

0-  
86138

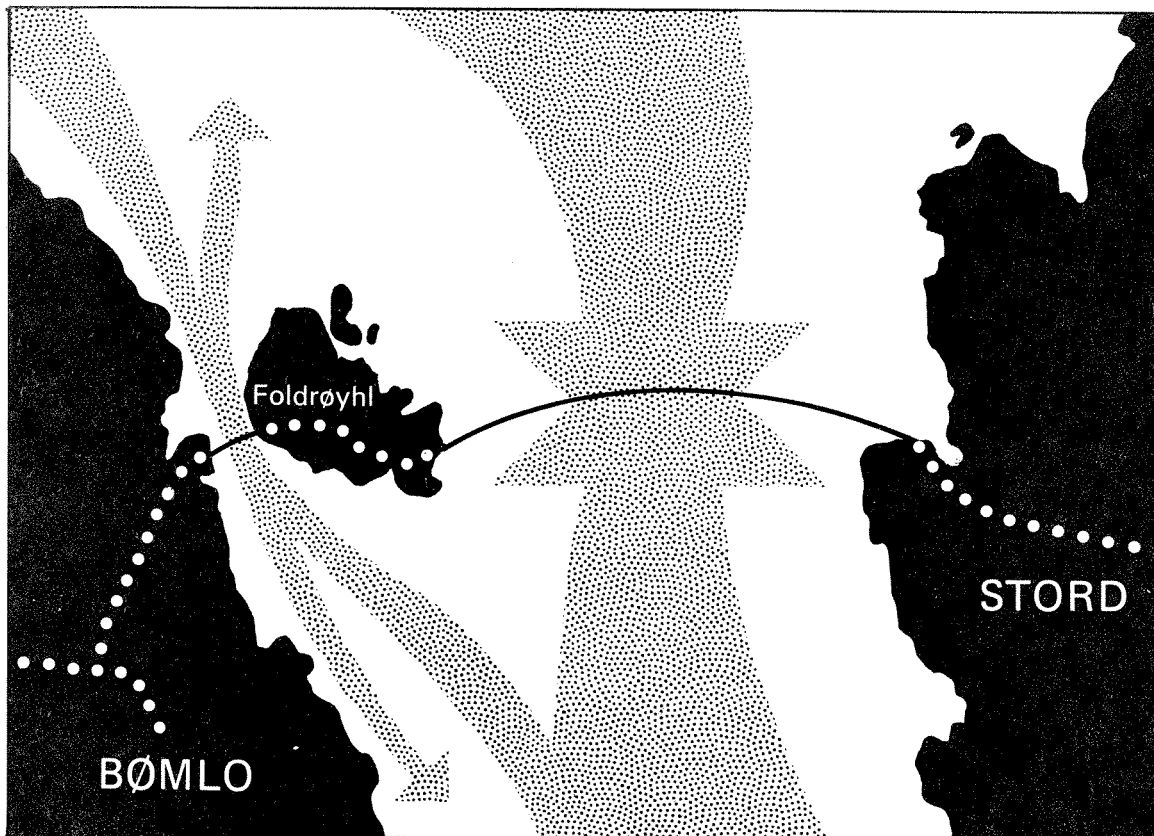
ARKIV  
EKSEMPLAR

1923

0 - 86138

# *Flytebru Bømlo-Stord*

Konsekvensar for straumtilhøve og vassmiljø.



Norsk institutt for vannforskning



NIVA

# NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Hovedkontor  
Postboks 333  
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.:	O-86138
Undernummer:	
Løpnummer:	1923
Begrenset distribusjon:	

Rapportens tittel:	Dato:
Flytebru Bømlo - Stord. Konsekvensar for straumtilhøve og vassmiljø.	10.11. 1986
Forfatter (e):	Prosjektnummer:
Lars G. Golmen	O-86138
	Faggruppe:
	Miljøteknisk
	Geografisk område:
	Antall sider (inkl. bilag):
	44

Oppdragsgiver:	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
Statens Vegvesen Hordaland, Vegkontoret	

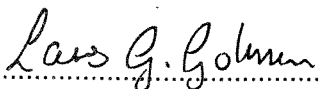
Ekstrakt:

I denne rapporten er det gjeve ein omtale av hydrofysiske og marinfysiske tilhøve i Stokksundet og tilstøytande område, ut frå eksisterande data og kjelder. Vidare er det freista peikt på kva eventuelle endringar ei flytebru over Stokksundet vil medføre for det marine miljøet i området. Flytebrua er venta å ville medføre auka straum i Hamnasundet, og ein viss auke i opphaldstida for brakkvasslaget i Stokksundet. Ein kan risikere auka islegging i deler av sundet i høve til i dag. Dei negative endringane er imidlertid venta å bli mindre enn for t.d. Salhusbrua.

4 emneord, norske:
1. Vassutskifting
2. Flytebru
3. Akvakultur
4. Vasskvalitet

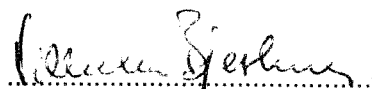
4 emneord, engelske:
1. Water exchange
2. Floating bridge
3. Aquaculture
4. Water quality

Prosjektleder:



Lars G. Golmen

For administrasjonen:



Vilhelm Bjerknes

ISBN 82-577-1148-9

O - 86138

**Flytebru Bømlo - Stord.  
Konsekvensar for straumtilhøve  
og vassmiljø.**

**Bergen 1. oktober 1986.**

**Sakshandsamar: Lars G. Golmen**

INNHALD	side
FORORD	
SAMANDRAG OG KONKLUSJONAR.	1
1. INNLEIING.	2
2. PROBLEMSTILLING.	5
3. FLYTEBRUA - PLANLAGT UTFORMING.	6
4. NATURTI LHØVE.	9
4.1. Geografi.	9
4.1.1. Lengder og areal.	9
4.2. Botntopografi	9
4.3. Meteorologi.	11
4.3.1. Vind.	11
4.3.2. Lufttemperatur og nedbør.	13
4.4. Oseanografi.	13
4.4.1. Hydrografiske tilhøve.	13
4.4.2. Straumtilhøve.	20
4.4.2.1. Generelle tilhøve.	20
4.4.2.2. Tidevatn.	21
4.4.2.3. Dynamisk topografi.	25
4.4.2.4. Vinddreven straum.	26
4.4.3. Bølgjeklima.	27
4.4.4. Istilhøve.	27
4.4.5. Utskiftingstilhøve og resipient. betraktningar.	29
4.5. Næringsverksemd knytt til sjøen.	30
5. SAMANLIKNING MED ANDRE FLYTEBRUPROSJEKT.	32
6. FLYTEBRUA - INNVERKNAD PÅ OMGJEVNADANE.	33
6.1. Endringar i tilhøva i nærleiken av brua.	33
6.1.1. Straumen i Hamnasundet.	35
6.1.2. Lense-effekt.	36

	side
6.2. Endringar i tilhøva i Stokksundet generelt.	37
6.2.1. Bølgjeklima.	37
6.2.2. Istilhøve.	37
6.2.3. Utskifting.	40
7. SLUTTKOMMENTARAR. BEHOV FOR VIDARE GRANSKINGAR.	42
REFERANSAR.	43

## FORORD.

Denne rapporten er utarbeidd på oppdrag frå Statens Vegvesen Hordaland, Vegkontoret, i samband med planane om flytebru over Stokksundet mellom Bømlo og Stord. Det har ikkje vore anledning til å utføre feltmålingar i samband med denne rapporten. Som forutsetninga var, består den derfor mest av teoretiske betraktningar om hydrofysiske tilhøve i Stokksundet og tilstøytande område i dag, og kva endringar som kan ventast etter at flytebrua er bygd.

Ein viktig del av rapporten har vore å samanlikna dette flytebruprosjektet med utreiingar om liknande prosjekt andre stader.

Sakshandsamar og kontaktperson hos Vegkontoret har vore Kjell Hisdal. Teknisk etat i Bømlo kommune har bidrege med kart og anna bakgrunnsmateriale. For øvrig må det rettast takk til Oddvar Lindholm og Jan Nilsen ved NIVA i Oslo, samt til Olav Nagel-Alne ved NIVA-Vestlandsavdelingen for gjennomlesing og konstruktive kommentarar til rapportutkastet. Størst takk til Inger Midttun for effektiv rapportskriving når tidsfristen var som som nærmast. Prosjektansvarleg hos NIVA-Vestlandsavdelingen: Lars G. Golmen.

## SAMANDRAG OG KONKLUSJONAR.

Denne rapporten omhandlar dei konsekvensane ei flytebru mellom Bømlo og Stord over Folderøyholmen vil kunne ha for marin-fysiske tilhøve i og rundt Stokksundet. Ein nesten total mangel på relevante hydrografiske data frå området har gjort vurderingane i rapporten meir teoretiske enn det som var tenkt i utgangspunktet.

Det er freista trekt samanlikningar mellom Stokksundet og andre stader i Noreg der tilsvarande flytebruer er planlagde (Salhus, Bergsøysundet - Kristiansund). Sjølv om problemstillingane i mange høve er identiske, er dei forventade endringane ulike, og truleg mindre drastiske i Stokksundet enn t.d. i fjordane innfor Salhus. Dette heng vesentlegast saman med at Stokksundet er ope i begge endar, i motsetnad til ein fjord. Ferskvassmengdene er mindre, og sjiktning truleg svakare i Stokksundet.

Endringane ein kan vente er i første rekke auka opphaldstid for overflatelaget i Stokksundet. Dette vil føre til auka sedimenteringsrate, med fare for redusert kvalitet av djup/botnvatn. Vidare vil truleg auka opphaldstid føre til hyppigare, eventuelt meir is i enkelte deler av sundet. For oppdrettsanlegg vil auka opphaldstid (redusert straum forbi anlegga) kunne medføre ein viss forverring av driftstilhøve.

Brua vil verke dempende på bølgiene i sundet, og bølgehøgdsreduksjon på 30% i høve til i dag er realistisk. Dette vil ha både positive og negative verknader.

Straumen i Hamnasundet vil sannsynlegvis auke monaleg med ei dobling i høve til i dag som eit førebels estimat.

Det synes klårt at det er behov for målingar av både straum og hydrografi i Stokksundet/Fitjar regionen for å forbetre dei foreliggende konsekvensvurderingane, og for å få eit referansemateriale for eventuelle granskingar av endringar etter at brua er bygd.

## 1. INNLEIING.

Dei mest aktuelle planane som ligg føre om brusambandet mellom Bømlo og Stord, går ut på flytebru over Stokksundet mellom Foldrøyholmen og Stord (Sørstokken), kombinert med bruspenne i Hamnasundet mellom Foldrøyholmen og Foldrøyhamn på Bømlo, sjå figur 1.

Flytebrualternativet er eitt av fleire alternativ som har vore vurderte. Hengebru har vore nemnt. Likeså tunell under havbotnen. Også andre traséar har vore diskuterte, mellom anna eit alternativ litt lenger sør i Stokksundet ("Stokkbleikjene" alternativet), og eit meir komplekst alternativ med bruer mellom øyane heilt sør i Stokksundet. Dette siste alternativet vil også kunne gå inn i eit vidare fastlandssamband sørover til Sveio.

Kostnadmessig har imidlertid flytebruprosjektet over Foldrøyholmen peikt seg ut som det mest realistisk gjennomførbare (ca. 220 mill. kr, mot t.d. 80 mill. kr meir for hengebruprosjektet). På lokalt hald er det sterkt ønske om å få dette prosjektet offentleg klarert så snart som råd. Det er von om at brua kan vere ferdig innan 1995.

I samband med flytebruplanen blei Norsk institutt for vannforskning, Vestlandsavdelinga i april 1986 kontakta av Vegkontoret, Statens Vegvesen Hordaland. Ønsket var å få utarbeidd ei konsekvensvurdering for vassmiljøet i dei områda som flytebrua kan tenkast å påverke. Den relativt knappe tidsfristen som var satt for rapportering ga lite høve til feltmessig innsamling av hydrografiske data. Det blei i staden lagt vekt på meir teoretiske betraktningar, samt jamføring med liknande prosjekt andre stader.

Ein har freista å få fatt i eksisterande data frå området. M.a. har Norsk Oseanografisk Datasenter og Universitetet i Bergen vore kontakta. Vidare har ein trekt ut ein del opplysningar frå "Sunnhordlandsprosjektet" til NIVA, der m.a. regionale økonomiske interesser av marin karakter blir kartlagt.



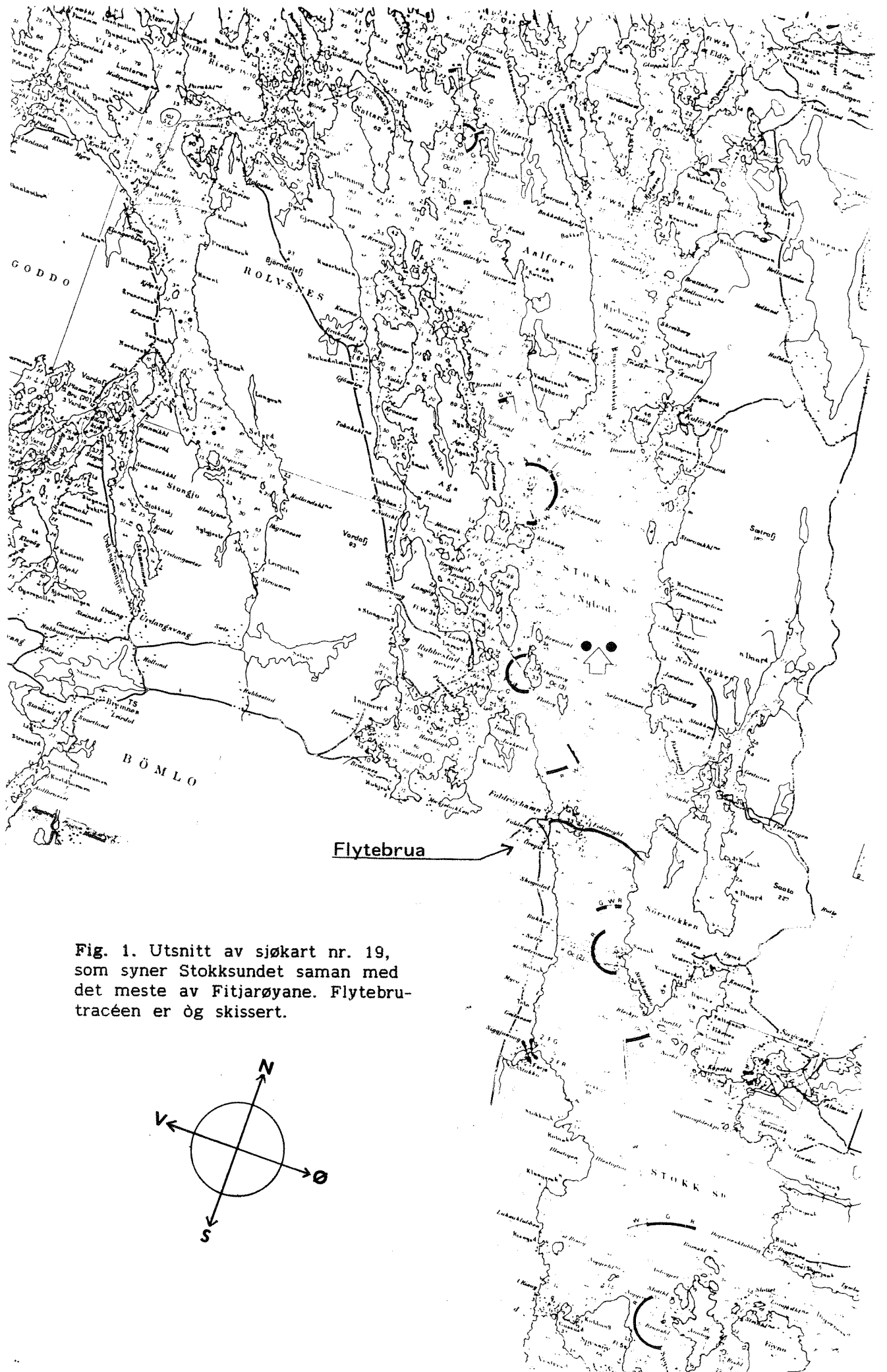
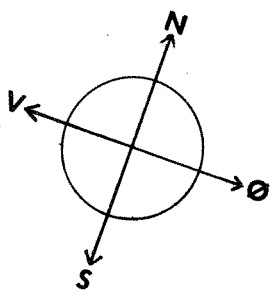


Fig. 1. Utsnitt av sjøkart nr. 19, som syner Stokksundet saman med det meste av Fitjarøyane. Flytebru-tracéen er òg skissert.



