

VHL-410-3

VASSDRAGS- OG KJEMISK LABORATORIUM
VED NORSKE TREHVERK PÅ GULLMÅ

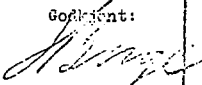
Tilsluttet SINTEF
Trondheim

3

NVE STATSKRAFTVERKENE
Kjelevannsresipienter for kjemiskraftverk

REDEGJØRELSE OM RESTRIKSJONSFORHOLDENE VED
ALTERNATIVE ANLEGGSTEDER FOR KJEMISKRAFTVERK

Redegjørelsen er utført i samarbeid
med Norsk institutt for vannforskning (NIVA)

Saksbehandlere: F.-E. DAHL (NIVA) H.J. SÆTRE (VHL)	Godkjent:  H. BERGE lab.sjef	Oppdragsnr.: 600624 Dato: 15.oktober 1971
--	--	---

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side:
FORORD	I
1. INNLEDNING	1
2. SCHEMDELING	3
3. KJØLEVANNETS INNLAGRING OG FORTYNNING	5
3.1 Sterk lagdeling	5
3.2 Svak lagdeling og homogene forhold	6
4. VURDERING AV DE ENKELTE BYGGESTEDERS RESIPIENTOMRÅDER	7
4.1 BRENTTANGEN	7
4.2 SON	9
4.4 VARDÅSEN	10
4.5 HURUM	10
4.6 LANGANGSPJORDEN	11
4.7 ORMEFJORDEN	12
4.8 VINJE	12
4.9 AMURÅSEN	13
4.26 TRÅK	13
4.10 ØSTENTO	14
4.11 VALHALL	14
4.21 HUSEDY	14
4.20 BUNNEFJORDEN	14
4.22 TORSØ	15
4.23 SLAGRENTANGEN	15
4.24 HOVLAND	16
4.25 BERVEN	16

FORORD

Ved kontrakt, datert henholdsvis 20. mars og 13. april 1970, ble Vassdrags- og Havnelaboratoriet (VHL) gitt i oppdrag av Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen (NVE) - Statskraftverkene å utføre hydrografiske undersøkelser i forbindelse med kjølevann for atomkraftverk. Målingene skulle omfatte strøm, temperatur og salinitet.

For gjennomføring av undersøkelsene etablerte VHL samarbeid med Norsk institutt for vannforskning (NIVA).

Arbeidet ble igangsatt i april 1970, og etter oppdragsgivers ønske ble Sonområdet, Ormefjorden og Håøyfjorden tatt først. Målingene her pågikk året ut. Våren 1971 ble målinger igangsatt ved Brenntangen og Langangsfjorden, mens en ny målerigg ble satt ut ved Son. Målingene ved disse steder pågår fremdeles. I juli 1971 ble det gjennomført en tracerstudie av et simulert utslipp ved Brenntangen.

På et møte i VHL 7. september 1971 opplyste overingeniør Storebø at NVE - Statskraftverkene ved årsskiift ønsket en rapport med opplysninger om strømningsmessige og hydrografiske forhold, som sammen med annet materiale kunne danne grunnlag for en grovsortering av alternative anleggssteder for kjerne-kraftverk. VHL la opp sitt arbeidsprogram deretter.

15. september 1971 ble det på et møte i NVE/S, der deltakere fra alle involverte institusjoner var til stede, anmodet om en redegjørelse for resipientforholdene ved 17 forskjellige anleggssteder. Redegjørelsen skulle behandles på et møte den 21. oktober 1971 og var ønsket ferdig 15. oktober.

Redegjørelsen foreligger i form av denne rapport. Da det har vært utført målinger bare ved et fåtall av de 17 oppgitte anleggssteder, var den eneste mulighet for å få redegjørelsen så dekkende som mulig, å benytte NIVA og VHL's samlede materiale både fra de nevnte undersøkelser og fra undersøkelser utført i forbindelse med andre prosjekter og sammenholde disse.

Der data foreligger, er disse presentert i diagrams form. For de øvrige anleggssteder er forholdene vurdert skjønnsmessig. På grunn av den knappe tid har det bare vært mulig å gjennomføre en kvalitativ analyse av resipientforholdene.

Saksbehandler for VHL har vært cand.real. Hans Jørgen Sætre.

Saksbehandler hos NIVA har vært cand.real. Finn-Erik Dahl.

1. INNLEDNING

For vurderingen av resipienten for de enkelte byggesteder er det visse faktorer som underforstått holdes konstant. Disse er:

- Kjernekraftverkets størrelse, dvs. ca. 4 GW med en Kjølevannsmengde på 200 m³/s
- Kjølevannets inntaksdybde på 20-30 m hvis dette er mulig
- Vannets overtemperatur når det når overflaten forutsettes så lav som mulig.

Følgende faktorer med hensyn til kjernekraftverk er vurdert:

- Forandring av traséen for inntaks- og utslipptunnel hvor dette er funnet hensiktsmessig
- Utslipp i overflatelaget eller dykket, og til hvilket nivå
- For enkelte av byggestedene en videre utbygging ut over 4 GW.

Alle alternative byggesteder er behandlet, og oppsettet til Samfunnsteknikk VBR A/S ¹⁾ er fulgt med hensyn til nummerering og navn for de enkelte steder.

For vurdering av resipienten er følgende faktorer behandlet:

- Topografien (grunnforhold, terskel(er), areal volum)
- Hydrografien (temperatur, saltholdighet, oksygeninnhold/hydrogensulfid (H₂S), næringssalter)
- Strøm målinger.

Ved noen av de alternative beliggenheter har det med tanke på plassering av et kjernekraftverk foregått strøm- og hydrografiske målinger (Bilag 1). Ved de langt fleste alternativer må vi støtte oss til tidligere målinger. På flere

1) Samfunnsteknikk VBR A/S: Lokalisering av kjernekraftverk i Oslofjordområdet. September 1971.

av stedene er også tidligere målinger sporadiske eller mangler helt. For en del alternativer er det påpekt risiko for akkumulering av varme og resirkulasjon. Tapet av varme fra vannoverflaten vil spille en avgjørende rolle for det nivå temperaturstigningen vil nå i et område. Varmetapet vil variere med de klimatiske forhold som i noen grad vil være forskjellig for de foreliggende alternativer.

Da data om de klimatiske forhold ikke foreligger, og kunnskapene om resipientforholdene flere steder, som nevnt, er sparsomme, har det ikke vært mulig å angi noen nivåer for temperaturstigninger i denne rapport.

I Bilag 1 er de viktigste data for resipientene satt opp i tabularisk form:

- Hydrografi)
- Strøm) Observasjonsmateriale
- Areal/Volum)
- Terskeldyp) Topografi
- Øvre sprangsjikts beliggenhet (meter fra overflaten)
- ΔU_t Tetthetsforskjellen mellom vannlagene over og under øvre sprangsjikt.

2. SONEINDELING

Inndeling av alternative byggesteder i regioner etter beliggenheten (Moss-, Fredrikstad-, Porsgrunnsregionen) er ikke funnet hensiktsmessig i denne sammenheng.

Soneinndelingen nedenfor er prioritert, men det er ikke foretatt noen prioritering av lokalområdene innenfor sonene. Til en viss grad er det foretatt en sammenlikning av resipientene innen sonene, men ikke på tvers av sonegrensene. I prioritert rekkefølge,- idet resipientene i sone 4 anses som bedre egnet for kjølevannsutslipp enn sone 3 osv. (Bilag 2):

Sone A:	8	VINJE, Bamble i Telemark
	24	HOWLAND
	25	BERVEN
Sone B:	4	VARDÅSEN
	5	HURUM
	10	ØSTENTO
	11	VALHALL
	21	HUSEBY
	23	SLAGENTANGEN
Sone C:	1	BRENNTANGEN
	2	SONSÅSEN
	6	LANGANGSFJORDEN
	7	ORMEFJORDEN
	9	AMURÅSEN (Frierfjorden)
	20	BUNNEFJORDEN
	22	TORSØ
	26	TRÅK (Frierfjorden)

Soneinndelingen ovenfor er foretatt etter recipientens kvalitet; hvor stor vekt er lagt på tilgjengelig fortynningsvannmengde dvs. ferskvannstilførsel, brakkevanns-transport ut av systemet frembrakt av innblanding (medrivning), tidevannet og andre transportprosesser (se f.eks. kap. 4, 1 BRENTANGEN og anleggene ved Frierfjorden).

Prioritering mellom lokalområdene er ikke foretatt p.g.a. kvalitetsforskjellen i observasjonsmaterialet for de alternative byggesteder.

