

O-86055

Utredning om Iddefjordens tilstand og aktuelle tiltak ved Saugbrugsforeningen



NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Hovedkontor
Postboks 333
0314 Oslo 3
Telefon (02) 23 52 80

Sørlandsavdelingen
Grooseveien 36
4890 Grimstad
Telefon (041) 43 033

Østlandsavdelingen
Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (065) 76 752

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

Prosjektnr.: 0-86055
Undernummer:
Løpenummer: 1924
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Utredning om Iddefjordens tilstand og aktuelle tiltak ved Saugbrugsforeningen	Dato: 20/11 1986
Forfatter (e): Jon Knutzen	Prosjektnummer: 0-86055
	Faggruppe: Marinøkologisk
	Geografisk område: Østfold
	Antall sider (inkl. bilag): 88

Oppdragsgiver: Saugbrugsforeningen, Halden	Oppdragsg. ref. (evt. NTFN-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt: Det er gitt en oppsummering av Iddefjordens tilstand og utvikling, vesentlig i perioden 1975-1985. Etter utslippsreduksjoner ved Saugbrugsforeningen i 1974-1979 har det vært en viss bedring (bl.a. økt siktedyp, mindre hyppig forekomst av råttent bunnvann og tendens til noe rikere plante- og dyreliv). Imidlertid er tilstanden fremdeles dårlig, dvs. ikke tilfredsstillende badevannskvalitet pga. brunt, grumset vann med høyt bakterieinnhold; videre reduserte organismesamfunn både i overflatelaget og på dypere vann grunnet bl.a. giftvirkninger fra utslipp og dårlige oksygenforhold. Reduserte utslipp av sulfittavlut og (den iverksatte) omlegging til tørrbarking peker seg ut for å rette på rekreasjonskvaliteten; både minskede blekeriutslipp og redusert belastning med sulfittavlut for å bedre de øvrige forhold. Sekundært bør også belastningen med fosforforbindelser fra Saugbrugsforeningen søkes redusert.

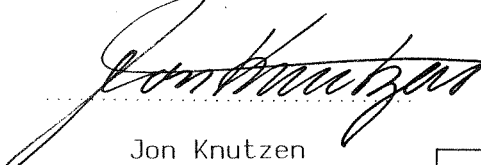
4 emneord, norske:

1. Sulfittavlut
 2. Blekeriavlut
 3. Resipientstatus
 4. Klororganiske forbindelser
- Klebsiella
Vannressursforvaltning

4 emneord, engelske:

1. Spent sulphite liquor
 2. Bleaching effluent
 3. Recipient status
 4. Organochlorines
- Klebsiella
Water management

Prosjektleder:


Jon Knutzen

For administrasjonen:


Tor Bokn

ISBN 82-577-1149-7

Norsk institutt for vannforskning
Oslo

O-86055

**UTREDNING OM IDDEFJORDENS TILSTAND OG AKTUELLE TILTAK VED
SAUGBRUGSFORENINGEN**

Oslo, 20/11 1986
Prosjektleder: Jon Knutzen
For administrasjonen: Tor Bokn

**Det må antas mulig å gjøre noe uten å stå
med ryggen mot et bilde av fanden på vegg.**

FORORD

Foreliggende utredning er skrevet på oppdrag for Saugbrugsforeningen, Halden, i henhold til notat fra NIVA (brev av 21/2-86 med vedlegg og bedriftens brev av 13/3 d.å.).

Hovedkontakt med oppdragsgiver har vært laboratoriesjef P. Hallan, som har bistått med alle uteskede opplysninger om produksjons- og avløpsmessige forhold.

Uten innspill fra en rekke enkeltpersoner og adgang til upubliserte svenske og norske data om Iddefjorden, ville utredningen ha vært vanskeligere å skrive. Særlig takk rettes til Lars Afzelius, Tjärnö Marinbiologiska Laboratorium, fisker Rune Midtlien Halden, Byveterinær Leidulf Farstad, Halden, Knut Bjørndalen og Torodd Hauger, Fylkesmannen i Østfold/Miljøvernavdelingen og Lars Landner, Miljøforskargruppen, som har kommentert et rapportutkast og ellers bistått med opplysninger.

Andre som har vært behjelpelige på forskjellig vis er: Bjørn Bakke, Arbeidsutvalget for indre Iddefjord, Åsmund Berg, Småfiskeforeningen i Halden, Hans Jan Bjerkely, Halden Natur og Miljøvern, Georg Carlberg, SI, havnefogd Rolf Gravningen, Halden, pensjonert havnefogd Paul Johannessen, Torstein Källqvist, NIVA, og Rutger Rosenberg, Havsfiskelaboratoriet i Lysekil.

Ansvar for bruken av det innsamlede materialet beror alene hos undertegnede, som håper at de mest relevante opplysninger er kommet med og at hverken informasjonen eller hjelpende hodens tid er misbrukt.

Ved instituttet har Norman Green stått for den statistiske behandlingen med henblikk på å finne sammenhengen mellom resipientobservasjoner og utslipps/tilførselsdata. Jan Magnusson og Jens Skei har bistått med kommentarer til rapportutkastet.

Oslo, 20/11 1986

Jon Knutzen

INNHOLD

	side
FORORD	2
1. SAMMENDRAG, KONKLUSJONER OG ANBEFALINGER	5
2. FORMÅL, BAKGRUNN OG OPPLÈGG	9
3. FORURENSNINGSTILFØRSLER OG VANNKVALITETEN I TISTA OPPSTRØMS SAUGBRUGSFORENINGEN	12
3.1 Tilførsler fra befolkningen i Halden avløpsområde	12
3.2 Tilførsel fra Saugbrugsforeningen	13
3.2.1 Hovedkomponenter	13
3.2.2 Andre stoffer	17
3.2.3 Bakterier	18
3.3 Vannkvalitet i Femsjøen og Tista - anslag over tilførsler fra vassdraget	19
3.3.1 Tilførsler	19
3.3.2 Øvrige vannkvalitet	20
3.4 Oppsummering og jevnføring vedrørende tilførsler	21
3.5 Saugbrugsforeningens vannforbruk - vannføring i Tista	22
4. NATURGRUNNLAGET I FJORDEN	23
4.1 Ferskvannstilførsel	23
4.2 Vannets oppholdstid	25
4.3 Saltholdighet	27
4.4 Sammenheng mellom ferskvannstilførsel og salt- holdighet i overflatelaget	30
4.5 Siktedyp	32
4.6 Andre forhold	33
5. TILSTAND OG UTVIKLING	34
5.1 Siktedyp	35
5.2 Turbiditet, suspendert stoff og farge	37
5.3 Lignin (lignosulfonat)	37
5.4 Oksygenforhold	39
5.5 pH	40
5.6 Næringsalter, klorofyll og planteplankton	43
5.7 Klororganiske forbindelser i vann	44
5.8 Bakterier - Badevannskvalitet	46
5.9 Sedimenter	47
5.10 Dyreplankton	52
5.11 Plante- og dyreliv i strandsonen	52
5.12 Samfunn på hardbunn under 2-3 m	57
5.13 Bløtbunnssamfunn	60
5.14 Fisk og fiske	61
5.15 Miljøgifter i organismer	64

SAMMENHENGER MELLOM EGENSKAPER VED OVERFLATEVANNET OG UTSLIPP	65
6.1 Siktedyp, lignininnhold, humusinnhold, farge og utslipp av oksygenforbrukende materiale (KOF)	65
6.2 Siktedyp, turbiditet og partikkelutslipp	65
6.3 Siktedyp, ferskvannstilførsel og saltholdighet	65
6.4 Siktedyp og klorofyll	66
6.5 Termostabile coliforme bakterier og utslippsvariable	66
7. ENDRINGER I VANNKVALITET VED PRODUKSJONSSTANS	67
8. MÅLSETTING OG TILTAK	68
8.1 Forslagsvis konkretisering av mål	68
8.2 Hva kan forventes i fjorden etter tiltak?	69
8.2.1 Rekreasjonskvalitet	69
8.2.2 Plante- og dyreliv	70
8.2.3 Hva trengs av bedriftsinterne tiltak?	72
8.2.4 Terskelfjerning, lufting av dypvann og endret utslippsarrangement	73
9. LITTERATUR	75
APPENDIKSTABELLER OG -FIGURER	82

1. SAMMENDRAG, KONKLUSJONER OG ANBEFALINGER

I Formålet med denne rapport er å gi en ajourført og samlet fremstilling av tilstanden i Iddefjorden, som en del av grunnlaget for beslutninger om ytterligere forurensningsbegrensende tiltak ved Saugbrugsforeningen.

II Det er gitt et bakgrunnsmateriale i form av anslag over forurensningstilførsler fra Saugbrugsforeningen og andre kilder, samt en redegjørelse for elvevannets kvalitet oppstrøms bedriften (kap. 3).

Sammenstillingen av belastningstall viser Saugbrugsforeningens dominerende rolle når det gjelder belastning med suspendert stoff (partikler) og oksygenforbrukende materiale, og at bedriften også er en betydelig kilde for fosforforbindelser (tabell 3).

Ved utløpet av Femsjøen er elvevannet bare moderat påvirket, men noe kloakkvannbelastning gir et visst bakgrunnsinnhold av tarmbakterier (kap. 3.3).

III De antatt viktigste sidene ved naturgrunnlaget i fjorden er beskrevet i form av bl.a. ferskvannstilførsel (fig. 4) og en saltholdighetskarakteristikk for overflatelaget (fig. 5-7).

I sommerhalvåret er overflatelaget for det meste gjennom-blandet ned til 2-3m, og preget av lavt saltinnhold (i mer enn 50% av observasjonstilfellene under 8 o/oo S og med ekstremverdier under 2 o/oo S i de nærmeste 6-7 km innover og utover fra Halden, kfr. fig. 5-

Noe usikre beregninger av overflatevannets oppholdstid antyder 3-5 (10) døgn i Ringdalsfjorden (kap. 4.2), (varierende særlig med ferskvannstilførselen) og vesentlig lenger i indre fjord.

3-4 måneders islegging, samt bryting av denne isen utover i Ringdalsfjorden, representerer en påkjenning som må tas i betraktning ved bedømmelse av fjærebeltessamfunnene.

IV Konsentrasjonen av fargede ligninforbindelser (lignosulfonater) har avtatt betydelig etter belastningsreduksjonene i perioden 1975-1978 (fig. 12).

Den resulterende økning i vannets gjennomskinnelighet har vært

moderat og neppe over 0.3-0.5m siden 1977-78 (fig. 10). Midlere siktedyp i Ringdalsfjorden 4-6 km fra Halden har de siste år vært 0.8-1.3m, og selv ved Svinesund mindre enn 1.5m (fig. 9, 10). Forholdene i tilsvarende avstand innover i fjorden er muligens svakt bedre. Kravet til godt badevann er et siktedyp på 2-3m.

Innholdet av termostabile coliforme bakterier er delvis høyt over kravet til godt badevann (fig. 15-18), men bidraget av bakterier fra Saugbrugsforeningen representerer en annen og sannsynligvis mindre risiko enn tarmbakterier. Den antatte hovedkilde for bedriftens bakterieutslipp vil bortfalle i løpet av 1986.

Oksygenkonsentrasjonene under 20-25m er fremdeles ofte kritisk lave for fisk og andre dyr (fig. 13-14), selv om episodene med råttent vann er blitt færre og kortvarigere enn tidligere. Særlig dårlige er forholdene på de utbredte områder der sedimentene (bunnnavleiringene) er råtne.

V Som følge av bl.a. de dårlige oksygenforholdene, spesielt innenfor Halden (sammenlign fig. 13 og 14) er dyrelivet under brakkvannslaget mer eller mindre redusert (delvis borte hva angår de fleste høyere livsformer). En viss bedring er konstatert for Ringdalsfjordens vedkommende i perioden 1978-1985 (kap. 5.12 og 5.13), mens undersøkelser mangler i indre fjord.

En foreløpig ukjent tilleggspåkjønning for bløtbunnsfaunaen kan komme fra utlekking av giftige stoffer fra sedimentene. Dette kan gjelde både metaller (kobber o.a.) og klororganiske stoffer (nedbrytningsprodukter av klorerte ligniner). Sistnevnte stoffer er utilstrekkelig kjent både hva angår kjemiske og biologiske egenskaper, men delvis påvist å være giftige i lave konsentrasjoner. Forholdet er spekulativt så lenge man ikke vet mer om hvilke stoffer det dreier seg om, hvilke konsentrasjoner de opptrer i og hvor giftige de eventuelt er.

Selv om igangværende tester med ulike typer avløpsvann har sannsynliggjort at i hvert fall overflatevannet i Ringdalsfjorden (og ellers nær Halden) er vedvarende akutt giftig overfor ømfintlige organismer, er det også påvist vekst- og livsmuligheter for en rekke planter og dyr i både planktoniske (frittsvevende) og fastsittende samfunn fra 20-25 m og oppover (kap. 5.10-5.12). Det har også vært tendenser til bedring i

form av økt artsantall på tidligere meget artsfattige lokaliteter, og ved utvidede utbredelsesgrenser for en del arter.

VI Innover mot Berbyelva finnes et artsrikt samfunn av fisk, særlig brakkvannstolerante ferskvannsarter, men også en del marine arter opptrer mer eller mindre sporadisk (kap. 5.14). Ål og en (antatt) lokal sildestamme er jevnlig til stede. Bestandene av enkelte arter er av utnyttbar størrelse. Særlig i de innerste 5-6 km er det noe fritidsfiske. Fiskedød i fangstredskap er som regel knyttet til synbart dårlig vannkvalitet. Sår kan enkelte ganger observeres på fisken, men heller mindre hyppig enn i f.eks. Singlefjorden.

Forholdene mot Halden og videre utover mot Svinesund er dårligere, og forekomsten av fisk sies å være i tilbakegang. Et kommersielt ålefiske i denne del av fjorden er ikke gjenopptatt siden det ble oppgitt i 1978 pga. stadig fiskedød i oppbevaringsruser.

VII Ved tester på sammenhenger mellom ulike observasjoner i fjorden innbyrdes og utslippsvariable (kap. 6), ble statistisk utsagnskraftige relasjoner funnet for:

- Siktedyp/lignininnhold
- Lignininnhold/humusinnhold

Derimot ble det ikke funnet statistisk signifikante sammenhenger mellom siktedyp og belastningen med suspendert stoff eller oksygenforbrukende materiale (KOF).

Siktedypet har ved et par anledninger vist seg å bli ytterligere redusert ved store oppblomstringer av planteplankton.

VIII Både siktedyp, ligninkonsentrasjoner og innholdet av termostabile coliforme bakterier påvirkes i positiv retning ved produksjonsstans (kap. 7, fig. 9, 11, 15), men observasjonene har vært for fåtallige til å gi statistisk signifikans. Bedriftsstanstillfellene har vært av for kort varighet til å kunne vise konkret hvor store de langsiktige effekter av radikalt reduserte utslipp vil kunne bli.

IX Ut fra de data som presenteres, samt foreløpige testresultater innen det nevnte biotestprogram, peker blekeriavløp (alkalitrinn og kloreringstrinn) seg ut som mest utslagsgivende for reduserte organismesamfunn i overflatelaget (0-3m).

Blekeriavløpene vil også være avgjørende for spiselige organismers mulige innhold av helsemessig og på annen måte betenkelige konsentrasjoner av klororganiske forbindelser.

For estetiske og rekreasjonsmessige forhold må det antas at ytterligere redusert belastning med sulfittavlut og fiber vil gi størst utbytte, dernest minsket fosforbelastning.

Med et visst forbehold for virkningen av at giftige stoffer utlutes fra forurensede sedimenter, er det sannsynligvis det store oksygenbehovet fra sulfittavlut og fiber som har vært utslagsgivende for et fattig og delvis utryddet bunndyr-samfunn. Virkningen av ytterligere redusert belastning er noe usikker for bunn-nære vannmasser pga. lagret oksynggjeld i form av høyt innhold av organisk stoff i sedimentene.

X Konklusjonene i pkt. IX er delvis usikre, og det er særlig viktig for beslutningene om tiltak at det planlagte biotestprogram for delavløp gjennomføres. Videre vil det styrke beslutningsunderlaget at man får karakterisert sedimenter og utvalgte organismer (særlig fisk) med hensyn til innhold av klororganiske stoffer. Dertil bør den statlige overvåkingen gjenopptas, med øket vekt på biologiske forhold.

XI Det tilrås at utslippene med fargede stoffer, partikler og oksygenkrevende materiale reduseres til i størrelsesordenen 1/3-1/4 av 1985-86 nivået og at den akutte giftighet av ulike delavløp reduseres, dels ved prosessomlegging, dels ved biologisk behandling. Effektene av disse tiltak bør følges innen rammen av statlig program for forurensningsovervåking, bl.a. med henblikk på om det er behov for redusert belastning med fosforforbindelser. Ved planlegging av anlegg for avløpsvannbehandling bør det avsettes plass til et mulig fremtidig rensetrinn for fosfor.

Det er også behov for en nærmere karakteristikk av persistente (bestandige) klororganiske forbindelser i avløpsvann og kartlegging av disse stoffers forekomst i sedimenter og organismer, særlig fisk. Data om metaller i sedimenter trenger ajourføring, spesielt hvis effekter av terskelsenkning eller lufting av dypvann skal utredes.

2. FORMÅL, BAKGRUNN OG OPPLÈGG.

De to hovedhensiktene med den foreliggende utredning er

- a) å tilveiebringe en ajourført beskrivelse av Iddefjordens tilstand
- b) å angi såvidt mulig konkret hvilke forurensningsbelastninger som har størst betydning for vannkvalitet og øvrige forhold.
- c) ved dette å gi underlag for beslutninger om ytterligere tiltak.

Foranledning til arbeidet er at Statens Forurensningstilsyn (SFT) har pålagt Saugbrugsforeningen en teknisk/økonomisk utredning om mulighetene for ytterligere reduksjoner av utslippene. SFT har satt som mål at fjorden skal være "fullt brukbar" for rekreasjonsformål (brev av 16/12-85 fra SFT til Saugbrugsforeningen), dvs. tilfredsstillende kravene til badevannskvalitet og bl.a. gi anledning til fiske i større grad enn det er anledning til nå.

Formålene ovenfor aktualiserer at bl.a. følgende spørsmål søkes besvart eller belyst gjennom utredningen:

- Hva kan forventes mht. tilstand i Iddefjorden ut fra naturgrunnlaget?
- Hvilken innflytelse har i denne forbindelse forhistorien (dvs. innvirkning av fiberbanker og forurensede bunnavløringer)?
- Hvilke skader og forurensningssymptomer er det mest nødvendig å begrense for å nå målsettingen for fjorden?
- Hva har størst betydning for at vannet er så grumset og uklart (fargede, oppløste stoffer eller fiber o.a. partikler)?
- Hva kan ventes av forbedringer ved ulike tiltak?

Foruten offentlig tilgjengelige rapporter og publikasjoner, bygger fremstillingen på diverse notater, interne rapporter, opplysninger fra enkeltpersoner, upubliserte data fra Miljøvern avdelingen hos Fylkesmannen i Østfold og fra byveterinæren i Halden, samt studentarbeider fra Tjärnö Marinbiologiska Laboratorium i Sverige (1981, 1982, 1985). Underlagsmaterialet omfatter også tidligere redegjørelser om

Iddefjordens forurensningsutvikling (Munthe-Kaas 1970, Dybern, 1972, Afzelius 1979, Efraimsen 1982, Magnusson 1982).

Det var hensikten å trekke inn erfaringer fra utlandet mht. virkninger av utslippsreduksjoner og bedriftnedleggelse, men dette har bare latt seg gjøre i begrenset grad. Årsaken er delvis tidsmessig, men også fordi det i detaljene gjør seg gjeldende betydelige variasjoner i produksjon og dermed utslipp mellom ulike cellulose- og papirfabrikker. Når også Iddefjorden er nokså særegen som resipient (terskelfjord med begrenset dypvannsutskiftning og ofte lengre perioder med lav saltholdighet i overflaten), er utbyttet av slike parallellbetragtninger bedømt som usikkert.

I utredningen er det av to grunner lagt mest vekt på forholdene i overflatelaget og gruntvannsområdene. For det første representerer dette de deler av Iddefjordmiljøet som er av mest åpenbar interesse for brukerne av fjorden. Samtidig er det i overflatevannet og gruntvannsområdene som forbedringer hurtigst kan komme. Fiberansamlinger, forurensninger lagret i bunnavleiringene og problemer med råttent bunn og råttent bunnvann er både av mer langsiktig karakter og reiser kompliserte spørsmål utover det som gjelder bedriftsinterne tiltak. Eventuelle restaureringstiltak som terskelfjerning, lufting eller tvungen innlagring av ferskvann i dypet, eller overdekking av forurensete sedimenter, krever egen behandling og omtales bare summarisk.

Rapporten omhandler mest ytre del av Iddefjorden (Ringdalsfjorden) og midtveis innover fra Halden (omkring st 1, kfr. fig. 1). Det er her forholdene er verst, og hvor det er flest observasjoner av vannkvalitet. Berbyelvas temmelige uberørte vannmasser forårsaker at forholdene bedres i overflatelaget jo lengre inn man kommer.



Fig. 1. Iddefjorden med stedsnavn brukt i rapporten.

3. FORURENSNINGSTILFØRSLER OG VANNKVALITETEN I TISTA OPPSTRØMS SAUGBRUGSFORENINGEN

I hovedsaken er det tre forhold som dirigerer situasjonen i Iddefjorden:

- Utslippene fra Saugbrugsforeningen
- Kommunalt avløpsvann fra Halden kommune
- Andre tilførsler via Tista (vesentlig næringsssalter fra Haldenvassdraget og leirtransport.

Øvrige utslipp av industrielt og kommunalt avløpsvann må antas bare å spille lokal rolle.

3.1 Tilførsler fra befolkningen i Halden avløpsområde

Halden er blant de få norske kystbyer som har behandlingsanlegg som går ut over mekanisk rensing. Det kjemiske fellingsanlegget (for fosforfjerning) har tilkobling av ca 21000 personer av ca. 27000, dvs nær 80%. I tillegg vil tilkobling av området Isebakke finne sted i 1988. Tistedalen er ikke tilkoblet rensesanlegget, hvilket bl.a. medfører betydelig transport av tarmbakterier fra søndre del av Femsjøen og ut i Tista.

I følge analysene til Næringsmiddelkontrollen (Byveterinæren) i Halden har man følgende renseeffekter i det kommunale anlegget:

Totalfosfor: > 95% (midlere utløpskonsentrasjon <0.2mg P/l)

Kjemisk oksygenforbruk (KOF) 75-80%

Suspendert stoff (SS) > 90% (midlere utløpskonsentrasjon ca. 8mg/l)

Dette må regnes som meget gode driftsresultater. Antas 20% tilbakeholdelse av total-nitrogen, lar årlig belastning fra befolkning seg anslagsmessig beregne som angitt nedenfor. Angivelsene er usikre, særlig for KOF og SS. Det er ikke regnet med noe tilbakeholdelse av forurensninger fra personer som ikke er knyttet til rensesanlegget. Tallene kan derfor anses som maksimalverdier.

Årlige tilførsler fra befolkning under ovennevnte forutsetning

Totalfosfor (2,5 g/person og døgn): ca 100 tonn

Totalnitrogen (12 g/person og døgn): ca 100 tonn

KOF (ca. 120 g/person og døgn): ca 500 tonn

SS (ca. 80 g/person og døgn, 90% rensing): ca 230 tonn

Ovenstående tall for total-P, total-N og BOF_7 er noe forskjellig fra tidligere angivelser (Efraimsen og medarb. 1984). Grunnen er dels at det er regnet med høyere befolkningsantall (27000 mot 21000), dels at økt tilkoblingsprosent har medført lavere belastning med fosforforbindelser.

3.2 Tilførsel fra Saugbrugsforeningen

3.2.1 Hovedkomponenter

Hovedbestanddelene i tilførslene er sulfittavlut og blekeriavlut fra celluloseproduksjonen og fiber og annet partikulært materiale (suspendert stoff) fra både papir og cellulosefremstillingen, samt barkavfall. Sistnevnte belastning vil bli redusert fra 3000 tonn til 600 tonn pr år etter overgang fra våtrensing til tørr-rensing av tømmeret i løpet av 1986.

For de øvrige hovedtilførsler er utviklingen i belastningens størrelse fra 1974 frem til idag vist i fig. 2. Det ses at utslippet av sulfittavlut - målt som tørrstoff - har vært omtrent uforandret siden 1979, etter en minking på 80-90% av opprinnelig belastning i løpet av perioden 1974 - 1978. Utslippet av tørrstoff i blekeriavlut har også vært på omtrent samme nivå i siste 10-års periode, noe høyere før.

Belastningen med sulfittavlut og blekeriavlut er gitt som tonn tørrstoff i vannavløp fra henholdsvis koke- og blekeprosessen. Utslippene er ikke direkte målt fra år til år, men beregnet som en tapsprosent ved utnyttelsen av sulfittavlutens tørrstoffinnhold (7%) og som en utlutingsprosent av cellulosens tørrstoffinnhold før bleking (8.8%). Prosenttallene baserer seg på målinger gjort av Papirindustriens Forskningsinstitutt i 1981.

I tremasseproduksjonen utlutes ca 1% av tømmerets tørrvekt, dvs ca. 1000 tonn pr år.

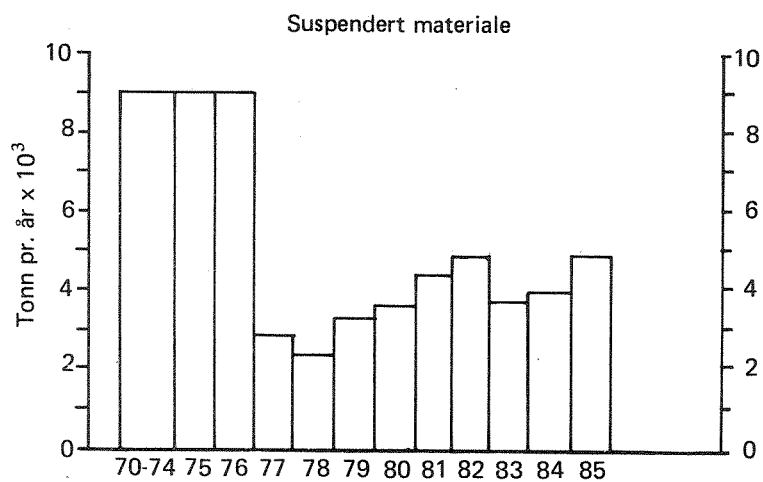
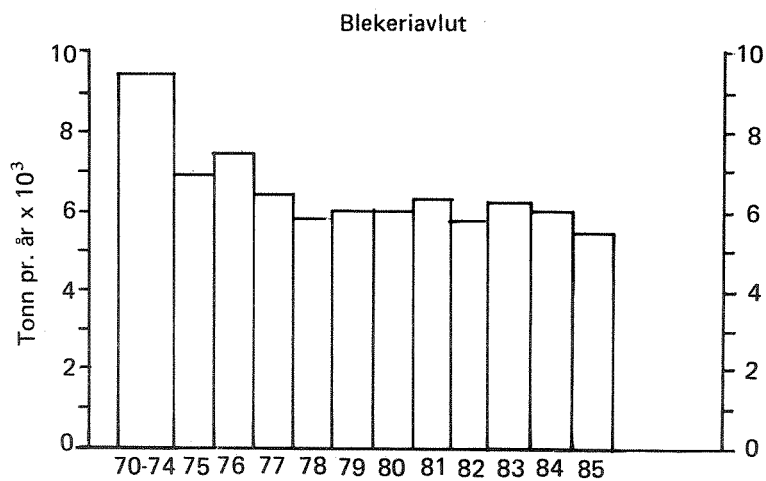
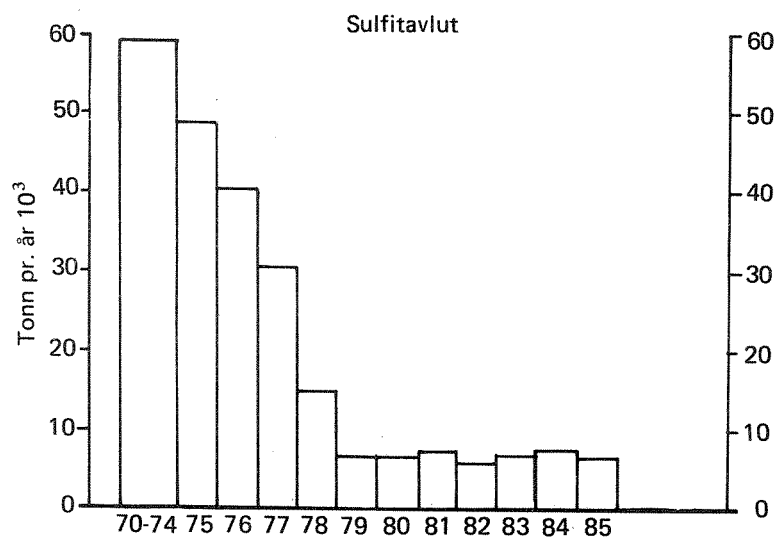


Fig. 2. Utslipp av sulfittavlut, blekeriavlut (begge som tørrstoff) og suspendert stoff fra Saugbrugsforeningen 1970-1985.

Samlet årlig utslipp av oppløste stoffer, målt som tørrstoff skulle etter ovenstående bli i størrelsesordenen 13-14 000 tonn/år. (Sum av sulfittavlut, blekeriavlut og utluting av tremasse.)

Etter en reduksjon i utslippene av suspendert materiale (fast stoff, partikler) i 1976-77, har den belastningen tiltatt noe i de senere år. Årsaken har vært manglende oppsamlingskapasitet ved uhell i papirproduksjonen når denne går for fullt. Disse utslippene antas å bli omkring halvert ved bygging av et nytt utskuddstårn inneværende år, og dermed bli bragt under konsesjonsgrensen på 2 400 års-tonn (46 tonn pr uke).

Utslipppet av suspendert stoff måles på Whatman GFA glassfiberfilter. Prøvene filtreres daglig på gjennomsnittsprøver for døgnet.

