

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
BLINDERN

0 - 59/69

FORURENSNINGSPROBLEMENE I
SANDEBUKTA

Saksbehandlere: Erik Steensrud, siv.ing.
Jan Rueness, cand.real.
Paul Liseth, siv.ing. Ph.D.

Rapporten avsluttet Desember 1971.

INNHOLDSFORTEGNELSE

1.	INNLEDNING	side	3
2.	GENERELL BESKRIVELSE AV OMRÅDET		4
	2.1 Ferskvannstilførsel		4
	2.2 Tidevann		4
	2.3 Bathyografiske og hydrologiske data for Sandebukta		8
	2.4 Generelle betraktninger		8
	2.5 Fortynning av avløpsvann etter utslipp i resipient		9
3.	TILFØRSLER AV AVLØPSVANN		11
4.	BESKRIVELSE OG SAMMENDRAG AV UNDERSØKELSER I SANDEBUKTA		12
	4.1 Tidligere undersøkelser		12
	4.2 NIVA's undersøkelser		13
5.	VURDERING AV OBSERVASJONSMATERIALET		26
	5.1 Temperatur- og salinitetsforhold i Sandebukta		26
	5.2 Sandebuktas oksygentilstand		26
	5.3 Biologiske forhold		28
	5.4 Vannutskiftingsforhold		31
6.	SAMMENFATTENDE DISKUSJON		35
7.	KONKLUSJONER		37
8.	REFERANSELISTE		38

Figurfortegnelse

Fig. 1	-	Oversiktskart	side	5
"	2	- Kart Sandebukta		6
"	3	- Snitt på langs av Sandebukta		7
"	4	- Kartskisse over prøvesteder SPM		15
"	5	- Temperatur SPM		16
"	6	- Salinitet SPM 12.10.67		17
"	7	- Oksygen SPM		18
"	8	- KOF SPM		19
"	9	- NIVA snitt 1963		20
"	10	- NIVA salinoterm 2.7.67		21
"	11	- Prøvesteder biologi 17.6.70		22
"	12	- NIVA stasjoner sommeren 1970		23
"	13	- Temperatursnitt 22.6.70		24
"	14	- Salinitetsnitt 22.6.70		25
"	15	- Oksygen SPM 16.9.69		27
"	16	- Salinitet NIVA stasjonene LB3, LC3, MD1.		33

1. INNLEDNING

Denne saken har sprunget ut fra et tidligere oppdrag - 0-75/63 - Utslipp fra Sande Paper Mill A/S, hvor NIVA fikk første henvendelse 11. november 1963.

Senere kom det henvendelser fra Foreningen mot Sandebuktas forurensning om en undersøkelse av Sandebukta.

NIVA tok deretter kontakt med Sande Paper Mill A/S, Regionplankomiteen for Drammensområdet og Sande kommune for å høre om disse i sammen ville dekke omkostningene ved en undersøkelse.

Etter flere møter med de interesserte parter, hvor også Sandevassdraget ble trukket inn, fremla NIVA, 13. juli 1967, et forslag til undersøkelsesprogram for Sandevassdraget og Sandebukta.

Her ble det antydnet en oppdeling av undersøkelsen i flere deler hvorav 0-49/67 - En undersøkelse av Sandevassdraget 1967-68, er avsluttet.

Undersøkelsen av Sandebukta ble av forskjellige grunner ikke igangsatt før sommeren 1970, og en omorganisering av den marine sektor ved NIVA forsinket behandlingen av saken ytterligere.

Den foreliggende rapport inneholder en samlet oppstilling av de undersøkelser laboratoriet ved Sande Paper Mill A/S og NIVA har foretatt i Sandebukta. Ut fra disse undersøkelser er det foretatt en vurdering av forholdene i dagens situasjon og antydnet de løsninger for fremtidens situasjon som antas å gi de best mulige forhold i Sandebukta.

Det ble antydnet en kostnadsramme for arbeidet på ca. 25.000 kroner, r hvorav Sande Paper Mill A/S har sagt seg villig til å dekke ca. 1/3, og det ble forutsatt at Sande kommune dekker de resterende 2/3.

2. GENERELL BESKRIVELSE AV OMRÅDET

Sandebukta er betegnelsen på den fjordarm som strekker seg fra Holmestrandfjorden og inn mot Sandeelvas munning. Se kart, fig. 1.

En kan angi Sandebuktas naturlige avgrensning mot syd som en linje fra Brustrand over nordspissen av Kommersø til Engenestangen. Se kart, fig. 2.

Sandebukta har et jevnt økende dyp uten terskler utover fra Sandeelvas munning til Breiangen. Se snitt, fig. 3.

Sandebuktas nedbørfelt er beregnet til 263 km^2 , hvorav 193 km^2 tilhører Sandevassdragets nedbørfelt.

Nedbørfeltet består for en stor del av skog, vesentlig i den vestlige del. Langs Sandevassdraget og langs Sandebukta er det meste av jordbruksvirksomheten, industrien og boligbebyggelsen konsentrert.

2.1 Ferskvannstilførsel

Basert på oppgaver fra Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen (NVE) (1) er gjennomsnittlig spesifikt avløp for området anslått til 15 l/sek km^2 , hvilket gir en ferskvannstilførsel på ca. $15 \cdot 263 = 3945 \text{ l/sek}$): ca. $340.000 \text{ m}^3/\text{døgn}$.

Den største delen av denne ferskvannstilførselen er konsentrert i Sandeelvas utløp innerst i Sandebukta. Middelvannføringen i Sandeelva er $2.9 \text{ m}^3/\text{sek}$ (2) .

2.2 Tidevann

I følge Tidevannstabellen for den norske kyst (3), er den midlere halvdaglige tidevannsvariasjon for Horten ca. 30 cm, som også antas å være representativt for Sandebukta.

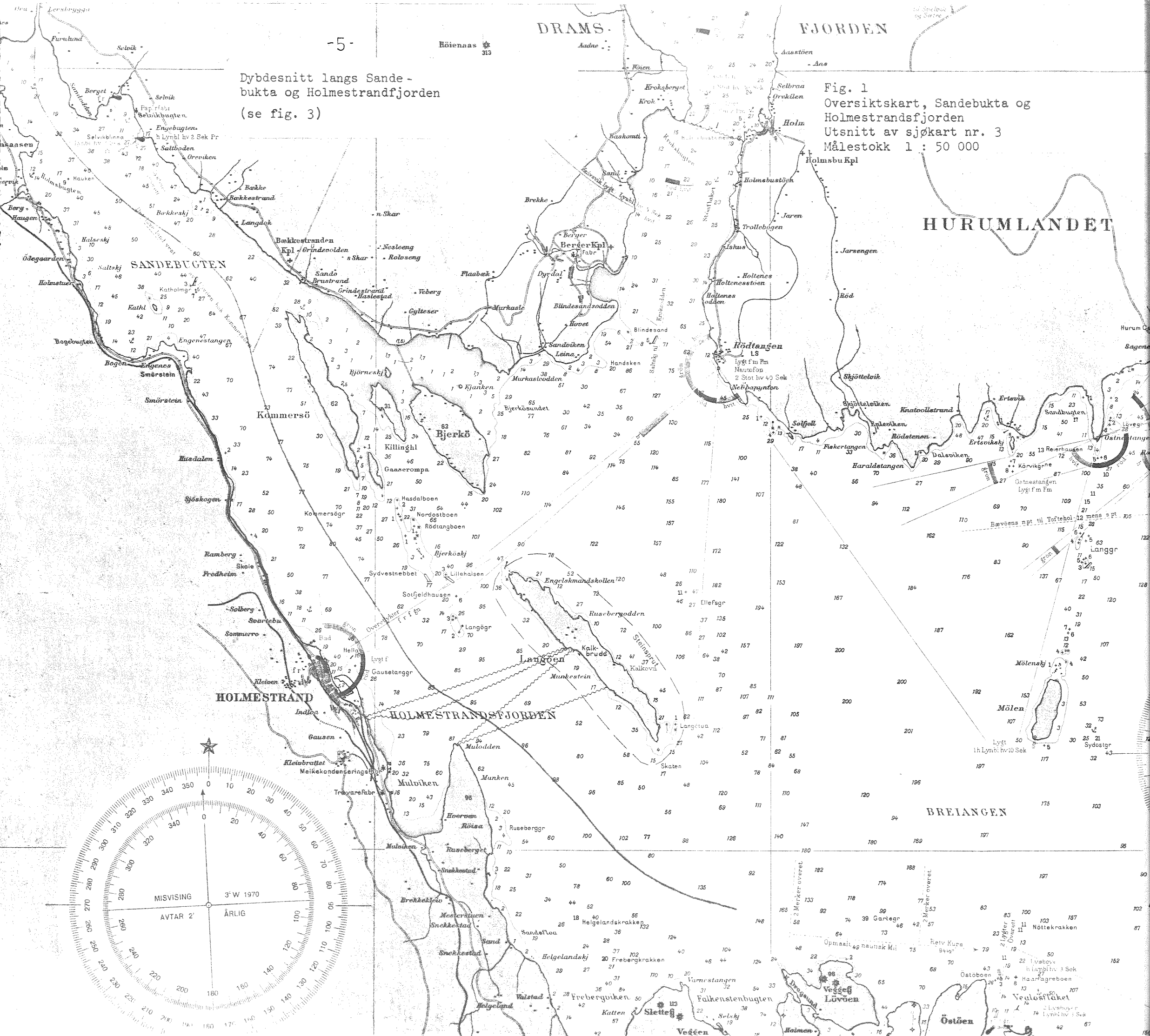
Dybdesnitt langs Sandebukta og Holmestrandfjorden (se fig. 3)

DRAMS

FJORDEN

HURUMLANDET

Fig. 1
Oversiktskart, Sandebukta og Holmestrandfjorden
Utsnitt av sjøkart nr. 3
Målestokk 1 : 50 000



SANDEBUGHTEN

HOLMESTRAND

HOLMESTRANDSFJORDEN

BREIANGEREN

MISVISING

AVTAR 2'