Frå før har siv.ing. Harald Møyner utarbeidd to rapportar om brualternativ med meir, "Forprosjekt 1973", og "Revidert forprosjekt 1983". I tillegg til desse ligg det føre "Samandragsrapport 1985" utarbeidd av same instans. Første rapporten inneheld ein del betraktningar om naturtilhøve.

I samband med prosjektet blei det 27. juni 1986 foretatt ei synfaring til områda på Bømlo og Stord der flytebrua vil kome i land. Same dag blei teknisk etat i Bømlo kommune vitja, der tekn. sjef og rådmann orienterte om bru-prosjektet. Det blei og høve til orientering hos fiskerirettleiaren i kommunen.

## 2. PROBLEMSTILLING.

Ei flytebru over ein fjord eller eit sund vil umiddelbart danne ein barriere for båttrafikken i området. I vårt tilfelle er dette problemet planlagt løyst ved at ein opprettheld ei seglingslei på vestsida av Foldrøy-holmen. (Det kan òg bli aktuelt med ein passasje for mindre båtar ved landfestet på Stord-sida).

Flytebrua vil også danne eit hinder for vasstransporten i overflatelaget. Hindringa vil vere avhengig av utforminga på flyteelementa og kor djupt dei stikk. Endringane i overflatetransport kan ha følgjer for utskifting av både øvre og djupare vannmasser i området. Fysiske prosessar som vertikal og horisontal blanding, isdanning og istransport kan bli påverka. Bølgeklimaet i området vil bli endra; mindre bølger gjev betre tilhøve for t.d. båttrafikken, men fører til mindre vertikal blanding i overflatelaget, og til langsamare nedbryting av forureining på overflata (t.d. olje).

Endringane i overflatetransporten vil vere avhengig av sjiktninga i vatnet, vertikalt straumskjer, og om overflatetransporten er dreven av vind eller horisontale trykkgradientar (overflateheving). Sjiktninga i sin tur er variabel på ulike tidsskalaer, og er i alle høve sesongavhengig med t.d. større ferskvassinnslag om sommaren enn om vinteren.

Med endra utskiftingstilhøve i vassmassane kan det følgje endringar for plankton og algevekst, som i sin tur kan få følgjer for øvrige deler av det lokale økosystemet.

Opphoping av brakkvatn som følgjer av brua kan verke ugunstig inn på fisk som går i mærer. På grunn av låg salinitet i brakkvatnet kan fisken bli utsett for osmotisk stress og bli tvungen ned mot botnen av mærene (Bjerknes m.fl., 1985).

Brakkvassopp hoping kan og skape gunstigare vilkår for danning av is. Eventuelt is kan skape vanskar både for trafikk og næringsverksemd i området, og i tillegg verke negativt inn på lokal-klimaet.

### 3. FLYTEBRUA - PLANLAGT UTFORMING.

Figur 2a syner korleis den prosjekterte brua er tenkt lagt i sundet. Flytebrua vert liggande i ein svak boge mot nord. Avstand mellom brufesta vil bli omlag 950 meter, mens minste avstand mellom Folderøyholmen og Stord (Litlaneset) er omlag 900 meter. Mellom Folderøyholmen og Bømlo blir det seglingsåpning, med eit 28 meter høgt bruspen. Breidda på denne åpningen (Hamnasundet) er omlag 100 meter.

Figur 2b syner tverrsnittet av den prosjekterte brua. Sjølve flyte-elementa er rektangulære, 12.5 meter breie, og vil i følgje skissa stikke 3 meter djupt. Sjølve vegbanen vil ligge 5 meter over sjøoverflata. Flytebrua er for øvrig av same type som den planlagde Salhusbrua. Flyte-elementa vil ligge heilt tett etter kvarandre, utan tversgåande holrom for vassgjennomstrøyming og eventuelt passasje av mindre båtar. Flytebrua vil såleis utgjere ein kompakt, stiv konstruksjon, som kan røre seg opp og ned med tidevatn og vekt av køyretøy ved hjelp av fleksible landfeste. Flytebrua vil redusere gjennomstrøymingsarealet i Stokksundet med om lag  $3 \text{ m} \cdot 900 \text{ m} = 2.700 \text{ m}^2$ .

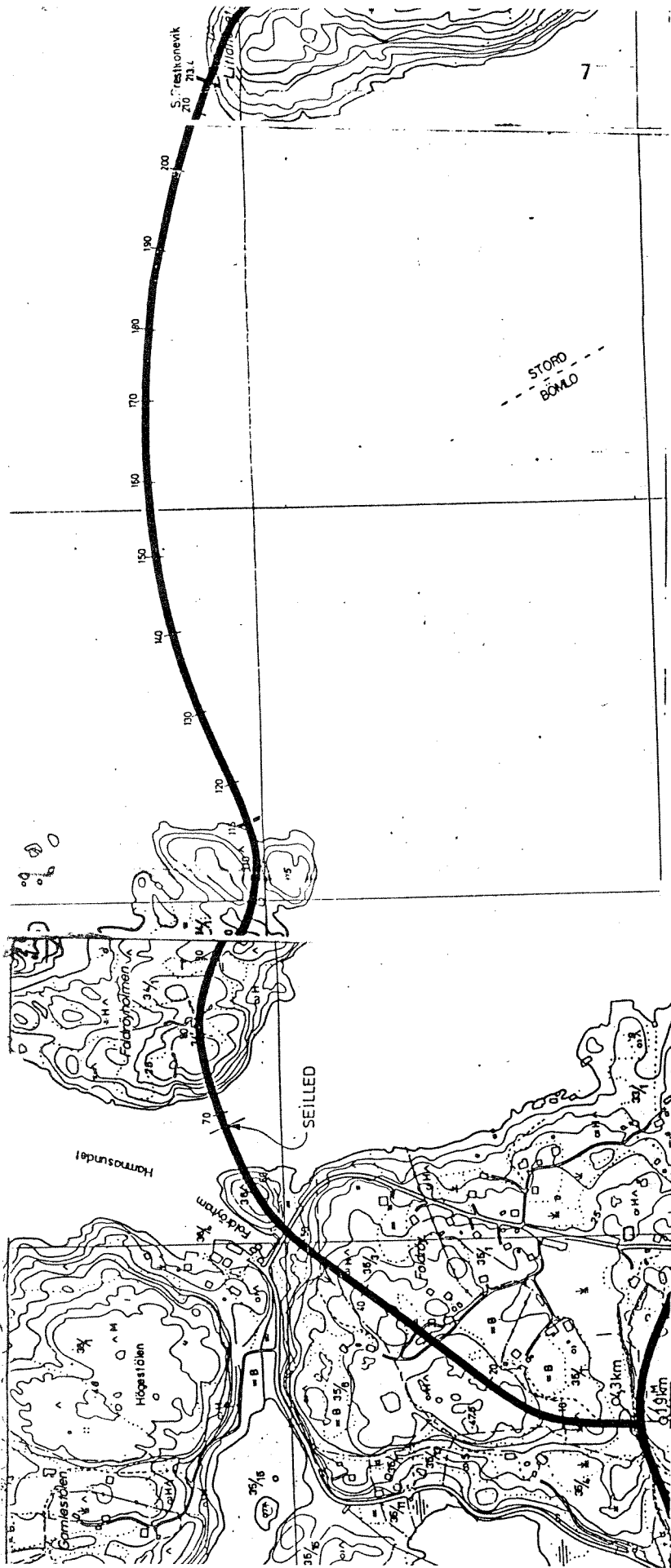
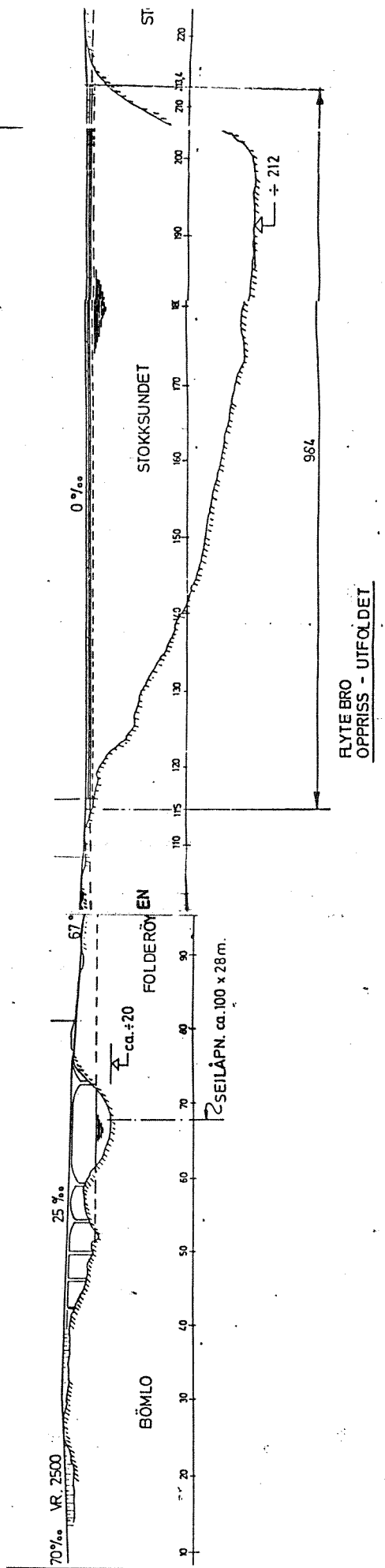
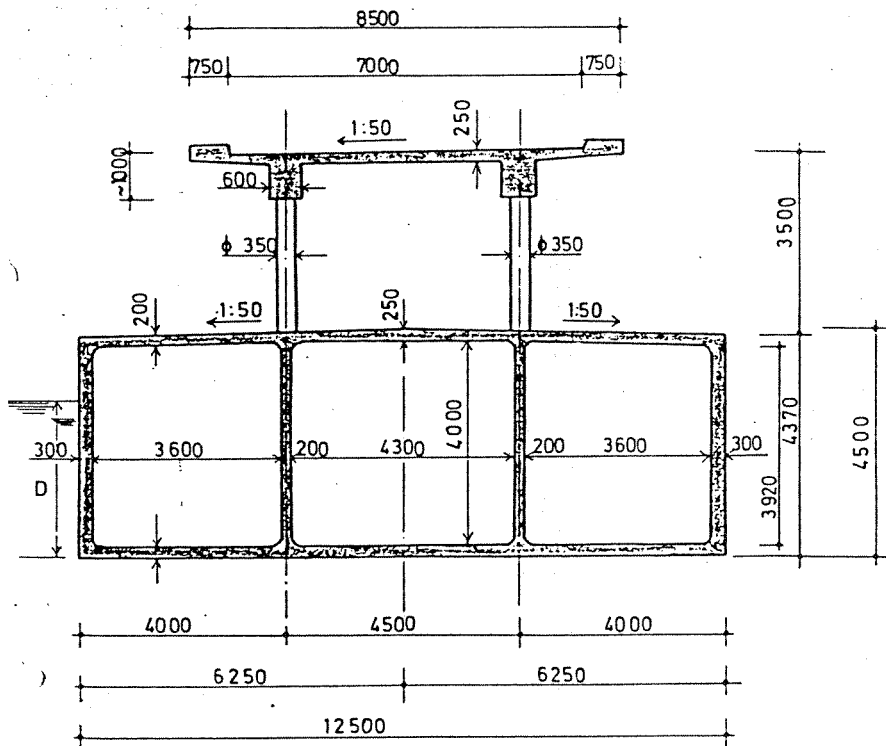


Fig. 2a. Planlagt brutracé. Nederst djupneriss av Hamnasundet og Stokksundet der brua skal gå.





TYPISK TVERRSNITT 1:100

Nedsenkning D:

D = 1.87 for pontong uten dekk  
 D = 2.36 " " med dekk  
 D = 3.03 " " med oppbygget vegbane

BRUSAMBAND BØMLO - STORD  
 FLYTEBRU  
 TVERRSNITT

OKTOBER 1983

**HARALD MØYNER**

Sivilingeniør M.A.I.F.  
 Bygdey Allé 87 - Oslo 2

Fig. 2b. Tversnitt av den planlagde flytebrua.

#### 4. NATURTILHØVE.

##### 4.1. Geografi.

Stokksundet går i tilnærma nord-nordvestleg til sør-sørvestleg retning, sjå fig. 1. På vestsida av sundet ligg Bømlo, på austsida Stord. Begge desse øyane har relativt lavt, men kupert landskap. Høgste toppen på Bømlo er Siggjo (470 m o.h.), mens Stord har toppar opp mot 700 m o.h.

Fitjar-øyane dominerer nord-enden av Stokksundet. Desse øyane er relativt flate, med høgder mindre enn 100 meter. Mellom desse øyane går fleire seglingsleier. Nyleia er den mest brukte, og er i dag for små og mellomstore skip eit raskare alternativ enn Langenuen på austsida av Stord ved innaskjers seglas langs kysten.

I sørenden av Stokksundet ligg 3 større øyar - Spyssøy, Nautøy og Føyno. Hovudseglingsleia går mellom Spyssøy og Nautøy, mens Digernessundet mot Stord dannar det breiaste og djupaste sundet, som munnar ut i Bømlafjorden.

Nord for Fitjarøyane ligg den om lag 3 km breie Selbjørnsfjorden, som går i austleg retning.

I tillegg til Fitjar-øyane og alle sunda og skjerma område der, bidreg fleire vikar og små fjordarmar på aust og vestsida av Stokksundet til å danne eit temmeleg komplisert område naturgeografisk sett.

##### 4.1.1. Lengder og areal.

Den "åpne" delen av Stokksundet er 12-14 km lang, og breidda varierer mellom knapt 1 km ved Sørstokken til 3-4 km lengst sør. Arealet av denne åpne delen av sundet kan anslåast til 30 km<sup>2</sup>. Den planlagte flytebrua vil bli liggande omlag midt i denne åpne delen av sundet.

##### 4.2. Botntopografi.

Figur 3 syner eit forenkla djupderiss i lengderetninga av Stokksundet, med dei djupaste tersklane innteikna. Den sørlege delen av sundet har

eit basseng med største djup 281 m. Mot sør er Digernessundet djupaste terskelen; på om lag 200 m djup, i følgje Sjøkartverkets hydrografiske originaler.