Tall for belastningen med "løst" organisk stoff (oksyderbart materiale) målt som kjemisk oksygenforbruk (KOF, dikromat, Norsk Standard 4748) foreligger fra 1983 og deretter. Da de ukentlige blandstikkprøver filtreres gjennom Whatman GFA filter med porestørrelse 10 μ , filtreres mesteparten av fibermaterialet fra, og mer enn 90% av oksygenbehovet stammer fra inndampingskondensat, spritkondensat, blekeriavlut og sulfittavlut. Samlet KOF-utslipp er omkring 750 tonn O_2 pr uke, stort sett varierende i intervallet 600-900 t/uke, men med enkeltuker der KOF-utslippet har vært over 1 500 tonn. Basert på 750 tonn/uke blir den årlige KOF-belastning i størrelsesordenen 40 000 tonn O_2 .

Også blekeriavluten er komplisert sammensatt og utilstrekkelig karakterisert. De viktigste bestanddelene er en rekke forskjellige klorerte forbindelser; delvis lavmolekylære (biotilgjengelige og flyktige eller omsettelige). Mange av disse forbindelsene er giftige i forholdsvis lave konsentrasjoner. Noen av stoffene er også mutagene (virker inn på arvestoffet, se f.eks Bjørseth et al. 1979, Carlberg et al. 1980, Bjørseth et al. 1981, Carlberg et al. 1986). Derved kan de også være potensielt kreftfremkallende.

Ved undersøkelsene til Senter for Industriforskning (SI) av avløpsvannet fra klortrinn og alkalitrinn i blekeprosessen (SI-rapport 45/-33/ av 27/4 1981) ble kloroform konstatert å være en hovedkomponent (2-4 mg/l), men ledsaget av andre lettflyktige klor- og bromforbindelser i lavere konsentrasjoner (>1-5 μ g/l). Av tyngre flyktige upolare forbindelser ble det påvist en rekke klorerte cymener o.a. Polare (mer vannløselige) forbindelser som klorerte guaiakoler og katekoler ble ikke identifisert, men må antas å være til stede, da

slike stoffer er påvist i avløpsvann fra fabrikker med tilsvarende produksjon (kfr. blant annet Bjørseth et al. 1979, Carlberg et al. 1980, Bjørseth et al. 1981).

Nærmere kjemisk og biologisk karakteristikk av de ulike delavløp i blekeprosessen på Saugbrugsforeningen er nå under utførelse innen et NTNF-prosjekt. Ved en tidligere undersøkelse er det konstatert at det organiske materialet i blekeriavløpet var lite nedbrytbart (Tryland og Efraimsen 19814).

For totalutslippet av klorerte organiske forbindelser finnes foreløpig bare et usikkert beregningsgrunnlag (enkeltanalyser av to delavløp). Med dette forbehold angir bedriften et årsutslipp av organisk bundet klor i størrelsesorden 60 tonn (1985). Årsforbruket av klor er omkring 2100 tonn, men det vesentlige går ut i form av klorid (som resultat av prosessene under blekingen). Det må anses sterkt påkrevet både å få bedre belagte tall for samlet belastning med klor bundet til organiske stoffer og en kvantifisering av de viktigste enkeltstoffer. Uten dette lar sannsynligvis giftvirkningene i fjorden seg bare i meget begrenset grad koble til enkeltstoffer, delavløp og prosesser.

Til tross for ovennevnte betydelige utslipp er mengden av klororganiske stoffer pr tonn produsert cellulose lavt på Saugbrugsforeningen jevnført med de fleste andre klorblekerier. Årsaken er lavere lignininnhold i silkecellulose enn ved fabrikasjon av cellulose til papirproduksjon, og dermed også relativt lavere klorbehov.

Det suspenderte stoffet (SS) består vesentlig av fiber og "clay" fra papirproduksjonen og fiber fra cellulosefremstillingen. "Clay" (leirarten kaolin) brukes som fyllstoff i papiret og utgjorde omkring 25% av totalutslippet av SS, fiber fra papir- og celluloseproduksjonen henholdsvis ca 50% og omlag 25%. Det organiske materialet sto mao. for omkring 3/4 av totalbelastningen med SS i siste 3-års periode.

Sulfittavluten består i stor grad av utløst lignin (vedstoff) eller nedbrytningsprodukter av dette (lignosulfonater). Dette er sterkt brunfargede stoffer som er tungt nedbrytbare. Dertil kommer at sulfittavluten har et rikt innhold av mange lett nedbrytbare (oksygenkrevende) forbindelser: forskjellige sukkerarter, organiske syrer, alkoholer o.a. Den kompliserte sammensatte avluten er bare ufullstendig karakterisert kjemisk, og konsentrasjoner og mengder av enkeltkomponenter er ikke kjent.

3.2.2 Andre stoffer

Bedriften opplyser å ha hatt nedenstående forbruk av andre kjemikalier i 1985.

Svoveldioksyd	5332 tonn
Magnesiumoksyd	1683 tonn
Polyfosfat (som P)	11 tonn (29% av 37 t)
Natronlut	5034 tonn
Superfosfat (som P)	4 tonn (8.8% av 47 t)
Ammoniakk (som N)	23 tonn (100% NH ₃)
Na-hydrosulfitt	1012 tonn
EDTA	175 tonn

I tremasseproduksjonen ble det også brukt klordioksyd som tilsetning for å hindre begroing (Det er ellers ikke behov for begroingshindrende midler pga. høy grad av resirkulering og dermed 60-70⁰C i prosessvannet). Forbruket av klordioksyd i 1985 var 2566 kg (målt som NaClO₂)

I celluloseproduksjonen ble ellers brukt 25 tonn BEROL 25, en vannløslig polyglykolketer av en aromatisk forbindelse.

Konsentrasjonen av fosfor- og nitrogenforbindelser i avløpsvann er ikke målt, og tilførselene fra Saugbrugsforeningen derfor ikke eksakt kjent. I tillegg til de ca. 15 tonn fosfor og 23 tonn nitrogen nevnt ovenfor kommer det som utlutes fra veden. I følge tidligere angitte erfaringstall basert på Landner (1977, sitert etter Efraimsen og medarb. 1984) skulle dette for Saugbrugsforeningen gi ca. 12 tonn fosfor og 65 tonn nitrogen pr. år. Imidlertid vil dette reduseres til under halvparten for fosfors vedkommende etter overgang til tørrrensing av barken i 1986 (Lars Landner, pers. medd.). Antas også en viss reduksjon i nitrogenbelastningen ved denne prosessomleggingen, skulle årlig belastning fra Saugbrugsforeningen (ved utgangen av 1986) være i størrelsesordenen 20 tonn fosfor og 60-70 tonn nitrogen. Dette er en betydelig reduksjon siden 1980 da belastningen var oppe i henholdsvis ca. 80 tonn fosfor og 130-140 tonn nitrogen pr. år. Reduksjonen skyldes bl.a. forskjellige prosessendringer samt den

midlertidige store tilgang på tørrgran. Slikt tørrvirke krever mindre polyfosfattilsetning. Hvor mye økning i fosforbelastning minskende tilgang på tørrgran vil bety er usikkert (avhengig av tilgang på lagret tørt virke ellers, Lab.sjef Halland, pers. medd.).

3.2.3 Bakterier

På bakgrunn av observasjoner i fjorden (Ormerod 1984) er det gjennomført orienterende analyser av bakterieinnholdet i ulike typer prosessvann og avløpsvann (dessuten på overflaten av flis og i tremasse). Størst interesse i denne forbindelse har slekten Klebsiella (og enkelte Enterobacter), idet disse bakteriene i stor grad kan komme med ved telling av termotolerante (termostabile) coliforme bakterier i vannprøver fra elven eller fjorden. (Vannets innhold av termotolerante coliforme bakterier viser vanligvis forurensning med ekskrementer fra varmblodige dyr og brukes som indikator på grad av kloakkvannforurensning. Eventuell tilførsel av store mengder Klebsiella fra andre kilder vil kunne lede til mistolking av resultatene).

Resultatene av undersøkelsene bekreftet at virksromheten ved bedriften gir betydelig belastning med Klebsiella (Ormerod 1985). Hovedkilden var avløpet fra renseriet (våtbarking av tømmer). Ikke i noen av de øvrige prøvene lot termotolerante Klebsiella seg påvise over en viss lav konsentrasjon. (Øvrige prøver omfattet: "friskvann" før og etter tilsetning av klordioksyd, flis utlutet i destillert vann, sulfittbleket tremasse utlutet i destvann, bakvann fra tremassefremstilling, rensset bakvann fra papirfabrikk, avløp fra blekeri og inndamping (cellulosefabrikken) og avløp fra cellulosefabrikkens kokeri, sileri og tørkemaskiner).

Generelt sett kan Klebsiella og andre termotolerante "coliforme" bakterier trives og oppformerer ved mange ulike prosesser innen treforedlingsindustrien. Når problemet for Saugbrugsforeningen i det vesentlige synes å innskrenke seg til våtrensen, skyldes dette sannsynligvis høy grad av resirkulering og dermed høy temperatur på prosessvannet (opp til 60-70 C; pers. medd. laboratoriesjef Halland, Saugbrugsforeningen). Dette vil i stor grad hindre begroing, som tidligere ble bekjempet ved tilsetning av kjemikalier.

Overgangen til tørr-rensing av tømmeret i løpet av 1986 må antas å redusere Klebsiella-belastningen vesentlig. Virkningen av dette bør følges ved overvåking i elven eller fjorden, dvs. at undersøkelsen av andelen Klebsiella av termotolerante coliforme bakterier bør gjentas. Et enkelt negativt resultat for ovennevnte prosessavløp, kan ikke

utelukke at det fins andre kilder av betydning enn våtrenseriet.
(Forholdene kan bl.a. variere over tid).

3.3 Vannkvalitet i Femsjøen og Tista - anslag over tilførsler fra vassdraget

3.3.1 Tilførsler

Beregningen over stofftransport i Tista fra områder oppstrøms Saugbrugsforeningen er ikke tidligere utført. Dette er også en vanskelig oppgave, som egentlig krever hyppige observasjoner over flere år og ved ulike vannføringssituasjoner. De tall som gjengis nedenfor har måttet basere seg på et meget spinkelt materiale fra observasjoner med et annet siktemål. Grunnlaget har vært de middelveidier for totalfosfor (tot.P) totalnitrogen (tot.N) og suspendert stoff fra observasjonene til Miljøvernavdelingen i Østfold ved overvåkingen i Femsjøen 1982-85 (0-10m blandprøver i alt 34 obs over fire år i perioden mars-oktober, kfr. Bjørndalen [1983], Bjørndalen og medarb. [1984, 1985], og Miljøvernavdelingen i Østfold [1986]. Videre er det regnet med et middelavløp fra Femsjøen på: $25\text{m}^3/\text{sek}$. (Dette vil for sommermånedenes del som regel overvurdere elvetransportens andel noe pga. ofte lavere vannføring om sommeren).

Selv om anslagene er meget usikre, skulle de oppfylle formålet: å gi en noenlunde størrelsesorden for sammenligning med de øvrige kilder. Femsjøens rolle som utjevningsbasseng, og at området nedenfor innsjøen ikke er særlig erosjonsutsatt, er av betydning i denne sammenheng.

Det bør fremheves at særlig tabellens angivelser for KOF og suspendert stoff er usikre. For KOF (dikromat) skyldes dette bl.a. omregning fra TOC (total organisk karbon) og KOF (permanganat) på grunnlag av et utilstrekkelig erfaringsmateriale (Følgende formler er benyttet KOF (dikromat) = $2 \times \text{TOC}$ og KOF dikromat = $1,5 \times \text{KOF permanganat}$).

Tabell 1. Anslagsmessig beregning av årlig tilførsler av fosforforbindelser (tot P), nitrogenforbindelser (tot N), suspendert stoff (SS) og KOF (dikromat).

	Antatt midlere kons.	Ca. årlig transport (tonn)
Tot P	10 µg/l	8
Tot N	750 µg/l	600
SS	1.5 mg/l	1200
KOF(dikr.)	10 mg O/l	9000

For å illustrere noe av usikkerheten ved tallene i ovenstående tabell kan bemerkes at Skulberg og Kotai (1982) beregnet transporten av P og N ut av Femsjøen til henholdsvis 4-5 t/år og vel 300 t/år. På den annen side kan upubliserte data fra Miljøvernadv. i Østfold (Knut Bjørndalen, pers.medd.), basert på prøver fra Femsjøens utløpsområde i perioden 15/4 - 14/10 1985, tyde på noe høyere uttransport enn angitt.

3.3.2 Øvrige vannkvalitet

Egenskapene til elvevannet oppstrøms Saugbrugsforeningen er av betydning for hva som kan forventes oppnådd mht. bedring i Iddefjordens overflatevann, som er sterkt preget av ferskvann selv ved de forholdsvis lave vannføringer man vanligvis har i sommermånedene.

Som særlig aktuelle egenskaper er plukket ut mål på vannets klarhet, og partikkelinnhold og farge. Verdiene i tabell 2 representerer hovedintervallet for de variable fra observasjonene til Østfold Miljøvernadv. i Femsjøen 1984-85 (Bjørndalen og medarb. 1985, Miljøvern-avdelingen i Østfold 1986).

Tabell 2. Hovedvariasjonsområde for siktedyp, turbiditet, farge (filtrert), klorofyllinnhold (klf.a) og pH i Femsjøens overflatevann (0-10m) 1982-85 (6-11 obs. årlig i perioden mai-okt).

Siktedyp, m	(2.0)2.5 - 4.0(5.0)
Turbiditet FTU	1.5 - 3
Susp. stoff, mg/l	1 - 2
Farge, mg Pt/l	25-35
Klorofyll a, ug/l	(1)2 - 6
pH	6.5 - 7.0

For de aktuelle variable stemmer ovennevnte data også med angivelsene hos Skulberg og Kotai (1982) (farge målt ufiltrert hos disse). På grunn av diverse kloakkvannutslipp i Femsjøens munningsområde og tilsig, har Tista-vannet et betydelig innslag av tarmbakterier også oppstrøms Saugbrugsforeningen (Bjørndalen og medarb. 1985, Miljøvern-

avdelingen i Østfold 1986 og div. upubl. data fra Næringsmiddelkontrollen i Halden).

3.4 Oppsummering og jevnføring vedrørende tilførsler

Tabell 3 viser i tilnærmet størrelsesorden forholdet mellom belastningen fra de tre hovedkilder.

Tabell 3. Anslått størrelsesorden av belastning med suspendert stoff, organisk materiale (KOF), fosfor- og nitrogenforbindelser (Tot.P og Tot.N) fra kommunalt avløpsvann, Saugbruksforeningen og Tista. Alle tall i tonn pr år.

Kilde	Variabel	Suspendert stoff	KOF	Tot.P	Tot.N
Saugbruksforeningen		ca 5000	ca 40000	ca 20	ca 65
Kommunalt avløp		ca 230	ca 500	ca 6.5	ca 100
Tista		ca 1200	ca 9000	ca 8	ca 600
Totalt		ca 6400	ca 50000	ca 35	ca 770

Selv om tallene er usikre, bekrefter oppstillingen bedriftens dominerende rolle når det gjelder belastning med partikulært materiale (suspendert stoff) og organisk materiale (KOF). Også når det gjelder fosfor-forbindelser er det forholdsmessige bidrag betydelig, mens naturlige tilførsler og jordbruksavrenning dominerer for nitrogens vedkommende.

Det betydelige fosforbidraget fra bedriften bør søkes kvantifisert på en mer pålitelig måte ved direkte målinger i avløpsvann. Slike data er ønskelige både for fremtidig bedømmelse av forholdene i fjorden og for kost/nytte analyser, f.eks. ved spørsmål om økt tilknytningprosent til kommunale avløpsnett og behandlingsanlegg.

3.5 Saugbrugsforeningens vannforbruk - vannføring i Tista

Det vesentlige av bedriftens prosessvann tas inn ved utløpet av Femsjøen og fraktes i rør til fabrikken. I følge Haldenvassdragets Brukseierforening måles vannføringen ved Tistadalen som summen av det som går gjennom kraftstasjonen (eller demningsluke), bedriftens uttak, og de ca. $0.2 \text{ m}^3/\text{sek}$ som Halden kommune pumper til Ertevatn. Ved produksjon ligger bedriftens vannforbruk på ca $1.8\text{-}2.3 \text{ m}^3/\text{sek}$.

Ut fra et tørrstoffinnhold på henholdsvis 0.03% i sulfittavlut (1985) og 0.03% i blekeriavlut (lab.sjef Halland, pers. medd.) og angitt tørrstoffutslipp (fig. 2) lar de to avløpsstrømmene seg beregne til i gjennomsnitt henholdsvis ca $0.7 \text{ m}^3/\text{sek}$ og $0.9 \text{ m}^3/\text{sek}$, til sammen $1.6 \text{ m}^3/\text{sek}$.

Når total vannføring ved Tistadalen i ekstreme tilfeller angis til mindre enn $2.5 \text{ m}^3/\text{sek}$ betyr dette at praktisk talt hele vannføringen ved utløpet av Tista består av avløpsvann fra bedriften. Mindre enn 50% fortynning av totalavløpet er ikke sjelden (kfr. utskrifter vedrørende daglig og ukentlig vannføring fra Haldenvassdragets Brukseierforening).

Når det nå planlegges utført giftighetstester med ulike typer avløpsvann, er det nødvendig for koblingen av resultatene til resipienttilstanden at de testede delavløps andel av totalutslippet blir målt eller pålitelig anslått.

4. NATURGRUNNLAGET I FJORDEN

Kart over Iddefjorden med observasjonssteder fra Statlig program for forurensningsovervåking er vist i fig. 1 og 3. Fra Sponvika og inn er fjordens overflate ca. 21.2 km², fordelt på 5.2 km² i ytre fjord (inn til og med havnebassenget) og ca. 16.0 km² fra Halden til Berby (sone 1, 2, 3 hos Munthe-Kaas 1970). Volumene er henholdsvis ca. 100 mill. m³ (ytre fjord), 303 mill. m³ og totalt 404 mill. m³. For nærmere detaljer vises til Munthe-Kaas (1970).

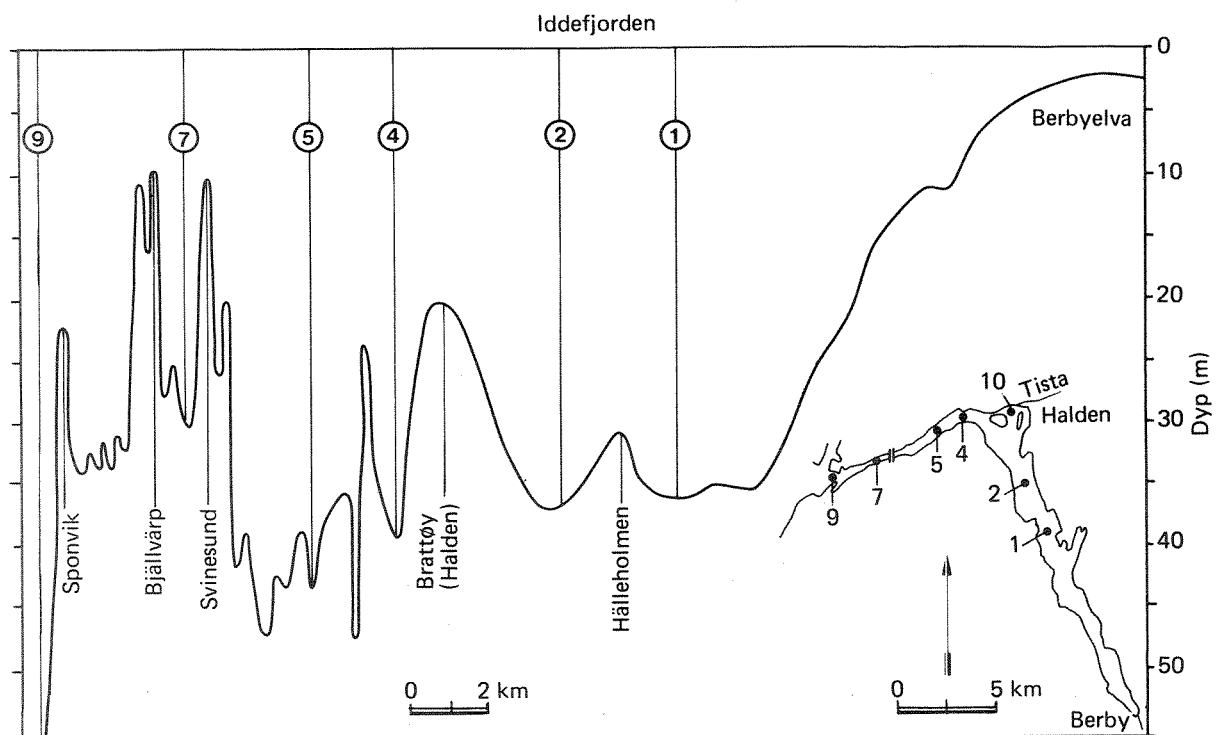


Fig. 3. Lengdesnitt av Iddefjorden med plassering av hydrografiske stasjoner fra Statlig program for forurensningsovervåking.

4.1 Ferskvannstilførsel

Omkring 60% av total ferskvannstilrenning til Iddefjorden kommer via Tista. Mesteparten av det resterende (ca 30%) kommer via Berbyelva, som munner innerst i fjorden, og har en midlere årlig vannføring på ca 12 m³/sek (Magnusson og Skei 1978).

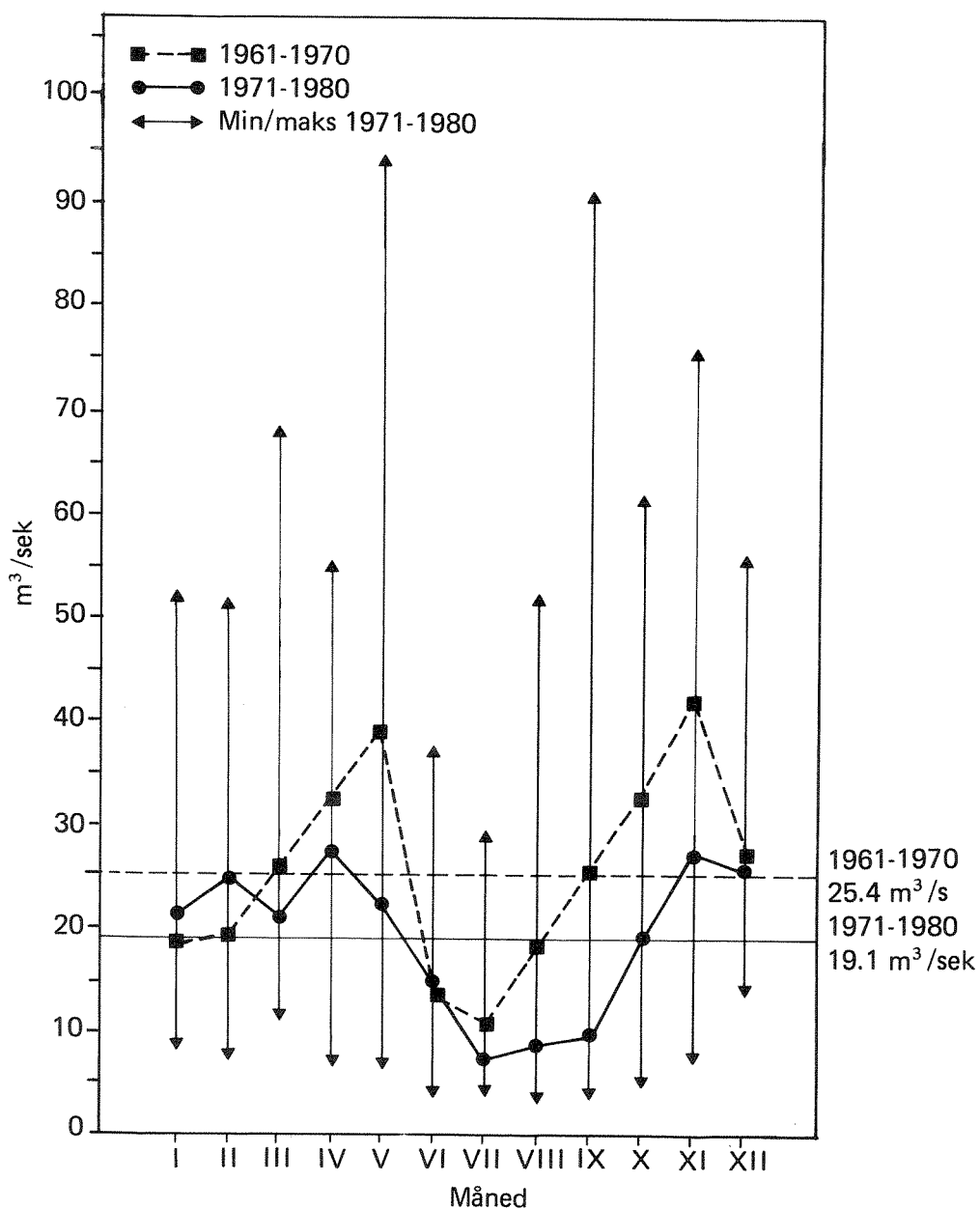


Fig. 4. Månedlig middelvannføring, variasjonsintervall og årlig middelavløp i Tista ved utløpet av Femsjøen for to 10-årsperioder. Basert på opplysninger fra Haldenvassdragets Brukseierforening.

Fig. 4 viser månedlig vannføring i Tista som gjennomsnitt for to tiårsperioder samt minimums- og maksimumsverdier for en av periodene. Av figuren fremgår at:

- vannføringen som regel er lavest om sommeren, dvs. juni-august,
- høyest vannføring er det vanligvis i april-mai og oktober-november,
- variasjonen er stor og at ovennevnte mønster ikke nødvendigvis går igjen hvert år.

(At det også kan være betydelige kortperiodiske vekslinger fremgår av fig. 8, som bl.a. viser daglig og ukentlig vannføring over en sommerperiode).

4.2 Vannets oppholdstid

Tiden det tar å fornye vannet er blitt beregnet eller anslått for ulike vannmasser og ved noe forskjellige metoder (Volent 1981, Magnusson og medarb. 1983, unpubl. gruppearb. des. 1985 ved Oseanografiska institutionen ved universitetet i Göteborg). Observasjonsmaterialet fra fjorden har vært spinkelt i forhold til det som egentlig er påkrevet ved slike beregninger, og resultatene må bare betraktes som orienterende.

Ut fra dels observasjonene og beregningene til Volent (1981), dels fra reduksjon i lignininnholdet i tiden etter stans i celluloseproduksjonen angir Magnusson og medarb. (1983) at fullstendig vannutskifting for 0-10 m laget i Ringdalsfjorden skulle ta i gjennomsnitt 10 døgn og for indre fjord (innenfor Halden ca 20 døgn).

Gruppearbeidet ved Oseanografiska institutionen ved Universitetet i Göteborg ga følgende konklusjoner (midlere oppholdstid):

- 0-3m, ytre fjord (utenfor Halden): 3 døgn (vintersituasjon?)
- 3-20m, ytre fjord: 9 døgn
- 0-3m, indre fjord (innenfor Halden): 28 døgn
- 3-20m, indre fjord: 75 døgn

Oppholdstiden for vannet under 20 meters dyp har ikke latt seg anslå på tilsvarende vis. Imidlertid kan det ut fra observasjonene til Magnusson og Skei (1978, 1979) og Magnusson og medarb. 1981, 1982a,b, 1983) fastslås at det i ytre fjord (dvs. st. 5, fig. 3) vanligvis er 2-4 vannutskiftninger som går til bunns i løpet av perioden april-november, dessuten en eller flere tilsvarende dypvannsfornyelser i løpet av vinteren. Det er også mindre omfattende innstrømninger som ikke går til bunns, men delvis fornyer vannet under 20m.

I indre fjord (st. 2, fig. 3) er fornyelsen av dypvannet betydelig

sjeldnere. I årene 1978-82 har fornyelsen vesentlig skjedd i løpet av vinteren, mens det i tiden mai-november mest har vært delvise dypvannsutskiftninger, dvs. ikke helt til bunns.

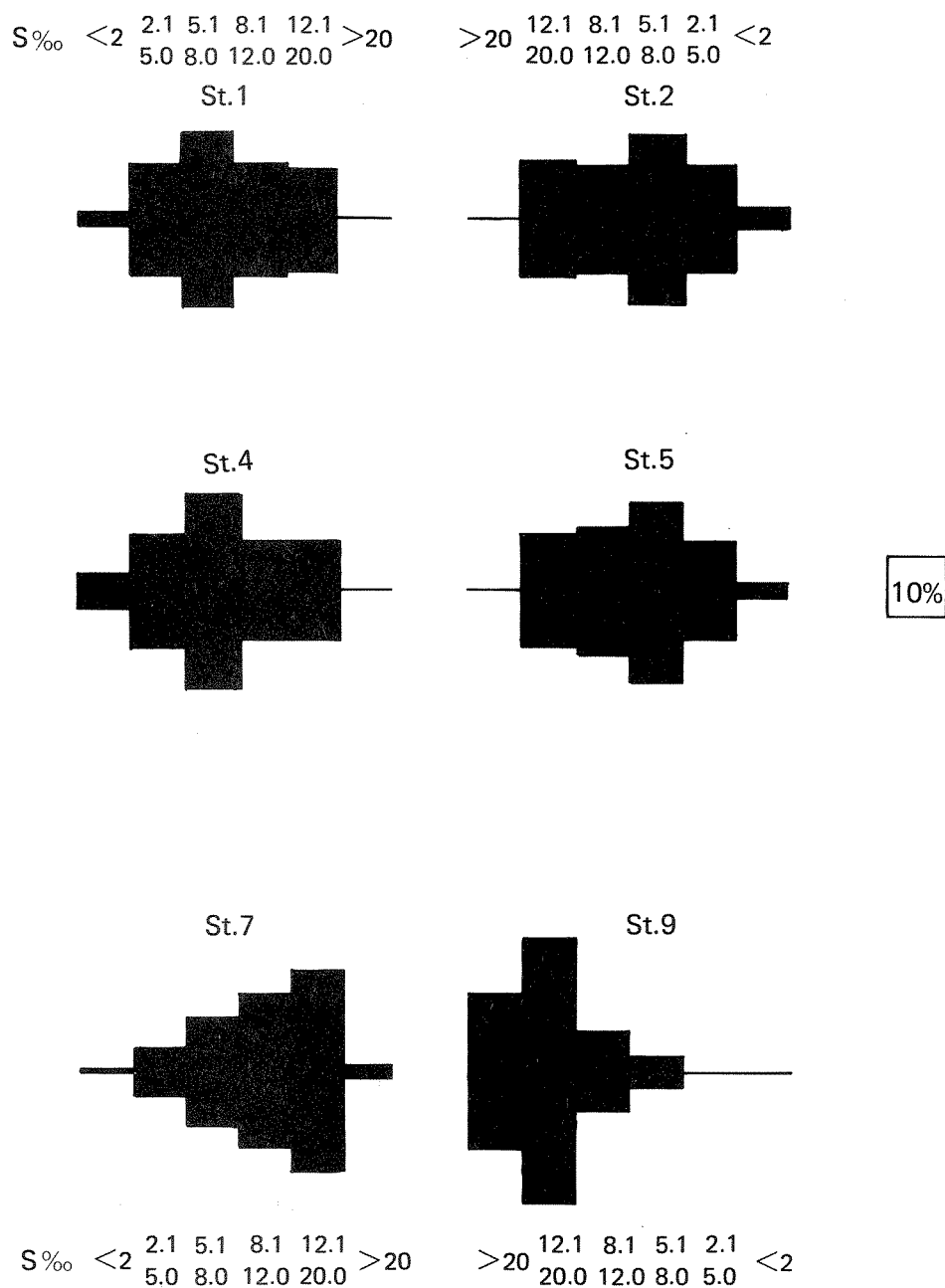


Fig. 5. %-vis fordeling av saltholdighetsobservasjoner i overflatelaget på ulike stasjoner i Iddefjorden. 76-89 observasjoner i mai-oktober 1977-1982.

