



O-94182

Undersøkelser av
miljøvirkninger fra
utslipp av breslam til
Holandsfjord

August 1994

**NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
OSLO/BERGEN**

O-94182

**UNDERSØKELSER AV MILJØVIRKNINGER FRA
UTSLIPP AV BRESLAM TIL HOLANDSFJORDEN
AUGUST 1994**

Bergen/Oslo, 5.9 1994

**Jarle Molvær
Evy. R. Lømsland
Torbjørn M. Johnsen
Kai Sørensen**

FORORD

Sommeren 1994, etter oppstart av Svartisen kraftverk, var Holandsfjorden, Nordland, preget av breslam fra kraftverket. Etter henvendelse fra Statens forurensningstilsyn (SFT) utarbeidet NIVA et forslag til vannkjemiske og biologiske undersøkelser for å klarlegge årsaker til og effekter av slamutslippet til fjorden (Molvær et al., 1994). I møte 11.8.94 mellom Statkraft Engineering, SFT, Norges Vassdrags- og Energiverk (NVE) og NIVA ble dette prosjektforslaget gjennomgått, og det var enighet om å gjennomføre undersøkelser for å klarlegge årsakene til utslippet av breslam og beskrive de viktigste effektene i fjorden.

Den foreliggende rapport presenterer resultater fra målinger som ble gjort av NIVA i Storglomvatn og i Holandsfjorden 16.-17. august etter oppdrag fra Statkraft Engineering, Høvik.

Vi takker byggeleder Nils Brinchmann, Statkraft Engineering Glomfjord og naturforvalter Jan Teigen for god hjelp under prøveinnsamlingen. Likeledes takkes Harald Engen som kjørte båten under prøveinnsamlingen i Holandsfjord.

Ved NIVA har Torbjørn M. Johnsen og Evy R. Lømsland, NIVAs Vestlandsavdeling i Bergen, bearbeidet og rapportert resultatene fra undersøkelsene av algebiomasse og algesammensetning. Kai Sørensen og Jarle Molvær hadde ansvar for feltarbeidet og for rapportering av den øvrige del av hydrofysiske og vannkjemiske målinger. Sistnevnte har vært prosjektleder.

Oslo, 5. september 1994

Jarle Molvær

INNHOLD**Side:**

FORORD	1
SAMMENDRAG	3
1. INNLEDNING	4
2. METODIKK	5
3. RESULTATER	7
3.1 Målinger i Storglomvatn	7
3.2 Målinger på brevatn i takrennene	8
3.3 Målinger ved utløpet av Svartisen kraftverk sommeren 1994	9
3.4 Målinger i Holandsfjord	10
3.4.1 Temperatur og saltholdighet	10
3.4.2 Transmisjon og siktedyp	13
3.4.3 Turbiditet og suspendert materiale	16
3.4.4 Algebiomasse og algesammensetning	17
3.4.5 Lysforhold og effekter på vekst av planktonalger	19
4. SAMMENFATTENDE VURDERING	21
5. LITTERATUR	23
VEDLEGG 1	24
VEDLEGG 2	27
VEDLEGG 3	31
VEDLEGG 4	36

SAMMENDRAG

Sommeren 1994, etter oppstart av Svartisen kraftverk, var Holandsfjorden preget av uklart og misfarget overflatevann pga. utslipp av breslam fra kraftverket. Denne undersøkelsen tok sikte på å klarlegge årsaken til slamutslippet, samt beskrive virkninger på vannkvaliteten i fjorden.

På grunn av en teknisk feil måtte kraftverket stoppes tre dager før undersøkelsene i fjorden ble utført. Samtidig ble utslippet til fjorden stoppet. I samråd med Statkraft Engineering ble det planlagte prøveprogrammet likevel gjennomført. Imidlertid er det innlysende at driftsstansen gjorde det vanskelig å bedømme virkningene av utslippet på fjordens vannmasser.

Det ble innsamlet prøver og gjort målinger i Storglomvatn, fra vannet i takrennene fra sør og nord og i Holandsfjorden. Dertil har man analysert prøver som Statkraft Engineering Glomfjord ved tre tidspunkt i juli-august fikk tatt av utslippet fra kraftverket.

Hovedkonklusjonen er:

1. Breslammet som preget fjorden har i hovedsak kommet fra Storglomvatn. Årsaken er at nedtapping til under tidligere minste regulerte vannstand blottla store bunnarealer med gammelt breslam. Som følge av erosjon har betydelige slammengder deretter blitt ført ut i Storglomvatn og videre ut i Holandsfjord.
2. Da prøvene i fjorden ble innsamlet var vannkvaliteten god, og påvirkningen av slam var liten. Grunnen er sannsynligvis at det breslammet som var i fjorden da utslippet stoppet i løpet av de etterfølgende tre dagene i stor grad har blitt transportert ut av fjorden og/eller sedimentert.

Målinger av klorofyll a viste moderate til lave konsentrasjoner. Analyser av planteplanktonprøver viste innslag av planktonarter med lavt lyskrav. Dette samsvarer med overslagsberegninger av lysforholdene i vannmassene som sannsynliggjør at utslippet medførte en forverring av lysklimaet i fjorden. Konsekvensen av dette vil være forbigående nedsatt primærproduksjon og biomasse i fjorden. Størrelsen av denne effekten og hvor lenge den eventuelt vedvarer, er det ikke mulig å anslå.

3. Storparten av breslammet vil sedimentere i fjordens dype områder. Effekter på fjordens bløtbunnsfauna er ikke undersøkt, og vi anbefaler at slike undersøkelser gjennomføres.
4. Også før Svartisen kraftverk kom i drift har Holandsfjorden vært påvirket av breslam. Oppstart av kraftverket i juni kombinert med forutgående nedtapping og erosjon i Storglomvatn har sannsynligvis medført en betydelig økning av slamtilførselen til fjordens indre del. Hvis den videre drift av Svartisen kraftverk tilsier situasjoner med nye utslipp av slam, er det viktig at man på forhånd vurderer situasjonen og iverksetter undersøkelser for å klarlegge miljøeffektene.

1. INNLEDNING

Etter en lengre driftsstans kom Svartisen kraftverk i drift den 17.6.94. Holandsfjordens overflatelag ble da preget av store mengder breslam. Mengden var ukjent og likeså var det ulike meninger om hovedårsaken til slamutslippet var nedtapping av Storglomvatn under tidligere laveste regulerte vannstand (498 m), eller om dette var slam fra takrennen (nord-/sør-overføringen) langs Holandsfjord.

At utslippet påvirket vannkvaliteten i fjorden var åpenbart. I hvilken grad de biologiske forholdene ble påvirket var imidlertid ukjent.

I begynnelsen av august 1994 var vannstanden i Storglomvatn kommet opp på 508 m, dvs. 10 m over tidligere lavvannstand. Hvis slammet kom fra Storglomvatn skulle man således vente at slamutslippet til fjorden var på retur, og at vannkvaliteten i fjordens øvre lag var bedre enn i juni-juli. Statkraft besluttet den 12.8.94 at NIVA skulle gjennomføre en "straksundersøkelse" av vannkvaliteten i Storglomvatn, i takrennene, utslippet til Holandsfjord og i selve Holandsfjord.

Formålet med denne undersøkelsen var dermed å beskrive:

1. **Den innbyrdes betydningen av slam fra takrennene og fra Storglomvatn.**
2. **Effekter fra slamutslippet på vannkvaliteten i Holandsfjorden.**

Da representanter fra NIVA ankom Glomfjord tirsdag 16.8 fikk de vite at Svartisen kraftverk hadde stoppet to dager tidligere. Grunnen var en alvorlig teknisk feil. Samtidig stoppet også utslippet fra kraftverket til Holandsfjorden, og i stedet ble alt vann overført til Storglomvatn. Dette var en situasjon som ikke var forutsatt, men etter samtaler med Statkraft Engineering ble undersøkelsen likevel i hovedsak gjennomført som planlagt.

I vurderingen av resultatene kan man dra nytte av en undersøkelse av miljøforholdene i Holandsfjord i 1991-92, dvs. før kraftverket kom i drift (Holte et al., 1994). Selv om man ikke kunne se bort fra at anleggsvirksomheten medførte en viss økning i tilførselen av partikulært materiale til fjorden, viste resultatene et fjordsystem med en naturlig stor tilførsel av partikulært materiale, stor sedimentasjon og påvirkning av bløtbunnfauna. Sedimentasjonen i Holandsfjordens innerste del (st. H2, jfr. fig. 2.1) var ca. 10 ganger større enn ved st. H4. Takrennen (nord-/sør-overføringen) langs Holandsfjord og utslippet fra kraftverket kan imidlertid endre dette bildet som følge av større utslipp av breslam til fjordens indre del og mindre utslipp av breslam lenger ute.

2. METODIKK

Prøvetakingen ble foretatt i Storglomvatn og fra takrennene den 16. august og i Holandsfjorden den 17. august 1994. Prøvene i Storglomvatn ble tatt i den vestre delen ved inntaket til kraftverket og plasseringen av stasjonene i Holandsfjorden fremgår av figur 2.1. I Storglomvatn ble benyttet en mindre plastbåt, mens prøveinnsamlingen i Holandsfjord ble utført fra en skyssbåt.

I det etterfølgende gis en kort omtale av metodikken som ble anvendt.

Transmisjonmålinger ble utført for å bestemme spredningen av partikler fra utslippet til vannmassene i resipienten. Måling ble foretatt med et transmisjonsmeter (Q-instrument) som sender ut lys med en bølgelengde på 660 nm (rødt lys). Transmisjonen ble målt fra overflate til bunn eller til maksimum på ca 90 m på de dypeste stasjonene. Transmisjonsverdiene er omregnet og uttrykkes som den totale svekningskoeffisienten ($c_{660} \text{ m}^{-1}$) som inkluderer vannets egensvekning, og svekningen til oppløste og partikulære komponenter.

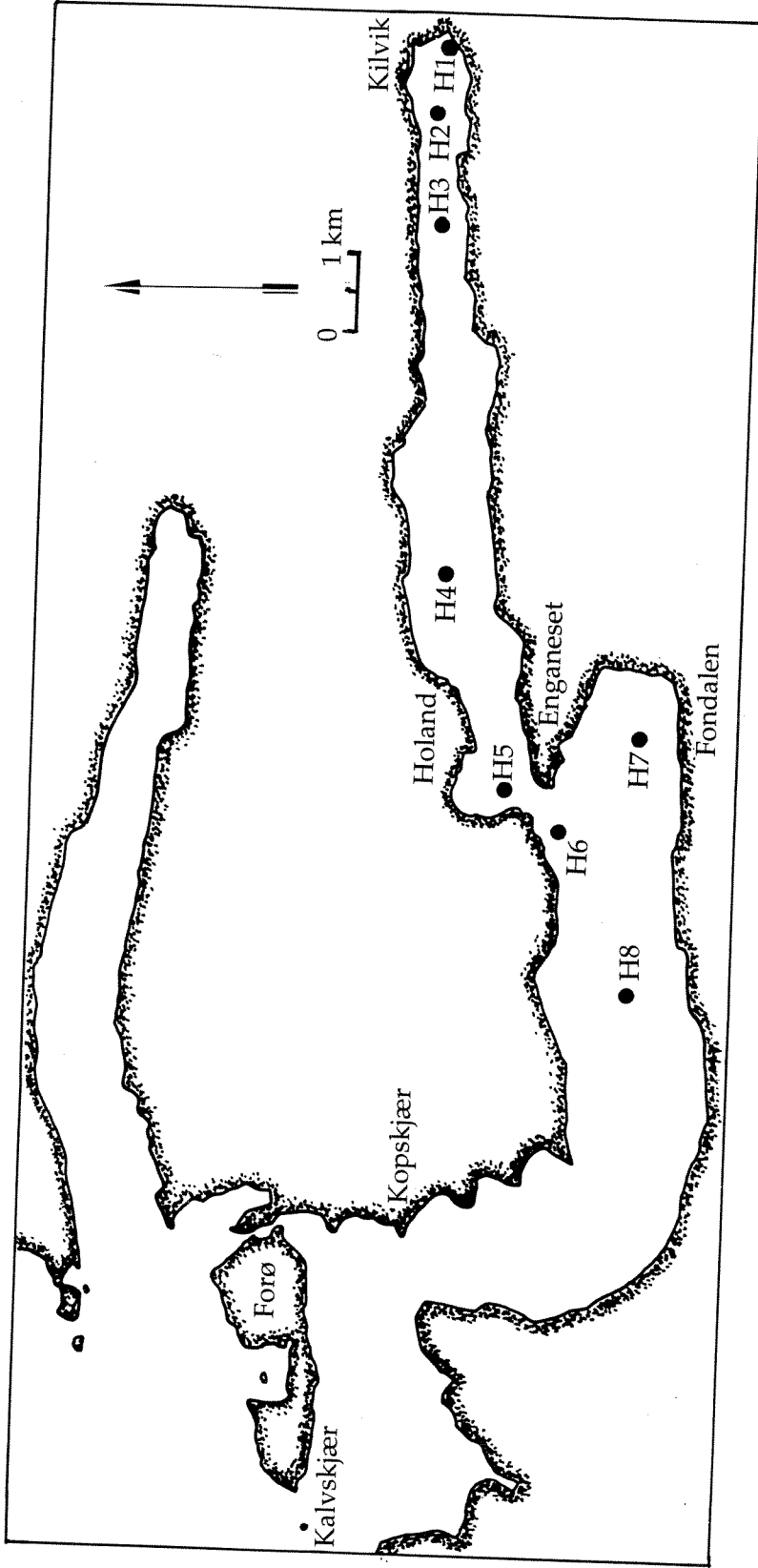
I tillegg ble det foretatt målinger av saltholdighet (PSU, practical salinity unit) og temperatur med en Sensordata STD-sonde. STD-målingene brukes til å anslå ferskvannsmengden i fjorden og stabiliteten (tettheten) i de ulike vannlag.

Det ble videre målt siktedyp med en 20 cm Secchi-skive, og vannprøver ble innsamlet med en 5 liter Niskin vannhenter. Prøvetakingen i Storglomvatn ble foretatt med en 3 liter Ruttner vannhenter.

