



Statlig program for
forurensningsovervåking

Rapport 170/84

Oppdragsgiver

Statens forurensningstilsyn

Utførende institusjon NIVA

Basisundersøkelser i

Hvalerområdet og Singlefjorden

Hydrografi, vannutskifting og
hydrokjemi



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Hovedkontor
Postadresse:
Postboks 333
0314 Oslo 3
Brekkeveien 19
Telefon (02)23 52 80

Sørlandsavdelingen
Postadresse:
Grooseveien 36
4890 Grimstad
Telefon (041)43 033

Østlandsavdelingen
Postadresse:
Rute 866, 2312 Ottestad
Postgiro: 4 07 73 68
Telefon (065)76 752

Rapportnummer:

0-8000303

Undernummer:

1684

Løpenummer:

X

Begrenset distribusjon:

Fri

Rapportens tittel: Basisundersøkelser i Hvalerområdet og Singlefjorden. Hydrografi, vannutskiftning og hydrokjemii. (Overvåkingsrapport nr. 170/84)	Dato: 7/11 1984
Forfatter(e): Jan Magnusson Jens Skei	Prosjektnummer: 0-8000303
	Faggruppe: HYDRØØKOLOGI
	Geografisk område: Østfold
	Antall sider (inkl. bilag): 103

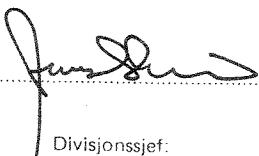
Oppdragsgiver: Statens Forurensningstilsyn (Statlig program for forurensningsovervåking)	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
--	----------------------------------

Ekstrakt:
Glommas influensområde bestemmes av vannføring og vind. Ved flom presses saltvannet tilbake nederst i elva og brakkvannet kan følges forbi Torbjørnskjør. Glommas influensområde øker ved østlig eller nordøstlig vind. Om sommeren varierer oppholdstiden på ferskvannet innenfor Hvalerøyene mellom 5 og 9 døgn. Vannutskiftningen i området er god (3-4 ganger pr. år), men pga. stor organisk belastning er oksygenet redusert i dypbassengene i Løperen og vestlige deler av Singlefjorden. Området innenfor Hvaler-øyene har grumset vann (1-2 m sikt om sommeren), men sikten øker med økende avstand fra Fredrikstad. Bortsett fra i enkelte kiler er planktonmengden i hovedvannmassene forholdsvis liten, til tross for høye næringsssaltkonsentrasjoner. Dårlig sikt i vannet kan være en av årsakene til liten planktonvekst. Store mengder organisk materiale i vannet skyldes tilførsler fra land via Glomma og Iddefjorden. Bakterieinnholdet i Vestereelva, Østerelva og øvre deler av Løperen tilfredsstillende ikke kravet til badevannskvalitet.

4 emneord, norske:
1. Statlig overvåkingsprogram
2. Hvalerområdet og Singlefjorden
3. Hydrografi
4. Vannutskiftning
Hydrokjemii
Overvåkingsrapport 170/84

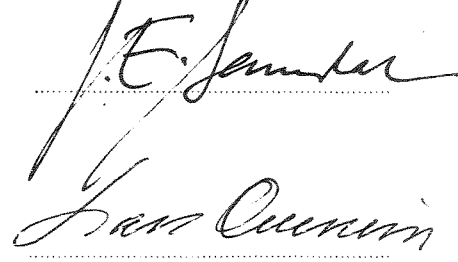
4 emneord, engelske:
1. National monitoring
2. Hvaler area and Singlefjorden
3. Hydrography
4. Water renewal
Hydro chemistry

Prosjektleder:


Divisjonssjef:



For administrasjonen:



ISBN 82-577-0862-3



Statlig program for forurensningsovervåking

0-8000303

Basisundersøkelser
i
Hvalerområdet og Singlefjorden

Hydrografi, vannutskiftning og hydrokjemii

Oslo, 7/11 1984

Prosjektleder : J. Skei

Forfattere : J. Magnusson

J. Skei

Medarbeider: K. Sørensen

For administrasjonen : J.E. Samdal

Lars N. Overrein

F o r o r d

Etter oppdrag fra Statens forurensningstilsyn i 1979 har Norsk institutt for vannforskning (NIVA) gjennomført basisundersøkelser i Hvaler/Singlefjorden som et ledd i Statlig program for forurensningsovervåking.

Foreliggende rapport er den tiende i serien av delrapporter.

Rapporten bygger i stor del på data innsamlet av lokale medarbeidere. Vi vil spesielt takke Anders Flingtorp, Sponvika, som har bidratt med den tyngste delen av dette arbeidet og som dessuten har bidratt med verdifull informasjon om området.

Vi vil videre takke personalet på Struten og Torbjørnskjær fyr, Skjebergkilens renseanlegg og Aage Nilsen i Fredrikstad for innsamling av prøvemateriale. Analyser av lignin og humus er utført av G. Nyquist ved Göteborgs Universitet.

Ved NIVA har Frank Kjellberg og Kai Sørensen deltatt i feltarbeid, og Einar Andersen har vært skipsfører på instituttets forskningsfartøy H.H. Gran.

Rapporten er skrevet av Jan Magnusson og Jens Skei (kap. 9). Klorofyll- og fluorescens målinger er utført og vurdert av Kai Sørensen.

Oslo, november 1984

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side:
FORORD	2
SAMMENDRAG	9
1. INNLEDNING	14
2. MATERIALE OG METODER	17
3. TOPOGRAFI	20
4. FERSKVANNSTILFØRSLER	24
5. FERSKVANNETS SPREDNING, FORTYNNING OG OPPHOLDSTID	29
5.1 Ferskvannets spredning	29
5.2 Ferskvannets fortytning - spredning av forurensninger	43
5.3 Ferskvannets oppholdstid	53
6. HYDROGRAFI OG DYPVANNSSUTSKIFTNINGER	56
7. SIKTEDYP, TURBIDITET OG SEDIMENTASJON	63
8. PLANTEPLANKTON - KLOROFYLL <u>a</u>	73
9. HYDROKJEMI	79
9.1 Fosfor	79
9.2 Nitrogen	84
9.3 Total organisk karbon	89
9.4 Oksygen	93
9.5 Lignin	95
10. BADEVANNSKVALITETEN I NÆROMRADENE TIL FREDRIKSTAD	98
11. LITTERATUR	102