Aust for Folderøyholmen er det djupner på om lag 200 meter. Vidare nordover grunnest det til rundt 70 - 80 meter ved sørspissen av Aalforo. På fig. 3 er innteikna djupdene for dei to hovedseglingssleiene på aust og vestsida av Aalforo. Men mellom Fitjarøyane finns det eit mangfald

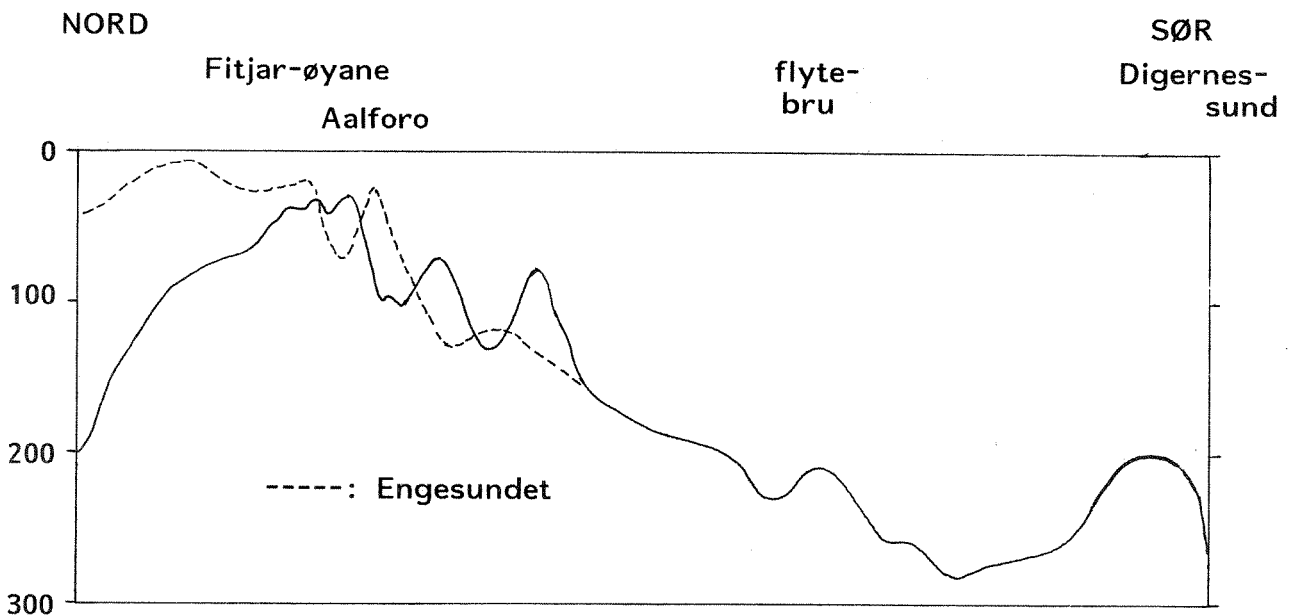


Fig. 3. Lengdesnitt av botntopografi i Stokksundet frå Fitjarøyane i nord til Digernessundet / Bømlafjorden i sør. I nord representerer den heiltrekte botnlina dei grunnaste tersklane i Nyleia. Den stipla lina tilsvarande for Engesundet.



av større og mindre groper og tersklar, som gjer området botn-topografisk svært komplisert. På vestida av Nyleia er det fleire djupe osar: Brennøyosen (163 m), Trollosen (192 m), Spannosen (103 m) og Goddosen (193 m) som dei djupaste. Alle desse bassenga er meir eller mindre innelukka av tersklar.

### 4.3. Meteorologi.

#### 4.3.1. Vind.

Vinden i Stokksundet genererer overflatestraum og bølger, som i sin tur også er bidrag til blandingsprosessane i dei øvre delene av vassøyla. Figur 4 a, b, syner statistisk frekvensfordeling av vindstyrke (4a) og vindretning (4b) for Slåtterøy, som er den nærmaste véobservasjons-staden til Stokksundet. Vindstyrke er fordelt etter Beauforts skala, og vindretning fordelt i 30<sup>0</sup> graders intervall. Største og nest-største forekomst i kvar måned er utheva (sjå firgurtekst).

Vindstyrkefordelinga syner det forventade resultatet med sterkast vind haust-månadene, med middelstyrke lik 4 (5-8 m/s) både i oktober og desember. Mai er den mest vindsvake månaden med flest observasjonar av styrke 1 (svak vind). (NB. vindstille observasjonar er ikkje tatt med i fig. 4a).

Vindretning (fig. 4b) syner eit markant skille mellom vår/sommar og haust/vinter. Om hausten og vinteren er vind frå sør og sør-aust dominerande, mens april-august har vind mest frå nordleg kant. Ein må regne med ein viss topografisk styring av vinden gjennom Stokksundet, men vindtilhøva på Slåtterøy skulle likevel gje eit relativt bra inntrykk av tilhøva i Stokksundet.

Fig. 4b

Fig. 4a FREKVENSFORDELING Vindretn. (dekgrader)

SLATTERØY Vindstyrke (m/s)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	
JAN.	13.7	14.4	17.1	15.1	8.7	5.4	1.5	0.6					3.8	2.3	6.0	3.2	30.8	23.9	6.2	2.5	5.3	2.0	5.2	3.9	
FEB.	16.2	15.8	13.6	11.7	8.3	4.0	1.1	0.2					4.0	2.3	5.7	2.3	36.3	22.4	3.9	4.2	3.7	2.0	6.5	8.3	
MARS	15.6	16.7	16.8	11.3	6.7	3.4	1.4	0.1	0.1				3.8	3.1	4.2	1.3	17.2	7.9	5.1	6.9	2.8	9.5	9.4		
APRIL	17.9	15.6	14.4	11.3	7.1	2.1	0.9	0.1					4.2	4.1	4.7	1.1	10.5	15.4	10.1	5.1	4.4	1.9	14.3		
MAI	18.9	15.8	15.3	9.8	5.9	1.2	0.9	0.1					2.7	2.5	4.7	0.5	10.3	10.5	10.8	8.1	5.3	2.6	16.3	15.1	
JUNI	15.8	17.0	16.5	11.3	5.9	2.7	0.1						2.1	1.2	2.0	0.4	5.3	10.1	11.7	8.4	7.0	4.1	7.0	14.7	
JULI	17.1	18.4	18.0	11.0	6.4	2.7	0.6	0.1					2.2	1.3	1.4	0.4	3.1	11.7	8.2	7.3	8.0	3.6	23.0	18.9	
AUG.	19.7	17.2	14.5	10.9	5.2	1.3	0.1						4.3	2.2	2.9	0.8	8.7	10.9	10.2	8.2	6.6	4.4	19.3	13.0	
SEPT.	14.1	16.7	18.0	14.0	8.7	3.3	0.9	0.1	0.2				3.1	2.9	2.5	1.6	16.3	14.3	9.0	8.6	8.2	3.6	13.3	10.7	
OKT.	11.7	17.2	17.6	13.5	8.5	5.4	2.1	0.6	0.1				5.1	2.7	3.2	1.2	18.5	8.2	6.1	7.2	3.2	8.5	9.7		
NOV.	10.5	15.8	16.8	15.1	9.3	7.0	1.6	0.4	0.4				5.9	4.1	7.3	2.8	15.0	15.0	4.2	5.0	8.5	3.3	6.9	6.7	
DES.	7.5	15.3	15.5	15.3	12.5	8.2	3.4	0.6	0.4				6.5	2.5	4.2	1.5	25.9	18.6	6.2	5.4	8.3	3.3	8.8	6.8	

Fig. 4a,b. Frekvensfordeling ( i % ) av vindstyrke (4a) og vindretning (4b) i ulike intervall for årets tolv månadar frå Slatterøy. Den mest vanlege vindstyrke, resp. vindretning i kvar måned er framheva.

#### 4.3.2. Lufttemperatur og nedbør.

Figur 5 a syner normalfordeling av temperatur (månadsmiddel), samt dagmidla ekstrêmverdiar for Slåtterøy og Upsangervatn (Husnes). Normaltemperaturane ligg alle over null, med januar og februar som kaldast. Ekstrêm-kurvane (min. og max. verdiar) syner at temperaturar under frysepunktet i observasjonsperioden har opptreidd i alle månadane unnateke juni - september. For øvrig syner ekstrêm-temperaturane frå Upsangervatn markert lågare verdiar særleg i haust- og vintermånadane.

Normal nedbør for Slåtterøy er 1209 mm/år. Dette er nok i underkant av det ein kan rekne med for Stokksundet. T.d. har Børtveit på Stord heile 2661 mm/år, mens Finnås (Bømlo) har 1490 og Fitjar 1590 mm (Nedbørnormaler 1985)).

Av figur 5b ser ein at det og er stor skilnad i nedbørfordelinga mellom Slåtterøy og Upsangervatn, med i gjennomsnitt om lag 50 mm/månad meir i normal nedbør sistnemnde stad.

Nedbørsfeltet til Stokksundet dekkjer om lag 320 km<sup>2</sup>. Halvparten er holmar og sund, resten fjellandskap.

Som representative målestasjonar for nedbør er valt Slåtterøy, samt Litlabø (Dale) sør på Stord (1760 mm/år).

Med bakgrunn i fordelinga av landskapsformene i nedbørsfeltet er ein midlare årsnedbør lik 1485 mm anteken å vere representativ for heile nedslagsfeltet. Spesifikt avlaup tilsvarar då omlag  $4.7 \cdot 10^{-8}$  m/s ( $2.8 \cdot 10^3$  l/min·km<sup>2</sup>). Gjennomsnittleg avrenning for heile nedbørsfeltet blir 15 m<sup>3</sup>/s ( $9 \cdot 10^5$  l/min), og gjennomsnittleg årsavlaup blir  $4.75 \cdot 10^8$  m<sup>3</sup>/år).

#### 4.4. Oseanografi.

##### 4.4.1. Hydrografiske tilhøve.

Stokksundet tilhøyrer i geografisk samanheng kystsonen, der ein kan forvente innslag av både kystvatn og vatn frå tilstøytande fjordar.

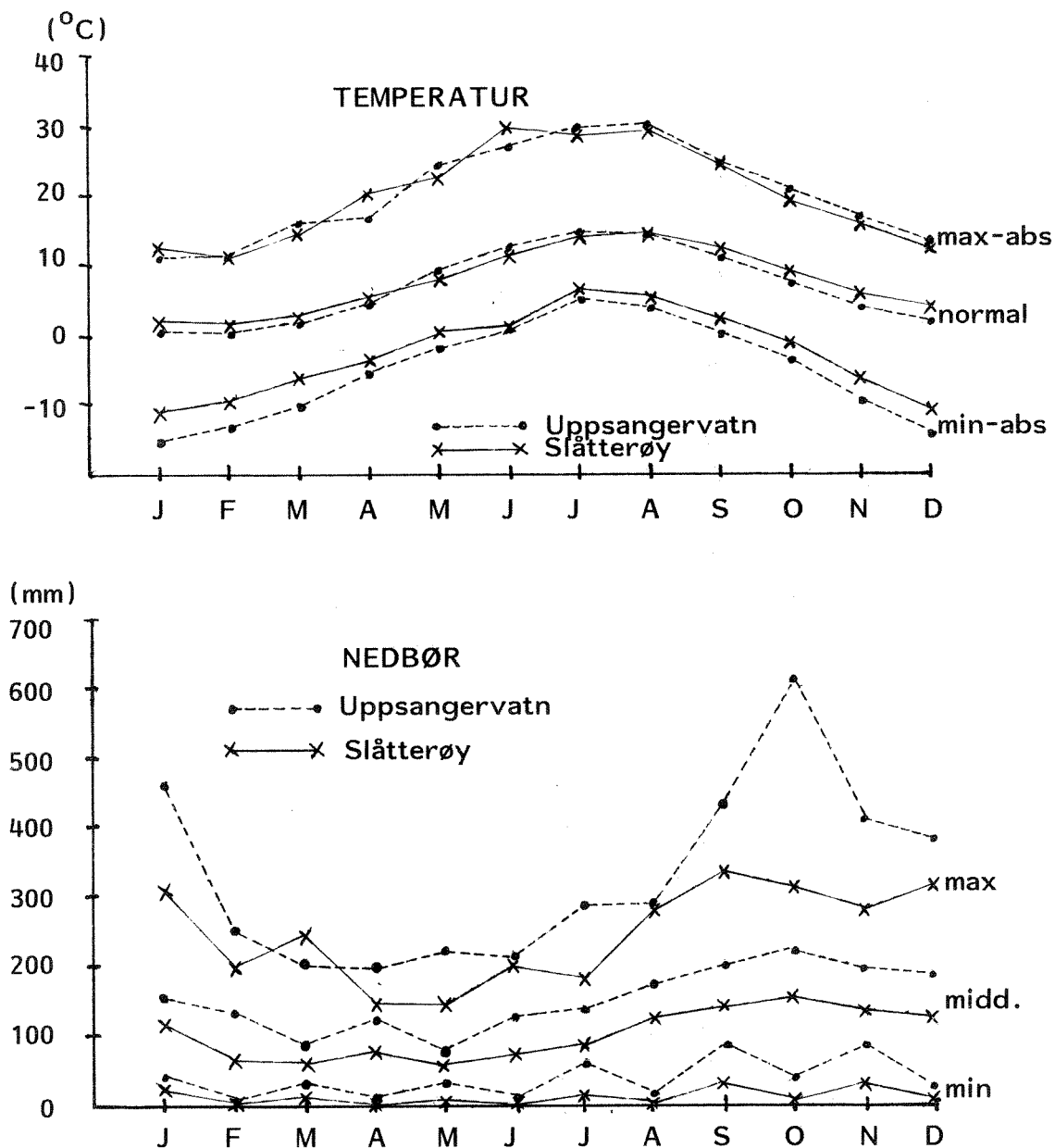


Fig. 5a,b. Oversikt over temperaturfordeling og nedbør gjennom året for Uppsangervatn og Slåtterøy. Normale (-midd.) månadsverdier, så vel som ekstrême månadsverdier er innteikna. Verdiane gjeld for perioden 1971-86 for Uppsangervatn, og 1923-86 for Slåtterøy.

Sørenden av Stokksundet munnar ut i ytre delar av Hardangerfjorden (Bømlafjorden), og nordenden i den åpne Selbjørnfjorden.

Hardangerfjorden har stor ferskvasstilrenning. Etter dei omfattande reguleringane av vassdraga som renn ut i t.d. Sørfjorden og Eidfjorden, har ein fått jamnare ferskvasstilførsle over året, i staden for som tidlegare sterk tilrenning i samband med snøsmelting i fjella om våren og sommaren og liten tilrenning om vinteren. Dei moglege fysiske og miljømessige verknader endringane i ferskvasstilrenning kan få for fjordane, er gjennomgått m.a. av Kaartvedt (1984). Ein umiddelbar verknad er meir brakkvatn enn før i fjordane om vinteren, og tilsvarende mindre om sommaren.

Meir markert brakkvasslag om vinteren kan resultere i m.a. auka isdanning og redusert varmetap frå underliggande vatn (høgare vintertemperatur under sprangsjiktet).

Ein kan ikkje rekne med nye større vassdragsreguleringar i dei nære fjordsystema slik at brakkvass- situasjonen i Stokksundet vil halde seg tilnærma som i dag.

Eldre data.

Norsk Oseanografisk Datasenter (NOD) kunne framskaffe ein del vannhentardata frå perioden 1930 - 1970, både frå Selbjørnfjorden og Bømlafjorden. Trass i utilstrekkeleg vertikal oppløysing av brakkvasslaget (målingar i 0 m, 10 m, 25 m osv.) kan desse dataene gje ein peikepinn på m.a. hydrografisk skilnad mellom nord- og sørsida av Stokksundet.

Figur 6 a syner vertikalprofilar fra Selbjørnsfjorden og Bømlafjorden av salinitet, temperatur og tettleik for to stasjonar tekne med ein dags mellomrom i februar 1949. (Som uttrykk for tettleik er nytta  $\delta_t$  som er definert som tettleiken (i  $\text{kg/m}^3$ ) minus 1000.) Merk ekspanderte skalaer for salinitet  $> 34.0$  og tettleik  $> 27.0$ . Sjiktninga er svak begge stader, men med lågare overflatesalinitet, og høgare salinitet (og temperatur) under overflatelaget i Bømlafjorden. Dette heng truleg saman med at Hardangerfjord-systemet også vinterstid har ein viss ferskvasstilrenning og dermed to-lags (estuarin) sirkulasjon.