Vannprøvene ble analysert for turbiditet (Turb) med et Hach-turbidimeter (mod. 2100A) etter Norsk standard. Totalt suspendert materiale (TSM) ble bestemt gravimetrisk med bruk av Nucleoporefilter ($0.4 \mu\text{m}$) og en Sartorius mikrovækt. For prøver fra Storglomvatn og utvalgte stasjoner i Holandsfjorden ble det bestemt tørrestoff (STS) og gløderest (SGR). Denne metoden ble modifisert ved å bruke glass-fiberfilter type GFF som vil holde tilbake mindre partikler enn i GFC-filter som det er mest vanlig å bruke. Dette ble gjort bl.a. annet for å sammenligne med sjøvannsmetoden TSM hvor filteret holder tilbake partikler større $0.4 \mu\text{m}$. Både for TSM-metoden og ferskvannsmetoden STS/SGR ble filteret skyllet med ca. 100 ml destillert vann for sjøvannsprøvene. Dette gjøres for å eliminere feil pga. salt fra sjøvannet. Metodene gav god overensstemmelse (jfr. Vedlegg 1).

Klorofyll-a ble bestemt etter en spektrofotometrisk metode etter Norsk Standard med metanolekstraksjon.

Prøver for planteplankton ble tatt på et utvalg av stasjonene og parallellprøver ble konserverte i felt med nøytralisert formalin og Lugols løsning.



Figur 2.1. Prøvetakingspunkter i Holandsfjorden den 17. august 1994.

3. RESULTATER

3.1 Målinger i Storglomvatn

Målingene i Storglomvatn ble foretatt den 16. august kl 17 på ettermiddagen. To temperaturprofiler er vist i Vedlegg 1. Mengden av partikler målt som suspendert materiale og turbiditet på stasjonen nærmest vanninntaket fremgår av figur 3.1. Siktedypet ble målt til 0.3 meter og det ble målt et innhold av suspendert tørrstoff på 30-35 mg/l i de øvre 40 meter. Fra 40 m til 55 m dyp steg verdiene til 55 mg/l. Det suspenderte materiale var i hovedsak uorganiske partikler med et gløderestinnhold som utgjorde ca 93% av den totale tørrstoffmengden (data fremgår av Vedlegg 1). På inntaksdypet som lå på ca. 47 m dyp var partikkelmengden ca. 40 mg/l og den svake reduksjonen - spesielt i turbiditet - på 50 m dyp kan skyldes en fortykning av vann fra takrennen (nord-/sør-overføringen)) som på dette tidspunkt ble overført til Storglomvatn.

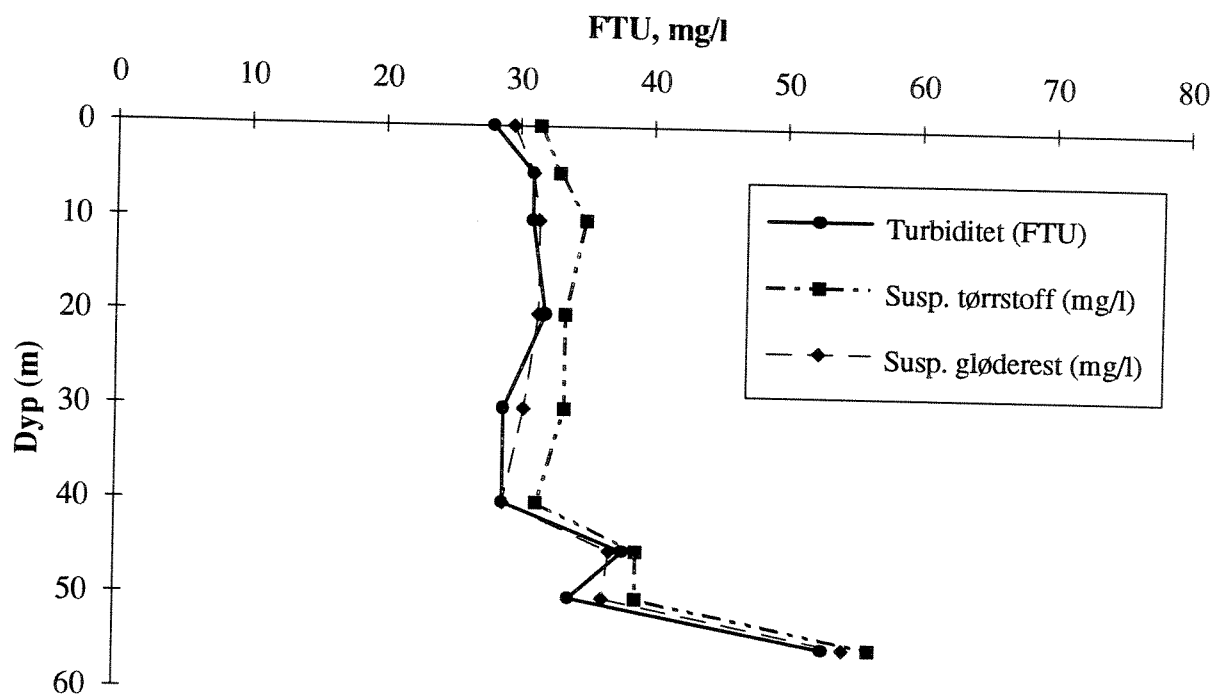


Fig. 3.1 Vertikalfordelingen av turbiditet (Turb), suspendert tørrstoff (STS) og suspendert gløderest (SGR) i Storglomvatn den 16. august 1994.

3.2 Målinger på brevavn i takrennene

Målingene fra den nordlige og sydlige takrenne er fremstilt i figur 3.2 sammen med data fra overflaten i Storglomvatn. Vannet fra den sydlige takrenne hadde en konsentrasjon av suspendert materiale tilsvarende ca 11 mg/l eller ca. 33 % av konsentrasjonen av overflatevannet i Storglomvatn. Partikkelmengden i vannet fra den nordlige takrenne var 2.5 mg/l, dvs. mindre enn 10 % av Storglomvatnets konsentrasjon. Her utgjorde den uorganiske fraksjonen hhv 97% og 88% av totalen.

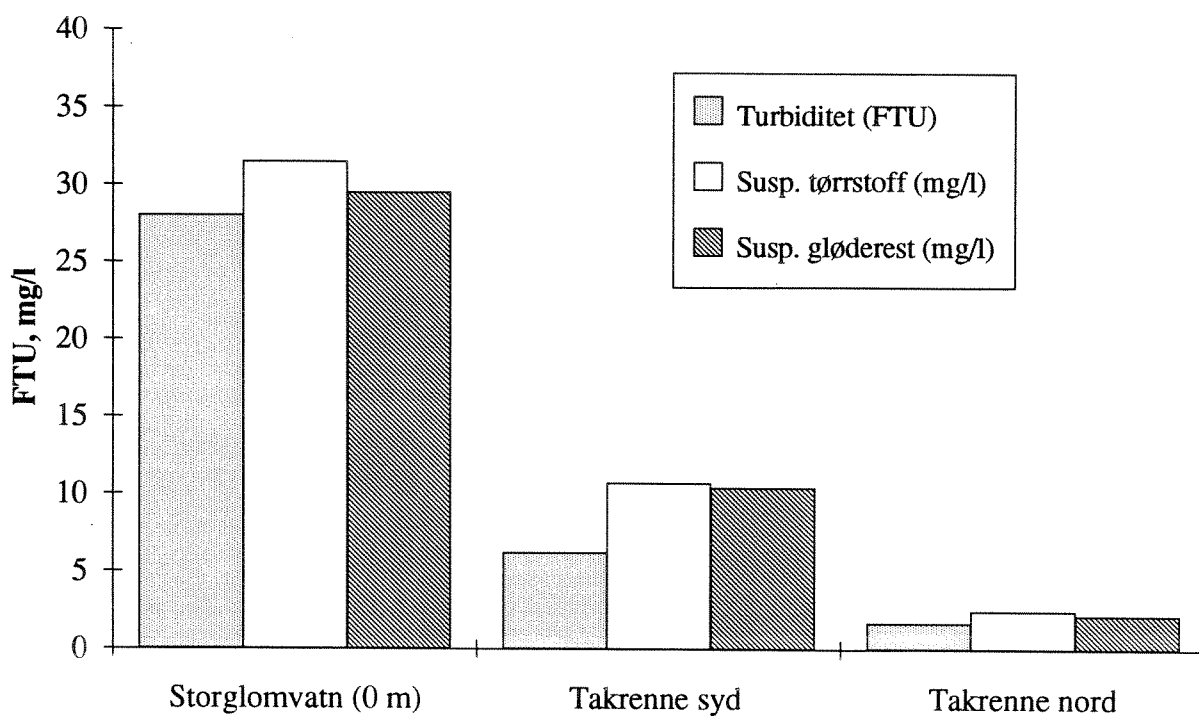


Fig. 3.2 Turbiditet (Turb), suspendert tørrstoff (STS) og suspendert gløderest (SGR) i overflatelaget i Storglomvatnet og fra takrenne syd og nord den 16. august 1994.

3.3 Målinger ved utløpet av Svartisen kraftverk sommeren 1994

Statkraft Engineering Glomfjord fikk innsamlet 3 vannprøver ved utløpet av kraftverket under partikkelutslippet i juli og august (Vedlegg 1). Prøvene ble analysert av NIVA sammen med de øvrige prøvene innsamlet 16.-17.8.94

Absoluttverdiene på disse prøvene må tolkes med en viss forsiktighet pga. den lange lagringen av vannprøvene, men med et innhold av uorganiske partikler på 93 % vil vi anta at de er representative for prøvetagningstidspunktet. Fig. 3.3 viser konsentrasjoner på 25- 35 mg/l ved tre tidspunktene. Dette samsvarer med det nivå som ble målt i Storglomvatn den 16. august.

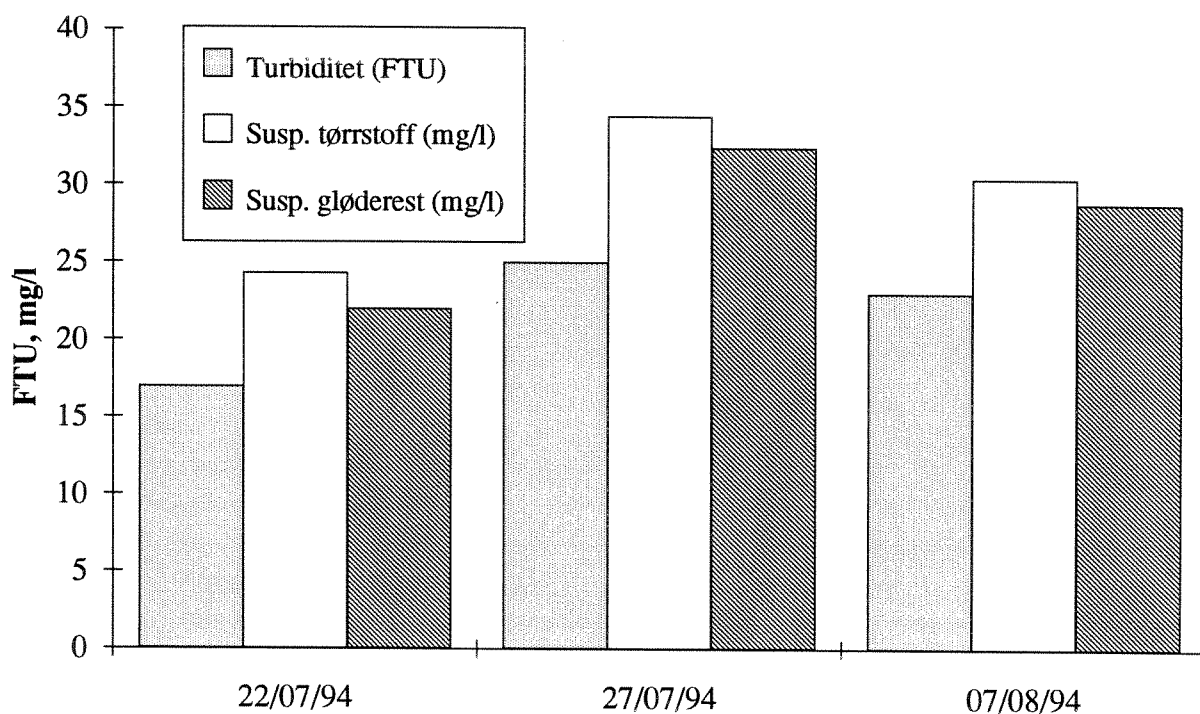


Fig. 3.3 Turbiditet (Turb), suspendert tørrstoff (STS) og suspendert gløderest (SGR) ved utløp av kraftverket i juli og august 1994.

3.4 Målinger i Holandsfjord

3.4.1 Temperatur og saltholdighet

Da målingene ble utført hadde ferskvannsutslippet fra Svartisen kraftverk vært stoppet i ca. 3 døgn. Dette er ca. halvparten av gjennomsnittlig oppholdstid for brakkvannslaget i fjorden før reguleringen (Stigebrandt og Molvær, 1994). Ved stopp i ferskvannsutslippet vil vannfornyelsen i fjordens overflatelag også avta, men det er rimelig å anta at det meste av det slampåvirkede ferskvannet fra kraftverket forlot indre del av Holandsfjorden i løpet av de tre dagene fra søndag 14. til onsdag 17. august. Dessuten kan en betydelig andel ha sedimentert. Plasseringen av stasjonene er vist på fig. 2.1, og alle data er gjengitt i Vedlegg 2.

Både den 16.8 og 17.8 var det tilnærmet vindstille i fjorden. Det tilsier at man skulle vente å finne et forholdsvis tynt brakkvannslag i fjorden.

Fig. 3.4 viser saltholdigheten i overflaten (ca. 0.2 m dyp) på st. H1-H5. Man skal være forsiktig med å trekke konklusjoner av målinger i 0-1 m dyp, der saltholdigheten øker med 10-15%. Endres f.eks. måledypet med 0.1-0.2 m fra stasjon til stasjon gir det markert utslag i måleresultatene. En tilsvarende feil oppstår hvis båtens propell virvler opp vann fra dypere lag. Disse forhold ble det imidlertid tatt hensyn til, og man ser som ventet en klar økning i saltholdighet utover i fjorden.