ÄRLIG

3° W 1970

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300 310 320 330 340 350

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300 310 320 330 340 350

Figur 2
Kart over Sandebukta
Utsnitt av sjøkart nr. 403

Målestokk 1 : 25 000

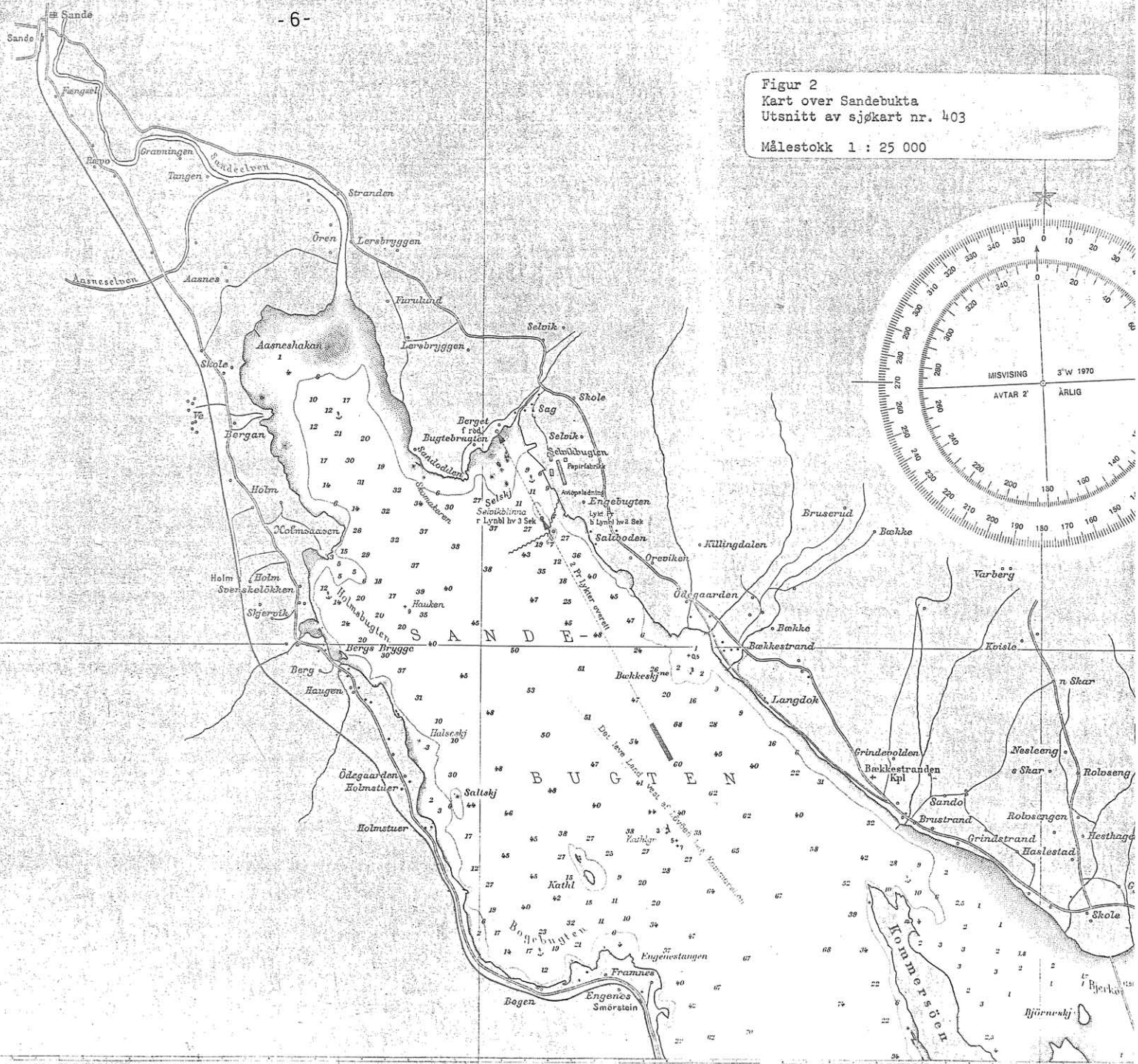
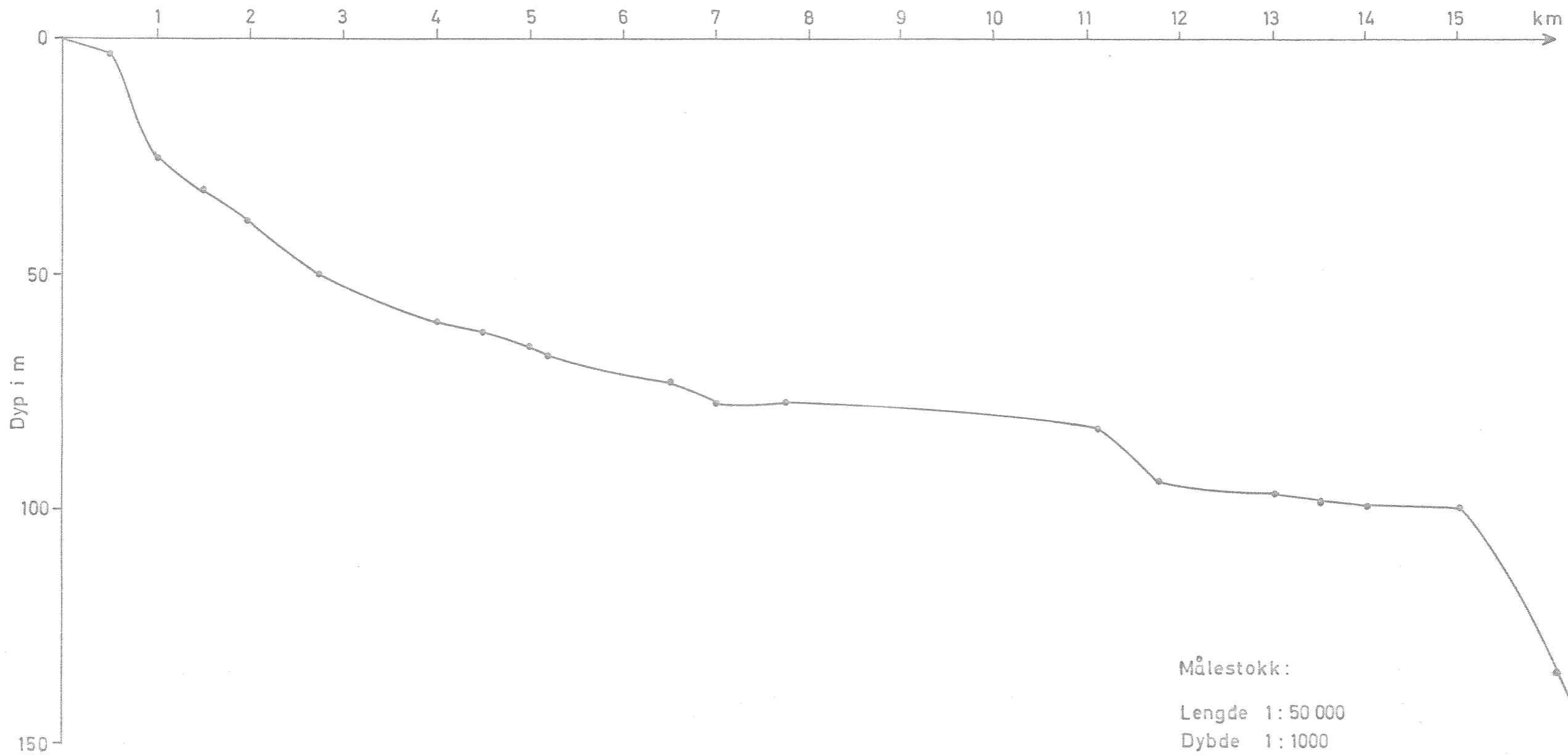


Fig.3 'Langsgående dybdesnitt i Sandebukta og Holmestrandsfjorden



2.3 Bathyografiske og hydrologiske data for Sandebukta

Lengde	ca. 5.300 m
Midlere bredde	" 1.800 m
Vannoverflate	" $9.3 \cdot 10^6 \text{ m}^2$
Største dyp	" 67 m
Totalt vannvolum	" $264 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
Antatt midlere halvdaglig tidevannsvariasjon	" 30 cm
Midlere ferskvannstilførsel	" $340.000 \text{ m}^3/\text{døgn}$

2.4 Generelle betraktninger

over forhold som vil kunne gjøre seg gjeldende i Sandebukta

Med avløpsvann menes her alle former for forurenset vann i vanlig husholdningskloakk, avrenningsvann fra landbruket og vann fra forskjellige industrigrener.

De primære forurensninger kan deles i følgende hovedgrupper:

Organisk stoff som nedbrytes i vannet.

Uorganiske stoffer som gir gjødslingseffekt i vannet.

Olje, suspenderte stoffer, søppel.

Giftstoffer.

Smitteførende bakterier og virus.

Som oftest vil man finne en kombinasjon av alle forurensningstyper, men det er de to førstnevnte som foreløpig er de dominerende. De oppløste næringsstoffene gir grunnlag for en rik vekst av alger og høyere planter. Giftstoffer har bare unntaksvis skapt permanente problemer, men utslipp ved uhell eller skjødesløshet forekommer ganske hyppig og kan forårsake fiskedød.

Forurensningsvirkningen i resipienten kan karakteriseres på forskjellige måter, men det er særlig to former som skal nevnes her - saprobiering og eutrofiering.

Saprobiering er en forurensningsvirkning av organisk stoff som medfører vekst i resipienten av heterotrofe organismer, som bakterier sopp og protozoer, som direkte kan nyttiggjøre seg disse stoffene som

næring. Heterotrofe organismer er de organismer som foruten vann og mineraler trenger tilgang på organisk stoff. Avhengig av forholdene i resipienten og utslippenes art og mengde, kan det dannes utstrakte begroinger av ulike organismer. Masseforekomst av disse heterotrofe organismer gjør vannmassene uskikket til mange av de formål de skal tjene.

I flere av våre fjorder medfører belastningen med organisk stoff problemer for oksygenbalansen. Dette gjør seg spesielt gjeldende i typiske terskelfjorder, med en stor organisk egenproduksjon som følge av en eutrofiering eller for stor belastning fra avløp.

Eutrofiering er en forurensningsvirkning forårsaket av gjødselstoffer som medfører økt plantevekst i resipienten. Mens organismene som utvikler seg ved saprobiering, nedbryter organisk stoff i forurensningene og benytter seg av dette som energigrunnlag for sine livsprosesser, bygger organismene som utvikler seg ved eutrofiering opp nytt organisk stoff. Dette gir opphav til en sekundær belastning av resipienten med organisk stoff.

I praktisk sammenheng er følgene av eutrofiering ofte en nedsatt brukbarhet av vannet til forskjellige formål. Fiskeriinteresser er skadelidende ved at verdifulle fiskearter får reduserte livsmuligheter eller utryddes. Store algeforekomster nedsetter gjerne vannets verdi i rekreasjonsmessig sammenheng på grunn av uestetisk utseende og nedsatt gjennomskinnelighet.

2.5 Fortynning av avløpsvann etter utslipp i resipient.

Avløpsvannets fortynning og bevegelse i resipienten etter utslippet kan deles i to faser:

Første fase kalles primærfortynning (initialfortynning) og er hovedsaklig bestemt av utslippshastighet og tetthetsforskjell mellom avløpsvannet og resipientens vann. Primærfortynningen er avgjørende for avløpsvannets forurensning av vannmassene i utslippets umiddelbare nærhet.

Annen fase, som kalles sekundærfortynning, er bestemt av turbulensdiffusjon og strømbevegelse i resipienten.

Ved dypvannsutslipp i sjøvann vil det lettere avløpsvannet føres av gravitasjonskrefter oppover mot overflaten. Dette vil gi en intens stråleblanding av avløpsvannet før innlagring eller opptrengning til overflaten. Innlagringsdypet er bestemt av utslippsdyp og primærfortynning. Den videre, sekundære fortynning gir en betydelig langsommere oppblanding av avløpsvannet.

Slippes avløpsvannet ut i overflatelaget, vil primærfortynningen hovedsaklig være bestemt av utslippshastighet, og stråleblanding vil være betydelig mindre enn ved tilsvarende dypvannsutslipp.

Avløpsvannets fortynning på ulike steder i resipienten er hovedsaklig bestemt av sekundærfortynningen og tilgjengelig fortynningsvannmengde.

I tillegg til den fysiske fortynning vil forurensningene bli utsatt for de naturlige selvrensende prosesser i resipienten. Disse prosessene, som bevirker en gradvis nedbrytning og reduksjon av forurensninger, er ofte tidskrevende og vil først gjøre seg gjeldende under den sekundære fortynningsfase.

De selvrensende prosesser vil imidlertid kunne være minst like betydningsfulle som de fysiske fortynningsprosesser i reduksjon av mengde og konsentrasjoner av ulike forurensninger i resipienten.

3. TILFØRSLER AV AVLØPSVANN

I rammeplanen for kloakk for Sande kommune (4), har Østlandskonsult A/S regnet med en tilknytning til kloakknettets fra 6500 personer - og industri tilsvarende 1000 personekvivalenter - tilsammen 7500 personekvivalenter.

Om en setter spesifikk kloakkvannsavrenning til 350 l/p.døgn, utgjør avløpsvannet fra kloakknettets ca. $2600 \text{ m}^3/\text{døgn}$ (30 l/sek).

Den forurensningsmengde dette representerer avhenger av den type renseanlegg man bygger for avløpsvannet.

Basert på en BOF_5 -belastning på $60 \text{ gBOF}_5/\text{p.døgn}$, utgjør organisk belastning for råkloakken følgende:

$$0,06 \text{ kg} \cdot 7500 = 450 \text{ kg BOF}_5/\text{døgn}.$$

Basert på tall fra NIVA's Oslofjordutredning (13), er spesifikke belastningstall for fosfor og nitrogen henholdsvis $2,5 \text{ gP}/\text{p.døgn}$ og $12-13 \text{ gN}/\text{p.døgn}$.

$$\text{Dette gir } 0,0025 \cdot 7500 = 18,75 \text{ kg P/døgn}$$

$$0,0125 \cdot 7500 = 93,75 \text{ kg N/døgn}$$

Bedriftene Sande Paper Mill A/S og Sande Tresliperi bidrar også med betydelige forurensningsmengder. Undersøkelser foretatt av Skogsindustriernas Vattenlaboratorium (5) og Papirindustriens Forskningsinstitutt (6), gir følgende tall:

Sande Paper Mill A/S:

Fibertap	ca.	6 tonn/døgn	
Tørrstoff	"	65 tonn/døgn	- (derav ca. 45% organ. stoff)
BOF_5	"	25 tonn/døgn	

Sande Tresliperi:

Filtrerbart stoff	ca.	2 tonn/døgn	
Tørrstoff	"	9 tonn/døgn	
BOF_5	"	2 tonn/døgn	

4. BESKRIVELSE OG SAMMENDRAG AV UNDERSØKELSER I SANDEBUKTA

Det er foretatt en rekke forskjellige undersøkelser som kan benyttes i en vurdering av Sandebuktas forurensningstilstand. Enkelte av undersøkelsene er spesielt viet utslippene fra Sande Paper Mill A/S og Sande Tresliperi, mens andre er mer generelle målinger i hele Sandebukta.