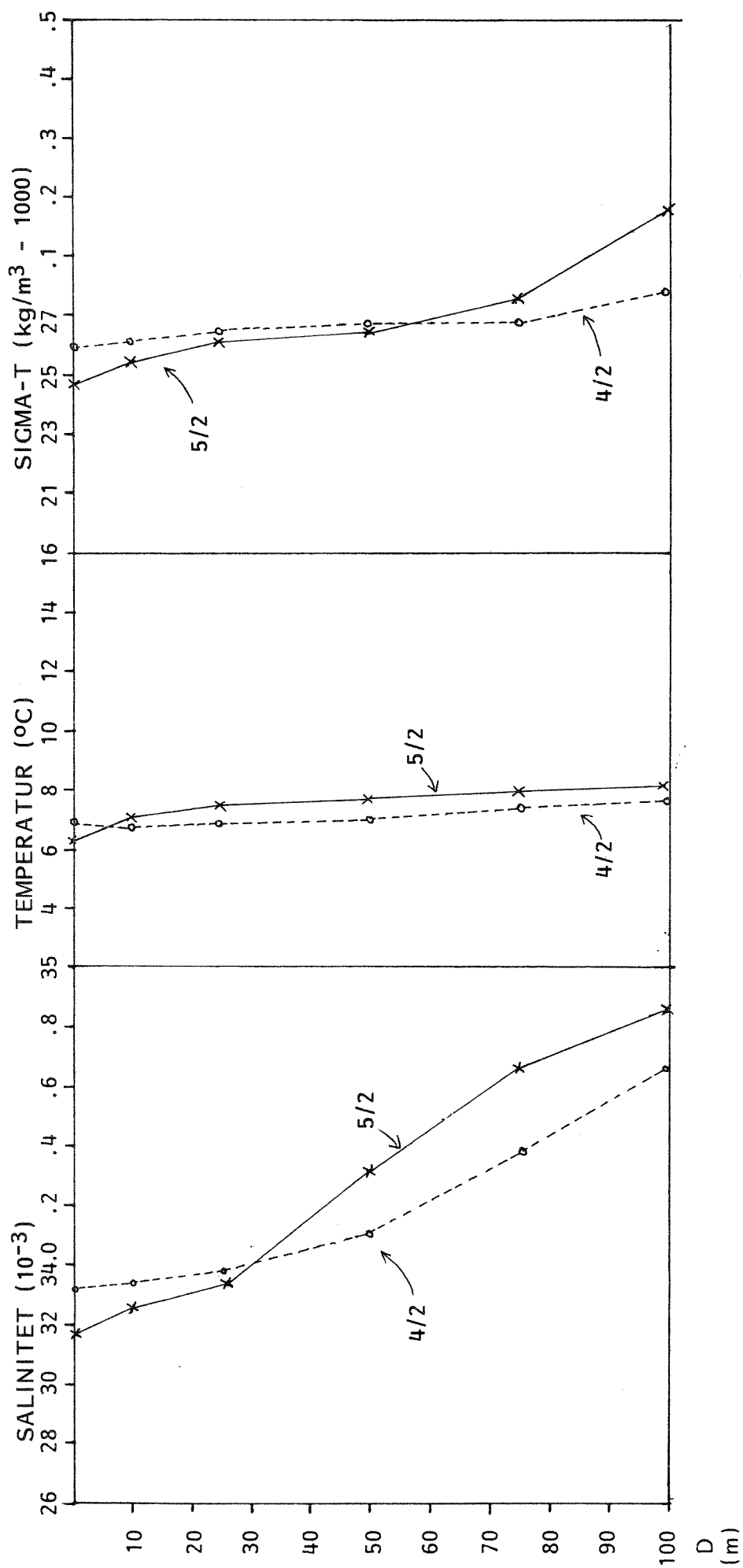


Fig. 6a. Vertikalprofilar frå Selbjørnsfjorden (-) og Bømlafjorden (X) av salinitet, temperatur og tettheit. Profilane er frå h.h.v. 4/2 og 5/2 1949.

Figur 6 b syner tilsvaranda data frå juli 1963, med to stasjonar frå Selbjørnfjorden, og to frå Bømlafjorden. Sommarsituasjonen syner overflatesalinitet mellom 30 og 31.5. Bømlafjorden har framleis saltast og varmest vatn djupare enn 50 meter. Sjiktinga i det øvre laget var mest markert den 17/7 (Bømlafjorden), mens synest å ha avtatt i begge fjordane til den 26/7. Den 12/7 låg det mest markerte spranget i tettleik ein stad mellom 0 og 10 meter, i motsetnad til den 17/7, då det ligg mellom 10 og 20 meter.

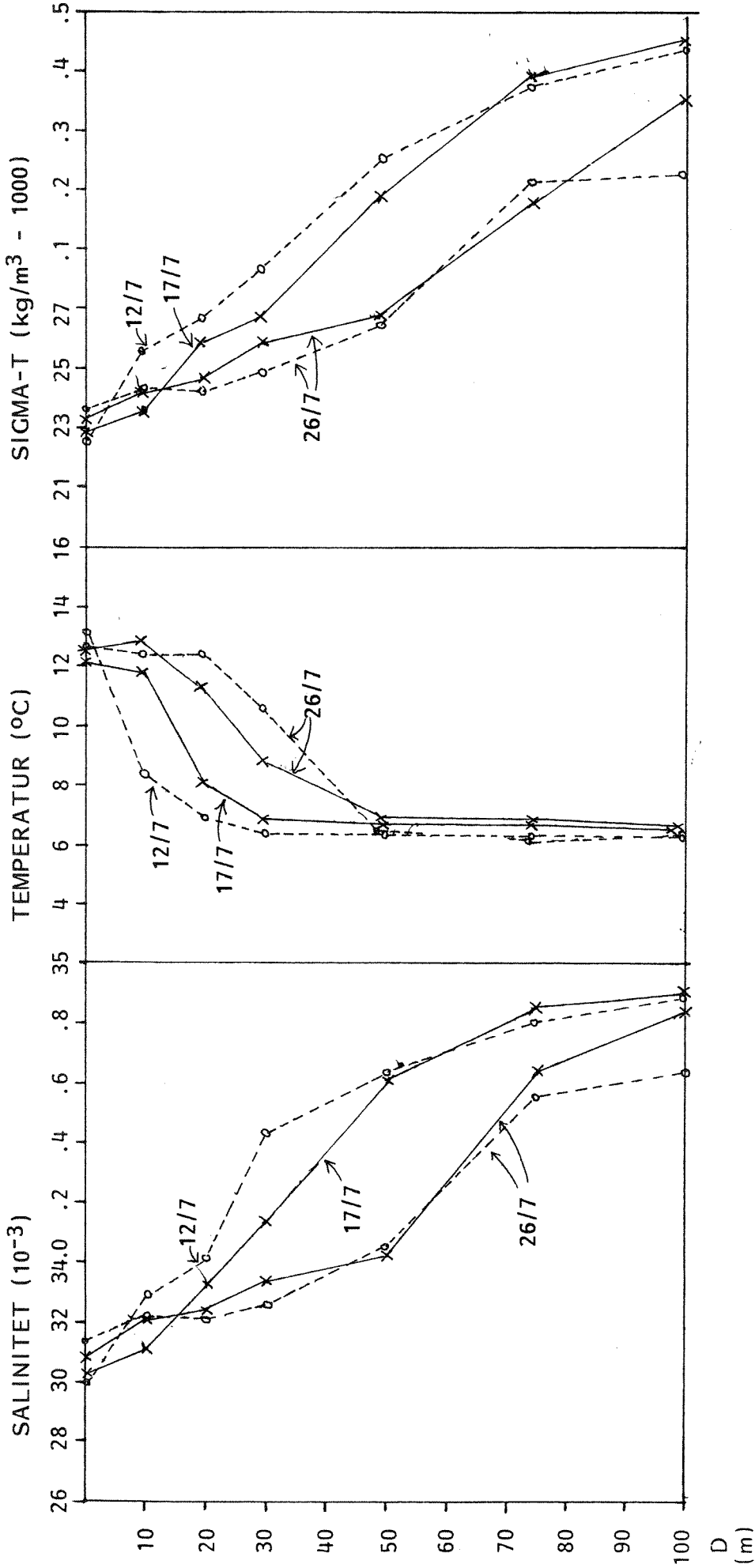
Nyare data.

Figur 7a-c syner tre vertikalprofilar av salinitet, temperatur og tettleik frå Bømlafjorden om vinteren.

Desse profilane er tekne med CTD sonde, som gjev stor oppløysing i vertikalen, i motsetnad til profilar basert på vannhentardata, som har relativt store djupdeintervall mellom kvar måling (jamfør fig. 6 a, b).

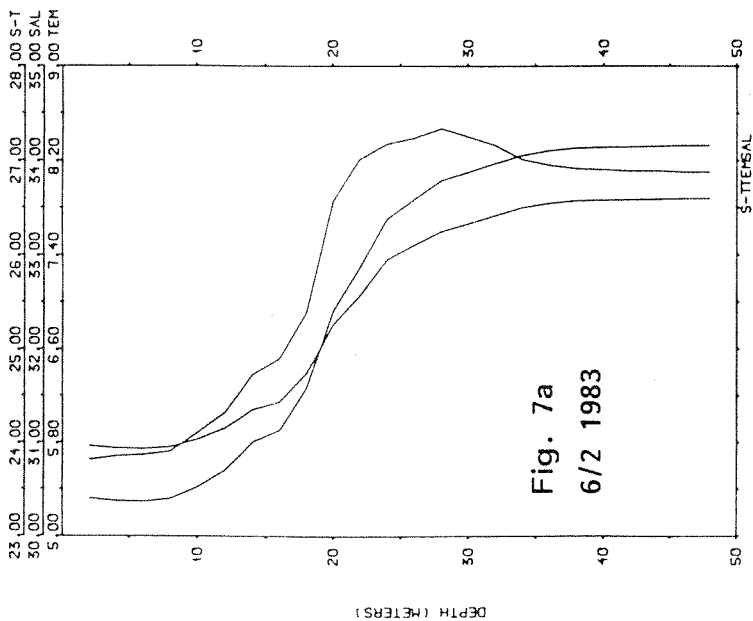
Fig. 7 b syner ein vertikal profil frå desember 1981 mens fig. 7 a syner ein tilsvarande profil frå februar 1983. Begge går ned til om lag 50 meter. Merk at parameteraksene øverst er ulikt skalerte. Eit vertikalt temperatur-maksimum er tydeleg på begge profilane. Dette maksimumet er redusert frå over  $10^{\circ}\text{C}$  i desember til under  $8.5^{\circ}\text{C}$  i februar. Maksimumet ligg også djupare i februar. Ellers merkar ein seg at sjiktinga (representert ved vertikalprofilen av tettleik) er mest korrelert med salinitetsprofilet, d.v.s. at endringar i salinitet gjev større endringar i tettleik (og sjikting) enn motsvarande endringar i temperatur. Dette er viktig ved t.d. endringar i brakkvasslaget. Fig. 7 a og 7 b syner òg at sprangsjiktet er grunnare og meir markert i desember enn i februar. Saliniteten i øvste 10 meter låg mellom 28 og 29 i desember, og rundt 30.5 i februar. Sjølv om ein kan vente seg endringar frå år til år, er nok desse profilane representative for tilhøva vinterstid, med gradvis avtakande sjikting utover til første vårflaumen set inn.

Figur 7 c syner same profil som i Fig. 7 b, men med observasjonar heilt til botn ( $\sim 330$  m) plotta. Salinitet og temperatur konvergerar mot h.h.v.  $34.9$  og  $6.5^{\circ}\text{C}$  i botnvatnet. For dei vassmassene som er

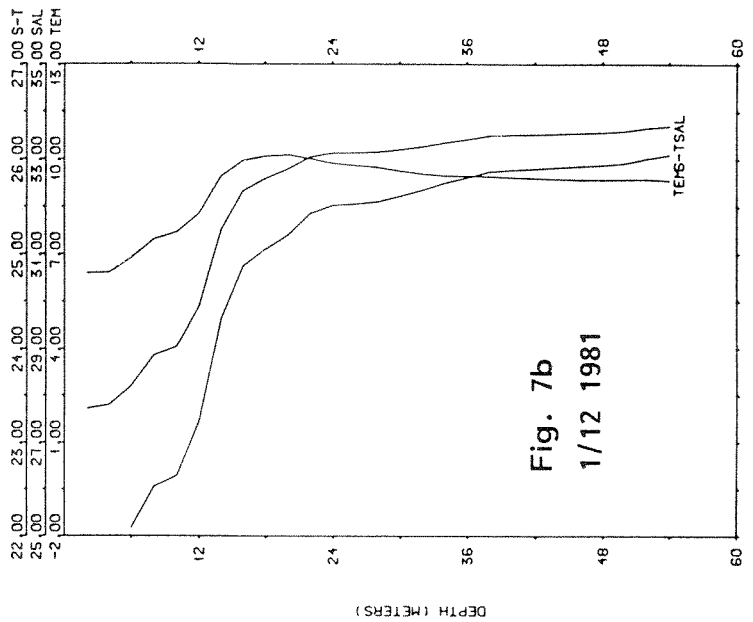


**Fig. 6b.** Vertikalprofilar frå Selbjørnsfjorden (-) og Bømlafjorden (X) av salinitet, temperatur og tettheit. Profilane er tekne sommaren 1963.

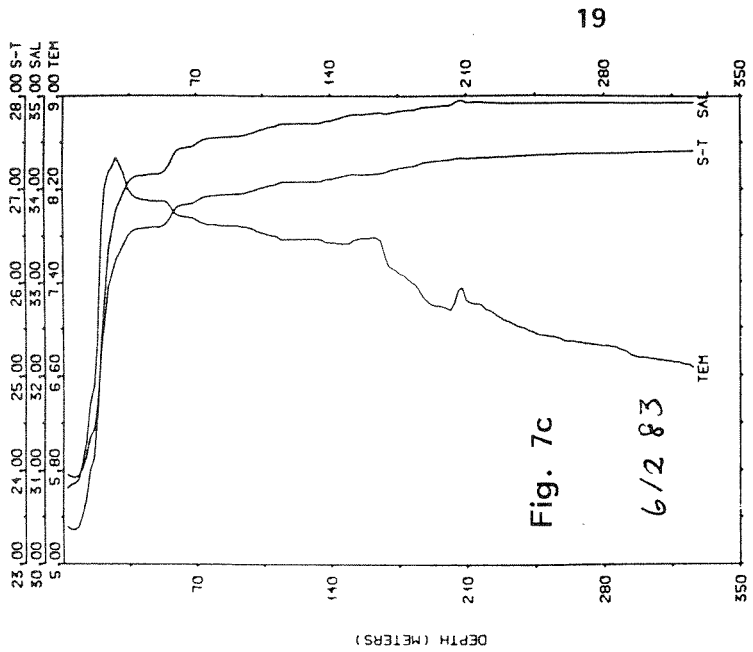




PROFILE: STA: 34 : POS:59.451°N 5.344°E : TIME:83. 2. 6 : 7.25



PROFILE: STA: 226 : POS:59.430°N 5.277°E : TIME:81. 12. 1 : 15.47



PROFILE: STA: 34 : POS:59.451°N 5.344°E : TIME:83. 2. 6 : 7.25

Fig. 7a-c. Nyare vertikalfilar av salinitet (SAL), temperatur (TEM) og tettleik (S-T) frå Bømlafjorden om vinteren. Profilane er baserte på data frå CTD-sonde midla over 2 meters intervall. Merk dei ulike skalaane på aksane. (Data frå Geofysisk Institutt, Avd. A, Universitetet i Bergen).

interessante for Stokksundet (over omlag 90 m) er maksimum i salinitet rundt 34.6, mens temperaturen er litt lågare enn 8°C. Ein merkar seg òg ei lagdeling under sprangsjiktet med ei trappetrinnsform i kurva for tettleik. Vatnet i dei gjennomblanda laga representerer truleg kystvatn som opprinneleg har blitt avkjølt og gjennomblanda ved overflata ved ulike episoder, og så har glidd inn og nedunder sprangsjiktet i fjorden.