Fig. 3.5-3.6 viser vertikalprofiler av temperatur og saltholdighet på stasjon H2 og H5, dvs. i indre og ytre del av fjorden innenfor Enganeset. Som ventet var brakkvannslaget tynt (<1 m) på begge stasjoner.

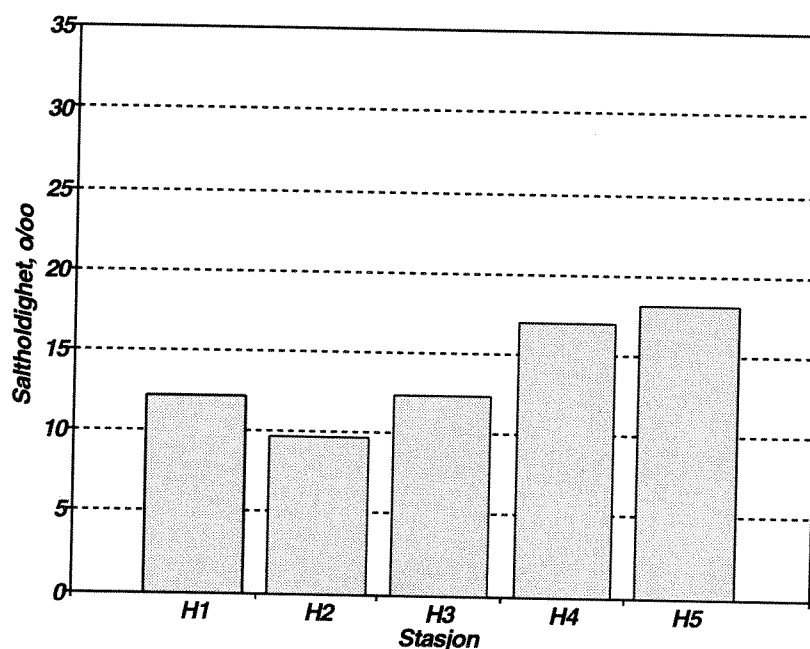


Fig. 3.4 Saltholdighet i overflaten (ca. 0.2 m dyp) innenfor Enganeset 17.8.94.

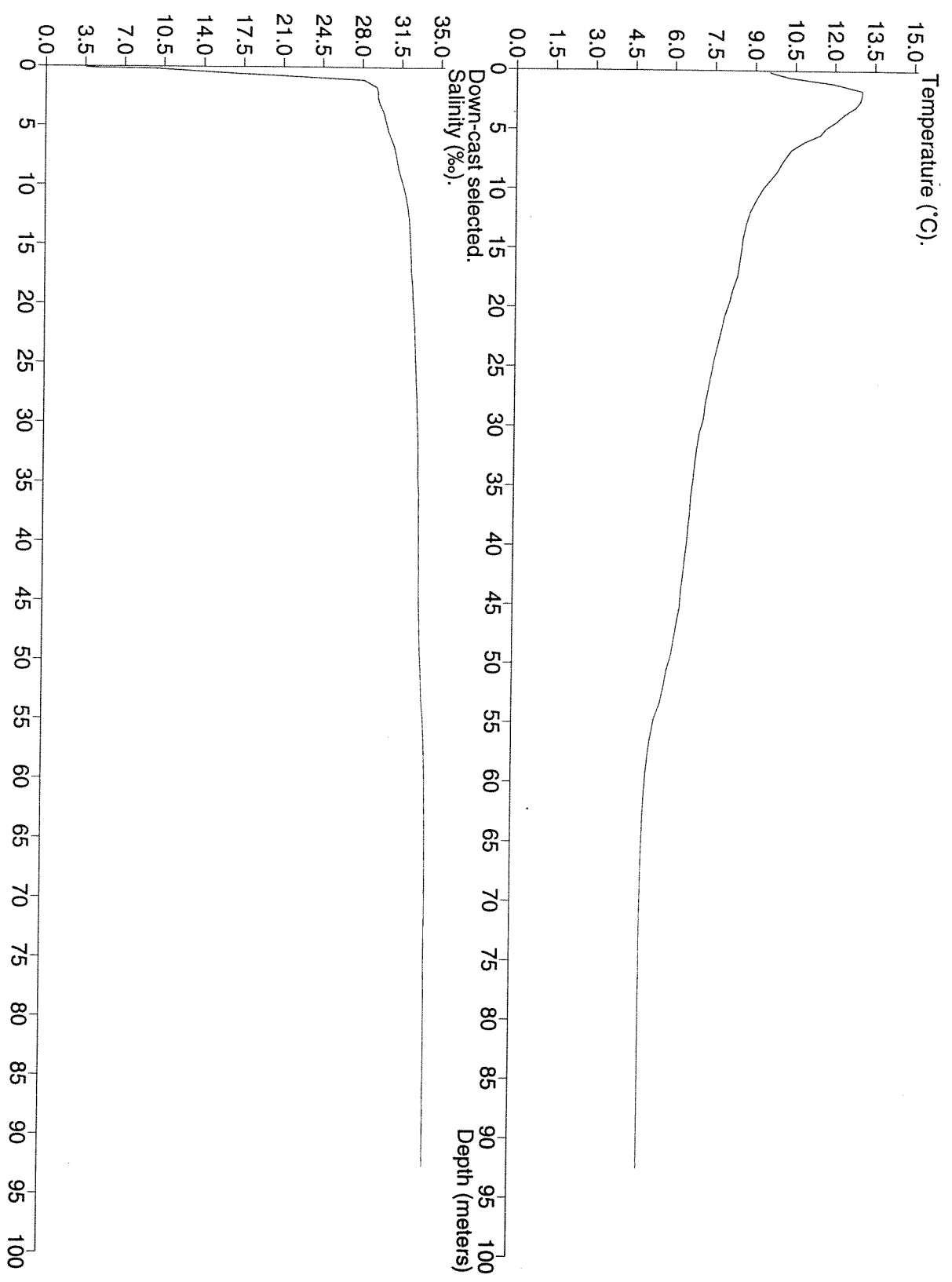


Fig. 3.5 Vertikalprofil for temperatur og saltholdighet på stasjon H2 i Holandsfjordens indre del 17.8.94.

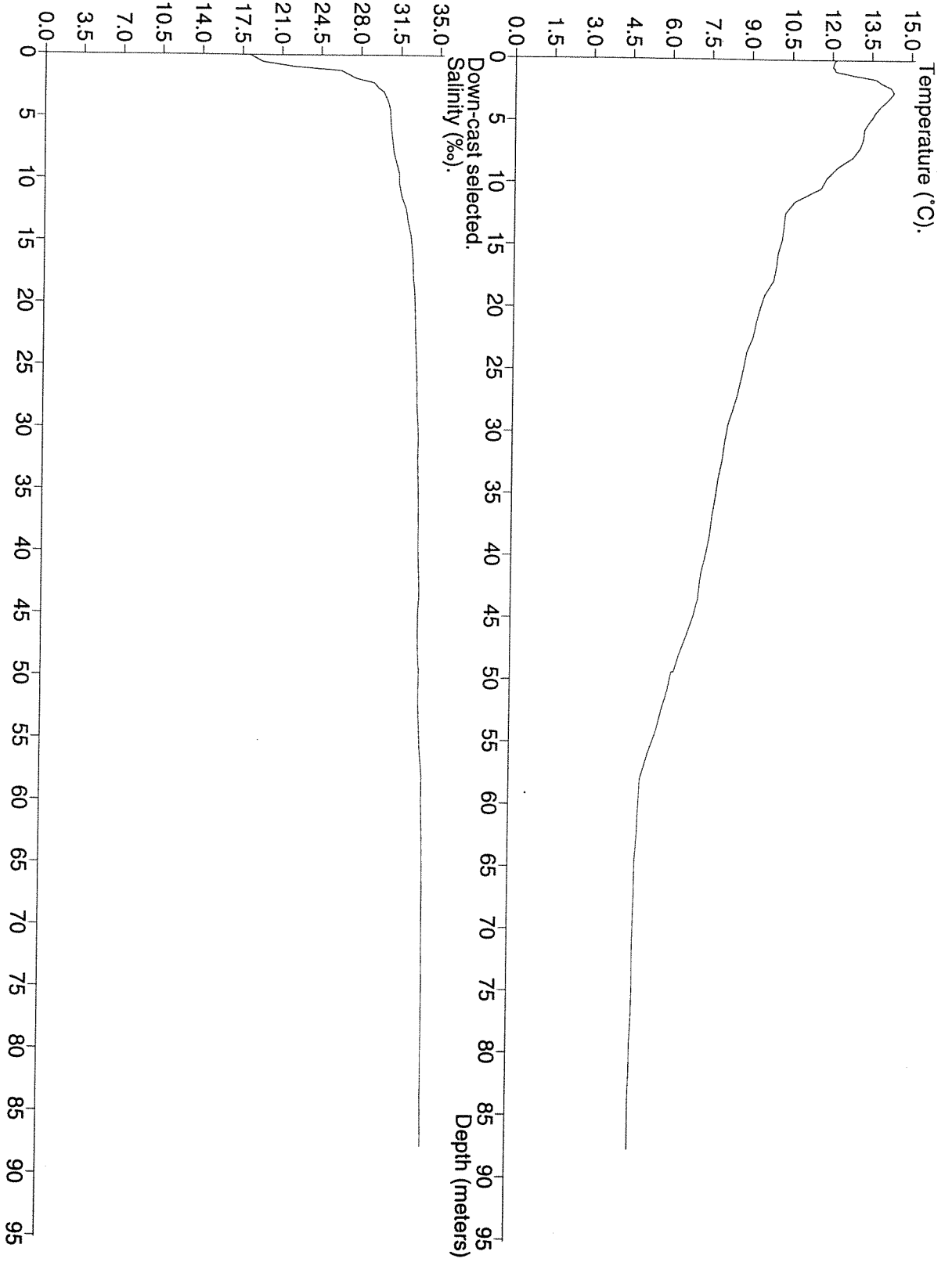


Fig. 3.6 Vertikalprofil for temperatur og saltholdighet på stasjon H5 17.8.94.

3.4.2 Transmisjon og siktedyp

Transmisjonsprofiler uttrykt som svekningskoeffisienten c_{660} er vist for et utvalg av stasjonene i figur 3.7 og 3.8, og er for samtlige stasjoner gjengitt i Vedlegg 3. En økning i svekningskoeffisienten vil i disse vannmassene i hovedsak uttrykke en økning i partikkelmengden. Man ser at mengden av partikler på de innerste stasjonene (figur 3.7) var størst nær overflaten på ca. 1-2 meters dyp, mens det helt i overflaten ble observert et tynt skikt med mindre partikkelrikt vann som også hadde en lavere saltholdighet (Jfr. kap. 3.4.1.). Det lave partikkelinnholdet kan både skyldes sedimentasjon de foregående tre døgn, og at dette tynne laget i hovedsak er ferskvann som er tilført siden kraftverket stoppet.

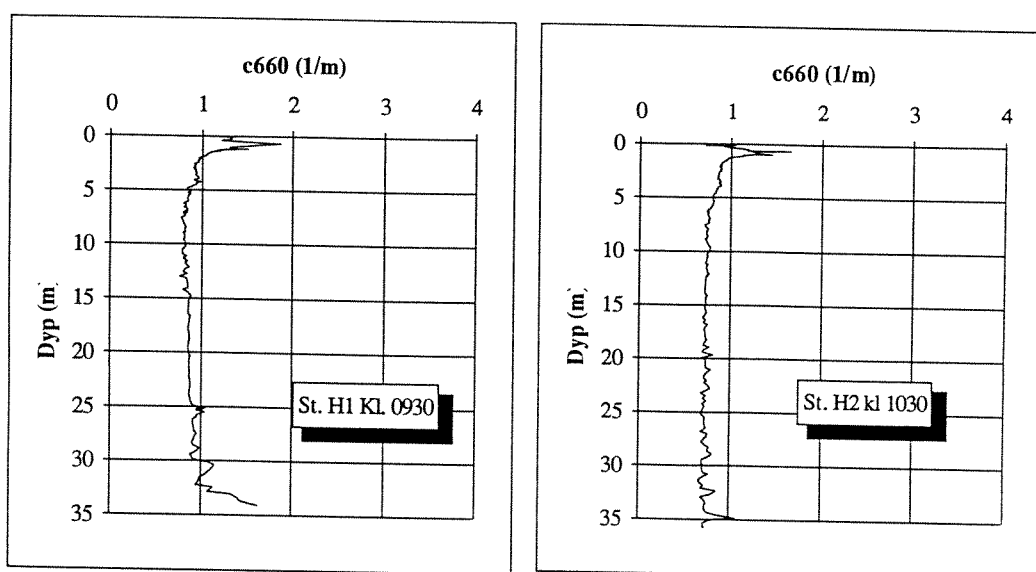


Fig. 3.7. Transmisjonsprofiler uttrykt som svekningskoeffisienten, c_{660} (m^{-1}) for stasjon H1 og H2 den 17. august 1994 i Holandsfjorden.