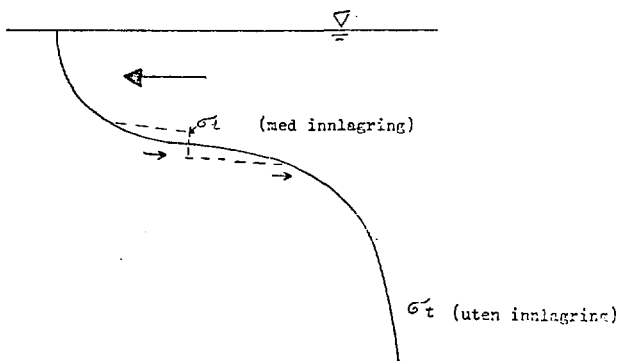
3. KJØLEVANNETS INNLAGRING OG FORTYNNING

3.1 Sterk lagdeling

I Oslofjordområdet og nedre Telemark kommer det ut tre store vassdrar. Vannføringen er som det fremgår av tabellen nedenfor:

	Regulert vannføring m^3/s	250 ^{MIDDEL-} Vannføring under flom m^3/s
Drammensvassdraget	250	1300
Glomma	550	(2500) 2000
Skien svassdraget	230	900

For enkelte av de alternative byggesteder kan disse vassdrag benyttes som transportveier, dvs. at det gjennom hele året stabile forskvannslag/brakkvannslag kan brukes til transport av varme ut av systemet. Dette tenkes gjort ved at kjølevannet blandes inn i eller dykkes under brakkvannslaget. Skissen nedenfor viser et tetthetsprofil med sterk lagdeling (pyknoklin) og virkningen av en innlagring fra undersiden. Pilene angir retning og størrelse på lagets hastighet:



Det kan imidlertid være en viss fare for total gjennomstrøming på en eventuell terskel (Svelvik, Brevikundet) ved stigende tidevann.

En innlagring, etter metoden ovenfor kan tenkes benyttet ved 5 HJURUM hvis utløps-tunnelen føres nord for Rødtangen. Det samme vil være mulig for anleggene ved Frierrfjorden, 9 AMURASEN og 26 TRÅK. Ved anleggene på østsiden av Oslofjorden vil Glomma bare i liten grad kunne benyttes for de foreslåtte beliggenheter. For 22 TORSØ må utslippstunnel føres relativt langt, og for 11 VALHALL er det bare en mindre del av Glomma som går i løpet nord for Kråkerøy.

3.2 Svak lagdeling og homogene forhold

I de situasjoner hvor lagdelingen brytes ned, og vannmassene er tilnærmet homogene (Bilag 1), vil et dykket utløp prinsipielt være å foretrekke, slik at en størst mulig fortynning kan skje før vann med overtemperatur når overflaten. Det er hele tiden underforstått at lavest mulig overtemperatur er å foretrekke.

Vi skal for ordens skyld påpeke at vi hele tiden har utelatt eventuelle sprang-sjikt under 30 m nivået. Hvis dypet tillater det, er det gjerne en pyknoklin i 50 m nivået store deler av året.

Tabellen på Bilag 3 gir reduksjonen av σ_t ved 10 °C oppvarming av kjølevannet. Ved å benytte Bilag 1 vil vi først kunne finne om pyknoklinen er sterk nok til å hindre gjennomtrensning til overflaten. I inntaksnivå ligger temperaturen mellom 5 og 10 °C med saltholdighet 30-35 ‰ ved de aller fleste byggestedsalternativer.

4. VURDERING AV DE ENKELTE BYGGESTEDERS RESIPIENTOMRÅDER

4.1 BF INNTANGEN, Sone C

Byggestedet ligger på østsiden i den ytre del av Drøbak-sundet (kanalen mellom Drøbak og Filtvet). Bunnen skråner raskt nedover fra land. Terskel utenfor sundet ligger mellom Bevdykkollen og Tofte, med terskeldyp på ca. 125 m.

Hydrografien viser at vannet er stabilt sjiktet i månedene mai-august, med pyknoklin mellom 9 og 20 m. Utover høsten svekkes sjiktningen, og om vinteren inntreffer situasjoner med nøytral sjiktning i de øverste 50 m (Bilag 4).

Strøm målinger i 5 m viser at hovedtransporten er nord-syd rettet, med hastigheter på ca. 60 cm/s som observert maksimum i hver retning. Reststrømretningen er mot nord.

Målinger i 12 m viser stort sett nord-syd rettet strøm; men det er også en relativt kraftig komponent mot 50° med maksimum hastighet ca. 45 cm/s. Reststrømmen er rettet mot syd. Maksimumhastighetene i nord-syd retning er mindre enn i overflaten, ca. 45 cm/s mot syd og 35 cm/s mot nord.

I 20 m er også strømmen vesentlig rettet nord-syd. Maksimumhastighet mot nord er ca. 20 cm/s, mot syd ca. 25 cm/s. Reststrømretningen er mot nord. Også i dette dyp er det en relativt stor komponent rettet mot 50° med maksimum hastighet ca. 30 cm/s. Målingene som det er referert til, har foregått i mai-juli. Det var da en relativt sterk pyknoklin. I dette tidsrom var vindens solgasseffekt sterk i området. Overflatestrømmen (5 m) kan derfor betraktes som vinddrevet med en kompensasjonsstrøm i pyknoklinnivå. Målinger til andre årstider vil sannsynligvis gi et noe annet strømbilde, men hovedtrekkene skulle forbli samme.

På bilag 5 er vist overflatesirkulasjonen i Drøbak-sundet, slik den i dag er kjent. Et vesentlig trekk her er at sundet er et semi-lukket system. Det er et strømskjær på langs av sundet, slik at en på vestsiden har sydover rettet reststrøm og på østsiden nordover rettet. Videre antar en at det syd for Filtvet er en hvirvel *cum sole* (mot klokken), slik at en viss del av den sydover rettede transport langs vestsiden av sundet blir avbøyet mot øst. Denne avbøye del går da inn i den nordover rettede transport langs østsiden av sundet. En motsatt prosess foregår i den nordlige del av sundet. Et kjølevannsutslipp ved Brenntangen vil føre til en varmetransport inn i indre Oslofjord (over Drøbakterskelen). Ser en bort fra resirkulasjonsproblemet, vil det være tilstrekkelig kjølevann til disposisjon. Siden en ikke kjenner netto massetransport i de enkelte dyp på tvers av sundet, må et overslag over tilgjengelig fortynningsvannmengde baseres på antakelser. Nedenfor er satt opp 2 alternativer:

1. Vi antar at hele tidevannsprismet er tilgjengelig som effektiv fortynningsvannmengde, dvs. ingen resirkulasjon. Da er tidevannsfluksen gjennom Drøbak-sundet - midlet over en tidevannsperiode - ca. $5,3 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$ ¹⁾ eller ca. 25 ganger kjølevannsmengden.
2. Vi antar at tidevannet ikke gir noen transport av fortynningsvann, men at det bare gir en bevegelse frem og tilbake. Den vannmengde som står til disposisjon som fortynningsvann-volum, vil da være den transport som andre prosesser gir. De dominerende her er
 - a. Der estuarine sirkulasjon, dvs. en prosess som oppstår ved ferskvannsinnblanding i sjøvann.
 - b. Storstilte utskiftningsprosesser.

1) Gade, H.G. (1967): Delrapport nr. 2, Oslofjorden og dens forureningsproblemer.

Den midlere ferskvannstilførsel til indre Oslofjord er ca. $45 \text{ m}^3/\text{s}$. Hvis dette oppblandes i forholdet 1:2 med sjøvann, vil man gjennom et tverrsnitt ha en brutto-transport som er 5 x ferskvannstilrenningen. (I det dyre lag vil ferskvannet og 2 x ferskvannstilrenningen transporteres ut av fjorden, og i dyperne lag vil 2 x ferskvannstilrenningen transporteres inn i fjorden som kompensasjonsstrøm.) Dette vil gi en brutto tilgjengelig fortynningsvannmengde på ca. $225 \text{ m}^3/\text{s}$, eller av samme størrelsesorden som kjeslevannrenningen.

Dypvannsutskiftninger er av Gaue (1967) beregnet å kunne gi en midlere brutto massetransport gjennom et tverrsnitt på ca. $2,1 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$. Disse foregår imidlertid over korte perioder og er ikke årvisse.