4.1 Tidligere undersøkelser

Byveterinæren i Drammen undersøkte en del vannprøver fra Sandebukta 13.7, 22.7 og 29.7 - 1963 for å bestemme innhold av koliforme bakterier (7). Kolianalysene viser for et par steder verdier som ligger i overkant av hva som anbefales som brukbart badevann ifølge svenske forskrifter. Her i landet fins ikke slike forskrifter da man mener ikke å ha grunnlag for å sette opp kriterier for badevann på grunnlag av kolianalyser. Prøvene kan ikke sies å være representative for forholdene i Sandebukta idag, og en rekke forhold er endret siden 1963.

Skogsindustriernas Vattenlaboratorium utførte 15.-17.10 - 1964, etter oppdrag fra Sande Paper Mill A/S, en undersøkelse av vannet utenfor bedriften (8). Konklusjonen på denne undersøkelsen er at avløpsvannet lagres inn i et ca. 10 meter tykt sjikt under sprangsjiktet, som ligger på ca. 17-18 meters dyp. Avløpsvannet fra Sande Paper Mill A/S ble før 1963 sluppet ut ca. 150 meter fra land i dyprennen innenfor Selvikblinna. Høsten 1963 ble utslippsledningen forlenget til ca. 300 meter fra land, utenfor Selvikblinna, og utslippsdypet var da 7,5 meter. I 1964 ble så ledningen ytterligere forlenget med 400 meter ned til ca. 40 meters dyp.

I samme tidsrom utførte samme institusjon en undersøkelse av sammensetningen av avløpsvannet fra Sande Paper Mill A/S og Sande Tresliperi (5). Resultatene fra denne undersøkelsen er grovt gjengitt under punkt 3.

En undersøkelse av bunnbeskaffenheten ble også foretatt av Skogsindustriernas Vattenlaboratorium 19.-20.10 - 1964 (9). Denne undersøkelsen omfatter områdene i nærheten av Sande Paper Mill A/S og Sande Tresliperi, og konklusjonen er at på de fleste prøvesteder ble det funnet fibermaterialer, nedbrutt i varierende grad.

Isoptekniske Laboratoriet foretok 2.3.65 en undersøkelse for å klarlegge spredningen av avløpsvannet fra Sande Paper Mill A/S. (10). Det ble brukt en radioaktiv tracer for å spore avløpsvannet utover i Sandebukta. Undersøkelsen viste at avløpsvannet stiger raskt til overflaten og spres i de øvre 2 meter. Det trekker ut mot midten av bukta og sydover. Under disse målinger ser det ut som man har brudd på utslippsledningen og utslipp i 8-10 meters dyp. Idet avløpsvannet spres i overflaten, påvirkes det lett av tidevann, vind og ferskvannstilførsel, og situasjonen som undersøkelsen viser kan ikke antas å representere annet enn en tilfeldig situasjon under de rådende værforhold.

Papirindustriens Forskningsinstitutt foretok en måling av utslippene fra Sande Paper Mill A/S i tidsrommet 9.7 - 9.8. - 1970 (6), og resultatene fra disse målingene stemmer godt overens med målingene som Skogsindustriernas Vattenlaboratorium har foretatt. (5) Resultatene viser at det er forholdsvis store forurensningsmengder som slippes ut i Sandebukta fra Sande Paper Mill A/S og Sande Tresliperi.

Laboratoriet på Sande Paper Mill A/S har gjennom en rekke år tatt vannprøver fra en rekke prøvesteder i Sandebukta. (11) Prøvestedene er slik lagt at de ikke gir grunnlag for å trekke opp snitt på langs eller tvers av Sandebukta, men de gir gode øyeblikksbilder for de enkelte stedene. I de fleste tilfelle er målt temperatur, salinitet, oksygen og kjemisk oksygenforbruk (permanganatforbruk). Temperatur og salinitet viser at en har den lagdeling som er vanlig i estuarområder, oksygenmålingene viser 50 - 80% metning, og permanganattallene har sine største verdier i overflatelaget.

En kartskisse (fig. 4) viser de forskjellige prøvestedenes beliggenhet, og i figurene 5, 6, 7 og 8 er det vist enkelte typiske situasjoner.

4.2 NIVA's undersøkelser

NIVA tok første gang vannprøver i forbindelse med utslippet fra Sande Paper Mill A/S den 29.10.63. Resultatene er vist i fig. 9, og det fremgår av disse at avløpsvannet lagret seg inn mellom 0 og 2 meters dyp.

Endel prøver av belegg fra strendene langs østre side av Sandebukta tyder også på en viss påvirkning fra avløpsvannet på organismelivet i strandsonen.

Utslippspunktet for avløpsvannet er senere flyttet, og forholdene beskrevet ovenfor er ikke representative for dagens situasjon.

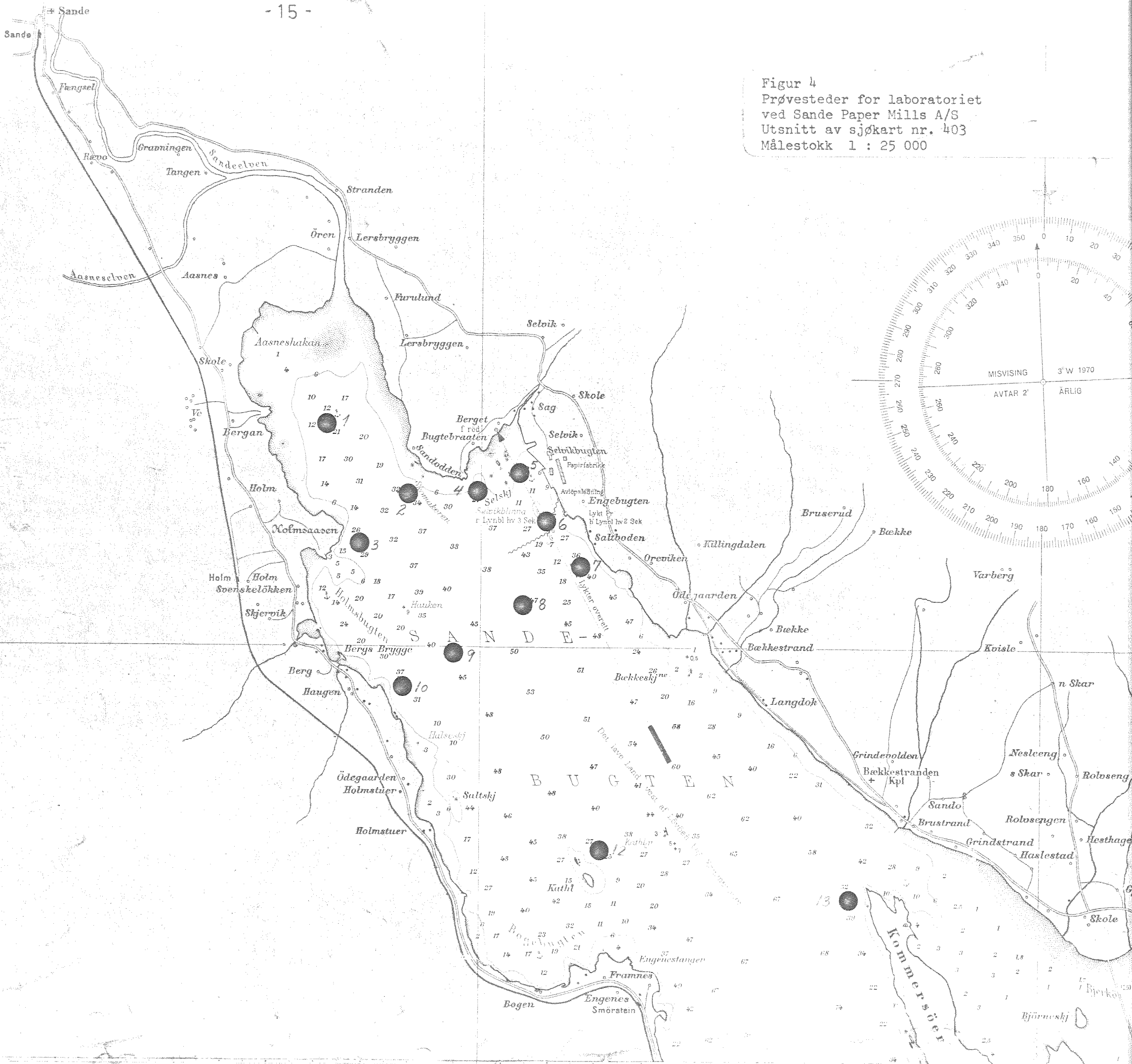
NIVA gjorde en enkel måling med salinoterm på to stasjoner 2.7.67, og disse målingene viser en typisk sommersituasjon, se fig. 10. Det rapporteres at man kunne se en kraftig strøm av oppkommende avløpsvann som spredde seg utove i overflatelaget, og at hele indre del av bukta hadde uestetisk ugjennomskinnelig overflatevann.

I 1966 ble det montert et bend på utløpsrøret og et vertikalt rør opp til 18 meters dyp. Senere er dette forlenget ytterligere - først til 12 - så til 8 meters dyp.

Sommeren og høsten 1970 foretok NIVA en rekke målinger med salinoterm i området - på følgende datoer: 22.6, 15.7, 30.7, 6.8, 4.9, 11.10 - 1970. 17.6 ble det dessuten foretatt en biologisk undersøkelse på en del punkter langs Sandebukta (se fig. 11). Stasjoner for salinotermmålinger er vist på fig. 12.

Det er tegnet opp snitt som viser temperatur- og salinitetsforholdene langs Sandebukta 22.6.70 - se fig. 13 og 14.

Figur 4
Prøvesteder for laboratoriet
ved Sande Paper Mills A/S
Utsnitt av sjøkart nr. 403
Målestokk 1 : 25 000