TABELLER

	Side:
Tabell 2.1 Hydrografiske observasjoner 1980-81 (utført av NIVA fra F/F. H.H. Gran).	16
Tabell 2.2 Lokale observasjoner.	17
Tabell 2.3 Oversikt over hydrokjemiparametre, antall stasjoner pr. tokt og tidspunkt for prøveinnsamling i perioden 1980-82.	18
Tabell 4.1 Vannføring ved Solbergfossen (Q), sprangsjikt (H), ferskvannsandel (f) og beregnet transport i Vestereelva og Østereelva 1982 (B = bredde ved stasjon).	28
Tabell 5.1 Sammenligning av midlere saltholdighet i overflatelaget sommerstid. (Observasjoner med stor frekvens og de fem overflatetoktene i 1980).	35
Tabell 5.2 Ferskvannsandelen (f) i overflatelaget (H) mai-september 1980-82 på utvalgte stasjoner i Hvaler/Singlefjorden.	48
Tabell 5.3 Vannføring i Glomma (Østereelva og Vestereelva), ferskvannsmengden (V_f), ferskvannets oppholdstid (T_f) fra 5 tokt 1980.	55
Tabell 7.1 Observasjoner (0,5 m dyp) fra stasjon AH (turbid Glommavann) og stasjon AI (sjøvann) den 20.5.81.	63
Tabell 9.1 Gjennomsnittskonsentrasjoner av total nitrogen, fosfor og karbon i overflatevann fra Singlefjorden og Hvalerområdet på 6 tokt i perioden april - oktober 1980.	81
Tabell 9.2 Gjennomsnittskonsentrasjoner av total nitrogen og fosfor i overflatevann fra Singlefjorden og Hvalerområdet i perioden mai - september 1981. (Standardavvik i parentes).	82

Tabeller (fortsatt)

Side:

Tabell 9.3	Gjennomsnittskonsentrasjoner av total nitrogen, fosfor og karbon i overflatevann fra Singlefjorden og Hvalerområdet i perioden mai - september 1982. (Standardavvik i parentes).	82
Tabell 9.4	Gjennomsnittskonsentrasjoner av lignin og humus i overflatevann fra Singlefjorden og Hvalerområdet i perioden mai - september 1982.	95
Tabell 10.1	Termotolerante koliforme bakterier 1982.	100
Tabell 10.2	Termotolerante koliforme bakterier 1983.	100

FIGURER

	Side:
Fig. 2.1 Stasjonsnett 1980-82	19
Fig. 3.1 Inndeling av området for areal og volumberegninger	21
Fig. 3.2 Arealfordeling i Hvaler/Singlefjorden	23
Fig. 4.1 Median, 10- og 90- percentiler av vannføringer i Glomma (1960-73) ved Solbergfoss	25
Fig. 4.2 Varighetskurve - Glomma	26
Fig. 4.3 Vannføring i Glomma 1980-82	27
Fig. 5.1 Strømsystem i et kystområde med elveutløp	30
Fig. 5.2 Saltholdigheten i Løperen 16.4.80 (øverst) og vertikalprofiler 20.7.80 (nederst)	31
Fig. 5.3 Saltkilen i Glomma - Østerelva 2.7.80	32
Fig. 5.4 Gjennomsnittlig overflatesaltholdighet (0,5 m dyp) fra 5 tokt sommeren 1980	34
Fig. 5.5 Varighetskurve for overflatesaltholdighet i Gansrødbukta, Øra 22.4-16.9 1980, samt saltholdighetens avhengighet av vindretning	38
Fig. 5.6 Varighetskurve for overflatesaltholdigheten i Skjebergkilen sommer - høst 1980	39
Fig. 5.7 Overflatesaltholdigheten ved Torbjørnskjær fyr samt vannføringen i Glomma 1980-81	40
Fig. 5.8 Overflatesaltholdigheten ved Struten fyr og vannføringen i Glomma 1980	41
Fig. 5.9 Varighetskurver for overflatesaltholdigheten ved Torbjørnskjær og Struten fyr sommeren 1980-81	43
Fig.5.10 Varighetskurver for saltholdighet på forskjellige dypisommerhalvåret på stasjonene L2, L6, L8 og S9	44
Fig.5.11 Midlere (5 tokt sommeren 1980) brakkvannsandel (Glomma-vann) på 0,5 meters dyp på forskjellige stasjoner i Hvaler/Singlefjorden	46
Fig.5.12 Ferskvannsandel sommerstid i overflatelaget på stasjon L6 og L14 samt vannføringen i Glomma	50
Fig.5.13 Ferskvannsandel sommerstid i overflatelaget på stasjon L8 og S9 samt vannføringen i Glomma	50

Figurer fortsatt	Side.
Fig. 6.1 Temperatur ($^{\circ}\text{C}$) og saltholdighet ($^{\circ}/\text{oo}$) i Singlefjorden (stasjon S9) 1980-82 (piler viser observasjonstidspunkt)	57
Fig. 6.2 Temperatur (øverst) og saltholdighet (nederst) i Kosterfjorden - Singlefjorden 6.10.80	58
Fig. 6.3 Saltholdighet (øverst) og temperatur (nederst) på stasjon L6 (Løperen) 1980-81. (Piler viser observasjons-tidspunkt)	60
Fig. 6.4 Oksygenkonsentrasjonen (ml/l) 1980 på stasjonene L6, L15 og L8. (Piler viser observasjons-tidspunkt)	61
Fig. 6.5 Oksygenkonsentrasjonen (ml/l) 1980 på stasjonene S9 og V9 1980 (Piler viser observasjons-tidspunkt)	62
Fig. 7.1 Gjennomsnittlig siktedyp (m) fra 5 tokt sommeren 1980	64
Fig. 7.2 Varighetskurver for siktedyp fra ukentlige observasjoner sommerstid 1980 fra stasjonene L1, L2, L5, L6, L7, L8, L9, L14, V14, V15, S6, S9 og Skjebergkilen	65
Fig. 7.3 Turbiditet - saltholdighet 19-20.5.81	67
Fig. 7.4 Transmisjonsmålinger (%) 6.10.80 i Østerelva - Løperen	68
Fig. 7.5 Relativ beregnet tilførsel - transport og sedimentasjon av suspendert partikulært materiale i Hvaler/Singlefjorden	69
Fig. 7.6 Kart over beregnet relativ sedimentasjon i Hvaler/Singlefjorden	71
Fig. 8.1 Gjennomsnittlig overflatekonsentrasjon (0,5 meters dyp) av klorofyll <u>a</u> ($\mu\text{g/l}$) fra 5 tokt sommeren 1980	74
Fig. 8.2 Saltholdighet ($^{\circ}/\text{oo}$) og klorofyll <u>a</u> ($\mu\text{g/l}$) (gjennomsnittsverdier fra 5 tokt sommeren 1980)	75
Fig. 8.3 Overflatekonsentrasjoner av klorofyll <u>a</u> 1981-82 på stasjonene S9 og Skjebergkilen. (Piler viser observasjonstidspunkt)	77
Fig. 8.4 Overflatekonsentrasjoner av klorofyll <u>a</u> 1981-82 på stasjonene L5 og L8. (Piler viser observasjonstidspunkt)	77
Fig. 8.5 Vertikalfordeling av omtrentlig planteplankton-mengde målt som <u>in situ</u> klorofyllfluorescens (ISF) og transmisjon (% T) i fronten mellom Glomma-vann (stasjon N) og sjøvann (stasjon 0) den 20.5.81. Avstand mellom stasjonene ca. 2 meter.	78

