forutsetninger er Ognøy en akseptabel lokalitet for gasskraftverket.

Bruken av kjølevannsbassenget vil ikke kunne basere seg på konsumfiskoppdrett alene, uansett art. En eventuell senere bruksanalyse av kjølevannsbassenget vil måtte basere seg på andre løsninger enn bare produksjon av konsumvare (matfisk).

FoU-potensialet muliggjør langsiktig oppbygging av kompetanse for styrt biologisk produksjon på system-nivå, ikke bare enarts-nivå.

2. INNLEDNING

I forbindelse med etablering av et gasskraftverk i Kårstø-området i Rogaland, er NIVA gitt i oppdrag fra Bokn kommune å utrede konsekvensene ved et utslipp av kjølevann mot Boknaflæet fra et eventuelt gasskraftverk på Ognøy (Brev fra Bokn kommune av 23 mars 1987).

Bakgrunnen for oppdraget var de mulighetene som foreligger for å avgrense et sjøområde til et kunstig basseng med areal ca 1 km² og med et vannvolum på ca 20 mill. m³. Kjølevannet forutsettes sluppet ut i dette bassenget og fra bassenget ut mot Boknaflæet så langt sør som mulig. Grunnen til at man nå vil se på mulighetene for å bygge et slikt basseng er ønsket om å utnytte kjølevannsenergien.

Denne utredningen omhandler derfor også mulighetene for bruk av kjølevannet til biologisk produksjon, inkludert sykdomsproblematikk, samt det FoU-potensialet som et slikt kjølevannsbasseng vil medføre.

Et tilsvarende kjølevannsbasseng har vært i drift i flere år i Sverige ved Forsmark Kjernekraftverk nord for Stockholm, og mulighetene for et nordisk forskningssamarbeide diskuteres. I vurderingen er de opprinnelige rammebetingelsene for utslipp benyttet, dvs en kjølevannsmengde på 15 m³/s med en overtemperatur på 10⁰C ut fra kraftverket. Dette er gjort for at vurderingen skal ha samme rammebetingelser som vurderingen for utslipp til Hervikfjorden (NIVA, 1. september 1986 og NIVA, 27. januar 1987).

Den foreliggende vurderingen har som mål å klargjøre miljøeffektene ved en lokalisering av gasskraftverket til Ognøy, og med et utslippsarrangement som beskrevet. En detaljplanlegging av bruken av et eventuelt kjølevannsbasseng vil nødvendigvis måtte gjennomføres på et senere stadium.

3. FYSISKE MILJØKONSEKVENSER

3.1 Innledning

I samband med etableringen av gassterminal og prosessanlegg på Kårstø (fig. 1), ble det i årene 1980-1983 utført et omfattende måleprogram både innenfor fysisk oseanografi og marin biologi. De fysiske målingene (strøm, hydrografi m.m.) ble foretatt av Norges Hydrotekniske Laboratorier (NHL), og resultatene av disse målingene foreligger i en omfattende data-rapportserie utarbeidet av NHL (se referanselisten). Disse datarapportene er oppsummert i en egen sammendragsrapport (S. Tryggestad m.fl. 1982).

NHL utførte også et preliminært studium av de hydrofysiske forholdene i de nærmeste fjordområdene rundt Kårstø, med tanke på bl.a. eventuelle miljøpåvirkninger fra gassanleggene, og hensiktsmessig plassering av kjølevannsinntak og -utslipp (Tryggestad m.fl. 1980).

Etableringen av et gasskraftverk i området vil medføre et ekstra kjølevannsforsbruk på $15 \text{ m}^3/\text{s}$. Dette medfører at NHLs kvantitative resultater av vurderingen om spredning og fortykning av kjølevann ikke er like relevante for den nå planlagte anleggs-konfigurasjon. I den foreliggende vurderingen er det forutsatt at varmekraftverket plasseres på Ognøy, med kjølevannsutslipp til et oppdemmet basseng mellom Ognøy og Austre Bokn (fig. 4). Videre er det forutsatt kjølevannsinntak på østsida av Ognøy, med utslipp av kjølevannet til det oppdemmede bassenget og derfra ut i fjordområdet på vestsida av Ognøy, mot Boknaflæet. Det forutsettes at kjølevannsutslippet ikke vil forverre utskiftningsforholdene i Førlandsfjorden (og Førdesfjorden) nord for utslippsområdet.

Den korte tidsfristen som er gitt for de foreliggende vurderingene har ikke gitt anledning til inngående kvantitative beregninger i forbindelse med kjølevannsutslippet.

Vi har stort sett basert oss på NHLs rapporter og vurderinger, med vekt på de målingene som er relevante for den nye problemstillingen.

3.2 Ognøy-alternativet

Det er forutsatt å plassere et gasskraftverk på den ca. 2 km² store Ognøy (fig. 2). Avstanden derfra til Kårstø er ca 3 km i luftlinje. Såvel kjølevannsinntak som kjølevannsutslipp bør, bl.a. av økonomiske årsaker, legges så nær kraftverket som mulig, samtidig som en ønsker minst mulig risiko for begroing og resirkulering av kjølevann. Kjølevannsinntaket bør derfor plasseres relativt dypt (30 - 40 m) i området østenfor Ognøy. Etter oppvarming slippes kjølevannet ut i det kunstige bassenget og derfra ut i området vestenfor, mot Boknafleet.

Områdebeskrivelse

Ognøy tilhører Bokn kommune i Rogaland. Overflatearealet er ca 2 km². Mot nordøst skiller det ca 600 m breie Frekasundet (fig. 3) øya fra fastlandet og Kårstø-området. På sørsiden, mot Austre Bokn, ligger det smalere Ognundet. Østover grenser Ognøya mot det relativt åpne sjøområdet Falkeidflæet (fig. 3a), mens sjøområdet vestenfor er mer oppdelt av en gruppe øyer og holmer som strekker seg nord-nordvestover mot fastlandstungen som skiller de to fjordene Førlandsfjorden og Førdesfjorden (fig. 1 og 3). Sjøområdene grenser i øst og sør mot Boknafjorden, som igjen er en del av det storstilte Ryfylkefjord-systemet. Mot vest grenser sjøområdene mot Karmsundet.

Bunntopografi og terskler

Figur 3 a viser sjøkart-utsnitt av området rundt Ognøy. Figuren er sammensatt delvis av sjøkart nr 18 (østlige del) og delvis av sjøkart nr 17. Sjøkart nr 17 har ikke inntegnet dybdekoter. I figur 3 a er det gjort et forsøk på å tegne opp noen dybdekoter også i den vestlige delen.

Figur 3 b viser en enkel skisse der viktige terskeldyp i området rundt Ognøy er inntegnet.

Både Frekasundet og Ognundet (fig. 3 a og 4) munner i øst ut i Falkeidflæet, som har store områder med dyp mellom 70 og 100 meter, og som har relativt åpen kommunikasjon mot sør (Boknafjorden) og øst (Hervikfjorden). Se figur 1.

Frekasundet har et terskeldyp på 28 meter og et tverrsnitt på omlag 10 000 m², mens det planlagt sperrede Ognundet har minimumsdyp noe i overkant av 10 meter, og et strømningsareal lik 2 500 m² (estimert).

Sjøområdet nord for Ognøy grenser mot Førlandsfjorden som har et terskeldyp litt mindre enn 10 meter, og største fjorddyp på 44 meter.

Førdesfjorden vestenfor har i følge sjøkartene største dyp rundt 80 meter, med en relativt dyp terskel (rundt 40 meter), og relativt åpen dypvannssirkulasjon sørover mot Austdjupet (fig. 3) og ut i Karmsundet.

Området rett nord for Ognøy har største dyp på 93 meter. Østover har Frekasundet en terskel (28 meter). Vestover grenser området til en rekke øyer og holmer. Ifølge den informasjon sjøkartet gir, ligger terskeldypet her litt grunnere enn 20 meter.

Boknaflæet vestenfor denne øyrekka har største dyp rundt 130 meter, og med kommunikasjon sørover gjennom Boknasundet (terskel ca 11 meter) og vestover til Austdjupet gjennom en dyp renne langs nordsida av Vestre Bokn.

Kort beskrivelse av kjølevannsbassenget.

Kjølevannet fra et kraftverk på Ognøy er tenkt ført ut i et kunstig basseng som blir dannet ved en oppdemning av øst- og vestenden av Ognundet, se figur 4. Den østre demningen vil gå over den grunneste og smaleste delen av Ognundet. Den vestlige demningen går via flere holmer, som vist i figur 4. Overflatearealet av bassenget vil være ca 1 km², største dyp 52 meter og totalt vannvolum ca 20 mill. m³.

Utslipet av kjølevann er foreslått lagt til den dypeste delen av bassenget, dvs rundt 50 meters dyp, uten at dette nødvendigvis blir den endelige anbefalingen. Foreløpige beregninger har vist at vannet i kjølebassenget vil holde en temperatur mellom ca 13°C (vinteren) og ca 16°C resten av året, dersom inntaksvannet holder en temperatur på rundt 8°C gjennom året. Se vedlegg.

3.3 NHLs preliminnære studium

I forbindelse med måleprogrammet i 1980-81 ble det innledningsvis foretatt et studium av de fysiske miljøforholdene, basert på eksisterende datamateriale (Tryggestad m.fl. 1980).

Vindforhold

Figur 5 viser månedsfordelingen av midlere vindretning for Skudeneshavn. Tabell 1 viser tilsvarende en frekvensfordeling av vindhastigheter fordelt etter hastighetsintervaller og måned. Figur 5 viser en sesongmessig forandring av vindretningen. Om vinteren dominerer sørøstlig vind, mens nordvestlig vind er vanligst om sommeren.

Juni-juli har minst forekomst av sterk vind, mens desember og januar har sterkest vind.

Strømforhold

Strømbildet vil generelt sett være generert av tidevann, horisontale tetthetsgradienter og lufttrykksgradienter. Strømforholdene vil bli modifisert av topografi, friksjon mot grenseflater (bunn), blandingsprosesser, vindforhold, vekselvirkning med atmosfæren m.m. Boknafjorden (fig. 1) utgjør ytre delen av Ryfylkefjordene. Ferskvannstilrenningen til dette fjordområdet er stor, og med markert tilrenning også om vinteren på grunn av vassdragsreguleringer. Horisontale tetthetsgradienter er derfor en viktig strømgenereringsfaktor i dette fjordområdet (estuarin sirkulasjon).

Hydrografi

Med sin kystnære beliggenhet vil Boknafjordens hydrografi være influert av prosesser både på kysten og lenger inne i fjorden. Den generelt sett utgående overflatetransporten synes ifølge observasjoner å ha en tendens til å følge nordsiden av fjordsystemet, slik at brakkvannslaget er tykkere i Kårstøområdet enn f.eks. midtfjords. Data fra hydrografistasjoner ved Kårstø og Haugsneset (fig. 2) viste tilnærmet like forhold på de to stedene. Dypvannsutskiftning forekom ofte. Sjiktningen var minst i november. De laveste temperaturene forekom i mars (kaldest nær overflaten), mens de høyeste naturlig nok forekom i sommermånedene (kaldest ved bunn).

3.4 NHLs måleprogram

I årene 1980-81 ble det av NHL utført strømmålinger, hydrografiske målinger og sporstoffmålinger med sikte på å kartlegge vannsirkulasjonen i ulike dyp.

Figur 2 viser en skisse av måleområdet, med inntegnede målestasjoner for ulike parametre. Problemstillingen den gang dreide seg vesentligst om hvor en burde legge inntaket for kjølevann, og hvor det varme spillvannet burde ledes, for å unngå resirkulasjon av kjølevann og ugunstige effekter på strøm- og utskiftningsforhold forøvrig.

Stasjonsnettets var derfor valgt særlig for å kartlegge sirkulasjonen i området på østsida av Ognøy og Austre Bokn.

Av tegnforklaringen i figur 2 framgår det hvor det ble målt strøm, og hvor det ble målt hydrografi. NHL plasserte også en vindmåler på Gåsholmen som ga data for kartlegging av lokale vindforhold og vindeffekter.