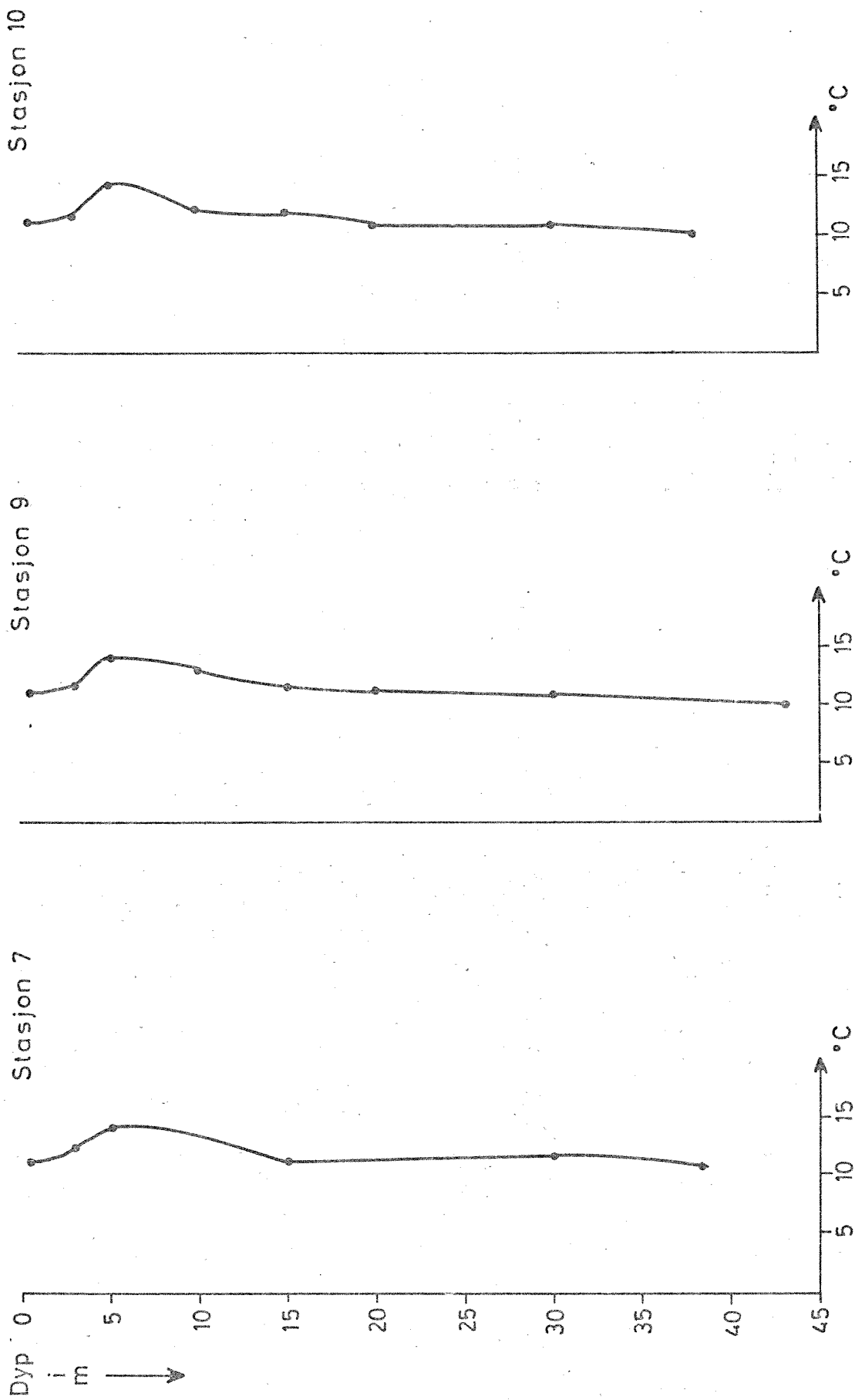


Fig.5 Temperaturobservasjoner i Sandebukta 12/10 - 67 v/SPM

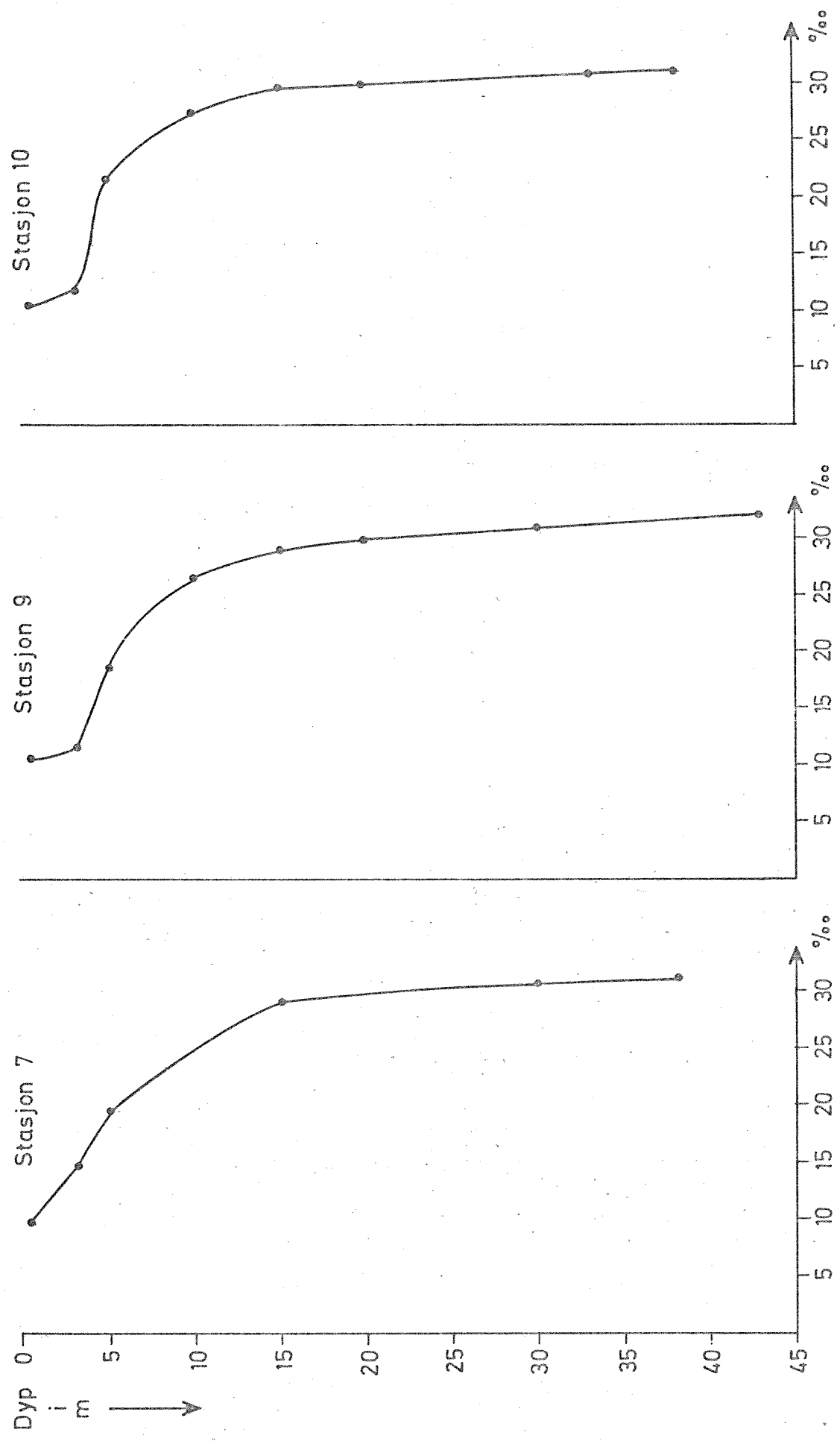


Fig. 6 Salinitetsobservasjoner i Sandebukta 12/10 - 67 v/SPM

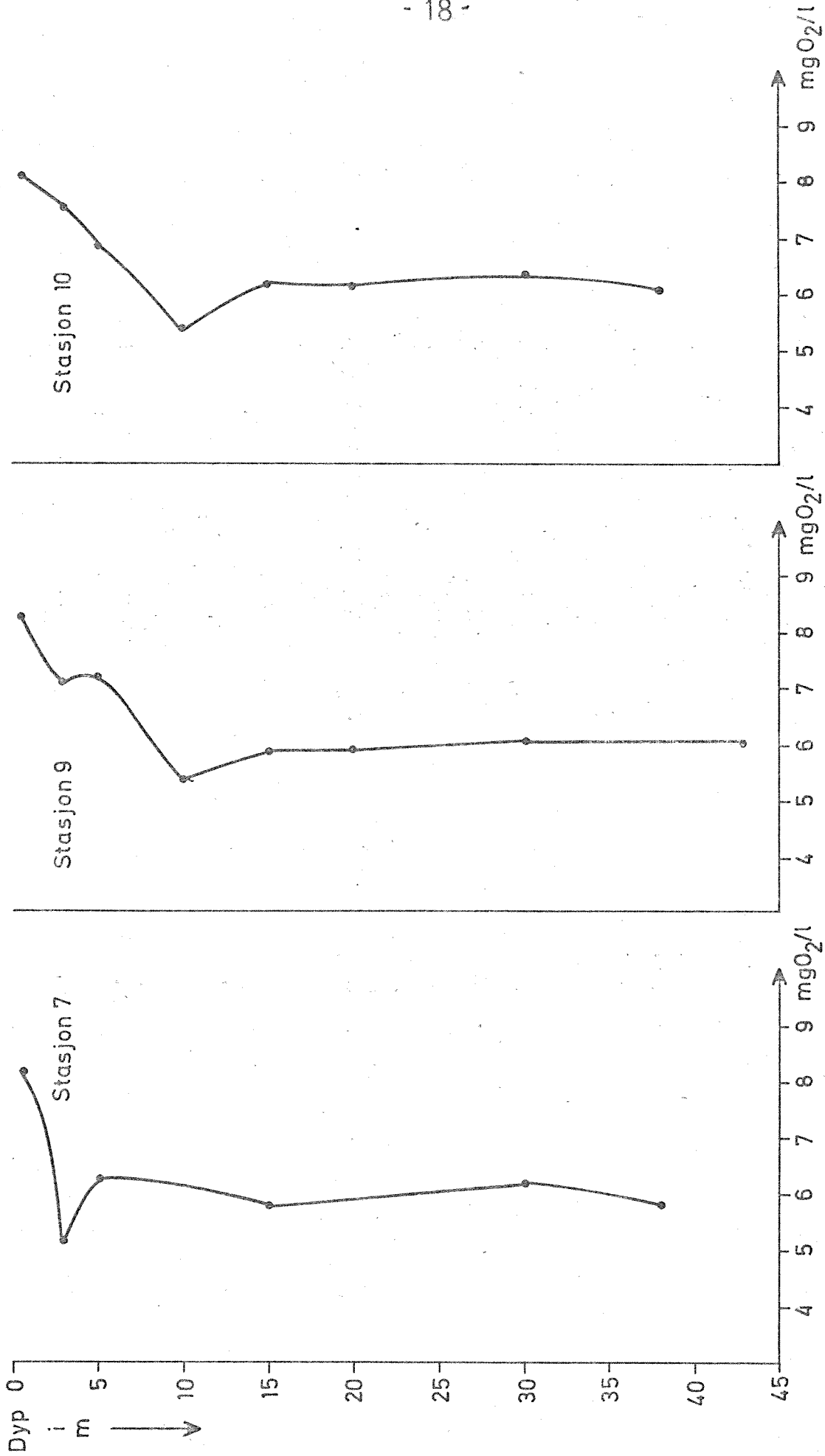


Fig. 7 Oksygenobservasjoner i Sandebukta 12/10-67 v/SPM