Figurer fortsatt

	Side:
Fig. 9.1 Fordeling av total fosfor i overflatevann på 5 stasjoner i området Øra - Løperen på 5 tidspunkt i 1980	83
Fig. 9.2 Variasjoner i konsentrasjonen av total nitrogen med økende saltholdighet (S6 ligger utenfor Iddefjordens munning)	86
Fig. 9.3 Fosfor og nitrogen i overflatevann med økende avstand fra stasjon L1 nær Fredrikstad	86
Fig. 9.4 Fordelingen av total karbon i overflaten på 5 stasjoner i området Øra - Løperen under 5 tidspunkt i 1980	90
Fig. 9.5 Vertikal fordeling av total organisk karbon på stasjon L8 og ved to tidspunkt i 1980	92
Fig. 9.6 Lignin i overflatevannet - gjennomsnitt i perioden mai-september 1982 (11 prøveserier)	97
Fig.10.1 Geometrisk middel av termotolerante koliforme bakterier på 8 stasjoner i 1982 og 5 stasjoner i 1983	99

SAMMENDRAG

Denne rapporten er en del av basisundersøkelsen i Singlefjorden/Hvalerområdet utført etter oppdrag fra Statens forurensningstilsyn. Rapporten behandler Glomma-vannets spredning og fortynning, dvs. ferskvannets influensområde, den hydrografiske årsvariasjonen, dypvannsutsiftning, gjennomskinnelighet, transport og sedimentasjon av partikler, plante-planktonbiomassen, næringssalter, organisk stoff og lignin i vannmassene samt innholdet av termotolerante koliforme bakterier (tarmbakterier) i Glommas nærrområde.

Formålet med delundersøkelsen har vært dels å beskrive vannutsiftning og generelle hydrografiske forhold som nødvendig informasjon for øvrige undersøkelser, dels kartlegge spredningsforhold, samt studere gjødslingseffekter og tarmbakterier. Det var også tenkt å se på blandingen mellom kystvann og vann i Singlefjorden/Hvaler, men denne oppgaven har hatt lav prioritet og blir heller ikke særlig diskutert. Delundersøkelsen kan oppsummeres på følgende måte:

Topografi: Singlefjorden/Hvalerområdet har store gruntvannsområder. Omtrent 25% av bunnarealet har dyp mindre enn 6 meter, og ca. 50% av bunnarealet ligger på dyp mindre enn 20 meter. Foruten at området har mange topografisk adskilte kiler, er det også gjort inngrep i området ved bygging av en veitrasé mellom Vesterøy og Kjøkø.

Ferskvannstilførsler: Områdets ferskvannstilførsler domineres helt av Glomma. Av de to utløpene transporterer Østerelva ca. 2,5 ganger så mye vann som Vesterelva. Vintervannføringen ligger mellom 340-500 m³/s. Vårflommen starter normalt i midten av april (snøsmelting i lavlandet) og når maksimal styrke i månedsskiftet mai/juni (snøsmelting på fjellet) med vannføringer over 2000 m³/s. Varigheten av vannføringer over 1000 m³/s utgjør ca. 15% av et år, mens i 50% av året er vannføringen under 500 m³/s.

Noe ferskvann tilføres også fra Iddefjorden, men vannføringen her er liten (10-20 m³/s sommerstid) i forhold til Glomma.

Ferskvannets spredning: Ferskvannet fra Glomma blandes med underliggende sjøvann og strømmer ut mot Skagerrak. Blandingene er intensiv i selve elveutløpene samt i området utenfor Hvalerøyene og Singlefjorden.

Ved sterk flom i Glomma (over 1000 m³/s) presses saltkilen tilbake i Østerelva og Vesterelva. Spesielt i Østerelva skjer en kraftig erosjon som merkes best i området sør for grenen mellom de to elvene. Mindre ferskvann i Vesterelva enn i Østerelva gir høyere saltholdigheter i Leira. Veitracéen mellom Vesterø og fastlandet virker forhindrende på vannutskiftningen mellom Leira og Løperen, og området øst for veitracéen er betydelig mere Glommapåvirket enn om tracéen ikke hadde vært bygget. Ferskvannet fra Østerelva gir stabilt lav saltholdighet i Løperen og nordsiden av Kirkøy. Ved økende vannføring i Glomma senkes i første rekke saltholdigheten i Singlefjorden.

Overflatelaget er omtrent 4 meter tykt og har en gjennomsnittlig ferskvannsandel på mellom 30-60%. I Løperen (L4-L14) er ferskvannsandelen i gjennomsnitt omtrent 50% i perioden mai-september med små avvik (standardavvik: $\pm 14\%$). I Singlefjorden (S9) er ferskvannsandelen omkring 30% (standardavvik: $\pm 15\%$).

Brakkvannet blandes med sjøvann i hovedsak utenfor Hvalerøyene eller i Singlefjorden. En del av dette vannet tilbakeføres trolig i den innadgående og underliggende sjøvannsstrømmen. Forurensninger og partikler vil på denne måte i større utstrekning holdes tilbake i området, i stedet for å transporteres ut i Skagerrak.

Under flomperioder og ved østlig eller nordøstlig vind kan brakkvannet fra Hvalerområdet strømme ut forbi Torbjørnskjær fyr og her gi saltholdigheter lavere enn 15 ‰. Ved Struten fyr blir vannet brunlig eller grumsete ved saltholdigheter under 24 ‰. Overflatesaltholdigheten er forøvrig omtrent den samme ved de to fyrstedene.

Daglige observasjoner i Gansrødbukta (Øra) viser at saltholdigheten normalt varierer mellom 7 og 11 ‰ i sommerhalvåret og at den ved nordlige vinder øker til over 30 ‰ (10% av observasjonene). Den høye saltholdigheten kan være et problem for den saltholdighetsfølsomme hjertetjønnaksen (Potamogeton perfoliatus) som er en viktig del av floraen i det fuglerike området. Kanalen mellom Glomma og Øra skulle gi overflatesaltholdigheter under 7% i den vegetative sesongen og bør således kontrolleres mht. tiltetting.

I Skjebergkilen var saltholdigheten generelt høyest i området - i gjennomsnitt like høy som utenfor Hvalerøyene. Bare i 10% av et sommerhalvår ble

saltholdigheten lavere enn 8 ‰ og det i forbindelse med regnvær, hvor lokale ferskvannskilder gir sterkt utslag.

Ferskvannets oppholdstid innenfor Hvalerøyene/Singlefjorden varierer med ferskvannstilførsler og vindforhold. Halvparten av året ligger oppholdstiden på omkring 16 døgn når ferskvannstilførselen ligger under 500 m³/s (vinterhalvåret). I sommerhalvåret varierer oppholdstiden mellom 5 og 9 døgn.

I Vesterelva/Leira-området er oppholdstiden beregnet til mellom 4 og 8 døgn sommerstid. Med ferskvannets oppholdstid menes her også den del av ferskvannet som er nedblandet i reaksjonsstrømmen under overflaten.

Vannutskiftningen: Den hydrografiske årsvariasjonen følger den vanlige syklusen for sørnorske områder. Variasjonene i temperatur og saltholdighet skyldes i alt vesentlig vanntransport (advective prosesser). Mer eller mindre totale vannutskiftninger er registrert 3-4 ganger pr. år i observasjonsperioden 1980-82. Regelmessig ble store vinterutskiftninger registrert i 1980-82 sammenfallende med kraftig, nordlig vind. Mindre utskiftninger - avhengig av vindforholdene - kan skje året rundt. Det er ingen store lokale avvik innenfor Hvalerøyene i vannutskiftning, unntatt slike steder som Hunnebunden. På tross av den gode vannutskiftningen er den organiske belastningen så stor at vi får dårlige oksygenforhold (< 3 ml O₂/l) eller dannelse av hydrogensulfid i vannmassene under 40 meters dyp i Løperen (L6, L15) og øst for Ramsø (L8). Derimot ble det registrert gode oksygenforhold i Leira (V9) og Singlefjorden (S9).

