

IDDEFJORDEN OG DENS FORURENSNINGSPROBLEMER

Rapport nr. 2

Situasjonsrapport pr. 1. desember 1969

av

Hans Munthe-Kaas

Siv.ing.

**NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
BLINDERN**

I N N H O L D

	Side:
FORORD	4
1. RAPPORTENS FORMÅL OG OMFANG	5
2. OPLEGG OG GJENNOMFØRING	6
2.1 Registrering av rapporter og måleserier	6
2.2 Utarbeidelse av kartgrunnlag	
2.21 Dybdekart	7
2.22 Profiler	7
2.23 Arealer og volumer	8
2.24 Generalarkiv for målestasjoner	8
2.3 Primærbearbeidelse av data	9
2.31 Hydrografiske data	10
2.32 Hydrodynamiske data	12
2.33 Optiske data	13
2.34 Tilførsler	14
3. FJORDENS TILSTAND	16
3.1 Hva feiler det fjorden	16
3.2 Generelt om årsak og virkning i forbindelse med forurensningssituasjonen	21
3.3 Vurdering av fjordens resipientkapasitet	23
3.31 Vannutskiftningsmekanismen	23
3.32 Materialbalanse for oksygen	27
3.33 Eutrofieringsbetraktninger	28
3.34 Siktedypreduksjonens årsaksforhold	28
3.4 Mulige tiltak for å bedre og sikre fjordens kvalitet - og mulige resultater	29

INNHold (forts.)

Side:

4. SAMMENFATNING

32

OVERSIKT OVER INFORMASJONSKILDER

Gult skillekort

TABELLOVERSIKT OG TABELLER

Rødt skillekort

FIGUROVERSIKT OG FIGURER

Grønt skillekort

BILAGOVERSIKT OG BILAG

F O R O R D

Fra 1947 og frem til i dag er det utført en rekke målinger og observasjoner i Iddefjorden i forbindelse med den økende belastning med forurensninger. Undersøkelsene er utført av forskjellige svenske og norske institusjoner, og det har hele tiden vært god kontakt over grensen.

Forholdene har vært lagt til rette for en videregående undersøkelse som kunne brukes som utgangspunkt for å få fastlagt de nødvendige tekniske tiltak. NIVA har imidlertid foreslått at det først utføres en sammenstilling av alle de data som allerede foreligger, før instituttet fremmer et forslag om de avsluttende undersøkelser. Sammenstillingen, og en del vurderinger som materialet gir grunnlag for, foreligger i denne rapport, som er fremstillet i forståelse med Halden kommune, Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen og Utenriksdepartementet.

Vi takker de svenske og norske institusjoner som har vært engasjert i undersøkelsen i Iddefjorden og som beredvillig har stillet alt sitt materiale til disposisjon.

Kjell Baalsrud
Instituttetsjef

1. RAPPORTENS FORMÅL OG OMFANG

Ved utarbeidelse av denne rapport er det tatt sikte på følgende:

- a. Å få tak i alle eksisterende data fra svensk og norsk side som kan bidra til å belyse Iddefjordens hydrografiske situasjon og dens tilførselsbelastning.
- b. Å registrere, ordne, bearbeide, sammenstille og presentere disse data på en hensiktsmessig måte.
- c. Så langt det lar seg gjøre på grunnlag av disse data å anslå hvor store tilførsler fjorden får i dag av forskjellige forurensningskomponenter, og i store trekk å karakterisere den tilstand fjorden nå befinner seg i.

Rapporten er avgrenset til å behandle bare selve Iddefjorden. Situasjonen i Singlefjorden og tilgrensende farvann er ikke tatt med. Videre er den avgrenset til også bare å omfatte de fysiske og kjemiske aspekter av forurensningsproblemene, og til en omtale av de praktiske konsekvenser som de fører med seg. Eksisterende biologiske og bakteriologiske data er således ikke blitt utnyttet, og heller ikke er slike spørsmål som vedrører områdedifferensiering i fjorden med hensyn til de forskjellige utnyttelsesformer blitt berørt.

Det meste av arbeidsinnsatsen bak rapporten faller under punkt b ovenfor. Den linje ble valgt allerede på dette stadium i undersøkelsene, å ta det løft å legge opp et rasjonelt og effektivt system for data- og informasjonsbehandling. Begrunnelsen for dette var delvis at det ellers ville være meget vanskelig og kostbart å utnytte fullt ut de informasjoner som de foreliggende data representerer, idet de respektive datasamlinger er presentert på høyst uensartede og ukompatible måter. Dessuten var det her grunn til å regne med at ytterligere datamateriale fra fremtidige undersøkelser vil komme i tillegg.

Denne rapport er utarbeidet med sikte på å danne grunnlag for det videre arbeid, som må omfatte:

- d. Å anslå hvor stor belastning fjorden kan tåle av de forskjellige forurensningskomponenter.
- e. Så langt det er mulig å antyde hvilke praktiske løsninger som kan tenkes for å bedre og sikre fjordens kvalitet i fremtiden.
- f. Å vurdere hvilke ytterligere undersøkelser som trenges for å gi endelige og avsluttede utredninger om punktene d og e ovenfor.

2. OPPLÈGG OG GJENNOMFØRING

2.1 Registrering av rapporter og måleserier

Våren 1969 ble det tatt kontakt med de andre institusjoner (to svenske og en norsk) som i tillegg til NIVA til da hadde utført hydrografiske målinger i Iddefjorden. Hensikten var å få samlet og sammestillet alle eksisterende hydrografiske og hydrodynamiske måledata, og NIVA tilbød seg å forestå dette arbeid. De tre institusjoner stilte seg positivt til den foreslåtte ordning, og instituttet mottok de respektive datasamlinger i løpet av sommeren og høsten.

En oversikt over de hydrografiske og hydrodynamiske måleserier fra Iddefjorden som foreligger pr. i dag, er vist i tabell 1. Denne tabell omfatter dessuten diverse spesialmåleserier som er funnet omtalt eller arkivert sammen med de hydrografiske måleserier. Den del av tabellen som viser de hydrografiske og hydrodynamiske målinger, må antas å være noenlunde komplett. Informasjonene om spesialmålingene må derimot foreløpig ansees som ikke komplette. De sistnevnte informa-

sjoner faller egentlig utenfor nærværende rapport's ramme, men det er likevel funnet hensiktsmessig å ta dem med som en orientering.

Måleseriene er oppført i tabellen i kronologisk orden med angivelse av måledato og utførende institusjon. Videre er måleområde og antatt antall stasjoner og prøvedyp angitt for hver måleserie. For de hydrografiske serier er likeledes angitt de omtrentlige antall foreliggende enkeltmålinger av hver parameter. Henvisninger er dessuten gitt til de respektive informasjonskilder som tabellen bygger på.

Tabellen skal egentlig bare omfatte Iddefjorden, men av praktiske grunner er også de foreliggende målinger fra nærmeste del av den utenforliggende Singlefjorden tatt med.

2.2 Utarbeidelse av kartgrunnlag

2.21 Dybdekart

I forbindelse med beregninger av fjordens utskiftningsprosesser og materialbalanse vil det være behov for relativt nøyaktige informasjon om bassengenes volumfordeling mot dypet og om terskelovergangenes tverrsnittsprofiler. Det foreliggende sjøkart (NSV s. 470 - 1 : 25 000 - utgitt 1964) var ikke detaljert nok som grunnlag for disse informasjoner, og et nytt dybdekart ble derfor utarbeidet.

Det nye kart, som er vist i fig. 1, er tegnet som kotekart med 5 meters ekvidistanse. Grunnlaget for dette var et 1 meters kotekart for visse deler av ytre fjord (utarbeidet for Havnevesenet i Halden av Bloms oppmåling) og for øvrig originalkart fra Norges Sjøkartverk.

2.22 Profiler

På grunnlag av originalkartene nevnt i forrige avsnitt, er følgende vertikallprofiler utarbeidet:

Fig. 2a. Lengdesnittprofil fra Berbyelva til Singlefjorden med avgrensning nord for Brattøya.
Snittet følger med visse tillempninger den dypest mulige trasé ut igjennom fjorden.

Fig. 2b. Tverrsnittsprøfiler av de to grunneste terskel-
overganger i ytre fjord, Svinesundterskelen og
Bjällvarpterskelen. Tverrsnittsarealet som funksjon
av dypet er inntegnet på disse snitt.

2.23 Arealer og volumer

I fig. 3 er fjorden oppdelt i åtte soner. Dessuten er bassengenes og de viktigste terskelovergangenes maksimaldyp inntegnet. For hver av sonene, og for kombinasjoner av dem, er areal- og volumkurver utarbeidet ved planimetrering av 5 meters kotene. I stedet for å gjengi areal- og volumkurvene, er det her valgt å gi disse informasjoner i tabellform (tabell 2a og 2b). Nærmere detaljer om beregningsmåten er gitt i bilag 1.

2.24 Generalarkiv for målestasjoner

De respektive institusjoner som har utført hydrografiske målinger i fjorden, har til dels brukt forskjellige sett av målestasjoner. Som følge av dette foreligger det - som fig. 4 og tabell 3 viser - et rikt utvalg av stasjoner.

Med henblikk på rasjonell bearbeidelse av de foreliggende data og på rasjonelt opplegg av fremtidige undersøkelser, ble det funnet nødvendig å bygge opp et generalarkiv for målestasjoner i Iddefjorden.

Som system for dette arkiv ble valgt et kryss-koordinatsystem opprinnelig utviklet av NIVA's Oslofjordprosjekt I. I korthet går dette system ut på at kartet inndeles i ruter etter det globale lengde- og bredde-system, og at rutene gis navn ved bokstaver i kryss-koordinatmønster. En stasjon benevnes primært etter den rute den befinner seg i - den horisontale bokstav nevnes først. Innenfor hver rute nummereres stasjonene med tall i den rekkefølge de blir registrert.

For i rasjonaliseringsøyemed å redusere det store antall stasjoner, forelå den mulighet å justere nærliggende stasjoners posisjoner mot hverandre og erstatte dem med en fellesbetegnelse. En slik ordning er imidlertid av flere grunner uheldig og derfor ikke gjennomført. Dessuten foreligger det i det EDB-databehandlingssystem som benyttes for

Iddefjordprosjektet, en mekanisme som temporært kan kombinere stasjoner i de grupper man til en hver tid måtte ønske.

For nærmere detaljer om systemet henvises til Oslofjordprosjektet. (Munthe-Kaas 1970b).

I fig. 4 er det ved symboler angitt hvilke stasjoner som benyttes av de enkelte institusjoner. Hvilken betegnelser institusjonene tidligere har brukt for de respektive stasjoner, vil fremgå av tabell 3.

2.3 Primærbehandling av data

Med primærbehandling av data menes her følgende behandlingsformer:

Å arkivere originaldataene på en rasjonell og betryggende måte.

Å sørge for at alle data er tilstrekkelig identifisert med hensyn til tid, sted, metode, presisjon m.v.

Å sørge for at ethvert tall som ikke originalt er oppgitt i gjeldende standardenhet, blir omregnet til denne.

Å utnytte dataene til standardberegninger av nye (avlede) data som det er behov for (f.eks. beregning av vannets tetthet og oksygenmetningsgrad).

Å vurdere og eventuelt forkaste unormale og usikre data.

Å presentere dataene i tabellform og/eller grafisk form gruppert og ordnet etter de aktuelle behov.

Å kontrollere den endelige hovedversjon av datasamlingen mot originalmaterialet.

For alle disse behandlingsformer er det i dag mulig å utnytte EDB-teknikk. I hvilken grad dette er blitt gjort, har vært bestemt bl.a. av hvilke resultater det er tatt sikte på og i hvilken grad passende programmer allerede var utviklet.

2.31 Hydrografiske data¹⁾

En forholdsvis stor mengde data finnes av denne kategori - som angitt i tabell 1 ca. 7 500 tradisjonelle data og et foreløpig ukjent antall in situ data.²⁾

For gruppen tradisjonelle data er et primærbearbeidingsprogram i EDB-form allerede utarbeidet i forbindelse med Oslofjordprosjektet, og dette er benyttet (Munthe-Kaas 1970c).

For gruppen in situ finnes det i dag intet tilsvarende program, men det vil være mulig å modifisere det ovennevnte program for dette formål. Iddefjordens nåværende datamengde av denne kategori berettiger ikke denne fremgangsmåte, men hvis også de utenforliggende farvanns data tas i betraktning, er det all grunn til å benytte den. Primærbearbeidelse av Iddefjordens in situ data er derfor utsatt inntil videre.

Samtlige foreliggende hydrografiske data nevnt i tabell 1 skal, sammen med de hydrodynamiske data, presenteres i rapportens bilag 2. Dette bilag, som innbindes i EDB-format, er primært beregnet på faglige medarbeidere og skal fremstilles kun i et meget begrenset opplag. I påvente av en del grafiske fremstillinger av allerede bearbeidet materiale og av in situ-dataene, er bilag 2 nå kommet i en foreløpig utgave. Av hydrografisk materiale inneholder denne foreløpige utgave de tradisjonelle data i to tabellversjoner - en kronologisk ordnet og en stasjonsordnet. Om disse to tabellversjoner er det nødvendig å si følgende:

Tabellversjon 1 - kronologisk ordnet

En side fra del A i denne versjon er avbildet i fig. 5 som eksempel. Dataene er her presentert i kronologisk orden uansett stasjon og opprinnelse. Bokstavkolonnen til venstre angir hvilken institusjon dataene på samme linje stammer fra. Noen få parametre som ikke har fått plass i tabelldel A, finnes i tilsvarende tabelldeler B og C.

Kontrollesning av tallene mot originaltabellene er foretatt fra denne versjon.

1) Med hydrografiske data menes her både fysiske og kjemiske informasjoner.

2) Med "in situ data" menes data målt på stedet nede i vannet, i motsetning til data målt i vannprøver som er innhentet fra stedet.

Tabellversjon 2 - stasjonsordnet

Denne tabell presenterer dataene stasjonsvis og vil være bedre egnet enn versjon 1 for en del praktiske anvendelsesformål.

Generelt for begge versjoner

- A. Alle klokkeslett er angitt i "mittleuropeisk normaltid" (= "norsk normaltid").
- B. Alle stasjonsbetegnelser er laget i henhold til det generelle system (omtalt i avsnitt 2.24).
- C. Dataene fra de forskjellige institusjoner foreligger originalt i til dels avvikende enheter. Alle tall i avvikende enheter er omregnet til Oslofjordprosjektets standard, med unntak av hva som står i punkt D nedenfor.
- D. Parameteren turbiditet er bestemt ved tre forskjellige metoder og foreligger i tre forskjellige enheter. Omregning til standardenheter er for turbiditet foreløpig ikke foretatt, fordi pålitelige omregningsfaktorer for tiden ikke finnes.
- E. For parametrene ortofosfat og farge representerer tallene til dels filtrert og til dels ufiltrert vann. Enhetene er de samme i begge tilfeller. Av praktiske grunner er begge kategorier foreløpig plassert i samme kolonne.
- F. For flere av de andre parametre gjelder det at uensartede analysemetoder er benyttet, selv om enhetene er de samme. Ved utnyttelse av tallene må man være oppmerksom på den usikkerhet som dette innebærer.
- G. Unormale og usikre data er foreløpig ikke blitt strøket.
- H. Av avledede tall er hittil tetthet og oksygenmetningsgrad beregnet.

- I. De presenterte data finnes i originalform lagret ved instituttet i de to nevnte tabellversjoner og en hullkortversjon.

Datamaterialet er foreløpig ikke systematisk fremstilt i grafiske former. I hvilken utstrekning det bør gjøres, vil bli drøftet med oppdragsgiveren og med de samarbeidende institusjoner. Alt slikt grafisk materiale vil bli innlemmet i bilag 2.

En del spredte grafiske fremstillinger som allerede er laget, er foreløpig bare presentert i rapporten i de faglige sammenhenger hvor de hører hjemme.

2.32 Hydrodynamiske data

Av hydrodynamiske data fra Iddefjorden finnes, som angitt i tabell 1, kun følgende serier:

1. Strømmålinger over Bjällvarpterskelen 7/7-66. Serien omfattet 11 måletidspunkter i løpet av 10 timer. Én stasjon med 4 - 10 måledyp ble benyttet. Disse data er foreløpig ikke bearbeidet og presentert, idet visse nøkkelinformasjoner foreløpig mangler. Bearbeidelse antas å kunne bli foretatt i løpet av 1970.
2. Strømmålinger over Säläterterskelen (ca. 220 m utenfor Bjällvarpterskelen) 10-11/8-66. Serien omfatter 32 måletidspunkter i løpet av 32 timer. 3 stasjoner fordelt over tverrsnittet ble benyttet, og målingene ble utført for hver hele meter ned mot dypet. Disse data er primærbearbeidet og presentert i tabellform i den foreløpige utgave av bilag 2. De finnes ved instituttet også lagret i en hullkortversjon.
3. Vannstandsmålinger. Som det fremgår av tabell 1, er det ikke foretatt vannstandsmålinger i Iddefjorden, bortsett fra en måleserie på to uker utført i Halden havn i forbindelse med strømmålingsserien i Sälätersundet i august 1966.¹⁾ Målingene er foreløpig ikke tatt med i

¹⁾ I henhold til muntlig meddelelse fra Halden kommune, Teknisk etat.

noen rapport, men de er utnyttet i forbindelse med beregningene i notatet.

2.33 Optiske data

Av optiske data fra Iddefjorden finnes, som vist i tabell 1:

1. Siktedypmålinger fra flere tokt. Dataene er foreløpig ikke satt opp i tabellform, men er presentert i grafisk form i et senere avsnitt i rapporten (fig. 7).
2. "In situ transmisjonsmålinger" fra ett tokt (august 1969). Disse data ligger ubearbeidet i påvente av et EDB-program (jfr. avsnitt 2.31).

2.34 Tilførsler

Når det gjelder fjordens tilførsler av forurensningskomponenter, er informasjonsgrunnet meget mangelfullt. Ingen måledata foreligger, utover noen få tall fra hovedvassdraget Tista fra 1947 - 1948 (jfr. tabell 1), og disse tall er for gamle til å kunne tjene som grunnlag for vurdering av dagens situasjon.