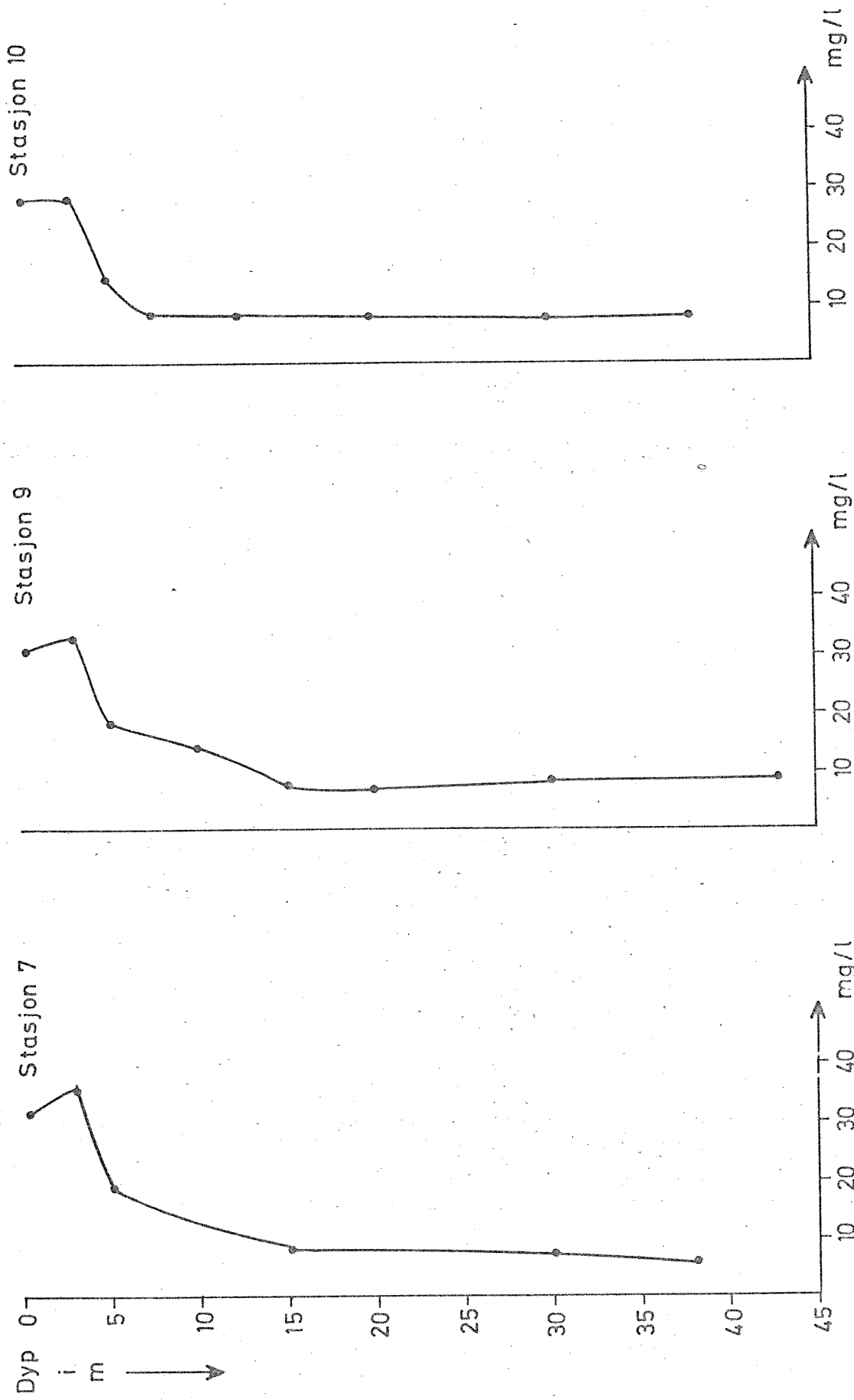


Fig. 8 KMnO₄ - forbruk i Sandebukta 12/10-67 v/SPM

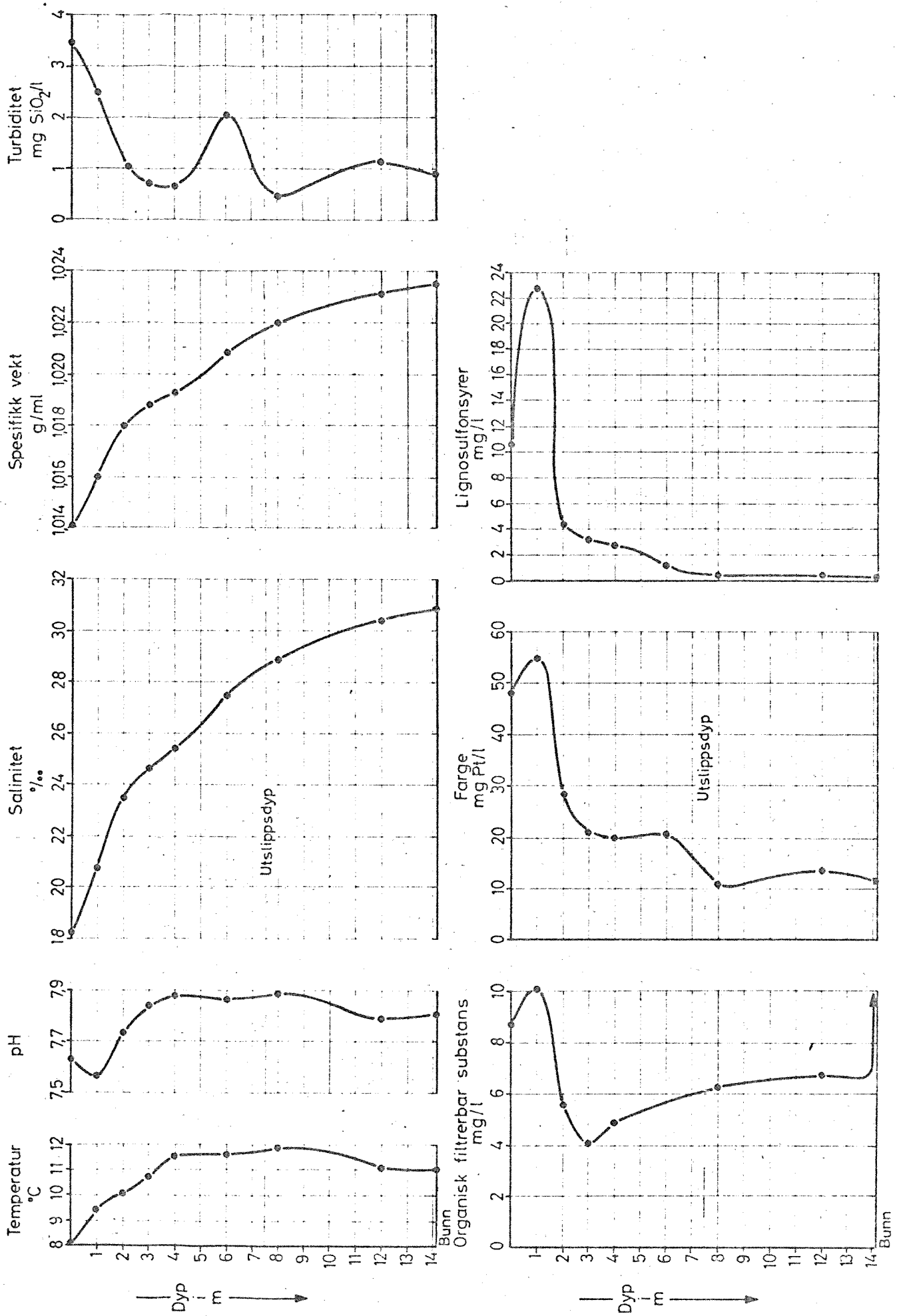


Fig. 9 Resultater av vannprøver fra Sandebukta stasjon 1, 100 m syd for utslipp 29/10-63

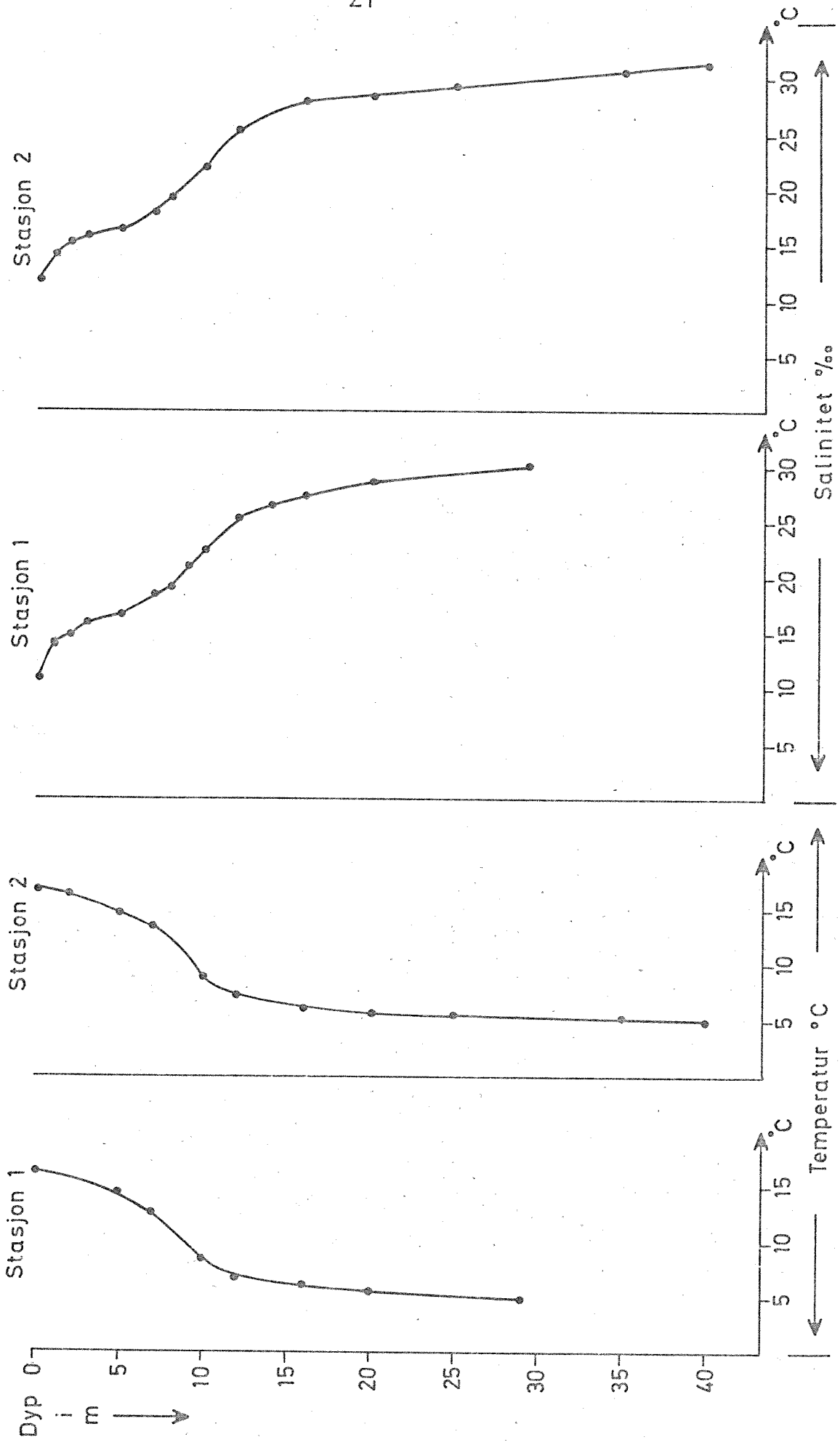
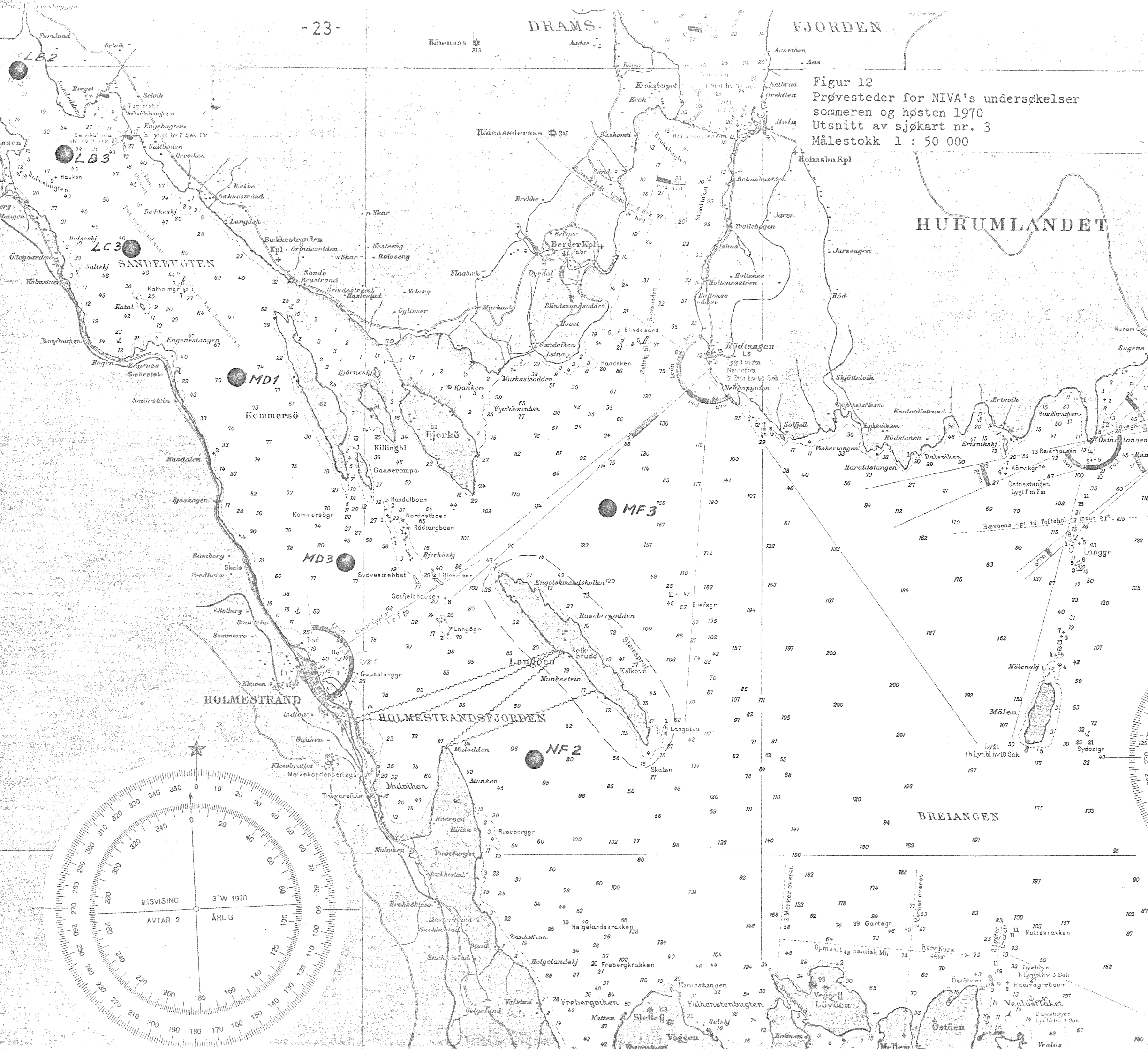