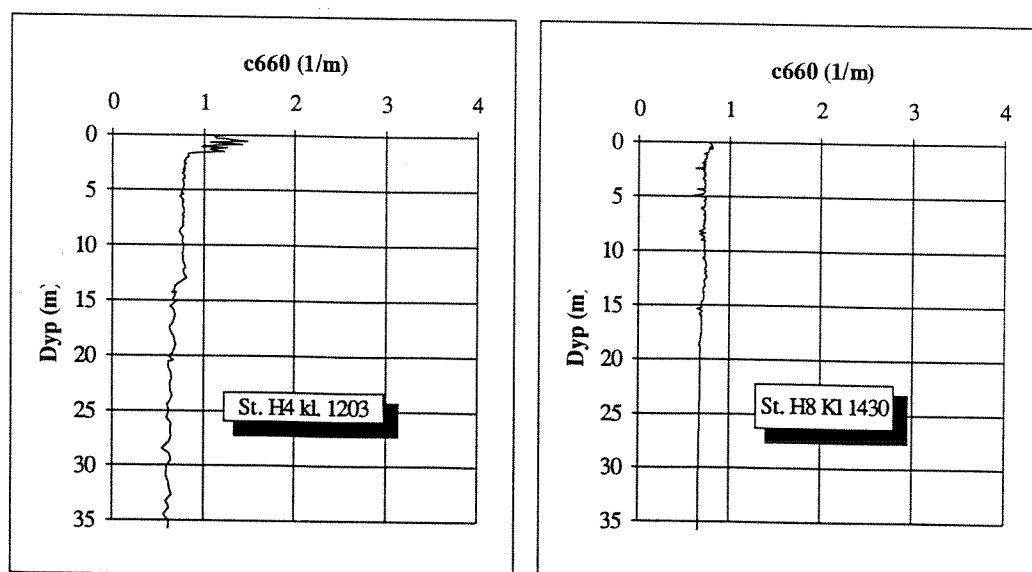


Fig.3.8. Transmisjonsprofiler uttrykt som svekningskoeffisienten, c_{660} (m^{-1}) for stasjon H4 og H8 den 17. august 1994 i Holandsfjorden.

På den innerste stasjonen (H1) ble det målt høy svekningskoeffisient mot bunnen. Dette kan skyldes sedimenterende partikler.

På stasjon H4 (figur 3.8) var det fortsatt brepartikler i de øverste 2 meter og det var noe høyere svekningskoeffisienter ned til 14 meter. Reduksjonen i svekningskoeffisienten ved dette dypet faller sammen med spranlaget. Under ca 15 meter finner man for stasjon H4 og utover den samme bakgrunnsverdien på $0.6-0.7 \text{ m}^{-1}$, som i de dypere vannmassene lenger ut i Holandsfjorden. På stasjon H8 var det stort sett lite brepartikler igjen i overflaten og bare noe høyere verdier ned til spranlaget på ca 15 meter.

Av figur 3.9 sees hvordan svekningskoeffisienten for overflatelaget avtar utover i fjorden, med en svak økning på stasjon H7 inne i bukta utenfor Enganeset. Denne økningen skyldes sannsynligvis breslam fra Engabreen, dvs. fra restfeltet fra breen under kote 600. Vi tilføyer at båtfører Harald Engen mener å ha observert at overflatevannet i dette området har blitt markert klarere enn før reguleringen, fordi området tidligere fikk tilført langt mer brevann.

Figuren viser både svekningen i 0 m og maksimalverdien i de øvre 5 m, og illustrerer dermed de skarpe sjiktningene man hadde i partikkelfordelingen i overflatelaget. Ved stasjon H2 var det til eksempel lavere svekningskoeffisient i det noe ferskere vannet i overflaten enn litt dypere nede (jfr. også fig.3.4 og 3.7). Siktedypet økte utover i fjordsystemet og var hovedsakelig styrt av partikkelmengden i overflatelaget. Utenfor stasjon H4 var det bare en moderat økning i sikten og tilsvarende liten reduksjon i partikkelmengden.

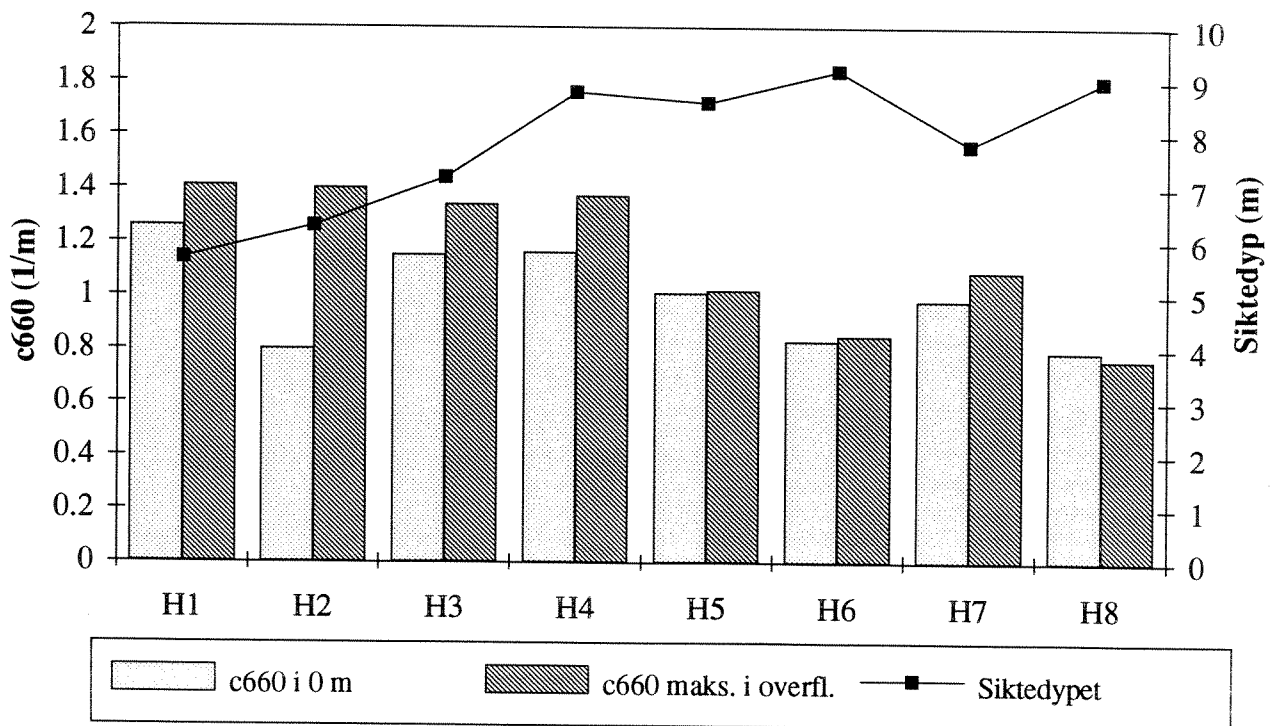


Fig.3.9. Svekningskoeffisienten, c660, i overflaten (0 m), den maksimale verdi av c660 innen de øvre 5 meter samt siktedypet i Holandsfjorden den 17. august 1994.

3.4.3 Turbiditet og suspendert materiale

Partikkelmengden kan også uttrykkes som total suspendert materiale (TSM) eller som turbiditet (Turb). Figur 3.10 viser overflatekonsentrasjonen av partikler i Holandsfjorden, fra stasjon H1 (innerst) med konsentrasjoner på 1.5 mg/l som avtok til 1.3 mg/l til H5 like innenfor Enganeset. På utsiden av Enganeset var konsentrasjonene omtrent halvert i forhold til konsentrasjonen på st. H1. Andelen av uorganiske partikler avtok fra ca 80 % på H2 til ca. 42% på H8.

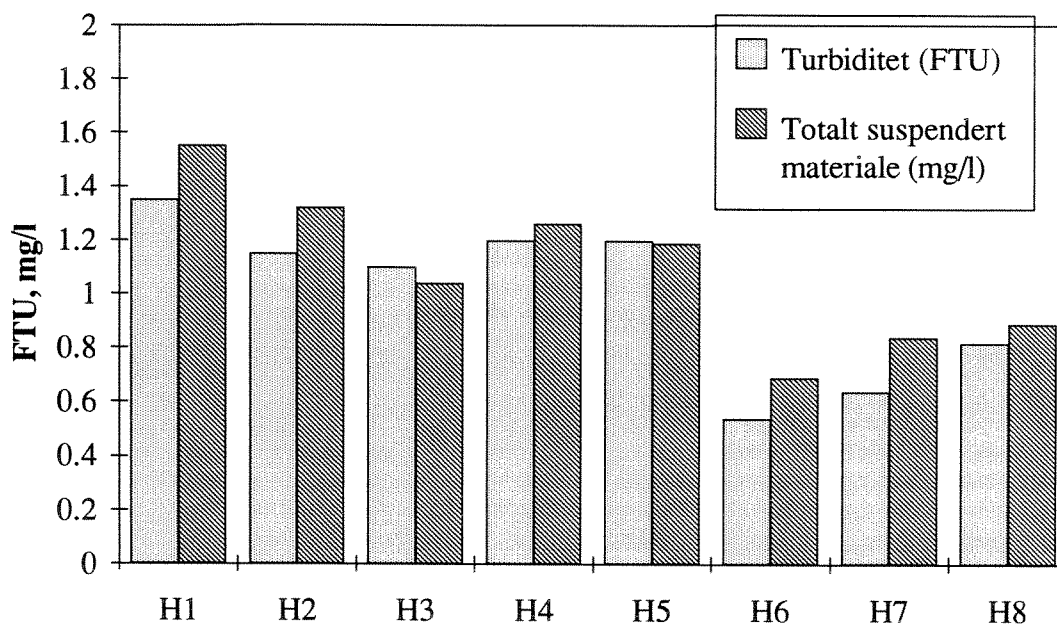


Fig. 3.10 Overflatekonsentrasjon av partikler målt som suspendert materiale og turbiditet i Holandsfjorden 17.8 1994.

3.4.4 Algebiomasse og algesammensetning

Ut fra algebiomassen målt i form av klorofyll *a* var det relativt små forskjeller i algemengden i Holandsfjorden (tab. 3.1) der integrasjon fra 0-10 meter gir 7.7, 8.3 og 8.3 mg kl. *a* pr. m² på henholdsvis stasjon H2, H4 og H8. Biomassemaksima lå noe dypere midt i indre basseng i Holandsfjorden (H4) og utenfor Enganeset (H8) enn innerst i fjorden (H2), mens klorofyll *a*-mengden i overflaten (0-1 m dyp) var lav i hele måleområdet.

Tabell 3.1. Algebiomasse i form av μg klorofyll *a* pr. liter i Holandsfjorden 17. august 1994.

Stasjon/ Dyp (m)	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8
0.5					0.30	0.70	0.86	
1.0	0.49	0.57	0.49	0.39				0.55
5.0		1.09		0.86				0.86
10.0		0.42		1.30				1.09
20.0				0.57				

For å få et bilde av algesammensetningen og algekonsentrasjonene utover i Holandsfjorden, er det utført mikroskopisk kvantifisering av vannprøver fra 1 og 5 meter på stasjonene H2, H4 og H8 (Vedlegg 4).

Tellingene viser for det første at det på 1 meters dyp var en klar gradient med økende celletall utover Holandsfjorden (tabell 3.2). Innerst i fjorden på stasjon H2 var celletallet nær overflaten meget lavt med i underkant av 0.3 millioner celler pr. liter, mens det på stasjon H8 var over 1.4 millioner celler pr. liter.

På 5 meters dyp var det på samtlige stasjoner mer alger enn på 1 meter. Høyest konsentrasjon ble funnet på stasjon H4 med 3,5 millioner celler pr. liter, mens innerste stasjon (H2) også på dette dypet hadde den laveste algekonsentrasjonen.

Hvis en ser på de ulike algeklassenes forekomst på de ulike stasjonene, var det spesielt klassene Prymnesiophyceae og Bacillariophyceae som hadde lave forekomster innerst i Holandsfjorden (jfr. tabell 3.2). Innen klassen Prymnesiophyceae var algeslekten *Chrysochromulina* som var helt dominerende (jfr. Vedlegg 4). Dette er en algeslekt som er vanlig i sommerplanktonet og burde dermed normalt være tilstede innerst i fjorden i større mengder enn her observert. Hvorvidt arter innen denne slekten er spesielt følsomme for uorganiske partikler i vannet, er vanskelig å si uten å ha gjennomført kontrollerte vekstforsøk med og uten slike partikler.

Bacillariophyceene (kiselalgene, diatomeene) ble funnet i de absolutt høyeste konsentrasjonene på stasjon H8. Dette er alger som krever silikat (kisel) for å kunne vokse. Ofte finner en disse inne i fjorder med ferskvannstilførsel fordi ferskvannet inneholder relativt mye silikat, men som andre alger krever de også fosfat og nitrat. Generelt sett må det imidlertid sies at mengden kiselalger var lav og totalt ble bare 12 ulike arter identifisert. Lavt artsantall og lave celletall er imidlertid ikke uvanlig om sommeren når næringssaltkonsentrasjonene i vannmassene ovenfor sprangsjiktet normalt er lave.

Tabell 3.2. Celletall innen de ulike algeklassene og totalt celletall på de ulike stasjonene på 1 og 5 meter. Krageflagellater er ikke inkludert i tabellen. Tallene angir celler pr. liter.

Stasjon Dyp	H2 1 m	H4 1 m	H8 1 m	H2 5 m	H4 5 m	H8 5 m
Cryptophyceae	17.700	364.700	253.400	320.100	177.900	231.300
Dinophyceae	62.800	26.800	37.200	104.700	189.400	231.300
Prymnesiophyceae	0	71.200	213.500	8.900	480.300	151.200
Chrysophyceae	13.300	4.400	17.800	26.700	35.600	44.500
Bacillariophyceae	20.500	14.300	150.400	12.700	73.300	352.600
Euglenophyceae	0	0	0	0	0	8.900
Prasinophyceae	0	22.200	13.300	48.900	26.700	26.700
Uklassifiserte alger	182.200	547.000	1.444.700	862.700	2.552.700	889.400
Sum	296.500	1.050.600	2.126.300	1.384.700	3.535.900	1.877.800

Av arter som forekom i relativt sett store mengder innerst i Holandsfjorden (H2, 5 meter), kan nevnes dinoflagellaten *Katodinium rotundatum*. Tidligere er denne arten funnet på Vestlandet i relativt sett høye konsentrasjoner om vinteren når lystilgangen har vært lav (Lømsland 1985), og det kan dermed se ut som om dette er en art med et lavt lyskrav. *Pyramimonas* spp. ble også funnet i høyest konsentrasjon i indre del av Holandsfjorden. Denne algeslekten tilhører en algegruppe som i laboratorieforsøk er funnet å være relativt lite lyskrevende (Ryther 1956). Også cryptophyceen *Teleaulax* cf. *acuta* ble funnet på stasjon H2, og det kan dermed se ut som om også denne algen har et lavt lyskrav og/eller høy toleranse for uorganiske partikler.