Et begrep om forurensningsbelastningens størrelsesorden kan man imidlertid skaffe seg ut fra foreliggende informasjon om bosetning, industri og naturforhold, idet man gjør bruk av erfaringstall fra andre områder. Tilførslene av forurensningskomponenter til fjorden innenfor Svinesund inklusive Tista er slik anslått på grunnlag av tre kilder:

1. Det er ved NIVA utført en overslagsberegning over bidragene fra kloakk- og industriavløpsvann på norsk side. Komponentene organisk stoff (angitt som BOF_5), totalfosfor, total nitrogen og partikulært materiale er tatt med. Fjorden er i den forbindelse inndelt i tre soner (fig. 6). Det er viktig og vite at elvestrekningen Tista her regnes som en del av sone B.

Overslagene bygger, når det gjelder det kommunale avløpsvann, på en registrering av kloakkutløp i Halden med til-

knyttet bosetning utført av A/S Østlandskonsult i 1966.¹⁾ Disse overslag må kunne antas å være riktige i grove trekk. Når det gjelder industrielt avløpsvann er overslagene langt mer usikre. For komponenten organisk stoff er det her én bedrift (Saugbrugsforeningen) som dominerer, og bare denne er regnet med. Dens belastningstall er anslått på basis av produksjonstallene - hvilket tilsier at man må regne med stor feilmargin. For en del andre bedrifter er belastningstallene for P og N anslått - også på grunnlag av produksjonstallene. Her er usikkerheten enda større, fordi man ikke vet om alle bedrifter av betydning er kommet med.

2. Dybern (1969) har gitt tall for organisk stoff (BOF_5) og totalfosfor på grunnlag av befolkningstallene på svensk side. Han har benyttet en noe annen soneinndeling av fjorden. Med utgangspunkt i de befolkningstall han oppgir, er dessuten mengden av tilført totalnitrogen og partikulært materiale fra svensk side anslått av NIVA.
3. Ut fra en rapport av Holtan (1967) kan man danne seg et inntrykk av hvor stort bidrag som tilføres fjorden fra skog og mark. Denne rapport gir nemlig noen anayseverdier for en rekke komponenter i det største av fjordens vassdrag (Haldenvassdraget), målt like ovenfor den bymessige bebyggelse (målested Femsjøen). Tilsvarende tall fra de andre vassdrag som renner til fjorden, foreligger ikke,²⁾ og den antakelse er derfor gjort her at analysetallene er representative for alle vassdrag som renner til fjorden. Totalmengder tilført fjorden fra skog og mark av de aktuelle komponenter er så blitt beregnet på dette grunnlag (bilag 3). Det presiseres at det foreliggende analysemateriale er meget beskjedent, og at disse resultater bare indikerer en sannsynlig størrelsesorden.

1) Denne registrering ble utført som en deloppgave i forbindelse med NIVA's "Utredning for Østlandskomiteén 1967" om vannforsyning og avløpsforhold i Østlandsfylkene.

2) Unntatt enkeltverdier for oksygen, permanganat og pH fra Berbyelva 12/4 1948 - jfr. tabell 1.

En sammenstilling av informasjoner, trukket ut fra disse tre kilder, er gitt i tabell 4. Oppdelingen etter fjordsoner er ikke tatt med.

Tallene i tabellen er, som antydnet, usikre og lite komplette, og kan ikke tjene som grunnlag for endelige vurderinger av praktiske tiltak. De gir imidlertid et brukbart grunnlag for oppsetning av noen foreløpige og grove, men likevel nyttige, betraktninger om fjordens situasjon som finnes i notatet. Til tabellens informasjoner om organisk stoff må det knyttes et par kommentarer:

1. Belastning av organisk stoff i fjorden er sterkt dominert av bidraget fra posten "Norsk industri". Kun Saugbrugsforeningens utslipp er tatt med her, idet det foreløpig ikke er undersøkt om også andre fabrikker har utslipp av betydning. (Slike andre bidrag antas å være relativt små.) Bidraget fra posten "Befolkning" er meget lite i sammenlikning med industribidraget. Posten "Skog og mark" lot seg på grunnlag av Holtans analysetall beregne i form av såkalte permanganattall. Denne enhet har - i likhet med BOF_5 -enheten som de andre postene er angitt i - benevnningen $\text{kg O}_2/\text{døgn}$. Dog er permanganat- og BOF_5 -tallene ikke direkte sammenliknbare, idet de representerer forskjellige former og grader av nedbrytning. For å få tallene sammenliknbare, er det valgt å redusere permanganattallene skjønsmessig med faktor 1 : 15¹⁾. Den beregnede tilførsel av organisk stoff fra "Skog og mark" er beregnet til 21 700 permanganatenheter. Omregnet med faktoren 1 : 15, fås tallet 1 450 BOF_5 -enheter. Dette siste tall er brukt i tabell 4.
2. Enheten BOF_5 betyr at vannets innhold av organisk stoff er angitt ved den oksygenmengde dette vil forbruke i løpet av fem døgn under standard laboratoriebetingelser. Hvis prøveperioden hadde vart i lengre tid, ville mer oksygen ha vært

1) Denne faktor er valgt på grunnlag av et spinkelt erfaringsgrunnlag fra Glåmaområdet. Den er meget usikker, men neppe i så stor grad at den i nåværende situasjon har noen vesentlig innflytelse på det totale belastningstall for organisk stoff. Det er derfor foreløpig ikke funnet grunn til å legge noe arbeid i å bestemme den nærmere.

forbrukt. Først etter ca. 20 døgn vil BOF_5 -tallet vanligvis nærme seg en konstant verdi.

Fordi BOF -tallene skal brukes i en oksygenbalanse-beregning for en resipient hvor vannets oppholdstid til dels kan være meget lengre enn fem døgn, vil det muligens være mer korrekt å bruke enheten BOF_{20} enn enheten BOF_5 . Som forholdstall for omregning fra BOF_5 til BOF_{20} foreligger verdien 2 : 3 som er hentet fra en svensk kilde: Bygghåndboken av 1959, men det er uvisst hvorvidt dette er gyldig for industrielt avløpsvann. Både BOF_5 - og BOF_{20} -verdiene er gitt i tabell 4.

3. FJORDENS TILSTAND

3.1 Hva feiler det fjorden

Det råder ingen uenighet om at fjordens kvalitetsnivå i dag er meget lite tilfredsstillende. Noen samlet vurdering av hvilke mangler som fjorden er preget av, eller hvilke mangler som betyr mest i den forbindelse, foreligger imidlertid ikke.

Nedenfor er det gitt en omtale av de praktiske forurensningsulemper som antas å spille noen rolle i fjorden. I tillegg til disse kommer selvfølgelig også de estetiske momenter inn med stor tyngde når fjordens kvalitet skal bedømmes.

Vannets dårlige gjennomskinnelighet er en av de viktigste ulemper. Denne egenskap ved vannet lar seg karakterisere på en enkel måte - ved den såkalte siktedypsmåling, som består i at det måles hvor dypt ned i vannet en hvit skive kan senkes før den tapes av syne.¹⁾ Slike målinger er det - som vist i tabell 1 - blitt utført en del av i tidens løp.

1) En ny målemetode som nylig er tatt i bruk, transmisjonsmålingsmetoden, er en mer eksakt metode. De få data som foreligger fra disse målinger er, som nevnt, foreløpig ikke bearbeidet.

En sammenstilling av de foreliggende siktedypsmålinger er gitt i fig. 7. Figuren presenterer tallene på to måter, som funksjon av tiden og som funksjon av sted i fjorden. Det er grunn til å kommentere disse måleresultatene noe nærmere.

Først og fremst bekrefter kurvene at siktedypet er meget dårlig. I de senere år synes det å ha holdt seg på omkring 1 meter i størstedelen av fjorden. Til sammenlikning er midlere siktedyp i indre Oslofjord om sommeren vanligvis 3 - 6 meter i åpne farvann og bare i noen få lokale områder under 2 meter. For Skagerak er 7 - 16 meter oppgitt som vanlig variasjonsbredde, - i Singlefjorden synes 2,5 - 3,5 meter å være et normalt nivå ut fra de få målinger som finnes derfra.

Siktedypet synes å variere relativt lite fra sted til sted i selve fjorden. Dårligst er forholdene ved utløpet av Tista, best innerst i fjorden ved Berbyelva og ytterst mot Singlefjorden. Hva endringer som funksjon av tiden angår, synes middelnivået å ha forandret seg lite gjennom de senere år, mens det var en del høyere i 1947 - 1948. For vurdering av siktedypet som funksjon av tiden er målefrekvensen imidlertid lite tilfredsstillende. Ved slike målinger kommer det nemlig inn både at verdiene endrer seg systematisk med årstidene, og at de er underkastet betydelige systematiske og usystematiske svingninger fra dag til dag og fra uke til uke.

Vannets siktedyp avhenger av to parametre - av mengde oppløste fargestoffer i vannet og av mengde svevende partikler. I indre Oslofjord veier disse to faktorer omtrent like meget. Der er det slik at omtrent alt fargestoff består av humuskomponenter som kommer fra skog og mark via elvene og at partikkelmengden først og fremst består av mikroskopiske alger som vokser i sjøen. Den førstnevnte faktor er i indre Oslofjord så å si bare naturbestemt. Også den andre er i prinsippet naturbestemt, men den er i en viss grad forsterket ved de store næringsstofftilførsler som kommer med kloakkvannet.

For en tilsvarende vurdering av årsaksforholdene bak Iddefjordens siktedypnivå foreligger det ikke noen tilstrekkelig databakgrunn. Det er imidlertid ingen tvil om at forholdene her i langt høyere grad er preget av sivilisatorisk påvirkning, og at det er celluloseindustriens utslipp av fiber og oppløste avfallsstoffer som dominerer. Hvilket siktedypnivå Iddefjorden hadde hatt uten slik påvirkning, er det foreløpig vanskelig å si, men det er grunnlag for å anta at det ville ha vært betydelig høyere.

I rapportene fra de tidligere Iddefjordundersøkelser (angitt i tabell 1) finnes det, i tillegg til siktedyptallene, få kommentarer om vannets farge og partikkelinnhold. I rapporten fra 1947/48-undersøkelsen sies det at vannet i indre del av fjorden er ganske mørkt og tydelig brunfarget av humuskomponenter, at vannet også er mørkt i ytre del av selve fjorden og at det blir betydelig klarere og mer grønt mot fjordmunningen og utenfor denne. Rapporten fra 1963-undersøkelsen bruker uttrykket "stärk färg och grumlighet" om vannet i Iddefjorden.

Vannmassenes oksygenmangel er en annen betydelig ulempe i fjorden.

Oksygenmangelen skyldes at det organiske stoff som tilføres eller dannes i fjorden, forbruker oksygen når det råtner. Når alt oppløst oksygen i vannet er oppbrukt, blir en del oksygen tilveiebragt ved at visse mikroorganismer begynner å redusere nitrat til ammonium. Når også nitratforrådet tar slutt, blir sjøens forråd av sulfationer utnyttet under dannelselse av det illeluktende og giftige hydrogensulfid. Mengden hydrogensulfid er derfor et mål for hvor stort underskudd på oksygen som råder i vannet.

Som det fremgår av fig. 9a, synes den normale situasjon i midtre del av fjorden (sonene 5 og 6 i fig. 3) i dag å være at dypvannet er oksygenfritt gjennom hele sommeren og høsten. I den indre del av fjorden (fig. 9b- sone 1 - 4) kan dypvannet tydeligvis holde seg råttent gjennom mer enn et helt år av gangen, og her strekker den råtne sone seg helt opp til 2 - 5 meter fra overflaten.

I 1947/48 var det et betydelig oksygenunderskudd i fjorden, men hydrogensulfid ble den gang ikke påvist. Da målingene ble tatt opp igjen i 1963, var vannet dårligere med betydelige konsentrasjoner av hydrogensulfid i vannet. Forholdene siden den gang synes å ha utviklet seg ytterligere i negativ retning, uten at det med de foreliggende data er lett å skjeldne mellom de stadige svingninger som forekommer og den langsiktige utvikling.

Oksygensituasjonen under NIVA-toktet i august 1969 er vist i fig. 8. Tilsvarende diagrammer fra de fleste tidligere tokt til og med 1966 er fremstilt i rapportene av 1963 (se tabell 1 pkt. e) og 1968 (Baalsrud).

Den viktigste uheldige konsekvens av oksygenmangelen er at plante- og dyrelivet ikke lenger kan eksistere annet enn i et tynt overflatesjikt i fjorden. Fordi det råtne vann strekker seg så langt opp mot overflaten, kan det dessuten oppstå luktulempor i omegnen, og videre bidrar dette til å gjøre fjorden uegnet som badefjord.

Oksygensituasjonens årsaksforhold er nærmere behandlet i avsnitt 3.3.

Flytematerialer er et samlebegrep for alle typer av materialer som flyter på overflaten av sjøen (søppel, industriavfall, olje, drivtang, planterester m.v.). Stort sett synes denne ulempe ikke å være større i Iddefjorden enn i mange andre fjorder, uten at denne påstand kan underbygges med systematiske observasjoner gjennom lengre tid. I området nær Tistas utløp opptrer det imidlertid visse uestetiske fenomener - i form av hvite skumdotter som skriver seg fra celluloseindustrien og - hvilket er spesielt uestetisk - gjørmeaktige sedimentklumper som på grunn av råttent-

gassutvikling i bunnen løftes opp til overflaten og flyter omkring der.

Sedimentering av faste stoffer (særlig fibermaterialer fra celluloseindustrien) skaffer visse problemer. Ett av dem er av rent praktisk karakter - det består i en opphopning av materialer på bunnen nær utløpet av Tista som gjør at mudring blir nødvendig. Forråtnelsesprosessen i sedimentene fører, som allerede nevnt, til flottering av gjørmeliknende klumper og tar dessuten sin del av vannets oksygenforråd. En del fiber føres lengre avsted med vannmassene og sedimenterer andre steder i fjorden. Fiberbelegg i det øverste vannlag langs strendene påvirker vegetasjon og fauna der.

Lukt og smak av vannet er nevnt som en ulempe både på svensk og norsk hold. Særlig gjør dette seg gjeldende fra Halden og utover.

Plantelivet i Iddefjorden synes å ha vært gjenstand for relativt beskjedne undersøkelser. I følge Dybern (1967) er planteveksten i selve fjorden i dag meget sparsom. Fastsittende marine alger finnes bare helt ytterst, og noen egenproduksjon av plankton antas ikke å finne sted. De eneste fastsittende planter som finnes, er fersk- og brakkvannsarten takrør som vokser i en del skjermede lokaliteter og dessuten helt innerst - og i sistnevnte område også noen få andre ferskvannsarter. I en viss grad kan denne fattigdom på planter ha sammenheng med de naturgitte forhold (idet overflatelagets lave og samtidig varierende saltinnhold, og dessuten isen om vinteren, gir dårlige betingelser for et variert og rikt planteliv), men uten tvil spiller forurensningsbelastningen her en betydelig rolle. Viktige momenter i forurensningssammenheng er oksygenmangelen - som gjør seg gjeldende helt opp i overflaten - og den lave gjennomskinnelighet i vannet som gir ekstremt dårlige lysforhold. Dessuten må man anta - ihvertfall i visse områder - at de ikke ubetydelige belegg av fibre som finnes (cellulosefibre fra industriutslipp), hemmer veksten av fastsittende planter.

Dyrelivet synes å ha vært undersøkt noe grundigere enn plantelivet. Ifølge Dybern (1967) er også dyrelivet i dag meget fattig i selve fjorden. Antallet av bunndyrarter er meget lavt i forhold

til hva man finner i sammenliknbare uforurensede fjorder, og noen egentlig egenproduksjon av dyreplankton antas ikke å foregå. Under- søkkelser av bunndyrforekomstene, som ble foretatt for 40 år siden, viste en langt rikere artssammensetning. Dette er en sterk indika- sjon på at dagens situasjon har sammenheng med den sterke forurens- ningsbelastning.

Sopp og bakterier vokser i visse områder av fjorden, særlig ved utløpet av Tista og et stykke utover, i store mengder. Denne heterotrofe vekst, som opptrer i form av drivende fnokker eller fastsittende tråder og "busker", gir vannet et utpreget uestetisk preg.

Fiskerimulighetene i Iddefjorden har vært gjenstand for flere undersøkelser (jfr. tabell 1). Forurensningsbelastningen har utvilsomt hatt negativ virkning, men det er ikke lett å trekke klare konklusjoner om i hvilken grad, idet fiskebestanden her, som andre steder, må antas å undergå store naturlige svingninger. En del arter som man fremdeles kunne fiske i 1930-årene innenfor Svinesund, synes der nå å være borte eller forekommer bare sporadisk. Ålen synes fremdeles å holde stand, men er liten av vekst. Laks finnes det fremdeles meget av, men døde eksemplarer kan ofte på- treffes. Innerst i fjorden (ved Berbyelvas munning) kan man også få sik og abbor (Dybern 1967).

De hygieniske forhold som henger sammen med forurensningsbelast- ningen, er ikke vurdert fra norsk side. Fra svensk side påpekes de høye bakterietall som til dels ligger langt over den grense som etter svensk oppfatning kan ansees forsvarlig.

3.2 Generelt om årsak og virkning i forbindelse med forurensningssituasjonen

Årsakssammenhengene bak de enkelte forurensningsulemper er stort sett kompliserte og infiltrert i hverandre. For å kunne vurdere mulighetene av å eliminere eller redusere ulempene, må man kjenne hovedtrekkene i det samspill av naturmekanismer og ytre faktorer som styrer situasjonen.

Ut fra den omtale av ulempene som er gitt ovenfor, fremgår det at de to mest dominerende av dem - oksygenmangelen og gjennomskinnelighetsreduksjonen - begge først og fremst er indirekte konsekvenser av de store tilførsler av organisk materiale som kommer fra landsiden. De fleste av de øvrige ulemper har også sammenheng med disse tilførsler.

Også i indre Oslofjord er organisk stoff den viktigste forurensningsfaktor. Der opptrer det imidlertid en spesiell naturmekanisme som ikke synes å bety noe vesentlig i Iddefjorden. Denne mekanisme, som kalles eutrofiering, går ut på at næringsstoffer (bl.a. fosfor og nitrogen) som tilføres fjorden fra landsiden, forårsaker plantevekst, og dermed produksjon av organisk stoff i selve fjorden. Dette sjøproduserte organiske materiale utgjør i Oslofjorden langt mer enn det tilførte organiske stoff, og næringsstoffene blir derfor der indirekte den dominerende forurensningsfaktor.

Det organiske stoff som tilføres Iddefjorden, kan teoretisk bli borte igjen ad tre veier:

En del kan forsvinne ut til ytre farvann som følge av de vannutskiftningsprosesser som foregår.

En del sedimenterer, og noe av dette kan etterhvert bli dynget ned av nytt materiale slik at det til slutt mister kontakten med vannmassene.