4.3 Saltholdighet

Saliniteten til overflatevannet i sommerhalvåret (mai-oktober) kan karakteriseres ved fremstillingene i fig. 5-7. Fig. 5 viser hvor stor prosentandel av alle observasjoner som ligger innen gitte saltholdighetsintervaller, og det fremgår bl.a. at det er uvesentlige forskjeller mellom de to stasjonene (1 og 2) i indre fjord og mellom de to inderste stasjonene i Ringdalsfjorden (4 og 5). Forskjellen mellom disse avsnitt av indre og ytre fjord synes også uvesentlig. Av appendikstabellene A1 og A2 fremgår imidlertid at st. 4 har årsmidler og månedsmidler omkring 0.5-1.0 o/oo S lavere enn de øvrige. Dette betyr at på hele strekningen fra Skrivarøya/Snickerholmen til Isebakke (fig. 1) har organismer i strandsonen (0-1m) omlag de samme saltholdighetsbetingelser. (Unntatt fra dette er området innenfor Brattøy og ellers rent lokalt rundt bekkemunninger).

Det ses av fig. 5 at overflatesaltholdigheten på st. 1, 2, 4, 5 stort sett har vært under 12 o/oo S; i mer enn halvparten av tilfellene under 8 o/oo. Omkring 1/5 av observasjonene har gitt verdier under 5 o/oo S, mens lavere enn 2 o/oo synes forholdsvis sjelden. Ved de årstider som det er få observasjoner fra (november-april) må man stort sett regne med noe lavere saltholdigheter på grunn av gjennomsnittlig høyere ferskvannstilførsel enn i mai-oktober.

Fra st. 4 (og 5) til st. 7 synes månedsmiddel og årsmiddel i 0-1m tydelig å øke, idet års- og månedsgjennomsnitt stort sett har vært 2-4 (1-6) o/oo høyere på st. 7 (fig. 6, 7 og appendikstabellene 1-2). Selv om observasjonsmaterialet ikke har vært omfattende nok til å gi forskjeller som er statistisk signifikante, synes det berettiget å regne med at de økologiske betingelser for marine organismer kan være utslagsgivende bedre på strender i omegnen av st. 7.

St. 9 i munningen av fjorden skiller seg klart ut både ved fravær av saltholdigheter under 5 o/oo (fig. 5) og ved betydelig høyere måneds- og årsgjennomsnitt (fig. 6, 7).

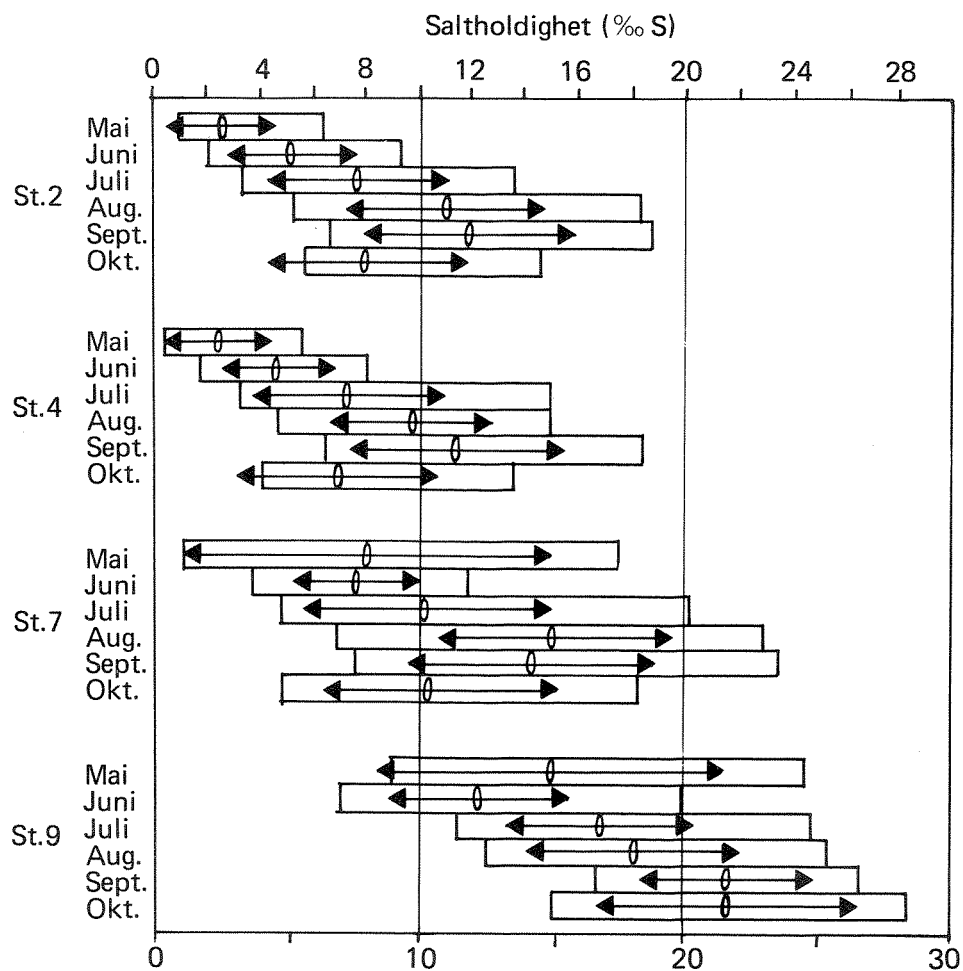


Fig. 6. Månedsmidler, standardavvik og min./maks. verdier for overflatelagets saltholdighet for utvalgte stasjoner i Iddefjorden 1977-1982. 4-6 obs. i mai/oktober, ellers 11-25 obs. pr. måned.

I sommerhalvåret ligger overgangslaget med raskt økende saltholdighet vanligvis mellom 2 og 4m, sjelden i 1-2m, og noen ganger dypere. Tabell 4 nedenfor viser resultatene av 82 observasjoner på st. 2 og 4 i perioden 1977-1982.

Tabell 4. Sprannglagets beliggenhet på stasjonene 2 og 4 i Iddefjorden 1977-1982. Antall tilfeller i hvert lag for i alt 82 observasjoner i mai-oktober.

Lag	St. 2	St. 4
0-1m	2	1
1-2m	4	5
2-3m	37	33
3-4m	24	25
4-5m	8	10
Dypere	3	2
Intet sprang	4	6

Det ses at vanligvis er laget ned til 2m gjennomblandet og sterkt ferskvannspreget, videre at i omkring 50% av tilfellene inntraff spranget før 3m, for ca 80% vedkommende høyere enn 4m. I 3 meter kan det opptre nesten ferskt vann, mens det i 4m bare er observert ett tilfelle av under 10 o/oo S (8.8 o/oo). En prosentvis fordeling på saltholdighetsobservasjoner på 3m tar seg slik ut for de to stasjonene:

	$\geq 5.0\%$	5.1-10.0	10.1-15.0	>15.0
St. 2	16	12	34	38
St. 4	19	15	33	33

De to stasjonene var m.a.o. temmelig like, men med en antydning til sterkere grad av ferskvannspåvirkning på den ytterste lokaliteten.

De forhold som er beskrevet ovenfor betyr en påkjenning som et flertall av marine planter og dyr som er knyttet til strandsonen ikke tåler. Et saltholdighetsmiljø som ikke i seg selv begrenser artsantallet finnes i Iddefjorden (vanligvis) først under 3-4m.

Forholdene kan imidlertid være markant forskjellige fra år til annet. F.eks. ble det i juni-oktober 1977-1978 bare unntaksvis observert saltholdighet lavere enn 10 o/oo på 3 meters dyp. I samme periode 1979 var det derimot under 10 o/oo i 11 av 16 observasjoner, og under 5 o/oo ved mer enn halvparten av observasjonene. Sammen med variasjonene i 0-2m fra år til år, som fremgår av fig. 5-7, gir dette grunnlag for kortvarige etableringer av en del organismer med toleransegrenser tett opp mot forholdene i fjorden. Dette betyr igjen fluktuasjoner i de organismsamfunn som observeres og bl.a. vanskeligheter med å fastslå utviklingstendenser (enten de er positive eller negative).

Under 3-4m er det både i de indre og ytre bassenger vanligvis jevnt stigende saltholdighet ned mot 20-25m, og under dette forholdsvis stabilt omkring 30 o/oo og litt høyere (bl.a. Magnusson og Skei 1978, 1979; Magnusson og medarb. 1982a,b, 1983).

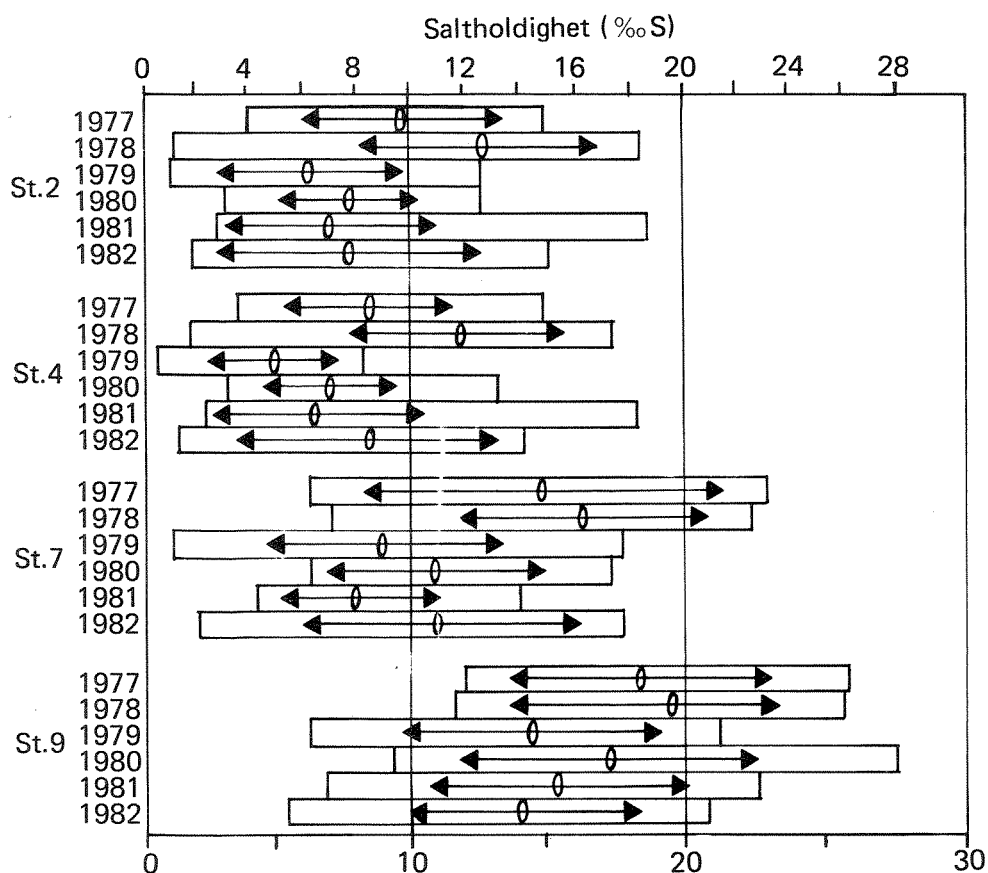


Fig. 7. Årsmidler, standardavvik og min./maks. verdier i overflate- lagets saltholdighet på utvalgte Iddefjordsstasjoner 1977-1982. [(5)10-20 obs. i mai-okt. hvert år].

4.4 Sammenheng mellom ferskvannstilførsel og saltholdighet i overflatelaget

Saltholdigheten til overflatelaget (0-2/3m) avhenger også av andre forhold, særlig vindretning (f.eks. oppstuvning) og saltholdigheten i vannet utenfor Iddefjorden). Dette siste er igjen dirigert bl.a. av tilførslene fra Glomma, som har en annen rytme enn svingningene i tilrenningen via Berbyelva og Tista (bla. en betydelig fjellflom som strekker seg ut i juni/juli). Graden av Glommavannets påvirkning på området utenfor Iddefjorden er igjen avhengig av vindretningen.

En annen viktig grunn til at det ikke kan ventes noen enkel sammenheng mellom ferskvannstilførsel og saltinnhold er at over tid ulike avrenningsmønstre må antas å kunne gi omtrent samme resultat. Fig. 8

viser et eksempel på variasjoner i tilløpet fra Tista og saltholdigheten 0-1m på st. 4 over sommerperioden. Det som fremgår er bl.a. at - tross den ovennevnte korte oppholdstid på overflatelaget - synes det å kreve en lengre periode med liten tilrenning før dette gir utslag i betydelig økt saltholdighet.

Sammenhengen er også testet statistisk, ved bruk av

- A) middel av vannføringen i Tista forutgående og samme dag som saltholdighetsobservasjonen
- B) forutgående 2 dager
- C) forutgående 7 dager

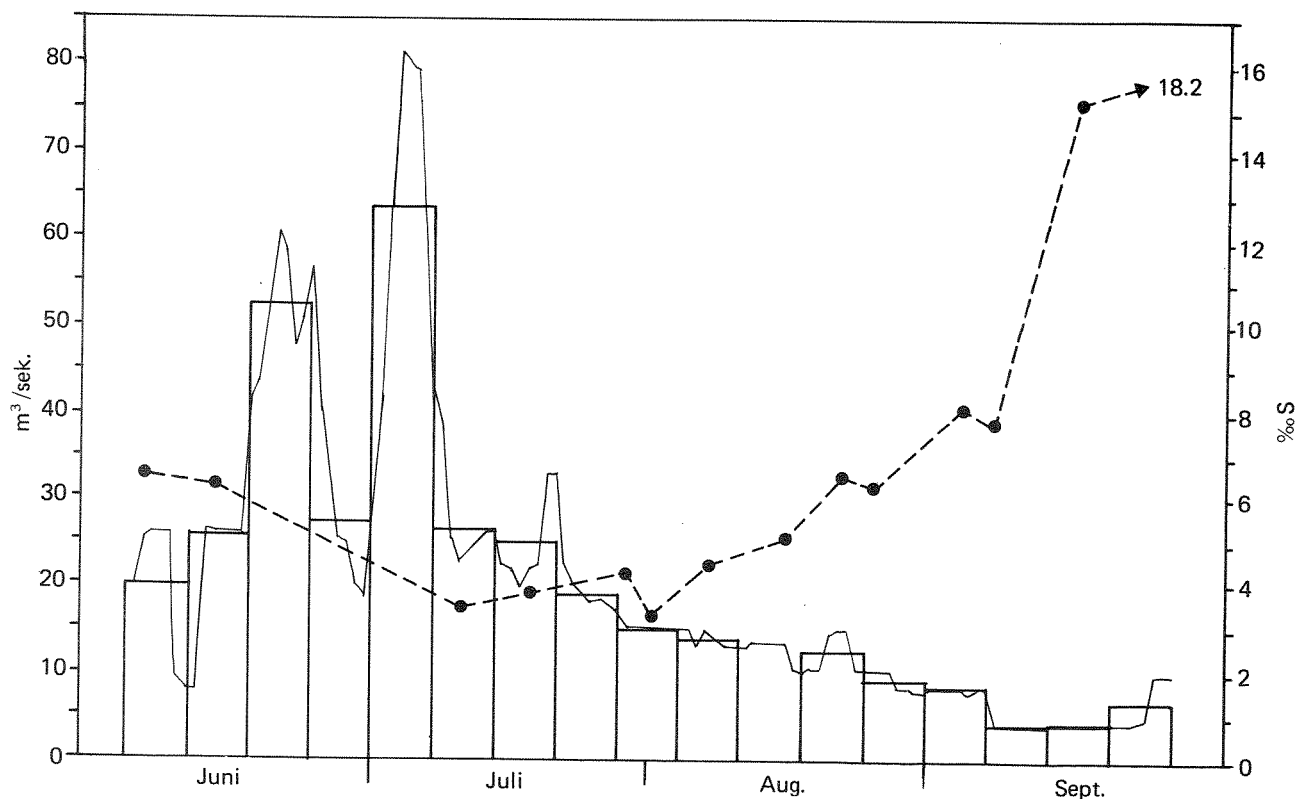


Fig. 8. Ukemidler og daglig vannføring i Tista i perioden juni-september 1981 jevnført med saltholdighetsdata (●- -●) 0-1m på st. 4.

Best sammenheng viste saltholdigheten med midlere ferskvannstilførsel uken før, (appendiksfig. A1), men forskjellen til A og B var ubetyde-

lig. Når "forklaringsprosenten" er såpass lav som ca 35 (se fig. A1) ved mer enn 80 observasjoner, antyder dette også at overflatelagets saltholdighet dårlig lar seg forutsi ut fra avrenningsdata alene. (Mer avanserte statistiske metoder enn den benyttede kan imidlertid tenkes å gi en bedre beskrivelse.)

4.5 Siktedyp

Observasjoner av vannets klarhet og partikkelinnhold foreligger ikke fra tiden før utslippene fra treforedlingsindustri. Naturgrunnet er m.a.o. ikke kjent på den måten at det lar seg beskrive ved dokumenterte observasjoner av samme art som ved de undersøkelser som har kommet i stand senere.

(Muligens vil det av og til (ved stor ferskvannstilførsel) la seg gjøre å tilveiebringe data om en tilnærmet naturtilstand fra de innerste 3-4 km av fjorden, der det forholdsvis upåvirkede vannet fra Berbyelva vil prege forholdene. Slike observasjoner burde i tilfellet gjøres ut for Krokstrand, da den innerste delen er for grunn og delvis influert av gjengroing med høyere vegetasjon).

Følgelig er man henvist til observasjoner utenfor fjorden, dvs. Singlefjordområdet. Antagelig er den naturlige vannkvaliteten i Iddefjorden - mht. til vannets klarhet - heller bedre enn det man kan forvente i Singlefjorden, som er periodevis sterkt påvirket av slam fra Glomma (selv uten industriutslipp og økt frakt av erosjonsmateriale i denne elven pga. jordbruk o.a.).

På st. 9 (fig. 3) var midlere siktedyp i perioden mai-oktober 1977-1985 som følger (se også fig. 9):

- Driftsperiode ved Saugbrugsforeningen (N=94): 2.9m (SD 1.3)
- Driftsstans i både papir- og celluloseproduksjonen (N=12): 2.9 (SD:0.8)

Siktedypsverdier på 4.0m eller mer var sjeldne (< 15% av over 100 målinger). Ingen slike observasjoner var fra mai-juni, da det er flomperiode i Glomma, og bare to i juli (begge under driftsstans ved Saugbrugsforeningen). Observasjon av relativt klart vann i munningen av Iddefjorden falt sammen med tiden da det vanligvis er forholdsvis lav vannføring i Glomma. Imidlertid var det ingen entydig sammenheng med vannføringen i Glomma (Lingsten 1982a,b, 1983, 1984). Antagelig har det vel så stor betydning hvilken vei hovedstrømmen av

Glommavannet tar (vindpåvirket).

Selv om ovennevnte forhold setter begrensninger for hva som kan forventes mht. vannets klarhet i ytre Ringdalsfjorden, er det likevel klart at Glommapåvirket vann representerer et godt bytte jevnført med den nåværende tilstand. Observasjoner en gang ukentlig april-september 1980 tydet på at det i Singlefjorden var bedre siktedyp enn 3m omkring 50% av tiden (Magnusson og Skei 1984).

4.6 Andre forhold

For andre egenskaper som gjelder vannets fysisk/kjemiske kvalitet er det sparsomt med referansedata, dvs. observasjoner før treforedlingsutslippene begynte i Iddefjorden eller data fra lignende, men lite berørte områder.

Det kan nevnes at Magnusson og Skei (1984) ved undersøkelser i Hvalerområdet-Singlefjorden observerte de høyeste ligninkonsentrasjoner utenfor munningen av Iddefjorden (1.2 mg/l). I de minst berørte deler av undersøkelsesområdet ble det funnet mindre enn 0.4 mg/l. Samme nivå er tidligere konstatert ytterst i Iddefjorden av Skei og Lindstrøm (1976) etter en lengre tids bedriftsstans, og kan vel betraktes som en høy "bakgrunnsverdi".

Et forhold som spiller stor rolle for organismer i strandsonen er den årlige islegging av fjorden. Fra Halden og innover ligger isen noen ganger i 4 mnd (desember og ut mars). Utover Ringdalsfjorden er det regelmessig nødvendig med isbryting januar-mars (Havnefogd Rolf Gravningen, pers. medd.). Som resultat av dette er det stor isskuring langs strendene på begge sider langs Ringdalsfjorden, idet isen brytes løs ved land (isbryting både innover og utover).

En slik isskuring kan spesielt ha negativ virkning på etableringen av flerårige alger, som f.eks. blæretang.

5. TILSTAND OG UTVIKLING

Det er gjort en rekke undersøkelser i Iddefjorden, men bare et fåtall av de dokumenterte observasjonene av vannkvalitet og biologiske forhold er fra før 1950, dvs. på den tiden da belastningen på fjorden økte, og forurensningseffektene allerede var merkbare. En oversikt over utførte undersøkelser frem til 1969 finnes hos Skei og Lindstrøm (1976, gjengitt etter Munthe-Kaas 1970). Vurdering av tilstanden frem til ca. 1970 er gitt av Dybern (1972), og den senere utvikling er behandlet av Afzelius (1979), Efraimsen (1982) og Magnusson (1982).

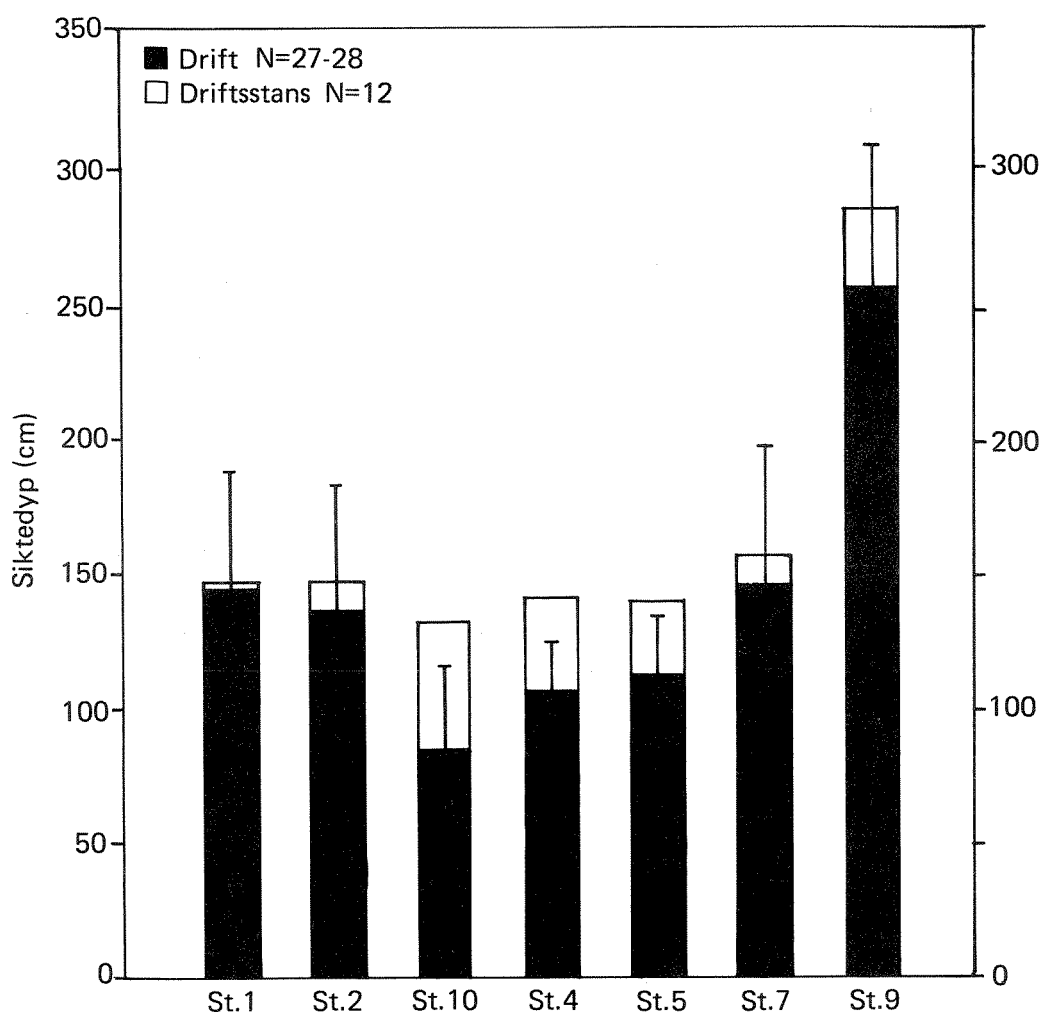


Fig. 9. Siktedyp i Iddefjorden juni-august (1977-1984). Data fra observasjoner under drift (svarte søyler, antall obs. (N)=27-28) og under driftsstans (N=12)). Standardavvik angitt for observasjoner under drift.

Hensikten med foreliggende rapport er primært å gi en ajourført beskrivelse av tilstand og utvikling i de senere år, etter at forurensningsbegrensende tiltak er satt inn, og det vil bare i mindre utstrekning bli referert til eldre data. En grunn til dette er også at mange slike data bare finnes som interne rapporter eller rådata på vedkommende institusjon som har utført undersøkelsene (kfr nevnte tabell hos Munthe-Kaas 1970 og Skei og Lindstrøm 1976).

5.1 Siktedyp

I samsvar med saltholdighetsdataene (fig. 5) viser fig. 9 at stasjonene 1 og 2 har vært temmelig like også mht. siktedypet, likeså stasjonene 4 og 5. (Om fig. 9 kan tilføyes at gjennomsnittresultatene for alle observasjoner under drift (N=95-98) i årene 1977-1985 ga samme resultat som i fig. 9. Se nærmere kommentar i kap. 7).

Av fig. 9-10 fremgår bl.a. at midlere siktedyp jevnt over har vært nærmere 1.5 m på stasjonene innenfor Halden (1, 2), mens det bare har ligget såvidt over 1m på stasjonene 4 og 5 utover i Ringdalsfjorden. Først ute ved Svinesund (st. 7) har midlere siktedyp vært tilsvarende målingene i indre fjord.

Statistisk bedømt har det ikke vært noen tendens til bedring i Ringdalsfjorden etter 1977-78 (kfr. fig. 10). Imidlertid behøver ikke dette bety at den minskede belastningen ikke har hatt positiv effekt, men at observasjonshyppigheten har vært for lav til å kunne nøytralisere utslagene av andre faktorer som også spiller en rolle. Spredningen i verdiene er også for stor til at det blir signifikant forskjell ved jevnføring av 1977-78 observasjoner fra st. 4 med det samlede materiale etter belastningsreduksjon (1979-1985). Beregningene viste en middelverdi på 0.86 m i 1977-78 mot 1.07 m i 1979-85 (bare observasjonene under drift med i beregningen). De spredte stasjonene fra før 1977 (Munthe-Kaas 1970, Skei og Lindstrøm 1976) kan antyde en maksimal bedring av siktedypet på st. 4 i størrelsesorden 0.5 m fra tidligere til idag.