Siktedypet: Det slamholdige Glommavannet gir hele området innenfor Hvalerøyene dårlig siktedyp. I Løperen er gjennomsnittlig siktedyp omkring 1-2 meter i mesteparten av sommerhalvåret (80% av tiden). De beste forhold er registrert i Singlefjorden (S9) og Skjebergkilen (S13) hvor siktedypet henholdsvis er over 3 meter i vel 50% og 30% av tiden i sommerhalvåret.

Det slamholdige Glommavannet er registrert langt ut mot Tisler, og fronten mellom sjøvann og grumsete Glommavann kan vandre mellom Tisler og Kosterfjorden, alt etter vind- og strømforhold. Ved et tilfelle ble fronten registrert innenfor Tisler og med en forskjell i siktedyp på vel 4 meter over 2 meters avstand. Under det turbide overflatelaget strømmer klarere sjøvann inn i området.

Siktedypet øker med økende avstand fra Fredrikstad. Økningen skyldes en kombinasjon av fortykning med sjøvann og sedimentering av partikler (pga. flokkulering). Ved å sammenligne det inverse siktedyp (turbiditet) og hvordan dette avtar med avstanden fra Fredrikstad og med ferskvannsfortynningen, vil vi kunne få et bilde av den relative størrelsen på sedimentasjonen i området. Områder med stor sedimentasjon er Vesterelva mellom Gressvik og Krossnes, Leira, mellom Søstrene og Vesterøy, nord for Spjørøy, midtre og ytre del av Løperen, vest og syd for Ramsø, mellom Singleøy og Kirkøy samt utenfor Iddefjordens munning. Meget stor sedimentasjon får vi vest for Tenneskjær i Leira, straks øst for veitracéen mellom Vesterøy og fastlandet, nord-vest for Ramsø, Botnekilen og munningen av Iddefjorden. Tilførsler av partikler er registrert mellom jernbanebroen (L1) i Fredrikstad og Gressvik (V15) i Vesterelva og i Østerelva mellom L1 og L5, samt fra Iddefjorden.

Ettersom siktedypet blir relativt normalt utenfor Hvalerøyene, må en regne med at størsteparten av det partikulære materialet blir igjen inne i området. Bare i unntakstilfeller - ved nordøstlig og ikke for sterk vind sammenfallende med flom i Glomma, føres større mengder partikler ut av området.

Plantep plankton og klorofyll a:

Planktonbiomassen (målt som klorofyll a) er liten i områdets overflatelag unntatt kilene til Singlefjorden. Spesielt høye verdier ble registrert i Grimsøykilen og Sækken, Svalerødkilen og Røsneskilen. Biomassen avtar med økende saltholdighet opp til 12 ‰, for deretter å øke igjen ved saltholdigheter over 13 ‰. Store mengder plankton ble registrert i Singlefjorden oktober 1981, men dette skyldes tilførsel utenfra. Slike oppblomstringer er tidligere registrert i området (Tangen 1979).

Planktonbiomassen oppviser stort sett en normal årlig variasjon i Singlefjorden, men nærmere Løperen og i selve Løperen blir denne variasjonen mindre markert.

De største planktonforekomstene ble ved enkelte registreringer funnet å ligge under overflatelaget (10 meters dyp mai 1981). Dette er marint plankton som føres inn i området med reaksjonsstrømmen. De dårlige lysforholdene gir trolig ingen videre produksjon av disse algene i Løperen - Ramsø-området, men de vil utgjøre verdifull føde for zooplankton.

Hydrokjemi:

Fosforkonsentrasjonen i overflatevannet var størst i Vesterelva, Østerelva og munningen av Iddefjorden og avspeiler tilførselskildene i området. Størsteparten av fosforet er knyttet til partikler og de desidert største mengder ble registrert i Løperen under vår- og høstflom. Det ser ikke ut til å være noen fosformangel i undersøkelsesområdet som ville hindre planktonproduksjonen.

Det ble registrert høye konsentrasjoner av totalnitrogen i hele undersøkelsesområdet og derved høye N/P-forhold (20-40) (vektbasis) i overflatevannet som skyldes store tilførsler fra Glomma av organisk materiale i overflatevannet fra land.

N/P-forholdet i dypvannet varierte omkring 7:1, hvilket skulle tilsi nedbryting av plankton i de frie vannmassene. Tungt nedbrytbart, nitrogenholdig materiale sedimenterer.

Overflatevannet i området er betydelig forurenset av organisk materiale. Normalt er innholdet av total organisk karbon (TOC) i kystvann omkring 1-2 mg/l, mens målingene i Singlefjorden-Hvalerområdet lå 3-4 ganger over dette i 1980-82. Under overflatelaget var det normale konsentrasjoner av TOC (1-2 mg/l), uansett stasjon og tidspunkt. Sedimentasjonen må således være rask og det sedimenterende materialet tungt nedbrytbart (eksempelvis ligninforbindelser).

Målinger av lignin i overflatevannet viste tilførsler til området via Glomma-vann og Iddefjord-vann. Fortynningen synes imidlertid å være stor og konsentrasjonene avtar raskt med avstanden fra Glomma og Iddefjorden.

Badevannskvaliteten: I Vesterelva, Østerelva og Løperen er badevannskvaliteten dårlig og oppfyller ikke helsemyndighetenes krav til friluftsbading. Tilførsel av termotolerante koliforme bakterier (tarmbakterier) skjer i Fredrikstadsområdet, nedenfor jernbanebroen. Største konsentrasjoner ble registrert i 1983 i Vesterelva (Gressvik og Krossnes). Dette var før kloakkutslippet til Vesterelva ble overført til Østerelva.

1. INNLEDNING

Et av formålene med basisundersøkelsen var å registrere eventuelle forureningsproblemer i Hvaler/Singlefjorden. Denne delrapporten behandler de fysiske og hydrokjemiske forhold. Tre hovedoppgaver har stått sentrale:

1. Kartlegge Glomma-vannets spredning og influensområde.
2. Beskrive den hydrografiske årsvariasjonen.
3. Studere kommunikasjonen mellom vannmassene i området og kystvannet.

De to første oppgaver er blitt utført, men oppgave 3 har underveis blitt lavt prioritert.

Istedet er andre deler blitt innført i programmet, slik som målinger av planktonbiomasse (klorofyll a) og badevannskvalitet (tarmbakterier).

I tillegg rapporteres her vannkjemiske data som nitrogen, fosfor, totalorganisk karbon og lignin. Formålet med disse undersøkelsene er dels å bedømme eutrofisituasjonen, dels å få et begrep om belastningen av organisk stoff.

2. MATERIALE OG METODER

Mesteparten av datamaterialet som er behandlet i denne rapporten er innsamlet i 1980-82 og bare en mindre del i 1983. Tabellene 2.1, 2.2 og 2.3 gir en oversikt over det innsamlede materialet. Figur 2.1 viser stasjonsnett.