For å representere den hydrografiske vår- og sommar-situasjonen i området, har vi kun eldre vannhentar-data til rådvelde, med sine før nemnde avgrensingar når det gjeld vertikal oppløysing. Det er i desse årstidene sjiktinga er kraftigast, med eit markert, men nødvendigvis ikkje så djupt sprangsjikt. Ein må òg ta omsyn til at desse målingane til dels er gjorde før dei større vassdragsreguleringane i områda kring Hardangerfjord-systemet.

Vinterdataene (figur 6 a og 7 a-c) indikerer eit meir markert overflatelag i 1981 og 1983 samanlikna med dei eldre dataene. Om ein ser bort frå eventuelle årsvariasjonar heng dette truleg saman med auka vinteravrenning til Hardangerfjorden dei seinare åra i samband med regulering.

#### 4.4.2. Straumtilhøve.

##### 4.4.2.1. Generelle tilhøve.

Også når det gjeld straumtilhøve er det lite data som ligg føre. "Den Norske Los" seier at både i Nyleia og i Stokksundet følgjer straumen tidevatnet. Den går nord med stigande og sør med fallande sjø. Men ved sterk og vedvarande vind frå same retning kan tidevannsdrifta bli oppheva, og straumen set konstant ein veg (i vindens retning). I Engesundet går straumen motsatt av i Stokksundet, den går sør på flo og nord på fjøre, men er sterkt avhengig av vindtilhøva. Alt dette i følgje "Den Norske Los".

Ei generell oppfatning blant folk er at straumen oftast er sterkast frå nord, men syner store periodevise variasjonar. I Hamnasundet er straumen sterk (antydde 2 knop), særleg frå sør. Engesundet har sterkast straum frå nord.

Det som her er nemnt gjeld overflatestraum som er sterkt dominert av vind- og tidevatn. Tilhøva i Hardangerfjorden og Selbjørnsfjorden vil òg verke inn på straumtilhøva i sundet. Frå Hardangerfjorden ligg det føre målingar m.a. frå Huglonakken i desember 1981 (Golmen m.fl. 1981). Det blei der målt straum over ca. 2 døger i 8 ulike djup mellom 6 meter og 170 meter.

Figur 8a viser vertikal profil for reststraumen, (retningskomponent langs fjorden), dvs. nettostraum når tidevatn er trekt frå. Ned til 15 meter går straumen ut fjorden, og djupare enn 15 meter går den inn. Timesmidlane av straumen synte maksimalverdiar lik 0.44 m/s i 6 meters djup og i t.d. 95 meter 0.34 m/s.

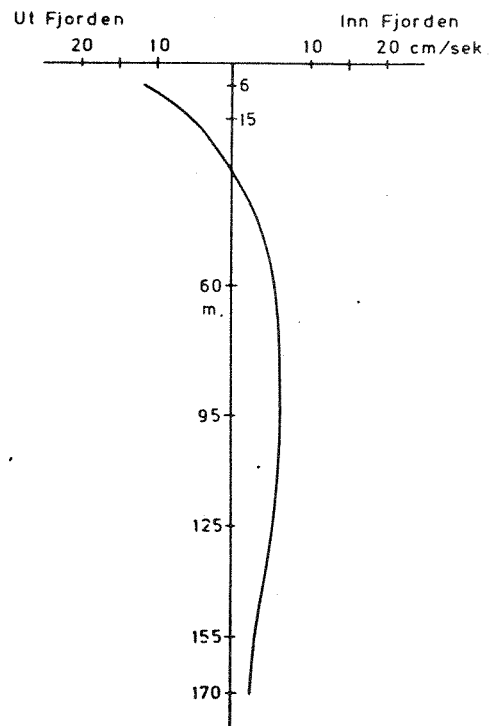
Figur 8b viser eit tilsvarande straumprofil som fig. 8a, for reststraum ved Huglo i 4 ulike tidspunkt 5.-6. februar 1983 (Magnusson m.fl. 1983).

Djupare enn 75 meter går straumen inn fjorden. Mellom ca. 10 meter og 75 meter går den ut fjorden konsekvent, mens overflatelaget syner stor variasjon i retning, sjølv når effekten frå tidevatn er trekt frå. Denne variasjonen i overflatestraumen skuldast endringar i vindtilhøve (Magnusson m.fl. 1983).

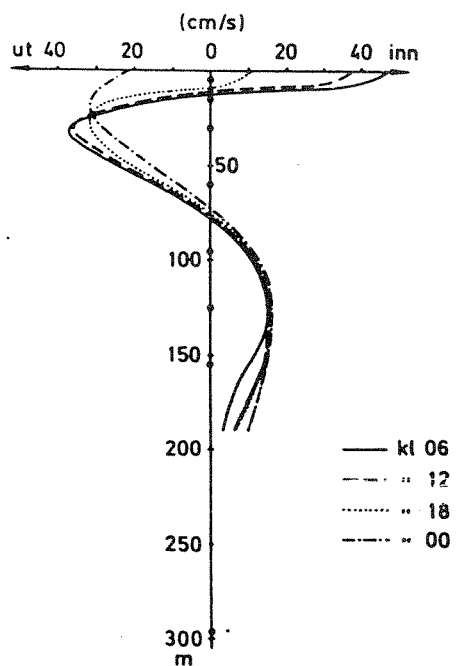
Frå sjølve Stokksundet forelegg det stikkprøver av straum. Figur 9 syner vertikalprofil av straum tatt like sør for Sætranaset (fig. 1) på vestsida av sundet. Profilane er tatt på same dag med omlag  $\frac{1}{2}$  times mellomrom. Sterkast straum var det i 8-12 meters djup (maks 0.27 m/s). Dominerande straumretningar varierte mellom nordleg og austleg. Truleg er det ei bakevje i området der målingane er gjorde, slik at dei ikkje er representative for tilhøva i sjølve Stokksundet.

#### 4.4.2.2. Tidevatn.

Forskjellen mellom flo og fjøre er i middel rundt 1.2 meter i Stokksundet (Interpolasjon mellom data for tidevatn i Bergen og Stavanger). Mellom spring lavvatn og spring høgvatn er forskjellen om lag 2.2 meter. Om ein reknar med 1.2 meter som forskjell mellom flo og fjøre, og antar av hovedsundet har eit areal lik  $30 \text{ km}^2$  (ref. avsn. 4.1.1.), representerer denne forskjellen eit vassvolum på om lag  $3.6 \cdot 10^7 \text{ m}^3$  ("tidevassprismet").



**Fig. 8a.** Vertikalprofil av reststraum (halvdagleg tidevatn fjerna) i Hardangerfjorden (Huglonakken) desember 1981. Det blei målt i åtte ulike djup sa nstundes. (Frå Golmen m.fl. 1981).



**Fig. 8b.** Vertikalprofil av reststraum (som Fig. 8a) frå Hardangerfjorden i februar 1983. Målingar i 9 ulike djup. (Frå Magnusson m.fl. 1983).

Topografiske tilhøve vil gjere straumtilhøve i tilknytning til tidevatnet i Stokksundet kompliserte. Ein kan i første omgang tenke seg tidevatnet som ei bølge som forplantar seg nordover. Hovedbassenget i Stokksundet (figur 3) vil då bli fylt gjennom sunda i sør, noko som generelt stemmer med observasjonar.

Stokksundet har eit stort gjennomstrøymingsareal i sørenden, mens dei nordre utlaupa er smale og grunne, ref. kap. 4.2. Følgjande tabell gjev eit overslag over breidder og gjennomstrøymingsareal.

	SØR	NORD
Samla minste breidd (i 0-nivå) (m):	1800	800
Samla Gjennomstrøymingsareal (m <sup>2</sup> )	100.000	12.000

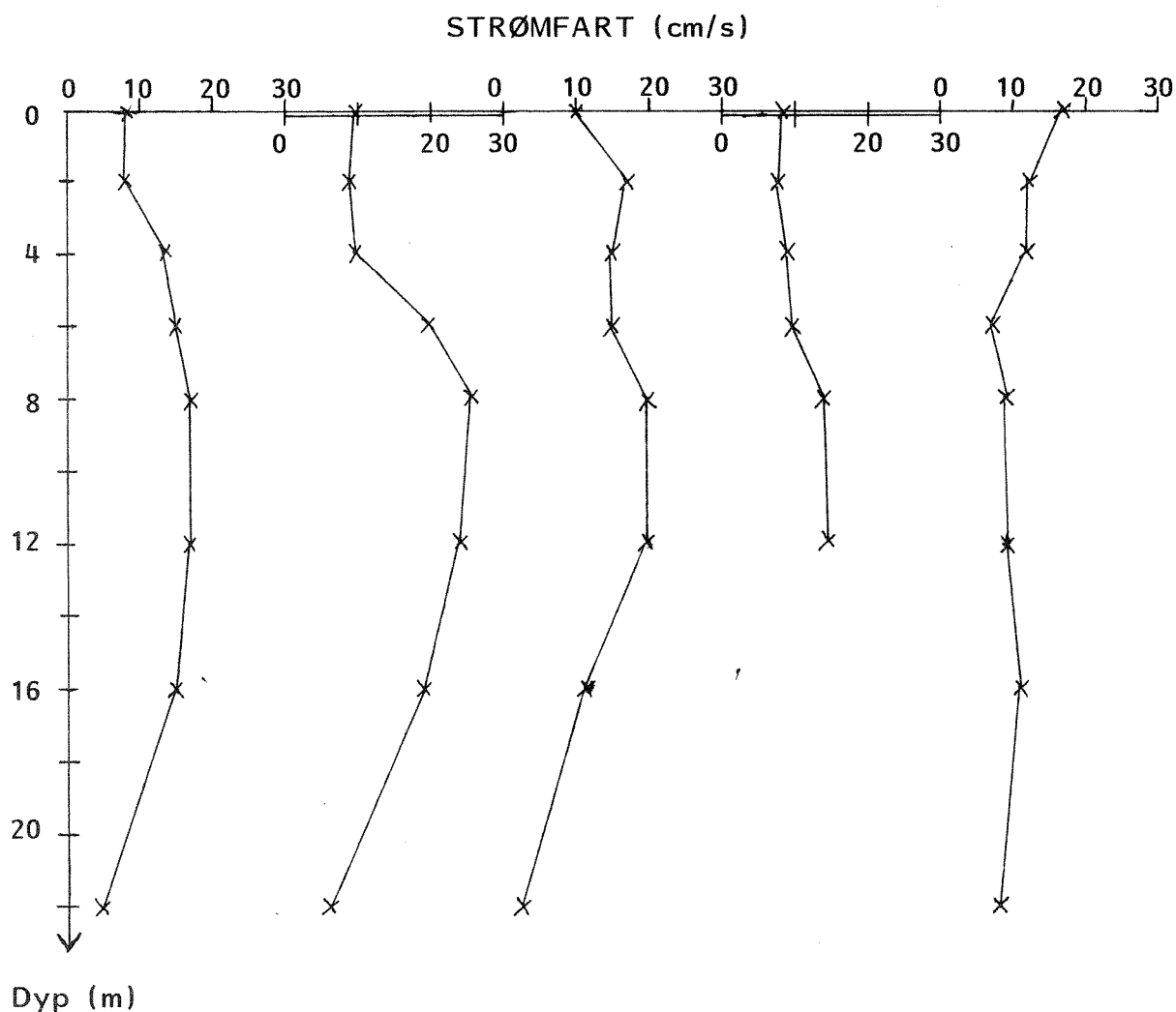


Fig. 9. Vertikalprofilar av straum målt i Stokksundet sør for Sætranaset (Bømlo). Målingane er gjort same dag med om lag 1/2 times mellomrom mellom kvar profil. ( H. Halderaker, Bømlo).

Særleg verdiane for dei nordlege utlaupa er usikre. Dei er framkomne ved å anta at aktiv gjennomstrøyming skjer over dei grunnaste tersklane i sunda mellom Trollosen/Spannosen i vest og til og med Engesundet i aust.

Om ein antar at tidevasstraumen til ei kvar tid er konstant frå overflate til botn i sunda i sør, og antar ei "bassengfyllingstid"  $t$  lik 6 timar, samt ingen sirkulasjon gjennom sunda i nord, kan ein få eit visst inntrykk av denne straumen.

Ein kan anta at tidevass-straumen varierer som ein sinus-funksjon:

$$v = V_{\max} \cdot \sin \frac{(t-t_0)}{T}$$

$t_0$  er her tidspunktet ved middelvannstand (og null straum)

$V_{\max}$  er maksimal straumfart og  $T$  er tidevassperioden i timar, antatt halvdagleg.

Oppfylling over 6 timar gjev då:

$$V = \int_0^6 A \cdot v \cdot dt = A \cdot V_{\max} \int_0^6 \sin \frac{(t-t_0)}{T} dt$$

Her er  $V$  volumet av tidevassprismet, og  $A$  det samla gjennomstrøymingsarealet. Av dette følgjer at  $V_{\max}$  er om lag 3 cm/s.

Effektiv fyllingstid er nok kortare enn seks timar, og straumen ujamt fordelt både vertikalt og innbyrdes i sunda i sør, slik at maksimal tidevasstraum truleg er vesentleg større.

Dei trange og grunne sunda i nord har eit gjennomstrøymingsareal mindre enn 15% av arealet i sør. Dei vil likevel bidra til tidevass-sirkulasjonen, som også framgår av dei innleiande merknadane i avsnitt 4.4.1. Det snevre gjennomstrøymingsarealet kan føre til ei ekstra faseforskyving i høve til tidevass-straumen i sør. Denne faseforskyvinga (forseinkinga) kan medføre at tidevass-bølgja langs kysten "møter" tidevassbølgja gjennom Stokksundet i dei nordlege sunda, og dermed kan snu straumen der, til sørgående, sjølv om det enno flør. Dette er truleg forklaringa for straumen i Engesundet sitt vedkomande, som går sør på flo og nord på fjøre i følgje "Den Norske Los".

## 4.4.2.3. Dynamisk topografi.

Skilnad i overflateheving mellom Selbjørnsfjorden i nord og Bømlafjorden sør for Stokksundet vil gje eit bidrag til det totale straumbiletet i sundet, ved å resultere i ein horisontal trykkgradient. Som uttrykk for denne hellinga av sjøoverflata kan ein nytte dynamisk djupde utrekna for hydrografiske stasjonar. Ved å summere (integrere) verdiar av  $\alpha dp$  mellom to trykkflater  $p_1$  og  $p_2$  finn ein den dymamiske høgda mellom denne flatene (Neumann og Pierson 1966).  $\alpha$  er spesifikt volum for sjøvatnet.

Dette vil i praksis sei at ein stasjon med observasjonar av t.d. mykje brakkvatn vil ha gjennomsnittleg lettare vatn, og dermed større dynamisk djup enn ein stasjon med normale hydrografiske tilhøve. Slik djupdeskilnad kan ein vente å finne mellom Bømlafjorden og Selbjørnfjorden, sidan den førstnemnde generelt har sterkare brakkvassinnslag, ref. avsn. 4.4.1.

Diverre er det svært få data med nokolunde samtidige observasjonar frå desse to fjordane. Figur 10 syner resultat av berekningar av skilnad i dynamisk djup for 9 par av stasjonar frå h.h.v. Bømlafjorden og Selbjørnsfjorden. Skilnad i observasjonstid er under eit døger for kvart stasjonspar, slik at skilnader grunna systematiske sesongvariasjonar skulle bli eliminert.