Ovenstående beregninger er basert på at tilgjengelig fortynningsvann blir transportert bort og ikke resirkulerer. Tidevannsprismet vil transporteres frem og tilbake slik at hele tidevannsvolumet ikke kan betraktes som effektivt fortynningsvann. Den tilgjengelige fortynningsvannmengde må antas å ligge nærmere hva den estuarine sirkulasjon er beregnet å gi, enn hva tidevannet er beregnet å gi. Et grovt overslag basert på transportlengder indikerer en fortykning som 1:5.

Utslipet bør plasseres nord for inntaket p.g.a. reststrømretningen.

Nord for byggestedet (i Emmerstadbukta) bygges det for tiden et dypvannutslipp av kloakkvann for ca. 20.000 innbyggere.

4.2 SON, Sone C

Tetthetssjiktningen her er omtrent den samme som ved 1 BRENTTANGEN. Som bilag 5 viser, er det langs land en sydover rettet reststrøm ¹⁾. Dette vil sannsynligvis gi en varmetransport inn i Mossesundet, og dermed akkumulering av varme i dette sterkt forurensede område.

1) Satre, H.J. (1971): Hydrofysiske målinger ved Son, VHL Rapport, Del I-IV.

4.4 VARDAGEN, Sone B

Byggestedet ligger på østsiden av ytre Oslofjord med relativt store dyp nær land. Utslipp bør derfor plasseres slik at en unngår lokale effekter. Hydrografiske observasjoner viser at vannet er nøytralt sjiktet (homogent) om vinteren, med fare for rask gjennomtrengning av kjølevann til overflaten. Utover sommeren dannes det en pyknoklin mellom 10 og 14 m. Denne svekkes i slutten av august. Denne pyknoklin brytes imidlertid raskt ned av vinden, slik at ved sterk vind kan de øverste 30-40 m være uten vertikal tetthetsgradient også om sommeren. Transportmengde og reststrøm er ikke kjent for området.

Generelt kan en si om mønsteret for overflatestrømmen i ytre Oslofjord at det er mulig det langs den østre siden er en nordover rettet reststrøm, og en sydover rettet langs den vestre siden. En har her ikke direkte målinger å bygne på, men indikasjoner av tetthetsfordelingen på tvers av fjorden viser et slikt strømmønster. For å kjenne tilgjengelig fortynningsvannmengde er det nødvendig med strømmålinger og hydrografiske undersøkelser i området.

4.5 HURUM, Sone B

Byggestedet ligger åpent ut mot Breiangeren, i et område som en har få hydrografiske målinger fra. Enkelte overflatemålinger er utført i området. På Bilag 6 er gjengitt salinitet i overflaten etter Gade (1967) for en enkelt situasjon. Bilaget indikerer ferskvannets transportvei i systemet. Utslipet foreslås lagt nord for Rødtangen, slik at dette kommer i kompensasjonsstrømmen for Drammensvassdraget. Utslipps- og fortynningsprosess er omtalt tidligere i kap. 3. En foreslår utslippet lagt til de ytre deler av Dramsfjorden (nord for Rødtangen) for å utnytte den transport og fortynningskapasitet som Drammensvassdraget gir, og for å unngå en mulig resirkulasjon. Slikt inntak og utslipp er skissert i VBB's rapport, er det mulig at det vil oppstå en stor grad av resir-

kulasjon p.g.a. lokale forhold. Med ferskvannsføring på $230 \text{ m}^3/\text{s}$ og en saltvannsinnblanding i forholdet 1:2, vil dette kunne gi en midlere fortynningsvannmengde på ca. $1200 \text{ m}^3/\text{s}$ medregnet kompensasjonsstrømmen. Dette vil gi en sekundær fortynning i forholdet 1:6 av kjølevannet, før dette føres ut i Breiangen.

4.6 LANGANGSFJORDEN, Sone C

Området er relativt innelukket, med største terskeldyp 32 m i Helgerøafjorden. I området har VHL siden september 1970 gjennomført T-S målinger. Tetthetsverdiene fra disse målingene er gjengitt på bilag 7.

Det er to pyknokliner i området, en relativt sterk nær overflaten (3 m) og en relativt svak i 20-30 m. Strømmålinger har vist at hastighetene på øst- og vestsiden av Bokkøya er små, med middelverdier mindre enn 10 cm/s i de dominerende strømaretninger.

Antar en at vann mellom overflaten og 30 m er tilgjengelig som kjøle- og fortynningsvann, har en et vannvolum på $380 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ til disposisjon. Et kjølevannsbehov på $200 \text{ m}^3/\text{s}$ og fortynning av kjølevannet i forholdet 1:10, gir at en har kjøle- og fortynningsvann i ca. 47 timer hvis en antar at vannet inne i bassenget ikke skiftes ut. Antar en at det skjer en kontinuerlig utskiftning av kjøle- og fortynningsvann, kan en beregne de strømhastigheter som vil oppstå ved tersklene. Det totale tilgjengelige gjennomstrømningsareal i alle sund av betydning er ca. $41 \cdot 10^3 \text{ m}^2$. Hvis halvparten av arealet benyttes til innstrømning og den andre halvparten til utstrømning, blir strømhastigheten gjennom sundene ca. 10 cm/s . En må derfor anta at kommunikasjonen mellom Langangsfjorden, Kalven, Hågyfjorden og områdene utenfor er liten og muligens ikke vil gi tilstrekkelig utskiftning av fortynningsvann. Dette vil i så fall medføre akkumulering av varme i de indre områdene.

Et enkelt hydrografisk snitt (se bilag 3a - c) som er gjennomført i området, tyder på at det kan dannes H_2S i de dypere lag av Hyllysgrunnen. Dette kan i en utskiftningssituasjon bli hevet opp til 20-30 m, og dermed bli benyttet som kjølevann.

Bilag 8d viser et detaljkart over resipientene med stasjonsplacering i nedre Telemark.

4.7 ORNEFJORDEN, Sone C

Resipienten er her enda mindre enn for Langangsfjordalternativet. Vannmengden som er til disposisjon som kjøle- og fortynningsvann, er beregnet kun å vare i ca. 17 timer, hvis inntak ~~og~~ utslipp blir lagt til Ornefjorden. Terskelhøyden er 20 m, gjennom en meget trang kanal, slik at utskiftning foregår langsomt, og akkumulering av varme kan vanskelig unngås. Hydrografiske målinger har vist at (bilag 9) tetthetsgradientene er slike at en kan få rask gjennomtrengning av kjølevann til overflaten.

Generelt kan en si om byggestedalternativer 7 og 8 at en må regne med en betydelig akkumulering av varme, og dermed fare for resirkulasjon av kjølevann.

Videre vil resipienten vanskelig kunne motta større kjølevannsmengder fra en videre utbygging uten at en stor grad av resirkulasjon oppstår.

Inntak i én fjord og utslipp i en annen vil bedre forholdene ~~for~~ ~~utslipp~~

4.8 VINJE, Sone A

Byggestedet ligger med resipient åpen mot havet. En må kunne regne med en god fortykning, men det er fare for resirkulasjon, slik utslipp og inntak er plassert. Hydrografiske målinger (bilag 10) viser en pyknoklin i 2-4 m. På grunn av den åpne beliggenhet vil denne kunne brytes ned, slik at en får rask gjennomtrengning til overflaten.

4.9 A'URIGEM, Sone C

4. 26 TRAK, Sone C

Byggestedene er behandlet sammen, da de begge ligger til Frierfjorden og vil benytte denne som kjølevannskilde/resipient. Terskeldyp for Frierfjorden er ca. 23 m ved Brevik. Overflatearealet er ca. $21 \cdot 10^6 \text{ m}^2$. Ferskvannstilrenningen gjennom Skiensvassdraget er regulert til ca. $230 \text{ m}^3/\text{s}$, slik at det er en sterk lagdeling i fjorden hele året. Se kap. 3. Pyknoklinen ligger om vinteren i 4-5 m og om sommeren i ca. 9 m. Ved gunstig plassering av kjølevannsinntak og utslipp vil faren for resirkulasjon være liten. Resipienten er innelukket og er sterkt forurenset. Det dannes H_2S under terskelnivå. Under utskiftningssituasjoner kan H_2S -holdig vann bli løftet opp til inntaksnivå for kjølevannet.

Tilgjengelig kjølevannsmengde i 0-30 m er $540 \cdot 10^4 \text{ m}^3$. Med kjølevannsbehov på $200 \text{ m}^3/\text{s}$ vil dette strekke til ca. 31 døgn før en vesentlig grad av resirkulasjon finner sted, hvis ikke kjølevannet blir fraktet ut av fjorden.