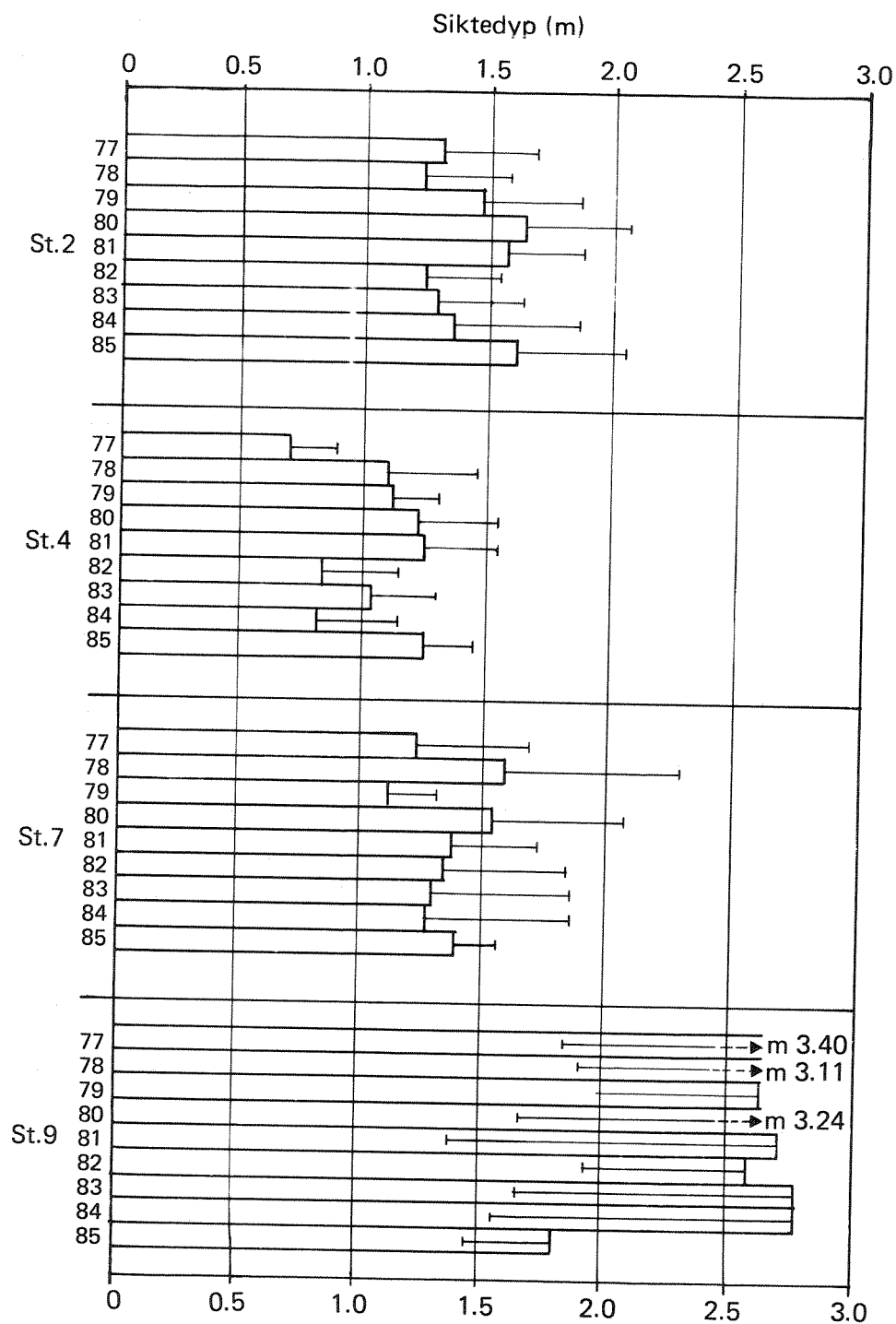


Fig. 10. Utviklingen i siktedyp på utvalgte stasjoner i Iddefjorden 1977-1985. Middelerverdier for året og standardavvik.

5.2 Turbiditet, suspendert stoff og farge

Det finnes en del eldre data for disse variable, men ingen fra perioden med liten produksjon ved Saugbrugsforeningen, dvs. før 1950 (Munthe-Kaas 1970). Senere data er for en stor dels vedkommende basert på ulike metoder, og derfor vanskelig sammenlignbare.

Av nyere data finnes resultatene fra undersøkelser utført av Kjøtt- og Næringsmiddelkontrollen. Midlere turbiditet (Hack turbidimeter) for stasjonene 2 og 4 varierte i årene 1979-1985 mellom henholdsvis 0.6-2.2 og 1.1-2.5 (3.5 i 1985). Dette er bemerkelsesverdig lavt ut fra belastningen med fiber.

For suspendert stoff og farge har ikke Næringsmiddelkontrollen egnet utstyr/laboratoriebekvemmeligheter for tilstrekkelig ømfintlige registreringer.

Det kan konstateres at på tross av at fjorden så lenge har vært preget av brunt og grumsete vann, foreligger det bare få tallfestede data som kan virke tilforlatelige og egnet som referanse. Blant disse bør nevnes fargetallene fra overvåkingen til Fylkesmannen i Østfold/Miljøvern-avdelingen. Resultater fra Ringdalsfjorden (st. 5) 1984-1985 (Bjørndalen og medarb. 1985, Miljøvern-avdelingen i Østfold 1986) viste (mg Pt/l, filtrerte prøver):

	0-2m	10m	20m	30m
1984	43-71	8-26	7-27	4-16
1985	32-89	11-58	3-35	

Med enkelte unntak var det ved disse observasjonene markert høyere fargetall i overflatelaget og avtagende med dypet.

5.3 Lignin (lignosulfonat)

Også av fig. 11 fremgår den innbyrdes likhet innen stasjonsparene 1/2 og 4/5. (Som for siktedyps vedkommende blir det ingen vesentlig forskjell om man regner middelerdi av alle observasjoner under drift ved Saugbrugsforeningen). Figuren viser hvordan avløpsvannet fra sulfitt-celluloseproduksjonen tydelig transporteres i betydelig større grad utover enn innover i fjorden.

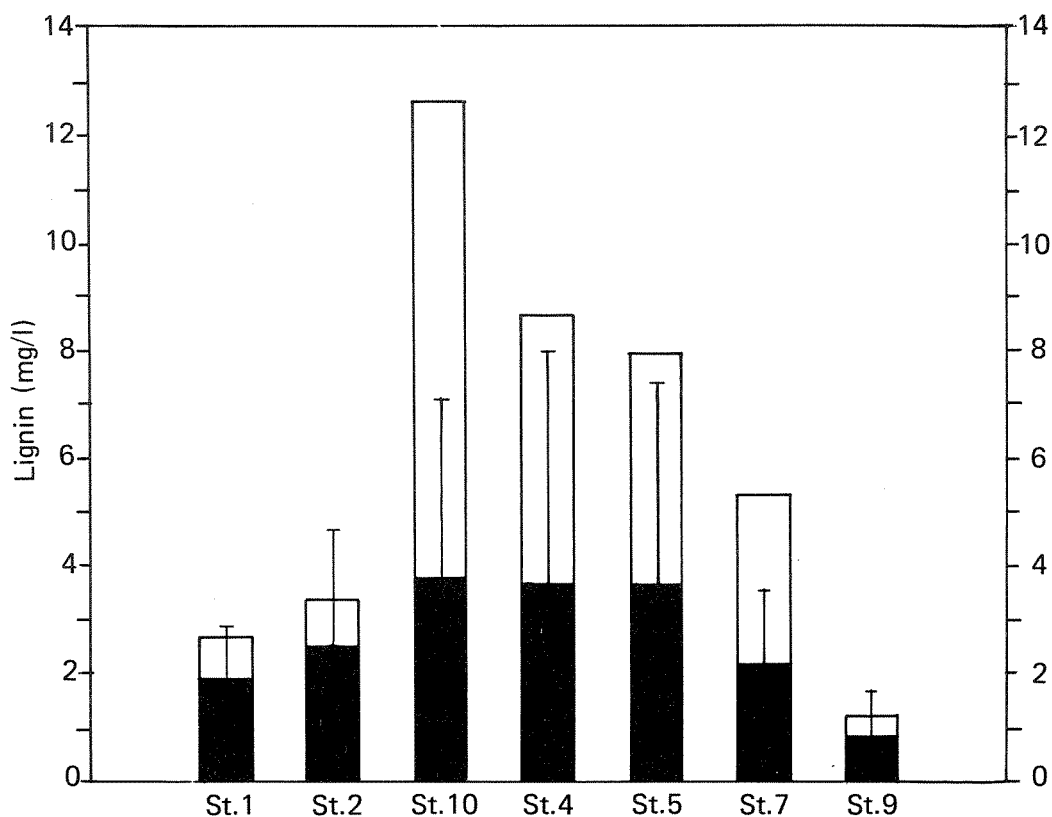


Fig. 11. Middelerverdier for vannets innhold av lignin (eg. ligno-sulfonater) forskjellige steder i Iddefjorden 1978-1982. Sorte søyler (med standardavvik) markerer observasjoner ved full driftsstans, (N=12) og hvite søyler observasjoner ved drift (N=19-20) i perioden juni-august

Utviklingen i ligninkonsentrasjonen for månedene mai-oktober 1977-1982 er fremstilt i fig. 12 for stasjonene 2, 4 og 7. (På st. 9 var midlere ligninkonsentrasjonen 2.0 mg/l eller lavere hele perioden). Selv om tendensen ikke er statistisk signifikant pga. stor spredning i tallmaterialet, synes nedgangen i vannets lignininnhold å være tydelig på alle de tre stasjonene vist i fig. 12, og det samme gjelder lokalitetene 1, 5 og 10 (Kfr. fig. 3 hos Magnusson og medarb. 1983).

Imidlertid er konsentrasjonen av lignin fremdeles betydelig (mer enn 10 ganger et høyt bakgrunnsnivå i diffust belastede områder), og tydelig sporbar til utenfor fjordmunningen.

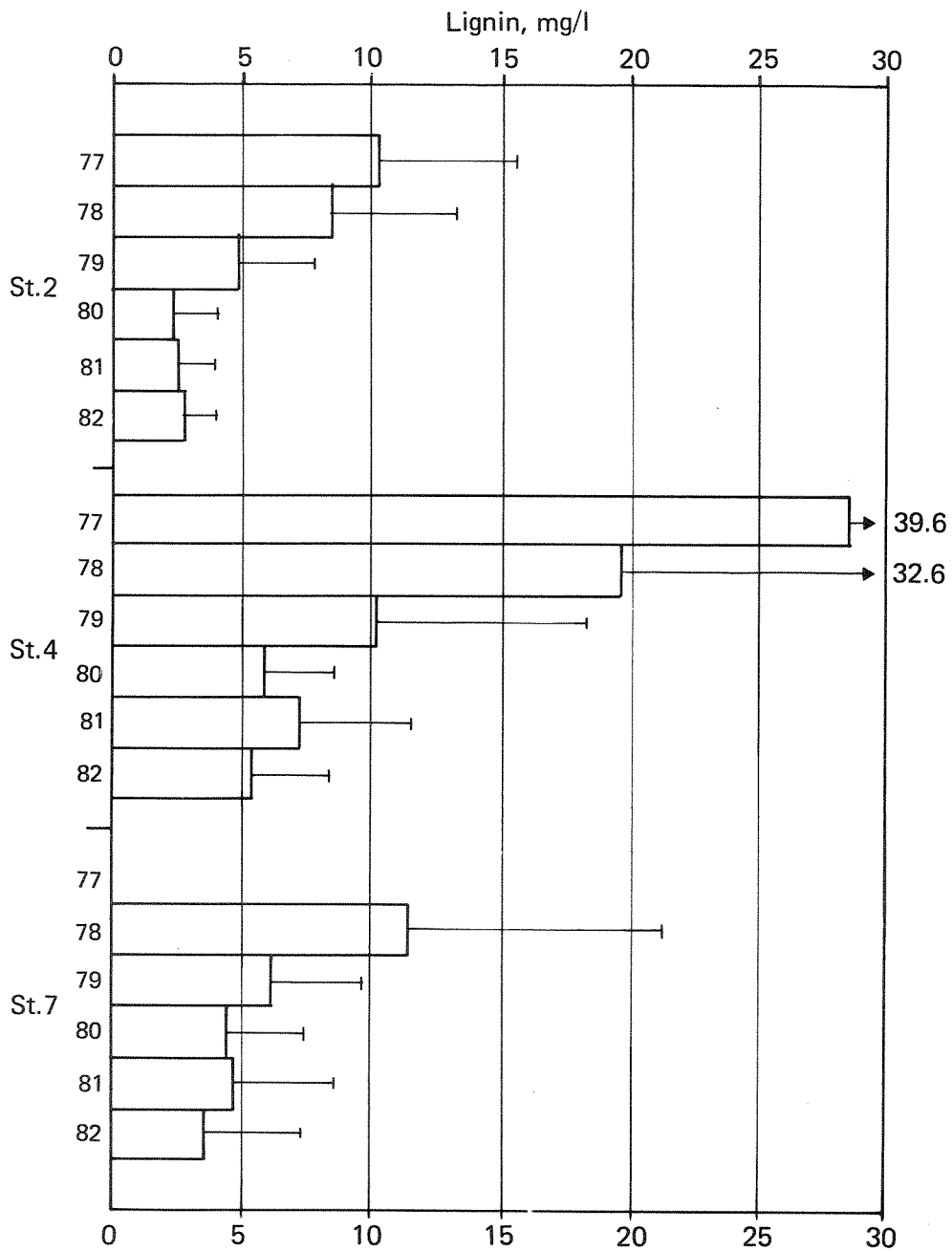


Fig. 12. Gjennomsnitt og standardavvik for ligningkonsentrasjoner på stasjonene 2, 4 og 7 i Iddefjordfjorden 1977-1982 (10-18 årlige obs. i mai-oktober).

5.4 Oksygenforhold

Mens det tidligere ikke var uvanlig at fjorden var råttent fra bunn til topp, eller at pakker av råttent vann nådde overflaten i forbindelse med dypvannsfornyelse (Baalsrud 1968, Dybern 1972, Magnusson 1982),

ble dette bare registrert en gang ved de jevnligte observasjoner i perioden 1977-1982 (fig. 13-14).

Dette betyr at den dødelig giftige gassen hydrogensulfid nå er en mindre aktuell stressfaktor enn tidligere for organismer knyttet til grunt vann, selv om slike pakker med råttent eller lite oksygenholdig vann fremdeles kan opptre. Risikoen for at fisk skal komme inn i slikt vann må også antas moderat, likeledes for å bli presset inn i vann med for lav saltholdighet av råttent bunnvann som er hevet opp ved dypvannsfornyelse.

Imidlertid ses av fig. 13-14 at organismer på dypere vann (under 10-20m) stadig, og noen ganger over lengre perioder utsettes for kritisk lave oksygenkonsentrasjoner (< 2 ml/l). Særlig gjelder dette bassengene innenfor Halden (terskelen ved Brattøy, kfr. fig. 3), i mindre grad i Ringdalsfjorden. Årsaken til dette er som nevnt i kap. 4.2 at dypvannsfornyelsen er betydelig hyppigere i ytre enn indre fjord.

På grunn av oksygenbehovet til bunnavleringer rike på organisk stoff (fiber, utfelt lignosulfonat o.a.) vil oksygenforholdene også for bunndyr på grunnere vann (over 10-20m) være dårligere enn det fremgår av fig. 13-14.

5.5 pH

Omkring halvparten av avløpsvannet til Saugbrugsforeningen er markert surt: pH 3-5 (lab.sjef Halland, pers. medd.).

Det sure avløpet preger også overflatevannet i Iddefjorden, som på tross av ofte lavt saltinnhold burde ha en pH på omkring 7.5 og over (sjøvanns pH er vanligvis 8.1-8.3).

Enkelte tidligere observasjoner har vist pH ned mot 6.5 (Munthe-Kaas 1970 med upubl. datavedlegg), Dybern (1972) nevner imidlertid at pH under 7.0 ikke har vært vanlig.

Senere målinger av Kjøtt- og Næringsmiddelkontrollen (1979-1985, upubl.) har vist følgende variasjon i årlige middelerverdier:

St. 10 (Tista)	St. 4	St. 9 (munningen)
6.4-7.1	6.2-7.1	6.7-7.6

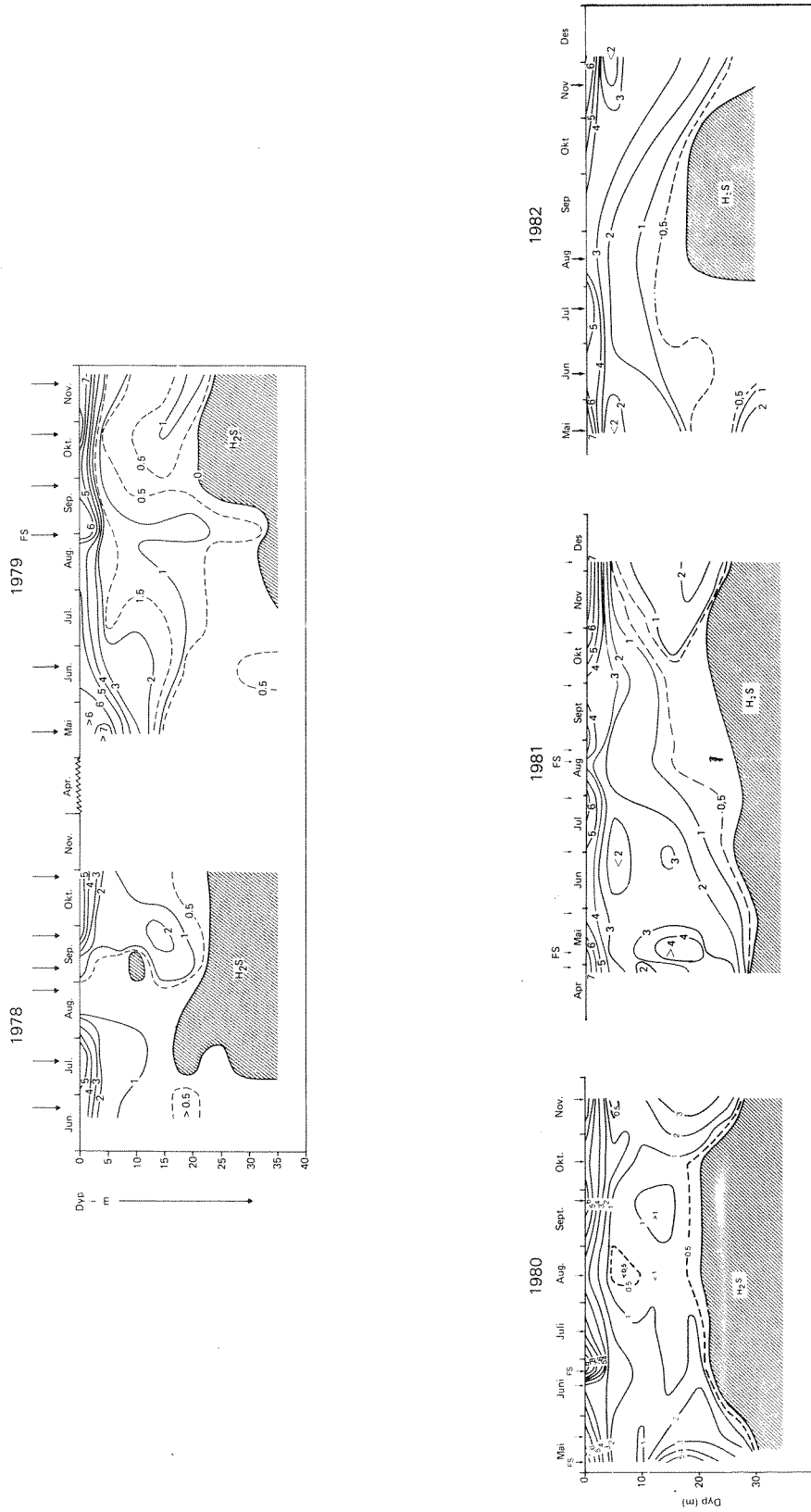


Fig. 13. Oksygenforholdene ved st. 2 1978-1982 (etter Magnusson og medarb., 1983).

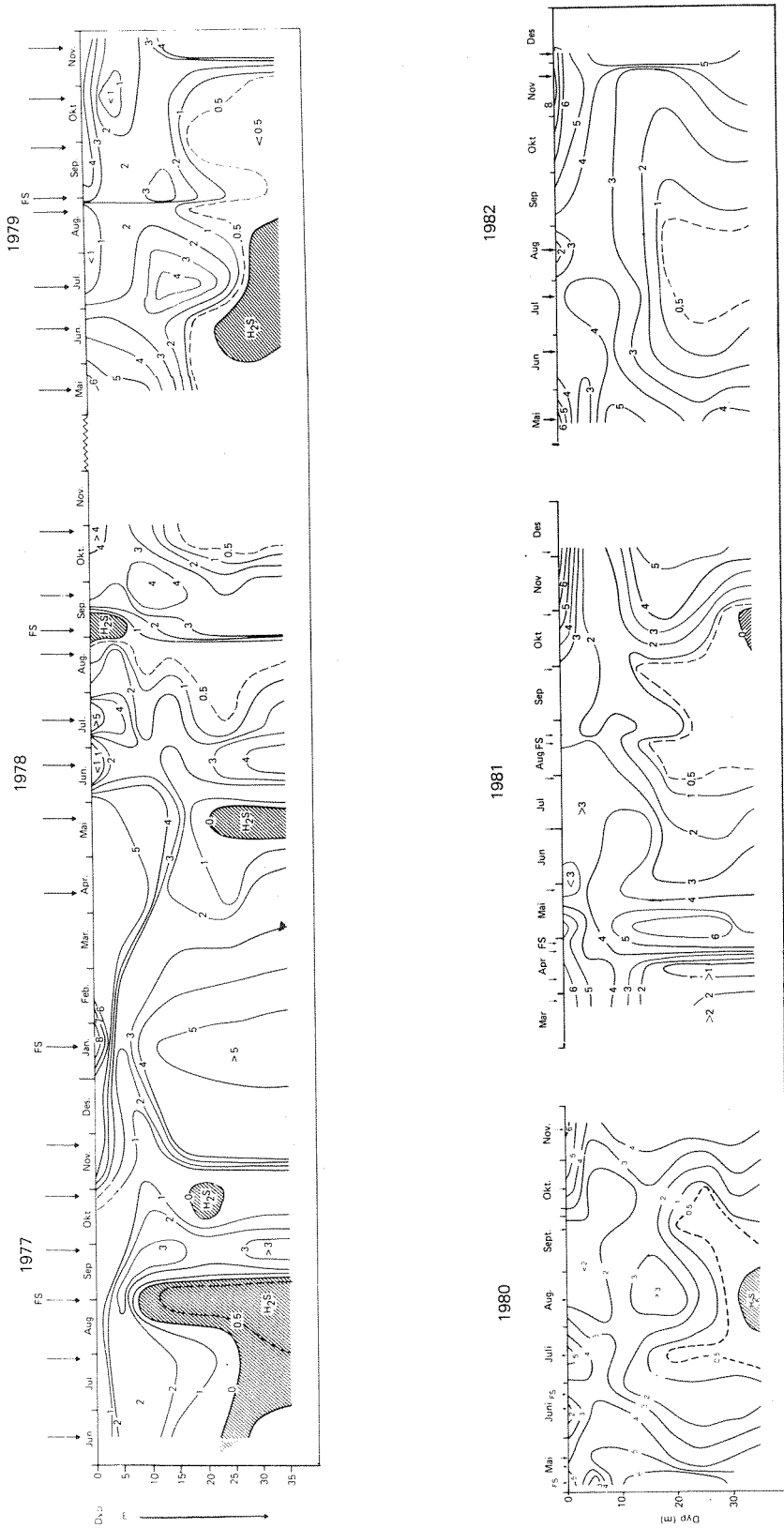


Fig. 14. Oksygenforholdene ved st. 5 1978-1982 (etter Magnusson og medarb., 1983).

(En del av både middelerverdier og enkeltverdier fra disse analyser synes noe for lave. Særlig gjelder dette observasjoner fra st. 9 de par første årene, men også senere enkeltverdier fra alle stasjoner. Det er også bemerkelsesverdig mange eksempler på at Tistavannet har hatt høyere pH enn vannet fra st. 4; omvendt av det man skulle forvente etter saltinnhold og fortynning. En samlet vurdering tilsier at resultatene stort sett kan ligge omkring 0.2-0.4 enheter for lavt).

Hvis pH i Iddefjordens overflatevann (0-2/3m) stadig er ned mot 6.5-7.0 kan dette representere en egen stressfaktor for marine organismer (Knutzen 1981). Ved eventuelle senere oppfølging av statlig program for forurensningsovervåking bør dette undersøkes.

5.6 Næringssalter, klorofyll og planteplankton

Også når det gjelder næringssalter er det et problem for bedømmelse av utviklingen at det ikke finnes data fra før 1963, og dermed heller ikke fra perioden før belastningen økte markert etter krigen. For senere datas vedkommende er sammenligninger vanskelige pga. ulike metoder og den uregelmessige spredningen på ulike årstider for observasjonene. Mao. kan ingen referansedata for fremtidig utvikling påregnes.

Ved den statlige overvåkingen i 1982 ble det registrert konsentrasjoner av klorofyll a varierende med tiden (lite med sted) fra ca 5 til over 30 µg/l (Magnusson og medarb. 1983). Dette er til dels høye konsentrasjoner som vitner om at det kan forekomme betydelige mengder av planteplankton. Enkelte ekstremverdier medførte at siktedypet ble redusert til 0.5 m og mindre på st. 4-5. Senere er det registrert mer moderate klorofyllkonsentrasjoner (Bjørndalen og medarb. 1985, Miljøvern avdelingen i Østfold 1986). Ett eksempel på meget høye klorofyllverdier i indre fjord (ved Krokstrand) nevnes i en kursrapport fra Tjärnö (sept. 1982).

Det viktige ved dette er at det åpenbart er delvis godt grunnlag for vekst av planteplankton i fjorden. Fjordvannets tidligere giftvirkning på planter (Dybern 1972, Lein og medarb. 1974) kan ut fra dette synes redusert (se imidlertid kap. 8.2.2).

Mens det teoretisk etter belastningstallene (tabell 3) ligger an til potensiell forsbegrensning av planteplanktonets vekst, har algester utført ved Miljøvern avdelingen hos Fylkesmannen i Østfold (1985) tydet på avvekslende P- og N-begrensning (Knut Bjørndalen,

pers. medd.).

Observasjoner av samfunnets sammensetning viste i 1975 en blanding av ferskvanns- og saltvannsarter (Skei og Lindstrøm 1976). Det samme er observert senere (1985, Knut Bjørndalen, pers. medd.). Det kan fremheves at transport av blågrønnalger, som ofte dominerer i innsjøer høyt oppe i Haldenvassdraget, spiller ubetydelig rolle nedenfor Femsjøen. Sporadisk høye konsentrasjoner av planktoniske blågrønnalger har likevel opptrått (Magnusson og medarb. 1982b).

I følge upubliserte svenske observasjoner kan det synes som om det i Iddefjorden i de siste år har vært en vedvarende bestand av dinoflagellaten Prorocentrum minimum, som blomstrer opp ved dypvannsfornyelse (Lars Afzelius, Tjärnö, pers. medd. og kursrapport sept. 1982). Denne arten er blant de som medfører giftige blåskjell (diaré).

Et betydelig innslag av andre dinoflagellater er flere ganger observert om sommeren og tidlig på høsten, men for det meste begrenset til Ringdalsfjorden (Skei og Lindstrøm 1976, Afzelius 1979, Kursrapport Tjärnö 1981).

Overflatebelastningen med fosforforbindelser på Iddefjorden er omkring det dobbelte av i Indre Oslofjord. Imidlertid må overflatevannets oppholdstid antas å være vesentlig lavere i Iddefjorden, som slik sett blir en mindre utsatt resipient.

5.7 Klororganiske forbindelser i vann

Avløpsvannet fra celluloseblekeriet har latt seg tydelig spore; spesielt utover i fjordens overflatelag, men også innover i noe dypere vannlag (Fogelqvist og Josefson 1981). Som sporstoff ble benyttet kloroform. I Ringdalsfjorden registrert tydelige avstandsgradienter og mer enn 10 ganger så høye konsentrasjoner i overflaten som på dypt vann (Fogelqvist og Josefson 1981). (Ved denne undersøkelsen ble det også påvist gradienter for tetrakloretylen, men med et annet spredningsbilde enn kloroform. Her antas kilden heller å være verkstedsindustri). Tilsvarende konsentrasjoner og gradienter for kloroform horisontalt og vertikalt er også funnet i Ringdalsfjorden av Carlberg og medarb. (1981).

Kloroform og øvrige klororganiske forbindelser i blekeriavløp representerer en trussel om akutt eller kronisk giftvirkning (kfr. bl.a. "Sluttrapport for prosjektet" Miljøvenlig tillverkning av blekt massa",

1982). Imidlertid er det også andre delavløp ved bedriften som kan ha giftvirkning. Ulike delavløp har forskjellig giftighetsgrad og delvis virkningsmekanismer. Dessuten har ulike organismer forskjellig ømfintlighet overfor samme avløpsvann (bl.a. Nikunen 1985). Når også prosessene varierer mellom de enkelte bedrifter, foreligger en situasjon der det er påkrevet med tester av aktuelle delavløp på den enkelte bedrift før det kan sies noe pålitelig mht. hvilke delavløp og prosesser som gir størst bidrag til totalavløpets giftighet.