Figur 6 viser tidsutstrekningen for NHL strømmålinger. Den totale måleperioden var fra juli 1980 til september 1981. Som en ser av figur 6, varierer datadekningen fra stasjon til stasjon og fra dyp til dyp. Stasjon B er den som totalt sett har best datadekning, men også stasjon A, D og E er godt dekket.

For våre betraktninger er data fra stasjonene i sundene nord og sør for Ognøy, samt området vestafor Ognøy de viktigste. For strøm vil dette si stasjonene A, I, N, O, P, R og T. Av figur 6 sees at datadekningen for disse stasjonene er relativt beskjeden, med to måledyp på hver stasjon, og to forskjellige måleperioder på ca 1 mnd hver (på stasjon L og M er det kun målt oksygeninnhold i sjøvannet).

3.5 Hydrografiske forhold og strøm

Hydrografi

Fordelingen av salinitet og temperatur i vannmassene gir informasjon om både sirkulasjon og sjiktningsforhold.

I sammenheng med inntak og utslipp av kjølevann er begge disse faktorene viktige. Informasjon om den vertikale temperaturfordelingen, og dennes variasjon gjennom året, vil være et svært viktig grunnlag for å bestemme inntaksdyp for kjølevann, ettersom en til enhver tid ønsker kaldest mulig inntaksvann.

Den vertikale fordelingen av salinitet og temperatur bestemmer vertikal fordelingen av tetthet, dvs sjiktningen.

Sjiktningsforholdene bestemmer for en stor del den vertikale hastighetsfordelingen i områder med terskler, som ved Ognøy. Sjiktningene vil bestemme hvilket dyp oppvarmet spillvann vil innlagres i. Informasjon om innlagringsdyp, i tillegg til lokale terskler og strømforhold, er essensielt for å bestemme hvor spillvannet havner.

De hydrografiske forholdene i Ognøy-området vil være sterkt influert av vannmassene i den tilstøtende Boknafjorden. Lokal ferskvannstilrenning og lokale vindforhold kan i visse tilfeller skape lokale avvik i hydrografien i forhold til det storstilte fjordsystemet.

Førlandsfjorden og Førdesfjorden har hver en midlere ferskvannstilrenning på 2-5 m³/s, med maksimum om vinteren (Tryggestad m.f. 1982). Boknafjordens middeltilrenning varierer (1982) mellom 350 m³/s om vinteren og 800 m³/s om høsten og seint på våren. Den sesongmessige variasjonen i tilrenningen til Boknafjorden vil gjenspeile seg i en tilsvarende variasjon i sjiktningene, med svakere sjiktning om vinteren. Nedbrytningen av sjiktningen om vinteren blir ytterligere stimulert av avkjøling til atmosfæren og dermed tetthetsøkning i de øvre vannlag.

Sjiktning og hydrografi i Ognøy-området vil også være utsatt for mer kortvarige variasjoner som følge av variasjoner i vindforholdene på kysten (H. Svendsen, 1981).

Fronter dannes ofte innenfor fjordmunninger (Boknafjorden), som resultat av vedvarende vind som fører kystvann inn i fjorden. Kystvannet følger vanligvis Vestlandskysten nordover i Den Norske Kyststrømmen. Vannmassene i denne strømmen skiller seg fra vannmassene lenger vest ved en front, som særlig om vinteren kan være svært

markert. Figur 7 viser et hydrografisk snitt gjennom Kyststrømmen om vinteren (Golmen og Hackett, 1986). En ser tydelige forskjeller i sjiktningsforhold og TS karakteristikker fra den ene siden av fronten til den andre.

Dersom en slik front forflyttes inn i Boknafjorden, vil en der kunne oppleve svært raske variasjoner både i sjiktnings- og hydrografiske forhold.

Figur 8a-c viser vertikalfordelingen av temperatur, salinitet og tetthet, som funksjon av dyp og tid, på NHLs stasjon B. Denne stasjonen ligger på Falkeidflæet (Fig. 2), men skulle være noenlunde representativ for forholdene også vest og nord for Ognøy, i alle fall for de øvre vannlag.

Figur 8a gir et inntrykk av tidsvariasjonene for temperaturen i ulike dyp, og vil være relevant i vurderingen av egnet inntaksdyp for kjølevann, noe som for øvrig ligger utenfor denne rapportens ramme. Isolinjene for salinitet og tetthet følger noenlunde samme mønster, ettersom salinitetsendringer bidrar mest til tetthetsendringer i det mest markerte (mektigste) brakkvannslaget (fig. 8b). Svakest sjiktning er det i desember. Det observerte pyknoklindypet varierer mye, med minimumsdyp rundt 5 meter i januar og mai, og maksimum i juni.

Strømforhold

På grunnlag av NHLs måleresultater vil vi her forsøke å danne oss et bilde av strømforholdene i det aktuelle området.

Figur 9 indikerer de framherskende strømretningene i henholdsvis 5 og 15 meters dyp. Strømpilene indikerer den oftest forekommende strømretningen, og tilsvarende midlere styrke (angitt ved lengden av pilen). For våre betraktninger er det også aktuelt å se på reststrømmen, som representerer nettoforflytningen av vann forbi målepunktet. Denne nettoforflytningen behøver ikke være av samme retning og styrke som den framherskende strømmen framstilt i fig. 9.

I det følgende gis et kort resyme av observert strøm på de forskjellige stasjonene, med vekt på nettostrøm. Særlig i 5 meters dyp har nettostrømretningen en tendens til å holde seg konstant over en periode (noen dager), for så å dreie 180 grader og holde seg der noen dager. Dette kommer nok av variasjoner i pyknoklindyp, slik at strømmålerne i 5 meters dyp vekselvis befinner seg i - og under overflatelaget.

Stasjon A:

Tidevannet bidrar her vesentlig til strømbildet, med 20-30 cm/s som maksimum både mot NV og SØ (Tryggestad m.fl. 1982). Reststrømmen viser et noe varierende bilde for de ulike måleperiodene, men har generelt sett retning NV. I kortere perioder (noen dager) er imidlertid nettostrømmen rettet SØ. I 15 meters dyp var det i oktober-november en markant sørlig komponent i strømmen gjennom Frekasundet. Typiske nettostrøm-hastigheter var 5 cm/s (5 meters dyp) og 4 cm/s i 15 meters dyp. Selv i perioder med nordavind gikk strømmen nord i begge måledyp (Tryggestad m.fl. 1982).

Stasjon I:

Ognsundet skal ifølge det foreliggende forslaget stenges. NHLs målinger viste sterk tidevannsinnflytelse også her, særlig i perioder med rolig vær, med strøm vekselvis mot NV og SØ. Strøm i retning mot NV forekom oftest (fig. 9). Nettostrømmen var mot NV, bortsett fra i mai, da retningen var SØ-Ø i begge måledyp. Nettostrøm-verdiene var generelt sett lavere enn i Frekasundet (stasjon A).

Stasjon T:

Her ble det målt over en måneds tid i august-september. Strømmen vekslet mellom NØ og SV (tidevann). Nettostrømmen var mot S i 15 meters dyp, og noe mer periodevis vekslende mellom SV og NØ i 5 meters dyp. Typiske reststrømsverdier var 4 cm/s i 5 meters dyp, og 2 cm/s i 15 meters dyp.

Stasjon R:

Måleperiode august-september. Nettostrøm med retning mot N i 5 meters dyp, og vekslende over lengre perioder (ca. 1 uke) mellom S og N i 15 meter.

Stasjon P:

Måleperiode april og september. I 5 meter var nettostrømmen rettet mot SØ i april, og mot NV i september. Styrke ca 6 cm/s. I 15 meters dyp var reststrømmen svak, og rettet mot NV i april og SØ i september, med andre ord motsatt rettet strømmen i 5 meter i begge tilfeller.

Stasjon N:

Måleperioden var april og september (kun 10 meters dyp). I 10 meters dyp var nettostrømmen rettet mot N, mest markert i april, med ca 4 cm/s i styrke. I 5 meters dyp var nettostrømmen rettet mot S i de første 14 dagene av måleperioden, for så å være nordgående i resten av perioden.

3.6 Vurdering av utslippsdyp.

T-S betraktninger

Vårt utgangspunkt er at kjølevannet, idet det forlater kraftverket, har en temperatur som er 10°C høyere enn inntakstemperaturen. Av fig. 8a ser en at inntaksvannet, dersom det tas fra 30 meter eller dypere, dermed vil komme ut med en temperatur som varierer mellom ca 12°C og $18\text{-}19^{\circ}\text{C}$ fra vinter til sommer.

Dette kjølevannet vil en så lede ut i et kjølevannsbasseng, hvor det vil innstille seg på en likevektstemperatur som avhenger av strålingsbalansen og varmetapet til atmosfæren. Innledende beregninger av denne likevektstemperaturen (vedlegg) var basert på 8°C varmt inntaksvann, noe som kun synes representativt for sommer og høst (Fig. 8a), dersom inntaksdypet fortsatt skal være 30-40 meter. I forhold til de innledende beregningene ser det ut til at en må regne med noe lavere inntaks- og dermed basseng-temperatur om vinteren. Saliniteten til inntaksvannet (og dermed kjølevannet) vil også variere noe gjennom året; ifølge Fig. 8b fra 31-32 om vinteren, til hen mot 35 til tider om sommeren.

Vi antar foreløpig at kjølevannsbassenget til enhver tid er homogent både når det gjelder temperatur og salinitet, og at saliniteten for kjølevannet ikke endrer seg i kretsløpet gjennom kraftverk og basseng.

For å se på de tetthetsendringene som kjølevannet opplever på grunn av oppvarmingen, har vi i Fig. 10 markert en typisk sommer- og vintersituasjon i et T-S diagram, hvor også noen isolinjer for vannets tetthet (tilstandsfunksjonen) er inntegnet. I våre betraktninger har vi tatt utgangspunkt i de i tabell 2 angitte karakteristikkene for inntaks- og utslippsvann.

Tabell 2. Sommer- og vinterkarakteristika for inntaks- og utslippsvann.

	INNTAK		OPPVARMING	AVKJ.	UTSLIPP		TETTH. RED.
	SAL	TEMP	$\Delta T (^{\circ}\text{C})$	$\Delta T (^{\circ}\text{C})$	SAL	TEMP	sigma-t
Sommer	34.5	9.0	10.0	1.5	34.5	17.5	1.7
Vinter	31.0	2.0	10.0	4.0	31.0	8.0	0.8

De forskjellige T-S karakteristikkene i tabell 2 er inntegnet i figur 10. Vi ser av T-S diagrammet at inntaksvannet om sommeren er ca 2 sigma-t enheter tyngre enn om vinteren (26.7 mot 24.8), noe som også Fig. 8c gir indikasjon om.

Tetthetsreduksjonen er imidlertid dobbelt så stor om sommeren, slik at utslippsvannet fra bassenget er bare 1 sigma-t enhet tyngre om sommeren enn om vinteren. I våre to eksempler ender en opp med en tetthet på utslippsvannet fra bassenget på ca 24 om vinteren, og ca 25 om sommeren.

Vi merker oss også at en gitt temperaturøkning gir noe større tetthetsreduksjon om sommeren enn om vinteren, på grunn av ikkelineariteten for tilstandsfunksjonen.

Med de relativt små horisontale avstandene mellom inntak og utslipp, forutsetter vi at de hydrografiske forholdene i inntaksområdet og utslippsområdet er like, dvs at Fig. 8a-c er representativ for forholdene ved utslippsstedet vest av Ognøy.

I følge Fig. 8c er vannsøylen i resipientvannet tilstrekkelig sjiktet fra overflaten og ned til 30-40 meters dyp til at utslippsvannet ifølge våre betraktninger ikke vil nå overflaten. Forskjellen i sigma-t enheter er ifølge Fig. 8c minst i desember (ca 2 sigma-t enheter), og størst i juni (ca 6 sigma-t enheter). Utslippsvannet vil imidlertid miste mer tetthet på grunn av oppvarmingen om sommeren enn om vinteren (tabell 2), slik at dette noe på veg utjevner de nevnte tetthetsforskjellene mellom utslippsvann og overflatevann.

Innlagringsdypet vil ifølge Fig. 8c være minst i mai (rundt 10 meter), og for øvrig variere gjennom året mellom 10 og 30 meter. Det må her presiseres at betraktningene er basert på et utvalg stasjoner som ikke nødvendigvis representerer ekstremisituasjoner.