På de hydrografiske toktene ble temperatur og saltholdighet innsamlet med kontinuerlig registrerende sonde (CTD, Inter-Ocean). En del saltholdighetsanalyser ble også utført på laboratoriet. Oksygenanalyser er utført etter modifisert Winkler-metode og næringssaltanalyser og total organisk karbon er utført ved NIVA's rutinemetoder. Klorofyll a er analysert fluoremetrisk på filter og in situ klorofyllfluoresens med et Variosenze fluorometer. Det er ellers blitt utført noen turbiditetsmålinger (HACH) og transmisjonsmålinger (MARTEC). Ligninanalyser er utført ved Universitetet i Göteborg (Gunnar Nyquist) ved hjelp av en fluorescens teknikk.

De lokale hydrografiske observasjonene er utført med salinoterm. Vannprøver fra Skjebergkilen, Torbjørnskjær og Struten er derimot analysert på laboratoriet (saltholdighet). Alle bakterieanalyser er utført ved byveterinærkontoret i Fredrikstad.

Rådata befinner seg lagret på SFT's OVSYS-fil og er ikke inkludert i denne rapporten.

Tabell 2.1 Hydrografiske observasjoner 1980-81. (Utført av NIVA fra H.H. Gran.

Tabell 2.1 Hydrografiske observasjoner 1980-81. (Utført av NIVA fra H.H. Gran).

År	Temperatur/Saltholdighet (CTD)	Oksygen	TOC TOT-N TOT-P	NO ₃ -N	PO ₄ -P	Anmerkninger
16.4.80	L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7, L8, L9, L10, L11, L12, L13, L14, L15, L16, L17, L18, L19	L2, L6, L8, L15, L18	L1, L2, L6, L8, L15, L18, S4.		L1, L2, L6, L8, L15, L18, S4	Overflateobservasjoner (0,5 m) dyp fra samtlige stasjoner (temperatur, saltholdighet, siktedyp og klorofyll <u>a</u> samt tungmetaller)
12.4.80	S4, S5, S6, S14, S18, S20, S21, V8, V9, V13, V14	S4, V9, V14	V9, V14		V9, V14	
18.4.80	V1, V4, V10, V11					
4.6.80	L2, L6, L8, L15, L18, S1, S4, S13, V9	Som temp. og salt.	Som temp. og salt.		Som temp. og salt.	Overflateobservasjoner (0,5 m) dyp fra samtlige stasjoner (observasjoner som 16-18.4.80)
1.7.80	V9	V9	V9		V9	Overflateobservasjoner (0,5 m) dyp fra samtlige stasjoner (observasjoner som 16-18.4.80)
2.7.80	L1, L2, L6, L15	L1, L2, L6, L8, L15, L16, L18	L1, L2, L6, L8, L15, L18		L1, L2, L6, L8, L15, L18	+ CTD-stasjoner 6 st. i Østerelva Transmisjon
3.7.80	S9, S13	S9, S13	S9, S13		S9, S13	
13.8.80	V9	V9	V9	V9	V9	Klorofyll <u>a</u> (overflateobservasjoner (0,5 m) fra samtlige stasjoner (observasjoner som 16-18.4.80))
14.8.80	L1, L2, L6, L8, L15, L18, S1, S4, S9, S13	L2, L6, L8, L15, L18, S1, S9	L1, L2, L6, L8, L15, L18, S4, S9, S13			Klorofyll <u>a</u> (L6, L18, S4, S1)
4.9.80						Overflateobservasjoner (0,5 m) fra samtlige stasjoner (observasjoner som 16-18.4.80)
6.10.80	L1, L2, L6, L8, L15, S1, S4, S9	L1, L2, L6, L15, L18, S1, S9	L1, L2, L6, L8, L15, L18, S1, S9	Som TOC Tot-P		
19.5.81	V10, V12, V13, V14, V15,	I	I	I		Klorofyll <u>a</u>
20.5.81	L2, L8, AB, AC, AD, AH, AI, AN, AQ, AT					

Tabell 2.2 Lokale observasjoner

Ar	Stasjoner	Observasjoner	Dato/periode	Observatør
1980	L2, L4, L5, L6, L7, L8, L9, L14	Saltholdighet Temperatur Siktedyp	1 gang/uke 22.4-14.9-80	Aage Nilsen
	S9, S12, S13	Saltholdighet Temperatur Siktedyp	27.4-14.9-80 (ca. 1 gang/uke) + 4., 10. nov. og 20. des.	A. Flingtorp
	Gansrødbukta (Øra)	Saltholdighet } Temperatur } Overfl. Siktedyp }	22.4-16.9-80 1 gang/uke	Aage Nilsen
	Skjebergkilen (Høisand)	Saltholdighet } Temperatur } Overfl. Siktedyp }	16.6-2.10-80	B. Granath Skjebergkilen ra.
	Struten fyr	Temperatur	20.4-29.9-80	Fyrvokter Personalet Struten
	Torbjørnskjær fyr	Temperatur Saltholdighet	16.5-29.12-80	Fyr - personalet Torbjørnskjær fyr
1981	S6, S9	Temperatur Saltholdighet klorofyll <u>a</u> Siktedyp	23.1, 26.2, 29.3 25.10, 22.11, 30.12	Anders Flingtorp
	S6, S9, L8, L6	Temperatur Saltholdighet klorofyll <u>a</u> Siktedyp	26.4-26.9 1 gang/uke	Anders Flingtorp
1981	Torbjørnskjær fyr	Temperatur Saltholdighet	9.6-1.9-81 daglige obs.	Fyrpersonalet Torbjørnskjær
	Skjebergkilen (Høisand)	Temperatur Saltholdighet Siktedyp	20.7-20.10 daglige obs.	B. Granath
1982	S6, S9	Temperatur Saltholdighet Siktedyp	6.2, 11.3, 12.4	A. Flingtorp
	S6, S9, L8, L6, L2 L1, V14, V15	Termotolerante kolif.bakt. Temperatur, Tot-N Saltholdighet, Tot-P Siktedyp, TOC Klorofyll <u>a</u>	4.5-21.9 1 gang/14 dag	A. Flingtorp
	Skjebergkilden (Høisand)	Temperatur Saltholdighet Siktedyp	3.5-22.11 ca. 1 gang/dag	B. Granath
1983	L1, L2, L6, V14, V15	Termotolerante koliforme bakterier	20.6, 7.7, 25.7, 9.8, 22.8, 5.9, 20.9	A. Flingtorp