Resten vil (under forbruk av oksygen) råtne mens det befinner seg i fjorden.

Både oksygenmangelen og gjennomskinneligheten er avhengig av fordelingen mellom disse tre veier. Ved hjelp av en materialbalanse for organisk stoff og oksygen kan man finne noe ut om denne fordeling (Avsnitt 3.32).

Som grunnlag for materialbalansen var det nødvendig å vite en del om de nevnte utskiftningsmekanismer. (Avsnitt 3.31).

En vurdering av fjordens eutrofieringssituasjon vil være nødvendig for å kunne si hvorvidt en fjerning av næringsstoffkomponenter fra Haldens kloakk-

vann vil være nødvendig i fremtiden. Datagrunnlaget gir foreløpig ingen mulighet for noen egentlig balanseoppstilling, men visse betraktninger om dette tema er foretatt. (Avsnitt 3.33).

Vannets gjennomskinnelighet avhenger av partikkelmengde og fargestoffinnhold. I notatet er det, som tidligere nevnt, gjort et forsøk på å studere denne sammenheng noe nærmere med sikte på å finne ut hvilket siktedypnivå Iddefjorden omtrentlig ville ha hatt uten - og med redusert - sivilisatorisk belastning (avsnitt 3.34).

3.3 Vurdering av fjordens resipientkapasitet

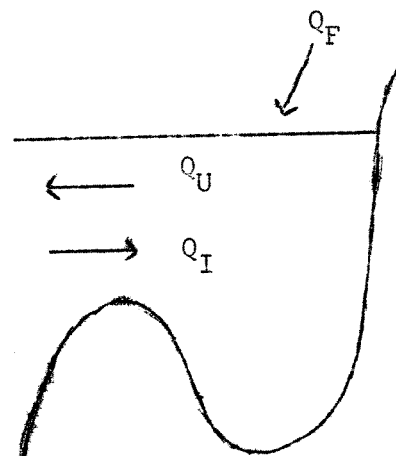
3.31 Vannutskiftningsmekanismene

I en terskelfjord er den midlere utskiftning av vann med tilgrensede sjøområde utenfor mindre effektiv enn den er i en havbukt eller en fjord uten terskel. I en fjord med to terskler eller flere, som Iddefjorden, er utvekslingen spesielt sterkt hemmet. I fjorder av denne type synes det ofte å være slik at ytterste basseng (innenfor ytterste terskel) har en relativt god utskiftning, og at det er terskel nr. 2 som representerer den viktigste barriere. Dette er tilfellet i Iddefjorden. Bassenget innenfor Bjällvarpterskelen (fig. 3) har god kommunikasjon med Singlefjorden utenfor, mens bassengene innenfor Svinesundterskelen alle har dårlig kommunikasjon.

Det er flere mekanismer som bidrar til utveksling av vannet mellom Iddefjorden og Singlefjorden:

1. Den estuarine utskiftning som virker i overflatelaget, og som er en følge av ferskvannstilrenningen til Iddefjorden.

I terskelfjorder som har tilrenning av ferskvann, vil det foregå en kontinuerlig utskiftningsprosess, som antydnet på skissen til høyre. Prosessen, som betegnes som den estuarine utskiftning, er bl.a. beskrevet av Gade (1967). Den går i korthet ut på at det ferskvann (Q_F) som tilføres fjorden,



på sin videre vei ut blir tilblandet - og dermed tar med seg - en del sjøvann. (Blandingsvannet (brakkvannet) er lettere enn sjøvannet og flyter som et lag oppå dette (Q_U)). Det sjøvann som slik blir trukket ut av fjorden, blir av tetthetsmessig årsak erstattet ved at sjøvann utenfra glir inn over terskelen under det utstrømmende brakkvann (Q_I).

Proessen kan beregnes på grunnlag av følgende likninger:

$$Q_U = Q_I + Q_F \quad (\text{Vannbalansen}) \quad (1)$$

$$Q_I \times R_I = Q_U \times R_U \quad (\text{Saltbalansen}) \quad (2)$$

hvor R_U = Saltkonsentrasjonen i utgående strøm

R_I = Saltkonsentrasjonen i inngående strøm

Dette gir

$$Q_I = Q_F \frac{R_U}{R_I - R_U} \quad (3)$$

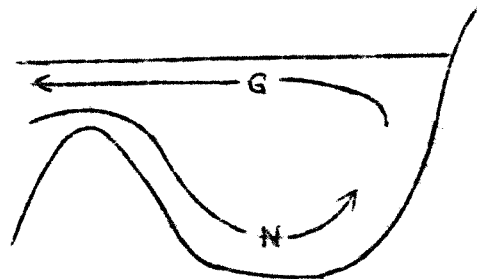
Størrelsen av Q_F kan anslås på grunnlag av offisielle hydrologiske data, og R-verdiene på grunnlag av de foreliggende analysedata.

2. Den advective dypvannsutskiftning opptrer av og til på grunn av en permanent pågående reduksjon av dypvannets spesifikke vekt (jfr. pkt. 3 nedenfor).

I terskelfjorder med stratifisert vann vil det med visse mellomrom foregå massivutskiftning av det avstengte dypvann - slik som antydnet på skissen til høyre. Prosessen er beskrevet bl.a. av Gade (1967).

I en fjord med flere terskler i serie vil ytterste basseng gjerne utskiftes hyppigere enn de innenfor.

At slike prosesser har funnet sted, kan sees av de hydrografiske data. I fig. 9a og b er to parametre (salinitet og oksygen) fremstilt i diagramform som funksjon av tiden for fjordens midtre



N = Tung vann type som av hydrografiske og meteorologiske årsaker er kommet inn fra havet mot fjordmunningen i terskelhøyde.

G = Gammelt bunnvann som etterhvert er blitt lettere enn N på grunn av diffusiv innblanding av ferskvann ovenfra.

og indre hovedbassenger. Målingene omfatter årene 1967/69. (Disse tre år utgjør den eneste måleperiode man har med noenlunde regelmessige målinger. Likevel er målehyppigheten også her for liten til at sikre konklusjoner kan trekkes). Kurvene viser at det midtre basseng er blitt utskiftet én gang pr. år. Det innerste basseng synes å ha vært gjenstand for to utskiftninger i løpet av de tre år, hvorav den første muligens kan ha vært noenlunde fullstendig, mens den andre bare var partiell. En midlere utskiftningseffektivitet kan beregnes ut fra formelen:

$$Q_D = V_D \times \frac{n}{365}$$

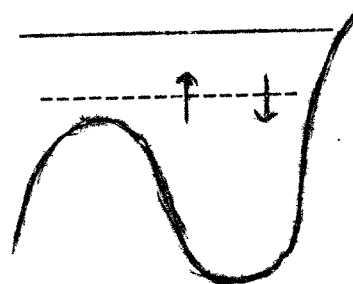
hvor Q_D = bassengets utskiftning i m^3 /døgn fordelt på årsbasis.

V_D = bassengets volum i m^3 under terskelnivå ved Svinesund, finnes i tabell 2b.

n = Antall utskiftninger pr. år.

3. Den diffusive blanding av dypvann og overflatevann resulterer i en netto transport av gammelt vann opp fra og nytt vann ned til dypet.

I en terskelfjord med stratifisert vann vil det foregå en kontinuerlig diffusiv ¹⁾ utveksling av vann mellom brakkvannslaget i overflaten og saltvannsmassen i dypet. Samtidig foregår det en diffusiv utjevning i vertikal retning av konsentrasjonsgradienter for de enkelte komponenter.



1) Begrepet diffusjon benyttes her i en vid betydning, idet det foruten den egentlige (molekylære) diffusjon også omfatter turbulent diffusjon (jfr. Munthe-Kaas (1968) side 8-10).

For de oppløste komponenter kan størrelsen av denne prosess beregnes etter likningen:

$$D = K \times A \times \frac{dc}{dz}$$

hvor

D = den diffusive utveksling (kg/døgn).

K = den generelle diffusjonskoeffisient som gjelder for alle komponenter. Den kan, hvis datagrunnlaget er godt nok, beregnes på grunnlag av dypvannets salt- eller varmembalanse.

A = fjordens horisontalareal i beregningsflaten. Den finnes av tabell 2a.

$\frac{dc}{dz}$ = komponentkonsentrasjonsgradienten gjennom den horisontale flate som diffusjonen skal beregnes for. Den er forskjellig for de ulike bassenger og for de ulike komponenter, og den varierer dessuten en del med årstiden. Den kan beregnes på grunnlag av de respektive komponentdata, såfremt tilstrekkelig antall målinger foreligger.

På grunnlag av saltbalansen kan også den diffusive vannutveksling mellom brakkvannslaget og dypvannsmassene beregnes.

4. De øvrige utskiftningsprosessene i overflatelaget skyldes tide- mekanismen, vind og meteorologisk betingede lokale variasjoner i vannets spesifikke vekt.

Vannmassene i overflatelaget (dvs. laget over terskelnivået ved Svinesund og Bjällvarpsundet på ca. 10 meter) vil være gjenstand for flere typer av utskiftning i horisontal retning:

- a. Den estuarine utskiftning som allerede er beskrevet ovenfor.
- b. Vinddreven transport. (Vannet transporteres med vinden i toppsjiktet, og en returstrøm oppstår lengre nede).

- c. Tidevannet, som flyttes frem og tilbake over tersklene, påvirkes hele tiden ved diffusjonsutveksling med omgivende vannmasser. Som nettoeffekt gir denne prosess en viss utskiftning.
- d. Advektiv utskiftning i overflatelaget av samme type som de ovenfor beskrevne dypvannsutskiftninger må antas å finne sted også i det 10 meter tykke øvre vannlag.

En foreløpig overslagsberegning over effektiviteten av disse mekanismer i Iddefjorden viser det i og for seg åpenbare forhold at den estuarine mekanisme her betyr mest.

Overslagsberegningen, antyder en størrelsesorden for brakkvannsmassenes midlere oppholdstid i fjorden på ca. 8 døgn. Dypvannets midlere oppholdstid kan, på grunnlag av utskiftningsberegninger av den type som er vist i pkt. 2 ovenfor og en del andre antakelser, løselig anslås til ca. 300 døgn. Det presiseres imidlertid at disse tall ikke er endelige.

3.32 Materialbalanse for oksygen

Som nevnt i avsnitt 3.2, representerer oksygenmangelen - og de sekundære konsekvenser av denne - alvorlige sider ved Iddefjordens forurensnings-situasjon. Oksygenmangel oppstår fordi oksygen forbrukes (ved forråtnelse av tilført organisk materiale) raskere enn det tilføres.

For å vurdere hvilke tiltak som kan treffes for å rette opp denne situasjon i fjorden, ville det være meget verdifullt å kunne sette opp en materialbalanse for oksygenforbruk-kapasitet og oksygentilførsel. Det foreliggende data-grunnlag er langt fra fyldig nok for en slik beregning, men vil likevel kunne danne grunnlag for en skissemessig balanseberegning. Hvilke poster som må inngå i en slik balanseberegning, er vist i fig. 10.

3.33 Eutrofieringsbetraktninger

I avsnitt 3.2 er det nevnt en naturmekanisme, eutrofiering, som i indre Oslofjord fører til en mangedoblet belastning av organisk stoff i forhold til den mengde som fjorden mottar fra landsiden. En faktor på ca. 10 ganger er anslagsvis beregnet. Mekanismen har sammenheng med at fjorden mottar betydelige mengder plantenæringsstoffer (bl.a. fosfor og nitrogen) fra kloakkene. Disse stoffer bevirker nemlig en sterk økning av planteveksten i selve fjorden, hvilket innebærer en betydelig produksjon av organisk stoff. Ved studiet av slike forhold i Oslofjorden ble det utført vekstforsøk (Skulberg 1967) og materialbalanseberegninger (Munthe-Kaas 1968) for næringsstoffene fosfor og nitrogen. (Disse to komponenter ble valgt fordi de måtte antas å være de viktigste i denne sammenheng, og fordi de analytisk sett er lettest å bestemme på grunn av de relativt store mengder de opptrer i).

Når det gjelder Iddefjorden, foreligger det foreløpig ikke noe grunnlag for en tilsvarende kvantitativ vurdering av eutrofieringsmekanismens betydning. Både er opplysningene om tilførsler fra landsiden usikre, og næringsstoffanalysene fra selve fjorden for få for dette formål.

3.34 Siktedypreduksjonens årsaksforhold

Den generelle siktedypsituasjon i fjorden er nærmere omtalt i avsnitt 3.1. Hovedårsaken til de nesten ekstremt dårlige forhold er også nevnt.

Ved vurdering av muligheten til å forbedre fjordens tilstand vil det være viktig å kjenne den kvantitative betydning av de forskjellige faktorer som påvirker siktedypet. For indre Oslofjord har det vært mulig til en viss grad (Munthe-Kaas 1967). For Iddefjorden er datagrunnlaget foreløpig meget svakere, og et tilsvarende beregningsopplegg lar seg ikke gjennomføre. Ved analogibetraktninger har det dog vært mulig å få visse holdepunkter frem.

I korthet går disse ut på at Iddefjordens naturnivå med hensyn til siktedypet sannsynligvis er betydelig høyere enn dagens nivå (som er på ca. 1 meter). Dagens lite tilfredsstillende situasjon skyldes at både fargestoff- og partikkelmengdene er langt høyere enn hva naturbidraget tilsier, og det

er liten tvil om at det i overveiende grad er industriens utslipp som betyr noe i den forbindelse.

3.4 Mulige tiltak for å bedre og sikre fjordens kvalitet - og mulige resultater

Ved planlegging av tiltak for å bedre og sikre fjordens kvalitet synes det primært å være to egenskaper man må konsentrere seg om - dypvannets oksygenforsyning og overflatelagets gjennomskinnelighet (siktedyp). Hvis disse to egenskaper bringes opp til akseptabelt nivå, vil en bedring av de andre uheldige egenskaper i stor utstrekning følge som biprodukter av tiltakene. (Dette gjelder dog ikke uten videre de hygieniske forhold, og heller ikke ulempetypene flytematerialer og redusert fiske).

Det faller utenfor rammen av nærværende rapport å foreslå konkrete tiltak. Likevel kan det være av interesse å trekke frem de viktigste alternative metoder som synes mulige, og - i lys av de informasjoner som er kommet frem - å se hva man kan vente å oppnå gjennom disse.

For å kunne planlegge tiltak, må det dessuten fastsettes hvilket kvalitetsnivå man ønsker å sikre i fjorden. Tiltakenes art og intensitet vil i høy grad avhenge av dette.

De mulige tiltak kan stort sett deles i to grupper:

1. Tiltak som reduserer tilførselsbelastningen til fjorden

Her kan det være tale om

- 1.1 renseanlegg for kloakkvannet,
- 1.2 renseanlegg og/eller interne tiltak i bedriftene for industriavløpsvannet,
- 1.3 transport av begge typer avløpsvann til farvannene utenfor Iddefjorden. ¹⁾

1) Dette siste tiltak forutsetter selvfølgelig at det valgte utslippssted utenfor Iddefjorden tåler slik belastning.

2. Tiltak som øker fjordens egen evne til å tåle forurensningsbelastning

Man kan á priori tenke seg flere metoder. Alle disse metoder vil innebære at en del av forurensningsbelastningen flyttes fra Iddefjorden til Singlefjorden. De uheldige effekter av belastningen vil være svakere i Singlefjorden enn i Iddefjorden; men hvorvidt denne avdempning er sterk nok, kan ikke sies uten nærmere undersøkelser.

2.1 Øket frekvens av dypvannsutskiftningen

Dette kan oppnås ved a) å pumpe luft ned i dypvannet i de aktuelle bassenger (bobleanlegg), eller b) å lede noe av det tilrennende ferskvann til fjorden ned i dypet og slippe det ut der gjennom diffusorer. I begge tilfeller vil vertikalutskiftningsintensiteten øke, slik at betingelsene for ny advektiv dypvannsutskiftning raskere oppnås. Ved det første alternativ (a) oppnår man forøvrig også en viss direkte oksygenering av dypvannet. (I forbindelse med dette alternativ kunne det kanskje være mulig, ved passende arrangement, å holde råk åpen for skipsfarten om vinteren.

2.2 Øket estuarin utskiftning

Ved å lede noe av det tilrennende ferskvann inn i et mellomsjikt i fjorden under anvendelse av diffusorteknikk, vil man kunne øke overflatelagets saltinnhold en del. Dermed vil utskiftningseffekten av den estuarine mekanisme øke.

Muligens vil denne metode innebære en generell reduksjon av isleggingen i fjorden om vinteren.

2.3 En økning av terskeldypet og/eller terskeltverrsnittet ved Svinesund må antas å kunne få positiv effekt på fjordens vannutskiftningskapasitet. Muligens vil en kombinasjon med punktene 2.1 eller 2.2 ovenfor være gunstig i denne forbindelse - og muligens er en terskelsenkning og/eller terskelutvidelse en forutsetning for en god effekt av punktene i 2.1 og 2.2 ovenfor.

- 2.4 En tunnelforbindelse med pumpeanlegg fra den svenske fjordarm Dynekilen til innerste basseng er foreslått av en innsender i dagspressen. En slik metode må selvsagt kunne gi effekt på utskiftningsforholdene i Iddefjorden hvis pumpekapasiteten er stor nok. Om et slikt alternativ er realistisk ut fra tekniske og økonomiske betraktninger - eller om det er akseptabelt ut fra Dynekil-synspunkt - er foreløpig ikke vurdert.

En endelig vurdering av hvilke effekter slike tiltak vil kunne få på fjordens kvalitet, må bli gjenstand for senere vurderinger. Inngående beregninger og eventuelt også ytterligere målinger må gjennomføres før dette kan skje.

Imidlertid kan det allerede nå trekkes følgende kvalitative konklusjoner om årsak/virkningsforholdene bak fjordens forurensningssituasjon og om hovedlinjene i det fremtidige sanerende opplegg for fjorden:

A. Om forurensningsbelastningen og dens virkninger i fjorden

A.1 Industriens bidrag av organisk partikulært og oppløst materiale er meget stort og utvilsomt hovedårsak til fjordens betydelige oksygenunderskudd. Bidragene av organisk materiale fra boligkloakkene og naturen er små og ville alene på langt nær bruke opp fjordens resipientkapasitet med hensyn til oksygenforbruk. Boligkloakkens bidrag har imidlertid en forsterkende virkning på industriforurensningen i fjorden gjennom sitt innhold av bakterier og næringssalter. Dette øker nedbrytningen av det organiske materialet (selvrensningen) og øker dermed oksygenforbruket i fjordvannet.