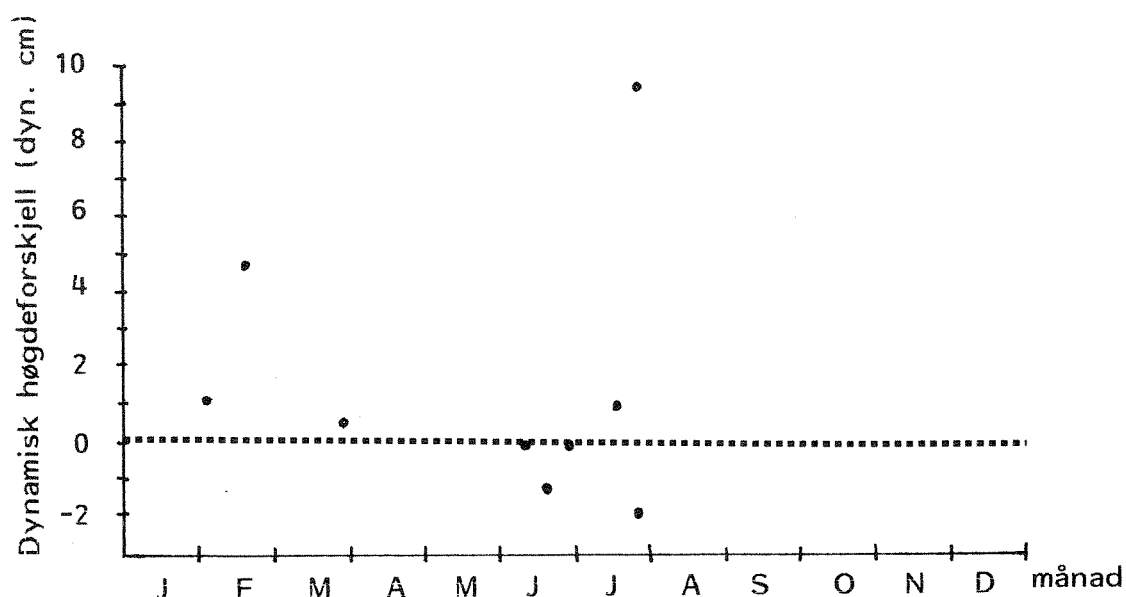


Fig. 10. Skilnad i dynamisk djup ( dyn. cm) mellom Bømlafjorden og Selbjørnsfjorden for 9 ulike profilpar tekne om lag samstundes. Sjå teksten.

Resultata i figur 10 er for data integrert mellom 0 og 100 meters djup. Dei parvise skilnadane (uttrykt i dynamiske centimeter) syner at i 5 av 9 tilfelle heller overflata nordover, mens berre i to tilfelle er det tydeleg søroverretta helling. Største dynamiske djupdeforskjell er 9 cm.

Ein merkar seg at alle dei hydrografiske observasjonane som figur 9 er baserte på, er frå perioden 1941-1963. Sidan har fleire vassdrag med utlaup til Hardangerfjordsystemet blitt regulerte, med auka tilrenning om vinteren, og bidrag til auka nordoverretta helling.

Den ofte observerte nordoverretta overflatehellinga vil resultere i ein nordgåande overflatestraum, som vil nå ein viss storleik avhengig av friksjonskrefter.

#### 4.4.2.4. Vinddreven straum.

Vind som bles over sjøoverflata, vil generere overflatestraum som er uavhengig av tidevatn og av horisontale gradientar i tettleik eller overflatehelling.

Vindens "drag" på havoverflata er i følgje dei fleste teoriar tilnærma proporsjonal med kvadratet av vindstyrke, dvs. at til dømes dobling av vindstyrke fører til fire gongar sterkare drag.

Styrke og varigheit av vinden, og ruheita til sjøoverflata heng nøye saman under generering av vind-dreven straum. Danning av større bølger og vertikal blanding i sjøen vil komplisere biletet. Vanlegvis reknar ein med at overflatestraumen vil få ein fart rundt 3-4% av vindfarten når vinden har verka ei tid.

For Stokksundet vil vind fra nordvestleg og sørleg kant vere gunstigast for danning av overflatestraum, men òg vind på tvers av sundet vil kunne sette opp straum, og bidra til lateral oppstuving.



#### 4.4.3. Bølgjeklima.

Overflatebølgjer generert av vind vil ha verknad for ei rad fysiske prosessar i overflatelaget, i tillegg til den direkte belastninga på konstruksjonar i sundet (flytebrua, oppdrettsanlegg, flytebrygger o.l.) og hindring for båttrafikken.

Storleiken på bølgjene vil vere avhengig av effektiv stroklengde, og av vindstyrke og varigheit. Vind under ein viss styrke vil ikkje føre til bølgjedanning på ei frå før roleg overflate. Men det er usemje i fagkrinsar om denne kritiske minimumsgrensa, og anslag varierer frå 1 til 6 m/s (Bretschneider 1964). Den reelle grensa ligg truleg nærast 1 m/s. Bølgjene i Stokksundet kan reknast som bølgjer på djupt vatn, dvs. at forholdet mellom bølgjehøgda ( $H$ ) og djup ( $D$ ),  $H/D$  er mindre enn  $1/20$ .

Figur 11 syner ein relasjon mellom bølgjehøgda, stroklengde og vindstyrke, samt varigheit av vinden for bølgjer på djupt vatn (frå Bretschneider 1964). Figuren syner at t.d. for ei stroklengde på 14 km (8 n. mil) og vindstyrke 40 knop (sterk kuling til liten storm) vil ein få signifikant bølgjehøgda rundt 1,5 meter (6 fot). Figuren syner og at slike bølgjer vil ein få etter at vinden har stått på i om lag ein time.

Denne bølgjehøgda vil vere tilnærma det maksimale av det ein kan vente å observere av lokalt genererte bølgjer i dag i Stokksundet. Bølgjer frå Bømlafjorden kan forplante seg inn i sundet frå sør, og gje eit visst bidrag til bølgjespekteret med lengre bølgjer. Vind og straum i motsatt retning gjev krappare sjø.

#### 4.4.4. Istilhøve.

Stokksundet kan reknast som isfritt heile året. I den nordlege delen, frå sørspissen av Aalforo og sørover langs begge sidene av sundet kan det dannast tynn is enkelte frostnetter. Denne forsvinn som oftast i løpet av dagen. Heller ikkje farvatna innimellom Fitjar-øyane har nemnande islegging om vinteren.

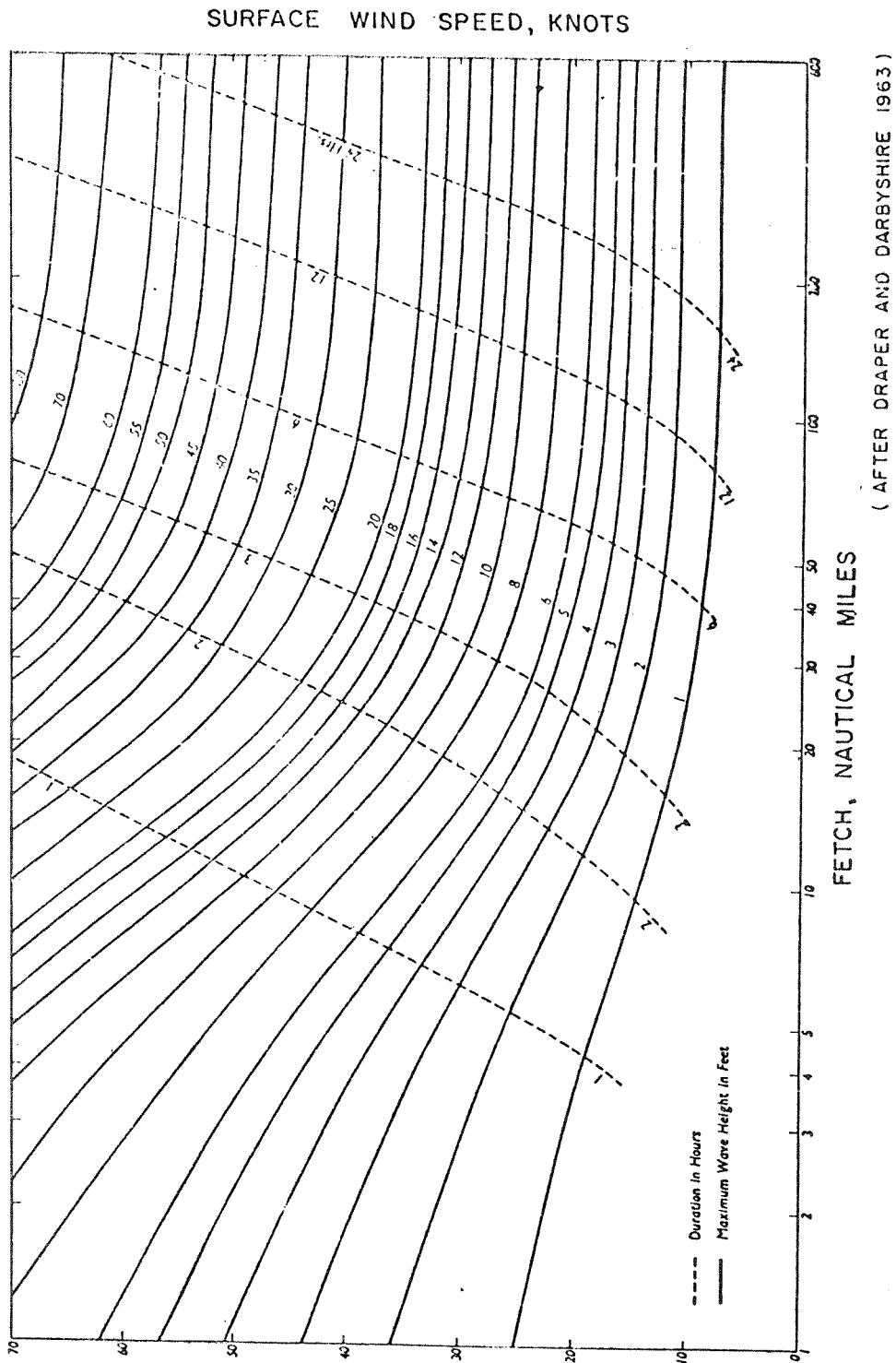


Fig. 11. Relasjon mellom bølgehøgd ( i fot), og vindstyrke (knop), varighet av vinden (timar) og stroklengde - "fetch" (n.mil). (Frå Bretschneider 1964).

Kun område med liten vassirkulasjon kombinert med ei viss ferskvass-tilrenning har årleg tilfrysing. Daafjorden, Hellandsfjorden og Valvatnavåg på austsida av Stokksundet er alle meir eller mindre permanent tilfrosne om vinteren. I Hellandsfjorden t.d. er 15 cm tjukk is ikkje uvanleg. Innværfjorden på vestsida av sundet har og ein del is om vinteren.

Dei relativt avgrensa is-mengdene, sjølv i område med relativt liten sirkulasjon (innimellom Fitjar-øyane) skuldast mest dei hydrografiske tilhøva.

#### 4.4.5. Utskiftingstilhøve og resipient-betraktningar.

Sjøelve Stokksundet er rekna å ha god utskifting i dag. Djupaste terskelen i sør går ned til rundt 200 meter, og prøver av botnvatnet i sundet har ikkje synt kritisk lavt oksygeninnhald (fiskerirettleiar Innvær, pers.komm.).

På austsida av sundet er Daafjorden rekna for å vere sterkt forureina (fiskerirettleiar Innvær, pers. komm.), og her er det gjeve nye løyve til utslepp. Dyvikvågen har djupaste terskel på 74 meter, mens vågen innafor er 114 meter på det djupaste. Her må ein rekne med ei viss hemming i utskifting av botnvatn. Sagvåg (hamna) har  $H_2S$ -haldige botnsediment, som tyder på dårlig utskifting ved botnen, mens overflatevatnet (over 5 meters djup) har god utskifting dels grunna stor ferskvasstilrenning i flaumperioder. Sætravikjo har god utskifting, og heller ikkje i Valvatnavågen er det påvist dårlege utskiftingstilhøve.

Størst busetnad finn ein i Sagvåg og Vikanes området. Dyvikvågen har spreidd busetnad. Generalplanen seier at ein stor del av komande bustadbygging vil skje i Sagvåg. Området rundt flyplassen på Sørstokken er regulert til industriområde, med kloakkutslepp på 30 meters djup i Stokksundet.

Sagvåg har fleire mindre klokakutslepp i tillegg til ein del industri-utslepp, samt kloakkutløp frå sørsida av Vikanes. Gjennom samleleiding er det planar om å sanere ein del av desse utsleppa, og føre dei ut i Stokksundet. Av jordbruksaktivitetar er kun nokre få bruk ved Sætravikjo og Dyvikvågen nemnande.

Busetnaden langs vestsida av sundet er vesentlegast lokalisert frå Moster til Røyksund, samt Siggjavåg og ved Folderøy. Lenger nord er Rubbestadnes største tettstad. Utskiftingstilhøva langs vestsida er gode på strekninga Folderøy - Mosterhamn. Innværfjorden har djup rundt 60 meter, men med terskeldjup rundt 20 meter. Med den busetnad og industri som ligg rundt denne fjorden, må ein rekne han som utsett for forureining.

Mellom Fitjarøyane er utskiftingstilhøva i dag rekna å vere bra. Dette har nok samanheng med liten eller ingen utslepp i området. Ein del av osane og dei innelukka områda er nok likevel følsame for miljøbelastningar, på grunn av tersklar og redusert overflatesirkulasjon.

Stikkprøver som NIVA tok sommaren 1986 av botnvatnet på ein del lokalitetar mellom Fitjarøyane, synte kritisk låge oksygen-verdiar i Fonnosen og Goddeosen, og sett ut frå botntopografien kan ein nok vente å finne låge verdiar også andre stader.

#### 4.5. Næringsverksemd knytt til sjøen.

Det blir ikkje dreve noko fiskeri av større omfang i Stokksundet. I den nordlige delen er det rekefelt som det blir fiska ein del på. Det finns òg ein del kreps i området. Ålefiske blir dreve i liten målestokk i Dåfjorden og Valvatnavågen. Ellers er det fleire kaste- og låssetjingsplassar (sild) langs sundet og nord mellom Fitjarøyane (i Spannosen, ved Bårdholmen, Sildaosen og andre stader).

Den mest betydingsfulle næringa er no lakseoppdrett. Det finns alt fleire anlegg i området, og det ligg føre planar og søknader om nye anlegg. Figur 12 syner eit kart der eksisterande anlegg (inkludert setjefiskanlegg) er innteikna. Fire anlegg ligg langs vestsida av Stokksundet, mens fire til no er lokalisert blant Fitjarøyane. Konesjonsstorleiken for anlegga er stort sett 8.000 m<sup>3</sup> på kvart. Årsproduksjonen varierer, sidan fleire av anlegga er i oppstartingsfasen.