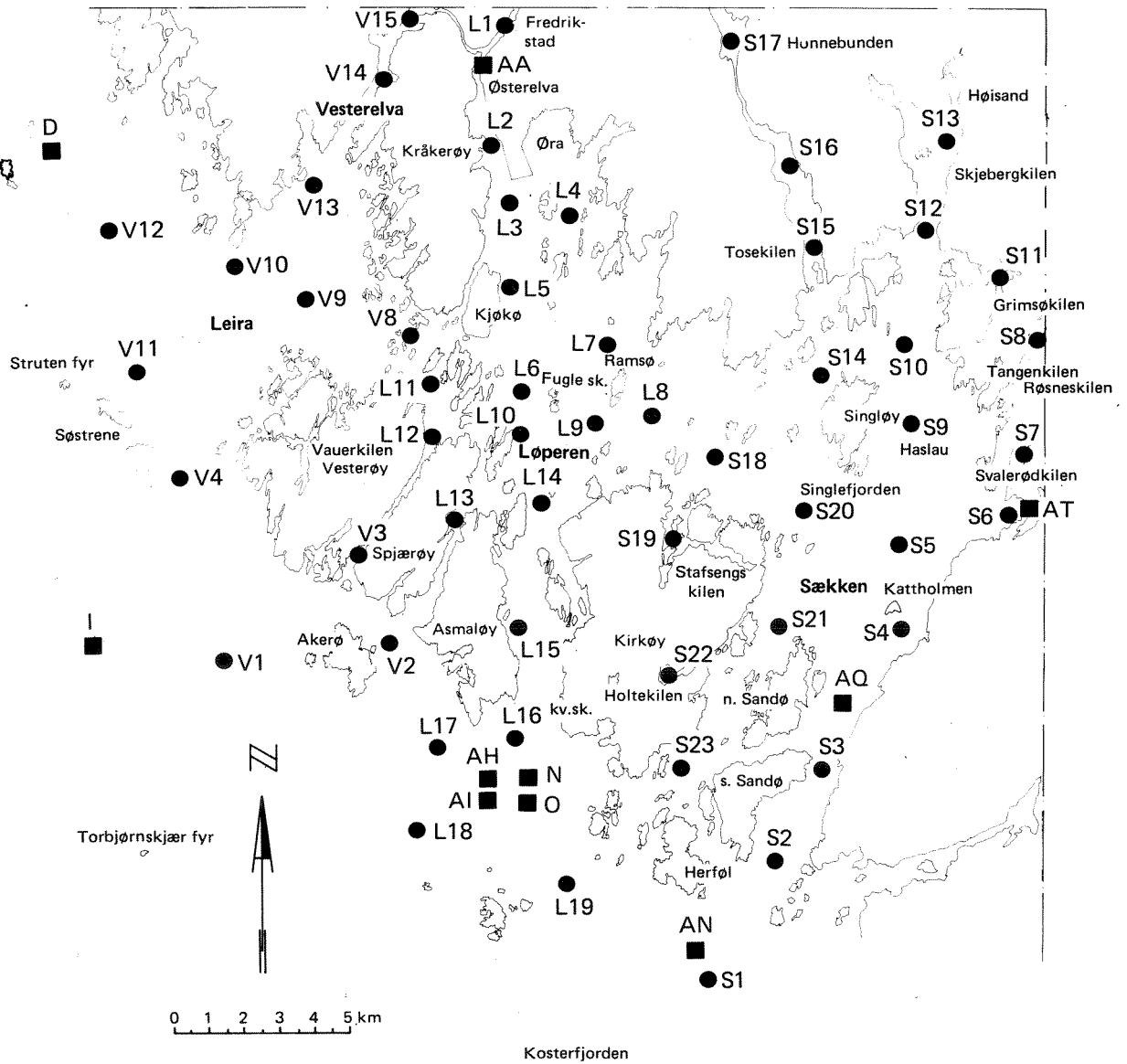


Fig. 2.1 Stasjonsnett 1980-82.

3. TOPOGRAFI

Singlefjorden - Hvalerområdet kan deles inn i fem delområder (fig. 3.1). Område 1 er Leira i nordvest som har et midlere dyp på vel 20 meter. Nordvest for Søstrene går en dyprenne mot syd med over 150 meters dyp og som strekker seg sydover til det store dypet ved Torbjørnskjær (ca. 450 meters dyp). Område 2 består av Østerelva og Løperen. Maksimalt dyp er 60 meter med terskler på ca. 30 meter ved Fugleskjær og på ca. 40 meter ved Kvernskjær ytterst i Løperen. Område 3 mellom Ramsø og Singleøya har et dypbasseng på 50 meter øst for Ramsø og en terskel på ca. 30 meter mot Singlefjorden ved Terneskjær. Område 4 er Singlefjorden med største dyp på ca. 90 meter (ved Haslau). I syd mot Kosterfjorden er det en rygg på ca. 60 meter nord for Kattholmen. Deretter øker dypet til 160 meter ved nordre Sandø. Mellom nordre Sandø og Kosterfjorden er det ytterligere en terskel på ca. 70 meter. Område 5 er utenfor Hvalerøyene. De dypeste deler ligger sydvest for Akerø (200-400 meter) og syd for Herføl (230 meter). Mellom de to dypområdene leder en renne på over 100 meters dyp innenfor Tisler.

I Singlefjorden - Hvalerområdet finnes store gruntvannsområder som Øra og en rekke kiler og viker topografisk avgrenset fra de åpne vannområdene. Spesielt kan nevnes Hunnebunden med dyp på over 11 meter og en 1,5 km lang kanal, ca. 50 meter bred og 2 meter dyp, som munner ut i Tosekilen. Videre munner Iddefjorden ut i Singlefjorden. Iddefjorden er ca. 24 km lang med maksimale dyp på ca. 40 meter og med grunneste terskel ved Bjällevarpet på 8,5 meters dyp. Andre topografisk lukkede områder er Grimsøykilen, Tangenkilen og Røsneskilen på østsiden av Singlefjorden, Stafsengkilen og Holtekilen på Kirkø og Vauerkilen på Vesterø. Veiforbindelse mellom fastlandet og Vesterø deler grunnområdet nord for Vesterø i to deler. Det er kun to mindre hull i veitracéen for småbåttrafikk.

Områdene er blitt planimetrert for å beregne arealer og volumer. Planimetreringen er grov, og det er ikke i detalj tatt hensyn til alle små øyer. Manglende dybdekoter på sjøkart gjør også at det er stor usikkerhet i det nedenfor presenterte materialet. Vi har videre begrenset oss til området innenfor de søndre deler av Hvalerøyene samt Singlefjorden og Leira. Arealer er planimetrert etter 0, 6, 20, 40, 60, 80 og 100 meters dybdekoter og skjønsmessig behandlet der hvor sjøkartet ikke gir direkte