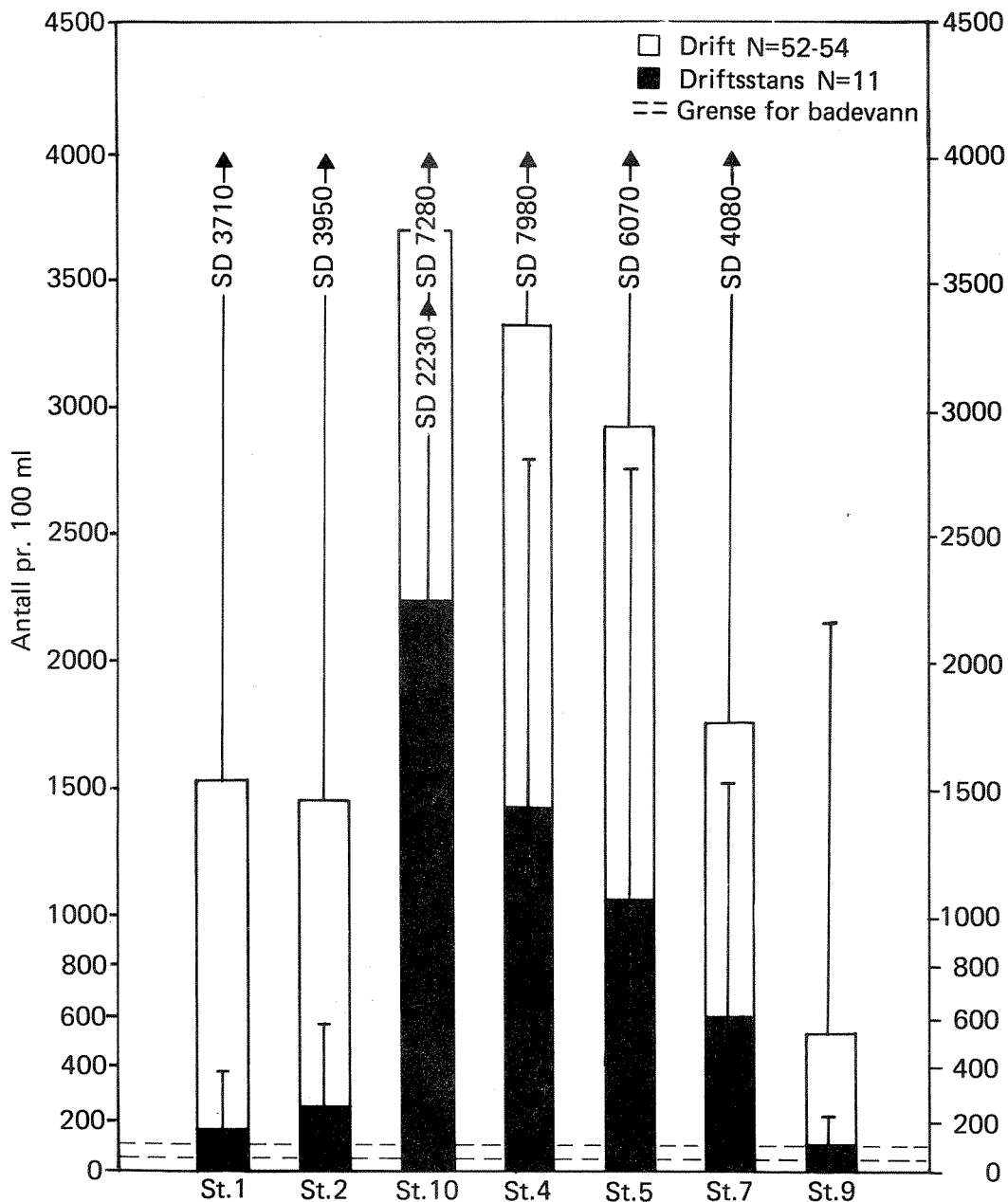


Fig. 15. Termostabile coliforme bakterier i Iddefjorden under og utenom drift i årene 1979-1982, middelerverdi og standardavvik.

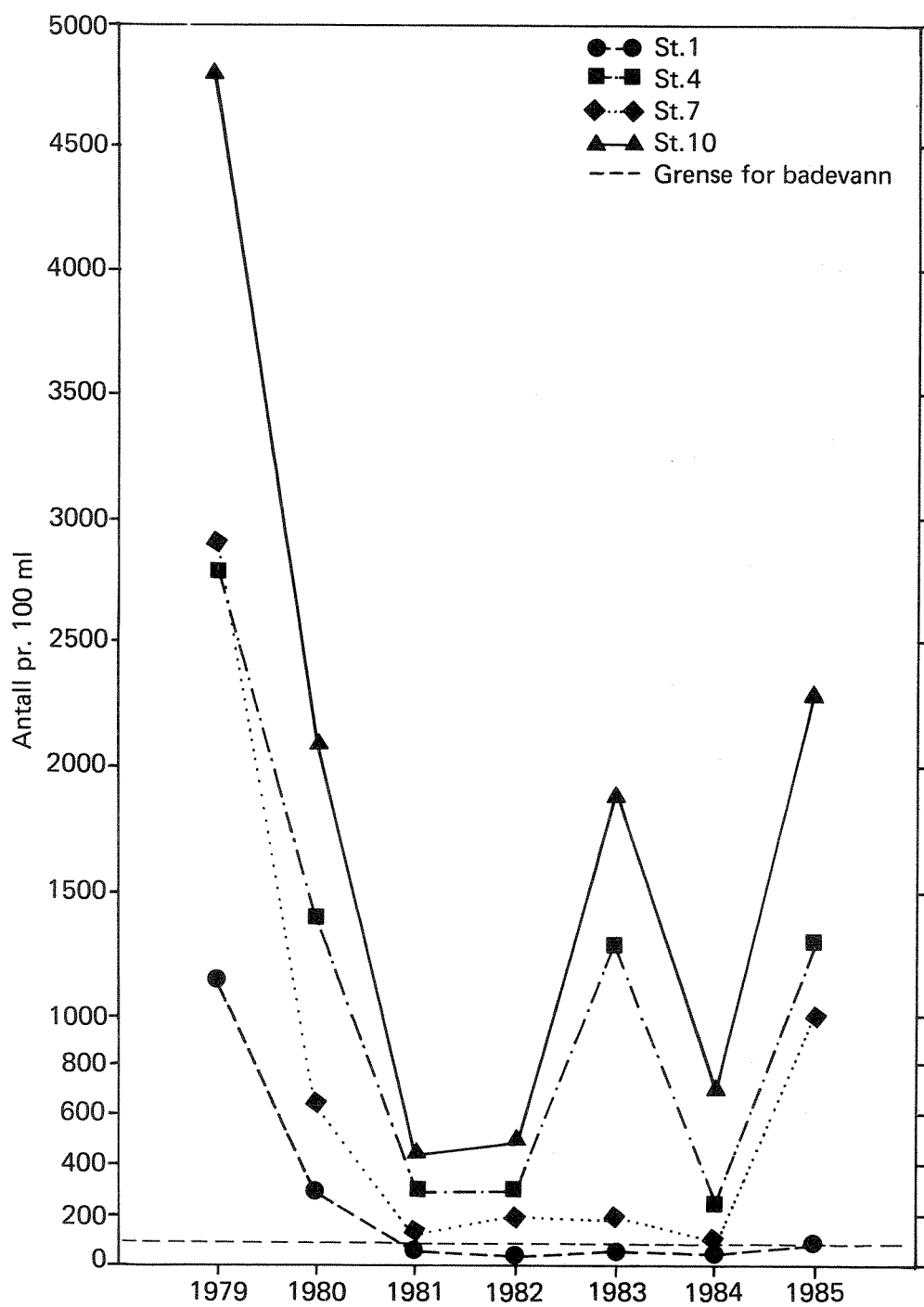


Fig. 16. Medianverdier for termostabil coliforme bakterier i Iddefjorden 1979-1985 (alle obs.)

5.8 Bakterier - Badevannskvalitet

På samme måte som fra siktedyps- og ligninobservasjonene ses av fig.

15-16 hvordan avløpsvannet spres mer utover enn innover i fjorden; likeledes at påvirkningsgraden synes å være omtrent lik for st. 1 og st. 2 og for st. 4 og st. 5 (mao. lite merkbar fortykning mellom st. 1 og 2, hhv. st. 4 og 5).

Fig. 15-18 viser at innholdet av termostabile coliforme bakterier er høyt og sannsynligvis ofte overskrider de grenseverdier som er satt for hygienisk tilfredsstillende badevann (SIFF, 1976). Dette gjelder i hele ytre fjord og langt innover fra Halden. På figurene er avmerket grensene 50 og 100 stk. pr 100 ml. Førstnevnte er høyeste geometriske middel av minst 5 prøver tatt over en 30 dager periode; Sistnevnte konsentrasjon skal ikke overskrides i mer enn 10% av tilfellene (SIFF 1976).

Tilsynelatende har konsentrasjonen av slike bakterier avtatt etter 1979-1980, men tendensen er hverken entydig eller statistisk signifikant (fig. 17-18).

Situasjonen i Iddefjorden er spesiell ved at bl.a. Klebsiella-bakterier fra Saugbrugsforeningen (kfr. kap. 3.2.3) sannsynligvis utgjør hovedandelen av de termostabile coliforme bakteriene (Ormerod 1984), mens forekomsten av sistnevnte ellers er knyttet til kloakkvannforurensing (eller ekskrementer fra varmblodige dyr). Klebsiella-bakterier kan også opptre i en del av menneskets tarm, men utgjør der sannsynligvis mindre enn 10% av E. coli (Kfr. Ormerod 1985).

Forekomst av Klebsiella er vist å være en kilde for enkelte infeksjonssykdommer i innendørs boblebad (Geldreich og Rice 1985 etter Ormerod 1985), men ikke ved friluftsbading.

Under alle omstendigheter representerer Klebsiella og andre termostabile coliforme bakterier fra treforedlingsindustri en annen type (og sannsynligvis mindre) risiko enn indikatorer på kloakkvannstilførsel til badevann. Hvis ikke problemet med Klebsiella-belastning løses ved overgangen til tørrbarking av tømmer i løpet av 1986 (kfr. kap. 3.2.3), bør det ved fremtidig overvåking fastslås hvor stor del Klebsiella utgjør av de termostabile coliforme bakteriene.

5.9 Sedimenter

Over mesteparten av fjorden, både utover og innover fra Halden, er de øverste bunnnavleiringene preget av et høyt innhold av organisk stoff fra avsatt fibermateriale (Magnusson og Skei 1978, Kursrapport Tjårnø

1982)]. De høyeste konsentrasjonene opptrer nærmest munningen av Tista, de laveste i fjordmunningen.

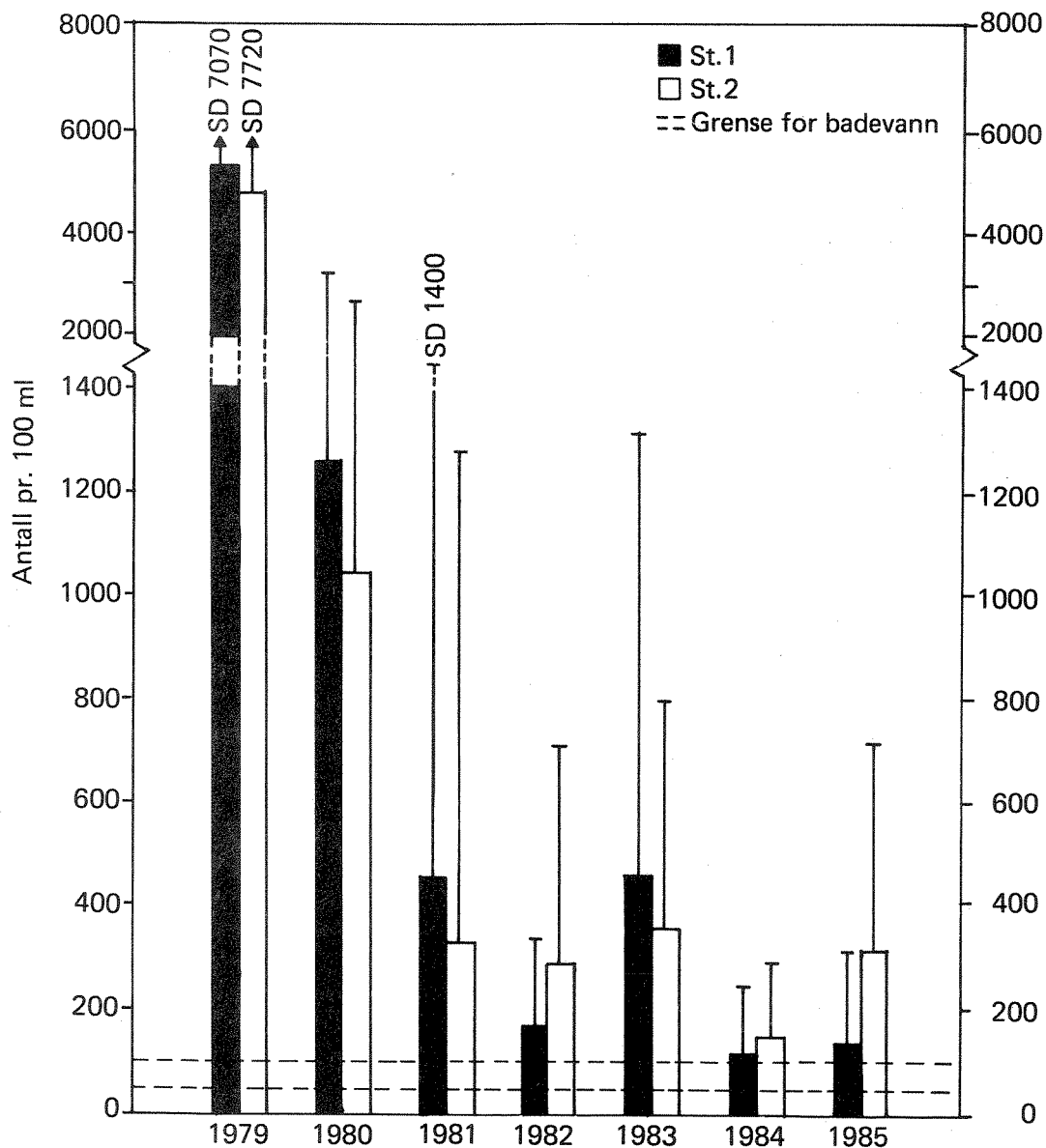


Fig. 17. Termotabile coliforme bakterier på st. 1 (svarte søyler) og st. 2 i Iddefjorden 1979-1985. Middelerdier og standardavvik for 10-20 målinger mai-oktober.

Ved undersøkelene i 1977 ble det konstatert at sedimentene var råtne fra overflaten 2-3 km innover og utover fra Halden (Magnusson og Skei 1978). Lenger innover og utover ble funnet et tynt oksyderende lag over råtne avsetninger. Utenfor tersklene var det ikke hydrogensulfid

i sedimentene. Disse tilstander, som også karakteriseres av gasslommer nede i avleiringene er stort sett bekreftet ved senere undersøkelser (Kursrapport Tjärnö 1982).

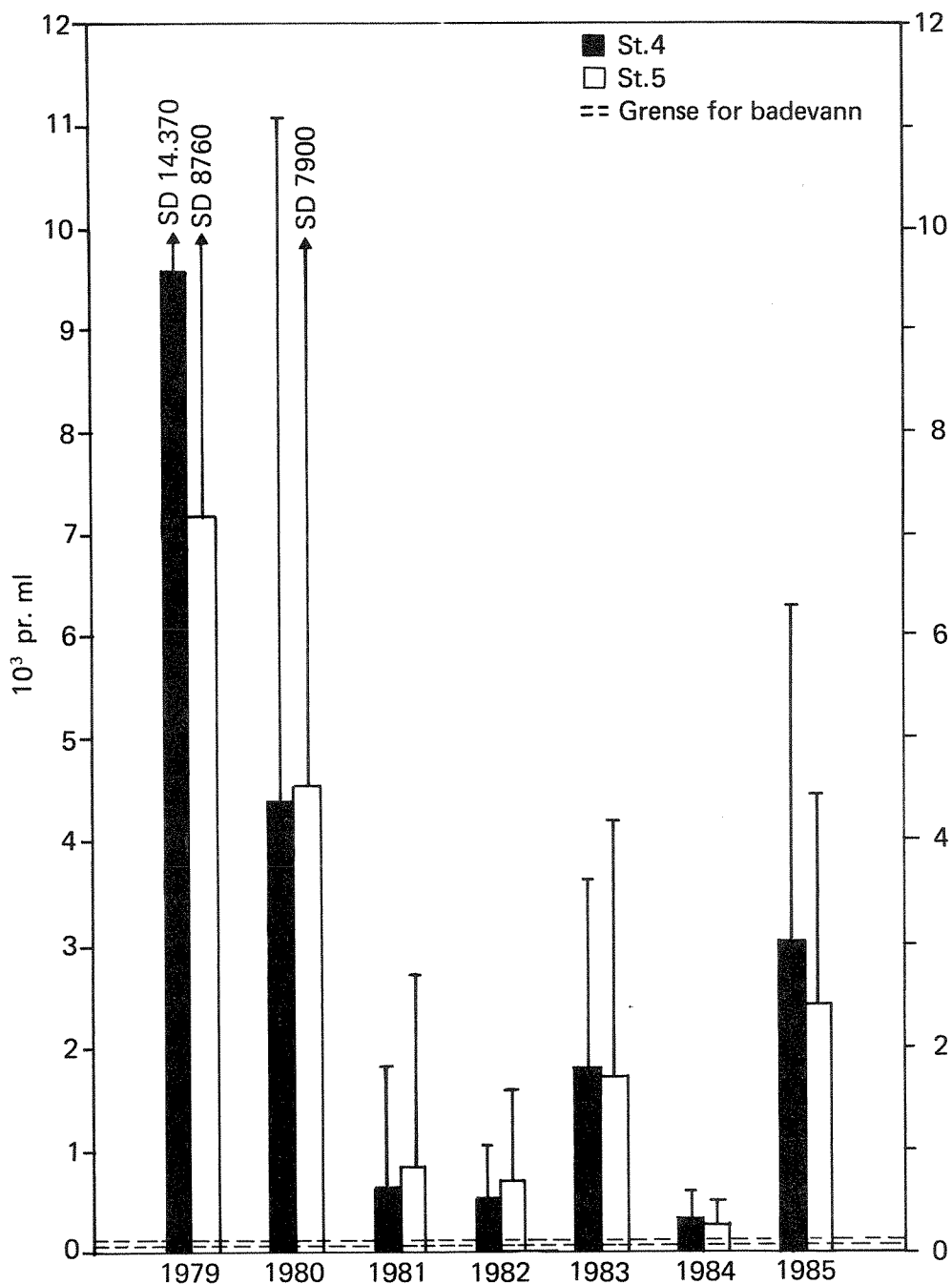


Fig. 18. Termotabile coliforme bakterier på st. 4 (svarte søyler) og st. 5 i Iddefjorden (Ringdalsfjorden) 1979-1985. Middelerverdi og standardavvik for 10-20 målinger mai-oktober.

Ovenstående forhold kan antas å beskrive tilstanden også idag. Noe variasjon vil det være med vannutskifting i dyplaget, særlig i bassengene innenfor Halden, der utskiftingshyppigheten er lavest og de råtne periodene mest langvarige. Råtne sedimenter betyr på det nærmeste livløst sediment. Konsekvensene av at det bare er begrensede perioder med såvidt levelige forhold er nærmere omtalt i kap. 5.10 og 5.11.

Mektigheten av fiberavsetningene (innerst også bark og sagflis) er sterkt varierende. I Tistas nedre del og ellers nær munningsområdet kan det dreie seg om metertykke lag (opp til 14m vesentlig sagflis ved Lusebukta, Sauøya, i henhold til undersøkelser av Noteby A/S, se brev av 26/10-81 fra NIVA til Saugbrugsforeningen). Også andre steder i fjorden er det tykke lag av dumpemateriale fra tidligere sagbruksvirksomhet (Tidl. havnefogd Paul Johannessen, pers. medd.).

Tilslammingen er mest generende i nedre del av Tista, særlig for småbåttrafikk og småbåthavner. Her har det vært nødvendig med flere mudringer i løpet av 10-15 år. For selve havnevirksomheten, dvs. anløp av større båter, har det bare vært nødvendig å mudre en gang på ca. 15 år (18 000 m³ i 1986, havnefogd R. Gravningen, pers. medd.). Denne massen ble lagt på land. (Tillatelse til dumping blir ikke lenger gitt for områder innenfor Hvalerøyene).

Magnusson og Skei (1978) påviste forhøyet innhold i sedimentene av flere metaller: kvikksølv, bly, kobber, sink og kadmium, hvilket var i samsvar med tidligere data fra Olausson og medarb. (1972).

Målt i forhold til antatte bakgrunnsverdier ble det for alle metodene registrert overkonsentrasjoner stort sett i området 1-20 ganger (kfr. Magnusson og Skei 1978 med Næs 1985). Den betydeligste kilde for metallene utenom kvikksølv har vært utslipp av kisaske (opp til 1000 t./år), som imidlertid opphørte i 1978. Kvikksølv antas også delvis å stamme fra kisasken, men mest fra bruken som slimbekjempningsmiddel i treforedlingsindustrien fram til 1970. (På Saugbrugsforeningen bare i liten utstrekning 1964-68.) Variasjonen i metallinnholdet vertikalt og horisontalt gjenspeilet utslippshistorikken og ulik sedimenteringshastighet i forskjellige deler av fjorden. Maksimum for kvikksølv lå noe under overflaten, for de øvrige metaller til dels i de øverste lag, men for noens vedkommende (bly) med markert maksimum lenger ned.

Den vertikale konsentrasjonsfordelingen vil være annerledes idag enn i 1977, særlig nærmest Halden og noe utover i Ringdalsfjorden, der sedimenteringshastigheten er høyest (8-10 mm pr. år, Magnusson og Skei

1978] og der det er liten omrøring i avleiringene pga. at dyrelivet er fattig eller borte. Bl.a. i relasjon til å bedømme muligheten for å restaurere bløtbunnsfaunaen er det aktuelt å gjenta metallanalysene av sedimenter. En av årsakene til dette er mulig forekomst av kobber i så høye konsentrasjoner at det kan virke hemmende på en del arter av bløtbunnsfaunaen (Rygg 1984, 1985).

Sedimentene i Iddefjorden har også betydelig innhold av klororganiske stoffer fra blekeriavløp. Observasjonene innskrenker seg imidlertid til orienterende analyser fra 1980 av organisk bundet klor ekstraherbart med cykloheksan (Carlberg og medarb. 1981). Resultatene viste konsentrasjoner i størrelsesordenen 50-200 mg/kg tørt sediment, omkring dobbelt så høyt nær Tistas munning som like innenfor og utenfor Svinesund. De høyeste konsentrasjonene ble registrert 2-4 cm under overflaten, samsvarende med at klorbelastningen avtok etter omlegging av celluloseproduksjonen i 1978.

Ovennevnte prøver er også analysert på andre forbindelser (klorerte fenoler, men foreløpig ikke publisert. Dette vil imidlertid skje i nær fremtid (Georg Carlberg, SI, pers. medd.).

Senere analyse av et påtenkt mudringsmateriale fra Lusebukta, Sauøya (se fig. 2) viste også høyt innhold av klororganiske stoffer og metaller (Brev fra NIVA av 26/10-81). (Bl.a. pga. det høye innholdet av potensielt skadelige stoffer ble mudringen ikke gjennomført).

Betydningen av forurensede sedimenter ligger ikke bare i den eventuelle giftvirkning overfor organismer i direkte kontakt med sedimentet og forurenset bunnvann og porevann. Utenom effekten av forholdsvis lett løselige og nedbrytbare stoffer, er det også spørsmål om i hvilken grad tungt nedbrytbare klorholdige forbindelser kan frigjøres, enten ved direkte utluting eller ved spredning av nedbrytningsprodukter.

At bestandige klororganiske forbindelser kan løses ut fra sedimenter, er kjent fra flere studier (se bl.a. Larsson 1983, 1985 og Neff 1984). Omsetning og frigjørelse av nedbrytningsprodukter av klorerte lignin-substanser fra blekeriavløp er bl.a. studert ved flere arbeider av svenske forskere (Neilsson og medarb. 1983, 1984, Allard og medarb. 1985). Det fremgår bl.a. at ulike bakterier har evne til å omsette klorerte quaiakoler og klorerte ligniner til klorerte veratoler og anisolier. Disse er mer bestandige og bioakkumulerende enn klorquaiakoler og mer mobile og bioakkumulerende enn klorerte ligniner.

Det ble også vist at de avledede stoffene hadde til dels meget lave terskelkonsentrasjoner for giftvirkninger overfor sebrafisk (< 3 µg/l for pentakloranisole, Neilson og medarb. 1984). Forlenget giftvirkning ble konstatert ved redusert overlevelse av egg og fiskelarver fra eksponerte foreldre.

Konsekvensene av dette og andre sider av effektene til blekeriavløp har vært og er tema for store forskningsprogrammer i Sverige. Disse er imidlertid vesentlig fokusert på avløp fra sulfatcellulose-produksjon, og det er derfor behov for utfyllende studier av avløp fra sulfittblekerier.

Fremtidige undersøkelser av Iddefjordens sedimenter bør omfatte også enkeltforbindelser av klororganiske stoffer, inklusiv de nevnte nedbrytningsprodukter av klorerte ligniner.

5.10 Dyreplankton

Ingen systematiske undersøkelser er gjort av dyreplankton. De spredte observasjoner som foreligger viser i likhet med for planteplankton en blanding av særlig ferskvanns- og brakkvanns- og saltvannsarter (Skei og Lindstrøm 1976, Afzelius 1979). Saltvannsartenes opptreden er i større grad enn for de øvriges avhengig av hydrografiske forhold (periodisk innstrømming av saltvann). Fremtredende grupper i zooplanktonet har vært tintinnider og andre ciliater, hjuldyr (særlig brakkvannsarten Brachionus plicatilis) og hoppekreps (bl.a. brakkvannsformen Acartia clausi). Fra observasjonene er det tydelig at i hvert fall brakkvannstolerante arter til tider har levelige vilkår i fjorden.

Upubliserte observasjoner fra tidligere viste uvanlig høy hyppighet av misdannelser hos Acartia (Lars Afzelius, pers. medd.).

5.11 Plante- og dyreliv i strandsonen

I det følgende behandles tidligere og nåtidige observasjoner av organismesamfunn i brakkvannslaget (stort sett ned til 3m); primært det plante- og dyreliv som har tilknytning til strandsonen eller fjærebeltet.

Fremstillingen bygger i vesentlig grad på en tidligere utredning av Afzelius (1979), med supplerende opplysninger om perioden 1980-1985 fra studentrapporter fra Tjärnö Marinbiologiska laboratorium

(1981, 1982, 1985), samt overvåkingsrapporter (Magnusson og medarb. 1982a,b, 1983, Efraimsen og medarb. 1984).

Sammen med bunnfaunaen er det sannsynligvis strandsamfunnene som har lidd mest under forurensningsbelastningen i fjorden. Dette har sammenheng med at overflatelaget og stranden fra naturens side allerede representerer et marginalt miljø for marine organismer. Foruten de store vekslingene i vannets saltholdighet og isskuring, kan nevnes store temperaturvekslinger, periodisk uttørking, regnskyll ved lav vannstand og utsatthet for bølger. I samsvar med disse stressfaktorer må det også ventes vekslende forekomst av de aktuelle artene. Siden det stort sett mangler dokumenterte opplysninger om førtilstanden, er dette en hovedvanskelighet ved å bedømme forurensningssituasjonen for Iddefjordens strandsamfunn.

Den følgende fremstilling er dels knyttet til utvalgte områder, dels tidsmessig for disse områder, med hovedvekt på observasjoner 1980-1985 (etter belastningsreduksjonen). De utvalgte områder er dels valgt ut fra at det foreligger opplysninger om saltholdighetsforhold, dels ut fra at områdene har vist seg forskjellige mht. fysisk/kjemiske faktorer og/eller biologiske forhold. Med hensikt er områdene valgt slik at de ikke overlapper (med ett unntak). Dette er gjort for å få frem biologiske forskjeller.

Områdenes omtrentelige avgrensning er gitt ved (kfr. fig. 1 og 3):

- I Innenfor Kungshällan
- II Hälle-Långenäs
- III Svarte Jan - Dragonkullen
- IV Sponvika - Svinesund

Område I (Innenfor Kungshällan)

Karakteristisk er et brakkvannssamfunn med småhavgras (Ruppia maritima), kransalger (Chara sp.) og grøndusk (alge(r) av slekten Cladophora) som de mest vanlige planter. Vanlige dyr i dette samfunnet er hydroiden Cordylophora caspia, nemertinen Prostomatella obscura, manglebørstemarken Nereis diversicolor, skipsrur Balanus improvisus, tangloppen Gammarus zaddachi, pungreken Neomysis integer, mosdyret Electra crustulenta, sneglen Hydrobia jenkinsi, blåskjell Mytilus edulis og fjærmygglarver. Også sandreke Crangon crangon opptrer i dette området. Ikke alle de her nevnte går inn i de mest ferskvannspregede områdene mot munningen av Berbyelva. Noen har utpregede fluktuasjoner fra år til år, som f.eks. Electra og Balanus, kfr. Magnusson og medarb. (1980). For nærmere detaljer henvises til

Afzelius (1979), som utenom en ferskvannssvamp lister 16 arter av dyr fra dette området.

Observasjoner etter belastningsreduksjonen har foreløpig ikke vist noen endring i retning av rikere strandfauna (Magnusson og medarb. 1982a,b, kursrapporter Tjärnö 1981, 1982), (men heller ikke hatt den detaljeringsgrad som kunne gjøre en slik påvisning sannsynlig).

Alt i alt viser de foreliggende data at flere hovedgrupper av dyr er representert ved en eller flere brakkvannsformer. I betraktning av det utpregede brakkvannsmiljøet kan ikke dyrelivet karakteriseres som spesielt fattig, kvalitativt sett. Det lar seg da heller ikke uten videre nevne arter som burde finnes, men som savnes (muligens ålegg, Zostera marina). Mao. er det lite konkret vitnesbyrd om giftvirkninger så lang inn i fjorden. Det som imidlertid bør understrekes er at strandsamfunnet er grundtgående, dvs. med delvis begrenset dybdeutbredelse pga. nedslamming (se nærmere kap. 5.12).

Utenom de nevnte planter er det i område I notert tilstedeværelse av tjønnaks (Potamogeton sp.) og usystematiske observasjoner av alger (den skorpeformede rødalgen Hildenbrandia og representanter for en rekke blågrønnalgeslektene Calothrix, Lyngbya, Rivularia (Tjärnö 1981, Magnusson og medarb. 1982a). Bortsett fra tillegget av Hildenbrandia er disse funnene fra 1980-1981 omtrent som observert i 1972-73 (Lein og medarb. 1974)

Område II (Hälle-Långenäs)

Mellom Hälle og Långenäs kan det synes å ha vært (eller fremdeles være) en overgangssone mot de mer utpregede negative effekter observert nærmere Halden og videre utover i Ringdalsfjorden. Fra Hälle og utover tynnes således bestandene av småhavgras og ledsagende arter ut (Afzelius 1979). For Långenäs sommeren 1978 angir Afzelius således bare en episodisk forekomst av skipsrur, og ellers ingen av artene nevnt under område I. Senere er likevel hydroiden Cordylophora caspia og tanglopper registrert på dette stedet, ledsaget av et plantesamfunn bestående av en del småhavgras, grønn dusk og diverse blågrønnalger og diatomeer (Kursrapport Tjärnö 1981).

Sammen med senere forekomst av skipsrur i 1980 nær Långenäs (Magnusson og medarb. 1982a) gir blågrønnalgere registreringene i 1981 en antydning om svakt bedre forhold sammenlignet med tilstanden i begynnelsen av 1970-årene, da Lein og medarb. (1974) ikke registrerte en eneste art

av blågrønnalger (motsatt alle deres øvrige lokaliteter unntatt nærmere Halden). Som sannsynlig overgangssone, og i betraktning av mulige tegn til bedring av vannkvaliteten, peker område II seg ut som et viktig objekt for fremtidige studier av utviklingen i fjorden innenfor Halden.