## FISKEOPPDRETT I STOKKSUND

- matfiskanlegg i sjø
- ◆ setjefiskanlegg i ferskvatn
- nedbørsfelt



M = 1:250.000

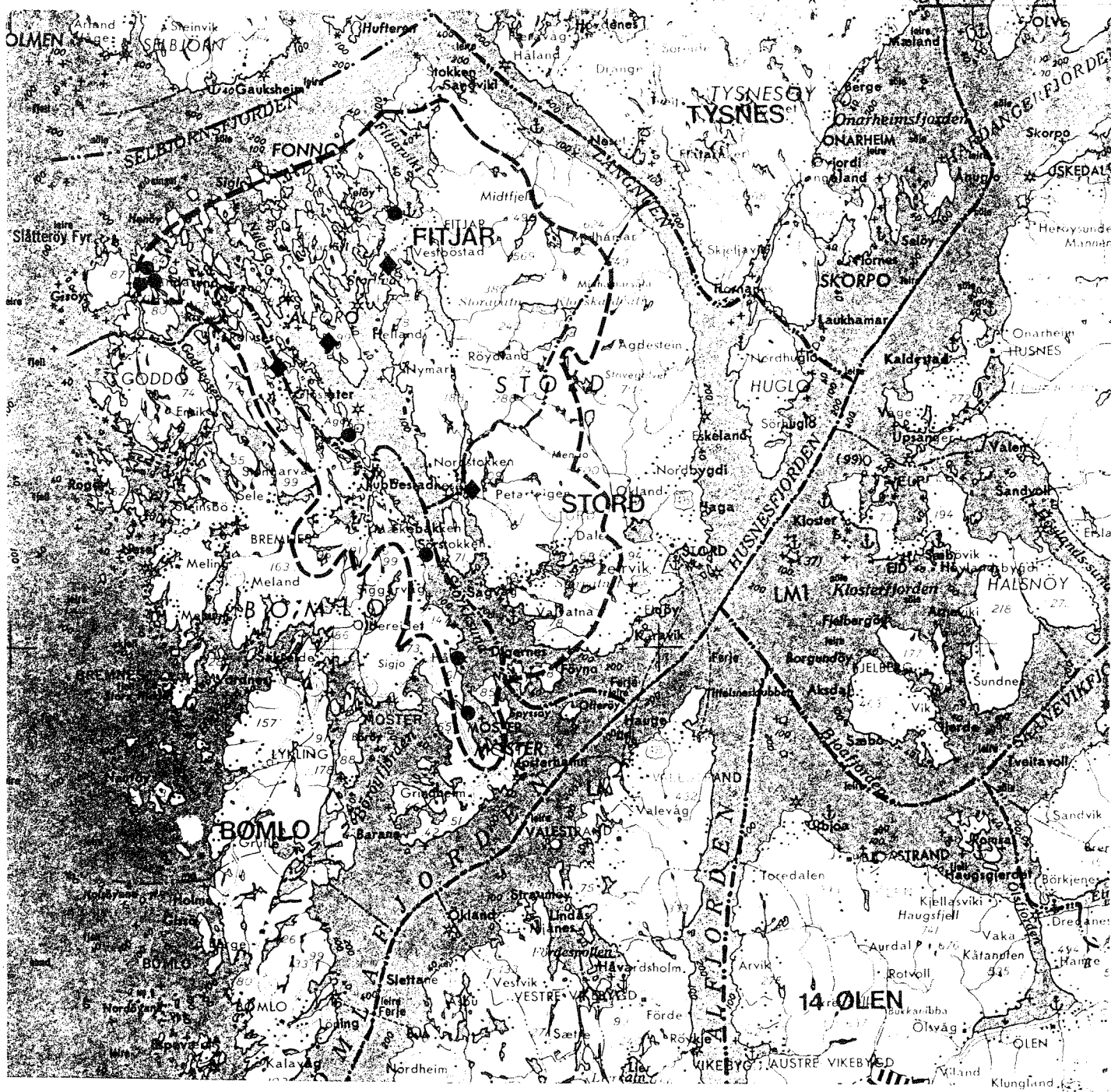


Fig. 12. Oversikt over matfiskanlegg og setjefiskanlegg i Stokksund - Fitjar regionen.

## 5. SAMANLIKNING MED ANDRE FLYTEBRUPROSJEKT.

Det mest omtalte flytebruprosjektet i Noreg er Salhusbrua, som har vore utreida i snart tjue år no. I fastlandssambandet for Kristiansund inngår det ei flytebru over Bergsøysundet. Lengdene på desse planlagde bruene er h.h.v. 1200 og 800 meter.

Salhusbrua ligg i utlaupet av eit større fjordsystem, som m.a. har eit betydeleg brakkvassinnslag. Bergsøysund-brua går over eit sund med relativt åpen hydrografisk kommunikasjon ut mot kysten, men òg med innslag av vatn frå fjordar innafor. Hydrofysisk sett synest Stokksundet mest likt Bergsøysundet. Mellom anna gjeld dette sjiktinga i dei øvre vassmassane, som i fjordsystemet innafor Salhusbrua er kraftigare enn det ein har observert i Bergsøysundet (Nilsen og Gjerp 1986), og sannsynlegvis kraftigare enn det ein finn i Stokksundet.

Mens ein i Stokksundet vil ha ei "naturleg" seglingsåpning mellom Folderøyholmen og Bømlo, vil desse bli konstruerte som ein del av brua for dei to andre prosjekta sitt vedkomande. Seglingsåpninga i Stokksundet vil bli omlag 100 meter brei (Hamnasundet). For Bergsøysund-brua vil den bli 80-100 meter, og for Salhusbrua 170 meter. For overflatesirkulasjonen vil Nagelsundet (200 meter breidt) kunne ha betydning i sistnemnde prosjekt (Rye og Gjerp 1986).

Dei tre bruene er alle planlagde som samanhengande konstruksjonar, utan tversgåande sirkulasjon. Djupgåande vil bli 3-4 meter. Ingen av bruene ligg i nærleiken av markerte tersklar.

I følgje Nilsen og Gjerp (1986) er det ikkje venta like store endringar i hydrofysiske tilhøve i samband med Bergsøysund-brua som med Salhusbrua. Dei tendensane endringane vil ha, er derimot like. Ein ventar større stagnasjon av overflatelaget, og djupare sprangsjikt i fjordane innafor bruene. Saliniteten i brakkvatnet blir redusert i ulik grad for dei to prosjekta. Som følgje av endringane i overflatelaget kjem òg risiko for auka islegging, dvs. både hyppigare isleggingsepisoder og auka maksimal-tjukkeleik på isen.

## 6. FLYTEBRUA - INNVERKNAD PÅ OMGJEVNADANE.

Som nemnt innleiingsvis, er det ei rad endringar brua kan tenkast å skape i omgjevnadane. Ein viktig faktor for storleiken på desse endringane er dei aktuelle tilhøva når det gjeld straum og sjiktning. Når desse faktorane er gjevne, kjem vinden inn som ein tredje faktor.

### 6.1. Endringar i tilhøva i nærleiken av brua.

I figur 13 er det skissert tre ulike situasjonar som kan tenkast å oppstå i brakkvasslaget ved ulike hydrografiske tilhøve i nærleiken av brua. Mange andre kombinasjonar av dei ulike faktorane kan tenkast. Overflatebølgjer t.d. er ikkje teke med. Figur 13 a illustrerer eit tjukt brakkvasslag, med sprangsjikt godt i underkant av botnen av flyte-elementa (vintersituasjon). Straumen i overflatelaget har i dette tilfellet godt med rom for å gå under brua, utan å måtte arbeide mot ein vertikal tettleiksgradient. Straumfarten vil truleg auke rett under brua (av omsyn til kontinuitet). I staden for å presse sprangsjiktet ned, vil ein her i teorien kunne få løfta sprangsjiktet (omvendt flyvingprinsipp, Bernoullis "prinsipp"). I le av brua vil ein kunne få danna bakevjer, og turbulens i sprangsjiktet. Avhengig av aktuell sjiktning og straumfart vil ein òg kunne få generelt indre bølgjer på sprangsjiktet, som igjen i sin tur vil bidra til vertikal blanding. Situasjonen som er illustrert i Fig. 13 a vil truleg ikkje medføre større endringar i negativ lei. Ein umiddelbar effekt kan vere auka fare for islegging i lē av brua som følgje av meir stagnant vatn og mindre bølgjer.

Figur 13 b illustrerer ein meir kritisk situasjon, der ein i tillegg til eit relativt tynt brakkvasslag med kraftig sprangsjikt har vind, som skaper ein oppstuvningseffekt. Brakkvatn er framleis så tjukt at brakkvatn kan passere under brua. Likevel må ein her rekne med ein viss opphopningseffekt på vind-sida, i tillegg til ein bakevje-effekt på lē-sida.

Fig. 13 c illustrerer den mest kritiske situasjonen for eventuelle negative verknader på omgjevnadane i umiddelbar nærleik av brua. Situasjonen kan tenkast å representere ein vår- eller sommar-situasjon,

med tynt overflatelag, markert sprangsjikt, og vind. Her vil ein kunne få ei kraftig oppstuvingseffekt, med tilsvarande bakevje på l -sida.

Som tidlegare nemnt er det lite eller ingen data om sjikning, og eventuell sesong-variasjon av denne i Stokksundet. Situasjonane som er skisserte i Fig. 13 a-c, må difor reknast som moglege. Men kven av dei som er mest realistisk, er vanskeleg å sei.

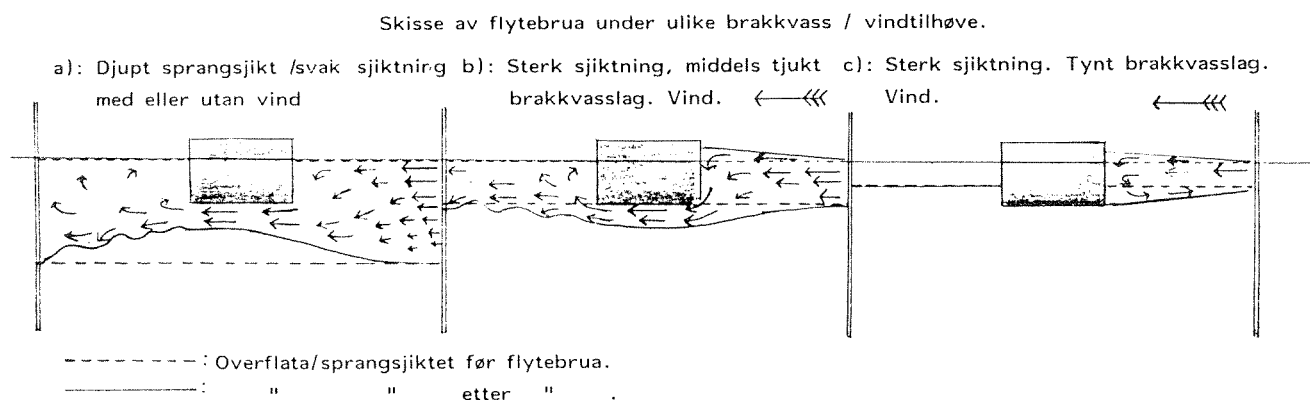


Fig. 13a-c. Skisse av tre ulike brakkvass-situasjonar som kan tenkast   oppstå i samband med flytebrua.

Ein annan faktor som verkar inn på djupda av sprangsjiktet, er breidde-variasjon av sundet. Der brua skal gå, er det ei innsnevring av sundet til om lag halve breidda i høve til lenger sør og nord. For å få eit estimat på denne innsnevringseffekten, tar vi f lggjande utgangspunkt:

Antar dynamisk ballansert tolags-sirkulasjon i sundet der  $b(x)$  er breidda av sundet (som går i  $x$ -retning), og  $U_1$  og  $U_2$  er straum-fart i øvre og nedre lag. Vidare er  $h_1$  tjukkelsen på det øvre laget,  $d\beta$  er skilnad i tettleik mellom øvre og nedre lag, som har tettleik  $\beta_2$  og antas uendeleg djupt.  $g$  er tyngdeaksellerasjonen.

Ved å anta  $U_2 = 0$  følger

$$(U_1^2 - g \frac{d\beta}{\beta_2} h_1) \frac{dh_1}{dx} = - h_1 \frac{U_1^2}{b} \frac{db}{dx}$$



Om ein antar underkritisk straum, dvs.  $U_1^2 < gh_1 d\varrho / \varrho_2$ , følgjer:

$$\begin{aligned} & dh_1/dx > 0 \text{ når } db/dx > 0 \\ \text{og} & dh_1/dx < 0 \text{ når } db/dx < 0 \end{aligned}$$

Dette vil m.a.o. sei at tjukkelsen på øvre lag aukar når breidda på sundet aukar, mens tjukkelsen minkar ved ei innsnevring av sundet.

Teoretisk vil ein såleis ha eit tynnare brakkvasslag i smalaste delen av Stokksundet i høve til ellers i sundet. For å sjå på storleiken av denne effekten, vel vi følgjande verdiar for parametrane:  $U_1 = 0.5 \text{ m/s}$ ,  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,  $h_1 = 5 \text{ m}$ ,  $\varrho_2 = 1027 \text{ kg/m}^3$ ,  $d\varrho = 10 \text{ kg/m}^3$

$$\text{då følgjer } dh_1/dx = 5 \cdot 10^{-3} db/dx$$

Ved t.d.  $db/dx$  lik 0.5 vil  $dh_1/dx$  bli  $2.5 \cdot 10^{-3}$ . Om ein vel  $dx = 1000$  meter, vil  $dh_1$  bli 2.5 meter. Ved desse valde verdiane vil altså tjukkeleiken til det øvre laget teoretisk kunne bli halvert. Truleg er dette eit overestimat, men effekten bør takast i betraktning m.a. ved eventuelle målingar for å kartlegge sjiktninga i Stokksundet.

#### 6.1.1. Straumen i Hamnasundet.

Det må ventast ein viss auke i straumen i Hamnasundet (mellom Bømlø og Folderøyholmen) som følgje av brua. Straumen er i dag ganske sterk der, ref. avsnitt 4.4.2.1.

Den mest ugunstige situasjonen vil truleg oppstå under vind frå sør, i kombinasjon med kraftig sjiktning (fig. 13 c). Oppstuinga grunna vinden vil sette opp ein trykkgradient som vil bidra til ein kompensasjons-straum med verknad sørover i sundet. Det er vanskeleg å talfeste kor mykje ein slik straum vil hindre oppstuva vatn å gå gjennom Hamnasundet. Tverrsnittsarealet av heile Hamnasundet er om lag  $1.000 \text{ m}^2$ , mens redusert gjennomstrøymingsareal for Stokksundet som følgje av flytebrua er rundt  $2.700 \text{ m}^2$ , ref. kapittel 3.

Ved auka straum i Hamnasundet må ein rekne med at heile tverrsnittet bidrar til gjennomstrøyminga grunna auka vertikal blanding og dermed lokalt svakare sjiktning.

Som utgangspunkt kan ein anta eit 3 meter tjukt overflatelag i dag, med 1 m/s straumfart (og om lag  $300 \text{ m}^3/\text{s}$ ) gjennom Hamnasundet, og tilsvarande 0.5 m/s (om lag  $1.400 \text{ m}^3/\text{s}$ ) i Stokksundet.

Under dei ovanfornemde vilkår etter brua, samt at alt overflatevatn i Stokksundet blir pressa gjennom Hamnasundet, får ein straum der på rundt 3 m/s, m.a.o. ei tredobling av det ein meiner å observere i dag, ref. avsnitt 4.4.2.1.

Dette estimatet er usikkert. Den nemnde kompensasjonsstraumen vil kunne redusere straumen. Likeeins vil ein del brakkvatn i praksis kunne passere under brua. Desse to faktorane talar for at vårt estimat er for høgt for straumen i Hamnasundet. Effekten av redusert sjiktning, og dermed auka effektivt gjennomstrøymingsareal i Hamnasundet kan vere overdreven, og dermed bidra til eit for lågt estimat. Det synest imidlertid rimeleg å rekne med minst ei dobling av straumfarten i Hamnasundet ved ei eventuell flytebru, i høve til i dag, m.a.o. straum rundt 2 m/s under ugunstige vêt/sjiktningstilhøve.

#### 6.1.2. Lense-effekt.

Flytebrua vil umiddelbart verke som ei lense både for brakkvasstransport, og for overflatetransport. Dette kan ha verknad for spreining av overflate-forureining (t.d. oljesøl) i sundet, ved opphoping ved brua, og høve til effektiv oppsamling der. Denne lense-effekten vil og føre til meir stillestående vatn i lée av brua. Dette kan medføre auka islegging der om vinteren (våren).

Ved t.d. algeoppblomstring om våren og sommaren kan ein risikere opphoping av organisk materiale i overflatelaget, med negative verknader for vasskvaliteten nær brua.