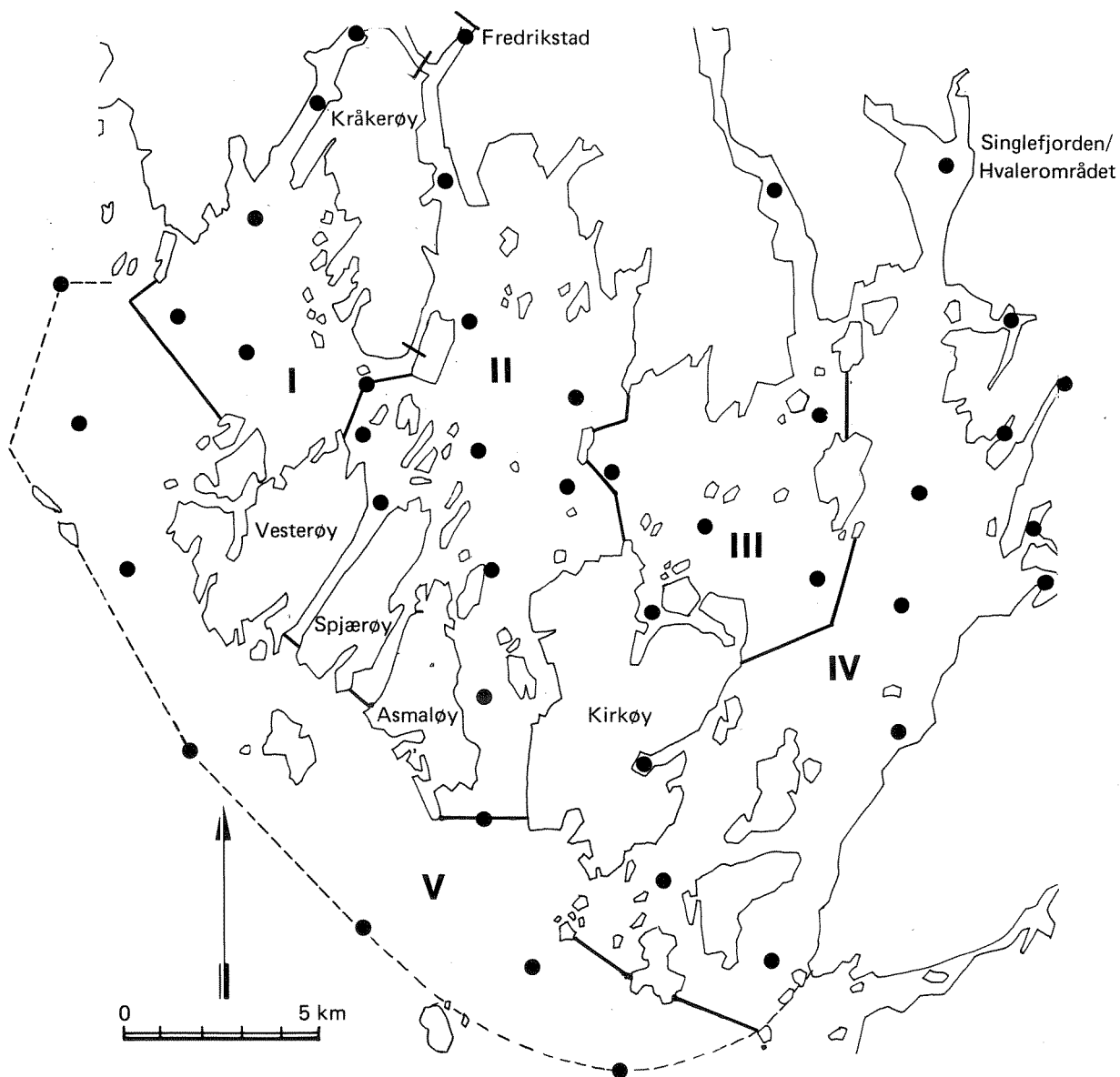


Fig. 3.1 Inndeling av området for areal og volumberegninger.

informasjon. Volumene er beregnet ved å multiplisere midlere areal mellom to dybdekoter med dypintervallet. Midlingen er gjort grafisk etter figur 3.2.

Singlefjorden - Hvalerområdet har store gruntvannsområder. Over 25 % av områdets overflate har dyp mindre enn 6 meter, og 50% av bunnflaten ligger på dyp mindre enn 20 meter. Total vannareal for området I-IV er ca. 201.500.000 kvadratmeter eller 200 kvadratkilometer, og med et vannvolum på ca. $4.500 \times 10^6 \text{ m}^3$. Hvaler/Singlefjorden er et spesielt interessant område som følge av de store gruntvannsområdene. Gruntvannsområder av denne størrelsen er sjeldne langs norskekysten og er derfor av spesiell økologisk interesse og betydning.

Format 18 x 24 cm ved 10% forminskning · Spaltebredde 19 · 1/2 · 19 · 47 linjer · Skyting 13

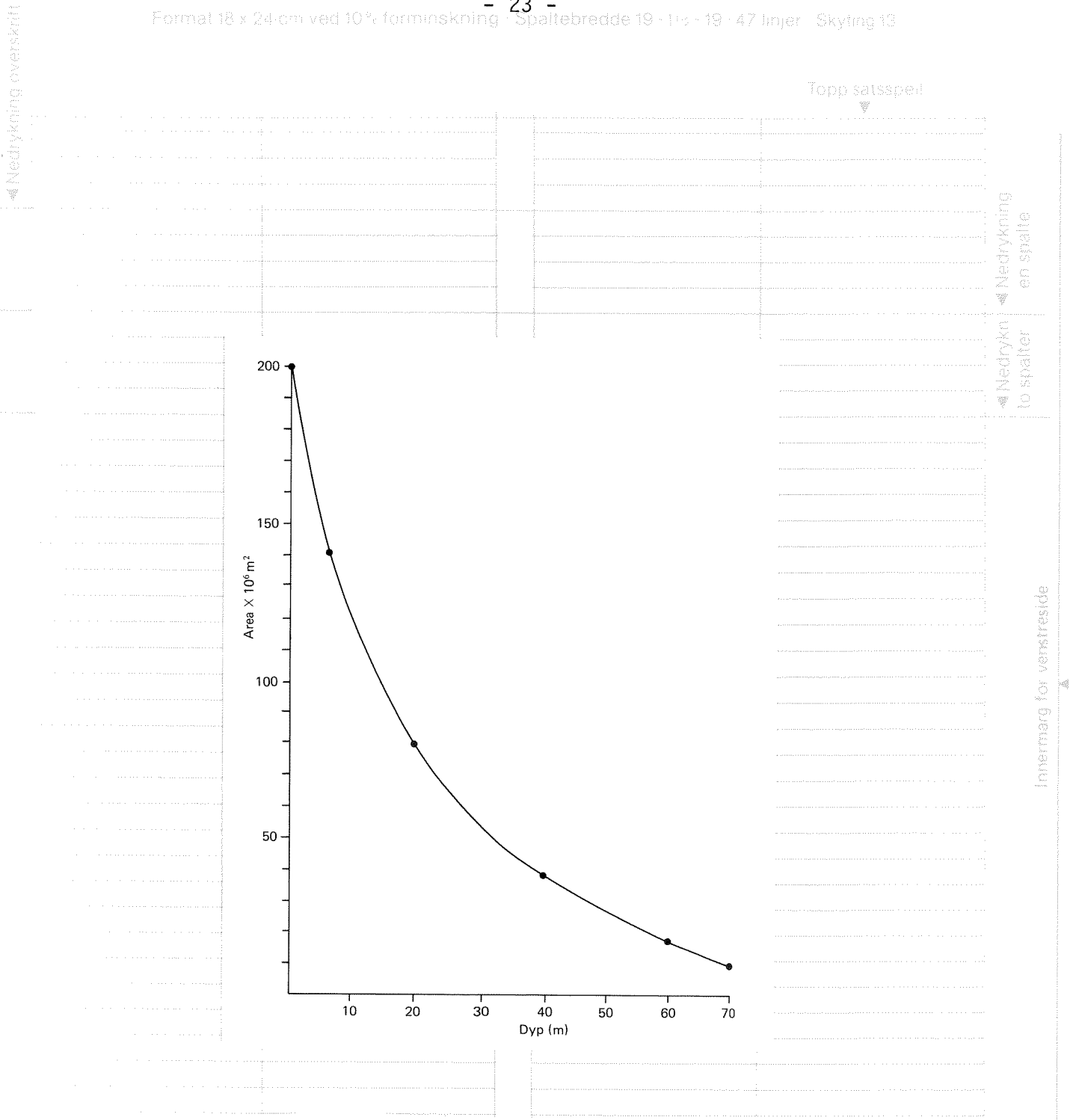


Fig.3.2 Arealfordeling i Hvaler/Singlefjorden.