I tabell 3.3 er antall arter/grupperinger av planktoniske alger (inkludert krageflagellater) satt opp. Her framkommer det tydelig at totalt sett er artsdiversiteten lavest på innerste stasjon (H2) og høyest på den ytre (H8). I tillegg til at konsentrasjonen av alger var lavest innerst i Holandsfjorden, var også artsdiversiteten lavest.

Det umiddelbare inntrykk fra de mikroskopiske analysene av prøvene var at det i indre Holandsfjord var et "vinteraktig" planteplanktonsamfunn. Med det menes at planteplankton-sammensetningen hadde sterke innslag av arter som normalt finnes om vinteren når lystilgangen er

Tabell 3.3. Antall arter/grupperinger inklusivt krageflagellater på 1 og 5 meter på stasjon H2, H4 og H8.

Stasjon Dyp	H2 1 m	H4 1 m	H8 1 m	H2 5 m	H4 5 m	H8 5 m
Antall arter/ grupperinger	18	18	27	28	37	40

dårlig. Dette kan tenkes å ha sammenheng med at høy partikkelkonsentrasjon og dermed liten lysgjennomskinnelighet i vannsøylen har medført at arter med lavt lyskrav har etablert seg i indre Holandsfjord. Prøver for algeanalyse ble tatt kun 3 dager etter at driftsstansen ved kraftverket hadde inntrådt. Sannsynligvis har dette vært alt for kort tid til at et normalt sensommers planteplanktonsamfunn har kunnet utvikle seg innerst i fjorden.

3.4.5 Lysforhold og effekter på vekst av planktonalger

Sollys er et grunnlag for fotosyntesen, og dermed for vekst av planteplankton, dyreplankton og fisk - dvs. produksjonen - i en vannmasse. Breslam reduserer mengden av sollys som trenger ned i vannmassene.

Det ble foretatt målinger av lysforholdene i Storglomvatnet, og i Holandsfjorden på stasjon H2 og H8. Resultatene er vist i fig. 3.11 i form av beregnet %-lysdyp. Det er vanlig å sette 1% lysdyp som nedre grense for nettovekst av planktonalger (eufotisk sone). På stasjon H2 lå 1%-dypet på 23 m, mot 1.4 m i Storglomvatn. For disse to lokalitetene vil de beregnede svekningskoeffisientene til sollyset i vannmassene være 3.3 m^{-1} for Storglomvatn og 0.3 m^{-1} for stasjon H2 i Holandsfjord.

Vi kjenner ikke konsentrasjonen av suspendert materiale i Holandsfjordens overflatelag innenfor Enganeset i juni-juli 1994, men prøver fra avløpsvannet sannsynliggjør at konsentrasjonene der har vært mellom 25-35 mg/l (jfr. kap. 3.3). Med dette som utgangspunkt kan man foreta et grovt regneeksempel og anskueliggjøre hvor 1%-lysdypet teoretisk kunne være på stasjon H2 sommeren 1994.

Vi antar at breslammet var konsentrert til brakkvannslaget i fjorden, og tykkelsen på dette var ca. 1 meter. Ved en saltholdighet omkring 15-20‰ vil man ha en gjennomsnittlig konsentrasjon på ca. 15 mg/l suspendert materiale/l i brakkvannslaget. Ved den konsentrasjonen kan 1%-lysdypet anslås til 15-18 m, som er en reduksjon på 25-30%. Vi understreker usikkerheten i et slikt regneeksempel, spesielt mht. valg av konsentrasjon og tykkelsen av brakkvannslaget. Hadde tykkelsen av det "slamførende laget" vært satt til 1.5 m, ville 1%-lysdypet blitt redusert til omkring 12-14 m. Hvis konsentrasjonen av suspendert materiale på den annen side var 30 mg/l og tykkelsen 1 m, ville teoretisk lysdyp være 8-9 m. Ved 30 mg/l og 1.5 m dyp ville 1%-lysdyp ligge omkring 1.5 m.

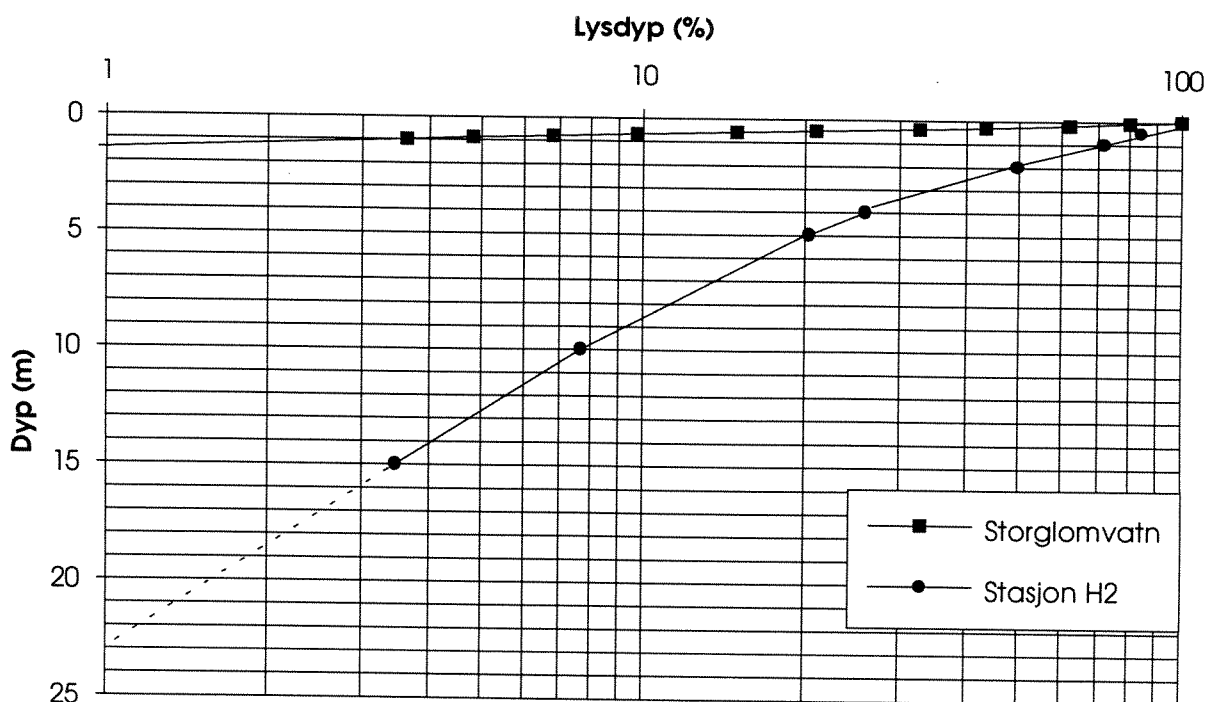


Fig. 3.11. Beregnet lysdyp i prosent av overflatelyset i Storglomvatn 16.8.94 og på st. H2 i Holandsfjord 17.8.94.

Forutsatt at ikke mangel på næringssalter begrenset algeveksten i juni-juli 1994, mener vi at regneeksemplet ovenfor sannsynliggjør at utslippet medførte en reduksjon av fjordens produktive vannlag, med redusert biomasse som resultat. Dette samsvarer med målingene den 17.8.94: lave konsentrasjoner av planteplankton med innslag av arter med lavt lyskrav.

På den annen side har Holandsfjorden også før start av Svartisen kraftverk vært tilført store mengder breslam. Det er sannsynlig at tilstanden juni-juli 1994 var spesielt ille for denne årstiden, men uten data som beskriver forholdene i dette tidsrommet kan man ikke konkret avgjøre hvor spesiell situasjonen var.

4. SAMMENFATTENDE VURDERING

I forhold til formålet med denne undersøkelsen var det ugunstig at den måtte gjennomføres etter at utslippet kraftverket til fjorden hadde vært stoppet i 3 døgn, og at alt vann i dette tidsrommet var overført til Storglomvatn. Dette gjelder særlig formålets pkt. 2 (jfr. side 4).

Vi har ikke grunn til å tro at konsentrasjonen av breslam i takrennene tidligere i sommer har vært vesentlig høyere enn det som ble målt 16. august (<11 mg TSM/l). Derimot er det rimelig å anta at konsentrasjonen av breslam i Storglomvatn i juni-juli 1994 var høyere enn det som ble målt 17. august (30-40 mg TSM/l). Målinger i fjorden ved utløpet fra kraftverket ved tre tidspunkt i tidsrommet 22.7-7.8.94 viste 25-35 mg TSM/l. Dette betyr at breslammet i alt vesentlig kom fra Storglomvatn.

Vi er enig i Statkraft Engineerings vurdering at den høye konsentrasjonen av breslam i Storglomvatn skyldes at vårens nedtapping til omkring 20 m under tidligere minste lavvann blottla store bunnarealer med tykke lag av gammelt breslam. Selve nedtappingen sammen med stor nedbør har medført stor erosjon i disse slambankene og tilsvarende stor transport av slam ut i Storglomvatn.

Effektene i fjorden er som tidligere nevnt vanskelig å bedømme. Svært forenklet kan man vente at et utslipp av breslam gir effekter på tre "nivåer":

1. Uklart og misfarget vann
2. Nedsatt primærproduksjon og biomassetilvekst i vannmassen
3. Effekter av nedslamming på gruntvannssamfunn og på bløtbunnsfaunen på bunnen av fjorden.

Undersøkelsene av tilstanden i Holandsfjorden i 1991-92, før Svartisen kraftverk kom i drift, viste varierende og tildels sterk påvirkning av partikulært materiale i fjordens overflatelag og bunn (Holte et al., 1994). Målinger av siktedyp i august-september 1991 og 1992 illustrerer dette (fig. 4.1). Målingene i 1991 ble tatt i en periode med mye vind og nedbør og sannsynligvis stor avrenning/erosjon fra land, og man kan ikke se bort fra at anleggsarbeide bidro til dette. Selv om det ikke finnes god dokumentasjon av det, kan man anta at Holandsfjorden også før reguleringen periodevis var preget av breslam. Avrenningen og dermed også slamtransporten har vært størst i juli-september, oftest med et maksimum i august. En konsekvens av reguleringen er imidlertid at slamutslippet i større grad enn før tilføres i fjordens innerste del.

Da prøvene og målingene ble utført 17.8.94 var fjordvannet forholdsvis klart. På den annen side er det ikke tvil om at tilstanden i juni-juli var preget av både misfarging og av dårlig sikt. Forklaringen på tilstanden da målingene ble utført er sannsynligvis en kombinasjon av at slammengden i avløpet ble redusert ettersom erosjonen til Storglomvatn stoppet samtidig som andelen av vann fra takrennene økte, og at fjorden "renset seg" (sedimentasjon + transport ut av systemet) i de tre døgnene som gikk mellom utslippet stoppet og målingene ble utført.

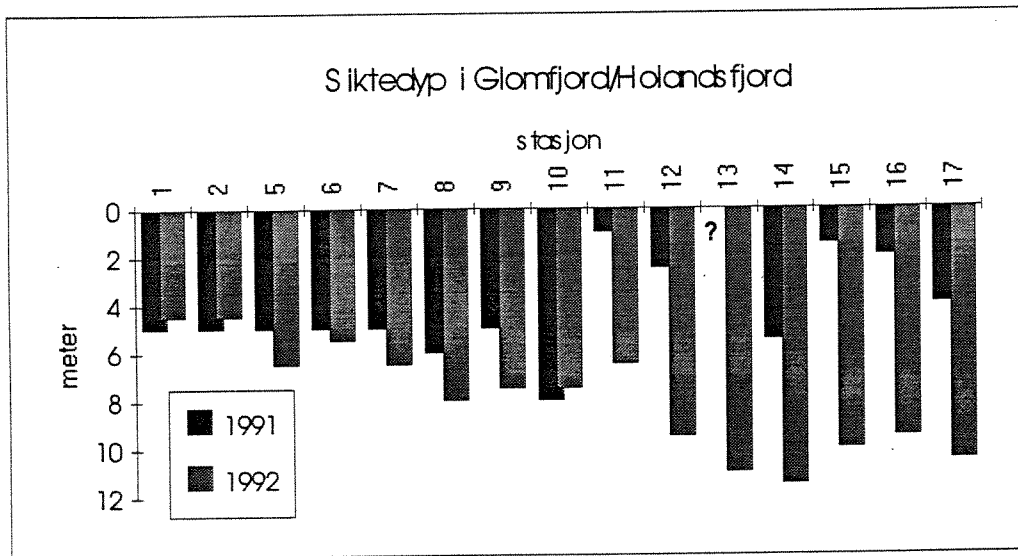


Fig. 4.1 Siktedyp i Glomfjord (st. 1-10) og Holandsfjord (st. 11-17) i september 1991 og september 1992 (fra Holte et al., 1994). I Holandsfjord lå st. 11 (innerst), 13, 15 og 16 på nordsiden av fjorden innenfor Enganaset.

Overslagsberegninger sannsynliggjør at utslippet sommeren 1994 medførte en betydelig forverring av lysklimaet i fjorden. Konsekvensen av dette vil være forbigående nedsatt primærproduksjon og biomassetilvekst i fjorden. Størrelsen av denne effekten og hvor lenge den kan vedvare, er det ikke mulig å anslå.

Effekter på "nivå 3" har man ingen opplysninger om. Det skal imidlertid nevnes at undersøkelsene i 1991-92 viste en meget stor sedimentasjon av partikulært materiale i Holandsfjordens indre del, noe som antas å forklare at analyser av bløtbunnsfaunaen viste økende miljøpåvirkning innover i fjordsystemet (Holte et al., 1994). I hvilken grad oppstart av Svartisen kraftverk og utslippene sommeren 1994 har endret miljøpåvirkningen av organismesamfunnene i strandsonen og på bløtbunn er ukjent.