Ifølge Tryggestad m.fl. (1982) observerte NHL flere kortvarige episoder med temperaturer over 13°C i 40 meter. Slike episoder vil øke risikoen for at utslippsvannet skal nå overflaten. Kjennskap til vertikalfordelingen av salinitet under disse episodene er derfor viktig for å kunne vurdere denne risikoen.

Spillvann i forhold til terskler og strømforhold

Sjiktningsforholdene er en viktig faktor for å vurdere innlagringsdyp. Strømforholdene vil dernest bestemme hvor kjølevannet til syvende og sist havner.

Et innlagringsdyp større enn 20 meter er sannsynlig for betraktelige deler av året. Ved å legge utslippet så langt sør på Boknaflæet som mulig, vil en ikke risikere at større kjølevannsmengder går over terskelen rett nord for Ognøy (Fig.3b). Dermed vil en unngå umiddelbar innvirkning på de hydrografiske forholdene i Førlandsfjorden, samt eventuelle resirkulasjonsproblemer ved østgående strøm i Frekasundet. Ifølge strømobservasjonene vil det være en viss mulighet for at noe av spillvannet vil innlagre seg i den relativt dype Førdesfjorden.

Episoder med grunnere innlagringsdyp enn 10 meter vil representere en viss risiko for inntrengning av kjølevann til Førlandsfjorden, med den observerte nordoverrettede nettostrømmen i 10 meter der.

Innlagring av et varmt sjikt i farvannet nord for Ognøy og i de tilstøtende fjordene vil kunne dempe den vertikale, diffusive fornyingen av bunnvann.

3.7 Sluttbemerkninger. Behov for videre granskinger.

De vurderingene som er foretatt ovenfor er basert på et utvalg av NHLs svært omfattende målinger. Disse målingene danner i seg selv et godt grunnlag for videre beregninger og risiko-analyse for det foreliggende gasskraft-alternativet, selv om blant annet kjølevannsmengdene er langt større ved det planlagte utslippet enn ved det opprinnelige gassprosseserings-anlegget på Kårstø.

De observerte varmtvannsepisodene (og kaldtvannsepisodene) bør studeres nøyere, og sammenstilles med de faktiske strømforholdene i de aktuelle tidspunktene. Det vil også være aktuelt å studere hvilke effekter front-forflytninger i Boknafjorden har på hydrografiske fluktuasjoner ved Ognøy. Her eksisterer det allerede et omfattende hydrografisk datamateriale i forbindelse med etterundersøkelsene i Ryfylke.

Innlagringsvannets innvirkning på den vertikale sjiktningen i området rundt Ognøy, og i de tilstøtende fjordene bør undersøkes nærmere, siden slike endringer har innvirkning på både vertikal og horisontal vannutveksling. Det vil trolig være behov for å foreta hydrografiske feltmålinger med større vertikal oppløsning enn NHLs målinger. Likedan vil det være aktuelt å kartlegge strømforholdene blant annet på terskelen rett nord for Ognøy, samt å vurdere hva en stengning av Ognundet vil ha å si for strømforholdene ellers i området (mulige endringer). Det vil være behov for å studere nærmere prosesser inne i kjølevannsbassenget, og om sjiktning kan oppstå der.

3.8 Konklusjoner

Ved sirkulasjonen gjennom kraftverket og kjølevannsbassenget, vil sjøvannet gjennomgå en netto oppvarming av størrelsesorden 6°C om vinteren, og 8.5°C om sommeren. Tilsvarende tetthetsreduksjon er anslått til 0.8 om vinteren, og 1.7 om sommeren (i sigma-t enheter).

Ved å lede utslippsvannet så dypt og langt vest på Boknaflæet som råd, vil risikoen for overskyllinger over terskelen nord for Ognøy trolig være liten og begrenset til mindre deler av året (mai-juni).

Ved et innlagringsdyp mellom 5 og 10 meter, vil det være en viss risiko for innstrømming av kjølevann til Førlandsfjorden.

Det vil i tillegg være en viss risiko for mer kortvarige episoder (størrelsesorden noen dager) over året med grunnere kjølevannsinnlagring enn 10 meter.

Kjølevannet vil trolig bare i sjeldne tilfeller stige direkte opp til overflaten.

4. ØKOLOGISKE VURDERINGER

Den foreliggende vurderingen har som målsetting å klargjøre hvorvidt Ognøy er en akseptabel lokalitet for et gasskraftverk med et kjølevannsbehov på $15 \text{ m}^3/\text{s}$ og en temperaturheving på 10°C . Vurderingen forutsetter et kjølevannsbasseng som tidligere beskrevet, og utslipp av vann fra dette bassenget vestover mot Boknaflæet. Under forutsetning av at bruken av kjølevannsbassenget ikke baseres på tradisjonelt, intensivt oppdrett av matfisk, men at man finner frem til egnede løsninger basert på en kombinasjon av ulike drifts- og produksjons-former, kombinert med FoU-virksomhet, synes lokaliteten ut fra miljøhensyn å være fullt ut akseptabel.

Vurderingen baserer seg delvis på at den varmemengden som slippes ut mot Boknaflæet vil være mindre enn om kjølevannet hadde blitt sluppet direkte ut i resipienten og ikke via et kjølevannsbasseng. Om vinteren vil netto oppvarming være av størrelsesorden 6°C , og om sommeren 8.5°C , mot ellers 10°C . Dette medfører en mindre termisk belastning på resipienten. Risikoen for transport av kjølevann nordover mot Førlandsfjord synes å være liten og begrenset til mindre deler av året (mai-juni). Dette under forutsetning av at man innlagrer utslippet i et dyp tilsvarende det som planlegges for Haugsneset. Ved innlagring høyere opp (5-10 m) vil risikoen for transport av kjølevann mot Førlandsfjorden øke.

Bruken av kjølevannsbassenget er ikke vurdert. Det er forutsatt gjennomført som en Fase 2 hvis kjølevannsbassenget blir bygget. Det er likevel gjort noen innledende analyser for å ha et visst grunnlag for å gi en foreløpig vurdering av brukspotensialet.

I en eventuell senere detaljanalyse av bruken av kjølevannsbassenget vil det være viktig at man analyserer kombinasjonsmulighetene av såvel intensivt matfiskoppdrett og yngeloppdrett som bruk av flerart-systemer på ulike trofinivåer. Med de energimengder som er tilgjengelige, synes det utelukket at tradisjonelt oppdrett av matfisk, enten i sjø- eller landbaserte anlegg, kan utnytte disse fullt ut uten å generere store miljøproblemer. Dette bør ikke utelukke at deler av kjølevannsenergien kan nyttes til matfiskoppdrett i lukket system på land eller sjø.

En senere bruksanalyse vil likevel måtte basere seg på helt andre konsepter ut fra økologiske prinsipper. I denne sammenheng vil kjølevannets FoU-potensiale være en viktig ressurs. Bare gjennom systematisk kunnskapsoppbygging kan man etablere et kunnskapsnivå som

muliggjør en styrt biologisk produksjon på systemnivå og ikke bare enartsnivå, som idag. Dette vil være kunnskap som vil komme såvel havbruksnæringen som miljøvernmyndighetene til gode.

5. KJØLEVANNSBASSENGETS BRUKSPOTENSIALE

5.1 Innledning

Nedenfor er gitt en kortfattet oversikt over brukspotensialet til kjølevannsbassenget ved Ognøy. Det må understrekes at dersom ideen med å bygge et kjølevannsbasseng blir realisert, vil det være nødvendig med en større utredning om bruken, hvor såvel produksjonspotensialet som forskningsmuligheter detalj-analyseres. og hvor det også inkluderes en økonomisk analyse.

En utnytting av kjølevannsbassenget til produksjon av matfisk i stor skala er sannsynligvis uaktuell på grunn av forurensningsbelastningen. Dette vil også være en relativt primitiv måte å utnytte kjølevannsens energien på. Fremtidig bruk av kjølevannsens energien bør innordnes økologiske prinsipper hvor økosystem-tanken er den bærende, og ikke økologisk ustabile en-artssystemer. Ikke minst sykdomsproblemene i oppdrettsnæringen tilsier dette. En underliggende årsak til sykdomsproblemets omfang er at den eksisterende oppdretts-teknikk frembringer stress hos fisken. Ved å basere seg på økologiske - og ikke økonomiske premisser i kjølevannsbassenget, vil sykdomsproblemet sannsynligvis få et helt annet og mindre omfang. Såvel sykdomsproblemet som gassovertmetningsproblemet trenger imidlertid en nærmere analyse i en eventuell senere fase. Nedenfor gis mer stikkordmessig en foreløpig analyse:

5.2 Oppdrett av laksefisk.

Pr. 1.1.1985 var det registrert 592 matfiskanlegg i Norge, med et samlet volum på ca 3.4 mill. m³. Dette tilsvarer under 1/5 av det skisserte bassengvolumet. Totalproduksjonen av laks var i 1986 ca 50 000 tonn, til en verdi av ca. 1.7 milliarder kroner. Det samlede fôrforbruket tilsvarte i 1985 110 000 tonn tørrfôr. Av dette regner en at halvparten utgjør fôrspill, det vil si det spises ikke av fisken. Det er nå en tendens til synkende fôrfaktor, men belastningen på miljøet i form av næringssalter og organisk materiale er fremdeles betydelig. Ved slamsuging eller bruk av strømsettere kan belastningen på lokalitetene reduseres.

Temperaturløpgevinsten i bassenget, spesielt vinterstid, tilsier at produksjonen vil kunne bli enda høyere. Laksen vokser sakte og trives dårlig ved temperaturer under 5°C. Immunsystemet fungerer dårlig ved lav temperatur, og fisken er spesielt utsatt for virusbetingede og

enkelte bakterielle sykdommer (Hitrasyke). Svekkelsen av immunsystemet beror trolig delvis på redusert membranfluidisitet ("størkning" av biologiske membraner). Spesielt raske temperatursvingninger kan disponere for sykdommer, fordi fisken da ikke får tid til å innkorporere flerumettede fettsyrer med lavt smeltepunkt i membranstrukturene.

Oppdrett av regnbueørret ved lav temperatur er forbundet med store problemer. Et sykdomskompleks som kalles osmotiske forstyrrelser forårsaker høy dødelighet hos ørret i sjøvann i vintermånedene. Årsaken er trolig sviktende osmoregulering ved lave sjøtemperaturer. Dette er også et problem ved oppdrett av røye i sjøvann.

Under forutsetning av stabil temperatur representerer derfor temperaturøkningen vinterstid et klart konkurransefortrinn i forhold til tradisjonelle oppdrettsanlegg. For maksimal utnyttning av varmeressursene er oksygenering nødvendig. Oksygen kan produseres på stedet.

5.3 Annen bruk av kjølevannet

Kunstig yngelpoll for marine arter

Østers: Visse typer mikroalger er velegnet som fôr til østers. Styrt biologisk produksjon av alger kombinert med produksjon av østerslarver, østersyngel og eventuelt østers for konsum kan være et aktuelt konsept. Både adskilte produksjonsenheter og polykulturer er mulig. For å øke algeveksten, kan en tilføre vannet næringssalter, for eksempel i form av dypvann eller avløpsvann fra mer intensive oppdrettsenheter. Ved det aktuelle inntaksdypet (30-40 m) vil næringssalter bli tilført kontinuerlig. En risikerer oppblomstring av algearter som ikke egner seg for fôr for østerslarvene, men dette kan muligens beherskes ved poding med egnede utgangsbestander.

Kamskjell: Oppumping av dypvann med høyt innhold av næringssalter til lukkede enheter som eksponeres for sollys er foreslått som et konsept for yngeloppdrett av kamskjell. Det er antatt at en på denne måten kan øke primærproduksjonen 5-10 ganger. Når skjellene har nådd en størrelse på 20-30 mm kan de selges for videre oppdrett, eller settes ut for gjenfangst. En produksjonssyklus er beregnet å ta ca 24 måneder.

Torsk: Vellykket startforing med korrekt type zooplankton er vesentlig for torskens overlevelsessevne og høy gjenfangstprosent.

Siden kan fisken nyttiggjøre seg tørrfôr. Kjølevannet inneholder lite av konkurrerende organismer.