Antar en at ferskvannet som føres til fjorden, blir blandet med saltvann i forholdet 1:1, som hydrografiske målinger tyder på, oppnås det en fortynning av kjølevannet i forholdet 1:2, og dermed kan det ventes betydelig temperaturstigning i overflatevannet. For relativt små kjølevannsmengder henvises til rapporter fra VHL 1).

1) Carstens (1967): Kjølevannsanlegg VHL Rapport del 1 & 2.

4.10 ØSTETTO, Sone B

4.11 VALHALL, Sone B

4.21 HUSEBY, Sone B

Felles for de tre byggestedene er det rotete farvann utenfor, dog med en forholdsvis god forbindelse med ytre Oslofjord. Det finnes bl.a. ikke noen markerte terskler, men flere undersjøiske rygger under inntaksnivå. For 11 VALHALL er det i kap. 3.1 imidlertid nevnt en mulighet for plassering av utslippet i Glomma løp vest for Kråkerøy.

Hydrografi eller strømmålinger er ikke kjent for dette området, så den benyttede stasjon (Vn 1) er tenkt gjort gjeldende for samtlige beliggenheter.

For 21 HUSEBY vil vi fraråde overflateinntak innerst i Elingårdkilen eller ved dens utløp, da generert hastighet av overflatelaget på det smaleste er beregnet til 32 cm/s.

For lagdelingen og strømningsmønsteret refereres til 4.4 VARDÅSEN.

4.20 BUNNEFJORDEN, Sone C

Byggestedet i Bunnefjorden er lokalisert ved Nesset i den sydligste del av fjorden. Fjorden er her smal, og med en terskel på ca. 20 m utenfor det ene skisserte inntak. Fra Bunnefjorden har en omfattende hydrografisk materiale, men ingen strømmålinger. Imidlertid vil en kunne trekke vann fra hele indre Oslofjord, slik at kjølevannsmengden ikke vil være begrensende.

For kjølevannet gjelder at en må regne med høyt innhold av næringssalter, og det er mulig vann med H_2S vil finnes i inntaksnivå. Kjølevannet er tenkt sluppet ut i Drøbak-sundet, med ett alternativ innenfor terskelen, og ett utenfor.

Med utslipp innenfor terskelen må en regne med en varmetransport inn i indre Oslofjord, og dermed redusert oksygeninnhold som følge av temperaturheving i vannet. Næringssaltene vil føres inn i et område med lavere innhold enn i Bunnfjorden, og vil dermed øke næringssaltinnholdet som er en begrensende faktor for organisk produksjon. For utslippet utenfor terskelen må en også regne med en varmetransport inn i indre Oslofjord, om enn mindre enn ved utslipp innenfor terskelen. For næringssaltene gjelder de samme forhold som er nevnt ovenfor.

4.22 TORSØY, Sone C

Resipienten for anlegget er meget innelukket, selv om terskeldypet ut mot ytre fjord er relativt stort ved Riksgrensen.

Tilgjengelig kjølevannsmengde vil være begrensende, og en akkumulering av varme vil være sannsynlig.

I kap. 3.1 er muligheten for å benytte Glomma som transportvei nevnt.

Eventuelle hydrografiske målinger i området er på nåværende tidspunkt ikke kjent.

4.23 SLAGENTANGEN, Sone B

Byggestedet ligger på vestsiden i ytre Oslofjord. Nord for Slagentangen er det meget grunne områder, mens en mot øst og sydøst raskt når relativt store dyp. Hydrografiske målinger viser at en har stabilt sjiktet vann en stor del av året, og særlig om sommeren. Sjiktningen svekkes imidlertid om høsten og vinteren. Sent på vinteren er det sannsynlig at en har situasjoner med homogent vann fra overflaten til inntaksnivå. Dette vil føre til en rask gjennomtrengning av kjølevannet til overflaten.

En har ingen strømmålinger for ytre Oslofjord, men som pipekt under 4.4 VARDAGEN har en hydrografiske indikasjoner på at det langs ventailed av fjorden er rettet en reststrøm sydover.

Kjølevannsinntak bør derfor legges nord for utslipp, slik at en unngår resirkulasjon. VBB's alternativ 23b SLAGENTANGEN med utslipp nordover i et meget grunt og lukket område vil medføre store overtemperaturer nær utslippet.

4.24 HOVLAND)
) Sone A
4.25 BERGVEN)

Begge anleggene er slått sammen ved resipientvurderingen, da tidlige målinger på denne kyststrekning ikke er kjent.

Resipientene er meget åpne ut mot havet slik at tilgjengelig kjølevannsmengde ikke skulle være noe problem.

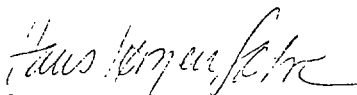
Plassering av eventuelle inntaks- og utslippssteder må vurderes ved strømmålinger i lokalområdet.

Det antas at strømningsmønsteret i nærheten av anleggene ikke kommer inn i det generelle kyststrømbildet med sydvest rettet reststrøm.

Oslo, Trondheim 15.oktober 1971



Finn-Erik Dahl
cand.real.



Hans Jørgen Sætre
cand.real.

BILAG 1, side 1

STED	HYDROGRAFI	STROM	AREAL/VOLUM	TERSKEL-DYP	ØVRE SPRANG-SJIAETS DELIG-GRUNN (m)	Δδ
1 BKENNTANGEN Sone C	NIVA: Ln2 fra 1962, pågår Tidl.: Univ.i Oslo, Marinbio.	NIVA/VHL fra 16/3-71	-	125 m Bevøykollen Tofte	1971 Jan.: 14-16 Feb.: 10-20 mars: Homog. apr.: 4-12 mai: 14-20 juni: 9-15 aug.: 9-16	0.3 2.5 - 1.5 4 9 4 5
2 SUN Sone C	Som for 1, + særskilt st. ved Son fra 1971	VHL fra 16/4 70-5/1 71, NIVA/VHL fra 16/4-71, pågår	-	Som for 1	Jan.: 14-20 juni: 9-15 aug.: 9-16	4 9 4 5
4 VARDÅSEN Sone B	NIVA: R11 fra 12/1-71 månedl Univ.i Oslo, Marinbiol.	Ikke kjent	-	-	Jan.: homog. Feb.: 0-10 mars: homog. juni: 11-14 aug.: 12-14	- 2 - 6 2
5 HURUM Sone B	Enkelte spre- dte målinger fra tidl.	Ikke kjent	-	150 m Horten/ Jeløya	-	-
6 LANGANGSFJORDEN Sone C	NIVA: Mor.jef.j. fra 1/5-71. VHL: st.0102 ukentl. 1 år	NIVA/VHL fra 25/3-71, pågår	Areal: (20m) 15.5*10 ⁶ m ² (0 m) 23.1*10 ⁶ m ²	32 m Heigerofj.	3 m gj.snitt 20-30 m	{ 3-4 max 10 2
7 ORREFJORDEN Sone C	VHL: st.0101, 0102 ukentl. 1 år	Kalvsundet: juni&sep.70 Ornefj: samme Høyfj: juli& okt.70	Volum: 0-30m 380*10 ⁶ m ³ Vol.Ornefj. 0-20m: 6.3 36.1*10 ⁶ m ³	20 m mot Høy- fjorden	5 m gj.snitt Homog. ved flere anledn.	{ 3-4 max 13