5. LITTERATUR

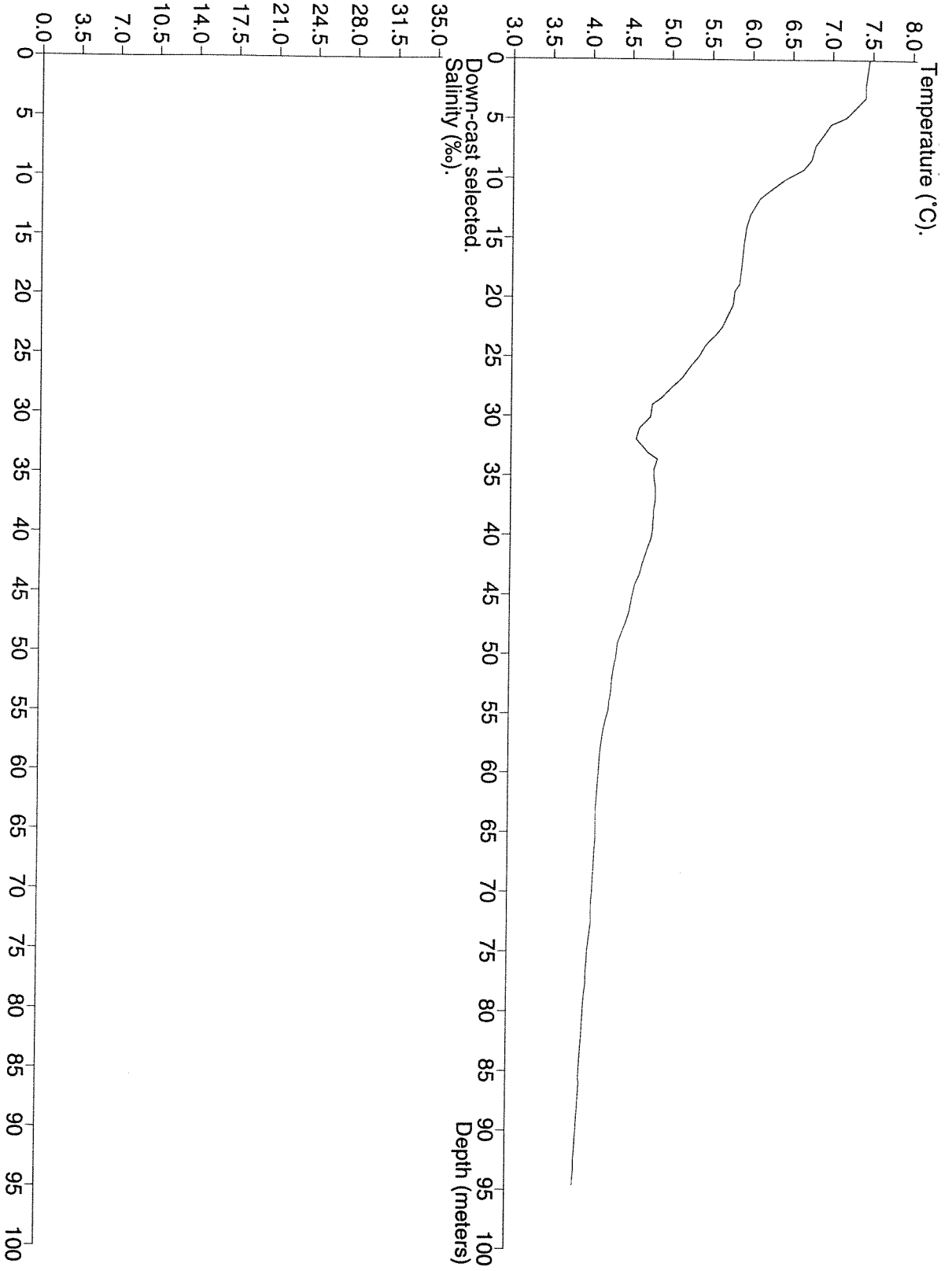
- Holte, B., Johnsen, T., Knutzen, J., Molvær, J., Næs, K., Pedersen, A. og Walday, M., 1994: Undersøkelser av miljøforhold i Glomfjord og Holandsfjord i 1991-92. Delrapport 1. Vannkjemi, biologi og sedimentasjon i Holandsfjord. Statlig program for forurensningsovervåking, rapport nr. 569/94. NIVA-rapport nr.3058. Oslo.
- Lømsland, E., 1985: Fytoplanktonets produksjon, biomasse, artssammensetning og miljøforhold i Spjeldnesosen, Lindåpollene 1977-78. Hovedfagsoppgave. Universitetet i Bergen. 321 sider.
- Molvær, J., Holte, B., Johnsen, T.M. og Sørensen, K., 1994: Prosjektforslag: Undersøkelser av miljøvirkninger fra utslipp av breslam fra Svartisen kraftverk. Bergen/Oslo/Tromsø. 6 sider.
- Ryther, J.H., 1956: Phytosynthesis in the ocean as a function of light intensity. - *Limnol. Oceanogr.*, 1:61-70.
- Stigebrandt, A. og Molvær, J., 1994: Undersøkelser av miljøforhold i Glomfjord og Holandsfjord i 1991-92. Delrapport 2. Modellsimulering av effekter av endret ferskvannstilførsel til Holandsfjord. Statlig program for forurensningsovervåking, rapport nr. 570/94. NIVA-rapport nr. 3060. Oslo.

VEDLEGG 1

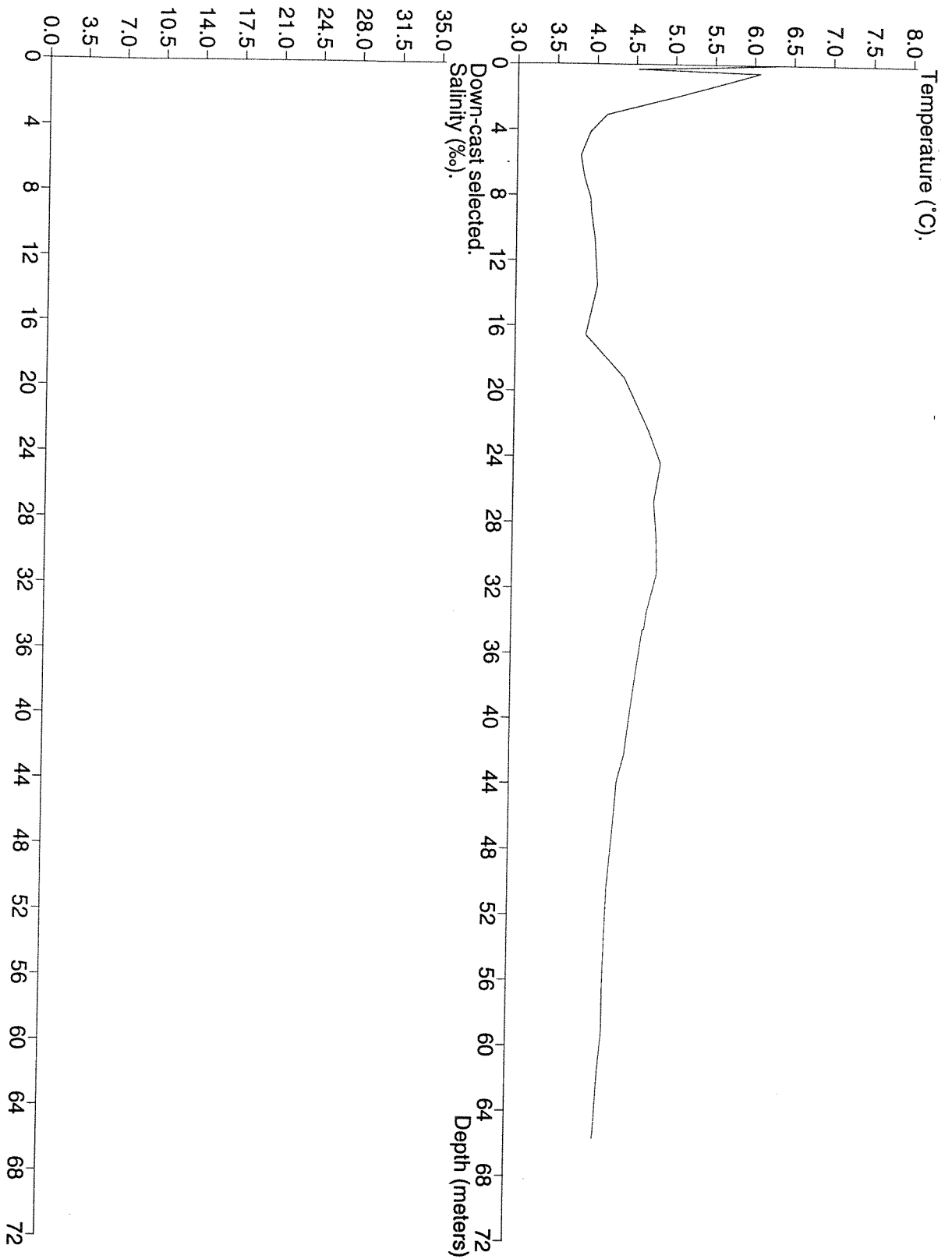
Data fra målinger i Storglomvatn og fra brevatn i takrennene den 16.8.94, fra utløp kraftverket (tatt av lokalt personell i juli 1994) og fra Holandsfjorden den 17.8.94.

Dato	Tid	St.	Siktedyp (m)	Dyp m	Turb FTU	TSM mg/l	STS mg/l	SGR mg/l	KLA µg/l
Storglomvatn									
16/08/94	17:00		0.3	0	28	32.4	31.5	29.5	
16/08/94	17:00			5	31		33	31	
16/08/94	17:00			10	31		35	31.5	
16/08/94	17:00			20	32		33.5	31.5	
16/08/94	17:00			30	29		33.5	30.5	
16/08/94	17:00			40	29		31.5	29	
16/08/94	17:00			45	38		39	37	
16/08/94	17:00			50	34		39	36.5	
16/08/94	17:00			55	53		56.5	54.5	
Takrenne syd									
16/08/94	20:00			0	6.2	10.7	10.7	10.4	
Takrenne nord									
16/08/94	21:30			0	1.7	2.62	2.5	2.2	
Utløp kraftverket									
22/07/94	-			0	17	25.6	24.3	22	
27/07/94	18:00			0	25	35.1	34.4	32.4	
07/08/94	08:00			0	23	31.7	30.4	28.8	
Holandsfjorden									
17/08/94	09:20	H1	5.7	1	1.35	1.55	1.5	0.87	0.49
17/08/94	10:25	H2	6.3	1	1.15	1.32	1.4	1.2	0.57
17/08/94				5	0.51	0.83			1.09
17/08/94				10	0.4	0.57			0.42
17/08/94	10:30	H3	7.2	1	1.1	1.04			0.49
17/08/94	12:06	H4	8.8	1	1.2	1.26	1.3	0.8	0.39
17/08/94				5	0.46	0.54			0.86
17/08/94				10	0.43	0.54			1.3
17/08/94				20	0.36	0.4			0.57
17/08/94	13:10	H5	8.6	0.5	1.2	1.19			0.3
17/08/94	13:35	H6	9.2	0.5	0.54	0.69			0.7
17/08/94	14:00	H7	7.8	0.5	0.64	0.84	1.1	0.47	0.86
17/08/94	14:30	H8	9	1	0.82	0.89	0.7	0.3	0.55
17/08/94				5	0.41	0.43			0.86
17/08/94				10	0.38	0.43			1.09

TEMPERATURPROFIL LENGST FRA VANNINNTAK I STORGLOMVATN



TEMPERATURPROFIL NÆRMEST VANNINNTAK I STORGLOMVATN



VEDLEGG 2

Målinger av temperatur og saltholdighet i Holandsfjorden 17.8 1994

Stasjon H1, 17.8 1994

Depth m	Salinity ‰	Temp. °C
0	12.2	9.6
1	23.492	11.64
2	28.327	12.74
3	29.405	12.81
4	29.668	12.60
5	30.132	11.61
6	30.488	10.96
7	30.715	10.56
8	30.954	10.17
10	31.514	9.43
12	31.977	8.94
14	32.209	8.69
16	32.386	8.41
18	32.506	8.20
20	32.586	8.07
25	32.800	7.60
30	33.072	7.07

Stasjon H2, 17.8 1994

Depth m	Salinity ‰	Temp. °C
0	9.7	9.6
1	25.666	11.56
2	29.317	13.01
3	29.451	12.83
4	29.867	12.26
5	30.126	11.67
6	30.450	11.07
7	30.848	10.34
8	31.056	10.04
10	31.551	9.41
12	32.020	8.91
14	32.254	8.63
16	32.365	8.49
18	32.443	8.37
20	32.583	8.10
25	32.834	7.54
30	33.041	7.16
35	33.160	6.80
40	33.260	6.60
45	33.320	6.37
50	33.419	6.08
60	33.917	5.14
70	34.061	4.92
80	34.076	4.87
90	34.090	4.87

Stasjon H3, 17.8 1994

Depth m	Salinity ‰	Temp. °C
0	12.4	10.7
1	23.574	12.13
2	28.952	13.79
3	29.897	13.62
4	30.191	13.29
5	30.399	12.94
6	30.623	12.64
7	30.688	12.53
8	30.759	12.15
10	31.348	11.05
12	31.820	10.36
14	32.178	9.66
16	32.406	9.25
18	32.712	9.23
20	32.805	9.24
25	32.872	8.47
30	33.210	8.02
35	33.316	7.73
40	33.519	7.29
45	33.574	7.02

Stasjon H4, 17.8 1994

Depth m	Salinity ‰	Temp. °C
0	17.0	12.8
1	26.617	13.44
2	28.978	13.98
3	29.527	13.94
4	29.901	13.76
5	30.083	13.58
6	30.225	13.41
7	30.363	13.13
8	30.699	12.63
10	31.292	11.56
12	31.749	10.71
14	32.389	10.11
16	32.758	9.83
18	32.943	9.44
20	33.066	9.05
25	33.264	8.54
30	33.416	8.11
35	33.535	7.79
40	33.570	7.37
45	33.670	7.10
50	33.710	6.43

Stasjon H5, 17.8 1994

Depth m	Salinity ‰	Temp. °C
0	18.2	12.1
1	22.500	12.19
2	27.837	13.92
3	29.887	14.23
4	30.399	13.78
5	30.580	13.46
6	30.652	13.21
7	30.764	13.12
8	30.884	12.84
10	31.391	11.78
12	31.701	10.57
14	32.225	10.21
16	32.583	10.03
18	32.706	9.90
20	32.866	9.47
25	33.052	8.83
30	33.229	8.26
35	33.323	7.84
40	33.400	7.52
45	33.518	7.13
50	33.463	6.38
60	33.917	5.00
70	34.050	4.81
80	34.071	4.74
90	34.112	4.66