Andre arter som kan være aktuelle er: Piggvar, kveite, steinbit og hummer. Yngelproduksjon kombinert med styrt biologisk produksjon av fôrorganismer vil trolig også her være et interessant konsept. Enkelte av disse artene kan føres helt fram til slakting i oppdrettssystemer. For andre kan det være lønnsomt å satse på utsetting og gjenfangst. Raskere tilvekst og årstidsuavhengig yngelproduksjon vil uansett være fordeler ved å benytte oppvarmet vann.

Høsting, vaksinerings-, fôring, tilvekstmåling og sykdomskontroll er vanskelig i et dypt naturlig basseng. Oppdeling i mindre enheter, f.eks. ved bruk av presennings-, plast- eller betongelementer med separat vannforsyning er trolig gunstig også for produksjon av marin yngel. En vil da også kunne foreta hyppig sortering av yngelen og derved redusere tap på grunn av kannibalisme. Fôrorganismer kan produseres i egne enheter og tilføres etter behov.

5.4 Effekter på helsetilstanden hos oppdrettsorganismene.

Kjemiske forhold

Oksygen, hydrogensulfid, ammoniakk.

Midlere oppholdstid for vannet i bassenget vil bli ca 15 døgn. Vannet vil bli tilnærmet stillestående med rask sedimentering av fôrrester, fekalier og død fisk. Oksygenforbruket ved dekomponering av organisk materiale vil bli høyt og faren for anoksiske partier med utvikling av ammoniakk, hydrogensulfid og metan vil være tilstede. Dette problemet vil kunne avhjelpest ved at utslipp og uttak av kjølevann legges til dypet. Ammoniakk forårsaker gjelleskader. Hydrogensulfid er svært toksisk for fisk, grenseverdi for skadelige effekter er ca 4 ppb. Metanbobler skaper bevegelse i slammet og forårsaker utlekking av skadelige stoffer. Høyt innhold av næringssalter og høy temperatur gir gunstige forhold for algeblomstring. Avhengig av lysmengde vil en kunne oppleve kraftige fluktuasjoner i oksygennivå. Enkelte typer alger produserer toksiner som kan være farlige for oppdrettsorganismene.

Gassovermetning

Gassers løselighet i vann reduseres med økende temperatur. Vann som i utgangspunktet er 100% mettet vil ved oppvarming bli overmettet. Det er spesielt overmetning med nitrogen, men også høyt totalgasstrykk som

er farlig for akvatiske organismer. Artenes toleranse overfor nitrogenovermetning varierer. Sykdomsbildet kalles gassblæresyke og er karakterisert ved forekomst av gassblærer i epitel og gassebolier i blodkarene. For å unngå gassblæresyke, må en lufte vannet. Prinsippet er å skape størst mulig diffusjonsareale under atmosfærisk trykk, slik at gasstrykket i vannet kommer i likevekt med luftens. Dette kan oppnås ved kunstige fossefall eller ved bruk av tekniske komponenter som kaskadeluftere, kolonneluftere eller diffusorluftere.

Økt frekvens av misdannelser og nydannelser vil kunne forventes under intensive oppdrettsbetingelser. En årsak til dette kan være at den naturlige seleksjon er tilsidesatt. Bestrebelsene på å oppnå høyest mulig overlevelse i alle livsfaser medfører at individer som ellers ville bukket under overlever. Andre årsaker kan være kunstig miljø, suboptimal førsammensetning og virus- og parasittinfeksjoner.

Patogener (bakterier, vira, parasitter, sopp).

Oppvarmet vann og høy tetthet av vertsorganismer vil skape optimale forhold for en rekke patogener. Uten kjemikalier, vaksiner og antibiotika vil det trolig være svært vanskelig å oppnå kontroll over smittsomme sykdommer i et såpass stort basseng under intensive oppdrettsbetingelser. Også ved ekstenivt oppdrett (lav utnyttelsesgrad) vil en stå overfor store utfordringer, med sparsom erfaringsbakgrunn å støtte seg på. Ved oppdeling i mindre enheter med rask gjennomstrømningshastighet vil uønskede organismer ikke kunne etablere seg i tilsvarende grad. Sykdomsforebyggende tiltak som renhold og vaksiner er også lettere i mindre enheter. Problemavfall (død fisk, fôrrester, kjemikalier) vil kunne gis spesialbehandling.

5.5 Forskningspotensialet i et marint "biotest system" ved Ognøy

I et marint biotest-anlegg som det her er tale om, vil en kunne utføre forskningsoppgaver som vanskelig kan dekkes noe annet sted. Anlegget vil sammen med anlegget i Forsmark på Sveriges østkyst danne et forskningspotensiale enestående i sitt slag, også internasjonalt.

Forskningspotensialet som et slikt anlegg vil representere ligger først og fremst i:

1. Tilgangen på store energimengder i form av varmt saltvann og muligens også mer høyverdig energi fra røykavgasser. Dette gir en muligheten til å utføre forsøk der store mengder oppvarmet vann er nødvendig eller ønskelig, og gir muligheter til å manipulere med temperaturprofilen i vannmassene i det avstengte området.
2. Anleggets størrelse.
Dette forhold tilsier at det vil være naturlig å drive forskning på økosystem-nivå. En kan tenke seg undersøkelser både på pelagiske systemer (nekton, plankton) og på benthiske systemer (evertebrater, alger, sediment).

Disse forhold tilsier at det vil være naturlig å konsentrere forskningsaktiviteten omkring strukturerende prosesser på populasjons- og økosystem-nivå som presumtvt er følsomme for eller styrt av temperatur (eks. vekst, ernæring, energibudsjetter, adferd, embryonalutvikling, larveutvikling, skallskifte etc.).

Kunnskaper om strukturerende faktorer i "hele økosystem" er fragmentarisk med tanke på bruk i økosystemstyring. En mangler idag for de fleste fiskearter grunnleggende biologisk viten om reproduksjon og om larve og yngelstadienes miljøkrav og krav til ernæring (Jensen et al. 1985). Dette gjelder i særdeleshet også for marine evertebrater som i tillegg til å være potensielle oppdrettsorganismer, kan fungere som byttedyr, predatorer og konkurrenter for fisk og fiskeyngel.

Anlegget vil kunne være en ressurs for økosystemforskning i nær fullskala, der en har muligheten til å manipulere med temperatur innen gitte grenser i tid og dyp, og dermed fremskaffe basiskunnskaper om strukturerende prosesser.

Kunnskaper om strukturerende faktorer og prosesser i et økosystem er

nyttig ut ifra tre forhold:

- A. Generell kunnskapsoppbygging - grunnforskning
- B. Økosystem-styring og -utnyttelse (styrt biologisk produksjon).
I akvakultur ønsker en å tilrettelegge miljøet slik at en kan optimalisere vekst.
- C. Forvaltning - Når en gjør inngrep, ønsker man å minimalisere uønskede effekter.

Tidligere tiders bruk av poller til produksjon av østersyngel (Gaarder og Bjerkan, 1934) og den senere tids bruk av poll- og bassengsystem for produksjon av torskeyngel (Øiestad et al., 1985) viser at "økosystem styring" er en mulig vei å gå for kommersiell utnyttelse av marine ressurser.

Vellykket styring av et økosystem er avhengig av at en kjenner de viktigste mekanismene som styrer systemet og populasjonene i det. Det har i forbindelse med produksjon av torskeyngel i poller vært et problem at predatorer desimerer yngelbestanden. Det har derfor vært nødvendig å fremskaffe kunnskaper også om "oppdrettsfiskens" naturlige predatorer for at slike problemer kan elimineres eller reduseres.

Temperatur inngår som en viktig variabel i biologiske prosesser som vekst og metabolisme. Når en hever temperaturen for å øke veksten til en organisme, vil også næringsopptaket og den generelle metabolismen øke. Det betyr at en må passe på at organismen har muligheten til å øke næringsopptaket slik at temperaturhevingen får den ønskede effekt. I anlegget ved Forsmark har slike forhold vært belyst. En fant at øket temperatur om vinteren medførte et øket energiforbruk hos abbor, men ga ikke samtidig fisken mulighetene for øket næringsopptak (foring ble ikke foretatt). Da ernæringsadferden hos abbor er lysavhengig, ga det begrensede lyset om vinteren redusert tilgjengelighet av byttedyr. Dette medførte massedød og viser hvor viktig det er at en potensiell oppdrettsarts adferd og fysiologi tas med når en vurderer en manipulasjon med tanke på å optimalisere vekst.

Norskekysten er et område som sommerstid besøkes av varmekjære arter, enten på næringsvandring (tunfisk) eller på gytevandring (makrell). En har også mange arter som på grunn av sitt temperatur optimum foretar sesongmessige vertikallvandringer. I det "biotest" system som her vurderes vil en kunne utføre forsøk med varmekjære arter med tanke på oppdrett. Slike studier vil kunne gi verdifullt bakgrunnsmateriale for valg av nye arter i oppdrett. En vil også kunne studere og drive yngelproduksjon av arter som er begunstiget av øket temperatur i denne fasen, og i samband med dette drive forskning på hvilke forutsetninger

som må tilfredsstilles for å få en vellykket yngelproduksjon (match/mismatch-teorier). Anlegget vil også kunne være et forsøksanlegg der kombinasjoner av intensiv drift (produksjon i begrenset vannvolum med foring) og ekstensiv drift (produksjon i åpne system med ingen eller begrenset foring) kan utprøves.

Forskning og utvikling innen akvakultur og generell marinbiologi er fordelt på en rekke institusjoner og bedrifter i Norge. Flere av disse har egne anlegg i en eller annen form (akvariesystem, landbaserte anlegg, mærer i åpen sjø, poller etc.). Det er rimelig å anta at disse institusjonene, selv om de først og fremst vil benytte egne anlegg også vil benytte et anlegg som det her er tale om, når dette er etablert. Det vil sannsynligvis si når store vannmengder med forhøyet temperatur er nødvendig eller er en fordel, for eksempel i forbindelse med vekstforsøk eller der et stort mer eller mindre avstengt område er nødvendig (ekstensive driftsformer).

Anleggets styrke vil være at det kan fungere som en nasjonal og internasjonal "forskningspark" og være et senter for forsknings- og utviklingsaktivitet på akvakultursektoren og dermed være en "idebank" for den regionale akvakultur. For at anlegget skal kunne benyttes effektivt, er det en forutsetning at det også er tilgang på gode laboratoriefasiliteter på stedet.

Anlegget på Forsmark er et brakkvannssystem (5-6%) der det er få eller ingen marine organismer. For komparative studier av prosesser i saltvann og brakkvann, vil et anlegg på Ognøy være særdeles verdifullt.

KONKLUSJON

1. Anlegget er best egnet til forsøk sentrert omkring økosystemstyring og rettet mot ekstensive driftsformer
2. Anlegget vil kunne gi generell kunnskap om vekst og adferd hos marine organismer ved økt temperatur. Disse kunnskaper vil kunne benyttes i oppdrettssammenheng
3. Anlegget vil kunne bli et senter for forsknings- og utviklingsaktiviteten på akvakultursektoren både i regionen, nasjonalt og internasjonalt.
4. Anlegget vil brukes av universitets- og forskningsinstitusjoner samt private foretak til undersøkelser der store oppvarmede vannmengder er nødvendig eller ønskelig.

5. Anlegget vil kunne brukes til komparative studier i brakkvann (Forsmark) og saltvann (Ognøy).
6. Laboratoriefasiliteter må være tilgjengelig på stedet for at anleggets forskningspotensiale skal kunne realiseres.