A.2 Eutrofieringsmekanismens innflytelse på oksygenbalansen er relativt liten. Om alt tilført fosfor fra boligkloakkvannet ble utnyttet 100% til algeproduksjon ¹⁾, ville det gi en mengde organisk stoff i sjøen ca. 8 ganger større enn det som kloakk-

1) I hvor stor grad fosfor blir utnyttet i Iddefjorden, vet man foreløpig ikke. I Oslofjorden er utnyttelsen anslått til ca. 120% (over 100% er mulig p.g. av resirkulasjon). Det er grunn til å tro at utnyttelsen i dagens plantefattige Iddefjord er lavere enn 100%, og at den også i en sanert Iddefjord ville være lavere enn 100%.

vannet inneholder. Heller ikke denne belastning antas å ville overskride fjordens resipientkapasitet. Hvorvidt industriens foreløpig ukjente bidrag av nærings-salter betyr noe vesentlig i tillegg, er uvisst.

A.3 Også fjordens dårlige gjennomskinnelighetsforhold skyldes i overveiende grad industrien. Både dens utslipp av oppløste fargestoffer og av partikler spiller her stor rolle. I bunnvannet og på bunnen vil de partikulære forurensninger fra industri og boliger dessuten medføre en betydelig belastning.

A.4 De utilfredsstillende hygieniske forhold i fjorden (på grunn av de høye bakterietall) må utvilsomt være en følge av boligkloakkutslippene.

B. Om aktuelle tiltak

B.1 For å sikre et akseptabelt kvalitetsnivå i fjorden vil tiltak som reduserer tilførselsbelastningen til fjorden være nødvendig. Det er i den forbindelse tilførselen av organisk stoff, av oppløste fargestoffer, av partikler og av bakterier som er viktigst. Tilførselen av næringsstoffer er det foreløpig liten grunn til spesielt å gjøre noe med.

B.2 Tiltak som øker fjordens egen evne til å tåle forurensningsbelastning, antas ikke i dagens situasjon alene å kunne bidra noe vesentlig til å høye fjordens kvalitetsnivå.

4. SAMMENFATNING

Formålet med undersøkelsesserien "Iddefjorden og dens forurensningsproblemer" er i korthet å komme frem til hvilke tiltak som på mest hensiktsmessig måte vil sikre Iddefjordens kvalitet på kortere og lengre sikt.

Gjennom nærværende rapport er det søkt klarlagt hvor langt man i dag er kommet med denne oppgave. Det synes i den forbindelse å være grunnlag for følgende sammenfatning:

1. Fjordens kvalitetsnivå er i dag lavt. Dens naturgitte forutsetninger tilsier et langt høyere nivå. Det foreligger en rekke opplysninger som karakteriserer tilstanden av vannet i fjorden.
2. Man har i store trekk en oversikt over årsaksforholdene bak dagens situasjon. På dette grunnlag vet man stort sett hvilke kategorier av tiltak som kan komme på tale for å bedre fjordens kvalitet. Det videre arbeid ventes å gi visse holdepunkter for å bedømme hvor langt man i praksis kan nå ad slike veier, og det kan allerede nå være grunn til å se nærmere på praktiske løsninger.
3. En vurdering av hvilke ytterligere undersøkelser som vil være nødvendige og en nærmere planlegging av disse vil bli foretatt i nær fremtid.

OVERSIKT OVER INFORMASJONSKILDER

Tallene til høyre angir på hvilke sider de respektive henvisninger første gang er benyttet.

BAALSRUD	1968	Vurdering av utslipp ved Kjesøya. (NIVA - oppdragsrapport) ^{x)}	19
DYBERN	1967	via: Anders Sjöberg: Vestkustundersøkingar Del 1 og 2. (1969). (Utgitt av Nemnden för Vatten, Luft og Jordforskning - Göteborg)	20
DYBERN	1969	Personlig meddelelse i brev av 21/8 1969	14
GADE	1967	Hydrografi (NIVA - delrapport nr. 2) ^{xx)}	23
HOLTAN	1967	Beskrivelser og undersøkelser av vannforekomster. (NIVA - Rapport 1 Del 4) ^{xxx)}	29
MUNTHE-KAAS	1967	Overflatelagets rekreasjonskvalitet. (NIVA - delrapport nr. 1) ^{xx)}	29
MUNTHE-KAAS	1968	Materialbalanse (NIVA - delrapport nr. 14) ^{xx)}	25
MUNTHE-KAAS	1970 b	Felt- og laboratorieundersøkelser. (NIVA - delrapport nr. 16 ^{xx)}). Planlagt utgitt i 1970)	9
MUNTHE-KAAS	1970 c	Data og databehandling. (NIVA - delrapport nr. 17 ^{xx)}). Planlagt utgitt i 1970)	10
SKULBERG	1967	En eksperimentell undersøkelse av fjordvannets gjødslingspåvirkning og den resulterende algevekst. (NIVA - delrapport nr. 10) ^{xx)}	28

Informasjonskilder som gjelder tidligere undersøkelser i Iddefjorden finnes angitt i rapportens tabell 1.

-
- x) i serien "Iddefjorden og dens forurensningsproblemer".
 xx) i serien "Oslofjorden og dens forurensningsproblemer".
 xxx) i serien "Vannforsyning og avløpsforhold i Østlandsfylkene".

TABELLOVERSIKT

Tallene til høyre angir på hvilke sider de respektive tabeller er presentert.

1.	Utførte målinger i Iddefjorden og Tista - foreløpig oversikt pr. 1/12 1969	6
2a.	Vannarealer i Iddefjorden	8
2b.	Vannvolumer i Iddefjorden	8
3.	Oversikt over enkeltstasjoner i det generelle stasjonsarkiv	8
4.	Iddefjordens tilførsler - foreløpig sammenstilling	15

TABELL 2A : VANNAREALER - ANGITT I MILLIONER KVADRATMETER

IDDEFJORDEN

DYP I METER	ØYERBY I ØYHELLEN	ØYHELLEN I ØYHELLEN	ØYHELLEN I ØYHELLEN /SAUØYA	HAVNE- BASSEN- GET	BRATT- ØYA I KNIVSØY HOLMENE	KNIVSØY HOLMENE I SVINE- SUND	SVINE- SUND I RØR- BEKK	RØRBEKK I SPONEVIK- SKANSEN	INDRE IDRE- FJORD	INDRE IDRE- MED HAV -NEBA- SENGET	BRATT- ØYA I SVINE- SUND	BRATT- ØYA I RØR- BEKK	IDDEFJORDEN INNENFOR		
													SVINE- SUND	RØR- BEKK	SPONE- VIKSKA- NSEN
0	4.1840	7.2872	4.5088	1.0284	1.5364	1.8156	.2720	.7276	15.9800	17.0084	3.3520	3.6240	20.3604	20.6324	21.3600
5	1.4900	6.8208	4.4320	.8180	1.5076	1.6852	.2280	.6032	12.7428	13.5608	3.1928	3.4208	16.7536	16.9816	17.5848
10	.8852	5.9304	4.2120	.5084	1.3224	1.3852	.1892	.4948	11.0276	11.5360	2.7076	2.8968	14.2436	14.4328	14.9276
15	.0928	5.4368	3.9016	.3352	1.1424	1.2060	.1540	.3900	9.4312	9.7664	2.3484	2.5024	12.1148	12.2688	12.6588
20	.0000	4.5072	3.3520	.1052	.7536	1.0652	.1152	.3080	7.8592	7.9644	1.8188	1.9340	9.7832	9.8984	10.2064
25	.0000	3.2920	2.7760	.0000	.4116	.9124	.0800	.2268	6.0680	6.0680	1.3240	1.4040	7.3920	7.4720	7.6988
30	.0000	2.3152	1.9384	.0000	.2200	.7552	.0068	.0920	4.2536	4.2536	.9752	.9820	5.2288	5.2356	5.3276
35	.0000	.6924	.6080	.0000	.0180	.4624	.0000	.0080	1.3004	1.3004	.4804	.4804	1.7808	1.7808	1.7888
40	.0000	.0000	.0000	.0000	.0032	.1032	.0000	.0000	.0000	.0000	.1064	.1064	.1064	.1064	.1064
45	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0192	.0000	.0000	.0000	.0000	.0192	.0192	.0192	.0192	.0192
50	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
STØRSTE DYP I METER :	19.0	40.0	38.0	24.5	41.0	48.0	30.4	35.5	40.0	40.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0
SONE :	1	2	3	4	5	6	7	8	1+2+3	1+2+3+4	5+6	5+6+7	1+2+3+4+5+6	1+2+3+4+5+6+7	1+2+3+4+5+6+7+8

EDBjobb NR 0021. Utskrift nr 2:
 Vanforekomst nr . Utgave nr 1

O-113/64 NIVA nov.1969

TABELL²B : VANNVOLUMER - ANGITT I MILLIONER KUBIKKMETER

IDDEFJORDEN

MELLOM DYPENE	BÆRBY	RØHELLA	HELLE- HOLMEN	HAVNE BASSEN-	BRATT- ØYA	KNIVSØY HOLMENE	SVINE- SUND	RØRBEKK	INDRE IDPE- FJORD	INDRE IDREFJ MØP HAV -NFBA- SENGET	BRATT- ØYA	BRATT- ØYA	IDDEFJORDEN INNENFOR		
	I RØHELLA	I HELLE- HOLMEN	I BRATTØYA /SAUØYA	GET	I KNIVSØY HOLMENE	I SVINE- SUND	I RØR- BEKK	I SPONEVIK -SKANSEN			I SVINF- SUND	I RØR- BEKK	SVINE- SUND	RØR- BEKK	SPØNE- VIKSKA- NSEN
0- 5	13.885	35.462	22.406	4.631	7.638	8.818	1.247	3.323	71.753	76.385	16.456	17.703	92.841	94.088	97.411
0-10	19.705	67.274	44.116	7.930	14.741	16.526	2.291	6.068	131.095	139.025	31.267	33.557	170.292	172.582	178.651
0-15	22.062	95.701	64.481	10.039	20.925	22.953	3.147	8.281	182.244	192.283	43.879	47.025	236.162	239.308	247.589
0-20	22.208	120.637	82.696	11.130	25.685	28.617	3.818	10.022	225.541	236.671	54.302	58.120	290.973	294.791	304.813
0-25	22.208	140.169	98.108	11.354	28.556	33.560	4.311	11.361	266.485	271.839	62.116	66.426	333.954	338.265	349.626
0-30	22.208	154.220	110.093	11.354	30.122	37.743	4.547	12.157	286.522	297.876	67.865	72.413	365.741	370.288	382.445
0-35	22.208	161.692	116.554	11.354	30.681	40.808	4.549	12.401	300.455	311.809	71.489	76.038	383.298	387.846	400.247
0-40	22.208	163.366	117.458	11.354	30.723	42.087	4.549	12.403	303.033	314.387	72.810	77.358	387.196	391.745	404.148
0-45	22.208	163.366	117.458	11.354	30.724	42.328	4.549	12.403	303.033	314.387	73.052	77.601	387.439	391.988	404.391
0-50	22.208	163.366	117.458	11.354	30.724	42.352	4.549	12.403	303.033	314.387	73.076	77.625	387.463	392.012	404.414
5-10	5.820	31.812	21.710	3.299	7.103	7.707	1.044	2.745	59.341	62.640	14.810	15.854	77.451	78.494	81.239
5-15	8.177	60.239	42.075	5.408	13.287	14.135	1.900	4.957	110.491	115.898	27.422	29.322	143.321	145.220	150.178
5-20	8.323	85.137	60.290	6.498	18.047	19.798	2.571	6.698	153.788	160.286	37.846	40.417	198.132	200.703	207.402
5-25	8.323	104.707	75.702	6.723	20.918	24.741	3.064	8.038	188.731	195.454	45.659	48.723	241.113	244.177	252.215
5-30	8.323	118.758	87.687	6.723	22.484	28.925	3.301	8.833	218.768	221.491	51.409	54.709	272.900	276.200	285.034
5-35	8.323	126.230	94.148	6.723	23.043	31.990	3.302	9.077	228.701	235.424	55.033	58.335	290.457	293.759	302.836
5-40	8.323	127.904	95.052	6.723	23.085	33.269	3.302	9.079	231.279	238.002	56.353	59.655	294.355	297.657	306.737
5-45	8.323	127.904	95.052	6.723	23.086	33.510	3.302	9.079	231.279	238.002	56.596	59.898	294.598	297.900	306.979
5-50	8.323	127.904	95.052	6.723	23.086	33.533	3.302	9.079	231.279	238.002	56.620	59.922	294.622	297.924	307.003
10-15	2.357	28.428	20.365	2.109	6.184	6.428	.856	2.212	51.149	53.258	12.612	13.468	65.870	66.726	68.938
10-20	2.503	53.364	38.580	3.199	10.944	12.091	1.527	3.953	94.447	97.646	23.036	24.563	120.681	122.209	126.162
10-25	2.503	72.895	53.992	3.424	13.815	17.034	2.020	5.293	129.390	132.814	30.849	32.869	163.663	165.683	170.976
10-30	2.503	86.947	65.977	3.424	15.381	21.218	2.257	6.088	155.427	158.851	36.599	38.855	195.449	197.706	203.794
10-35	2.503	94.419	72.438	3.424	15.940	24.283	2.258	6.332	169.360	172.784	40.222	42.481	213.006	215.264	221.596
10-40	2.503	96.093	73.342	3.424	15.982	25.561	2.258	6.334	171.938	175.362	41.543	43.801	216.905	219.163	225.497
10-45	2.503	96.093	73.342	3.424	15.983	25.803	2.258	6.334	171.938	175.362	41.786	44.044	217.148	219.406	225.740
10-50	2.503	96.093	73.342	3.424	15.983	25.826	2.258	6.334	171.938	175.362	41.809	44.068	217.171	219.429	225.764
15-20	.146	24.936	18.215	1.091	4.760	5.664	.671	1.741	43.297	44.388	10.424	11.095	54.811	55.483	57.224
15-25	.146	44.468	33.627	1.315	7.631	10.606	1.164	3.080	78.241	79.556	18.237	19.401	97.793	98.957	102.037
15-30	.146	58.519	45.612	1.315	9.196	14.790	1.401	3.876	104.278	105.593	23.987	25.387	129.579	130.980	134.856
15-35	.146	65.991	52.073	1.315	9.755	17.855	1.402	4.120	118.211	119.526	27.610	29.013	147.136	148.538	152.658
15-40	.146	67.665	52.977	1.315	9.797	19.134	1.402	4.122	120.789	122.104	28.931	30.333	151.035	152.437	156.559
15-45	.146	67.665	52.977	1.315	9.799	19.375	1.402	4.122	120.789	122.104	29.174	30.576	151.278	152.680	156.802
15-50	.146	67.665	52.977	1.315	9.799	19.399	1.402	4.122	120.789	122.104	29.197	30.600	151.301	152.703	156.825
20-25	.000	19.532	15.412	.224	2.871	4.943	.493	1.339	34.944	35.168	7.813	8.306	42.981	43.474	44.814
20-30	.000	33.583	27.397	.224	4.436	9.127	.729	2.135	60.980	61.205	13.563	14.292	74.768	75.497	77.632
20-35	.000	41.055	33.858	.224	4.995	12.191	.731	2.379	74.913	75.138	17.187	17.918	92.325	93.055	95.434
20-40	.000	42.729	34.762	.224	5.037	13.470	.731	2.381	77.492	77.716	18.507	19.238	96.223	96.954	99.335
20-45	.000	42.729	34.762	.224	5.039	13.711	.731	2.381	77.492	77.716	18.750	19.481	96.466	97.197	99.578
20-50	.000	42.729	34.762	.224	5.039	13.735	.731	2.381	77.492	77.716	18.774	19.505	96.490	97.221	99.601
25-30	.000	14.052	11.985	.000	1.566	4.184	.237	.795	26.037	26.037	5.750	5.986	31.786	32.023	32.818
25-35	.000	21.523	18.446	.000	2.125	7.249	.238	1.039	39.970	39.970	9.173	9.611	49.343	49.581	50.621
25-40	.000	23.198	19.350	.000	2.167	8.527	.238	1.041	42.548	42.548	10.694	10.932	53.242	53.480	54.521
25-45	.000	23.198	19.350	.000	2.168	8.769	.238	1.041	42.548	42.548	10.937	11.175	53.485	53.723	54.764
25-50	.000	23.198	19.350	.000	2.168	8.792	.238	1.041	42.548	42.548	10.960	11.198	53.508	53.746	54.788
30-35	.000	7.472	6.461	.000	.559	3.065	.001	.244	13.933	13.933	3.624	3.625	17.557	17.558	17.802
30-40	.000	9.146	7.365	.000	.601	4.344	.001	.246	16.511	16.511	4.944	4.946	21.456	21.457	21.703
30-45	.000	9.146	7.365	.000	.602	4.585	.001	.246	16.511	16.511	5.187	5.189	21.698	21.700	21.946
30-50	.000	9.146	7.365	.000	.602	4.608	.001	.246	16.511	16.511	5.211	5.212	21.722	21.723	21.969
35-40	.000	1.674	.904	.000	.042	1.279	.000	.002	2.578	2.578	1.121	1.321	3.899	3.899	3.901
35-45	.000	1.674	.904	.000	.043	1.520	.000	.002	2.578	2.578	1.563	1.563	4.142	4.142	4.144
35-50	.000	1.674	.904	.000	.043	1.544	.000	.002	2.578	2.578	1.587	1.587	4.165	4.165	4.167
40-45	.000	.000	.000	.000	.002	.241	.000	.000	.000	.000	.243	.243	.243	.243	.243
40-50	.000	.000	.000	.000	.002	.265	.000	.000	.000	.000	.266	.266	.266	.266	.266
45-50	.000	.000	.000	.000	.000	.024	.000	.000	.000	.000	.024	.024	.024	.024	.024
STØRSTE DYP I METER :	19.0	40.0	38.0	24.5	41.0	48.0	30.4	35.5	40.0	40.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0
SONE :	1	2	3	4	5	6	7	8	1+2+3	1+2+3+4	5+6	5+6+7	1+2+3+4+5+6	1+2+3+4+5+6+7	1+2+3+4+5+6+7+8

Tabell 3

NIVA O-113/64 Iddefjordprosjektet	Oversikt over enkeltstasjoner i det generelle stasjonsarkiv	Område: Iddefjorden og nærmeste del av Singlefjorden	Utarbeidet av: Brith Hambo	Dato: nov.1969
--------------------------------------	--	---	-------------------------------	-------------------