Stasjon H6, 17.8 1994

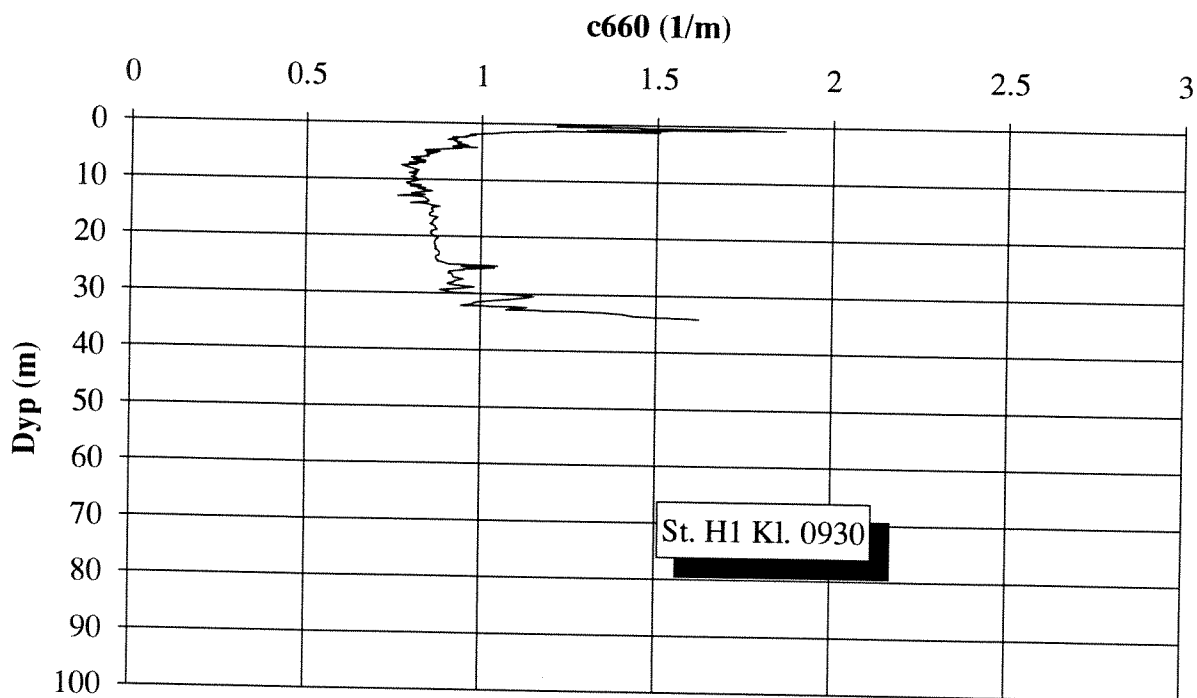
Depth m	Salinity ‰	Temp. °C	Sigma T kg/m ³	Sound vel. m/s
0	-	-	-	-
1	24.563	12.99	18.368	1487.99
2	27.172	13.84	20.214	1494.09
3	29.360	14.19	21.826	1497.98
4	29.866	13.66	22.320	1497.00
5	30.168	13.17	22.649	1495.86
6	30.276	12.99	22.766	1495.56
7	30.485	12.79	22.966	1495.29
8	30.738	12.16	23.278	1493.62
9	30.893	11.70	23.483	1492.35
10	31.030	11.41	23.641	1491.67
12	31.272	11.13	23.877	1491.34
14	31.749	10.32	24.386	1489.36
16	32.292	10.05	24.852	1489.36
18	32.428	9.65	25.026	1488.38
20	32.592	9.42	25.190	1488.09

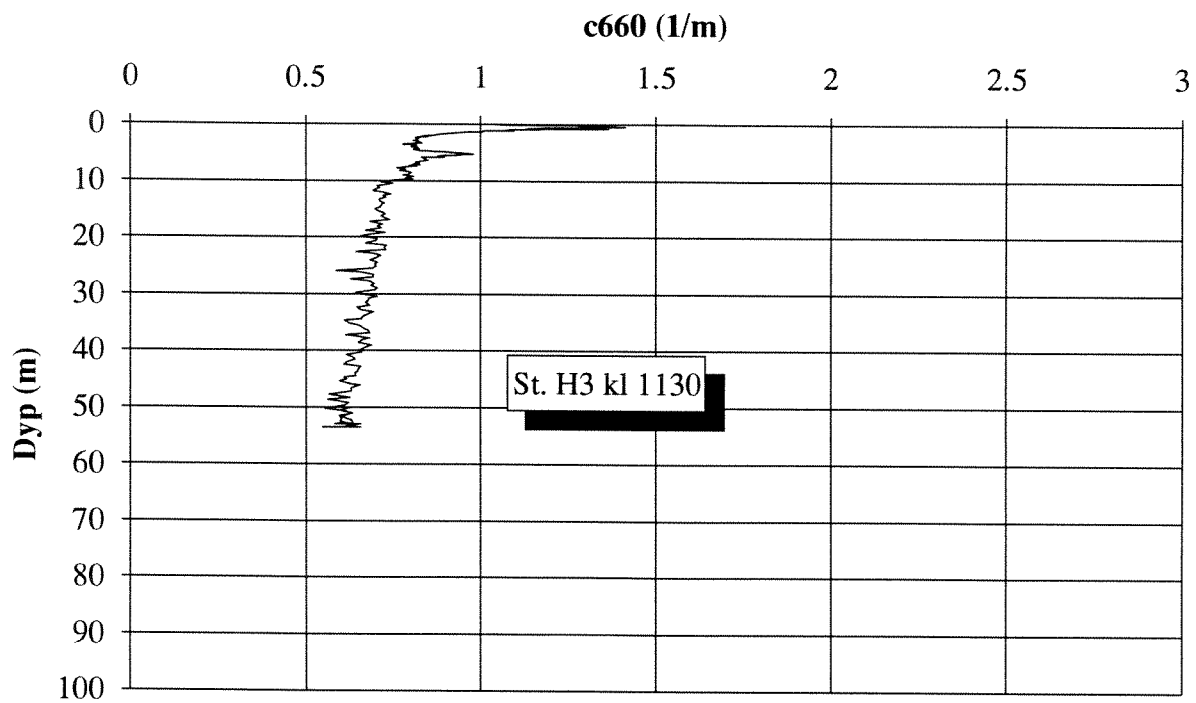
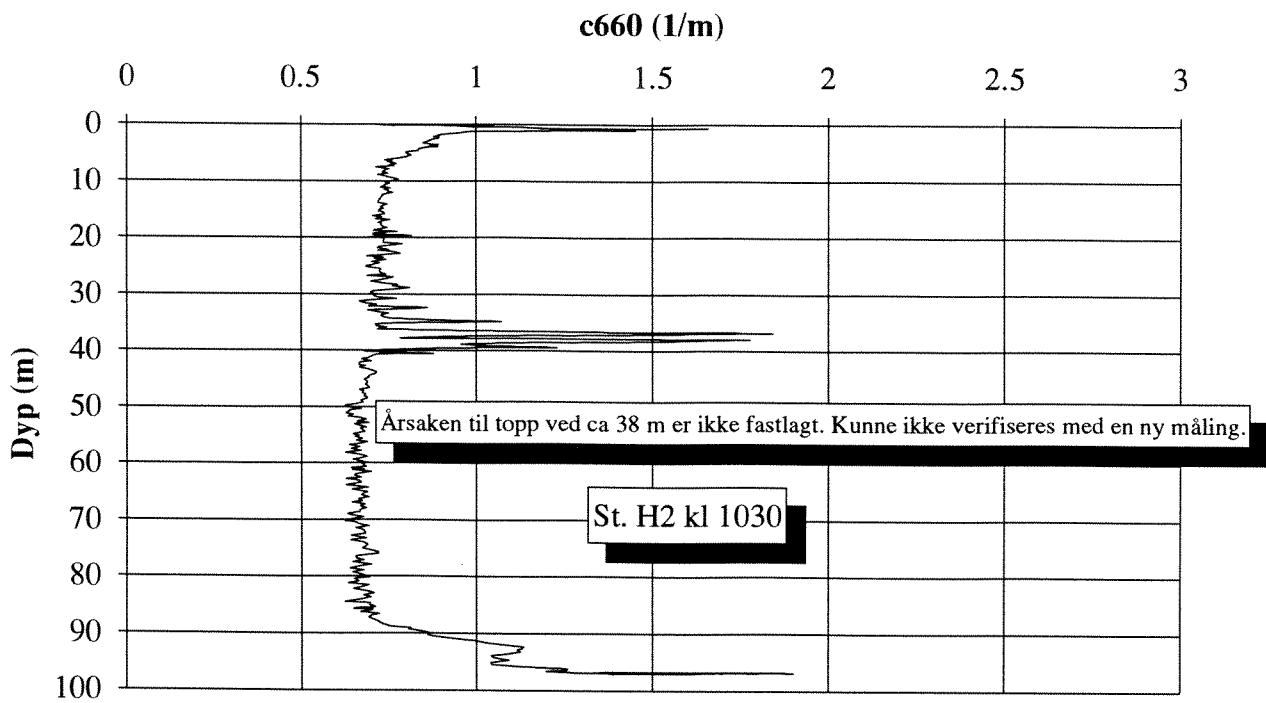
Stasjon H8, 17.8 1994

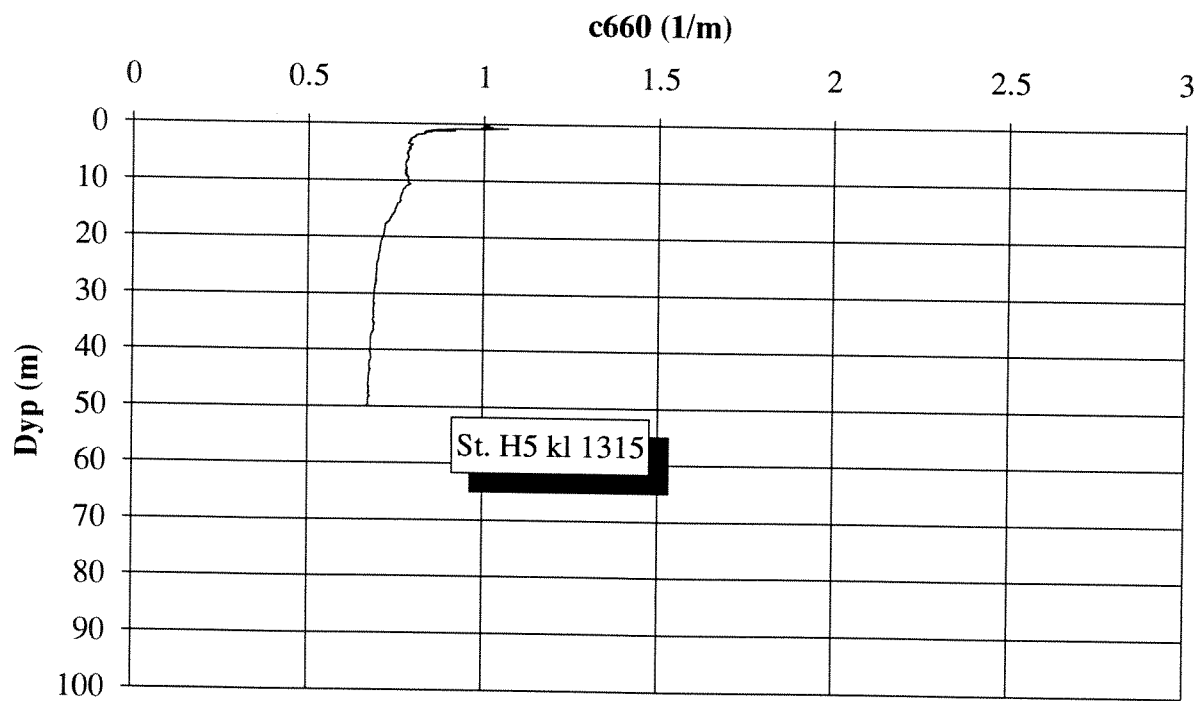
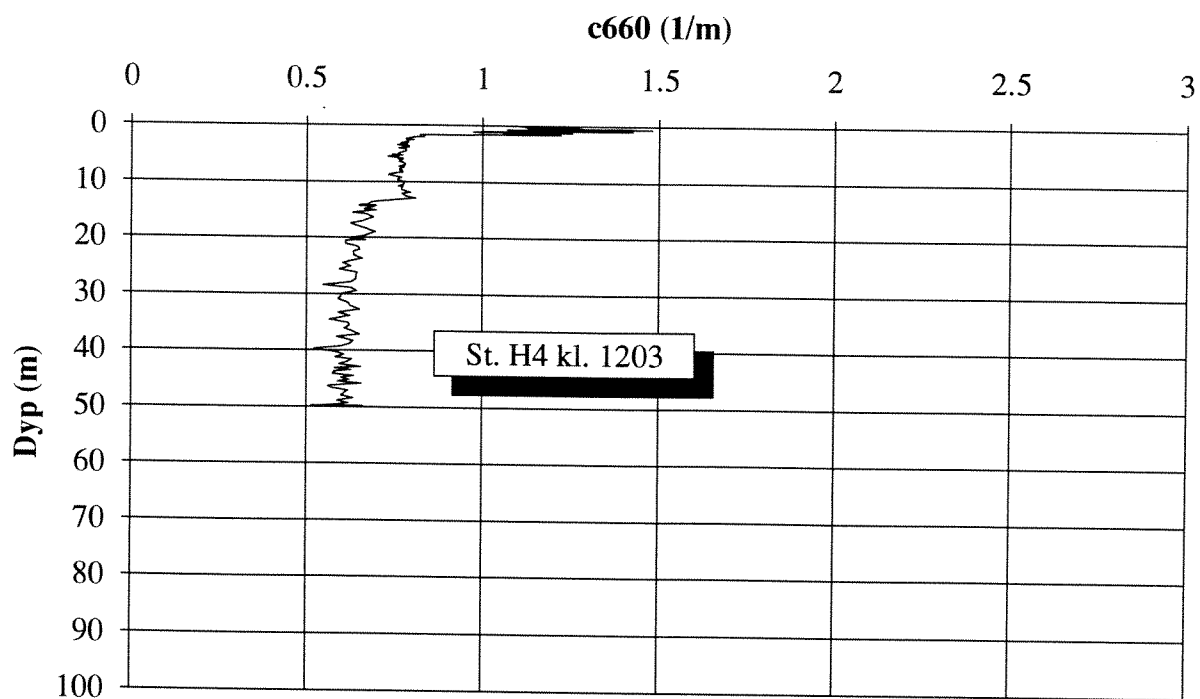
Depth m	Salinity ‰	Temp. °C	Sigma T kg/m ³	Sound vel. m/s
0	16.0	14.1		
1	24.528	13.18	18.307	1488.60
2	28.477	14.22	21.142	1496.88
3	29.849	14.31	22.176	1498.95
4	30.214	13.98	22.524	1498.46
5	30.440	13.70	22.754	1497.95
6	30.489	13.39	22.852	1497.18
7	30.601	13.30	22.957	1497.14
8	30.728	13.01	23.111	1496.48
9	30.990	12.39	23.431	1494.86
10	31.166	11.81	23.674	1493.22
12	31.747	10.53	24.349	1489.77
14	32.176	10.33	24.716	1489.92
16	32.431	10.14	24.948	1489.83
18	32.491	9.86	25.039	1489.25