BILAG 1, side 2

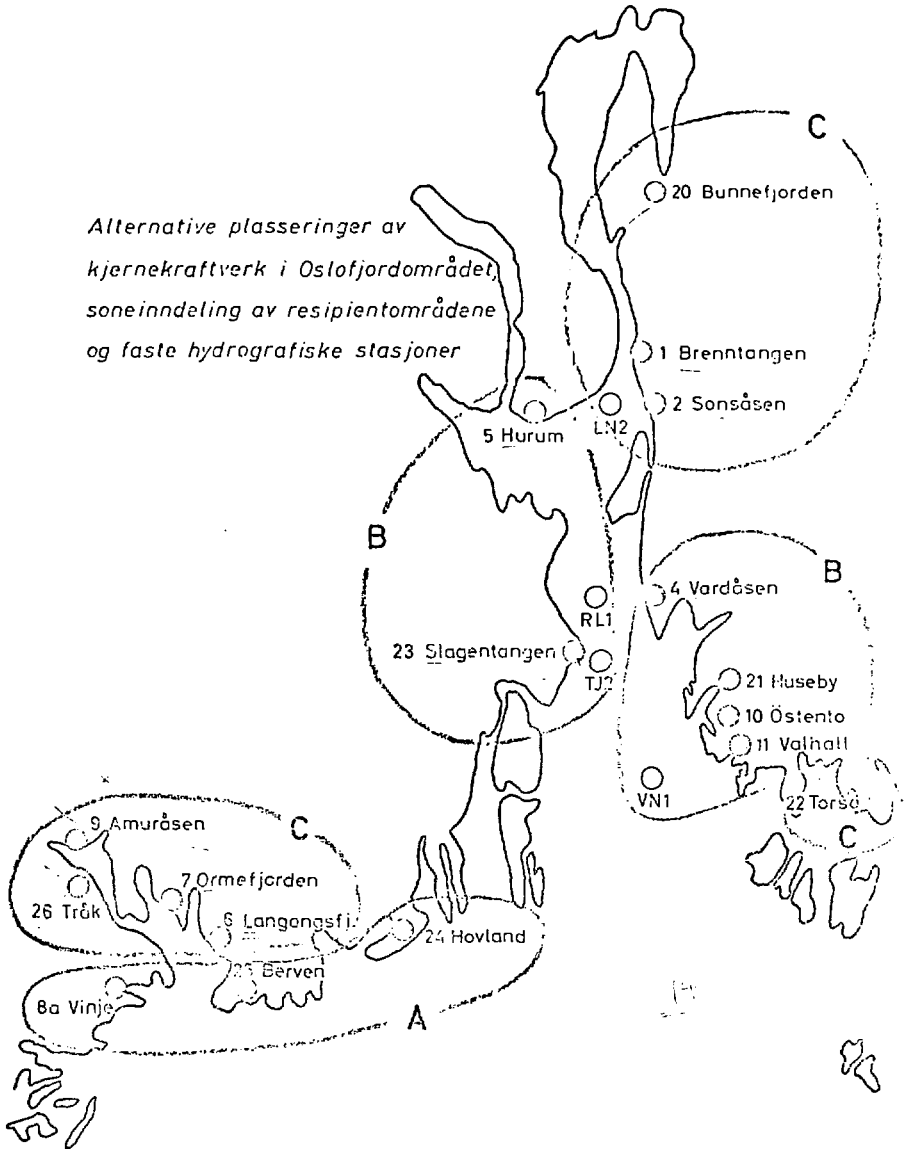
STED	HYDROGRAFI	STRØM	AREAL/VOLUM	TERSKELDYPP	ØVRE SPÅNGSJEINTS BELIG- GHEIT	$\Delta \sigma_t$
8a VINJE Sone A	VHL: st. 0105, 0106 i 1 år	Ikke kjent	-	Grundt mot sje- en	Fest: 1-4 Vinter: 1-3 Vår: 2-20 Sommer: 20	4-10 0-10 1-10 2-5
9 AMURÅSEN Sone C	Hovedfagsoppg. 1961 VHL: 1966/67 FHI: Lnk. unders. se oppg 26	VHL: 1966/67 NIVA: Skien- elvas utløp	Frierfj.: areal $0,7$ $21 \times 10^6 \text{ m}^2$. Volum $(0-30\text{m}) 540 \times 10^6 \text{ m}^3$	23 m Brevikbrua	Vinter: 4-5 m Sommer/høst: 2 m	20 16
10 ØSTENTO Sone B	NIVA: Vn 1 4 stasjoner 1971	Ikke kjent	-	40 m Pauer/ Misingene	Vinter: 10-12 Sommer: 12-14 opsi som for 4	- 2-6
11 VALHALL Sone B	som for 10	Ikke kjent	-	som for 10	som for 10	som for 10
20 BUNNEFJØRDEN Sone C	NIVA: Månedl. f 1962, pågår	fra Bunnefj.: Ikke kjent Drøbak: juni 62 Hovedfagsoppg.	Fj. innenfor Drøbak: areal 30 m^2 $118,04 \times 10^6 \text{ m}^3$ vol. $= 4546,4 \times 10^6 \text{ m}^3$	Inntak Nesse: 20 m Drøbak: 19.5m	Feb.: 10-20 Mars: 5-8 Juni: 5-14 Aug.: 9-16	2 2,2 7 6,5
21 HUSEBY Sone B	som for 10	Ikke kjent	-	som for 10	som for 10	som for 10

STED	HYDROGRAFI	STROM	AREAL/VOLUM	TERSSEL- DYP	UNNE SPRANG- SJEITS DELIS- GJENNET	ΔC :
22 TORSØ sone C	NIVA: Intense målinger 1966 i Fredrikstad- bassenget	NIVA: 1966	Ikke beregnet	Ubestemt	-	-
23 SLAGEN TANGEN sone B	NIVA: Tj2 Spredte målinger pågår fra 1970	VHL: 68-69 (1968) VHL: mars-apr. 1969	-	Ingen	Mars : 4-6 Maj : 11-20 Juni : 12-22 Aug. : 4-12	1 5,4 3 5
24 HOVLAND sone A	Ikke kjent	Ikke kjent	-	Ingen	Ikke og vinteren	-
25 BERVEN sone A	Ikke kjent	Ikke kjent	-	Ingen	Ikke og vinteren	-
26 TRÅK sone C	som for 9 En del eldre undersøkelser	som for 9	som for 9	som for 9	som for 9	som for 9

OVERSIKTSKART

BIJL. 2

*Alternative plasseringer av
kjernekraftverk i Oslofjordområdet,
soneinndeling av resipientområdene
og faste hydrografiske stasjoner*



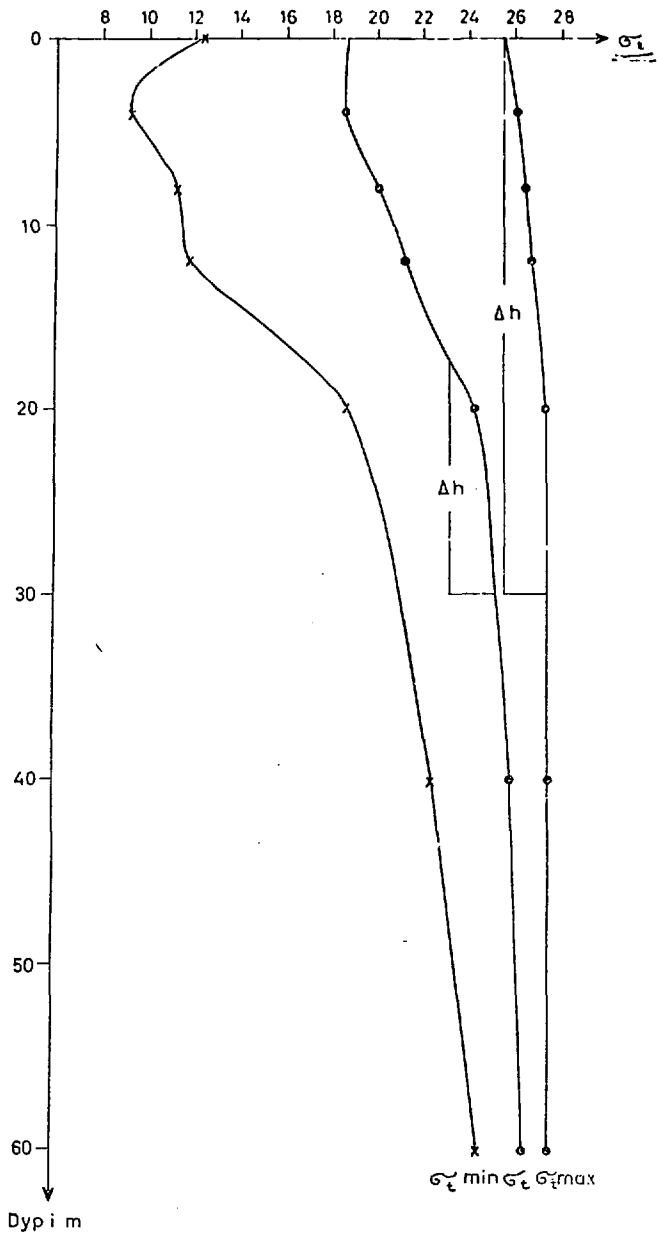
BILAG 3

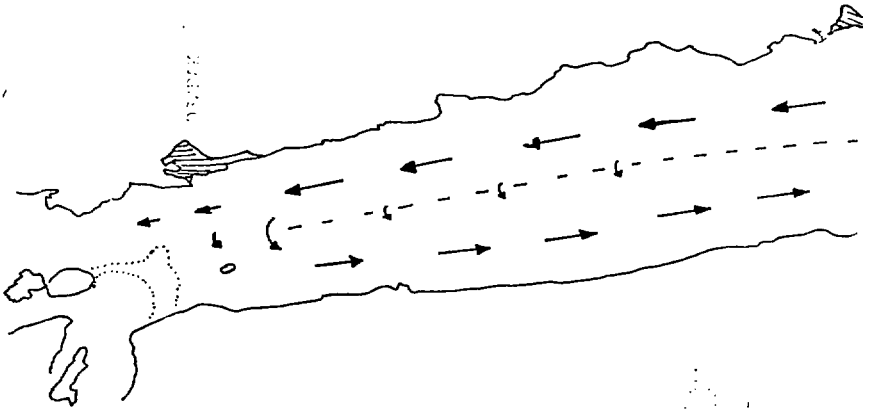
	SALTHOLDIGHET S ‰/‰	5	10	15	20	25	30	35
TEMPERATUR	0°C	0.30	0.45	0.60	0.75	0.89	1.00	1.15
	5°C	0.90	1.12	1.24	1.36	1.48	1.59	1.70
	10°C	1.60	1.71	1.81	1.90	2.00	2.10	2.20
	15°C	2.15	2.23	2.31	2.40	2.47	2.55	2.64