Område III (Svarte Jan-Dragonkullen)

Afzelius (1979) angir bare en episodisk opptreden av skipsrur sommeren 1978 (død tidlig på høsten), ingen andre dyr i fjærebeltet. Ved senere studentkurs (Tjärnö 1981) er det registrert et fåtall (5 arter) fra gruppene ciliater, rundmark (Tjärnö 1985), fåbørstemark, krepsdyr (tanglopper, tanglus) og fjærmygg (larver). Dertil er det funnet små skipsrur (Tjärnö 1982) men sannsynligvis med bare sporadisk forekomst (Tjärnö 1985), slik som tidligere.

Av planter påviste Lein og medarb. (1974) 6 arter av blågrønnalger, 2 gulgrønnalger og 1 grønnalge (kransalgen Chara sp.). Senere er listen bare utvidet med diatomeer (Tjärnö 1981, 1982, 1985), et par blågrønnalger (Magnusson og medarb. 1982a, b) og 3 arter av grønnalgeslektene Cladophora, Rhizoclonium og Ulothrix (Magnusson og medarb. 1982b og Tjärnö 1985). Forekomsten av grønnalger kan antyde at en bedring av vannkvaliteten har funnet sted siden undersøkelsene til Lein og medarb. i 1972-73, men observasjonene er for spredt i tid til å si noe sikkert.

Under alle omstendigheter peker også område III seg ut som et område egnet for å beskrive utviklingen ved bedring av vannkvaliteten etter nye tiltak. Bl.a. har hydroiden Cordylophora caspia og slekten Enteromorpha (tarmgrønnske) sin innergrense utenfor dette området, men burde sannsynligvis kunne finnes i området ut fra de naturlige fysiske/kjemiske vekstvilkår.

Område IV (Sponvika-Svinesund)

For strekningen Bjällvarp - Svinesund angir Afzelius (1979) et antall av 6 dyrearter i strandsonen, bl.a. skipsrur, en tangloppe (Corophium insidiosum), en liten rekeart (Palaemon adspersus) og mangelbørstemarken Nereis diversicolor. I tillegg kom et par stykker som ofte forekommer i fjærebeltet, men her bare var funnet noe dypere (strandkrabbe og kontroll). Ved Svinesund (men ikke ved Bjällvarp) gjalt den samme neddykkingen blåskjell; i hvert fall for sistnevnte sannsynligvis pga. forurensning, da skjellene forekom høyere opp i det enda brakkere vannet lengst inn i fjorden.

Ved undersøkelsene i de senere år er det i tillegg til Afzelius' liste kommet hydroiden Cordylophora, en(?) rundmark, sandreke og en art av henholdsvis tanglus og tanglopper (Kursrapporter Tjärnö 1981, 1985), dessuten mosdyret Electra crustulenta (Magnusson og medarb. 1982a). I alt gir dette ikke mer enn 13-14 arter, hvorav i hvert fall 2-3 stykker som sannsynligvis fluktuerer mellom forekomst og fravær.

Den samme situasjon med varierende innergrenser og noe vekslende samfunn har man for algers vedkommende.

Lein og medarbeidere (1974) fant en klar reduksjon av sum grønnalger/brunalger/rødalger fra Sponvika til Svinesund og sannsynliggjorde ved biotester at dette i hvert fall delvis berodde på en giftvirkning som ble resultatet ved utblanding av 25% Tistavann i uberørt saltvann.

Reduksjonen i algesamfunn på strekningen Sponvika - Svinesund og videre innover mot Unnebergholmene har også vært konstatert ved undersøkelser 1980-1985 (Magnusson og medarb. 1982a,b, 1983, Efraimsen og medarb. 1984; kursrapporter fra Tjärnö 1981, 1982, 1985). I likhet med tidligere er det særlig utbredelsesgrensene og fraværet av flerårige, samfunnsbærende arter som er markert.

Imidlertid har det vært visse tegn til at vekstvilkårene er blitt noe bedre. Dette kan illustreres ved fig. 19 (fra Efraimsen og medarb. 1984). Det ses at både blæretang [Fucus vesiculosus], tarmgrønnske [Enteromorpha] og grønndusk [Cladophora sp.] har etablert seg lenger inn i fjorden enn tidligere. Det må imidlertid nevnes at blæretangen ofte er representert ved unge, blæreløse og/eller skrøpelige eldre individer.

I tillegg til det som fremgår av figuren kan nevnes at en annen art som er funnet lenger inn enn observert av Lein og medarb. er en flerårig grønndusk [Cladophora rupestris] (til innenfor Sponvikshavnen, kfr. Magnusson og medarb. 1982b). Likeledes er det i ett tilfelle observert et enkelt eksemplar av grisatang [Ascophyllum nodosum] ved Svinesund (Tjärnö 1982). Både blæretang og grisatang som tidlig på 70-tallet ble forsøkt flyttet innover til Sponvika av Lein og medarb. (1974) døde etter få måneder. Også senere innplantingsforsøk av blæretang til Unnebergsholmene (st. 9, fig. 19) har gitt negativt resultat (Øyvind Wiik, pers. medd.).

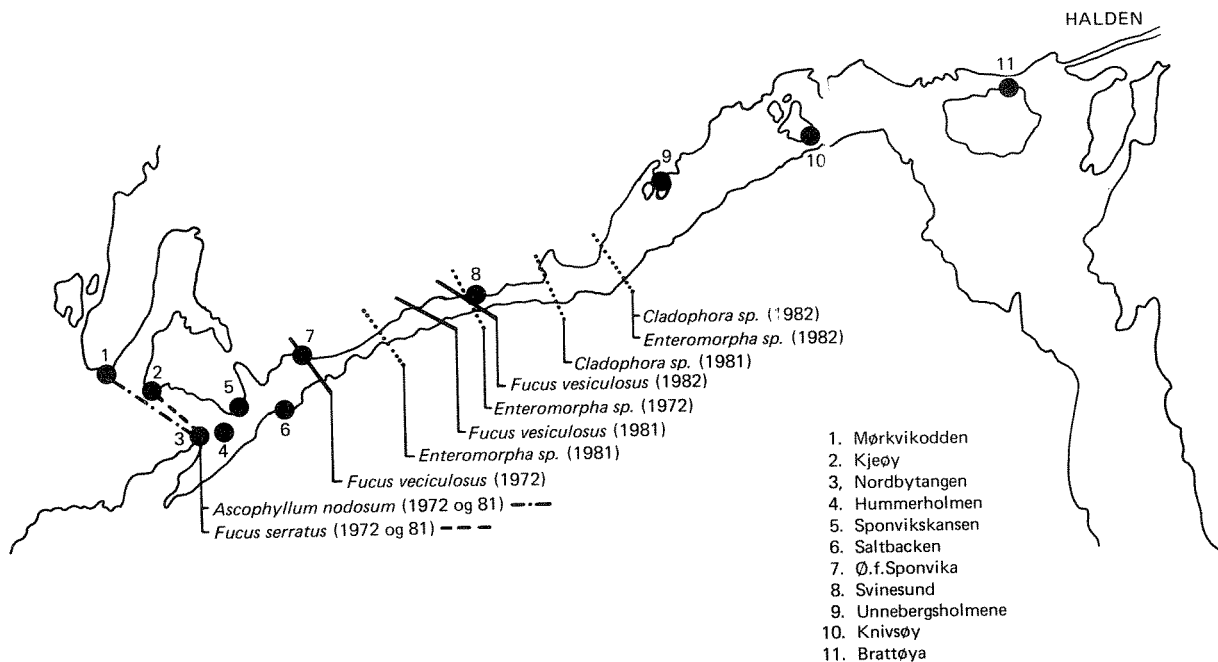


Fig. 19. Inngrensninger for utvalgte fastsittende alger i Iddefjorden 1972-1983. (Tallene markerer stasjoner, fig. etter Efraimsen og medarb. 1984).

Alt i alt gir algeobservasjonene grunnlag for å anta at giftigheten av det forurensede elvevannet har avtatt noe, men at veksthemmende egenskaper ved Saugbrugsforeningens avløpsvann fremdeles er en delårsak til at reetableringen av alger skjer langsomt og ujevnt (se også kap. 8.2.2.).

5.12 Samfunn på hardbunn under 2-3m

I Iddefjorden er hardbunn under 2-3 m (fjell, stein, bryggepæler, etc.) i hovedsaken begrenset til bratt skrånende fjell og/eller steder med betydelig strøm (Afzelius 1979). I praksis vil dette si at hardbunn mest finnes i Ringdalsfjorden, (særlig omkring terskelene) og bare i begrenset grad innenfor Halden.

Karakteristisk for hardbunnssamfunnene innenfor Svinesund er mangelen på alger, særlig enkelte tang- og tarearter (sagtang, fingertare) og rødalger som man ut fra naturforholdene kunne vente å finne (salt nok vann under 3-4m). Slike alger opptrer bare sporadisk, og selv ved

Sponvika fant Lein og medarb. (1974) meget færre alger enn et par km lenger ut. Årsaken til forholdet må antas å være en kombinert effekt av dårlig lystilgang, nedslamming og forringede betingelser for kimstadiers etablering (slamdekket bunn) pga. vannets høye partikkelinnhold (fiber), muligens også giftpåvirkning i dette dypere sjikt). Nedslammingen virker også hemmende på en rekke dyr.

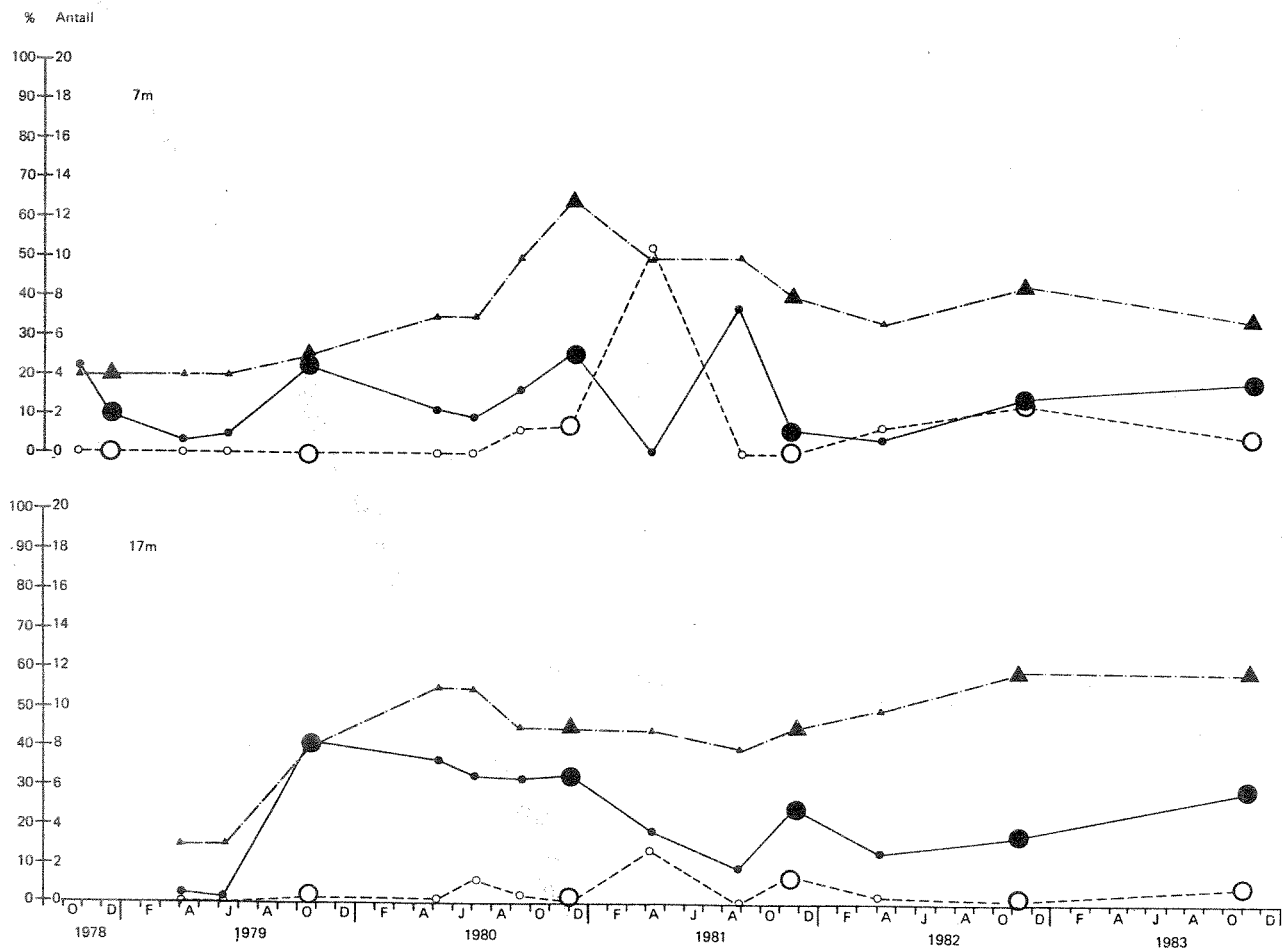


Fig. 20. Variasjon i prosent dekning av ubevokst hardbunn (●) og sediment (○) samt antall arter (▲) på 7 og 17 m dyp ved stereofotostasjon I2 innenfor Svinesund. Til og med 1980 bygger figuren på grunnlagsdata av Christie og Green (1982). (Prøvene tatt i oktober, november og desember er uttrykt med store symboler). (Fig. fra Magnusson og medarb. 1983).

Hovedkonklusjonen fra stereofotografering av faste, avmerkede flater

på 7 og 17 meters dyp ved Kråkenebbet lykt innenfor Svinesund i årene 1978-1983 var at det inntrådte en forbedring fra 1978 til 1980, men at det siden ikke har vært noen bestemt tendens (Efraimsen og medarb. 1984). Forbedringen tok karakter av både økt artsantall og endret sammensetning av faunaen (fig. 20, 21). Av fig. 21 ses bl.a. at den forurensningstolerante børstemarken Polydora ciliata fikk sterkt redusert forekomst, til fordel for blåskjell.

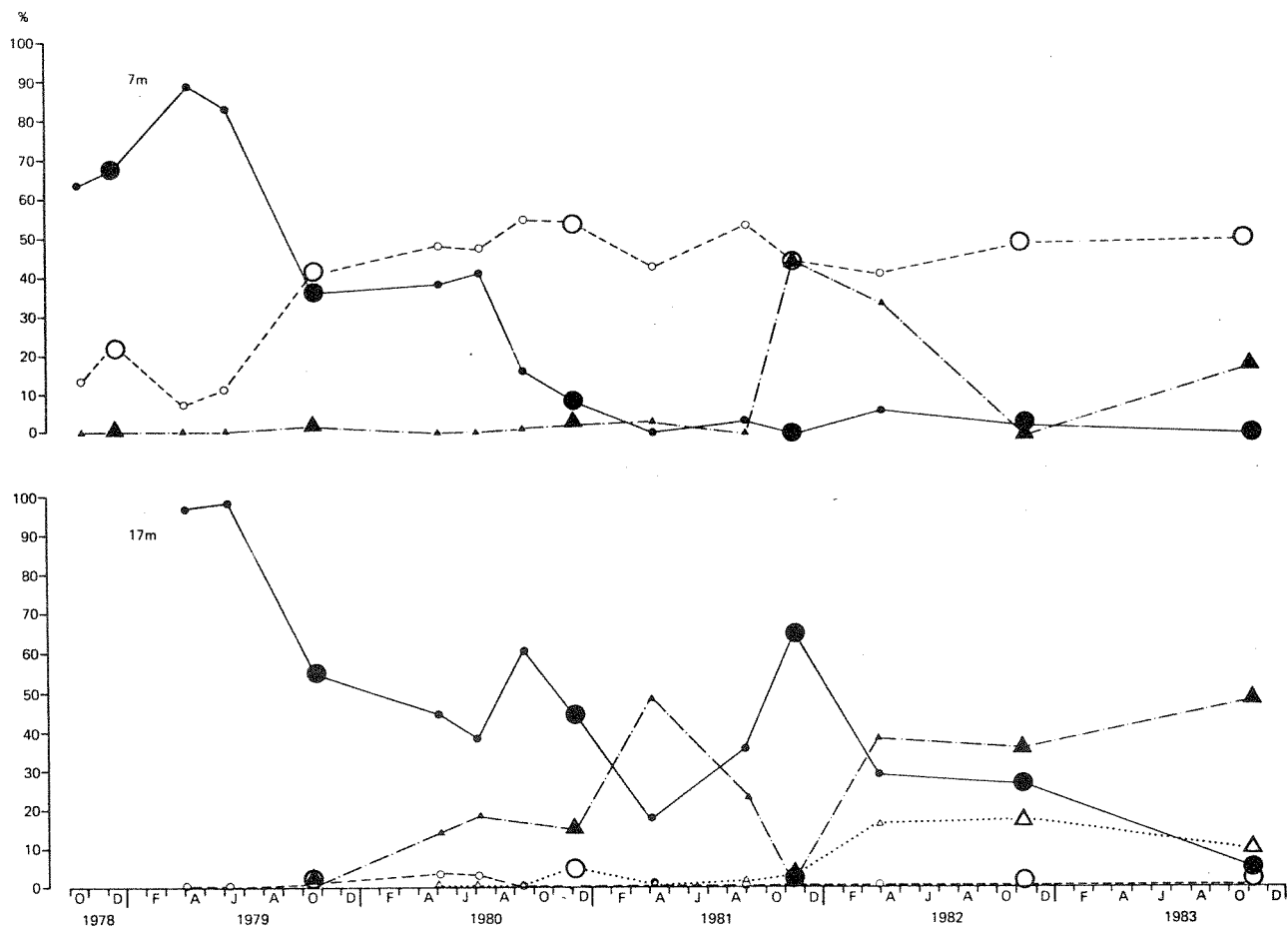


Fig. 21. Variasjon i prosent dekning av børstemarken Polydora ciliata (●), blåskjell Mytilus edulis (○), sjøpung Ciona intestinalis (▲) og sjønellik Metridium senile (△) på 7 og 17 m dyp ved stasjon I2 innenfor Svinesund. Til og med 1980 bygger figuren på grunnlagsdata av Christie og Green (1982). (Prøvene tatt i oktober, november og desember uttrykt med store symboler). (Fig. fra Magnusson og medarb. 1983).

Et annet vitnesbyrd om bedre levevilkår er at mens Afzelius (1979) rapporterte et meget fattig samfunn (6 arter) som typisk for terskelen

Svarte Jan - Knivsoyholmene, ble det til sammen i 1981-82 funnet mer enn 30 arter i dette området (Tjärnö 1981, 1982). (Det rent tallmessige forholdet kan imidlertid ikke tas som et eksakt uttrykk for graden av bedring, idet resultatene ved den anvendte, kvalitative teknikk vil variere betydelig med bl.a. prøvetakingsdyp, lokale variasjoner på bunnen, tid brukt til prøveinnsamling, etc.).

Ved og innenfor Halden er det gjort få observasjoner. Fra studier i 1976-1977 beretter Afzelius at det ikke ble funnet hardbunnssamfunn overhodet under 2m. Dette er en situasjon som kan ha endret seg noe siden, og som fortjener oppmerksomhet ved fremtidige undersøkelsesopplegg.

5.13 Bløtbunnssamfunn

Også denne side av de biologiske forhold er dårlig undersøkt på steder innenfor Halden. Imidlertid nevner Afzelius (1979) om tilstanden før belastningsreduksjonen fant sted at bløtbunnen på dypere vann i det nærmeste var livløs, bortsett fra sporadisk forekomst av enkelte arter og representanter for gruppen rundmark (Nematoda), som tåler hydrogensulfid over lengre tid. Enkelte bløtbunnsformer fantes også på mindre områder med nedslammet fjell.

Årsaken til denne ekstremt fattige fauna var hyppig og/eller langvarige tidsrom med hydrogensulfid høyt opp i vannsøylen, eller i hvert fall råtne forhold like under sedimentoverflaten pga. det høye fiberinnholdet.

For området innover mot Halden angir Afzelius en forurensningsgradient som (forenklet her) kan illustreres ved antall arter av to kategorier i de tre områdene Sponviksbassenget (A), bassenget innenfor Bjällvarpterskelen (B) og bassenget innenfor Svinesund (C):

	A	B	C
Antall registrerte arter	ca. 120	ca. 80	ca. 35
Derav hyppige/vanlige	vel 30	ca. 15	1(2)
Fluktuerende/sporadiske	ca. 90	ca. 65	ca. 35

Økt stress innover mot Halden gjenspeiles tydelig i artsantall og samfunnets sammensetning, dvs. fallende artsantall og økende forholdsmessig innslag av arter som enten er meget tolerante og/eller har et høyt forurensnings- og spredningspotensial.

Nærmere Halden var det enda dårligere forhold: bare sporadisk og flekkvis opptreden av høyere livsformer.

Etter utslippsreduksjonen (dvs. fra 1978-79) har situasjonen delvis bedret seg noe. I 1981 ble det således konstatert både økt artsantall (over 50) og en relativ tilbakegang i forekomsten av forurensnings-tolerante og opportunistiske arter i Svinesundsbassenget (Tjärnö 1981). I 1982 hadde det påviste antall arter i dette bassenget økt ytterligere, til ca. 80 (Tjärnö 1982). Samtidig var det registreringer av vel 20 arter inne ved Unnebergholmene (fig. 1, 3), men bare på omkring 20m, ikke ned mot 30m. De siste dokumenterte observasjoner har ikke samme detaljeringsgrad, men i 1985 ble det fra 34m samlet inn to forurensningstolerante manglebørstemark som ikke var registrert i perioden med høy belastning på 70-tallet (Tjärnö 1985).

Av dette kan konkluderes at det synes å ha blitt tydelig bedre betingelser for bløtbunnsfaunaen i Svinesundsbassenget kort innenfor terskelen. Lenger inne mot Halden er tendensen til bedring svakere og mer usikker, og det er langt igjen til 1925-tilstanden som beskrevet av Jägerskjöld (1975).

Videre bør det fremheves at det etter 1982 bare har vært mangelfulle observasjoner (i Ringdalsfjorden) for å kunne si noe om utviklingen. I området innenfor er det overhodet ikke gjort observasjoner som kan vise mulige gunstige effekter på bløtbunnsfaunaen av belastnings-reduksjonene. Bedømt ut fra at det ikke er permanent råttent bunnvann (fig. 13), og at ugunstige perioder kan være kortvarigere enn før, skulle en viss rekolonisering ha funnet sted.

Ved fremtidige bløtbunnsfaunastudier bør det legges vekt på sammenlignbarhet mht. prøvedyp og bearbeidelsesmåte.

5.14 Fisk og fiske

Om forholdene i Iddefjorden på begynnelsen av 1970-tallet skrev Dybern (1972): "På det hela taget har Iddefjorden ingen egen fiskfauna, utom möjligen i de allra yttersta och innersta delarna." Med det mentes at den fisken som fantes enten var på gjennomfart (laks, sjørret), hadde vandret inn enten fra Berbyelva og andre "uberørte" vassdrag eller fra fjordens ytre del under forbigående gunstigere forhold (flom, dypvannsfornyelse).

Dybern (1972) nevner også at fiskedød både i og utenfor fangstredskap var hyppig forekommende.

Ved prøvefiske tre steder fra Kungshällan til Krokstrand (fig. 3) i 1978 ble det fanget (Afzelius 1979):

Trepigget stingsild (Gasterosteus aculeatus)
 Nipigget stingsild (Pungitius pungitius)
 Ål (Anguilla anguilla)
 Brisling (Sprattus sprattus)
 Sild (Clupea harengus)
 Skrubbe (Platichthys flesus)
 Abbor (Perca fluviatilis)

Videre nevnes forekomst av gjedde (Esox lucius), sik (Coregonus narus), vederbuk (Leuciscus idus) og stam (Leuciscus cephalus).

Ved et senere prøvefiske (Tjärnö 1982) ble det innerst i Iddefjorden fanget abbor, sik, sild, skrubbe, stam, hvitting (Merlangus merlangus) og ål, lenger mot Halden ingen arter (antatt pga. dårlige oksygenforhold) og utover i Ringdalsfjorden (4 lokaliteter):

Sypike, (Trisopterus minutus), sei (Pollachius virens), brisling, skrubbe, torsk (Gadus morrhua), hvitting, sjørret, lyr (Pollachius pollachius), paddetorsk (Raniceps raninus), berggyllt (Ctenolabrus rupestris); (de tre sistnevnte fra munningsområdet).

For så vidt sier ikke den forholdsvis fyldige artslisten fra slikt prøvefiske så mye mer enn at det forekommer perioder med levelige vilkår for en rekke fiskeslag. Å kunne si noe sikkert om det som er de egentlige forhold for fisk krever tettere oppfølging.

Om slike, mer jevnlige forhold opplyser fisker Rune Midtlien, Halden:

I innerste del av fjorden, dvs. området som vanligvis er mer eller mindre preget av det rene vannet fra Berbyelva, finnes i hvert fall 12 arter av ferskvannsfisk: abbor, sik, sjørret, laks, gjedde, lagesild (remme, Coregonus albula), vederbuk (ålbuk, Leuciscus idus), brasme (Abramis brama), flire (Blicca bjørkna), mort (Rutilus rutilus), gullbust (Leuciscus leuciscus), laue (Alburnus alburnus); muligens enda et par karpefisk. Av saltvannsfisk finnes i samme område: ål (blankål utvandret fra Berbyelva), skrubbe og sild (egen lokal stammer). Periodevis opptrer torsk, sei, lyr, lysing (Merluccius merluccius), samt (meget sjelden): hvitting, makrell (Scomber scombrus) og knurr (Eutrigla gurnardus).

- Innerst i fjorden ses enkelte ganger sår på skrubbe, av og til også på torsk og lyr. (Men slike skader observeres oftere på rødspette og skrubbe fanget i Singlefjorden).
- Bestandene av fisk i innerste del av fjorden er av utnyttbar størrelse, og følgelig er det også et fritidsfiske fra Årbakke/Rødhelle og innover (indre 4-5 km).
- Fiskedød i fangstredskap innerst i fjorden er som regel knyttet til synbart dårlig vannkvalitet (pga. utslippsepisoder (?) og/eller ugunstige vindforhold).
- Belegg på fiskeredskap har i indre fjord et mer naturlig preg (grønske) sammenlignet med enkelte steder i Singlefjorden, der en illeluktende "sopp" kan samles i garnene.
- I Ringdalsfjorden ble kommersielt ålefiske (med salg til Danmark) gitt opp i 1978 pga. tiltagende hyppighet av at fisken døde under oppbevaring. Det forekommer fremdeles at fisk dør i oppbevaringsruser (nylig tilfelle med skrubbe så langt ut som Svinesund).
- I Ringdalsfjorden kan det også ofte observeres død/halvdød sild, torsk o.a. Dette er som regel knyttet til pålandsvind, og høy vannstand. Vannkvaliteten i Ringdalsfjorden preges forøvrig av meget hurtige svingninger (og er dermed stressbetonet for fisk, særlig i oppbevaringsruser).
- Forekomsten av fisk i Ringdalsfjorden (og Hvaler) synes stadig å bli mindre.

Av opplysninger fra annet hold kan nevnes at vederbik (ålbuk) kan opptre i rikelige mengder og i tildels storvokste eksemplarer på Halden havn (Åsmund Berg, pers. medd.). Til de mer sporadiske fenomenene hører rødspette i havneområdet.

Ut fra det som er nevnt ovenfor er det klart at på tross av dårlige betingelser, er ikke Haldens nærområde og Ringdalsfjorden vedvarende fisketomme steder. Like klart er det (jfr. fiskedødsobservasjonene) at forholdene må betraktes som marginale, og noen ganger direkte skadelige.

5.15 Miljøgifter i organismer

De eneste undersøkelser som er foretatt av miljøgifter i organismer, er orienterende analyser av klororganiske forbindelser i fisk fra 1980 (Carlberg og medarb. 1981, Ofstad og medarb. 1981).

Analysene ga tydelige indikasjoner på opptak av klororganiske forbindelser i fisken, særlig i ål som var fanget nær Halden, og som dessuten lever i nær kontakt med forurenset sediment og for en stor del spiser organismer som lever i og på bunnen. I hvitting, fanget i området ved Sponvika, var innholdet lavere (Carlberg og medarb. 1981).

De observerte konsentrasjoner er noe vanskelig å sammenligne med data fra andre fjorder, på grunn av forskjellig metodikk og konsentrasjonshet. Andelen av persistente (her syrebestandige) klororganiske forbindelser syntes å være liten; nær "bakgrunnsnivået" fra områder uten punktkilder i følge Carlberg og medarb. (1981). Imidlertid er det sparsomt med dokumenterte undersøkelser i tilnærmet uberørte områder, og det er behov for forskning på "bakgrunnsnivåene" av persistente organiske klorforbindelser i fisk før det kan sies noe bestemt om forurensningsgraden i Iddefjordsfisk. Det er også behov for å få gjentatt undersøkelser av fisk fra fjorden med det opplegg og de enheter som benyttes innen Statlig program for forurensningsovervåking, slik at resultatene kan jevnføres med referansedata.

Det kan nevnes at innholdet av klororganiske forbindelser i blåskjell samlet i munningen var lavere enn det som ellers ble påvist i Hvalerområdet og Singlefjorden i 1981 (Knutzen 1984).

Gasskromatografiske analyser av fiskeprøvene viste tilstedeværelse av mono- og diklorcymen, dessuten klorcalamener og en del uidentifiserte, mer polare (vannløselige) forbindelser. Også kloroform og andre mer flyktige klor- og bromforbindelser ble påvist (Carlberg og medarb. 1981).

Mer omfattende analyser og karakteristikk av klororganiske stoffer i fisk er ønskelig både ut fra spørsmålet om giftvirkninger på organismer og mulige helsemessige konsekvenser av akkumulering i spiselige organismer.