6. REFERANSER

- Golmen, L.G. og Hackett, B., 1986. Sea Soar cruises in the Norwegian Coastal Current, winter and spring 1985. Rapp. No. 64, Geofysisk Inst., avd. A, Universitetet i Bergen.
- Gaarder, T. og P. Bjerkan, 1934. Østers og østerskultur i Norge. 96 pp.
- Jensen, A., Grøntvedt, S., Skjerevold, H., Ørbeck Sørheim, I. og Torp, E.G., 1985. Å dyrke havet. Perspektivanalyse på norsk havbruk. Tapir Forlag, 137 p.
- Molvær, J. og Stigebrandt, A., 1986. Modell gir bedre beskrivelse av belastning og miljø i matfiskanlegg. Norsk Fiskeoppdrett nr 7/8, 58-60, 1986.
- Svendsen, H., 1981. Wind-induced variations of circulation and water level in coupled fjord-coast systems. The Norwegian Coastal Current, Vol. 1, Universitetet i Bergen.
- Tryggestad, S., Thendrup, A., Sørås, P.E. og Mathiesen, M., 1982. Gassterminal ved Kårstø. En studie av de oseanografiske og meteorologiske miljøforholdene. Kjølevannsinntak og utslipp. Sammendrag. NHL rapport nr 2. 82014.
- Tryggestad, S., Thendrup, A. og Mathiesen, M. 1980. Statfjord Gas System. Environmental conditions at Kårstø. Preliminary study. NHL rapport nr 2. 80002.
- Øiestad, V., Kvenseth, P.G. and Folkvord, A., 1985. Mass production of Atlantic cod juveniles *Gadus morhua* in a Norwegian saltwater pond. Trans. Am. Fish Soc., 114:590-595.

STATFJORD GAS SYSTEM

ENVIRONMENTAL CONDITIONS AT KÅRSTØ CURRENT VELOCITY MEASUREMENTS

18.10.80 Tryggestad, S. Report No I
20.11.80 Sørås, P.E., Tryggestad, S. Report No II

STATFJORD GAS SYSTEM

ENVIRONMENTAL CONDITIONS AT KÅRSTØ CURRENT VELOCITY AND HYDROGRAPHICAL MEASUREMENTS

10.02.81 Sørås, P.E., Tryggestad, S. Report No III
05.05.81 Sørås, P.E., Tryggestad, S. Report No IV
23.06.81 Sørås, P.E., Tryggestad, S. Report No VII, Vol. I.
23.06.81 Sørås, P.E., Tryggestad, S. Report No VII, Vol. II
31.08.81 Sørås, P.E., Tryggestad, S. Report No VIII
09.11.81 Sørås, P.E., Tryggestad, S. Report No IX
19.11.81 Sørås, P.E., Tryggestad, S.,
Steg, M. Report No XI, Vol. I
19.11.81 Sørås, P.E., Tryggestad, S.,
Steg, M. Report No XI, Vol. II

VEDLEGG 1

Notat av Lars Golmen, Vestlandsavdelingen.

Ivar Haugen, NIVA.

Utslipp av varmt spillvann (kjølevann) til området mellom Ognøy og Austre Bokn i Rogaland.

I forbindelse med planene om et gasskraftverk på Ognøy i Bokn kommune, er det lansert en idé om å slippe varmt spillvann ut i et oppdemmet basseng mellom Ognøy og Austre Bokn.

Bassenget er tenkt lagd ved å fylle igjen østre enden av Ognasundet (over Ognskjæret), samt vestenden fra Kjeøya over Skarvaskjæret og Fløysundholm. Se vedlagte utsnitt av sjøkart nr. 18.

Største dyp i dette bassenget er 52 meter (i fg. sjøkartet).

Overflatearealet er ca. 10^6 m^2 (1 km^2). Det totale vannvolumet i bassenget er hurtig anslått til ca. $2.0 \cdot 10^7 \text{ m}^3$, hvorav volumet mellom 0 og 10 meter utgjør ca. 45%, mellom 10 og 20 meter ca. 30% og dypere enn 20 meter ca. 25%.

I forbindelse med kraftverket vil kjølevann bli pumpet inn fra vannmasser utenfor bassenget. Når det så pumpes ut igjen ($15 \text{ m}^3/\text{sek}$) inne i bassenget, vil det ha blitt anslagsvis oppvarmet 10°C . Den reelle temperaturen som utslippsvannet vil ha, vil bl. a. avhenge av fra hvilket dyp inntaksvannet taes (inntakstemperaturen). Det er antydnet at utslippsvannet vil holde en temperatur mellom 18 og 20°C .

På grunn av de relativt lave middeltemperaturene i området, (se vedlagte figur for temperaturer på Slåtterøy og Husnes), kan det forventes et kontinuerlig varmetap (latent og følbar varme) fra vannoverflaten til atmosfæren. Om vinteren vil dette varmetapet i kalde og klare perioder bli vesentlig supplert av et netto strålingstap. Fluksen av latent (-fordampning) og følbar varme

avhenger av bl.a. lufttemperatur, luftfuktighet og vindstyrke, og det vil føre for langt her å vurdere de ulike transportmekanismenes betydning under ulike forhold.

Vi har tatt utgangspunkt i to trolig realistiske middelveier av samlet varmefluks, (W/m^2) for h.h.v. sommer og vinter. En antar at vannet i bassenget på grunn av det dype utslippet (52 meters dyp) vil få en godt gjennomblandet vannmasse inne i bassenget. Transport ut er tenkt lagt gjennom åpninger i steinfyllingene. (Det kan bemerkes at en viss lagdeling, med varmere vann på toppen, trolig vil skje. Ut fra bl. a. et varmebudsjett hensyn ville det da være mer økonomisk å slippe ut det noe kaldere vannet dypere nede i bassenget.)

En tenker seg at en likevektstilstand oppstår, der varmetap til atmosfæren ballanseres av varmemengden i det innstrømmende spillvann ($T_0 = 18^\circ C$). Likevektstemperaturen til bassengvannet settes lik T_1 .

Vi får følgende enkle uttrykk:

$$A \cdot F_1 = Q_0 \cdot c_p \cdot (T_0 - T_1),$$

der A er totalt overflateareal av bassenget ($10^6 m^2$), F_1 er total varmefluks fra vann til atmosfære. Q_0 er fluks av spillvann ($15 m^3/sek$), c_p er vannets varmekapasitet (satt lik $4 \cdot 10^6 J/m^3$), og T_0 og T_1 h.h.v. spillvannets og bassengvannets temperatur.

Omforming av uttrykket ovenfor gir:

$$T_1 = T_0 - A \cdot F_1 / Q_0 \cdot c_p$$

Velger vi F_1 lik 100 W/m^2 (sommer), fåes $T_1 = 16.3 \text{ }^\circ\text{C}$.

Om vi velger F_1 lik 300 W/m^2 (vinter), fåes $T_1 = 13 \text{ }^\circ\text{C}$.

Det må bemerkes at selv om 300 W/m^2 kan være representativt for en vintersituasjon, vil en i perioder med laveste lufttemperaturer (under -10°C , fig. 2) kunne ha langt større varmetap.

Forutsetningen om et helt gjennomblandet basseng vil heller ikke holde fullstendig. En må regne med at det varme spillvannet noe avkjølt når til overflaten, og så sprer seg utover, med ekstra god eksponering for varmetap til atmosfæren.

Periodevis endring i salinitet for spillvannet vil gi et saltbidrag til den vertikale tetthetsfordelingen som kan innvirke på blandings- og konveksjonsprosessene inne i bassenget.

Ved nærmere gjennomgang av relevante værdata, vil det være mulig å skaffe seg mer realistiske tall for varmetap, og dermed for bassengets middeltemperatur. Likeledes vil en relevant modellering av indre tetthets- og blandingsforhold gjøre estimatene ovenfor vesentlig mer realistiske.

Med hilsen Lars G. Golmen.

VEDLEGG 2 F I G U R E R

- Fig. 1. Oversiktskart over Kårstøområdet
- Fig. 2. Kart over området rundt Ognøy
- Fig. 3a Utsnitt av sjøkart nr 17 og 18
- Fig. 3b En del terskler, med største dyp, i området ved Ognøy.
- Fig. 4. Skisse av spillvannsbassenget ved Ognøy
- Fig. 5. Månedsfordeling av vindretning ved Skudenes
med tabell
- Fig. 6. Oversikt over NHLs strømmålinger
- Fig. 7. Et øst-vest snitt av salinitet og temperatur gjennom fronten
av Kyststrømmen
- Fig. 8a-c Fordeling av temperatur, salinitet og tetthet som funksjon
av tid og dyp ved NHLs målestasjon B.
- Fig. 9. Oversikt over dominerende strømretning
- Fig.10 T-S diagram, med to eksempler på oppvarmingseffekten på
inntaksvannet.

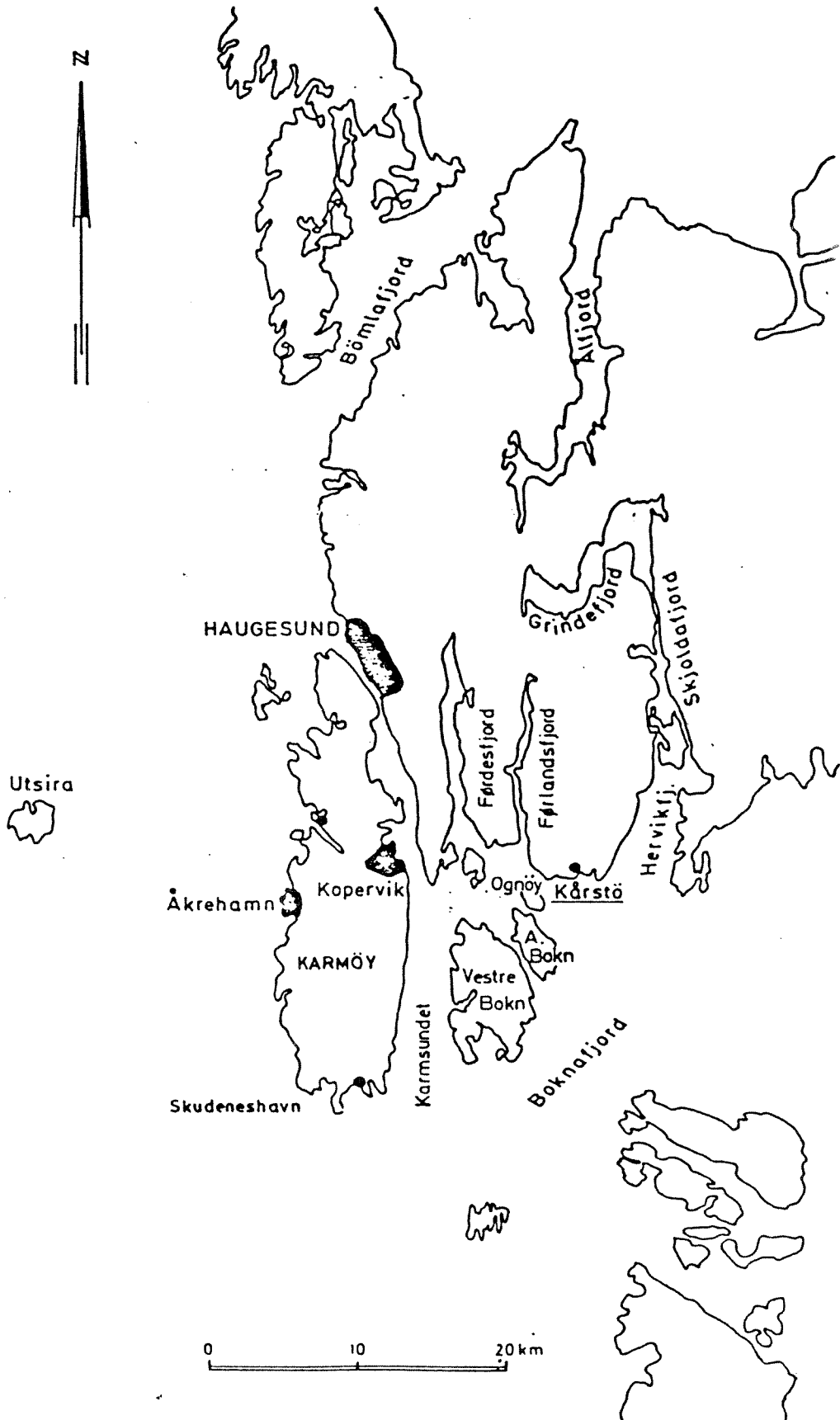


Fig. 1. Oversiktskart. (Fra Tryggestad m.fl. 1982).