REDUKSJON AV TETTHET (σ_t) VED OPPVARMING
AV KJØLEVANNET PÅ 10°C.

$$\sigma_t = (\rho - 1) \cdot 10^3 \text{ der } \rho \text{ er tettheten.}$$

Tetthet Filtvet 1959 - 1971



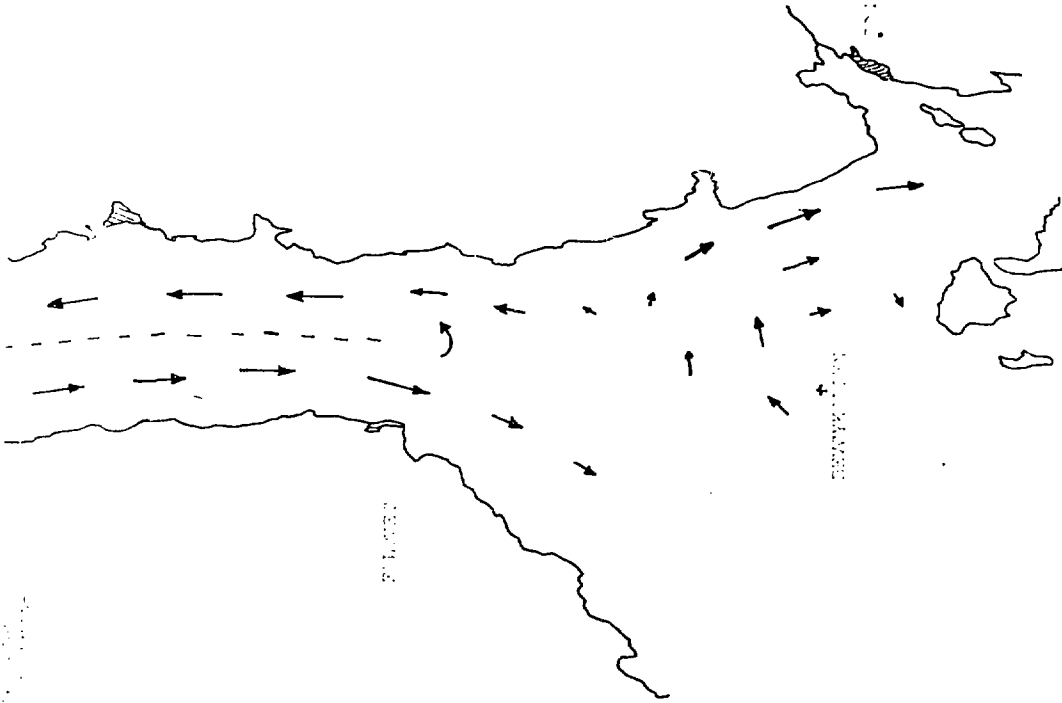


BTAG 5

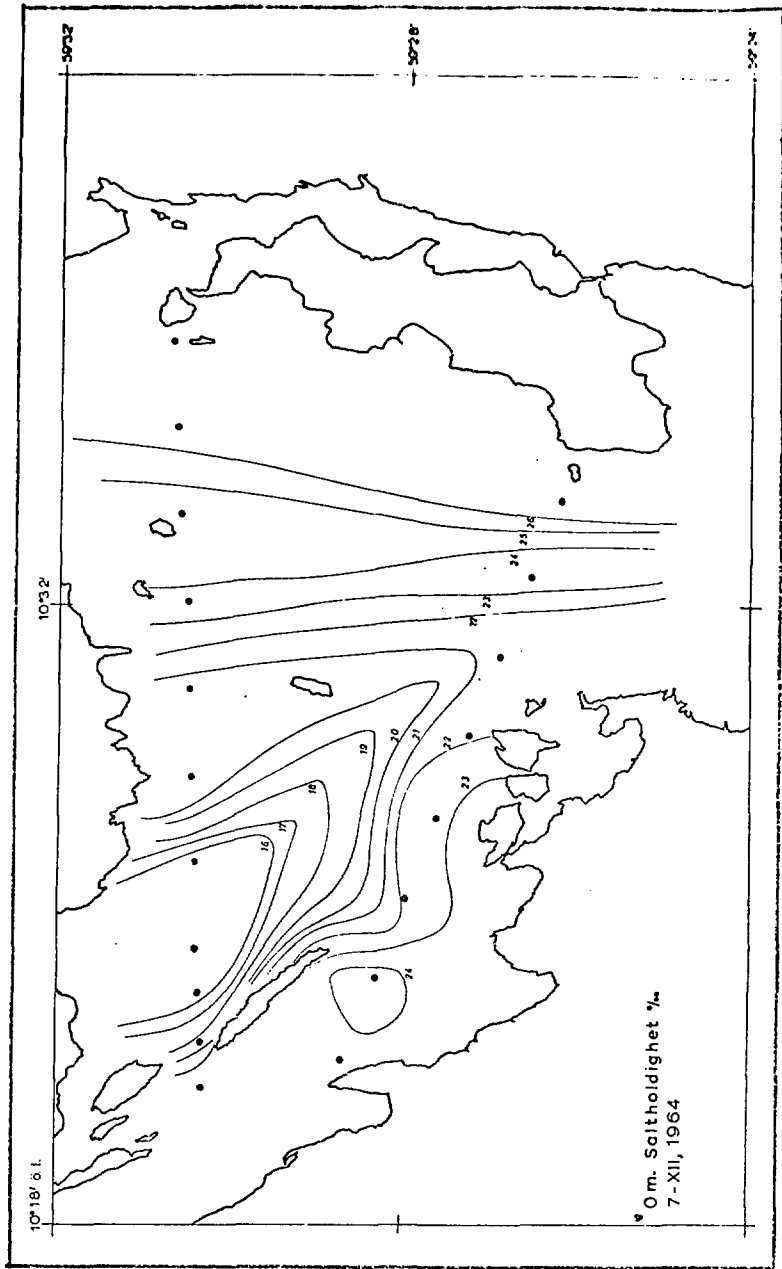
1. The above plan is over-
 2. The above plan is over-
 3. The above plan is over-
 4. The above plan is over-
 5. The above plan is over-