6. SAMMENHENGER MELLOM EGENSKAPER VED OVERFLATEVANNET OG UTSLIPP

Koblingen mellom forhold i resipienten og ulike utslipp er av betydning for å bedømme hva som kan oppnås ved alternative tiltak. I et forsøk på å belyse dette noe nærmere er det gjort en del statistiske analyser av sammenhengen mellom resipientvariable og utslippsvariable, dessuten mellom enkelte resipientvariable innbyrdes.

6.1 Siktedyp, lignininnhold, humusinnhold, farge og utslipp av oksygenforbrukende materiale (KOF)

Appendiksfig. A2 viser at det var en statistisk signifikant sammenheng mellom siktedypet på st. 4 og vannets lignininnhold samme dag. Selv om også andre faktorer spiller inn, forklares mao. mye av det lave sikte dypet ved høyt lignininnhold.

Fig. A3 [appendiks] viser at analysene på lignosulfonat (lignin) og humus ikke er uavhengig variable. Dette dokumenterer bl.a. at det naturlige humusinnholdet i Tista er av underordnet betydning for dagens overflatevannkvalitet.

Lignininnholdet viste ingen systematisk samvariasjon med ferskvannstilførselen. (Det var mao. ikke slik at økt humusbelastning, via elvevann ga noe nevneverdig bidrag til ligninkonsentrasjonen.)

Siktedypet viste ingen tilsvarende avhengighet hverken av farge eller av forutgående ukes utslipp målt som KOF. At det ikke var noen statistisk sammenheng med den utslippsvariable skyldes formodentlig mest utjevningsprosesser i resipienten.

6.2 Siktedyp, turbiditet og partikkelutslipp

Ingen statistisk sammenheng ble konstatert mellom disse variable.

6.3 Siktedyp, ferskvannstilførsel og saltholdighet

Siktedypet viste en viss, men bare svak sammenheng med ferskvannstilførselen. Av appendiksfigur A4 kan det synes at denne avhengigheten særlig gjelder ved høy vannføring (over $30 \text{ m}^3/\text{s}$), hvilket er rimelig både ut fra avløpsvannets fortykning og at det antagelig først ved høy vannføring fås en merkbar utspylingseffekt på overflatelaget.

Det ble ikke konstatert noe sammenheng mellom siktedyp og saltholdighet.

6.4 Siktedyp og klorofyll

Det har ikke vært noe datagrunnlag for å teste siktedypet mot klorofyllinnholdet (som uttrykk for biomassen av planteplankton). Fra de siste år har det imidlertid vært eksempler på at oppblomstringen av planteplankton har gitt ytterligere minskning av siktedypet (f.eks. st. 4/5 28. sept 1982, kfr Magnusson og medarb. 1983).

6.5 Termostabile coliforme bakterier og utslippsvariable

Konsentrasjonen av termostabile coliforme bakterier viste ingen sammenheng med data for utslipp (KOF, suspendert materiale) fra uken før observasjonen av bakteriekonsentrasjon. Et slikt forhold var heller ikke ventet, i og med at bakteriet var sannsynliggjort å være den overveiende bakteriekilde. (Resultatet kan imidlertid ikke brukes til å utelukke cellulose - og/eller papirproduksjonen som bidragsyter til utslipp av termotolerante bakterier).

7. ENDRINGER I VANNKVALITET VED PRODUKSJONSSTANS

Ved den tidligere høye belastning med sulfittavlut, kunne det i Ringdalsfjorden registreres betydelig og ofte hurtig bedring i vannets klarhet. I indre fjord, der oppholdstiden til overflatevannet er lenger, var utslagene senere og ikke så tydelig (Skei og Lindstrøm 1976).

Etter at belastningen med sulfittavlut kom ned på nåværende nivå i 1979, er utslagene av driftsstans på siktedypet blitt mindre (fig. 9). I indre fjord synes de neppe merkbare innen de 1-2 ukene (maks. 3 uker) det dreier seg om, mens det har vært tydeligere utover i Ringdalsfjorden, i samsvar med både hovedspredningsretning for avfallet og forskjeller i overflatevannets oppholdstid. En mulig grunn til relativt små forskjeller er utluting av fargede stoffer fra materiale deponert i elven og munningsområdet, men dette er ikke undersøkt og derfor spekulativt.

Av fig. 11 ses at driftsstans har gitt forholdsmessig større effekt på vannets lignininnhold med antydningssvis mer enn en halvering av konsentrasjonen på stasjonene i Ringdalsfjorden.

For opplevelsen av fjordvannet kan tydelig redusert misfarging spille vel så stor rolle som en moderat økning i gjennomskinneligheten (siktedypet). Fargen sanses mer umiddelbart, og den alminnelige oppfatning blant folk synes å være at en driftsstans gir markert bedring. (Forholdet antyder at siktedypet trenger supplement av andre variable for å kunne gi "objektive" data som er i samsvar med folks alminnelige inntrykk av visuell vannkvalitet).

Av fig. 15 ses en tilsynelatende overbevisende effekt av driftsstans på konsentrasjonen av termostabile coliforme bakterier, men heller ikke i dette tilfellet er reduksjonen ved driftsstans utsagnskraftig statistisk sett. Det er bemerkelsesverdig at utslagene synes størst i området innenfor Halden, motsatt siktedyp og lignininnhold. Imidlertid gir den store spredningen i analyseverdiene en usikkerhet som ikke tillater noen bestemte konklusjoner.

8. MÅLSETTING OG TILTAK

8.1 Forslagsvis konkretisering av mål

Av den generelle målsettingen for fjorden referert i kap. 2 følger som et minimum (etter SIFF, 1976):

E. coli (Termostabile coliforme)	pr. 100 ml	<50 ¹
Lukt/smak	-	Ingen ubehagelig
Siktedyp	m	>2-3
Surhetsgrad	pH	7,0-8,3
Uestetiske forhold	Ingen	Ingen

¹ Geometrisk middel av minst 5 prøver i løpet av 30 dager, høyest 10% av prøvene over 100 pr 100 ml.

I tillegg må forutsettes at fjorden skal ha en for naturforholdene tilnærmet normal bestand av fisk, og at fiskedød i fangstredskap eller oppbevaringsruser ikke har unormal hyppighet forårsaket av utslipp. (I denne forbindelse melder seg spørsmålet om langtidseffekter av tidligere utslipp, spesielt utvikling av forråtnelsesgasser fra sagflis- og fiberdeponier.)

Forekomst av spiselige skalldyr antas å måtte betraktes på samme måte som fisk, dvs. at man har en i det vesentlige naturbetinget utbredelse og forekomst.

Knyttet til fiske og skjellsanking er at fisk og skalldyr skal kunne spises uten smaksulemper og helsemessig risiko. Så vidt det er bragt i erfaring, er det ikke dårlig smak på den fisken som tross forurensninger fanges i Iddefjorden for konsum.

Spørsmålet om helsemessig risiko må anses uoppklart inntil det er foretatt en nærmere karakterisering og mengdebestemmelse av klororganiske stoffer i muslinger og fisk. Særlig viktige i denne forbindelse er mulig forekomst av persistente klororganiske forbindelser med tendenser til å opphopes i fugl, dyr og mennesker som spiser fisken. I denne forbindelse tenkes ikke bare på utslippskomponenter, men også på nedbrytningsproduktene fra klorerte ligninforbindelser.

SFT's foreløpig formulerte målsetting for fjorden impliserer ingen andre konkrete krav. Imidlertid er det rimelig å legge inn ytterligere noe i uttrykket "fullt brukbar for rekreasjonsformål", nemlig et tilnærmet normalt plante- og dyreliv (som både representerer en estetisk

verdi og i noen grad utgjør en betingelse for mer normale forhold mht. fisk). Dette vil imidlertid bl.a. ha ulike tidsperspektiv i forskjellige vannlag; generelt sett kortest i overflatevannet og økende med dypet. Avgjørende er også hvilke forurensningsbegrensende tiltak som iverksettes, dvs. om tiltakene vesentlig vil ha estetiske siktemål eller/og omfatte begrensninger i utslipp av giftige stoffer.

8.2 Hva kan forventes i fjorden etter tiltak?

8.2.1 Rekreasjonskvalitet

Ut fra de opplysninger som foreligger om vannkvaliteten i Tista/Fem-sjøen (kap. 3.3.2 og i Sekken/Singlefjorden (kap. 4.5) skulle det naturlige siktedypet i Iddefjorden vanligvis være godt over 2-3m såfremt treforedlingsindustriens utslipp ble kraftig redusert.

Siden siktedypet varierte med ligninkonsentrasjonen i vannet (kap. 6.1), er det nærliggende å anta at det er sulfittavluten som spiller størst rolle, men også den fargede blekeriavluten fra alkalitrinnet gir et bidrag pga. sitt volum.

Å dømme etter den beskjedne bedring i siktedypet av 80-90% redusert belastning med sulfittavlut, er det ikke noe lineært forhold mellom ligninkonsentrasjon og siktedypet. Spørsmålet om hvor mye ligninutslippene ytterligere måtte reduseres, er det dårlig grunnlag for å uttale noe om, men burde relativt enkelt la seg belyse eksperimentelt ved forsøk med måling av lysgjennomgang i glassrør fylt med ulike konsentrasjoner av primært sulfittavlut, sekundært blekeriavlut.

Partikkelbelastningen skal som nevnt bli redusert i løpet av 1986 ved bygging av nytt utskuddstårn for papirproduksjonen, dessuten ved omlegging til tørrbarking. Forventet reduksjon er i størrelsesordenen 2000-2500 tonn både for fiber og barkavfall, slik at ca. 3000 tonn partikkelavfall gjenstår av de vel 8000 tonnene (inkludert 3000 tonn bark) som ble sluppet i 1985. Selv om ikke siktedypet viste noen statistisk signifikant sammenheng med partikkelutslippene, burde en så betydelig avlastning gi synbart utslag.

Utluting av fargede stoffer fra avleirede masser i elven og elvemunningen representerer en usikkerhetsfaktor for hva som kan oppnås. Muligens bør spørsmålet belyses eksperimentelt for å få et skjønn på betydningen. Hvis slik utluting (mot formodning) skulle finnes å gi særlig utslag, utenom i nærområder, aktualiseres mudring og deponering på land.

Fra allmenheten og naturverninteresser har det vært spekulert over uhellsutslipp eller dumping av produksjonstekniske hensyn. Det er så vidt vites intet konkret grunnlag for å anta at slike episoder har et omfang og en hyppighet som har avgjørende innflytelse på vannkvaliteten, kanskje bortsett fra at tilstanden i fjordens overflatelag forlyder å svinge hurtig. Her skal bare bemerkes at for enhver bedømmelse av hvilke tiltak som vil gi resultat forutsettes at slike forhold er under kontroll, slik at de belastningstall man opererer med er pålitelige.

Hvis det stemmer at hovedandelen (ca. 60-80%, Ormerod 1984) av termostabile coliforme bakterier i fjordvannet utgjøres av Klebsiella og andre bakterier som kan stamme fra bedriften, skulle konsentrasjonen av slike bakterier avta betraktelig når den antatte hovedkilden (kap. 3.2.3 og Ormerod 1985) forsvinner ved omlegging til tørrbarking av tømmeret.

Imidlertid har det vært konstatert så høye middelveier for konsentrasjonen av termostabile coliforme bakterier i fjordvannet at man ikke uten videre kan regne med at anbefalt badevannskvalitet oppnås i Ringdalsfjorden (kfr. fig. 18; mer sannsynlig innover mot Berbyelva (fig. 17)). Det synes viktig at overvåkingen av hygienisk vannkvalitet fortsetter, og at andelen av bl.a. Klebsiella søkes fastslått. Både andre tilførsler via Tista og utslippet fra renseanlegget ved Remmen tilsier at en viss forekomst av termostabile coliforme bakterier vil vedvare.

8.2.2 Plante- og dyreliv

Foreløpige resultater fra biotester med delavløp tyder på at spillvann fra alkaliseringsstrinn og kloreringsstrinn i blekeprosessen m.m. er giftig i så lave konsentrasjoner, at overflatevannet i Iddefjorden må anses vedvarende akutt giftig overfor ømfintlige organismer (Georg Carlberg, SI og Torsten Källqvist, NIVA, pers. medd.). Enkelte algegrupper synes å være blant de mest utsatte.

At overflatevannet i Iddefjorden er delvis/periodisk veksthemmende eller akutt giftig, er også sannsynliggjort gjennom resipientobservasjonene. Afzelius (1979) har bl.a. påpekt de fluktuerende bestandene av den brakkvannstolerante skipsruen og mosdyret Electra crustulenta, samt en tilsynelatende ubegrunnet neddykking av blåskjell i Ringdalsfjorden. Blant større dyr skulle de her nevnte og manglebørstemarken Nereis diversicolor forventes å ha større utbredelse enn nå. Det samme

gjelder muligens og delvis strandkrabbe og sjøstjerne, i hvert fall noe innover i Ringdalsfjorden. Flere mindre arter, deriblant små krepsdyr som sandreke, og flere tanglopper (slekten Gammarus) og tanglus kan ut fra saltholdigheten sies å være delvis savnet - for noens vedkommende bare noe lenger innover i Ringdalsfjorden, for andre også utover fra Berby (f.eks. sandreke og vel også hydroiden Cordylophora caspia).

For planter i overflatelaget (0-3m) er det overveiende sannsynlig at både blæretang, tarmgrønskearter (Enteromorpha spp) og representanter for grønnduskslekten (Cladophora spp) burde finnes lenger inn i Ringdalsfjorden enn nå. Særlig arter av de to sistnevnte slekter burde ha forutsetninger for å tåle de naturgitte forhold enda lenger innover, men også blæretang skal opprinnelig ha forekommet i indre fjord (Krokstrand/Ystehedkilen, kfr. hhv. Afzelius 1979 og Lein og medarb. 1974).

Av andre viktige alger som savnes i ytre fjord kan nevnes grisetang (Ascophyllum nodosum) og sagtang (Fucus serratus). På samme måte som blæretang er dette samfunnsbærende arter, dvs. er av betydning ved at deres tilstedeværelse danner basis for andre arter (påvekstalger, små krepsdyr, o.a.). Selv om grisetang og sagtang ikke er så brakkvannstolerante som blæretang, burde de kunne ha innergrenser lenger innover enn tilfellet er nå (sagtang forholdsvis langt ned i 0-3m sjiktet).

Av høyere planter burde det på grunn bløtbunn være levevilkår for ålegress, som ikke synes å være registrert.

Etter redusert belastning med sulfittavlut, fiber- og partikkelbelastning er det sannsynligvis blekeriavløpene som er mest til hinder for restaurering av plante- og dyrelivet i strandsonen (kfr. det som er nevnt ovenfor om foreløpige testresultater).

Ut fra et rekreasjonsmessig synspunkt er kanskje ikke reetablering av organismesamfunn under overflatelaget av samme viktighet, men spiller en rolle for at bl.a. flyndrearter og torsk skal få et tilstrekkelig næringsgrunnlag. For organismer som lever under brakkvannslaget (dypere enn 3-5m) er det trolig at nedslamming og belastning med oksygenforbrukende materiale, mao. fiber og sulfittavlut, har virket mer utryddende enn giftige stoffer fra avløpsvannet og forurensede sedimenter. Men dette er en sparsomt begrunnet konklusjon inntil det er gjort beregninger av avløpsvannkonsentrasjonen i de aktuelle vannlag og utført tester vedrørende mulige giftvirkninger fra de forurensede bunnnavleiringene.

---- o ----

For nærmere å kunne begrunne hvilke planter og dyr som kunne forventes å komme igjen ved avlastningstiltak, ville det være formålstjenlig å trekke på observasjoner fra

- a) tilnærmet uberørte steder med tilsvarende saltholdigheter og andre naturforhold som i Iddefjorden
- b) områder som var blitt avlastet fra belastning med tilsvarende industriutslipp.

Denne angrepsmåte har ikke latt seg gjennomføre, dels fordi detaljerte opplysninger om saltholdighetsmiljøet på uberørte lokaliteter (pkt. a)) mangler, dels fordi tilstrekkelig parallelle tilfeller (pkt. b)) har vært for tidkrevende å oppspore.

Saltkällefjorden på vestkysten av Sverige ble avlastet for delvis tilsvarende utslipp i 1966, og reetablering av flora og fauna fulgt i den etterfølgende tid (Rosenberg 1971, 1972, 1973, 1976). Imidlertid er det her et såvidt tynnere overflatesjikt og med saltere vann, i hvert fall i sommerhalvåret (Bagge 1969) at forholdene for de to fjordenes strandsamfunn vanskelig kan sammenlignes med ovennevnte formål for øye. Man kan likevel merke seg at det allerede 2 år etter utslippstopp var skjedd en betydelig rekolonisering i Saltkällefjordens strandsamfunn (Rosenberg 1971).

8.2.3 Hva trengs av bedriftsinterne tiltak?

For å bedre overflatevannets kvalitet med hensyn på estetiske forhold må det til ytterligere reduksjon i belastningen med fargede stoffer, dvs. sulfittavlut og deler av blekeriavluten, samtidig som tilførselen av partikler (fiber) holdes nede.

For vannets rekreasjonskvalitet må også nevnes utslippene av Klebsiella-bakterier. Etter overgangen til tørrbarking bør det kontrolleres hvilken effekt dette har på forekomsten av termostabile coliforme bakterier.

Bedring av forholdene for planter og dyr på grunt vann er betinget av reduserte utslipp med såvel misfargende og nedslammende materiale (sulfittavlut, avløp fra alkalitrinn i blekeprosess, papir- og cellulosefiber) som giftige bestanddeler.

For dyrelivet på dypere vann må det antas viktigst å få redusert

tilførselen av oksygenkrevende materiale, dvs. primært sulfittavlut inndampingskondensat og spritkondensat, men også i noen grad blekeriavlut.

Med tanke på de bedre forhold for planteplanktonproduksjon etter reduserte utslipp av giftige og grumsende stoffer, kan det også være av betydning å begrense tilførselen av fosforforbindelser, der Saugbrugsforeningen sannsynligvis er ansvarlig for mer enn halvparten av totalbelastningen på fjorden (tabell 3). Mer bestemte konklusjoner om dette krever et næringssaltbudsjett for overflatelaget og bør eventuelt utredes sammen med effektene av tiltak for å bedre oksygenforholdene (se pkt 8.2.4 nedenfor). Også reguleringsreglementet for Femsjøen bør muligens trekkes inn i en slik vurdering.

Hvor stor belastningsreduksjonen må være av ulike komponenter for å oppnå målsettingen for fjordens tilstand kan ikke angis eksakt. Men ut fra erfaringene med de forurensningsbegrensende tiltak som hittil er gjort, synes det å være påkrevet med betydelige reduksjoner i forhold til dagens belastning. I praksis vil dette si at man i første omgang bør ta sikte på å redusere belastningen til 1/3-1/4 av den nåværende (1985-86) både for fargede stoffer, partikler og oksygenforbrukende materiale. Fremdeles vil det gjenstå problemer vedrørende giftvirkninger og mulige overgjødslingseffekter, men også utslippet av akutt giftige stoffer vil bli mindre ved økt avlutgjenvinning og biologisk behandling av blekeriavløp, inndampingskondensat og spritkondensat.

Siden mulige problemer fra klororganiske stoffer i blekeriavløp foreløpig er lite dokumentert, utover den akutte giftighet, og mulige overgjødslingseffekter også må anses usikre (på grunn av overflatevannets korte oppholdstid), synes tiltak mot disse forurensningskategoriene å kunne gis lavere prioritet enn de som er nevnt ovenfor. Dette forutsetter imidlertid økt forskningsinnsats på å karakterisere bestandige klororganiske forbindelser i blekeriavløpene og gjenopptatt overvåking (både for å se effektene av iverksatte tiltak og for å følge mulige overgjødslingseffekter).

8.2.4 Terskelfjerning, lufting av dypvann, og endret utslippsarrangement

For å rette på de dårlige oksygenforholdene i fjordens dypvann, har det vært foreslått å senke tersklene som stenger for dypvannsutskiftingen, alternativt å tilføre dypvannet oksygen ved lufting eller utslipp av oksygenrikt vann.

Dette er tiltak som ligger utenfor rammen av foreliggende utredning og som heller ikke kan iverksettes uten grundige undersøkelser og vurderinger på forhånd. Blant problemene som reises er mulig økt frigjøring av giftige stoffer lagret i bunnavleiringene.

Det som umiddelbart kan sies om terskelsenkning er at det ikke vil ha noen vesentlig betydning for kvaliteten av overflatevannet.

Et annet mulig tiltak er å lede deler av eller hele avløpsstrømmen fra bedriften i rør ut i fjorden og på dypt vann. Dette vil først og fremst kunne avlaste nedre del av Tista og havneområdet, særlig småbåthavnene. Med et formålstjenlig utslippsdyp og utslippsarrangement vil det også gi økt primærfortynning (reduert akutt giftighet i overflatelaget) og medføre en for oksygenforholdene gunstig omrøring i vannmassene. Imidlertid øker også den direkte belastningen med oksygenkrevende materiale på dypvannet. Et slikt dyputslipp reiser noen av de samme spørsmål som knytter seg til lufting og krever en egen vurdering. I tørrvårsperioder om sommeren vil det dessuten kunne kreve større påslipp fra Femsjøen for å bevare en viss vannføring i elven.

9. LITTERATUR

- Afzelius, L., 1979. Nasjonalt program for overvåking av vannressurser. Utvikling og status i Iddefjordens biologi. NIVA-rapport 0-38/75 VII, 25/1 1979, 52 s.
- Allard, A.-S., Rembergerer, M. og A.H. Neilson, 1985. Bacterial O-methylation of chlorguaiacols: Effect of substrate concentrations, cell density and growth conditions. *Appl. Environ. Microbiol.*, 49(2): 279-288.
- Bagge, 1969. Effects of pollution on estuarine ecosystems. I. Effects of effluents from wood-processing industries on the hydrography, bottom and fauna of Saltkällefjord (W. Sweden). *Havforskningsinstituttets Skr.* 228: 3-118. (Finland).
- Bjørndalen, K., 1983. Overvåking av Haldenvassdraget 1982. Akershus og Østfold. Rapport 80/83 i Statlig program for forurensningsovervåking, 26/4 1983. 13 s. + vedlegg (rådata).
- Bjørndalen, K., Hauger, T. og P. Vallner, 1984. Overvåking av Haldenvassdraget 1983. Akershus og Østfold. Rapport 167/84 i Statlig program for forurensningsovervåking, 22/10 1984, 18 s. + vedlegg (rådata).
- Bjørndalen, K., Farstad, L., Hauger, T. og P. Vallner, 1985a. Tiltaksrettet overvåking 1984 - Iddefjorden. Miljøvernnavdeling i Østfold. Rapport 5/85, 15/10 1985, 10 s. + vedlegg.
- Bjørndalen, K., Farstad, L., Hauger, T. og P. Vallner, 1985b. Tiltaksrettet overvåking 1984 i Haldenvassdraget. Miljøvernnavdelingen i Østfold. Rapport 8/85. 12/12 1985, 30 s. + vedlegg (rådata).
- Bjørseth, A., Carlberg, G.E. og Möller, M., 1979. Determination of halogenated organic compounds and mutagenicity testing of spent bleach liquors. *Sci. Total Environ.* 11: 197-211.
- Bjørseth, A., Carlberg, G.E., Gjøs, N., Möller, M. og Tveten, G., 1981. Halogenated organic compounds in spent bleach liquors. Determination, mutagenicity testing and bioaccumulation. Kap. 55 i L.H. Keith (red.): *Advances in the identification and analysis of organic pollutants in water*. Vol. 2. Ann. Arbor Sc. Publ. Ann Arbor, Michigan.

- Baalsrud, K., 1968. Forurensningen av Iddefjorden. Vurdering av utslipp ved Kjeøya. NIVA-rapport 0-113/64. Mai 1968. 30 s. + figurer.
- Carlberg, G.E., Gjøs, N., Møller, M., Gustavsen, K.O. og Tveten, G., 1980. Chemical characterization and mutagenicity testing of chlorinated trihydroxybenzenes identified in spent bleach liquors from a sulphite plante. *Sci. Total Environ.* 15: 3-15.
- Carlberg, G.E., Drangsholt, H. og Tveten, G., 1981. Analyse av klororganiske forbindelser i vann, sedimenter og fisk fra Iddefjorden. SI-rapport 800806-1 9/2 1981. 30 s. ISBN 82-7267-304-5.
- Carlberg, G.E., Drangsholt, H., Gjøs, N. og Tveten, G., 1981. Miljøpåvirkning av klorerte hydrokarboner fra klorblekerier. Analyse av vann, sedimenter og fisk fra Iddefjorden. S. 131-140 i *Organohalogener i akvatisk miljø*. 17. Nordiska symposiet om vattenforskning, Porsgrunn 4-7/5 1981. NORDFORSK. Miljøvårdsserien Publ. 1981:1.
- Carlberg, G.E., Drangsholt, H. og Gjøs, N., 1986. Identification of chlorinated compounds in the spent chlorination liquor from differently treated sulphite pulps with special emphasis on mutagenic compounds. *Sci. Total Environ.* 48: 157-167.
- Christie, H. og Green, N., 1982. Changes in the sublittoral hard bottom benthos after a large reduction in pulp mill waste to Iddefjord, Norway, Sweden. *Neth. J. Sea Res.* 16: 474-482.
- Dybern, B.I., 1972. Iddefjorden - en förstörd marin miljö. *Fauna och Flora* 67(2): 90-103.
- Efraimsen, H., 1982. Treforedlingsindustriens avløpsvann. Forandring av Iddefjordens forurensningstilstand i 1970-årene. NIVA-rapport F 81434 II, 10/5 1982. 26 s. ISBN 82-577-0499-7.
- Efraimsen, H., Christie, H., Green, N. og Pedersen, A., 1984. Overvåking av Iddefjorden 1983. Rapport 141/84 innen Statlig program for forurensningsovervåking. 20/5 1984, 28 S. ISBN 82-577-0845-3.
- Fogelqvist, E. og Josefson, B., 1981. Flyktige halogenerade kolvåten i havsvatten. S. 63-77 i *Organohalogener i akvatisk miljø*. 17. Nordiska symposiet om vattenforskning, Porsgrunn 4-7/5 1981. NORDFORSK Miljøvårdsserien Publ. 1981:1.

- Goldreich, E.E. og Rice, E.W., 1985. Klebsiella occurrence, significance and detection in water systems. - A progress report. Presentert på AWWA Water Technology Conference 3/12 1984, Denver, Colorado. Konferanserapport tilgjengelig 1985 (Sitert etter Ormerod 1985).
- Jägerskjöld, L.A., 1971. A survey of the marine benthonic macro-fauna along the Swedish west coast 1921-1938. Kungl. Vetenskap- och Vitterhetssamhället i Göteborg.
- Knutzen, J., 1981. Effects of decreased pH on marine organisms. Mar. Pollut. Bull. 12(1): 25-29.
- Knutzen, J., 1984. Basisundersøkelser i Hvalerområdet og Singlefjorden. Miljøgifter i organismer 1980-81. Rapport 122/84 i Statlig program for forurensningsovervåking. 25/3 1984, 38 s. ISBN 82-577-0767-8.
- Landner, L., 1977. Effekter av skogsindustriella avloppsutsläpp i recipienterna. Sammanställning av nuvarande kunskap. Nord. Miljö 80-rapport. No. 2B: 8-94.
- Larsson, P., 1983. Transport routes of chlorinated biphenyls (PCB) in aquatic ecosystems. Avhandling, Limnologisk institutt, Universitetet i Lund, 101 s.
- Larsson, P., 1985. Contaminated sediments of lakes and oceans act as sources of chlorinated hydrocarbons for release to water and atmosphere. Nature 317: 347-349.
- Lein, T.E., Rueness, J. og Wiik, Ø., 1974. Algologiske observasjoner i Iddefjorden og Singlefjorden. Blyttia 32: 155-168.
- Lingsten, L., 1982a. Rutineundersøkelse i Glåma i Østfold 1978-80. Rapport 30/82 i Statlig program for forurensningsovervåking. 24/5 1982, 87 s. ISBN 82-577-0495-4.
- Lingsten, L., 1982b. Rutineundersøkelser i Glåma i Østfold 1981. Rapport 43/82 i Statlig program for forurensningsovervåking. 18/6 1982, 27 s. ISBN 82-577-0526-8.
- Lingsten, L., 1983. Rutineundersøkelser i Glomma i Østfold 1982. Rapport 86/83 i Statlig program for forurensningsovervåking. 30/6 1983, 20 s. ISBN 82-577-0760-0.

- Lingsten, L., 1984. Rutineundersøkelser i Glomma i Østfold 1983. Rapport 144/84 i Statlig program for forurensningsovervåking. 18/6 1984, 24 s. ISBN 82-577-0855-0.
- Magnusson, J., 1982. Iddefjordens forurensningsutvikling. VANN 4(1982): 473-482.
- Magnusson, J. og Skei, J., 1978. Nasjonalt program for overvåking av vannressurser. Pilotprosjekt Iddefjorden 1977. NIVA-rapport 0-38/75. 25/5 1978, 74 s.
- Magnusson, J. og Skei, J., 1979. Nasjonalt program for overvåking av vannressurser. Pilotprosjekt Iddefjorden 1978. NIVA-rapport 0-38/75 X. 15/11 1979, 78 s. ISBN 82-577-0232-3.
- Magnusson, J. og Skei, J., 1984. Basisundersøkelser i Hvalerområdet og Singlefjorden. Hydrografi, vannutskifting og hydrokjemii. Rapport 170/84 i Statlig program for forurensningsovervåking. 7/11 1984, 103 s. ISBN 82-577-0862-3.
- Magnusson, J., Ormerod, K. og Skei, J., 1981. Nasjonalt program for overvåking av vannressurser. Pilotprosjekt Iddefjorden 1979. NIVA-rapport 80003-02. 21/10 1981, 36 s. ISBN 82-577-0425-3.
- Magnusson, J., Efraimsen, H., Knutzen, J., Rygg, B. og Skei, J., 1982. Supplerende basisundersøkelser og rutineovervåking i Iddefjorden 1980. Rapport 8/81 i Statlig program for forurensningsovervåking. 24/3 1982, 75 s. ISBN 82-577-0471-7.
- Magnusson, J., Christie, H., Efraimsen, H., Green, N. og Pedersen, A., 1982. Supplerende basisundersøkelser og rutineovervåking i Iddefjorden 1981. Rapport 45/82. Statlig program for forurensningsovervåking. 10/9 1982, 83 s. ISBN 82-577-0531-4.
- Magnusson, J., Christie, H., Efraimsen, H., Green, N. og Pedersen, A., 1983. Supplerende basisundersøkelser og rutineovervåking i Iddefjorden 1982. Rapport 105/83 i Statlig program for forurensningsovervåking. 5/10 1983, 56 s. ISBN 82-577-0691-4.
- Miljøvernavdelingen i Østfold, 1986. Fylkesrapport - overvåking av vassdrag og fjorder. Under trykking.
- Munthe-Kaas, H., 1970. Iddefjorden og dens forurensningsproblemer. Rapport nr. 2. Situasjonsrapport pr. 1. desember 1969. NIVA-rapport (0-113/64), januar 1970. 34 s. + bilag.