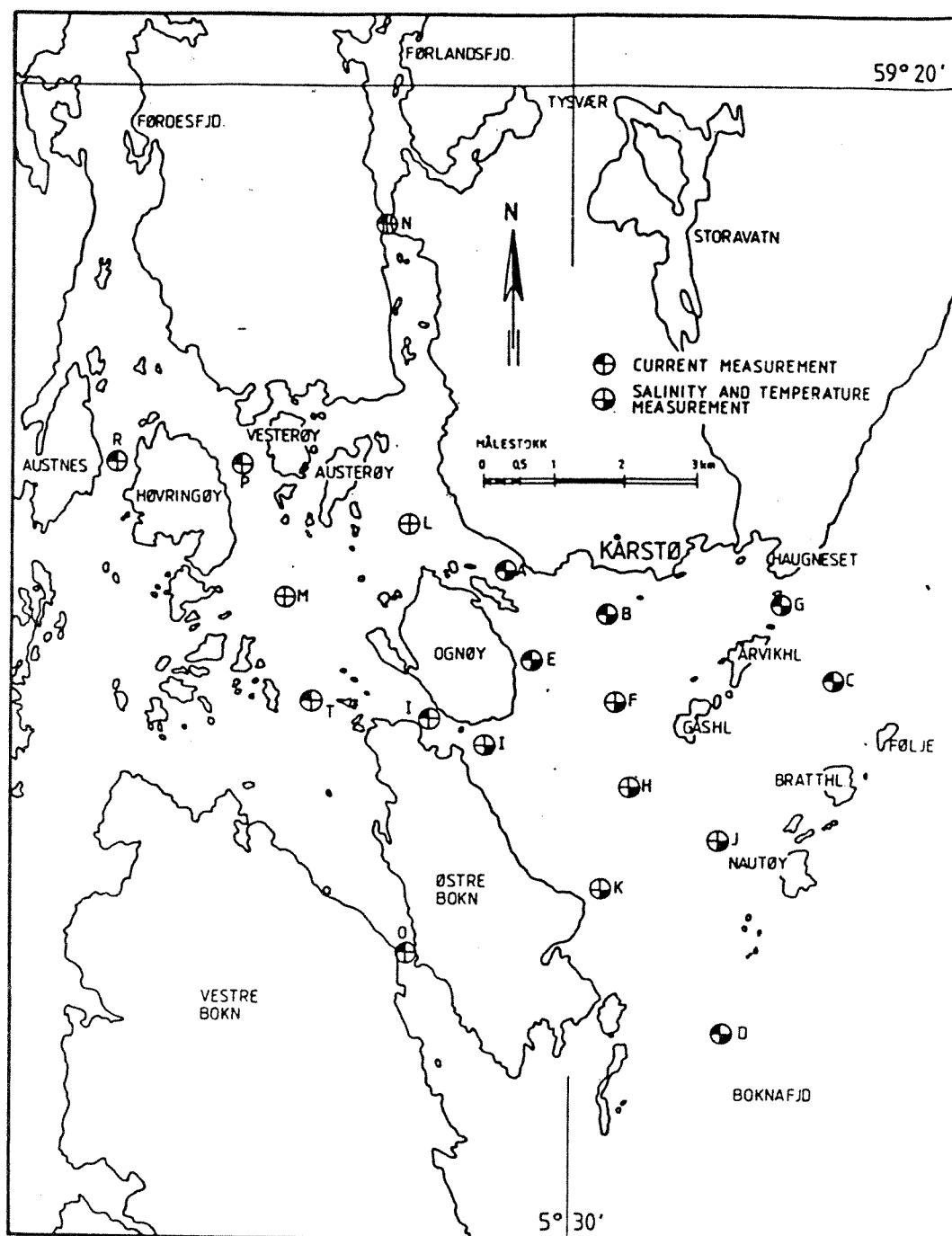


Fig. 2. Kart over området rundt Ognøy, med NHLs hydrografi- og strømmålingsstasjoner avmerket. (Fra Tryggestad m.fl. 1982).

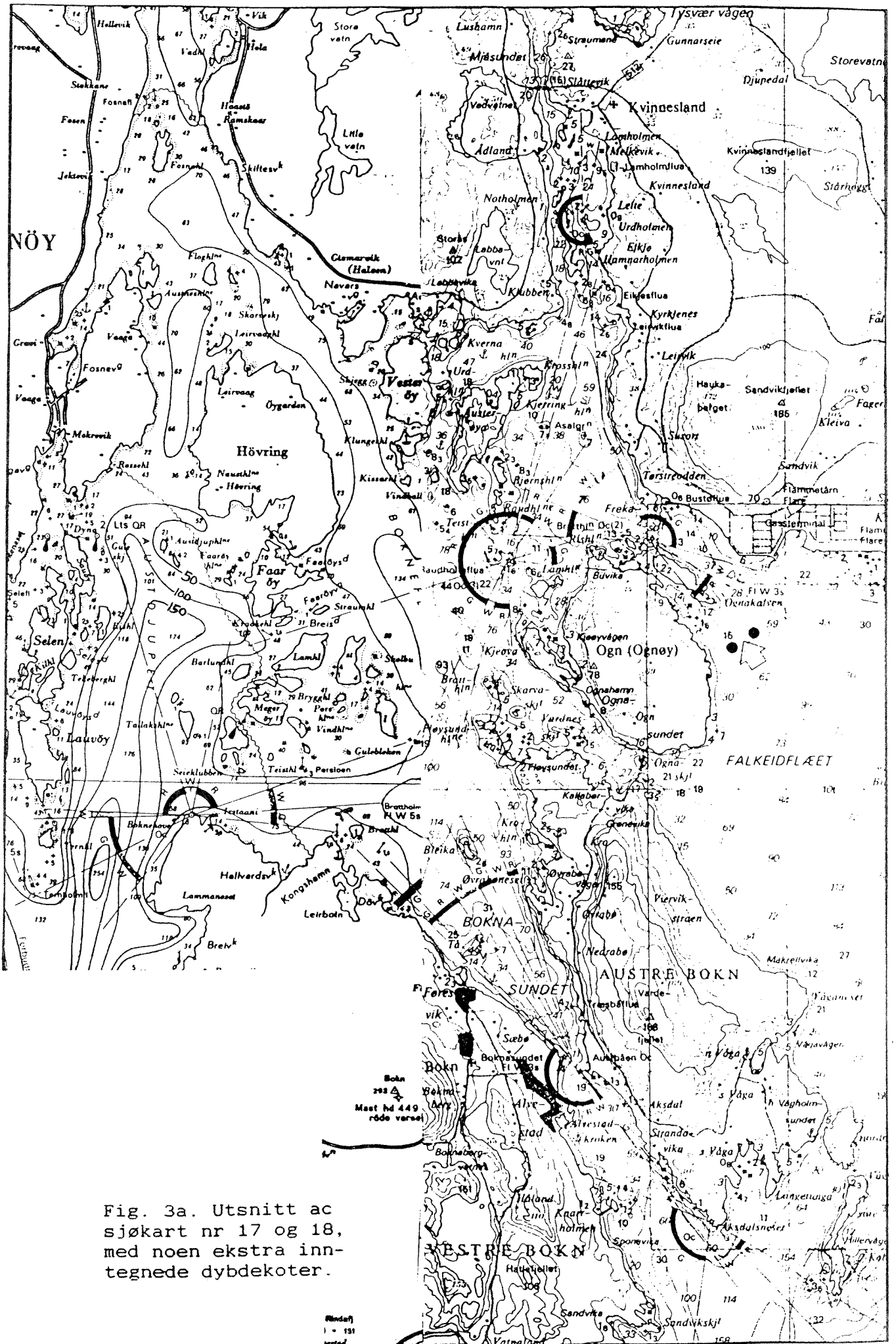


Fig. 3a. Utsnitt ac sjøkart nr 17 og 18, med noen ekstra inn-tegnede dybdekoter.

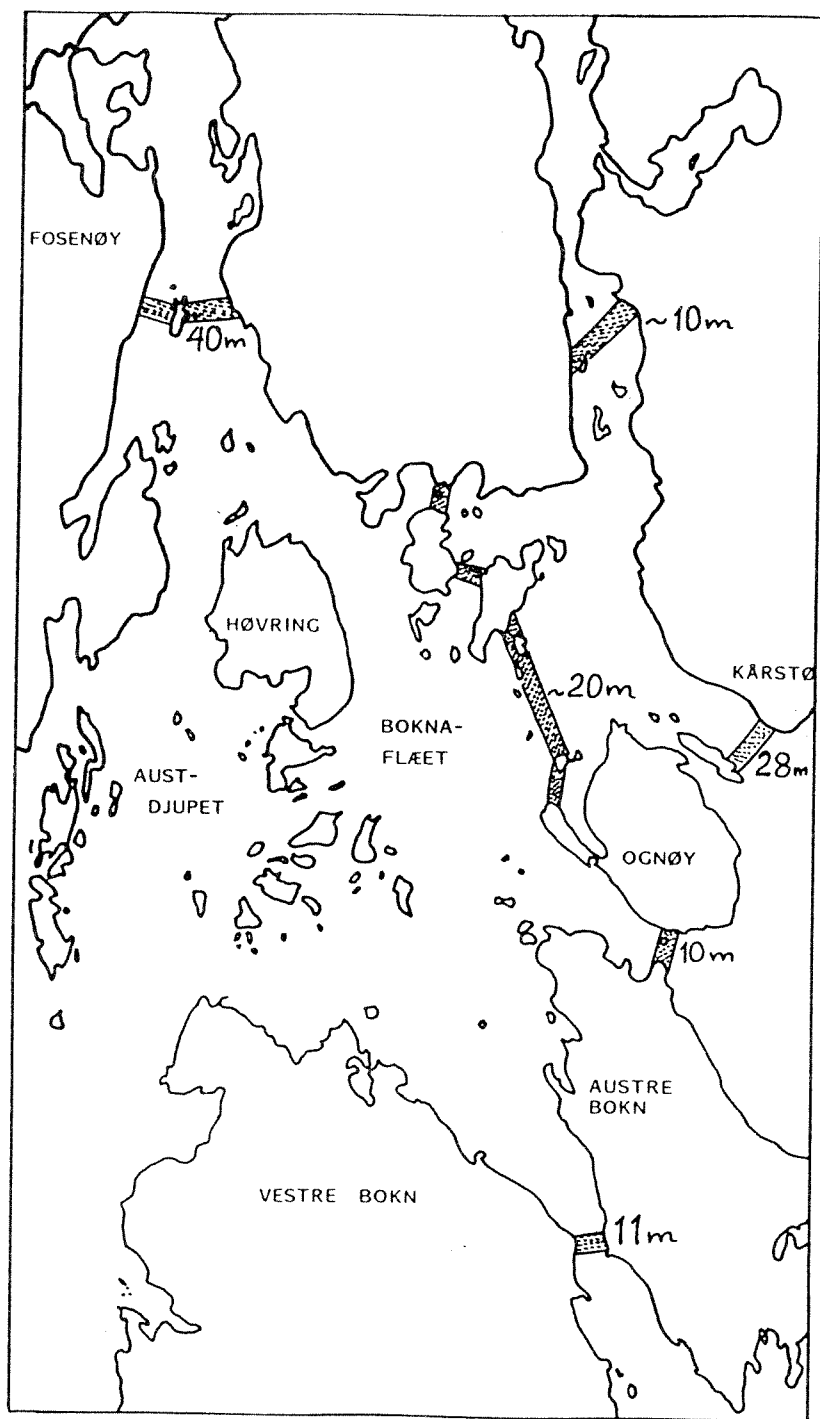


Fig 3b. En del terskler, med største dyp, i området ved Ognøy.