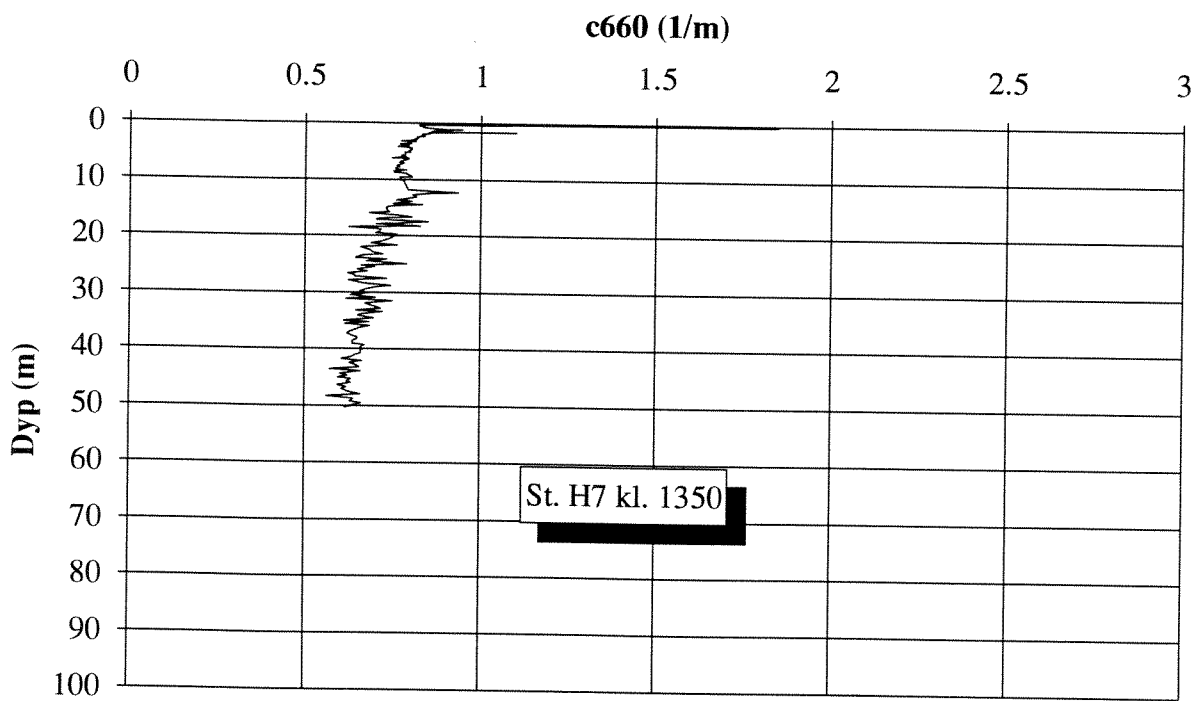
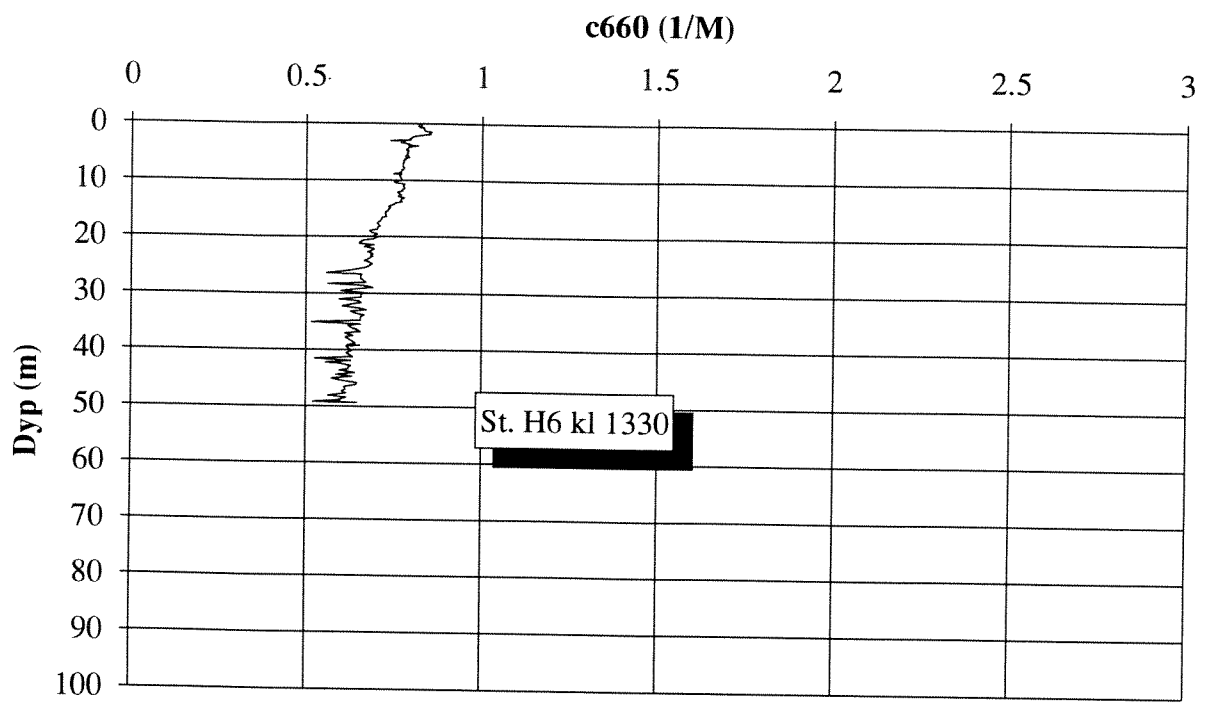
VEDLEGG 3

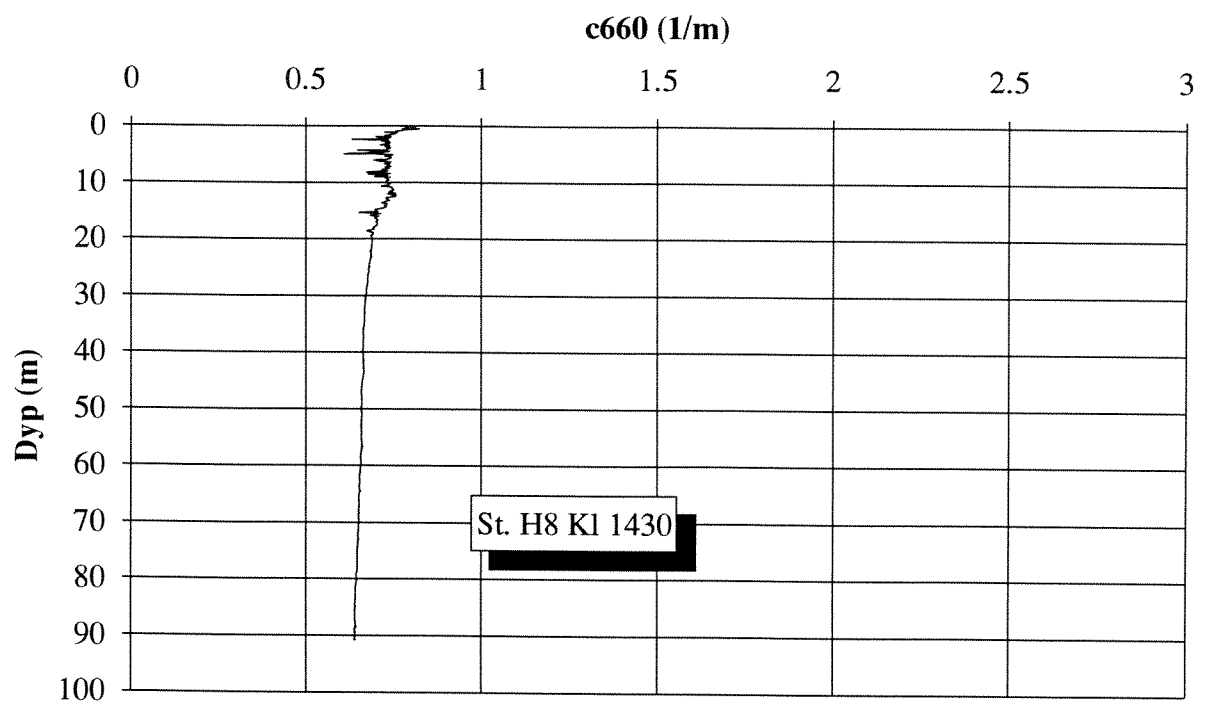
Vertikalprofiler av transmisjon uttrykt ved svekningskoeffisienten $c_{660} \text{ m}^{-1}$











VEDLEGG 4

Resultater fra algetellinger av prøver tatt i
Holandsfjorden 17.8.94. Tallene angir celler pr.
liter

Stasjon Dyp	H1 1 m	H4 1 m	H8 1 m	H1 5 m	H4 5 m	H8 5 m
CRYPTOPHYCEAE						
Hemiselmis sp.				88,900		17,800
Leucocryptos marina			4,400	8,900	8,900	35,600
Cf. Plagioselmis spp.	13,300	44,500	88,900	8,900	17,800	62,300
Teleaulax cf. acuta	4,400	320,200	160,100	213,400	151,200	115,600
DINOPHYCEAE						
Amphidinium cf. crassus						600
Cachonina niei						8,900
Ceratium furca					200	
C. fusus	200			600	600	1,000
Dinophysis acuminata				400		
D. rotundata				200		
Entomosigma peridinioides		4,400	8,900			
Gymnodinium elongatum						5,500
cf. Gyrodinium estuariale			4,400	13,300	1,100	8,900
Gyrodinium sp. (60 µm)				400	1,100	600
Heterocapsa triquetra	200				1,100	600
Katodinium glaucum		4,400				600
K. rotundatum		8,900		57,800	8,900	17,800
Oxytoxum sp.						600
Proocentrum balticum						2,200
Protoperidinium pellucidum						200
Protoperidinium spp.				400	200	
Scrippsiella trochoidea			1,100		2,200	3,900
Torodinium robustum	200			400	600	
Ubest. athec. dinofl., <10 µm	8,900		4,400	4,400	63,200	53,400
" " " , 10-20 µm	35,600	8,900	17,800	22,200	97,800	62,300
" " " , 20-30 µm	4,400			4,400	1,100	4,400
" " " , >30 µm	13,300			200	200	600
Ubest. thec. dinofl., 10-20 µm					8,900	
" " " , 20-30 µm			600		2,200	1,100
" " " , >30 µm		200				
PRYMNESIOPHYCEAE						
Chrysochromulina spp., <10 µm		71,200	213,500	8,900	400,200	97,800
C. spp., >10 µm					8,900	35,600
Emiliania huxleyi			44,500		71,200	17,800
CHRYSOPHYCEAE						
Dictyocha speculum				17,800		
Dinobryon petiolatum	4,400		8,900		8,900	8,900
Dinobryon sp.			8,900			
Pseudopedinella/Apedinella sp.	8,900	4,400		8,900	26,700	35,600

VEDLEGG 4, forts.

Stasjon Dyp	St. 2 1 m	S. 4 1 m	St. 8 1 m	St. 2 5 m	S. 4 5 m	St. 8 5 m
BACILLARIOPHYCEAE						
Chaetoceros affinis						800
C. danicus			600			
Chaetoceros spp.					600	1,700
Cylindrotheca closterium					600	
Leptocylindrus minimus		400	4,400		11,100	
Pseudonitzschia pseudodelicatissima/ delicatissima			600	2,800	8,800	124,500
Rhizosolenia fragilissima			4,400			
Skeletonema costatum		600	1,100		5,500	2,200
Thalassionema nitzschioides	2,200		5,000	5,500	3,300	9,900
Ubestemte sentriske diatomeer	13,900	13,300	124,500	4,400	43,400	213,500
Ubestemte pennate diatomeer	4,400		4,400			
EUGLENOPHYCEAE						
Ubestemt euglenophyce						8,900
PRASINOPHYCEAE						
Pachysphaera sp.			4,400			
Pyramimonas spp.		22,200	8,900	48,900	26,700	26700
UKLASSIFISERTE ALGER						
Ubestemte flagellater, <5 µm	17,800	26,700	409,100	142,300	1,316,300	160,100
" " , 5-10 µm	4,400	44,500	124,500	26,700	195,700	177,900
" " , 10-20 µm					8,900	
Ubestemte monader, <5 µm	124,500	444,700	818,200	675,900	960,600	391,300
" " , 5-10 µm	35,500	26,700	88,900	17,800	71,200	160,100
" " , >10 µm		4,400				
Krageflagellater			4,400	8,900	17,800	17,800
Ciliater	4,400	6,600	1,700	13,300	7,700	4,400