- Neff, J.M., 1984. Bioaccumulation of organic micropollutants from sediments and suspended particulates by aquatic animals. *Fresenius Z. Anal. Chem.* 319: 132-136.
- Neilsson, A.H., Allard, A.-S., Hynning, P.-Å., Remberger, J. og Landner, L., 1983. Bacterial methylation of chlorinated phenols and guaiacols. Formation of veratroles from guaiacols and high-molecular weight lignin. *Appl. Environ. Microbiol.* 45(3): 774-783.
- Neilsson, A.H., Allard, A.-S., Reiland, S., Remberger, M., Tärnholm, A., Viktor, T. og Landner, L., 1984. Tri- and tetra-veratrole metabolites produced by bacterial O-methylation of tri- and tetra-chloroquaiacol: An assessment of their bioconcentration potential and their effect on fish reproduction. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 41(10): 1502-1512.
- Nikunen, E., 1985. Toxiciteten hos avloppsvatten från den kemiska träförädlingsindustrin och metoder att bestämma den. SCAN Forsk rapport 460/1985. 125 s.
- Næs, K., 1985. Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden. Delrapport 2. Metaller i vannmassene, metaller og organiske miljøgifter i sedimentene, 1983. Rapport 193/85 i Statlig program for forureningsovervåking 25/9 1985, 62 s. ISBN 82-577-0947-6.
- Oceanografiska Institutionen, Göteborg, 1985. Modell för Idefjordens vattenutbyte. Grupparbete av grundkurs A, december 1985. (Deltagere: R. Tvikota, J. Martinez, G. Ljungck, K. Strömberg, M. Rogelzky, J. Lökvist, J.-E. Andersson, A. Rosenlund). Upubl. notat.
- Ofstad, E.B., Drangsholt, H. og Carlberg, G.E., 1981. Analysis of volatile halogenated organic compounds in fish. *Sci. Total Environ.* 20: 205-215.
- Olausson, E. Sedimentundersökningar på Västkusten. Förändringar och konstans. Medd. från Mar. Geol. Lab. Göteborg Nr. 4, 25 s.
- Ormerod, K., 1984. Overvåking i Idefjorden 1983. Testing av Idefjordens termotolerante coliforme bakterieflora for innhold av Klebsiella. Rapport 140/84 innen Statlig program for forureningsovervåking. Sept. 1984, 145 s. ISBN 82-577-0840-2.

- Ormerod, K., 1985. Bakteriologiske analysemetoder. Klebsiella-bakterier. Rapport 1/85. Analysemetoder og forekomst i industri-avløpsvann og resipientvann. NIVA-rapport F-80419-02. ISBN 82-577-0902-6.
- Rosenberg, R., 1971. Recovery of the littoral fauna in the Salt-källefjord subsequent to discontinued operations of a sulphite pulp mill. *Thalass. Jugoslav.* 7: 341-351.
- Rosenberg, R., 1972. Benthic faunal recovery in a Swedish fjord following the closure of a sulphite pulp mill. *Oikos* 23: 92-108.
- Rosenberg, R., 1973. Succession in benthic macrofauna in a Swedish fjord subsequent to the closure of a sulphite pulp mill. *Oikos* 24: 244-258.
- Rosenberg, R., 1976. Benthic faunal dynamics during succession following pollution abatement in a Swedish estuary. *Oikos* 27: 414-427.
- Rygg, B., 1984. Økologiske skadevirkninger av kopperforurensning i det marine miljø. *Vann* 4(1984): 464-474.
- Rygg, B., 1985. Effects of sediment copper on benthic fauna. *Mar. Ecol. Progress Ser.* 25: 83-89.
- Skei, J. og Lindstrøm, E.-A., 1976. Endringer i sammensetningen av overflatevannet i Idefjorden 1975 i forbindelse med produksjonsstopp ved Saugbrugsforeningen, Halden. NIVA-rapport 0-67175. 5/4 1976, 69 s.
- Skulberg, O.M. og Kotai, J., 1982. Haldenvassdraget. Vannkvalitet og forurensningspåvirkninger. Resultater av vassdragsundersøkelser for Haldenvassdragets vassdragsforbund 1975-1981. NIVA-rapport 0-70219. 15/3 1982, 179 s. ISBN 82-577-0478-4.
- SIFF (Statens institutt for folkehelse), 1976. Kvalitetskrav til vann. Drikkevann - Vann for omsetning - Badevann. Rev. utg. 1976.
- Tjärnö Marinbiologiska Laboratorium, 1981. Idefjorden. Arbeite inom marinbiologi 10 p. 14-15/9 1981. Upaginert. (Kursrapport, unpubl.)
- Tjärnö Marinbiologiska Laboratorium, 1982. Idefjorden. Projekt inom marinbiologikurs 20-24/9 1982. 58 s. + Appendix. (Kursrapport, unpubl.)

- Tjärnö Marinbiologiska Laboratorium, 1985. Idefjorden.
Hydrografiska profiler. Artssammansättning på hårda och mjuka
bottnar, samt i littoralzonen. *Marinbiologi II* 10 p. 4/7 1985.
24 s. (Kursrapport, unpubl.)
- Tryland, Ø. og Efraimsen, H., 1984. Mikrobiell nedbrytning av klorert
organisk materiale i blekeriavløpsvann (Microbial degradation of
chlorinated organic material in the effluent from a sulphite pulp
mill bleach plant). *Vatten* 40: 320-325. Engl. summary.
- Volent, Z., 1981. En undersøkelse av salt- og volumtransporten, samt
choking-effekten over tersklene til Ringdals- og Iddefjorden.
Hovedfagsoppgave i geofysikk ved Universitetet i Oslo, høsten 1981
(Unpubl.)

APPENDIKS

Tabell A1. Årsmiddel (M), standardavvik (SD) og min.-maks.-verdier (VAR) for saltholdigheten i overflatelaget (0-1m) på ulike stasjoner i Iddefjorden 1977-1982 (basert på observasjoner fra mai-oktober).

Tabell A2. Månedsmidler (M), standard-avvik (SD) og minimums- og maksimumsverdier (VAR) for saltholdighet i Iddefjordens overflatevann 1977-1982.

Fig. A1. Saltholdighet på st. 4 plottet mot ferskvannstilførsel fra Tista (m^3/sek , middel av foregående 7 dagers vannføring). 1977-1982.

Fig. A2. Siktedyp på st. 4 plottet mot vannets ligninginnhold. 1977-1982.

Fig. A3. Vannets lignininnhold på st. 4 plottet mot humusinnholdet. 1977-1982.

Fig. A4. Siktedyp på st. 4 plottet mot ferskvannstilførsel i Tista (middel av vannføring på obs.dag for siktedyp og dagen før, m^3/s).

TABELL A1

Årsmiddel (M), standardavvik (SD) og min.-maks.-verdier (VAR) for saltholdigheten i overflatelaget (0-1 m) på ulike stasjoner i **Iddefjorden 1977-1982** (basert på observasjoner fra mai-oktober)

Stasjon \ År	1977	1978	1979	1980	1981	1982
1 M SD VAR	ikke obs.	12.3 4.1 1.3-18.1	6.4 3.7 1.2-13.4	7.7 2.6 2.8-12.0	7.1 3.8 2.8-18.7	7.9 4.9 1.9-15.1
2 M SD VAR	9.6 3.6 3.9-14.2	12.5 4.5 1.1-18.4	6.2 3.4 1.0-12.6	7.6 2.5 3.1-12.5	7.0 3.9 2.8-18.7	7.6 4.9 1.7-14.7
4 M SD VAR	8.4 3.2 3.4-14.8	11.7 4.0 1.7-17.4	4.9 2.5 0.4-8.2	6.9 2.5 3.1-13.2	6.4 4.0 2.2-18.3	8.3 4.8 1.3-14.1
5 M SD VAR	9.0 2.5 4.1-13.1	12.9 4.1 2.7-19.0	5.8 2.3 0.8-8.9	7.8 2.3 4.0-12.2	7.0 3.7 2.6-18.3	8.7 5.3 1.6-16.4
7 M SD VAR	14.9 6.6 6.3-23.2	16.4 4.6 7.0-22.7	9.0 4.3 1.1-17.8	10.9 4.0 6.2-17.4	8.1 3.0 4.2-14.0	11.1 5.1 2.1-17.8
9 M SD VAR	18.5 4.9 11.1-26.3	19.7 4.0 13.7-26.1	14.5 4.8 6.2-21.5	17.4 5.6 9.3-28.2	15.5 4.8 6.8-23.0	14.2 4.3 5.4-20.9

1977: N = 11 (5 st 7)

1978: N = 12-13

1979: N = 10-13

1980: N = 15-16

1981: N = 18-19

1982: N = 15-17

Ingen mai-observasjon

1 observasjon i mai

1 observasjon i mai (da laveste saltholdighet st. 1-7)

1 observasjon i mai (da laveste saltholdighet st. 1-5)

1 observasjon i mai. Korrigerte verdier for feil ved salinoterm.

2 observasjoner i mai (laveste saltholdighet st. 1-7)

TABELL A2

Månedsmidler (M), standard-avvik (SD) og minimums- og maksimumsverdier (VAR) for saltholdighet i **Iddefjordens overflatevann 1977-1982.**

Måned		Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober
Stasjon		N= 5-6	N=16-19	N=22-25	N=17-20	N=11-14	N=4-6
St. 1	M	2.9	5.4	7.1	10.9	12.3	8.7
	SD	2.1	2.6	3.1	3.5	3.7	4.1
	VAR	1.2-6.6	2.2-9.8	3.6-13.0	5.3-16.5	7.6-18.7	6.0-14.8
St. 2	M	2.6	5.2	7.7	11.0	11.9	8.0
	SD	2.0	2.3	3.4	3.7	4.0	3.7
	VAR	1.0-6.4	2.1-9.3	3.3-13.5	5.2-18.2	6.7-18.7	5.7-14.5
St. 4	M	2.4	4.7	7.3	9.7	11.3	6.9
	SD	2.0	2.1	3.7	3.1	4.0	3.8
	VAR	0.4-5.5	1.8-8.0	3.3-14.8	4.5-14.8	6.4-18.3	4.1-13.5
St. 5	M	2.9	6.0	8.0	10.6	11.7	8.4
	SD	2.1	2.6	3.2	3.8	3.9	4.7
	VAR	0.8-6.6	2.1-11.9	4.2-14.6	4.5-17.0	7.1-19.0	5.4-16.6
St. 7	M	8.0	7.6	10.1	14.9	14.1	10.2
	SD	6.9	2.4	4.6	4.3	4.5	5.9
	VAR	1.1-17.4	3.6-11.6	4.6-20.0	6.8-22.7	7.5-23.2	4.7-18.0
St. 9	M	14.8	12.1	16.6	17.9	21.4	21.3
	SD	6.5	3.4	3.5	4.0	3.2	4.8
	VAR	8.9-24.3	6.8-19.6	11.2-24.5	12.3-25.1	16.4-26.3	14.8-28.2

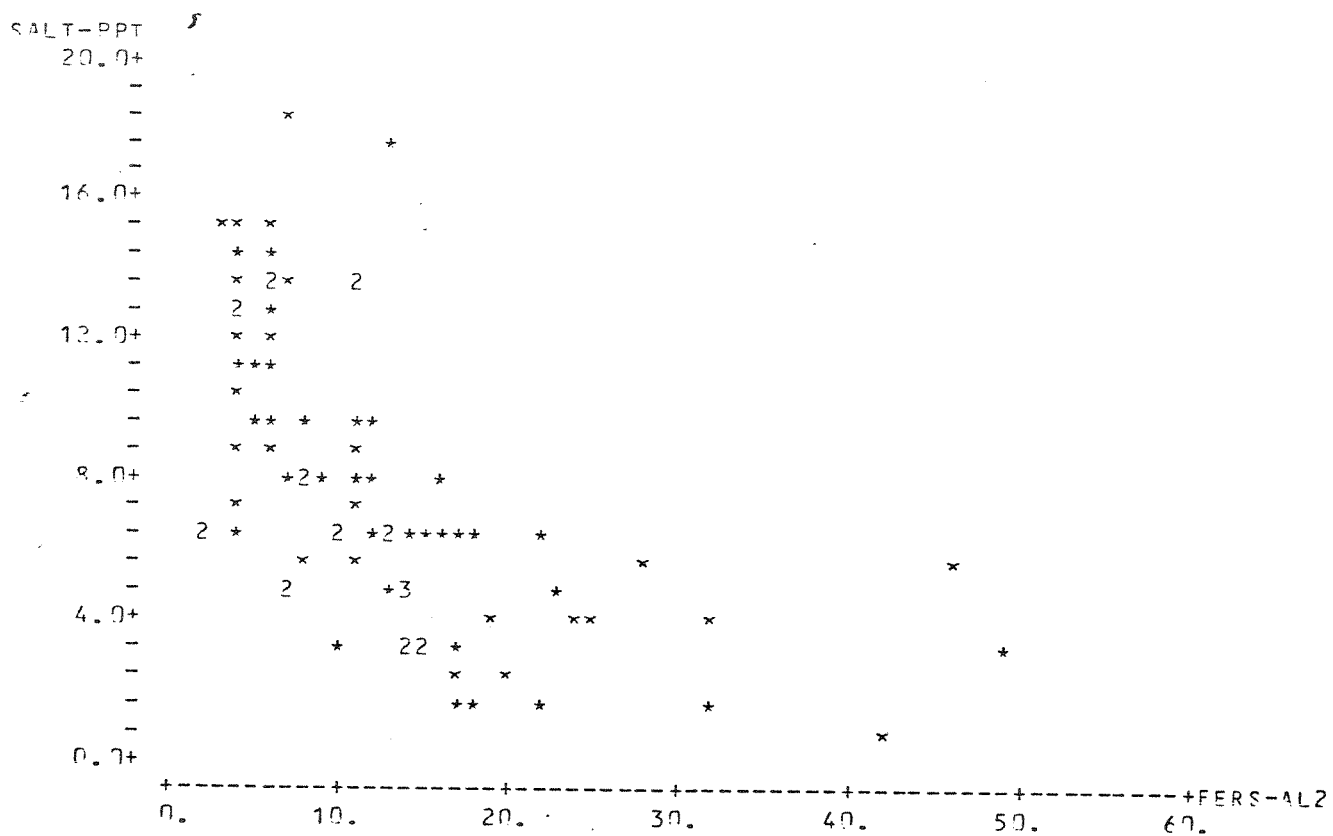


Fig. A1. Saltholdighet på st. 4 plottet mot ferskvannstilførsel fra Tista (m³/sek, middel av foregående 7 dagers vannføring). 1977-1982.

82 CASES USED
56 CASES CONTAINED MISSING VALUES

	COLUMN	COEFFICIENT	ST. DEV. OF COEF.	T-RATIO = COEF/S.D.
	--	11.0588	0.6102	18.12
X1	FERS-AL2	-0.2609	0.0393	-6.65

THE ST. DEV. OF Y ABOUT REGRESSION LINE IS
S = 3.314
WITH (82 - 2) = 80 DEGREES OF FREEDOM

R-SQUARED = 35.6 PERCENT
R-SQUARED = 34.8 PERCENT, ADJUSTED FOR D.F.

ANALYSIS OF VARIANCE

DUE TO	DF	SS	MS=SS/DF	F-RATIO
REGRESSION	1	485.19	485.19	44.18
RESIDUAL	80	878.63	10.98	
TOTAL	81	1363.82		

--

-- REGR C12 1 C13

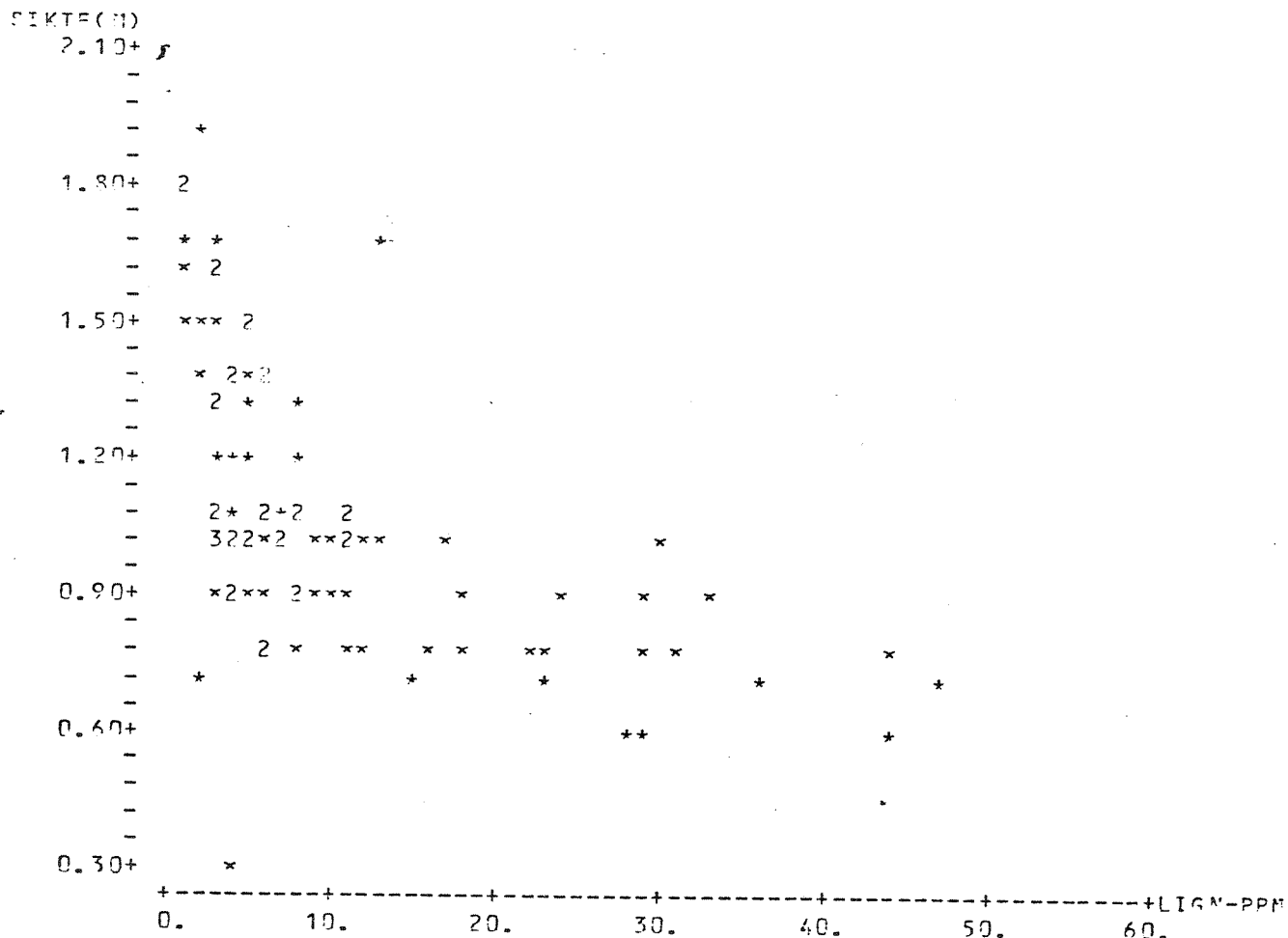


Fig. A2. Siktedyp på st. 4 plottet mot vannets lignininnhold. 1977-1982.

91 CASES USED
47 CASES CONTAINED MISSING VALUES

	COLUMN	COEFFICIENT	ST. DEV. OF COEFF.	T-RATIO = COEF/S.D.
X1	LIGN-PPM	-0.0163	0.0027	-6.16

THE ST. DEV. OF Y ABOUT REGRESSION LINE IS
S = 0.2656
WITH (91 - 2) = 89 DEGREES OF FREEDOM

R-SQUARED = 29.9 PERCENT
R-SQUARED = 29.1 PERCENT, ADJUSTED FOR D.F.

ANALYSIS OF VARIANCE

DUE TO	DF	SS	MS=SS/DF	F-RATIO
REGRESSION	1	2.67761	2.67761	37.96
RESIDUAL	89	6.27844	0.07054	
TOTAL	90	8.95604		

-- REGR CA 1 C13

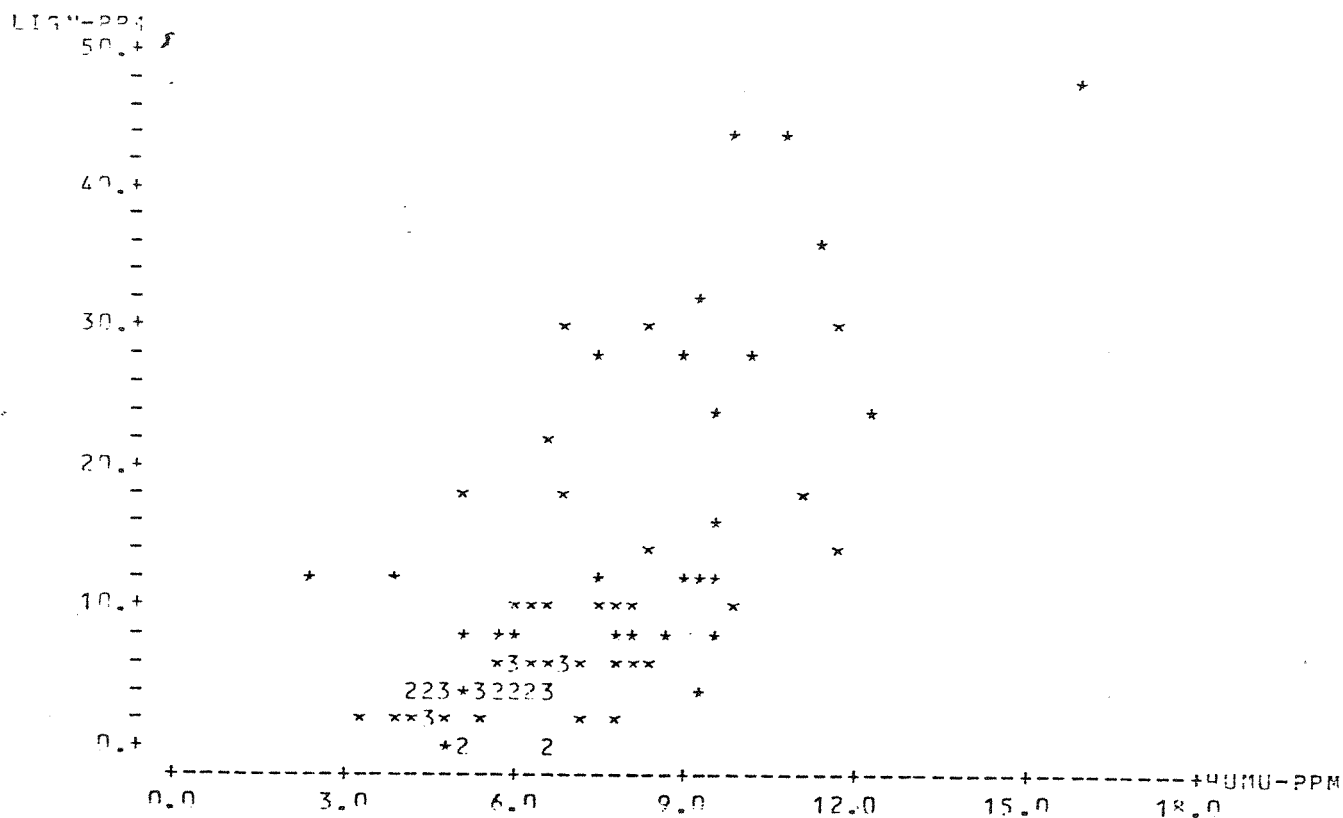


Fig. A3. Vannets lignininnhold på st. 4 plottet mot humusinnholdet. 1977-1982.

89 CASES USED
 42 CASES CONTAINED MISSING VALUES

	COLUMN	COEFFICIENT	ST. DEV. OF COEF.	T-RATIO = COEF/S.D.
X1	HUMU-PPM	-11.4643	2.6195	-4.38
		3.1202	0.3551	8.79

THE ST. DEV. OF Y ABOUT REGRESSION LINE IS
 S = 7.757
 WITH (89 - 2) = 87 DEGREES OF FREEDOM

R-SQUARED = 47.0 PERCENT
 R-SQUARED = 46.4 PERCENT, ADJUSTED FOR D.F.

ANALYSIS OF VARIANCE

DUE TO	DF	SS	MS=SS/DF	F-RATIO
REGRESSION	1	4646.55	4646.55	77.22
RESIDUAL	87	5235.18	60.17	
TOTAL	88	9881.73		

-- REGR C7 1 C10

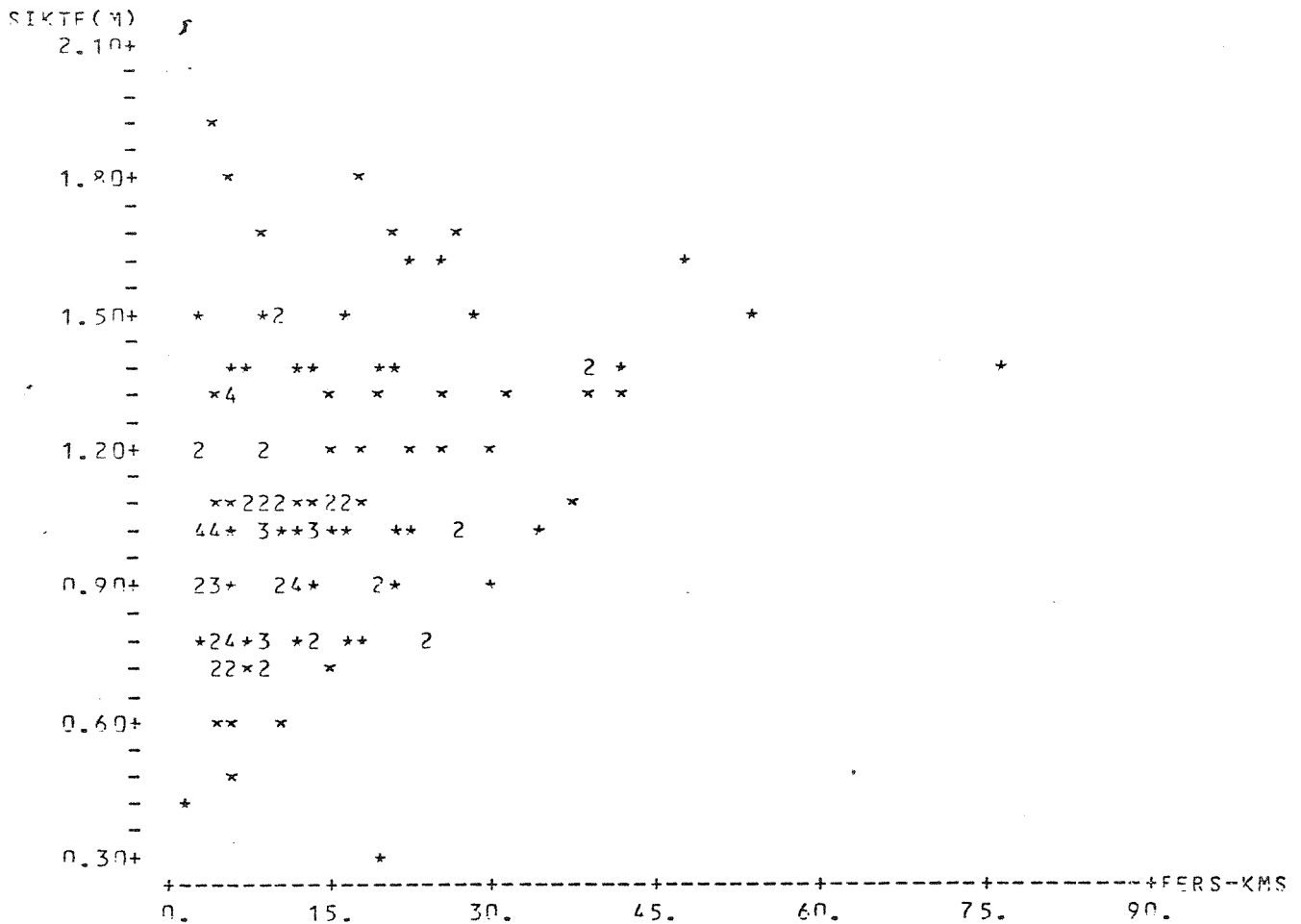


Fig. A4. Siktedyp på st. 4 plottet mot ferskvannstilførsel i Tista (middel av vannføring på obs.dag for siktedyp og dagen før, m³/s).

135 CASES USED
 3 CASES CONTAINED MISSING VALUES

	COLUMN	COEFFICIENT	ST. DEV. OF COEF.	T-RATIO = COEF/S.D.
	--	0.9489	0.0382	24.86
Y1	FERS-KMS	0.0087	0.0021	4.22

THE ST. DEV. OF Y ABOUT REGRESSION LINE IS
 S = 0.2917
 WITH (135 - 2) = 133 DEGREES OF FREEDOM

R-SQUARED = 11.2 PERCENT.
 R-SQUARED = 11.1 PERCENT, ADJUSTED FOR D.F.

ANALYSIS OF VARIANCE

DUE TO	DF	SS	MS=SS/DF	F-RATIO
REGRESSION	1	1.41283	1.41283	17.81
RESIDUAL	133	10.55117	0.07933	
TOTAL	134	11.96400		

--

-- REGR C7 1 C3