## 6.2. Endringar i tilhøva i Stokksundet generelt.

### 6.2.1. Bølgjeklima.

Brua vil verke dempende på bølgjer i sundet, anten dei er genererte lokalt i sundet, eller kjem inn frå Bømlafjorden i sør. Lengste stroklengde ein kan rekne med i dag er 12 - 14 km. Etter brua vil effektiv stroklengde bli omlag halvert både for sørleg og nordleg vind.

Ved kraftig vind, t.d. liten storm vil signifikant bølgjehøgde bli redusert frå om lag 1.5 meter til om lag ein meter (fig. 11). For svakare vind kan ein vente same relative reduksjon.

Mindre bølgjer vil umiddelbart vere positivt for sjøvegs trafikk i Stokksundet. I negativ lei vil mindre bølgjer minske vertikal blanding i overflatelaget, samt redusere mekanisk nedbryting av biologisk materiale og forureiningar. Islegging vil òg få gunstigare vilkår.

### 6.2.2. Istilhøve.

Som nemnt i avsnitt 4.4.4. er det i dag liten grad av islegging i Stokksundet. Ein må imidlertid rekne med at flytebrua vil forårsake meir isfrysing. Mindre bølgjer og mindre blanding i overflatelaget er alt nemnt. Som ved andre flytebru-prosjekt, må ein òg for Stokksundet rekne med ein viss reduksjon i salinitet for overflatelaget, sjølv om denne reduksjonen nok vil verte mindre enn for t.d. Salhusbrua. Lokal avrenning i perioder med snøsmelting, etterfølgd av frostperioder vil vere mest kritiske.

Reduksjonen i salinitet (med litt høgare frysepunkt som resultat) vil nok likevel vere underordna i isleggings-samanheng samanlikna med den forventa stagnasjonen av brakkvasslaget. Slik stagnasjon vil føre til lenger eksponeringstid for overflata, før eventuelt overflatelaget er transportert ut av sundet.

For å estimere islegging etter brua, har vi tatt utgangspunkt i vinterdata vi har frå Bømlafjorden (Fig. 7b, 1/12 1981).

For å berekne istjukkuleik under ulike brakkvasstilhøve, har vi brukt ein enkel modell som simulerar isdannings- og konveksjonsprosessane. Kort fortalt går den ut på å finne kor mykje is som blir danna når overflata blir utsatt for ein gjeven avkjøling, eller varmeflukt ut.

"Flytdiagrammet" i figur 14 syner gangen i berekningane.

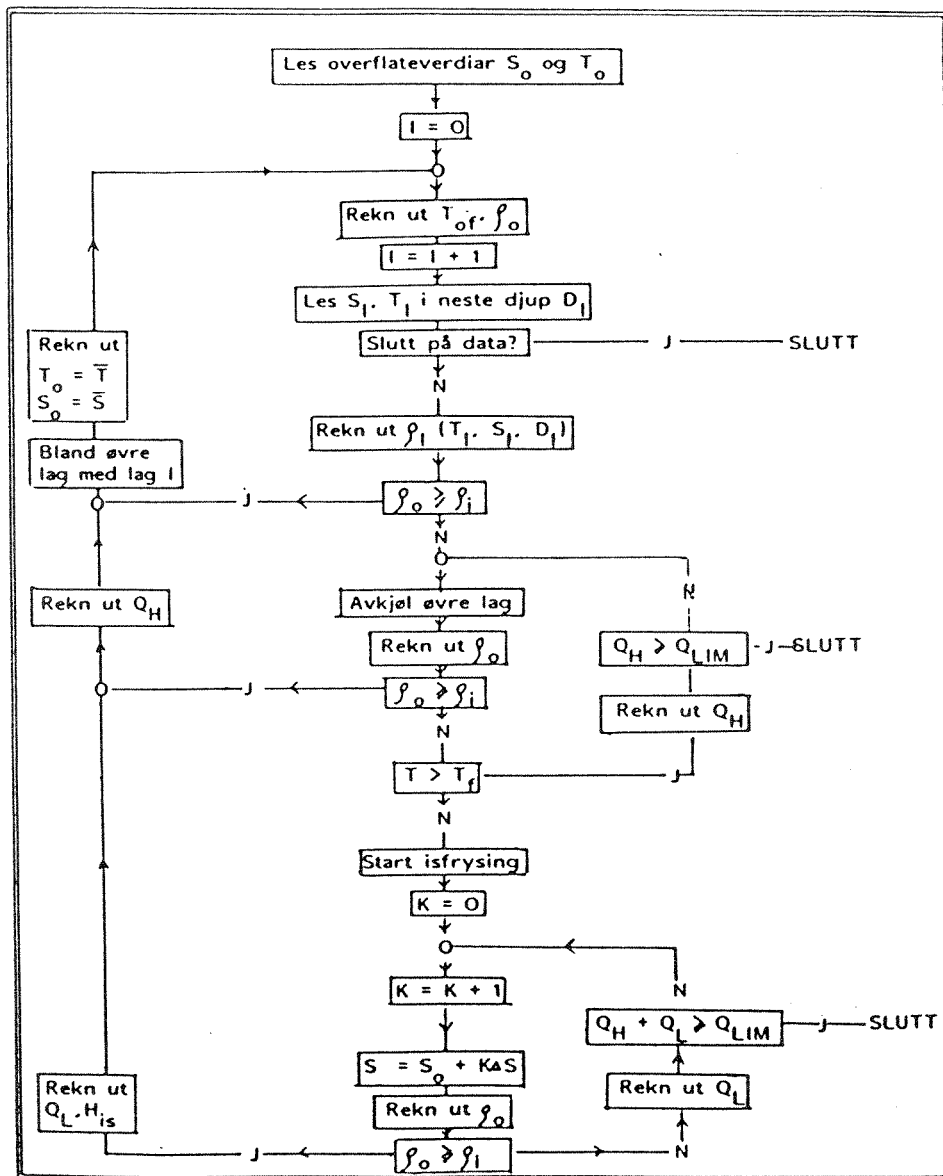


Fig. 14. Flytdiagram som syner gangen i berekningane av varmetap og isdannning for ein gjeven vertikalfordeling av salinitet(S) og temperatur(T). Sjå teksten.

Modellskisse: Berre vertikale konveksjonsprosessar er involvert. Varmetap frå sjøoverflata (-eller eventuelt isoverflata) i form av følbar varme  $Q_H$  eller latent smeltevarme  $Q_L$  driv modellen. Ved først å anta eit gjennomblanda overflatelag av tjukkeleik  $H$ , blir avkjøling simulert ved gradvis å senke temperaturen i dette laget. Denne avkjølinga vil skape vertikal konveksjon i det øvre laget. Når tettleiken for dette laget har nådd same verdi som laget under, som har tjukkeleik  $dH$ , antek ein at desse to laga blir samanblanda til eit nytt lag av tjukkeleik  $H + dH$ , med nye (vegde) blandingsprodukt av salinitet og temperatur. Varmare vatn frå underliggende lag vil dermed bidra til å seinke avkjølingsprosessen. Saltare vatn som blir brakt opp, vil medføre lavare frysepunkt i overflata. Dersom avkjøling fører til at frysepunktet blir nådd før konveksjon til neste nivå har byrja, antek ein at frysing av overflatevatn vil starte. Dette fører til at salt blir utskilt og tilført det avkjølte blandingslaget, som såleis får auka tettleik, og eventuelt, når tilstrekkeleg is er danna, vil bli oppblanda med nok eit underliggende lag.

Når ei gjeven varmemengd er tatt ut, vil ein såleis kunne få eit fysisk sett realistisk estimat for den isen som totalt blir danna. Horisontal adveksjon i vatnet er ikkje inkalkulert. Dei relativt horisontalt homogene tilhøva ein kan rekne å ha om vinteren ville ikkje influere stort på resultatata.

Følgjande konstantar er brukt:

Latent smeltevarme for sjøis:  $2.9 * 10^6 \text{ J/m}^3$ .

Spesifikk varmekapasitet for sjøvatn:  $4.0 * 10^6 \text{ J/m}^3 \text{ grad}$

I våre berekningar vil vi ta utgangspunkt i ei kulde "episode" som tilsvarar eit varmetap på minimum  $1.4 * 10^7 \text{ J/m}^2$ , (tilsvarar  $300 \text{ W/m}^2$  i gjennomsnitt over ei 12 timars periode). Denne varmemengda tilsvarar danning av 4-5 cm is når overflatevatnet er på frysepunktet.

Berekningane for stasjonsdata frå Bømlafjorden gav ingen isdanning ved det anvendte varmetapet. Sjølv etter å ha redusert saliniteten med så mykje som 20% (frå om lag 28 til 23) i øvste metrane, fekk ein framleis

ingen is. Dette heng saman med dei høge temperaturane (over  $6^{\circ}\text{C}$ ) i overflata. Alt varmetapet som under id elle isfrysingsbetingelsar kunne føre til danning av fleire cm is, går for vår stasjon med til avkjøling og påfølgande konveksjon.

Det er sannsynleg at ein under lengre kuldeperioder vil finne kaldare overflatevatn i Stokksundet enn det vår stasjon viser, slik at marginale reduksjonar i overflatesalinitet i tillegg på grunn av brua, vil kunne føre til danning av meir is enn det ein no har. Alternativt kan ein få hyppigare islegging, dvs. islegging i perioder der ein får ikkje hadde is.

### 6.2.3. Utsifting.

Overflatelaget vil bli meir stagnant i sundet etter flytebrua. Ein må rekne med auke i opphaldstida avhengig av vind og straumtilhøve. Det er vanskeleg å talfeste ein slik auke utan målingar av overflatestraum i dag, eller modellberekningar. Til samanlikning kan nemnast at ein for fjordane innafor Salhusbrua i følgje Gjerp m.fl. (1982) kan vente opp til tredobling av opphaldstida ved svak vind og liten avrenning.

Tilhøva i Stokksundet i dag er truleg slik at berre ein del av overflatelaget blir utskifta for kvar tidevass-syklus. Det meste av vatnet forblir inne i sundet truleg i fleire døger f r det går ut. I løpet av denne tida vil det til ei viss grad bli blanda med vatn under sprangsjiktet.

Avstanden fr  s r i Stokksund til nordlege delane av Fitjarøyane er 25 - 30 km. Om ein reknar med 0.5 m/s straumfart i overflatelaget i ein retning over lengre tid (t.d. ved vedvarande sterk vind langsetter sundet), vil overflatevatnet ha ei opphaldstid i underkant av eit døger i sundet.

Sjølv om dette er kun eit taleksempel, vil ein ved ei eventuell flytebru under liknande tilhøve måtte rekne med vesentleg lengre opphaldstid, s rleg i områda n r brua.

Også om overflatestraumen er meir tidevass-dominert må ein rekne med auke i opphaldstida.

Som nemnt i avsn. 4.4.5. kan ein rekne med at ein del av dei meir innelukka områda mellom Fitjarøyane vil vere følsame for endringar i straumtilhøve, etter som det alt i dag er observert kritisk låge oksygenverdiar enkelte stader. Sjølv om verknadane av brua på straumbiletet truleg vil minske med avstanden frå brua, kan ein risikere svakare straum også mellom Fitjarøyane, særleg nordgåande straum. Redusert straum i overflata vil auke sedimenteringa av organisk materiale (t.d. avfall frå fiskeoppdrett), og dermed innebere ein auka belastningsrisiko for den lokale resipienten. I tillegg vil redusert overflatestraum forverre tilhøva for oppdrettsanlegg i området.

Utskiftingstilhøva for overflatevatn i dei tilgrensande buktene og vågane langs Stokksundet som var nemnde i avsnitt 4.4.5. vil truleg ikkje endre seg vesentleg som følgje av brua. Ein kan rekne med at tidevatn, samt eventuell lokal ferskvassavrenning er dei viktigste faktorane for kontroll av denne utskiftinga. Ein viss reduksjon i intensiteten av bølger som forplantar seg inn i desse områda kan ventast, og dermed mindre turbulent blanding ned i overflatelaget.

Utskiftinga av botnvatnet i Stokksundet er ikkje kartlagt, men i følgje avsnitt 4.4.5. er dette sannsynlegvis eit årleg fenomen. Denne utskiftingsprosessen er sannsynlegvis dynamisk kontrollert av fysiske prosessar utanfor Stokksundet, og skulle såleis ikkje bli påverka av flytebrua. Derimot vil eit meir stagnant overflatelag auke sedimenteringsraten, og såleis kunne påverke t.d. oksygentilhøva i botnvatnet i negativ lei.

## 7. SLUTTKOMMENTARAR. BEHOV FOR VIDARE GRANSKINGAR.

I denne rapporten har vi i mangel på relevante data måtta gjort ein del "skrivebords"-betraktningar om noverande tilhøve i Stokksundet, og om eventuelle endringar av dei hydrofysiske tilhøva etter at flytebrua er på plass. Den nesten totale mangelen på hydrografiske data frå det aktuelle området understrekar behovet for målingar for betre å kunne fastslå kva tilhøve ein har i dag, og for å betre kunne vurdere eventuelle negative effekter på grunn av flytebrua.

Slike målingar vil òg vere svært viktige med tanke på å kunne dokumentera kva endringar (positive, ingen - eller negative) som har skjedd etter at flytebrua er realisert.

Eit eventuelt måleprogram før flytebrua er bygd bør innebere straummålingar over lengre tidsrom i ulike deler av det berørte området (Hamnasundet, Digernessundet, Nyleia m.m.). Vidare må ein få ei betre kartlegging av dagens hydrografiske tilhøve både i botnvatn og i brakkvatn. Særleg er det viktig å betre kunne kartlegge sjiktningsstilhøva i sundet.

Eit slikt måleprogram bør òg bli følgt opp med eit tilsvarande program etter at brua er bygd, m.a. for å betre kunne dokumentere eventuelle endringar. I tillegg ville ein ved desse målingane få eit datamateriale som vil vere svært eigna til vidare teoretiske studiar.



## REFERANSAR

Bjerknes, V. m.fl. (1985): Flytebro over Salhusfjorden. Konsekvens analyse vedrørende miljøendringer og akvakultur. NIVA rapport nr. 1723.

Bretschneider, C.L. (1965) Generation og waves by wind - State of the art. National Engineering Science Co. rep. SN-134-6.

Gjerp, S.A., Eidnes, G. og Berge, F.S. (1982): Flytebru over Salhusfjorden. Vurdering av flytebruas innvirkning på det marin-fysiske miljøet i fjordene innenfor brua. NHL rapport STF60 A82083.

Golmen, L.G., Hansen, S.E., Magnusson, A.K. og Østerhus, S. (1981): Undervisningstokt 2-4 desember 1981. Hardangerfjorden. Stud. rapp. Geofysisk Inst. Avd. A, Univ. i Bergen.

Kaartvedt, S. (1984): Vassdragsregulerings virkning på fjorder. Fiskeritidsskrift, 1984(3):1-104.

Magnusson, A.K. med fleire, (1983): Undervisningstokt 4-6. februar 1983 Hardangerfjorden. Stud. rapp. Geofysisk Inst. Avd. A, Univ. i Bergen.

Møyner, H. (1973): Brusamband mellom øyene Bømlo og Stord. Forprosjekt. Kommuneingeniøren i Bømlo.

Nedbørsnormaler (1985): Det Norske Meteorologiske Institutt, Oslo.

Neumann, G. and Pierson, W.J. (1966): Principles of Physical Oceanography. Prentice Hall, Inc.

Nilsen, J.H. og Gjerp, S.A. (1986): Flytebru over Bergsøysundet. Vurdering av hydrofysiske forhold i fjordene innenfor brua. NHL rapport STF60 A86083.

Rye, H. og Gjerp, S.A. (1986): Flytebru over Salhusfjorden. Marin-fysiske virkninger. NHL rapport STF60 F86110.