SECTION

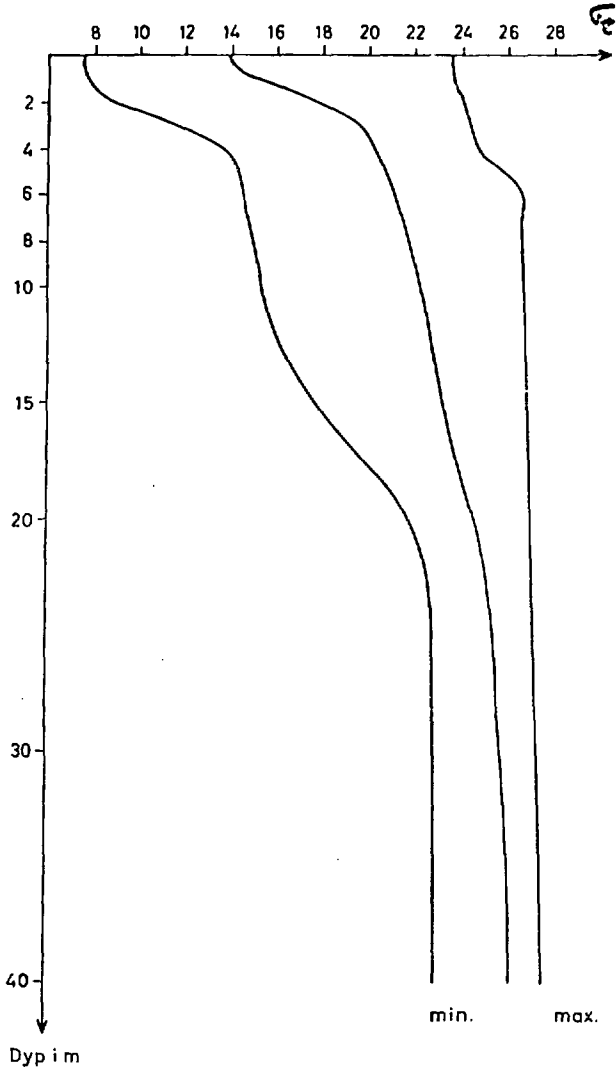
=====



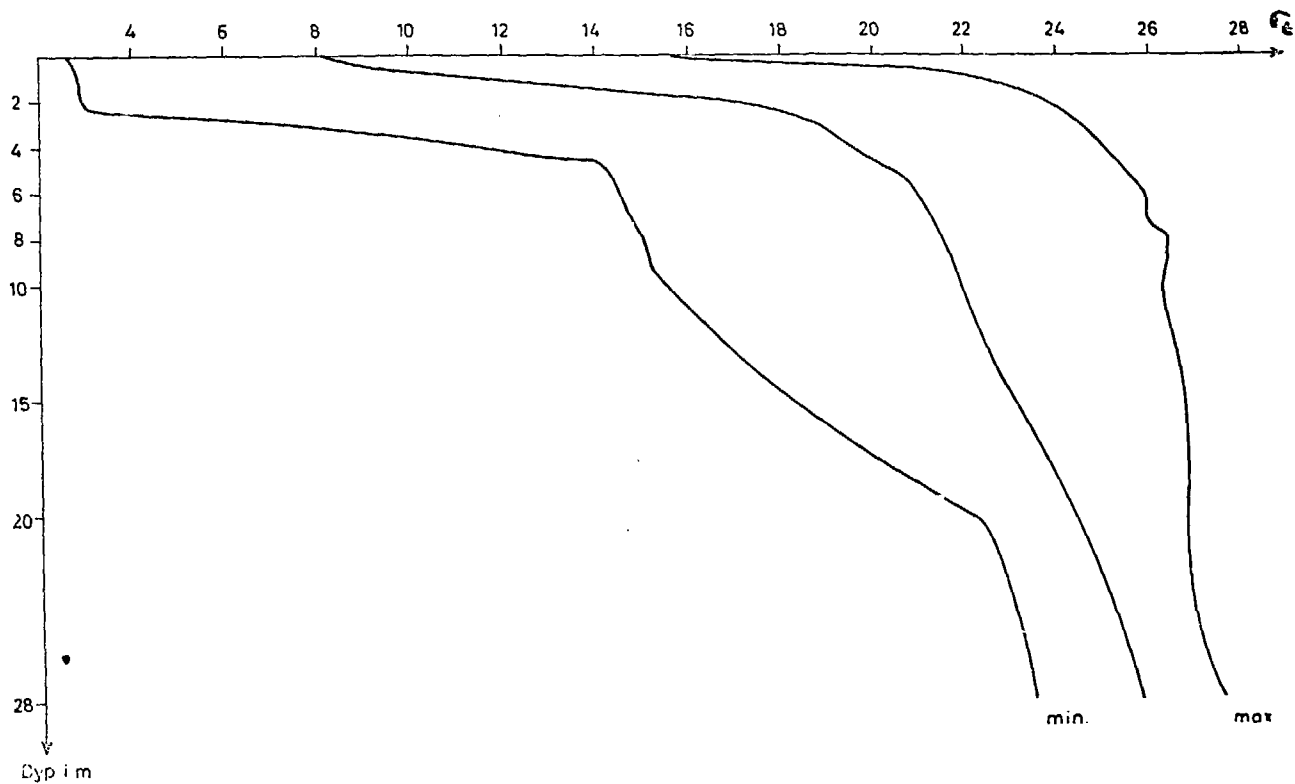
BILAG 6. Overflatesaltholdigheter i Breilangen (etter GADE(67)).