Stasjons- Betegnelse	Geografisk posisjon				Ca. dyp i m	Opprettet			Brukt av institusjon og under betegnelse:						
	Nordlig bredde		Østlig lengde			Av	År	Under beteg- nelse	SVI 1947- 1948	SVI 1963	NIVA M 1963- 1964	IMBA 1964- 1965	NIVA T 1966	KFS 1967- 1969	NIVA M 1969
	Grader	Min.	Grader	Min.											
GZ 1	59	07,04	11	22,11	9,5	SVI	1947	4	4	10					
GY 1		07,00		21,50		KFS	1967	11 A						11 A	
GY 2		07,01		21,26	9,0	NIVA M	1963	YØF 1			YØF 1				GY 2
GY 3		07,00		21,00		SVI	1947	5	5	12				12	
HX 1		06,50		18,80		SVI	1963	13		13				13	
HX 2		06,70		19,40	43	NIVA M	1963	YØE 1			YØE 1				HX 2
HX 3		06,65		18,89		NIVA T	1966	J II				J II			
HY 1		06,60		20,90		SVI	1963	11		11				11	
HY 2		06,92		20,48		NIVA T	1966	J III				J III			
HZ 1		06,40		22,30		SVI	1963	6		6				5 A	
HZ 2		06,68		22,30		SVI	1963	8		8				9 A	
HZ 3		06,00		22,00		SVI	1947	3	3	5				5	
HZ 4		06,75		22,34		NIVA M	1963	YØG 1			YØG 1				HZ 4
HZ 5		06,48		22,60		SVI	1963	7		7					
HZ 6		06,74		22,14		SVI	1963	9		9					
IT 1		05,09		11,92		NIVA T	1966	J VI				J VI			IT 1
IU 1		05,70		13,20		SVI	1947	8	8	16				16	
IU 2		05,20		12,65	77	NIVA M	1963	ZØB 1			ZØB 1				
IV 1		05,82		15,80		SVI	1963	14 A		14 A				14 A	
IV 2		05,50		14,60		SVI	1947	7	7	15				15	
IV 3		05,46		14,22		NIVA M	1963	ZØC 1			ZØC 1				IV 3
IV 4		05,60		14,08		IMBA	1964	3				3			
IV 5		05,53		14,38		IMBA	1964	2				2			
IV 7		05,75		15,44		IMBA	1964	4				4			
IV 8		05,83		15,95		IMBA	1964	5				5			
IW 1		05,90		17,10	36	SVI	1947	6	6	14				14	
IW 2		05,98		17,28	37	NIVA M	1963	ZØD 1			ZØD 1		8		IW 2
IW 3		05,87		16,22		IMBA	1964	6				6			
IW 4		05,92		16,56		IMBA	1964	7				7			
IZ 1		05,59		22,62	35	NIVA M	1963	ZØG 1			ZØG 1				IZ 1
IZ 2		05,93		22,20		NIVA T	1966	J IV				J IV			
JT 1		04,80		10,50		KFS	1967	17						17	
JT 2		04,73		10,00		NIVA M	1963	ZÅ 1			ZÅ 1		J VII		
JZ 1		04,90		23,00		SVI	1963	4		4				4	
KT 1		03,90		10,00		KFS	1967	17 c						17 c	
KE 1		03,40		24,20	30	SVI	1947	2	2	3	ØØH 1			3	KE 1
KE 3		03,67		24,13		NIVA T	1966	J V				J V			
LE 1		02,20		24,90		SVI	1963	2		2				2	
NØ 1		00,70		26,80	10	SVI	1947	1	1	1	ØØH 1			1	NØ 1

SVI - Statens Vatteninspektion, Stockholm

KFS - Kungliga Fiskeristyrelsen, Gøteborg

NIVA M - Norsk institutt for vannforskning Marin gruppe, Oslo

NIVA T - " " " " " Tekn. avd. "

IMBA - Marinbiologisk institutt avd. A, Universitetet i Oslo

O-113/64 NIVA nov.1969

Tabell 4

IDDEFJORDENS TILFØRSLER - foreløpig sammenstilling

Infor- masjons- kilde	Type tilførsel	organisk stoff		Fosfor i form av		Nitrogen i form av			Partikulært materiale målt som		Farge- stoff kg Pt-ekv. døgn
		målt som BOF ₅ kg 0 døgn	omreg- net til BOF ₂₀ ^① kg 0 døgn	Orto kg P døgn	Total kg P døgn	Nitrat kg N døgn	BFA kg N døgn	Total kg N døgn	Tørrstoff kg t.st. døgn	Turbiditet kg SiO ₂ døgn	
1	Norsk industri	115.000	② 173.000		0,1+?		1+?	48.000+?			
2	Norsk befolkning	930	1.390		38,3		232	1.660			
3	Svensk befolkning	20	30		1,2		5	40			
	Fra skog og mark norsk og svensk	1.450	2.180	10,5	130	820	670	1.490	7.000		160.000
	Tilsammen	≈117.500	≈175.000	≈11	≈170+?	≈820	≈1.730+?	≈50.000+?	≈7.000		≈160.000

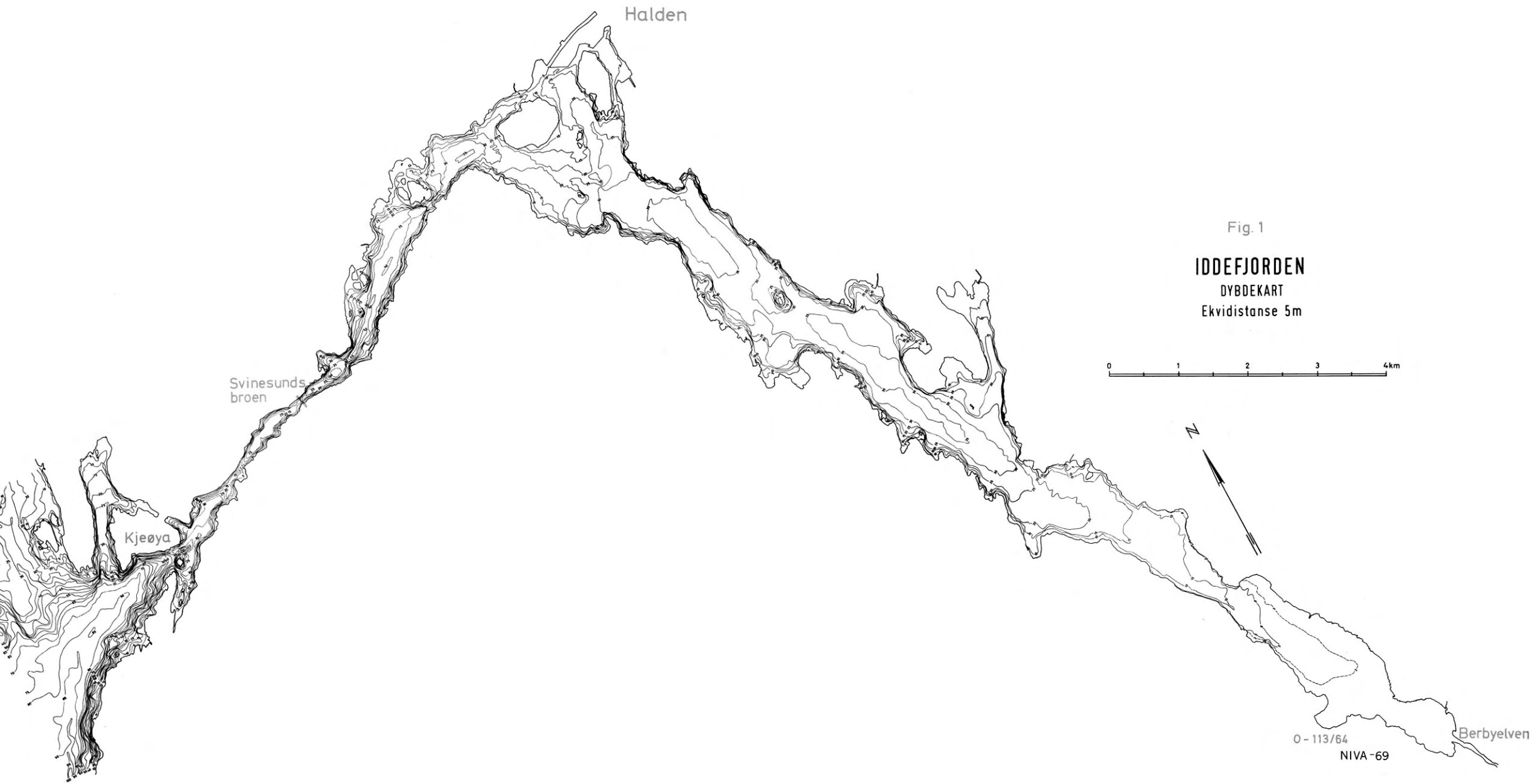
① Konf. teksten

② Eksklusive fiberutslipp

FIGUROVERSIKT

Tallene til høyre angir på hvilke sider de respektive figurer er presentert.

1.	Iddefjorden - dybdekart	7
2a.	Langsgående dybdeprofiler i Iddefjorden	7
2b.	Tversgående dybdeprofiler i Iddefjorden	8
3.	Soneinndeling for areal og volumberegning	8
4.	Hydrografiske målestasjoner i Iddefjorden	8
5.	Eksempelside fra tabellversjon 1, del A (Hydrografiske data)	10
6.	De viktigste vassdrag til fjorden, med soneinndeling	13
7.	Siktedypmålinger i Iddefjorden	17
8.	Oksygeninnholdet i Iddefjorden 21. august 1969	19
9a.	Tidsisopleter fra Iddefjorden 1967-1969 - midtre basseng	19
9b.	Tidsisopleter fra Iddefjorden 1967-1969 - indre basseng	19
10.	Oksygenbalansen i Iddefjorden - prinsippskisse	28