Fig.10 Salinotermmåling i Sandebukta 2/7-67 v/NIVA

Figur 31.
Kort over øen for biologisk undersøkelse
i den periode 27.6.70 - 1/7.70
Udvalgte afgrænsede nr. 403
Skala 1 : 25 000



Figur 12
Prøvesteder for NIVA's undersøkelser
sommere og høsten 1970
Utsnitt av sjøkart nr. 3
Målestokk 1 : 50 000

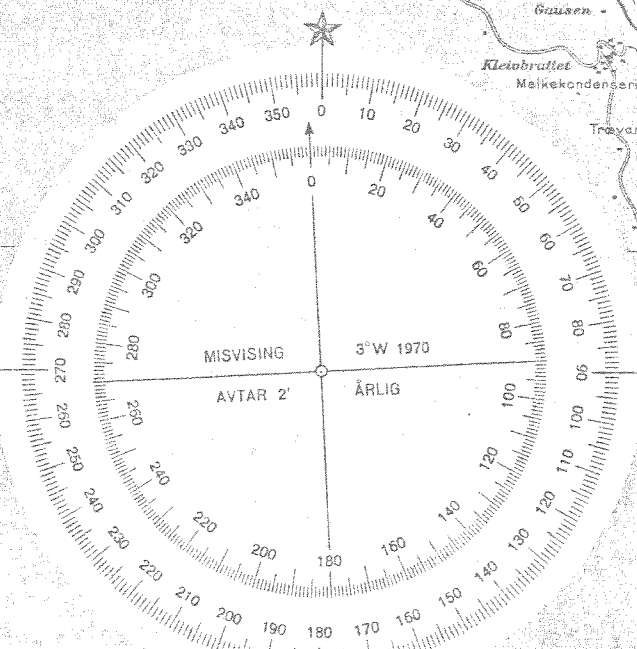


HURUMLANDET

HOLMESTRAND

HOLMESTRANDSFJORDEN

BREIANGER



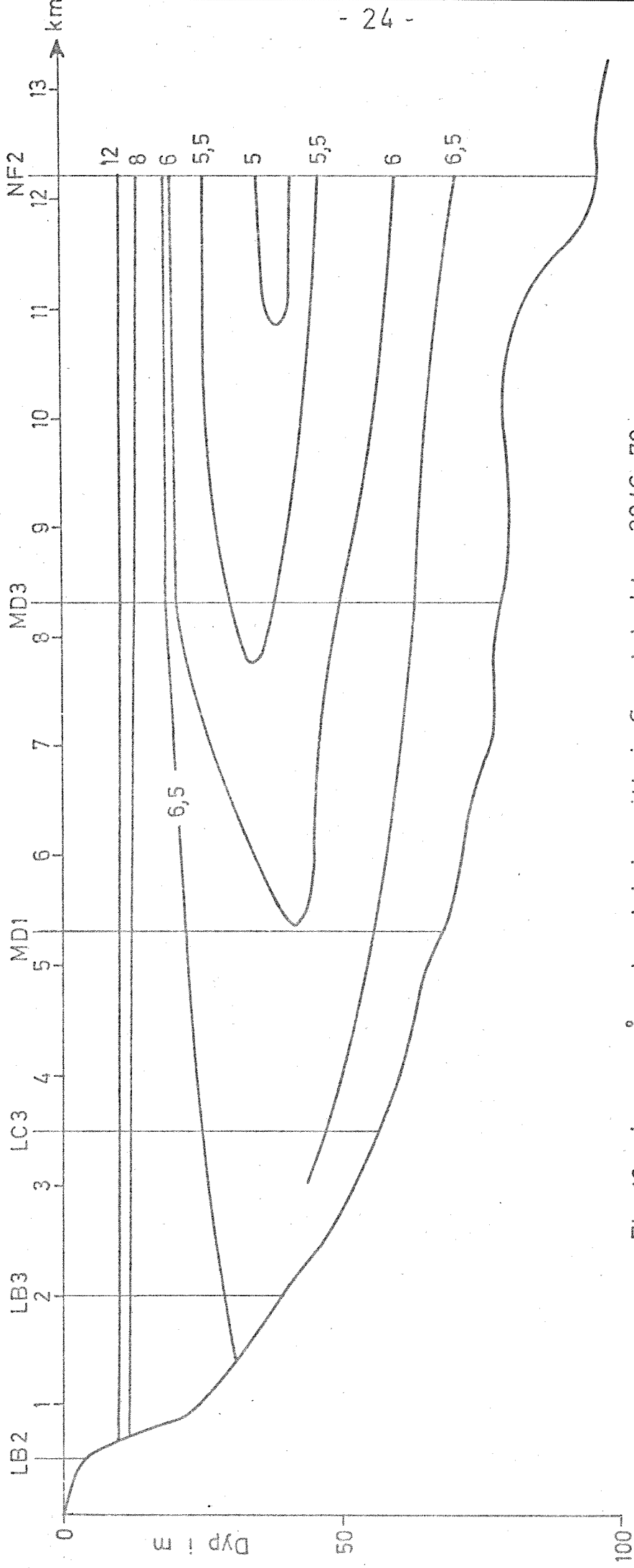


Fig.13 Langsgående dybdesnitt i Sandebukta 22/6-70
 Isolinjer for temperaturfordeling v/NIVA

Målestokk :
 Lengde 1 : 50000
 Dybde 1 : 1000

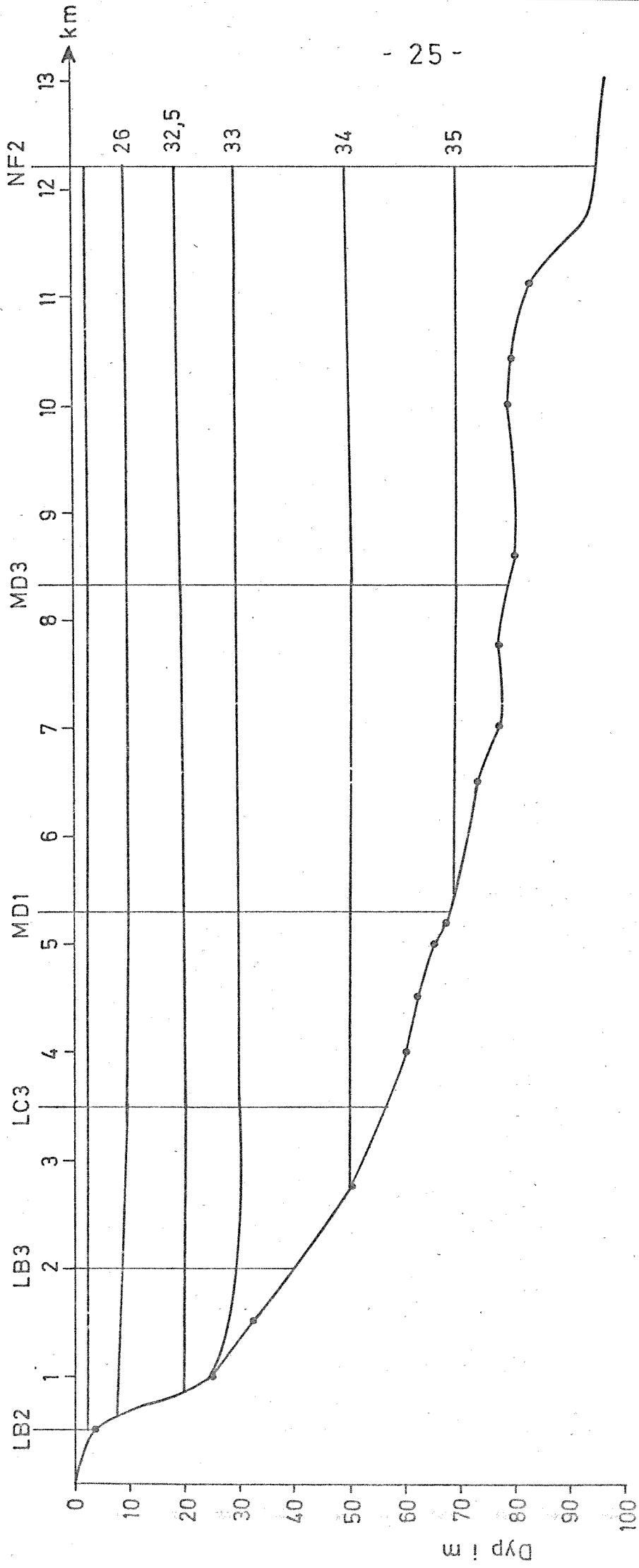


Fig. 14 Langsgående dybdesnitt i Sandebukta 22/6-70
Isolinjer for salinitet i ‰ v/NIVA

Målestokk:
Lengde 1 : 50000
Dybde 1 : 1000

5. VURDERING AV OBSERVASJONSMATERIALET

5.1 Temperatur- og salinitetsforhold i Sandebukta

Snittet langs Sandebukta 22.6.1970 viser at saliniteten ikke overstiger 20 o/oo i de øvre 3 meter og ikke over 25 o/oo i de øvre 10 meter. (fig. 14).

Disse lave salinitetsverdier skyldes tilførsel av ferskvann. Det t øverste lag skyldes sannsynligvis ferskvannstilførsel i Sandebukta, mens det noe dypere laget trolig er en effekt av brakkvannstilførsel fra Drammensfjorden.

Andre faktorer som påvirker lagdelingen av vannmassene er lufttemperatur, vind og strøm, men på grunnlag av de målinger som foreligger, er det vanskelig å si noe om hvilken innflytelse disse faktorene har på forholdene i Sandebukta.

Det foreligger ikke målinger som viser vintersituasjonen i vannmassene, men med den kjennskap man har til Oslofjorden generelt, vet man at lagdelingen om vinteren er langt mindre markert.

5.2 Sandebuktas oksygentilstand

Oksygeninnholdet måles som mgO_2/l som angir vannets innhold av løst oksygen. Oksygeninnholdet i sjøvann vil variere i området 10 - 14 mg/l ved 100% metning avhengig av temperatur og salinitet.

Undersøkelsene av vannmassene i Sandebukta viser at oksygeninnholdet ligger i området 5 - 8 mgO_2/l - for januar 1965 noe høyere. Dette representerer metningsgrader i området 50 - 80%, hvilket indikerer at det er et visst oksygenforbruk i vannmassene.

Målinger foretatt av Sande Paper Mill A/S (SPM) 16.9.69 viser et markert minimum i ca. 18 meters dyp, se fig. 15. Ved en undersøkelse av utløpsledningen fra SPM viste det seg å være en lekkasje, og oksygenminimumet skyldtes sannsynligvis den store organiske belastning fra lekkasjen. Dette tyder på at utvekslingen av vannmassene i dypet i Sandebukta ikke er tilstrekkelig til å fjerne de store mengdene organostoff som tilføres via avløpsvannet.