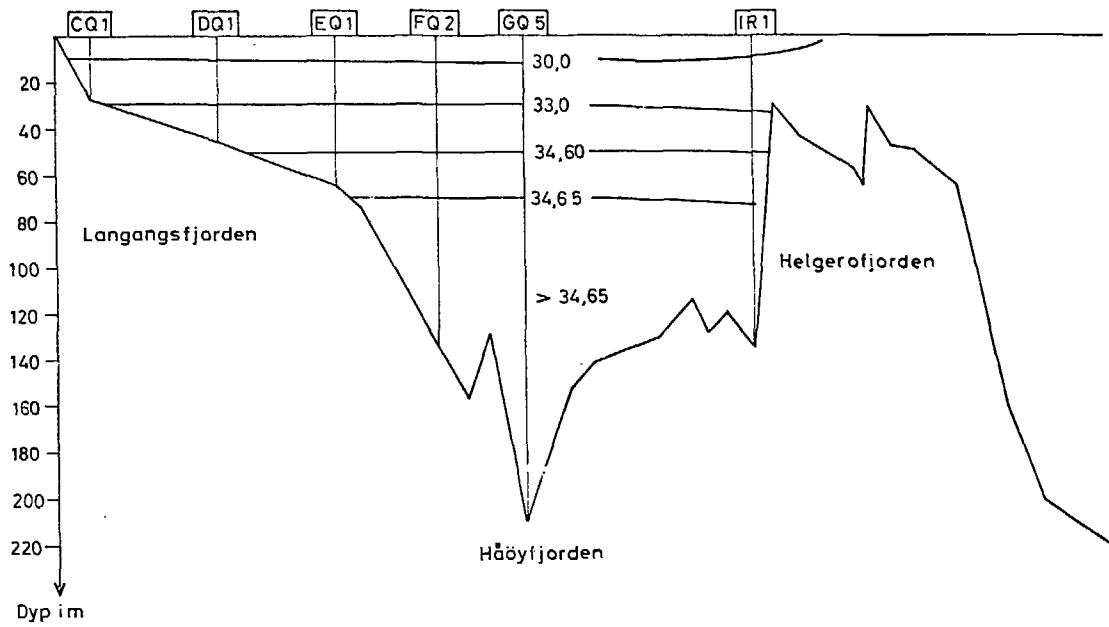
Tetthet stasjon 2 - AUENSBUKTA



Tetthet stasjon 8 - LANGESUNDSFJORDEN / KALVSUNDET

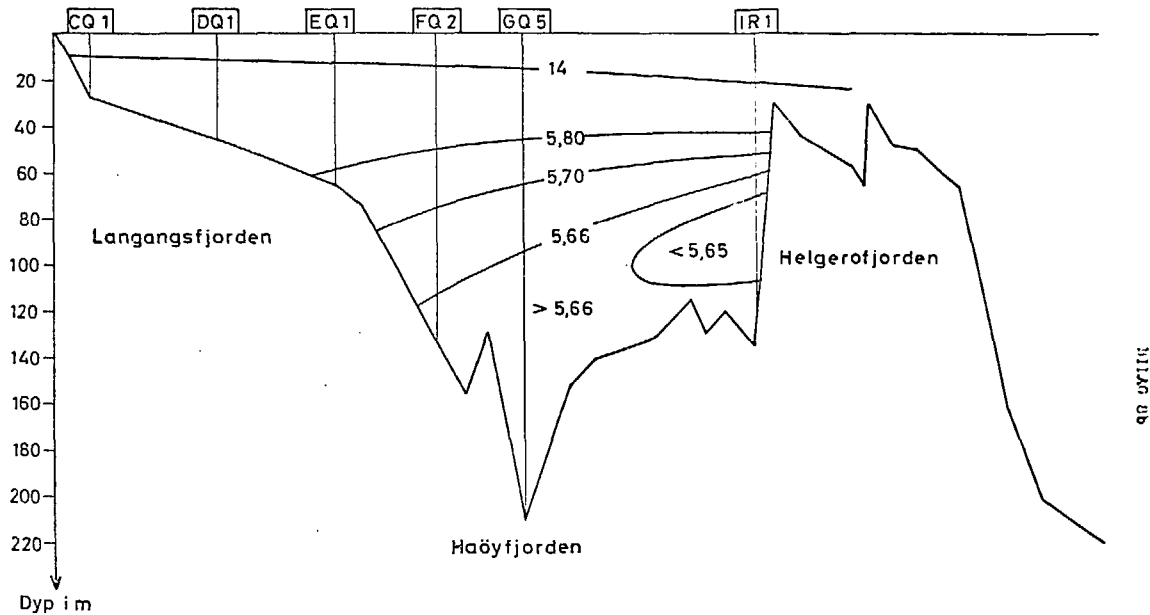


Salinitet 10/8-71 „H.H.Gran“

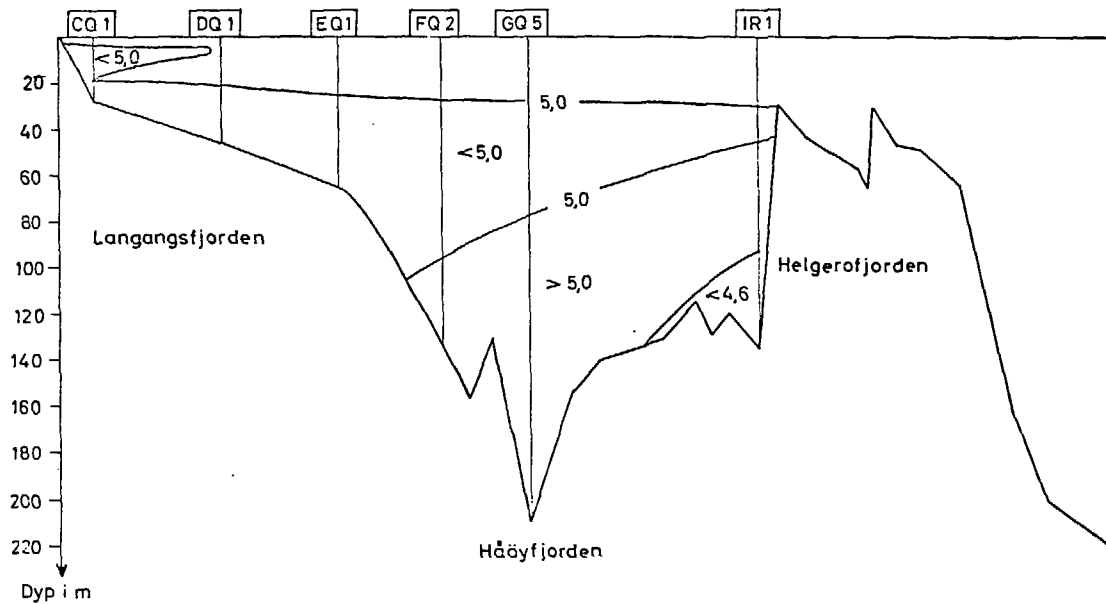


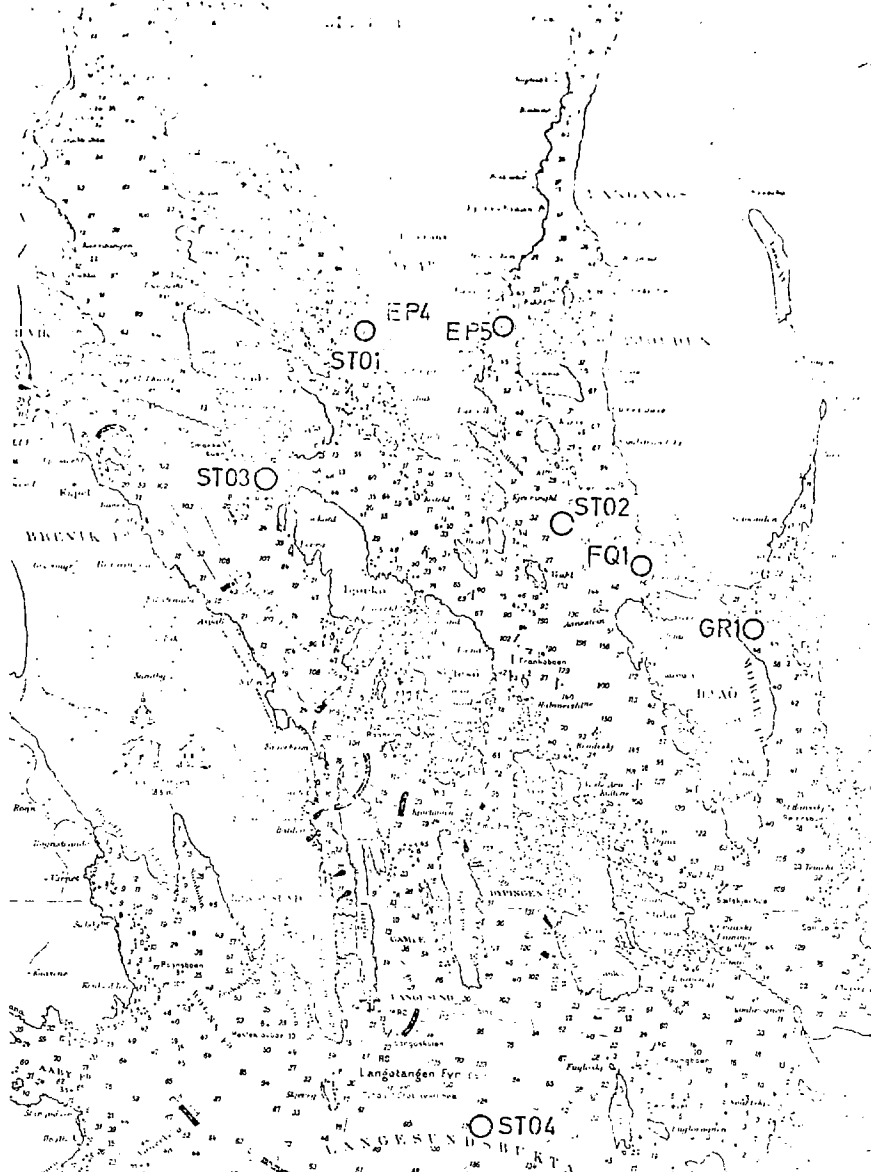
10/8-71

Temperatur 10/8 - 71 „H.H.Gran“



Oksygen O₂ ml/l 10/8-71 „H.H.Gran”





ST01 EP4 EP50

ST03

ST02 FG10

GR10

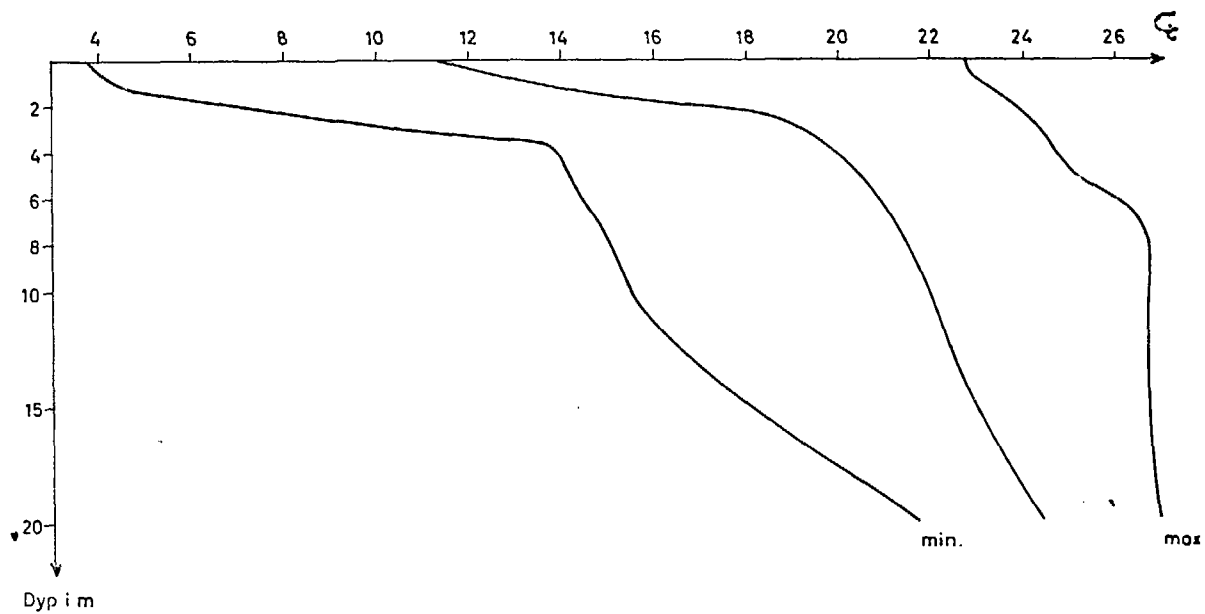
ST04

WRENK

LANGOTANGEN FYR

LANGESUND

Tetthet stasjon 1 - ORMEFJORDEN



Tellhet stasjon 4 - Langesundbukta