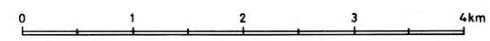


Halden

Fig. 1

IDDEFJORDEN
DYBDEKART
Ekvidistanse 5m

Svinesunds
broen

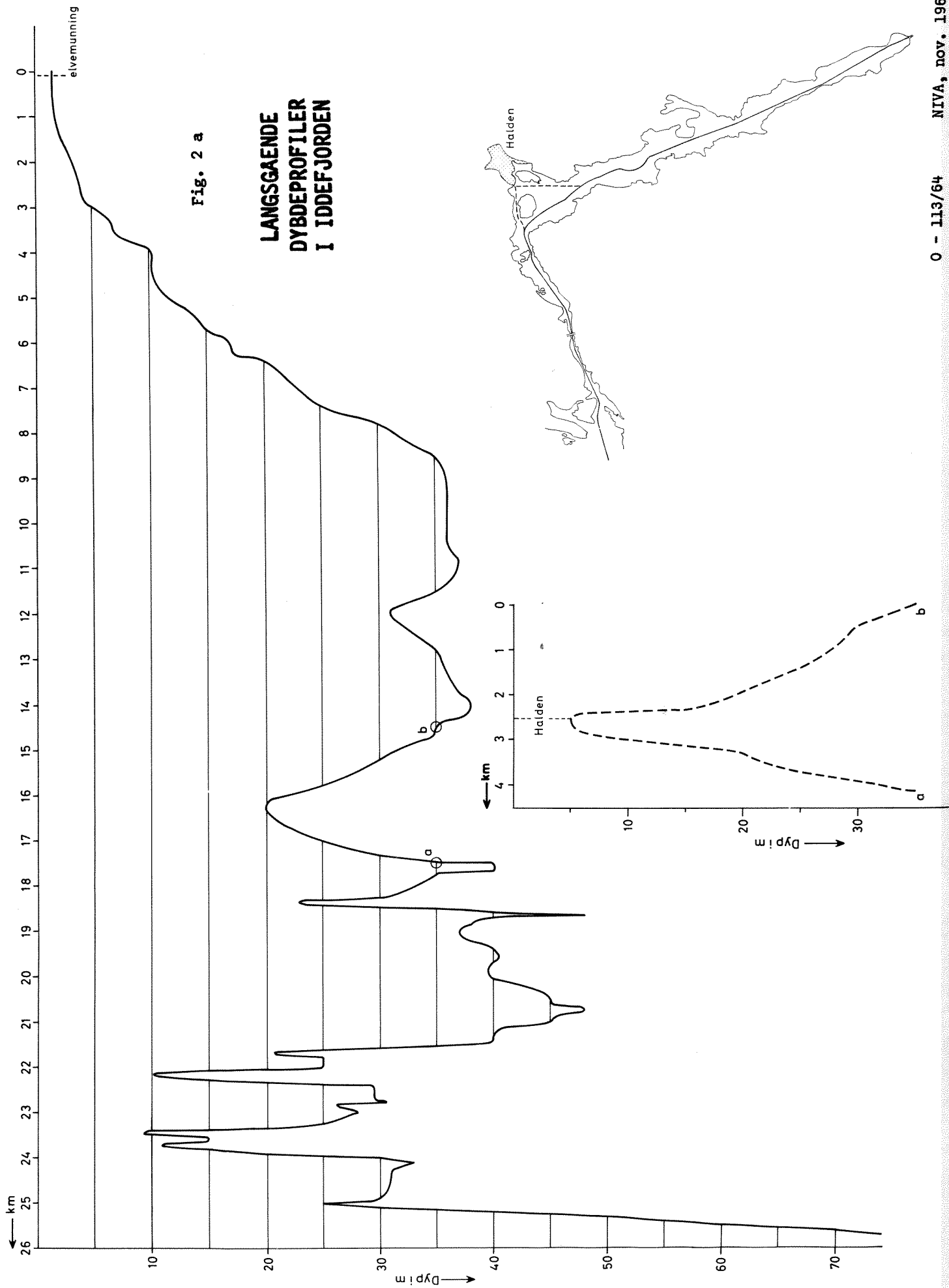


Kjeøya



0 - 113/64
NIVA - 69

Berbyelven



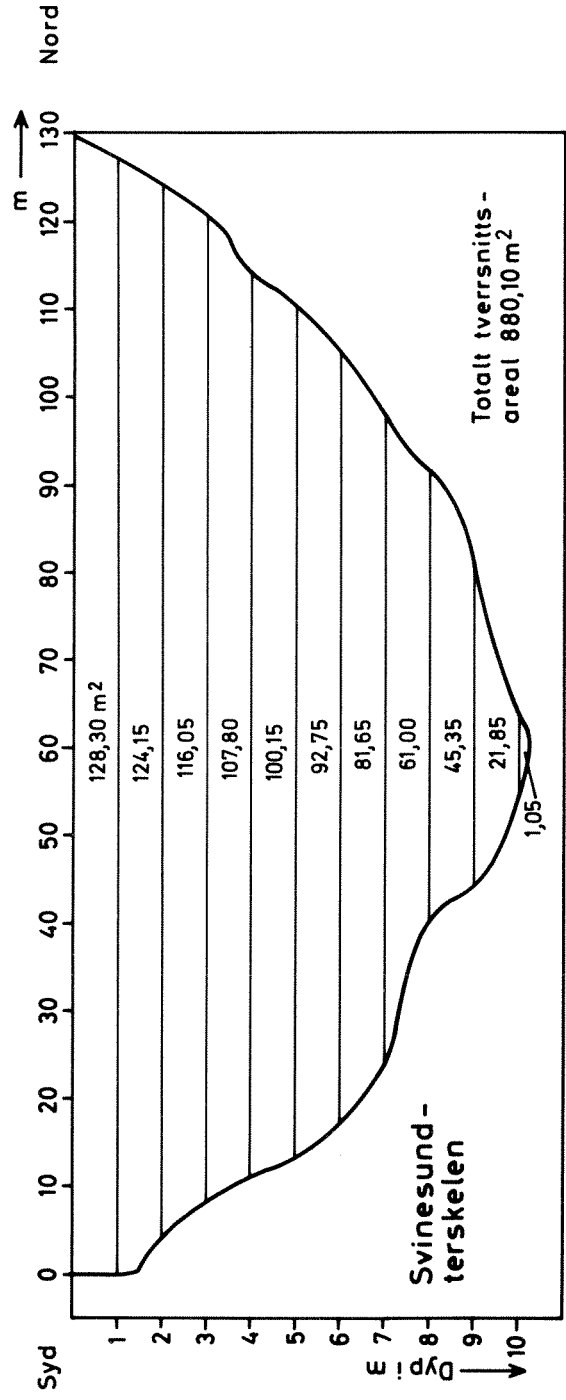
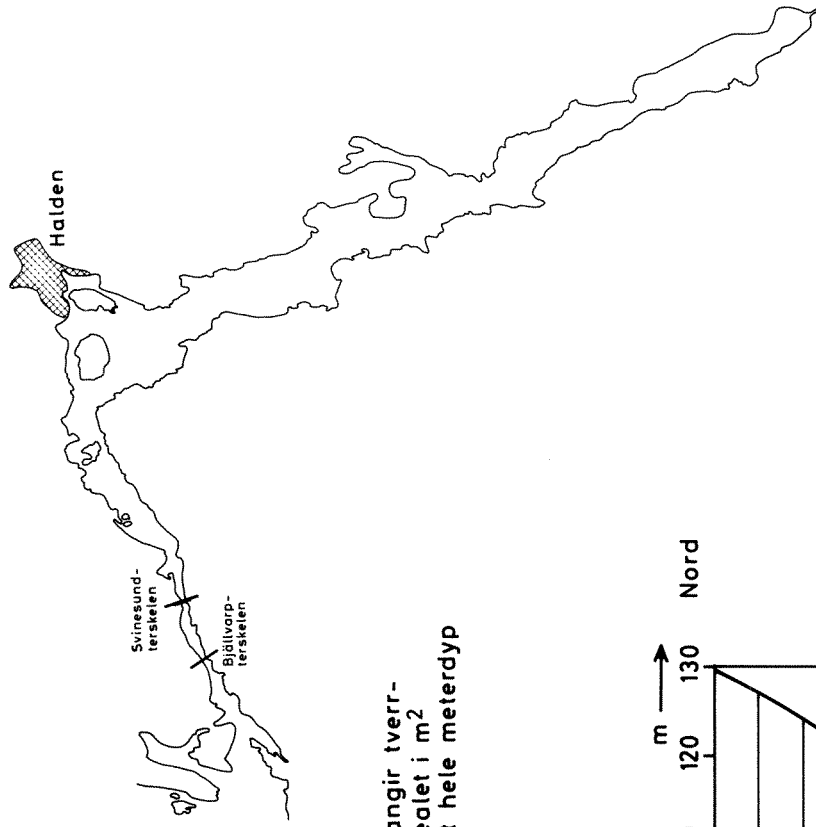
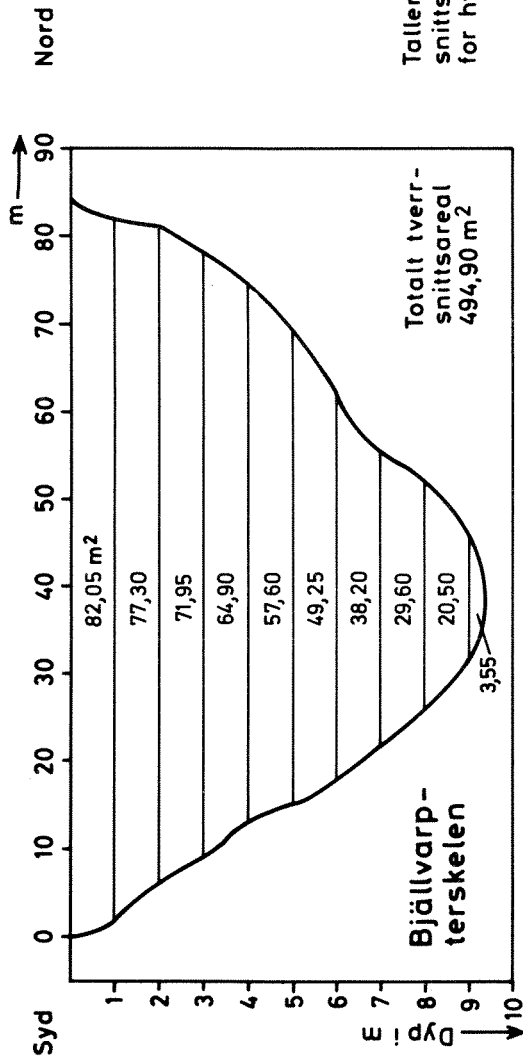
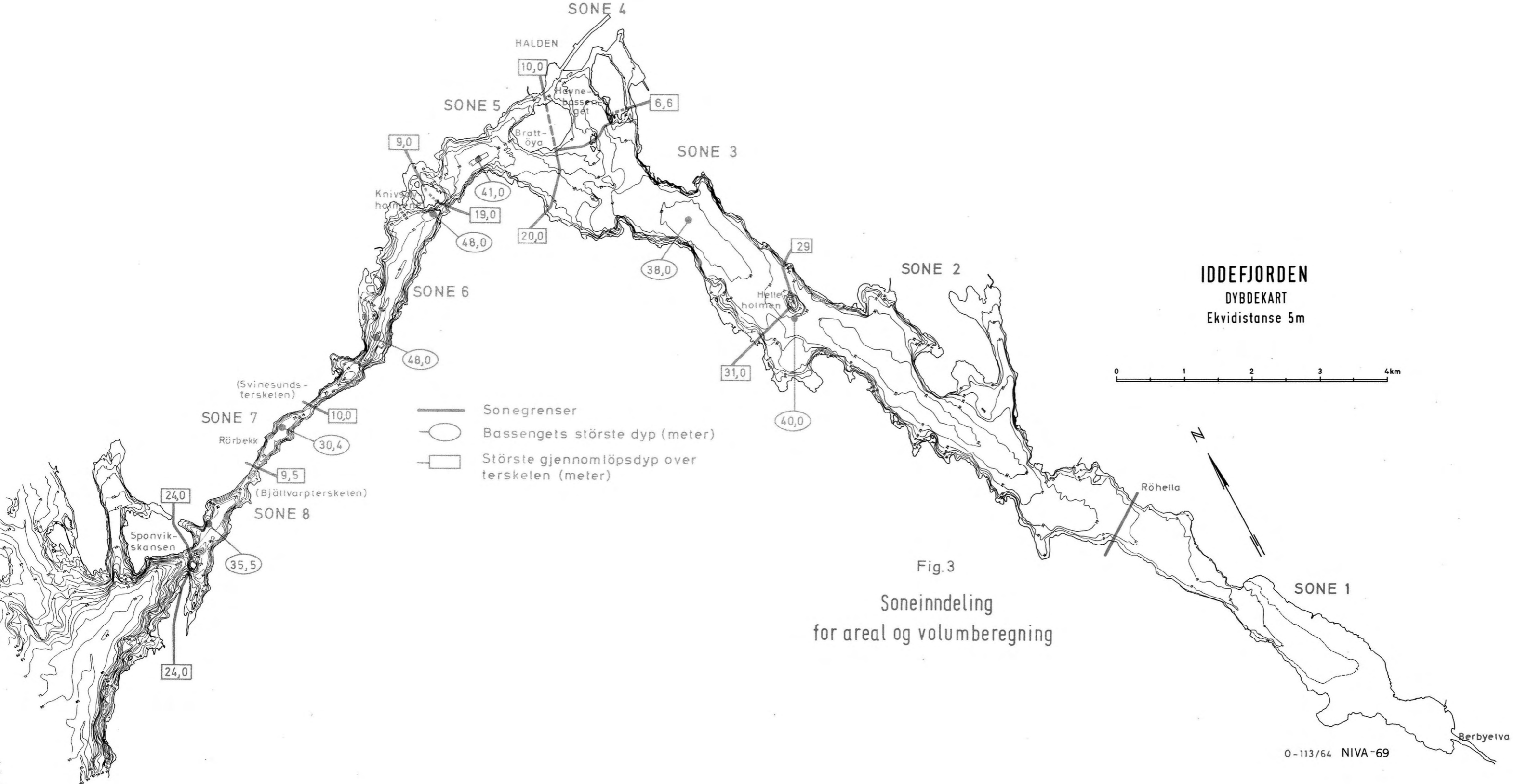
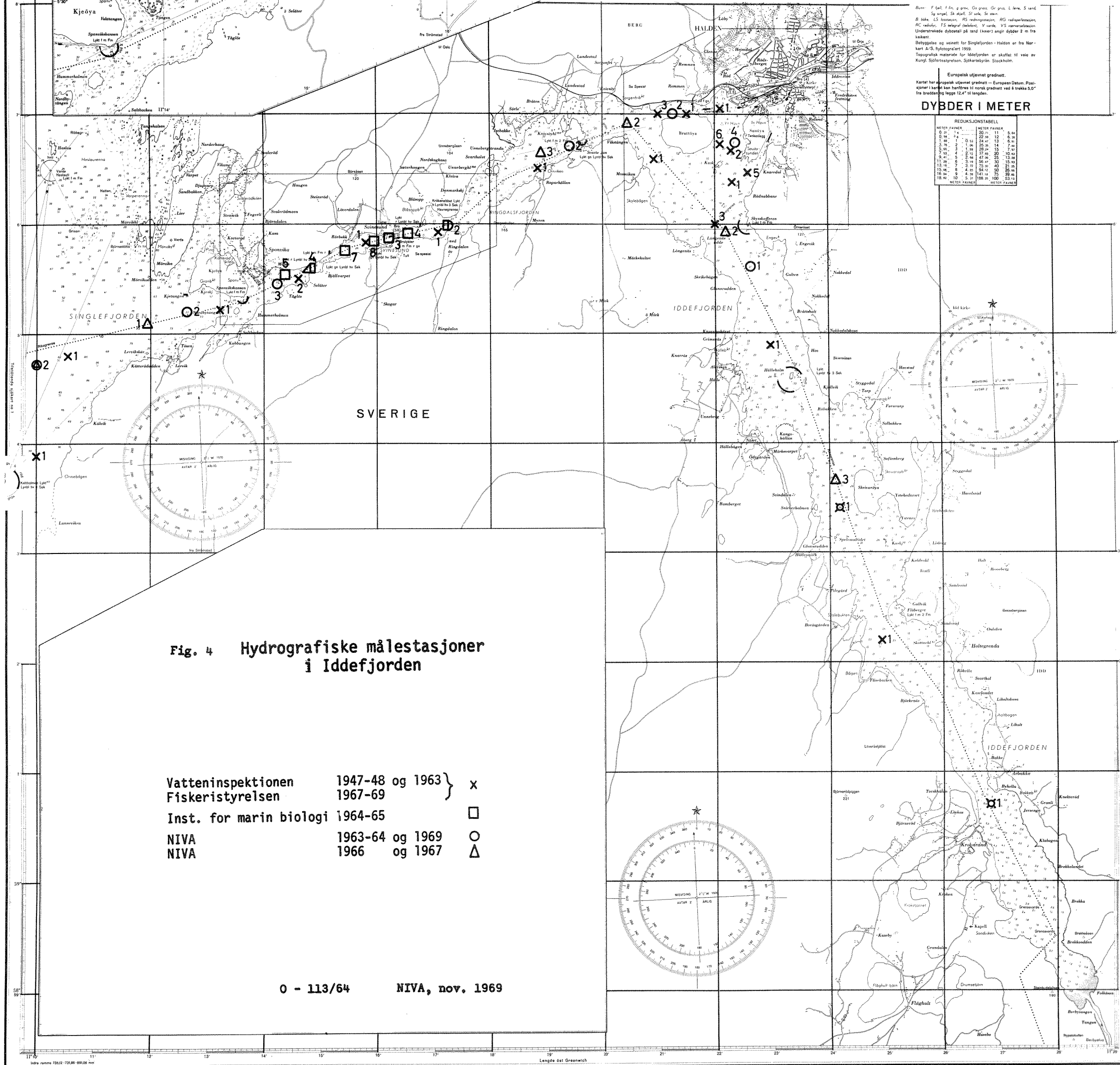


Fig. 2 b

**TVERSGAENDE
DYBDEPROFILER
I IDDEFJORDEN**





Bunn: F fjell, f fm, g grus, G grus, L leire, S sand.
 Sp anrop, St skulpt, St stue, St stein.
 B båt, LS lastest, RS redningsstasjon, RG redningsstasjon,
 RC rednings, TS telegraf (telev), V vardi, VS varnerelevasjon.
 Understrøket dybde på land (kvar) angir dybde 2 m fra kanten.
 Bøypilene og vænnet for Singlefjorden - Halden er fra Norkart A/S, hydrografen 1959.
 Topografisk materiale for Iddefjorden er skaffet til veie av Kjøp. Sjøfartstjenesten, Sjøfartshøgskolen.
 Europaisk utjævnt grødnnett.
 Kartet har europaisk utjævnt grødnnett - European Datum. Posisjoner i kartet kan henføres til norsk grødnnett ved å trekke 5,0" fra breddene og legge 12,4" til lengden.

REDUKSJONSTABELL

METER FAVNER	METER FAVNER
0,30	5,4
0,35	6,3
0,40	7,2
0,45	8,1
0,50	9,0
0,55	9,9
0,60	10,8
0,65	11,7
0,70	12,6
0,75	13,5
0,80	14,4
0,85	15,3
0,90	16,2
0,95	17,1
1,00	18,0
1,05	18,9
1,10	19,8
1,15	20,7
1,20	21,6
1,25	22,5
1,30	23,4
1,35	24,3
1,40	25,2
1,45	26,1
1,50	27,0
1,55	27,9
1,60	28,8
1,65	29,7
1,70	30,6
1,75	31,5
1,80	32,4
1,85	33,3
1,90	34,2
1,95	35,1
2,00	36,0
2,05	36,9
2,10	37,8
2,15	38,7
2,20	39,6
2,25	40,5
2,30	41,4
2,35	42,3
2,40	43,2
2,45	44,1
2,50	45,0
2,55	45,9
2,60	46,8
2,65	47,7
2,70	48,6
2,75	49,5
2,80	50,4
2,85	51,3
2,90	52,2
2,95	53,1
3,00	54,0
3,05	54,9
3,10	55,8
3,15	56,7
3,20	57,6
3,25	58,5
3,30	59,4
3,35	60,3
3,40	61,2
3,45	62,1
3,50	63,0
3,55	63,9
3,60	64,8
3,65	65,7
3,70	66,6
3,75	67,5
3,80	68,4
3,85	69,3
3,90	70,2
3,95	71,1
4,00	72,0
4,05	72,9
4,10	73,8
4,15	74,7
4,20	75,6
4,25	76,5
4,30	77,4
4,35	78,3
4,40	79,2
4,45	80,1
4,50	81,0
4,55	81,9
4,60	82,8
4,65	83,7
4,70	84,6
4,75	85,5
4,80	86,4
4,85	87,3
4,90	88,2
4,95	89,1
5,00	90,0

Fig. 4 Hydrografiske målestasjoner i Iddefjorden

- Vatteninspektionen 1947-48 og 1963 } x
- Fiskeristyrelsen 1967-69 } x
- Inst. for marin biologi 1964-65 } □
- NIVA 1963-64 og 1969 } ○
- NIVA 1966 og 1967 } △

0 - 113/64 NIVA, nov. 1969

Fig.5 Eksempelside fra bilag 2, tabellversjon 1, del A. (Hydrografiske data)

NIVA, EDB-JOBB NR 0029, UTSKRIFT NR 9

TABELL 1A, SIDE 27

A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20
METODE NR :																			
FORBEHANDLING :																			
U	DATO	KL	STAS	DYP	TEMP	SAL	TETTH	OKS-EKV	OKSM	F.ORT	F.TOT	NO3	BFA	J.TOT	SIL	TURB	FARVE	LSS	FS
E 69 821	1415	Hx2	12.	16.30	24.810	17.91	-2.75	-33	200-2	280-1	M500-2	380-3				180-2	363-1	740-2	00
E 69 821	1415	Hx2	16.	11.89	27.285	20.66	-4.35	-48	110-1	440-1	M500-2	550-4				470-3	263-1	654-2	00
E 69 821	1415	Hx2	20.	8.02	29.327	22.85	-6.55	-68	520-1	870-1	M500-2	850-4				980-3	250-1	370-2	00
E 69 821	1415	Hx2	25.	7.59	29.498	23.04	-8.10	-85	620-1	980-1	M500-2	300-4				870-3	238-1	288-2	00
E 69 821	1415	Hx2	30.	7.10	29.980	23.48	-11.06	-113	650-1	950-1	M500-2	300-4				151-2	225-1	402-2	00
E 69 821	1415	Hx2	40.	6.61	30.186	23.71	-10.66	-108	990-1	142 0	M500-2	300-4				190-2	212-1	116-2	00
E 69 821	1500	Iw2	0.	20.25	15.880	10.24	0.00	0	M200-2	400-1	M500-2	565-3				250-2	750-1	110 0	00
E 69 821	1500	Iw2	1.	19.95	18.130	12.01	0.20	3	M200-2	320-1	M500-2	378-3				150-2	965-1	660-1	00
E 69 821	1500	Iw2	4.	18.96	21.750	14.99	0.79	10	M200-2	310-1	M500-2	175-3				420-3	300-1	295-1	00
E 69 821	1500	Iw2	8.	14.09	24.820	17.96	-1.20	-14	M200-2	290-1	M500-2	100-4				980-3	286-1	116-1	00
E 69 821	1500	Iw2	12.	14.67	26.085	19.22	-2.40	-27	M200-2	330-1	M500-2	322-3				150-3	275-1	850-2	00
E 69 821	1500	Iw2	16.	10.92	27.504	20.99	-3.55	-38	130-1	430-1	M500-2	351-3				105-2	250-1	390-2	00
E 69 821	1500	Iw2	20.	9.83	28.995	22.33	-6.15	-66	360-1	700-1	M500-2	750-3				135-2	250-1	308-2	00
E 69 821	1500	Iw2	25.	7.80	29.628	23.12	-6.71	-69	420-1	870-1	M500-2	100-4				160-2	263-1	336-2	00
E 69 821	1500	Iw2	30.	7.20	29.934	23.43	-8.30	-85	580-1	110 0	M500-2	720-4				165-2	250-1	416-2	00
E 69 821	1500	Iw2	35.	6.71	30.149	23.67	-9.90	-100	900-1	134 0	M500-2	742-3				570-2	238-1	496-2	00
E 69 821	1515	Iv3	0.	19.37	21.690	14.84	3.07	39	M200-2	210-1	M500-2	350-3				330-3	275-1	224-1	00
E 69 821	1515	Iv3	1.	19.25	21.760	14.93	2.87	36	M200-2	230-1	M500-2	357-3				430-3	275-1	212-1	00
E 69 821	1515	Iv3	4.	18.93	22.210	15.34	2.67	34	M200-2	230-1	M500-2	370-3				520-3	286-1	198-1	00
E 69 821	1515	Iv3	8.	17.99	24.130	17.02	2.18	27	M200-2	260-1	M500-2	300-3				310-3	200-1	118-1	00
E 69 821	1515	Iv3	12.	17.07	24.010	17.59	2.18	27	M200-2	240-1	M500-2	510-3				360-3	175-1	990-2	00
E 69 821	1515	Iv3	16.	16.68	26.520	19.13	3.17	39	300-2	260-1	100-1	210-3				570-3	150-1	527-2	00
E 69 821	1515	Iv3	20.	14.04	30.529	22.75	6.04	73	120-1	210-1	750-1	150-3				600-4	0 0	0 0	00
E 69 821	1515	Iv3	25.	9.45	32.823	25.37	6.73	75	140-1	210-1	950-1	800-4				120-3	0 0	212-2	00
E 69 821	1515	Iv3	30.	8.50	32.472	25.24	6.83	74	170-1	210-1	100-1	950-4				170-3	0 0	0 0	00
E 69 821	1630	It1	0.	19.75	19.170	12.85	7.43	93	M200-2	130-1	M500-2	238-3				180-3	238-1	163-1	00
E 69 821	1630	It1	1.	19.76	19.210	12.88	7.43	93	M200-2	130-1	M500-2	236-3				200-3	900-2	830-2	00
E 69 821	1630	It1	4.	19.74	22.860	15.64	7.33	94	200-2	170-1	M500-2	188-3				300-4	240-2	180-2	00
E 69 821	1630	It1	8.	19.71	23.035	15.78	7.33	94	M200-2	100-1	M500-2	188-3				400-4	350-2	166-2	00
E 69 821	1630	It1	12.	19.09	24.250	16.85	5.54	71	200-2	110-1	M500-2	100-4				350-4	480-2	158-2	00