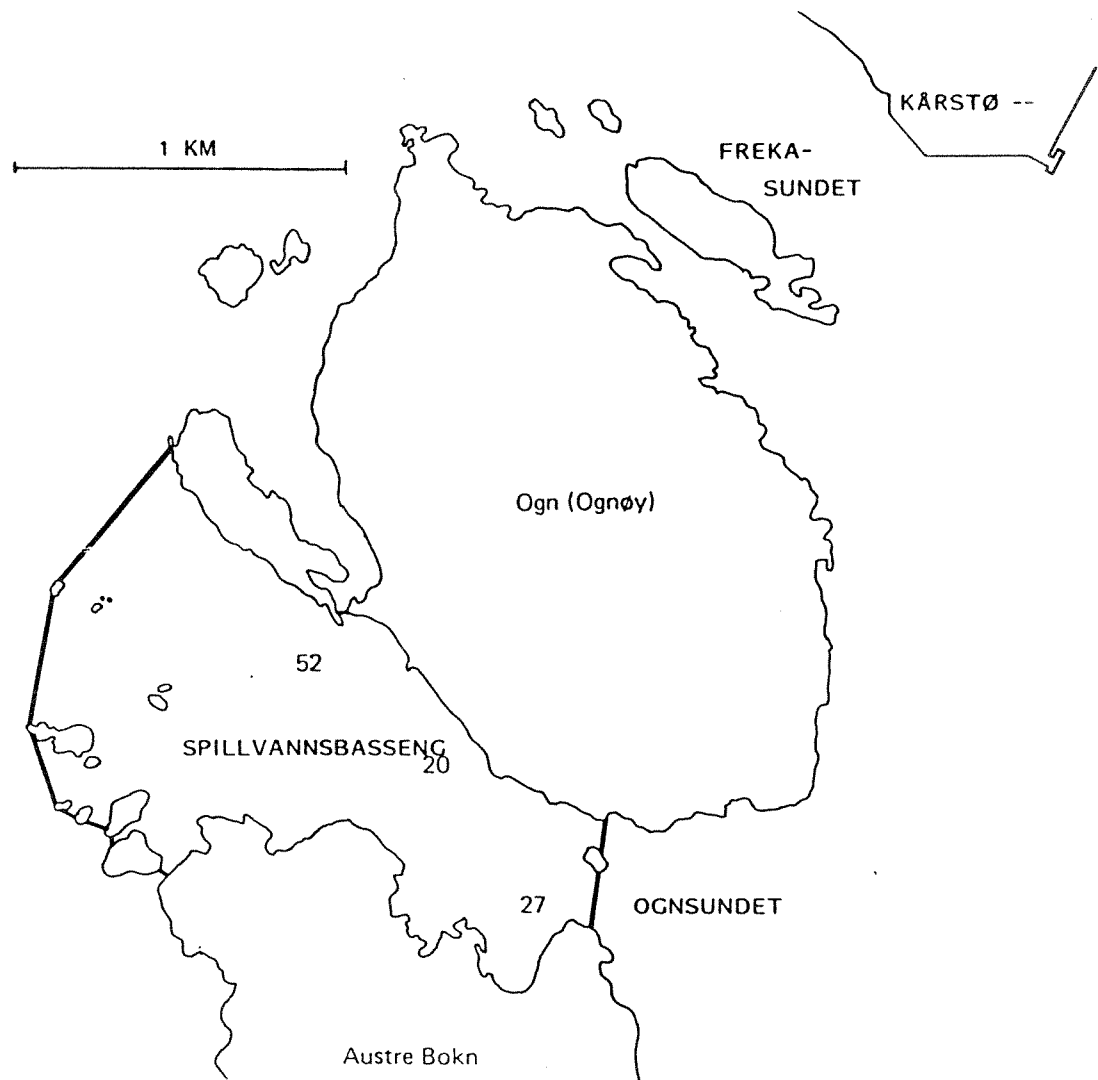
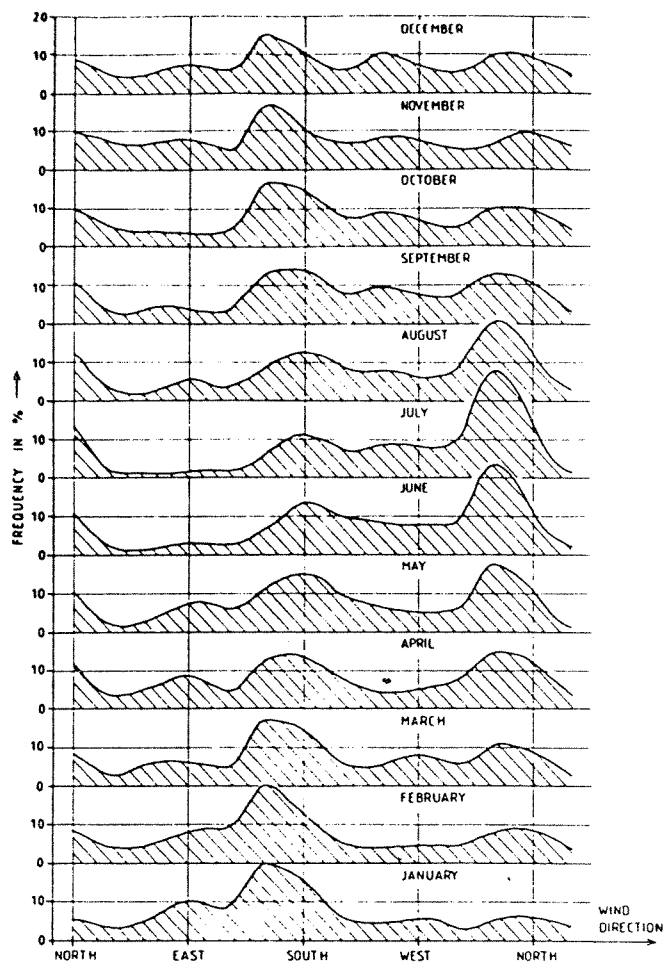


Fig. 4. Skisse av spillvannsbassenget ved Ognøy.

Fig. 5. Månedsfordeling av vindretning ved Skudenes (Fra Tryggestad m.fl. 1980).



MONTHLY DISTRIBUTION OF WIND DIRECTION AT SKUDENES FOR THE YEARS 1961 - 1975

Tabell 1. Månedsfordeling av vindretning for Skudenes (Fra Tryggestad m.fl. 1980).

WIND SPEED in m/s	0.0 -	0.3 -	1.6 -	3.4 -	5.5 -	8.0 -	10.8 -	13.9 -	17.2 -	20.8 -	24.5 -
	0.2	1.5	3.3	5.4	7.9	10.7	13.8	17.1	20.7	24.4	28.4
JANUARY	7.0	19.1	16.6	16.3	13.1	10.5	9.7	4.9	1.9	0.5	0.4
FEBRUARY	7.2	24.4	21.1	15.8	12.8	10.4	4.9	2.0	0.8	0.4	0.1
MARCH	4.2	20.5	21.4	17.7	14.9	12.6	6.4	2.1	0.1	0.1	
APRIL	1.6	14.0	32.1	22.7	14.4	8.7	4.6	1.7	0.1		
MAY	0.9	11.0	30.0	28.8	16.0	8.8	3.7	0.6	0.1		0.1
JUNE	0.9	14.0	30.7	23.5	17.1	8.9	4.7	0.2			
JULY	1.1	14.4	29.9	26.5	16.0	9.0	2.7	0.4			
AUGUST	2.2	19.2	29.5	26.5	13.1	7.6	1.5	0.3	0.1		
SEPTEMBER	3.0	17.0	22.9	19.8	15.4	13.5	5.5	1.7	0.9	0.1	0.1
OCTOBER	4.6	19.4	17.5	20.6	15.5	11.0	6.4	2.7	1.8	0.4	
NOVEMBER	4.0	17.6	18.9	16.7	15.0	12.6	9.2	3.8	1.9	0.2	0.1
DECEMBER	4.7	16.5	17.9	14.1	12.9	14.3	12.0	4.5	2.4	0.4	0.3
YEAR	8.4	17.2	24.0	20.8	14.7	10.7	6.0	2.1	0.9	0.2	0.1

CURRENT MEASUREMENTS REVIEW

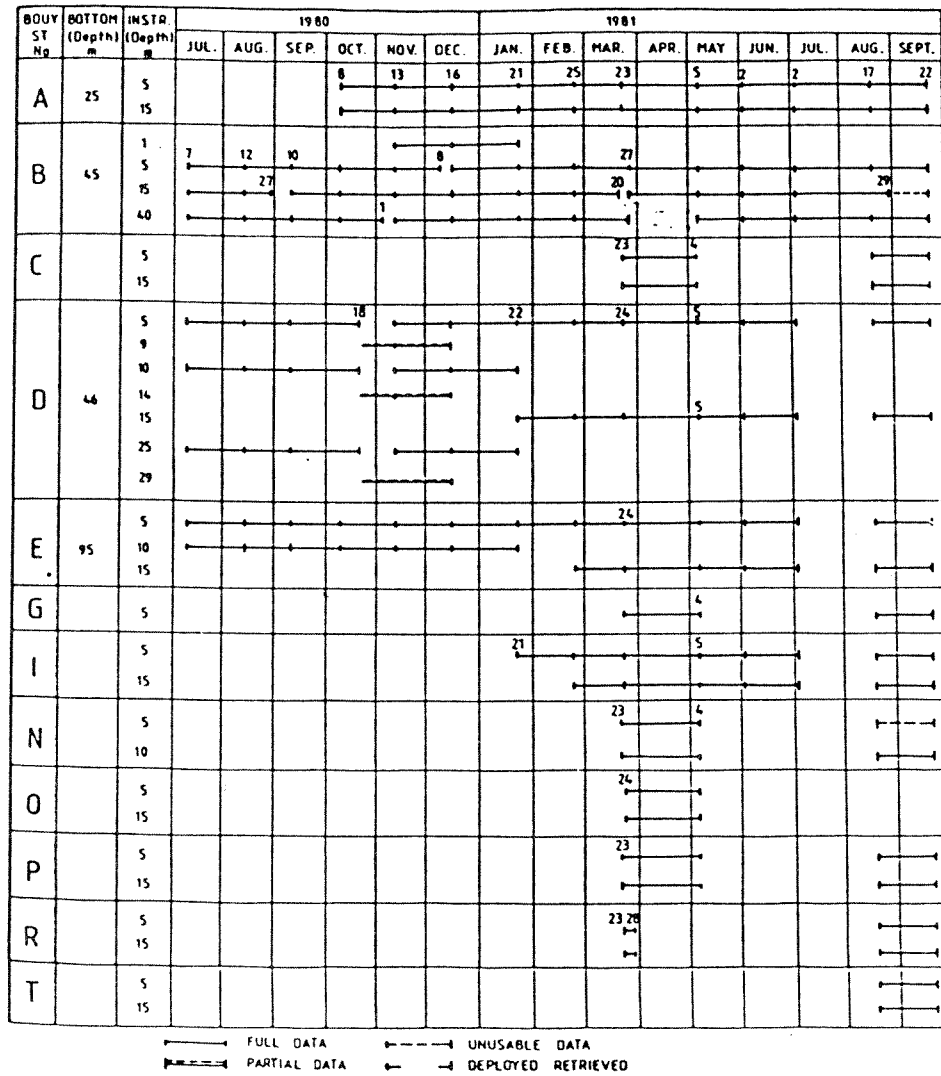


Fig. 6. Oversikt over NHLs strømmålinger. (Fra Tryggestad m.fl. 1982).