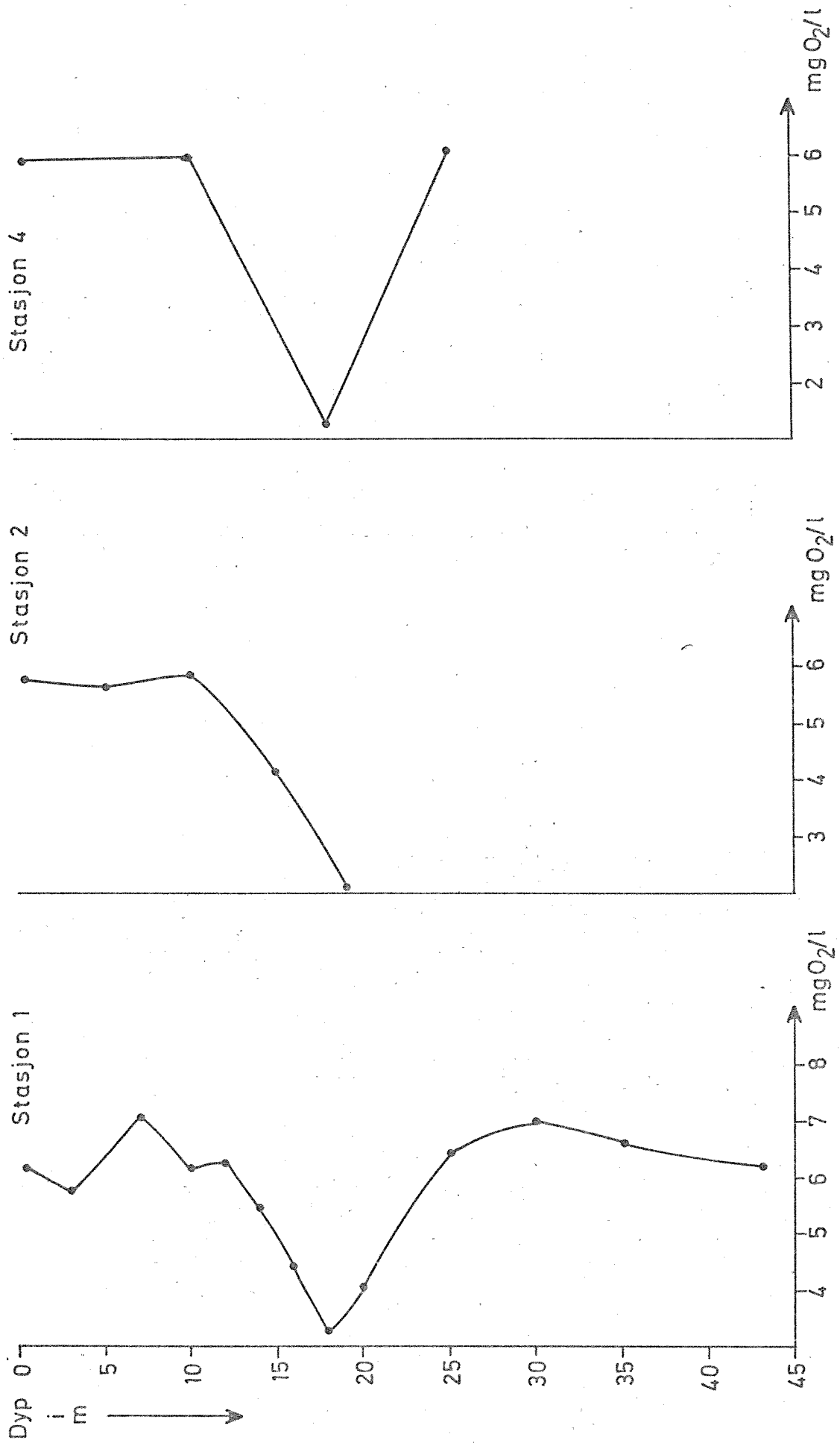


Fig. 15 Oksygenobservasjoner i Sandebukta 16/9 - 69 v/SPM

Denne antakelsen støttes også av det faktum at da avløpsvannet fra SPM ble sluppet på ca. 40 meters dyp, fikk en fiskedød i Sandebukta - trolig p.g.a. oksygensvikt.

5.3 Biologiske forhold

Det er gjort få undersøkelser av de biologiske forhold i Sandebukta. En undersøkelse i gruntvannsområdet langs østre side av bukta i november 1963, viser at det er en viss organisk belastning langs hele strekningen, med anaerobe bunnforhold på de fleste prøvestedene, noe som har en stor betydning for organismesamfunnet i strandsonen. Utslippsforholdene for Sande Paper Mill A/S er endret siden den gang, og det antas at forholdene er vesentlig bedret.

NIVA foretok en biologisk befaring i Sandebukt 17.6.70, hvor man vesentlig konsentrerte seg om den fastsittende vegetasjon i strandområdene ned til ca. 2 meters dyp. Organismelivet ble registrert på 7 forskjellige prøvesteder (se fig. 11). Arts sammensetningen av vegetasjonen fremgår av tabell 1. Hensikten var å undersøke om eventuelle forurensningstilførsler gjorde seg utslag i de biologiske forhold, eller om disse kunne karakteriseres som mer eller mindre normale for denne type lokalitet. Det må her presiseres at det ved en relativt overfladisk befaring som dette bare vil være de mest fremtredende indikasjoner som blir observert. Best undersøkt er områdene rundt Selvikbukta og Sandodden, der utslippet fra fabrikkene og tilslaget fra parkhaugen kunne ventes å påvirke forholdene. Vegetasjonsforholdene i Sandebukta er ganske varierende, for en stor del betinget av vannets vekslende substratinhold og gradienten i saltholdigheten. Karakteristisk er langgrunne strender med småstein og sand, med liten fastsittende vegetasjon.

Resultater: Tydelige forurensningseffekter ble bare observert på stasjonene 4 og 5. På de øvrige stasjoner avviker ikke vegetasjonen vesentlig fra det man kan vente å finne i et upåvirket brakkvannsområde. Det ble imidlertid på flere steder (stasjonene 2, 3, 6, 7) observert et grått belegg på steiner og vegetasjon. Dette belegg besto for det meste av kolonidannende diatomeer (kiselalger) sammen med fibre, planterester og annet detritus. Noe av dette kan muligens tilbakeføres til fabrikkens utslipp.

FASTSITTENDE VEGETASJON REGISTRERT VED BIOLOGISK BEFARING 17.6.70

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7
Bacteria							
<i>Sphaerotilus natus</i>				+			
Cyanophyceae							
Chroococcaceae indet.			+				
Cyanophyceae indet.							+
<i>Lyngbya</i> sp.		+	+				
<i>Oscillatoria</i> sp.		+	+		+		
<i>Phormidium</i> sp.			+		+		
Rhodophyceae							
<i>Ahnfeltia plicata</i>			+				
<i>Chondrus crispus</i>			+				
<i>Erythrocladia subintegra</i>							+
<i>Gracilaria verrucosa</i>			+				
<i>Hildenbrandia prototypus</i>		+	+			+	
<i>Phyllophora brodiaei</i>			+				+
<i>Polyides rotundus</i>		+					+
<i>Polysiphonia nigrescens</i>							+
<i>Polysiphonia violacea</i>			+			+	+
<i>Porphyra</i> sp.						+	
Phaeophyceae							
<i>Ascophyllum nodosum</i>			+			+	+
<i>Chorda filum</i>						+	
<i>Ectocarpus siliquulosus</i>		+	+		+		
<i>Elachista fucicola</i>		+					
<i>Fucus serratus</i>							
<i>Fucus vesiculosus</i>		+	+		+	+	+
<i>Pilayella littoralis</i>					+		
Bacillariophyceae							
<i>Amphipleura</i> sp.		+					
<i>Cocconeis</i> sp.		+					+
<i>Grammatophora</i> sp.							+
<i>Melosira</i> sp.		+	+		+		+
<i>Navicula</i> sp.		+	+				
<i>Rhabdonema</i> sp.							+
<i>Synedra</i> sp.							+
Pennate diatoméer indet.		+	+	+	+		+

TABELL 1 - forts.

FASTSITTENDE VEGETASJON REGISTRERT VED BIOLOGISK BEFARING 17.6.70

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7
Chlorophyceae							
Cladophora rupestris			+				+
Cladophora sp.			+			+	+
Enteromorpha compressa		+					
Enteromorpha sp.	+	+	+		+	+	+
Pringsheimiella scutata							+
Ulva lactuca			+				
Phanerogamae							
Ruppia maritima	+	+					
Zostera marina		+					

I områdene nærmest barkfyllingen og munningen av Selvikelva (stasjonene 4 og 5), ble det bare funnet noen få pennate diatomeer, forøvrig fantes noe heterotrof vekst, bl.a. *Sphaerotilus natans*. Denne organismen er karakteristisk for vann forurenet med organisk stoff. Store deler av stranden rundt var uten vegetasjon eller død vegetasjon og svart utfelling.

I bukta vest for barkhaugen var det død, svart bunn, men med gradvis bedring utover mot Kverntangen (stasjon 5). Her ble det bl.a. funnet Blæretang (*F.vesiculosus*) som viste at plantene har overlevet en giftvirkning som sannsynligvis har vært størst ca. 1 måned tidligere. Giftvirkningene fra barkhaugen vil være svært avhengige av vindforholdene. Ved pålandsvind vil vannet bli stående i buktene utenfor barkhaugen. Prøver fra vannet i selve barkhaugen viste kraftig bakterievekst - av rød farge (stavformede bakterier).

Under dette punkt kan også nevnes at store deler av strandområdene i Sandebukta regnes for å være en av de få gjenværende og verneverdige rasteplasser for vadefugler og ender som er på trekk.

5.4 Vannutskiftingsforhold

De faktorer som i første rekke påvirker vannutvekslingen i fjorder er ferskvannstilførsel, tidevannspåvirkninger, vindpåvirkning og tetthetsforandringer i vannmassene utenfor fjorden.

Det er vanskelig å beregne de vannmengder som deltar i vannutvekslingen i et område uten svært omfattende undersøkelser over langt tidsrom, men en kan på grunnlag av enkle målinger gjøre noen grove overslag.

Ferskvannstilførsel:

Ferskvannstilførselen til Sandebukta gir et bidrag til vannutvekslingen som er større enn den direkte ferskvannstilførsel idet ferskvannet blandes med sjøvann på sin vei utover i bukta. Forholdet mellom ferskvann og saltvann kan anslås ut fra saliniteten i overflaten. Som grunnlag for et overslag brukes stasjonene LB3, LC3 og MD1 (se fig. 12) 22.6.70. Overflatesaliniteten er her 16 o/oo

(se fig. 16) og saltvannet har en salinitet på 25 o/oo. Dette indikerer et blandingsforhold på 1 del ferskvann til 1,67 deler saltvann, dvs. total utstrømmende vannmengde 2,67 ganger ferskvannstiltførselen, hvilket gir $3,95 \cdot 2,67 \approx 10,5 \text{ m}^3/\text{sek}$, henholdsvis $340.000 \cdot 2,67 \approx 900.000 \text{ m}^3/\text{døgn}$.

Disse tallene representerer middelveidier, og om det innføres en reduksjon faktor på 1/5 for variasjoner innen de tørre sommermånedet, gir dette utstrømmende vannmengde på $180.000 \text{ m}^3/\text{døgn}$.

Tidevannspåvirkning:

Det vannvolum som er i bevegelse som følge av tidevannsvariasjoner, kan anslås:

Vannoverflate i Sandebukta:	$9,3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
Halvdaglig tidevannsvariasjon:	30 cm
Halvdaglig tidevannsvolum:	$0,3 \cdot 9,3 \cdot 10^6 = 2,79 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

Nå vil imidlertid en betydelig del av den vannmasse som bringes ut av fjorden ved synkende vannstand kunne føres tilbake ved stigende vannstand.

Som et grovt overslag antas en utnyttingsprosent på 50%, og nyttbart volum på grunn av tidevann vil være $2.790.000 \text{ m}^3/\text{døgn}$.

Vindpåvirkning:

Vinden antas å ha en betydning for utskiftning av vannmassene i Sandebukta. Med vind fra nord vil en få en strøm ut fjorden i overflatelaget, og en kompensasjonsstrøm inn bukta i dyplagene. Utskiftingen blir bedre med sterkere vind. Forholdene blir omvendt med vind fra syd. Analyser av vinddata for perioden 1931-40 (12) synes å indikere at den mest fremtredende vind ved målestasjon Horten om vinteren (des-febr) er nordlig, noe som også holder seg utover våren, mens en om sommeren og høsten har vesentlig sørlige vinder.