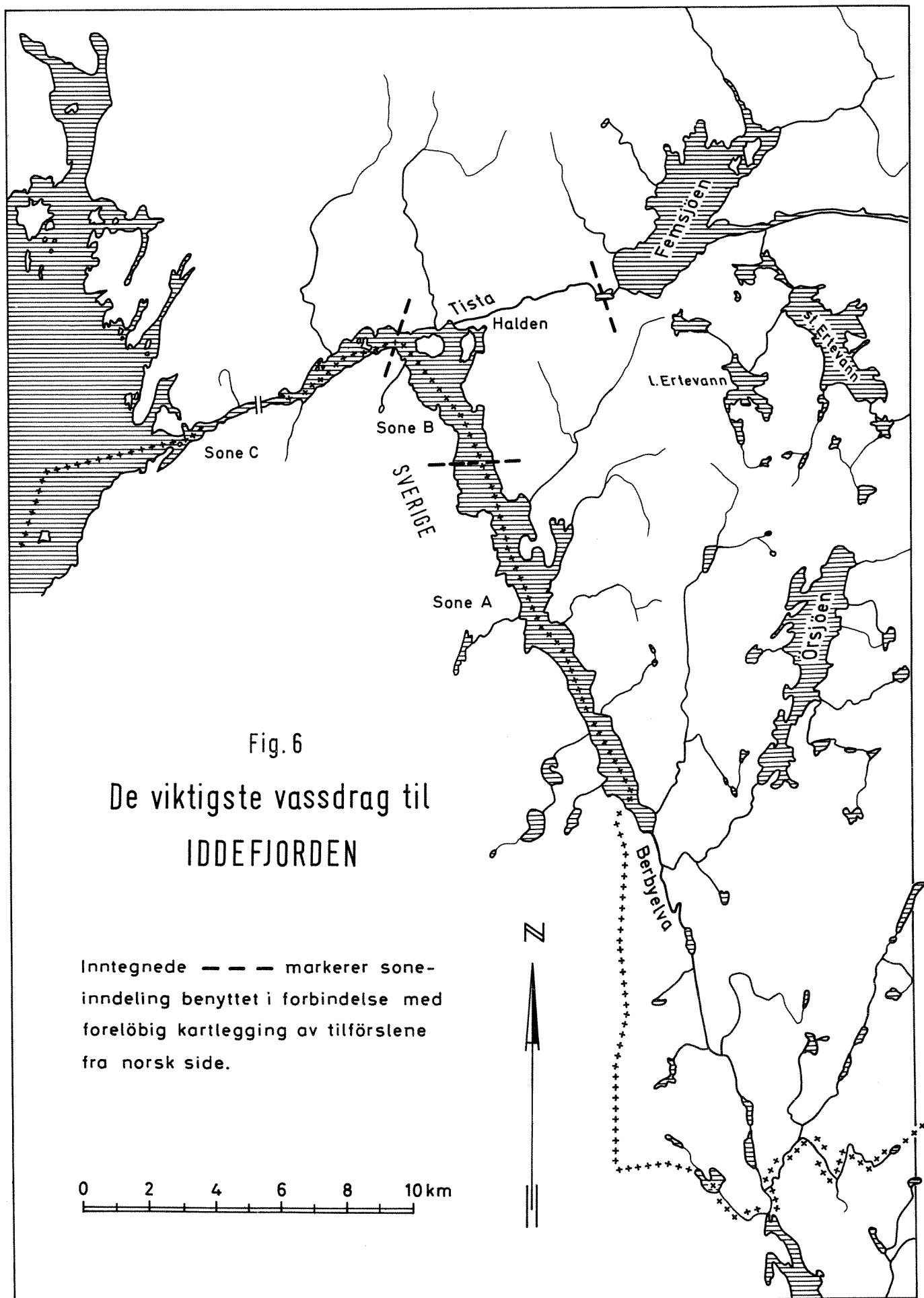
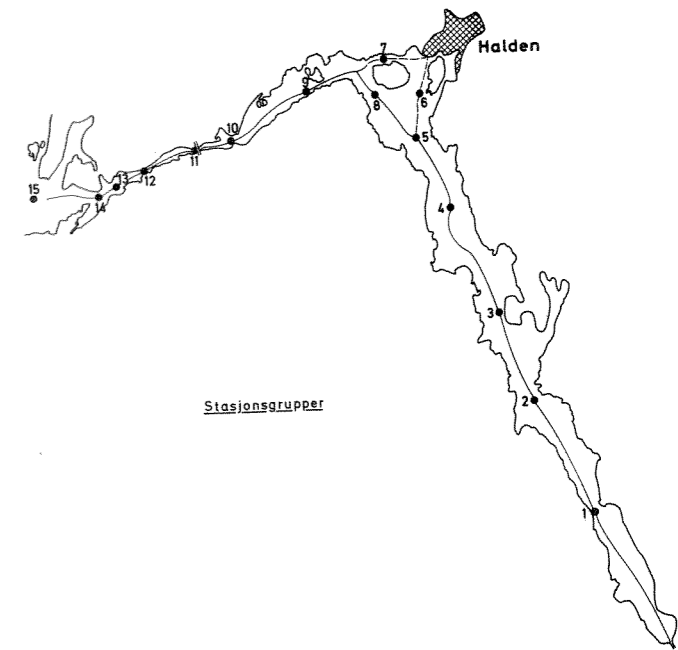
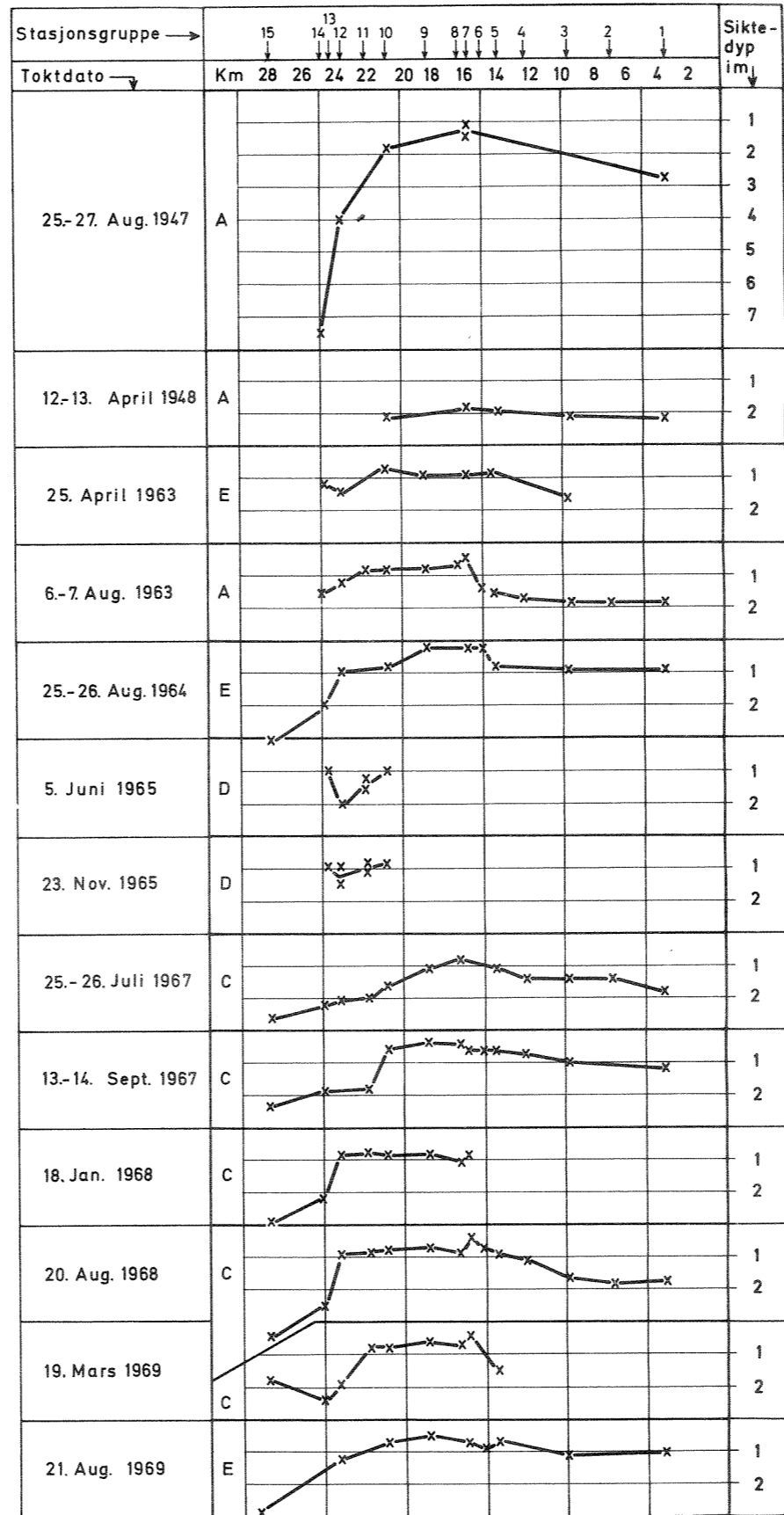
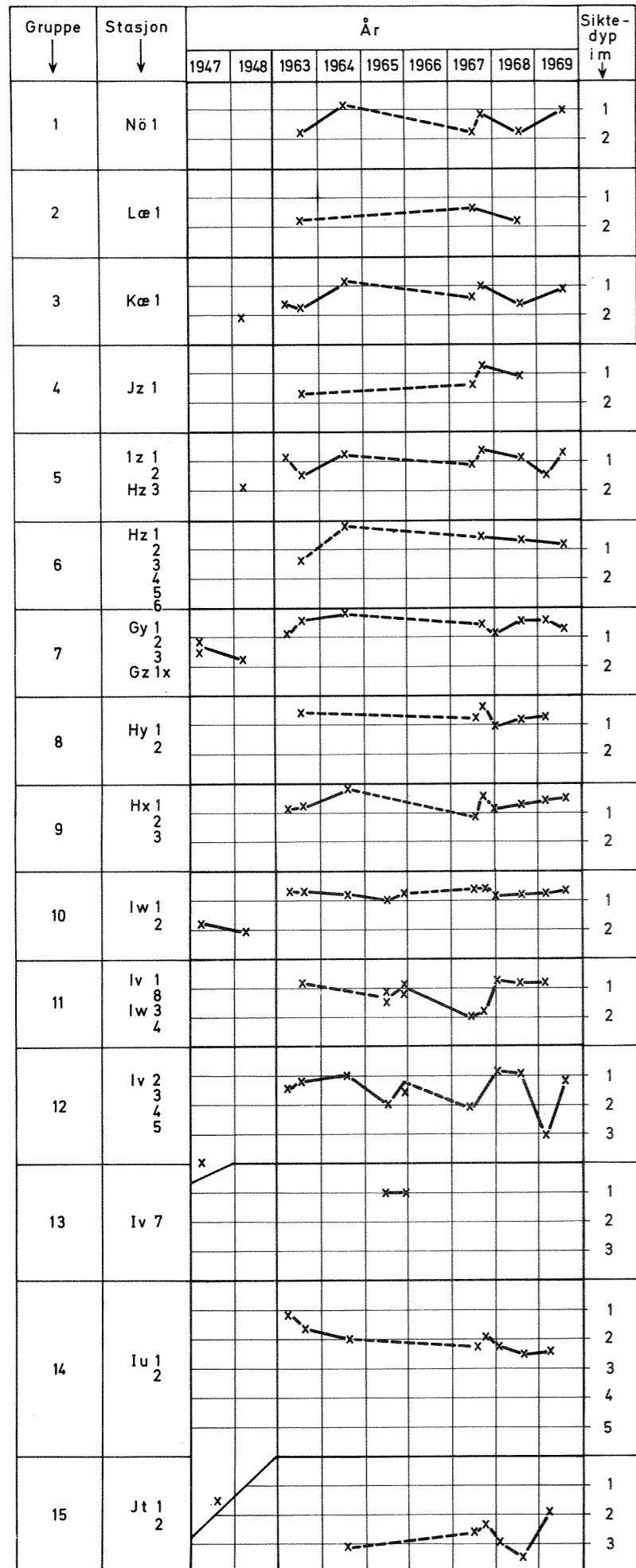


Fig. 6

De viktigste vassdrag til IDDEFJORDEN

Inntegnede — — — markerer sone-
inndeling benyttet i forbindelse med
foreløbig kartlegging av tilførslene
fra norsk side.

0 2 4 6 8 10 km



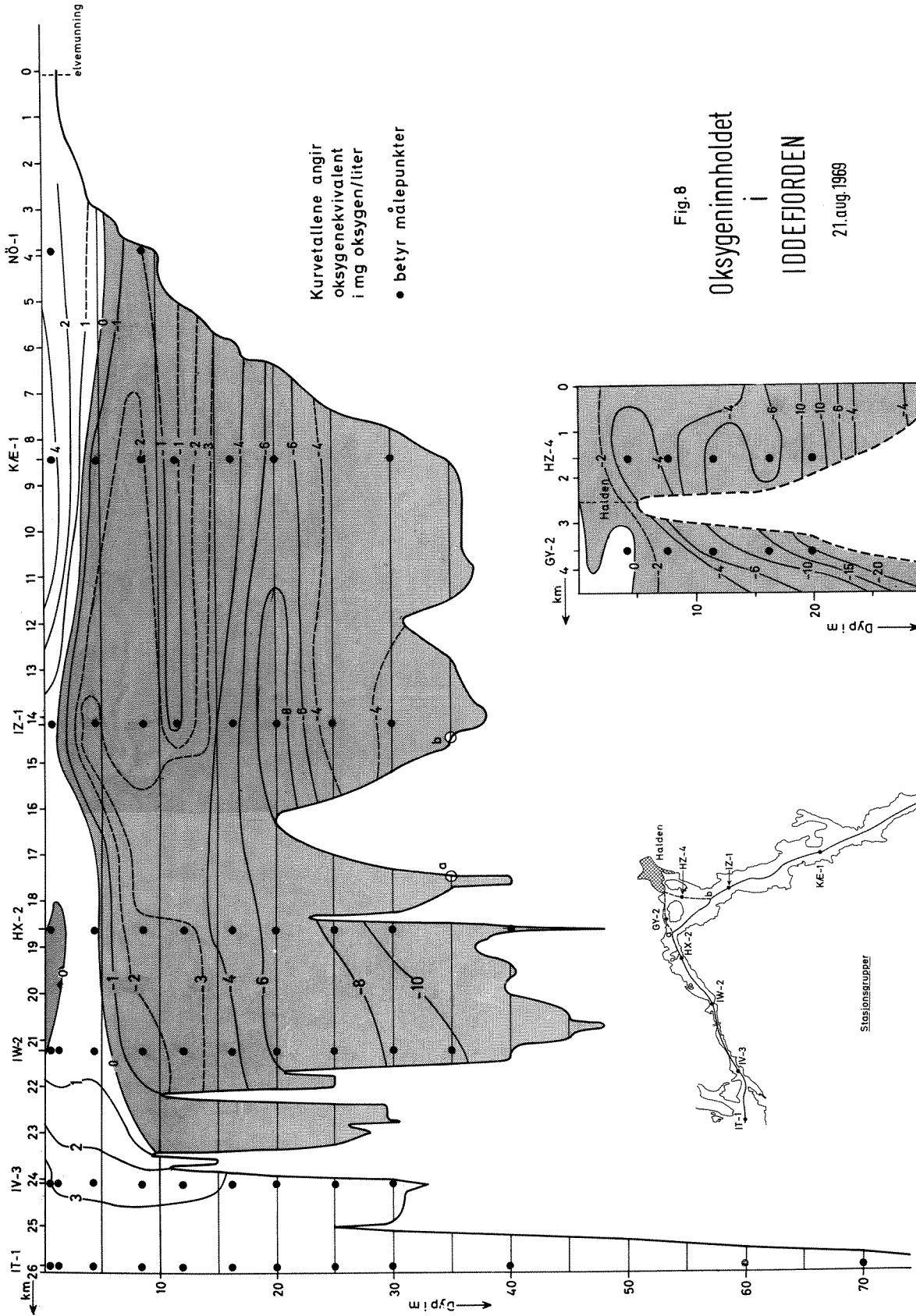
- MALINGER UTFØRT AV:
- A - STATENS VATTENINSPEKSJON, STOCKHOLM
 - B - STATENS NATURVARDSVERK, STOCKHOLM
 - C - FISKERISTYRELSEN, GØTEBORG
 - D - MARINBIOLOGISK INSTITUTT AVD. A. UNIV. OSLO
 - E - NORSK INSTITUTT FOR VANN-FORSKNING, OSLO

Alle målinger utført uten kikkert

Fig. 7

SIKTEDYBDEMALINGER
I IDEFJORDEN

(1947-48; 1963-69)