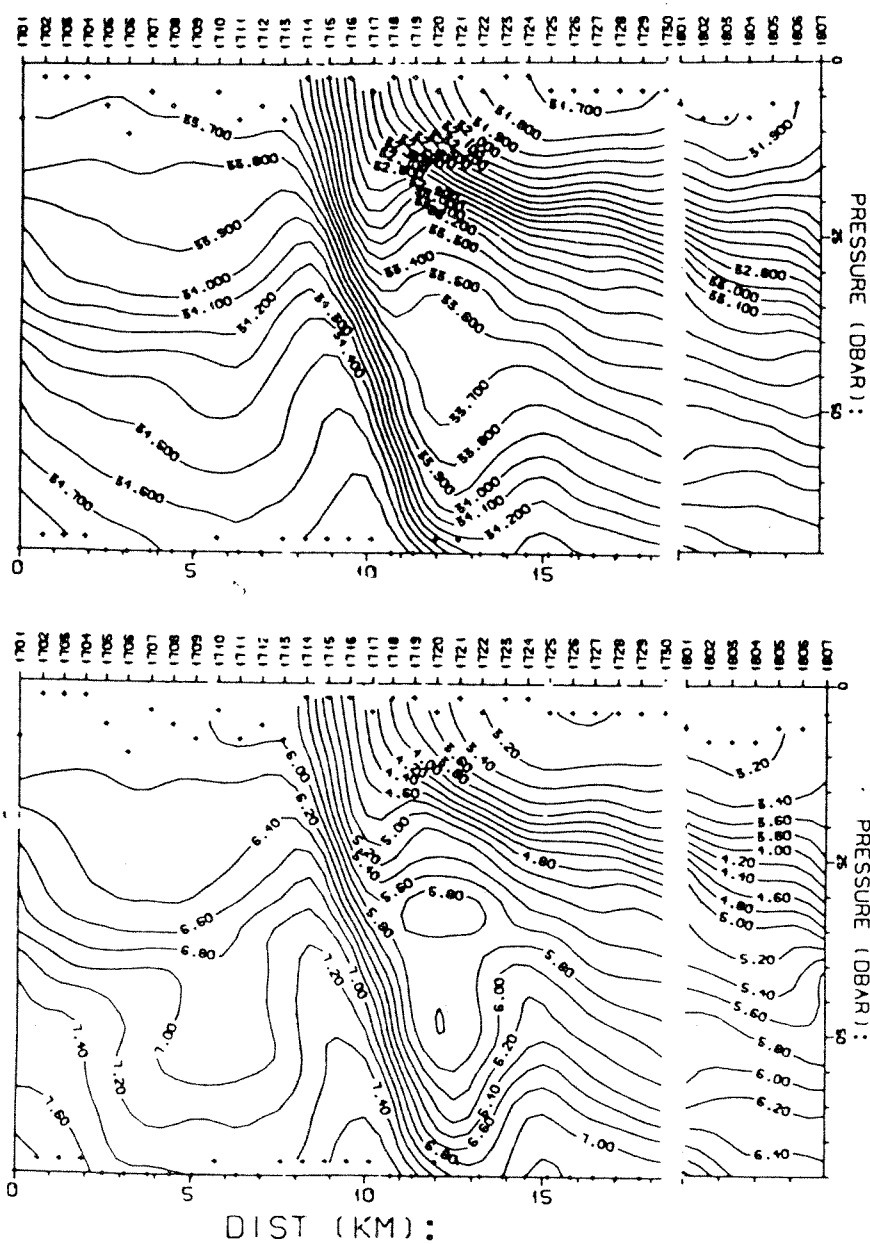


Fig. 7. Et øst-vest snitt av salinitet og temperatur gjennom fronten i Kyststrømmen. (Fra Golmen og Hackett 1985).

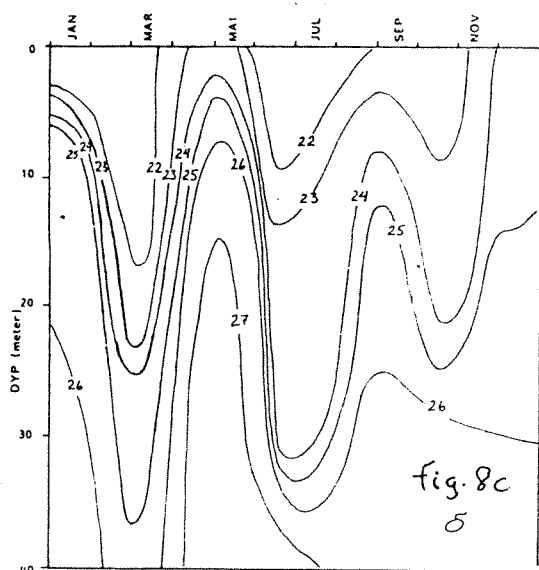
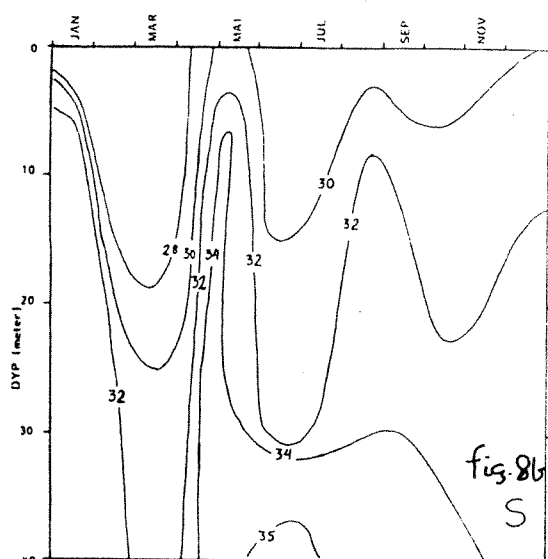
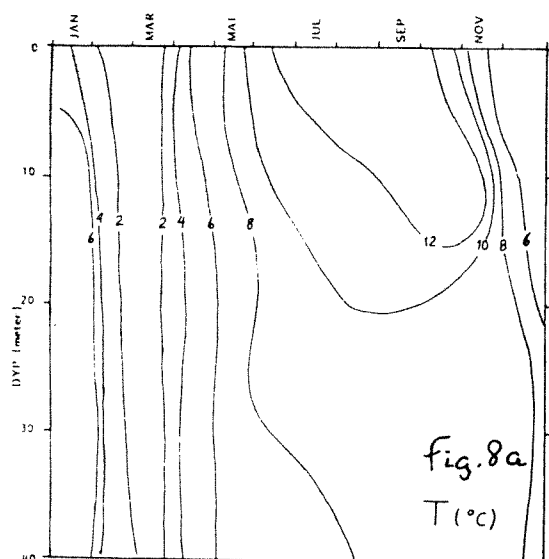


Fig. 8a-c. Fordeling av temperatur, salinitet og tetthet som funksjon av tid og dyp ved NHLs målestasjon B.

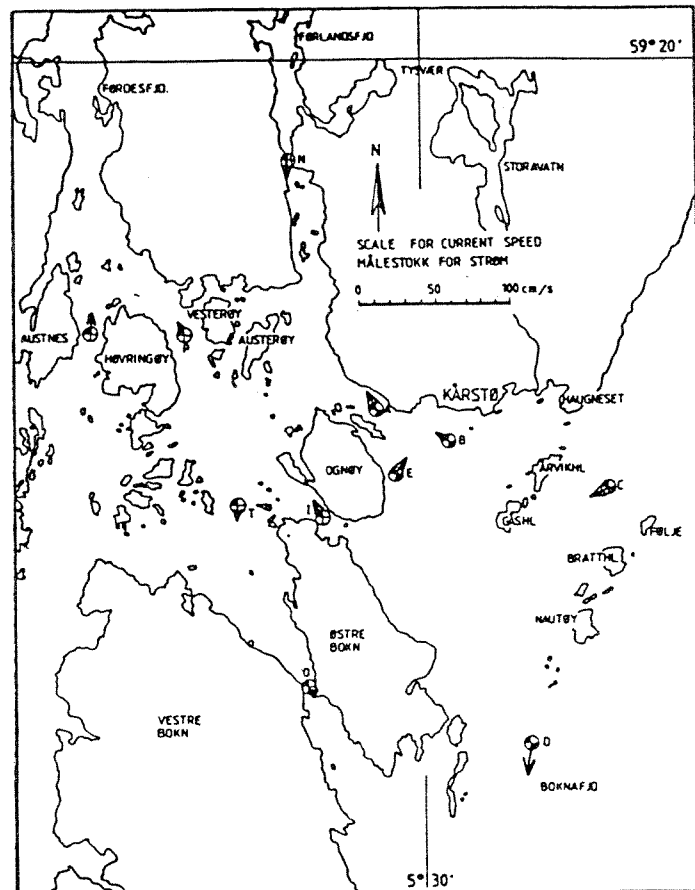
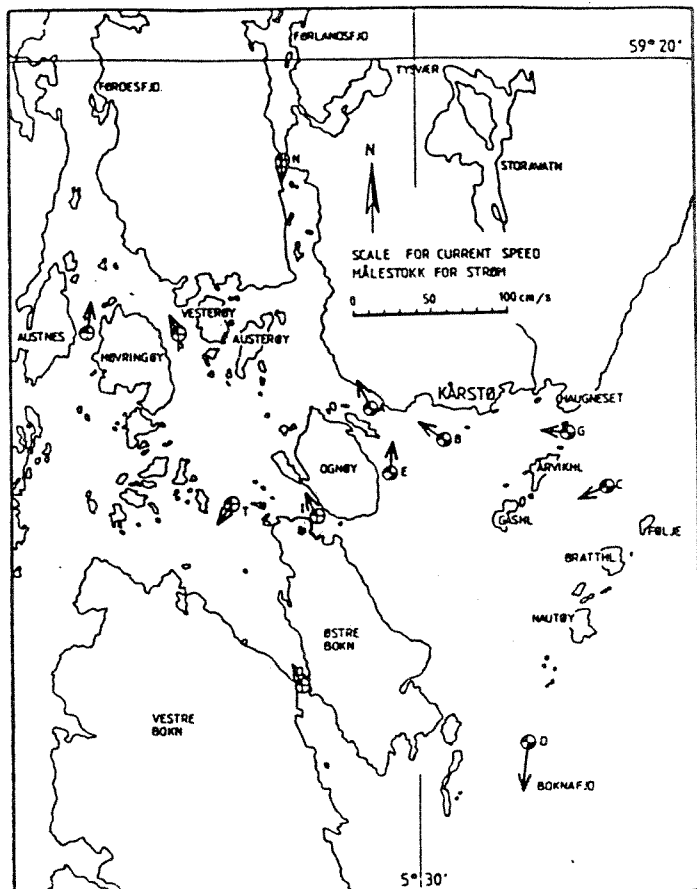


Fig. 9. Oversikt over dominerende strømretning. Øverst: 5 meters dyp. Nederst: 15 (10) meters dyp. (Fra Tryggestad m.fl. 1982)

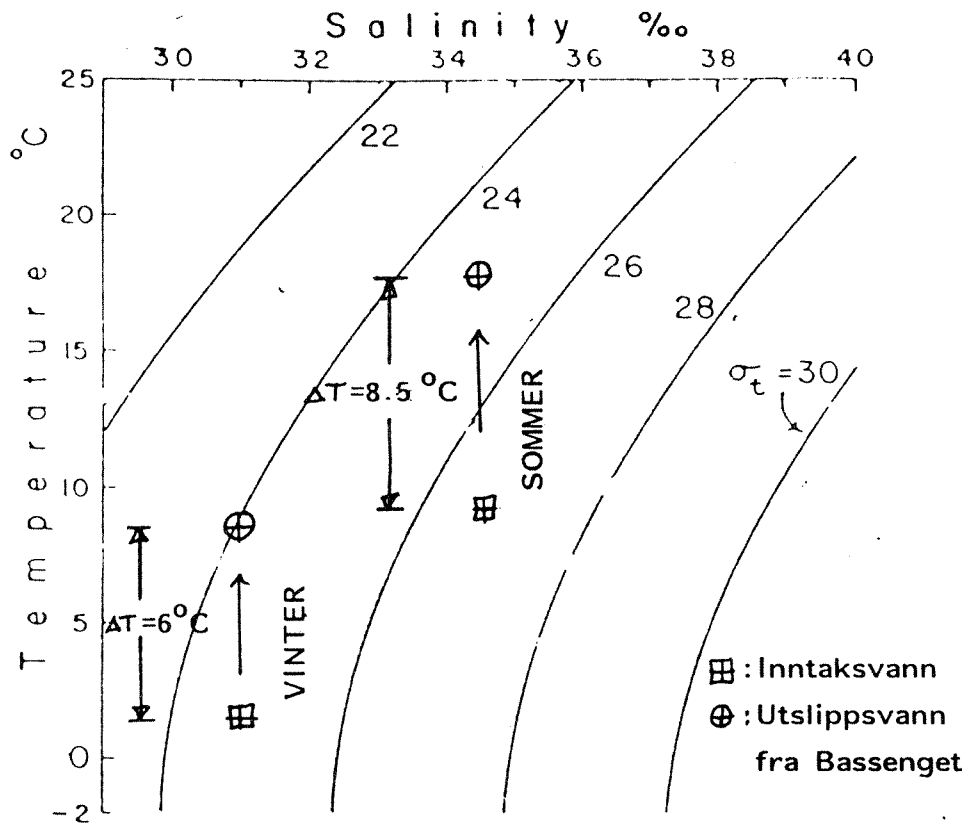


Fig. 10. T-S diagram, med to eksempler på oppvarmingseffekten på inntaksvannet. En del isolinjer for tetthet er inntegnet.