Det er sannsynlig at en vil finne omtrent de samme vindforhold i Sandebukta, men en kan ikke foreta beregninger over de vannmasser som bidrar til vannutskiftning på grunn av vind da en mangler kon-

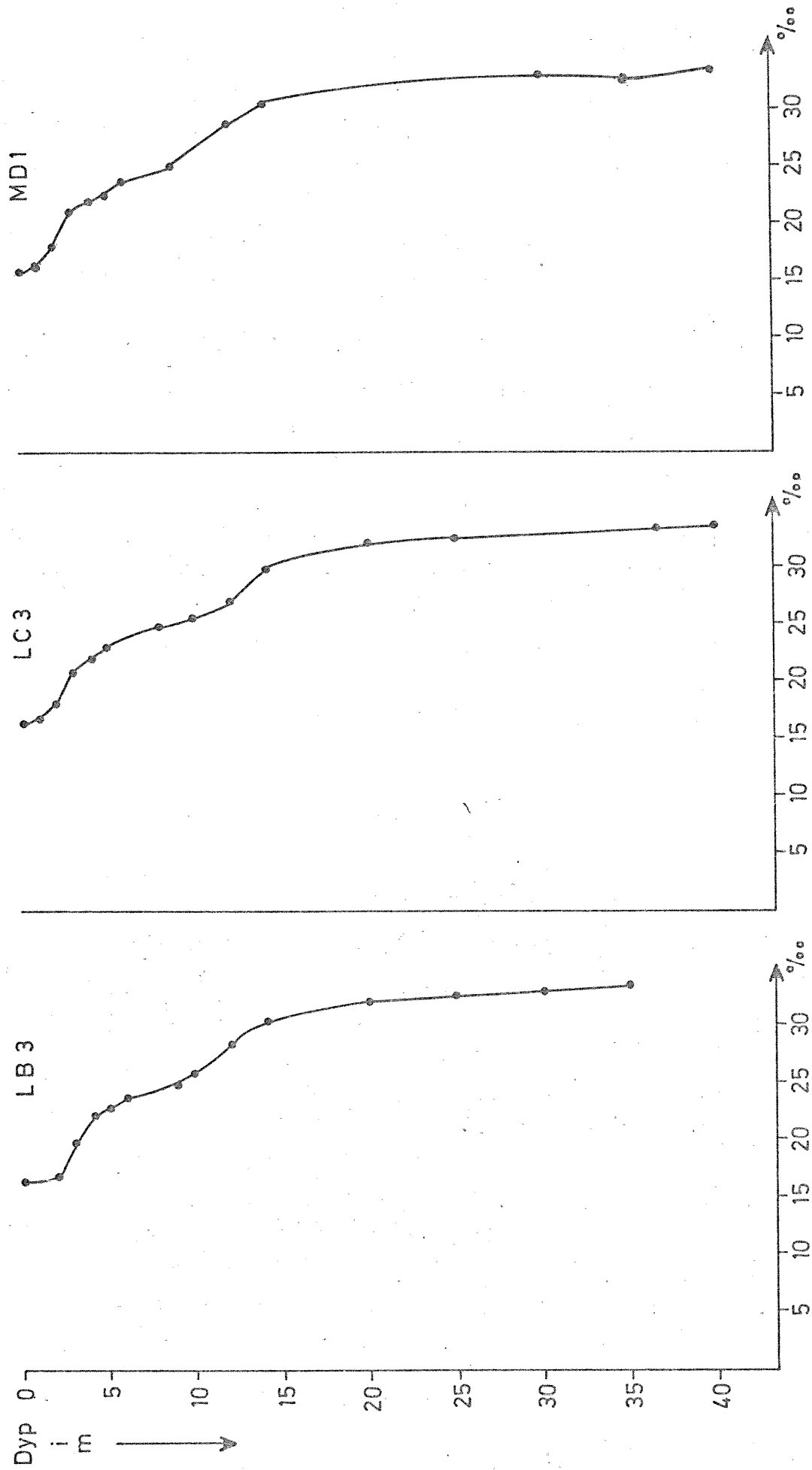


Fig. 16 Salinitetsobservasjoner i Sandebukta 22/6-70 v/NIVA

tinuerlige målinger i vannmassene i Sandebukta. Eventuelle økninger eller reduksjoner i vannutskiftning som følge av vindpåvirkning, kommer i tillegg til de som skyldes tidevann og ferskvannstilrenning.

Vindens virkning på overflatelaget har imidlertid en spesiell betydning, idet de estetiske forhold vil kunne forverres betydelig ved sørlige vinder i Sandebukta, og overvekten av slik vind finner en i sommerhalvåret, nettopp som bruken av Sandebukta som rekreasjonsområde er mest utbredt.

Salinitetsforandringer i vannmassene utenfor Sandebukta:

De salinitetsforandringer som opptrer i Holmestrandfjorden og Breiangen vil ha betydning for utskiftningen i Sandebukta. De målinger man har utført på stasjonene MF3 og NF2 (se figur 12) i 1970, samt målinger i forbindelse med Oslofjordundersøkelsen, gir imidlertid for svakt grunnlag for å beregne betydningen av denne utskiftningsmekanismen.

Det må presiseres at de beregninger som er utført for å bestemme vannutskiftningsforholdene er basert på svært få målinger og mange antagelser, og at de derfor er usikre.

Om en vil ha et solid grunnlag for å beregne vannutskiftninger i Sandebukta, krever dette regelmessige målinger over en lang tid hvor en også søker å kartlegge forholdene i vannmassene utenfor Sandebukta. En kan da kunne vurdere virkninger av salinitetsendringer i Breiangen, vind- og strømpåvirkning og hvilken effekt utstrømning av brakkvann fra Drammensfjorden vil gi.

6. SAMMENFATTENDE DISKUSJON

Langvarige undersøkelser ved NIVA i forbindelse med Oslofjorden og dens forurensningsproblemer, synes å indikere at grensekonsentrasjonen for kloakkvann (fra forsøks-kloakkrenseanlegg ved Skarpsno) i sjøvann som gir synbart utslag av algevekst, ligger i området 15 - 20 ml kloakkvann pr. liter sjøvann. Disse undersøkelserne er utført med sjøvann fra ulike steder i ytre og indre Oslofjord, og viser at vannmassene i ytre fjord reagerer fortest på kloakkvanntilførsler.

Tilsvarende undersøkelser er gjort for fosfor og nitrogen, og en har funnet at konsentrasjoner av fosfor på 0,02 mg P/l og av nitrogen på 0,3 mg N/l, kan resultere i grumsethet som følge av algevekst.

Om en betrakter de utskiftningsvannmengder som skyldes tilførsel av ferskvann og tidevannsbevegelse, ser en at disse vannmengdene er tilstrekkelige til å gi en fortykning av kloakkvannet som ligger under de nevnte grenseverdier, under forutsetning av fullstendig fordeling av kloakkvannet i den tilgjengelige utskiftningsvannmengde.

Et grovt overslag over oksygenreservene i Sandebukta gir følgende resultat:

Totalt vannvolum	:	$264 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	
Oksygeninnhold	:	ca. 6 mg O_2 /l	
Total oksygenmengde	:	$264 \cdot 10^9 \cdot 6 \text{ mg } \text{O}_2 = 1,58 \cdot 10^{12} \text{ mg } \text{O}_2$	
			= 1580 tonn O_2

Om en regner en cirka grensekonsentrasjon for oksygen tilstrekkelig til at fisk kan leve i kortere tid på 2,5 mg O_2 /l, representerer dette: $264 \cdot 10^9 \cdot 2,5 = 0,66 \cdot 10^{12} \text{ mg } \text{O}_2 = 660 \text{ tonn } \text{O}_2$

Den organiske belastning fra Sande Paper Mill A/S og Sande Tresliperi representerer et stort oksygenforbruk, ca. 27 tonn O_2 målt som BOF_5 /døgn

En ser av dette at en kommer ned mot grensekonsentrasjonen for fisk på relativ kort tid: $\frac{1580 - 660}{27} = \underline{34 \text{ døgn}}$.

Ut fra dette synes det ganske rimelig at det oppsto oksygenvikt i Sandebukta når en slapp ut avløpsvann på 40 meters dyp, og at det synes å være den beste løsning å slippe ut avløpsvannet fra Sande Paper Mill A/S i overflatelaget hvor en har god tilgang på oksygen.

Det er også rimelig å anta at en ved et effektivt dypvannsutslipp fra det planlagte renseanlegg kan oppnå en tilstrekkelig fortynning for kloakkvannet som representerer en organisk belastning på ca. 1,7 % av avløpsvannet fra Sande Paper Mill A/S og Sande Tresliperi. En kan også regne med en innlagring av kloakkvannet på så stort dyp at en unngår den produktive sone, dvs. overflatelaget så dypt som sollyset gir mulighet for algeproduksjon p.g.a. de tilførte næringsstoffene i kloakkvannet.

Blanding av næringsrikt kloakkvann og industri avløpsvann, rikt på organisk stoff, reduseres også ved å slippe ut de to vanntypene i forskjellige dyp.

7. KONKLUSJONER

1. De vesentligste forurensninger i Sandebukta idag skyldes utslippene fra Sande Paper Mill A/S og Sande Tresliperi. Disse spres i overflatelaget og bidrar i stor grad til uestetiske forhold og påvirker strandsonen og bunnen i enkelte områder. Med den økende befolkning i nedbørfeltet er det ventet en stigende tilførsel av kloakkvann som lokalt fører til uønskede forhold.

2. På kort sikt bør en sørge for at mest mulig av kloakkvannet i området samles og gjennomgår en hensiktsmessig rensing før det slippes ut. Utslipet bør skje på dypt vann for å unngå at næringssalter kan fordele seg i overflatelaget hvor de vil føre til algeproduksjon i sommerhalvåret. For å få best mulig innblanding i de dypere vannlag i resipienten, bør utslippsledningen forsynes med hensiktsmessig spredeanordning (difrusor).

Bark- og flisavfallet fra Sande Paper Mill A/S og Sande Tresliperi bør behandles på en måte som skaper minst mulig forurensning av vannmassene og strandsonen.

Avløpsvannet fra bedriftene bør fortsatt slippes ut i overflatelaget hvor vannutskiftningen er best og oksygentilførselen er gunstigst for en rask nedbryting av organisk stoff.

3. Sandebukta er en utilfredsstillende resipient for de nåværende utslipp fra treforedlingsindustrien. På lang sikt bør en derfor enten søke å finne en bedre resipient, f.eks. området utenfor Dramsfjordens munning, eller ved interne og eksterne tiltak søke å redusere utslippene i vesentlig grad.

4. Plassering av renseanlegg og utslippsarrangementer kan vanskelig vurderes sikkert på grunnlag av de målinger som foreligger. Generelt kan det sies at jo lenger ut i bukta en leder alle typer avløpsvann, dess bedre fortynnings- og utskiftningsforhold kan en vente.

REFERANSELISTE

1. Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen:
Hydrologiske undersøkelser i Norge, Oslo 1958.
2. NIVA - 0-49/67:
En undersøkelse av Sandevassdraget 1967-1968, Oslo mars 1969.
3. Norges sjøkartverk:
Tidevannstabeller for den norske kyst 1971.
4. Østlandskonsult A/S:
Rammeplan for kloakk for Sande kommune.
5. Skogsindustriernas Vattenlaboratorium:
Undersøkning av avloppsvatten utsläppens storlek vid
Sande Paper Mill A/S den 16. oktober 1964.
Stockholm desember 1964.
6. Papirindustriens Forskningsinstitut:
Utslippsmålinger for Sande Paper Mill A/S 9. juli-9.aug.1970.
Oslo desember 1970.
7. K.Fr. Prag, byveterinær:
Kolianalyser av vannprøver fra Sandebukta 1963.
8. Skogsindustriernas Vattenlaboratorium:
Vattendragsundersøkning i Sandebukta 15-17.10 - 1964.
Stockholm desember 1964.
9. Skogsindustriernas Vattenlaboratorium:
Undersøkning av bottenbeskaffenheten i Sandebukta 19-20.10 - 1964.
Stockholm januar 1965.

10. Isotoptekniska Laboratoriet:
Resipientundersøkning i Sandebukta 2.3 - 1965.
Stockholm mars 1965.

11. Laboratoriet på Sande Paper Mill A/S:
Vannprøver fra Sandebukta - 18 - 19.1 - 1965
25 - 27.10 - 1966
10 - 12 - 19.10 - 1967
16 - 24.9 - 1969
1 - 8.9 - 1970
28.5 - 8.6 - 1971

12. T. Werner Johannessen:
Monthly frequencies of concurrent wind forces and wind
directions in Norway.

13. NIVA - 0-201:
Oslofjorden og dens forurensningsproblemer.