Kurvrettallene angir oksygenekvivalent i mg oksygen/liter

• betyr målepunkter

Fig. 8
 Oksygeninnholdet i IDDEFJORDEN
 21. aug. 1969

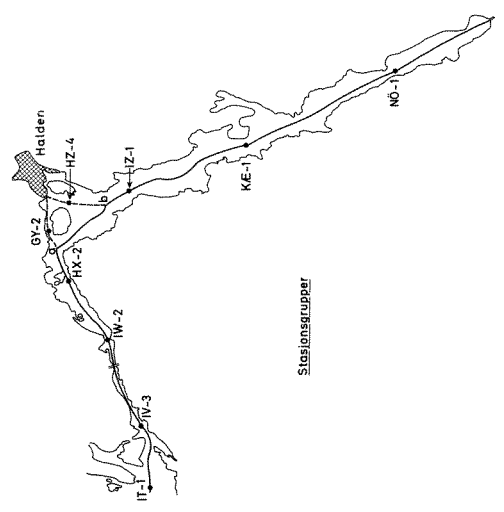
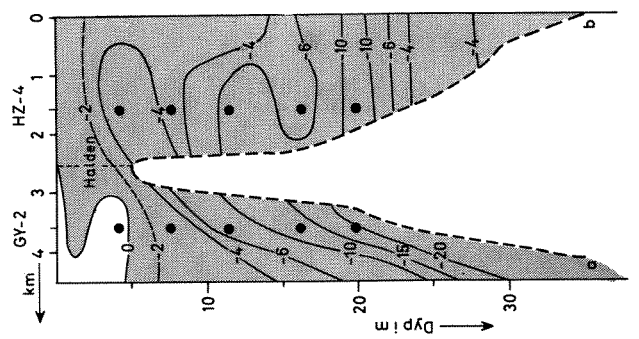
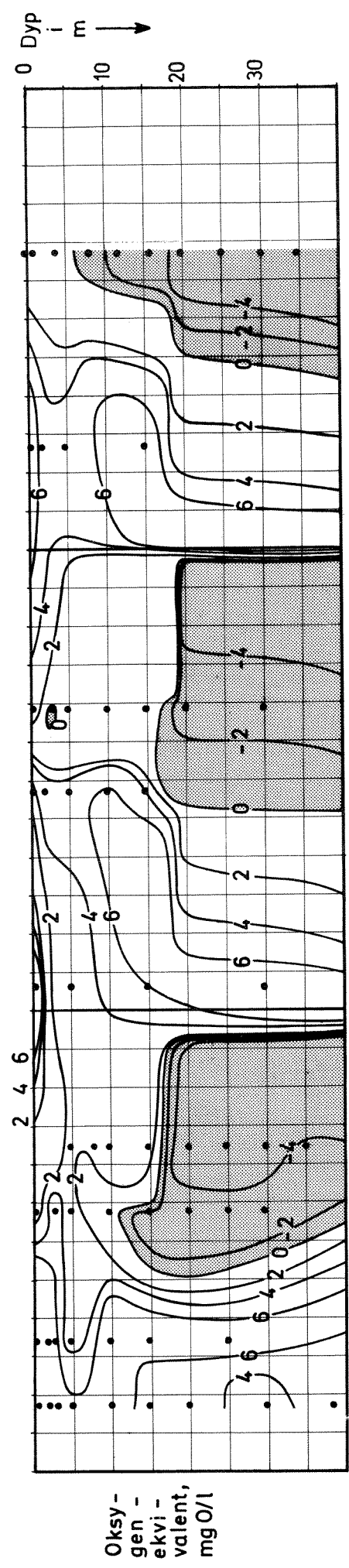
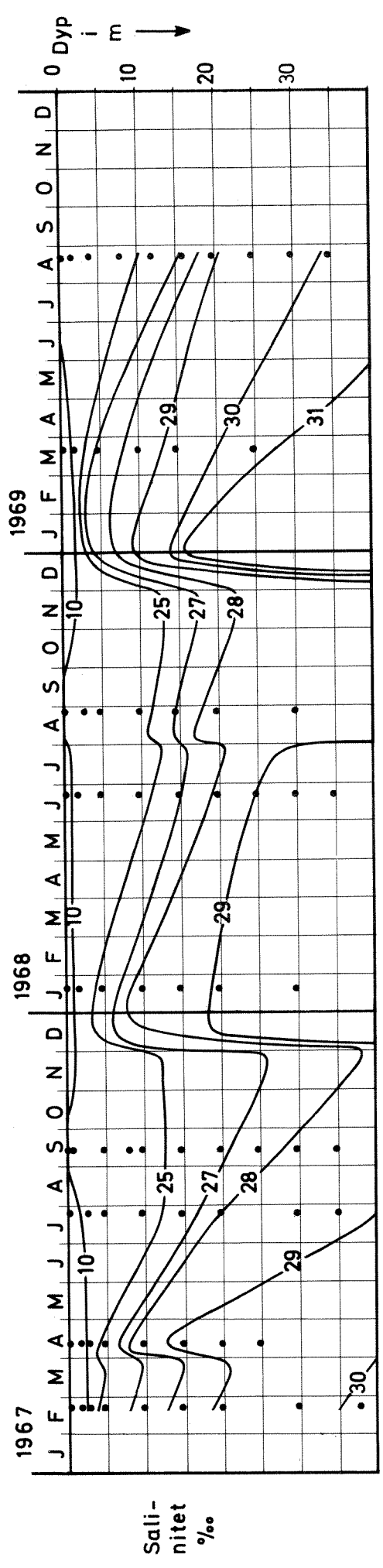


Fig.9a Tids-isopleter fra Iddefjorden 1967-1969 - midtre basseng^①

Bassenget omfatter sone 5 og 6 av kartet i fig.3 - stasjonene IW1 og IW2 er benyttet

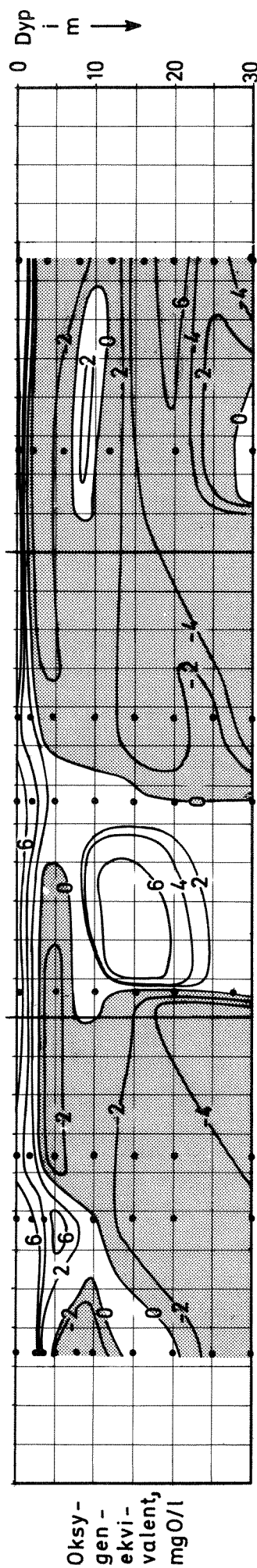
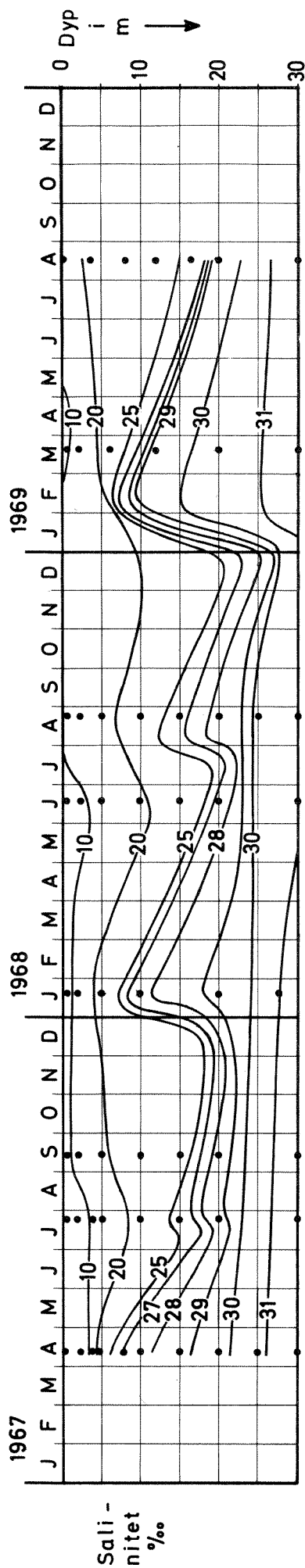


① Isopletene bygger på spinkelt datagrunnlag og er i stor grad trukket opp på skjønn • indikerer målepunkt

Fig. 9b Tids-isopleter fra Iddefjorden 1967-1969 - indre basseng^①

Bassenget omfatter sonene 1, 2, 3 og 4 av kartet i fig. 3 - stasjonene

KÆ1 og LÆ1 er benyttet



① Isopletene er bygget på spinkelt datagrunnlag og er i stor grad trukket på skjønn • indikerer målepunkt

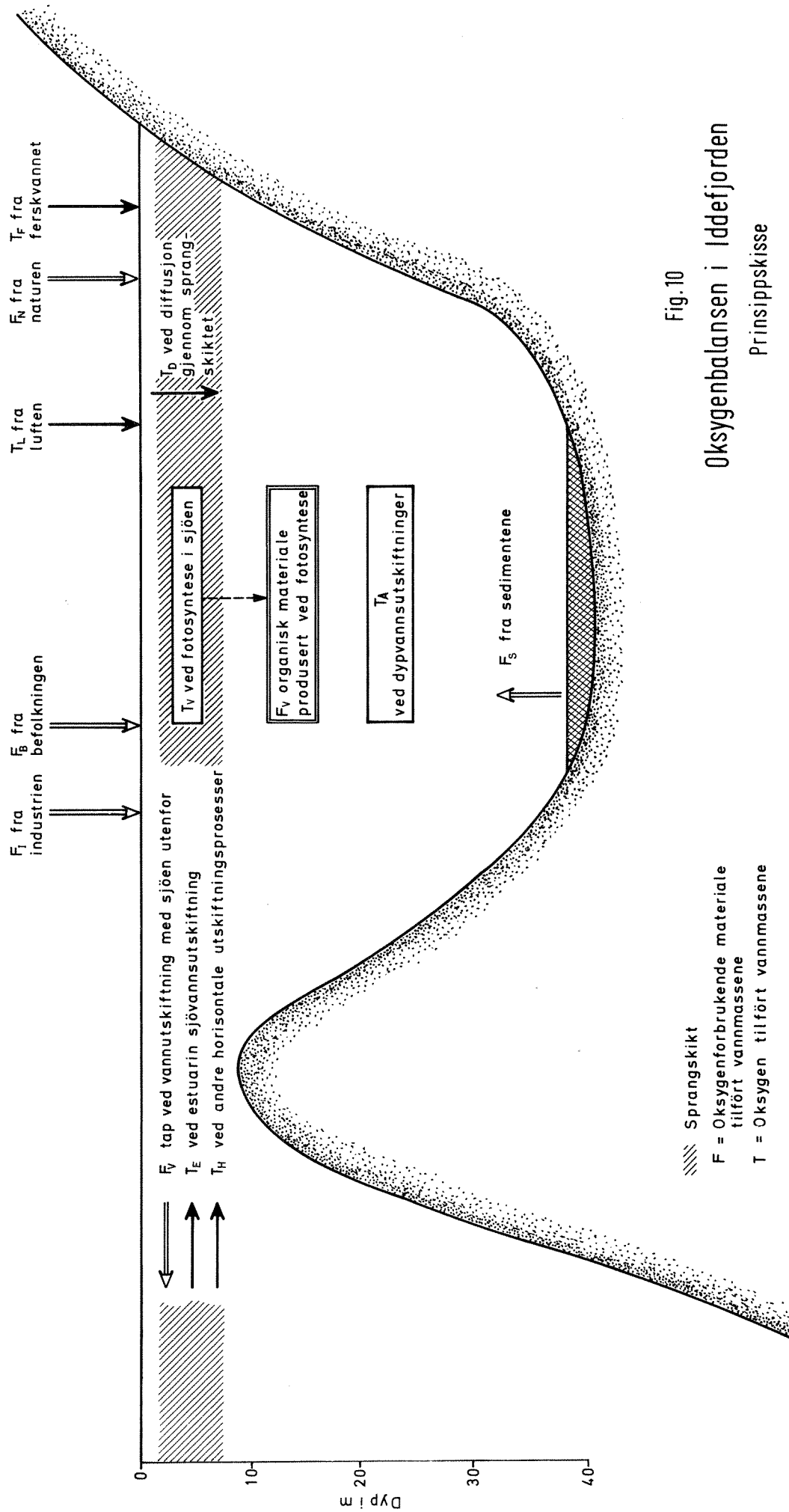


Fig.10
 Oksygenbalansen i Ilddefjorden
 Prinsippskisse

BILAGOVERSIKT

Av de 3 bilag er nr. 1 og nr. 3 innbundet sammen med rapporten. Nr. 2, som er i spesialformat (ca. 41 x 30 cm) og som foreligger kun i få eksemplarer, kan utlånes fra instituttets bibliotek.

Tallene til høyre angir på hvilke sider de respektive bilag er presentert.

- | | |
|--|----|
| 1. Metode benyttet for beregning av vannarealer og vannvolumer i Iddefjorden (2 sider) | 8 |
| 2. Hydrografiske og hydrodynamiske data fra Iddefjorden frem til 30/11 1969 (separat bind) | 10 |
| 3. Tilførsler til Iddefjorden fra skog og mark - foreløpig overslag | 14 |

Bilag 1. METODE BENYTTET FOR BEREGNING AV VANNAREALER OG
VANNVOLUMER I IDDEFJORDEN

Grunnlag for beregningen har vært kartet i rapportens fig. 3 i sin opprinnelige målestokk $M = 1:20.000$ (NIVA's kartreferanse SF-1-1).

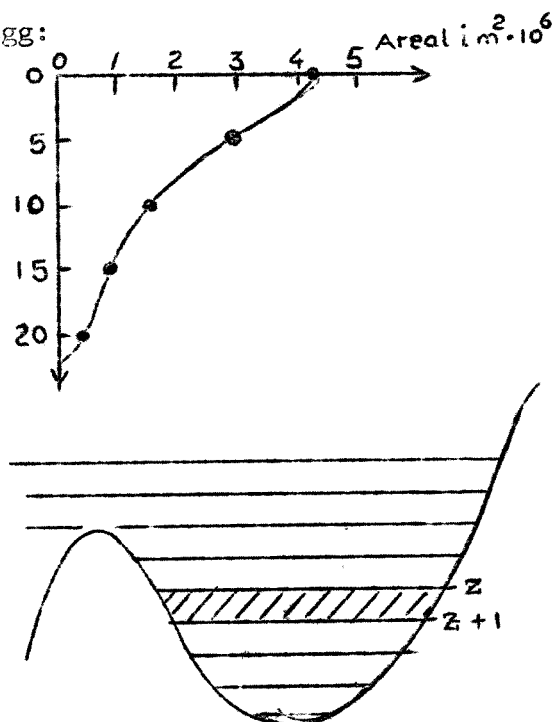
Nettoarealet i cm^2 (P) av de respektive 5-meter koteflater innenfor hver sone ble utmålt på kartet med planimeter. (Med nettoareal menes at det fra bruttoarealet er gjort fradrag for "øer" som bryter flatene i de enkelte dybdenivåer). Planimetreringen er utført flere ganger for hver kote, og nøyaktigheten kan antas å være ganske høy. Nettoarealene i naturmålestokk (A - gitt i m^2) ble deretter beregnet og tabulert på EDB-maskin etter formelen

$$A = M^2 \times P \times 10^4.$$

Resultatene, som er gjengitt som rapportens tabell 2 A, omfatter både arealene innen de enkelte soner og for en del sonegrupper. Jfr. rapportens fig. 3.

Nettovolumet av fjordens vannmasser i de forskjellige soner og dyp er beregnet på grunnlag av arealtallene i ovennevnte tabell 2 A. Beregningen for den enkelte sone følger følgende opplegg:

1. En arealkurve som funksjon av dypet er tegnet gjennom de kjente punkter for hver 5-meters dyp. Kurven er etter skjønn gitt en best mulig "glatt" tilpasset form.
2. Sonens vannmasser er inndelt ovenfra i 1-meter-tykke horisontale skiver. Hver av disse skiver kan tilnærmet regnes som en rettavkortet kjegle. Topp- og bunnarealene av disse skiver er lest ut av arealkurven beskrevet ovenfor.



3. Volumet (V) av hver 1-meter-tykke skive er beregnet ut fra formelen

$$V = (A_z + A_{z+1}) \times \frac{1}{2} \times 1$$

hvor A_z og A_{z+1} er arealene i dyp z og z+1.

Volumene av tykkere skiver er deretter beregnet ved summering av slike enkeltskiver.

I rapporten er volumene angitt for horisontal-skiver av 5 meters tykkelse (tabell 2 B). Tabellen er oppsatt slik at man kan finne volumene direkte både av de enkelte 5-meter tykke skiver og av sammenslåtte, tykkere skiver. Volumene er gitt for de enkelte soner hver for seg og for en del sonekombinasjoner.

Bilag 3. TILFØRSLEN TIL IDDEFJORDEN FRA SKOG OG MARK

- foreløpig overslag.

De viktigste hydrologiske data fra Iddefjordens nedbørfelt er gitt i seriens første rapport (Baalsrud 1968). Som årlig middelavrenning er her oppgitt $39,6 \text{ m}^3/\text{sek}$. Største vassdrag er Tista (fig. 6) med $23,8 \text{ m}^3/\text{sek}$., nest største Berbyelva med $11,8 \text{ m}^3/\text{sek}$. De øvrige mindre vassdrag bidrar til sammen med ca. $4,0 \text{ m}^3/\text{sek}$.

For beregning av hvilke forurensningsmengder Iddefjorden mottar fra nedbørfeltets skog og mark, trenges det et representativt utvalg av fysiske og kjemiske analysetall fra vassdragene oppstrøms de større sivilisatoriske forurensningskilder. Det eneste analysemateriale som finnes av dette slag, er imidlertid en måleserie fra Femsjøen, representerende 3 sommertidspunkter og 2 høst/vintertidspunkter i 1965, 1966 og 1967 (Holtan 1967). Dette er helt utilstrekkelig for en tilfredsstillende beregning, men kan, i mangel av noe annet, gi holdepunkter for et foreløpig anslag av belastninger.

Ved anslagsberegningen er midlere analysetall for de 4 måletidspunkter i 1966 benyttet (unntatt for parameteren BFA som bare ble målt den ene gang i 1967). Tallsettet fra 1967 (juni) er ikke benyttet i middeltallberegningen for ikke å bringe for sterk sommerrepresentasjon inn i denne.

En ganske god overensstemmelse mellom tallsettene fra de fem måletidspunkter må kunne tas som indisium på relativt stabil vannkarakter i Femsjøen.

Ved anslagsberegningen er Femsjøtallene ansett som representative for Iddefjordens hele nedbørfelt. Denne tilnærming er gjort uten kjennskap til om det finnes variasjoner av betydning i feltets geologiske karakter. Fordi Femsjøens vassdrag imidlertid representerer hele 60 % av Iddefjordens totaltilrenning, må det likevel kunne antas at tilnærmelsen ikke er altfor misvisende.

Selve beregningen av Iddefjordens forurensningsbelastning fra skog og mark er vist i nedenstående tabell:

Parameter	Gitt i enhet	Omregnet til enhet	Omregnings-faktor	Analyse-tall gitt (middel)	Midlere tilrenning m ³ /døgn	Tilført materiale kg/døgn
Farge	mg Pt/l	kg Pt/m ³	10 ⁻³	46	3,5 x 10 ⁶	160.000
Turbiditet	mg SiO ₂ /l	kg SiO ₂ /m ³	10 ⁻³	2,0	3,5 x 10 ⁶	7.000
Permanganat	mg O ₂ /l	kg O ₂ /m ³	10 ⁻³	6,2	3,5 x 10 ⁶	21.700
Ortofosfat	µg P/l	kg P/m ³	10 ⁻⁶	3	3,5 x 10 ⁶	10,5
Totalfosfat	µg P/l	kg P/m ³	10 ⁻⁶	37	3,5 x 10 ⁶	130
Nitrat	µg N/l	kg N/m ³	10 ⁻⁶	233	3,5 x 10 ⁶	820
BFA ₁₎	µg N/l	kg N/m ³	10 ⁻⁶	190	3,5 x 10 ⁶	670

1) BFA = Bundet + fri ammonium.