V. Pagnastrek

Sentreringslinje

Sentreringslinje

Pagnastrek H

4. FERSKVANNSTILFØRSLER

Ferskvannstilførselen til området domineres helt av Glomma. Elva er regulert og har derfor en høy vannføring også vinterstid (Fig. 4.1). Vintervannføringen varierer mellom 340-500 m³/s. Vårflommen starter i midten av april (snøsmelting i lavlandet) og når maksimal styrke i månedsskiftet mai/juni med vannføringer over 2000 m³/s. Utover sommeren avtar vannføringen, men øker igjen til en høstflom i september/oktober. Figur 4.2 viser varigheten av ulike vannføringer i Glomma. Halve året ligger vannføringen under 500 m³/s og kraftige flomtopper over 1000 m³/s varer i omtrent 15% av året.

Ytterligere ferskvannstilførsler kommer fra Iddefjorden (Tista og Berbyelva), men disse er beskjedne sammenlignet med Glomma (10-20 m³/s sommerstid med mulige flomtopper på opp mot 70 m³/s).

Alle vannføringsdata i denne rapporten refererer seg til data fra Solbergfossen. Imidlertid slippes også en del vann fra Glomma til Ågårdselva. Ved vannføringer under 1100 m³/s slippes ca. 20 m³/s i Ågårdselva. Først ved større vannføringer blir Ågårdselvas vannføring av noen betydning. Ved en vannføring på 1350 m³/s ved Solbergfossen slippes 150 m³/s til Ågårdselva. Mellom 10-15% av vannføringen ved Solbergfossen blir ikke registrert her ved vannføringer over 1100 m³/s (O. Brustad, Borregaard, pers. medd.).

Glomma har to utløp til havet - Østerelva og Vesterelva. Beregnet etter tverrsnittareal skulle Østerelva føre 2,5 ganger mer vann enn Vesterelva. Beregninger av saltholdighetssjiktning og tverrsnittsarealer i de to elveløpene (stasjonene V14 og L2, fig. 2.1) gir varierende fordeling med vannføringen. Av de 10 observasjoner (tabell 4.1) som ble gjort i 1982 varierte vannføringen ved Solbergfossen mellom 300-2068 m³/s med et gjennomsnitt på ca. 800 m³/s. Beregnede vannføringer i Østerelva lå mellom 1,2-3,6 ganger Vesterelvas vannføring. I gjennomsnitt blir Østerelvas vannføring ca. 2,5 ganger Vesterelvas. De største vannføringer i Vesterelva relativt Østerelva ble registrert ved lave vannføringer (under 400 m³/s). Fig 4.3 viser vannføringen i Glomma 1980-82.

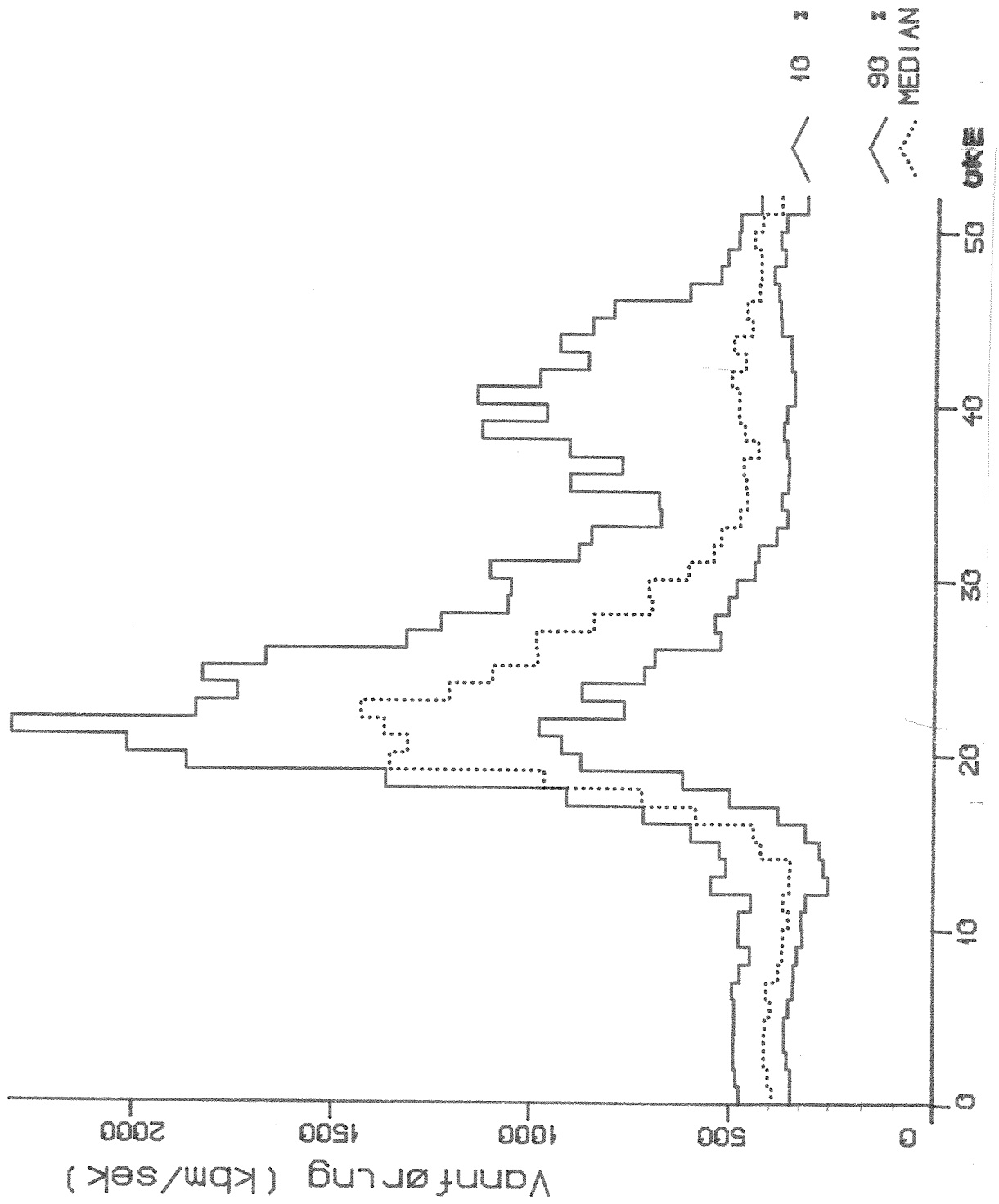


Fig. 4.1 Median, 10- og 90-percentiler av vannføringer i GTomma (1960-73) ved Solbergfoss.

Solbergfoss 1961-74
Midlere årlig varighet.

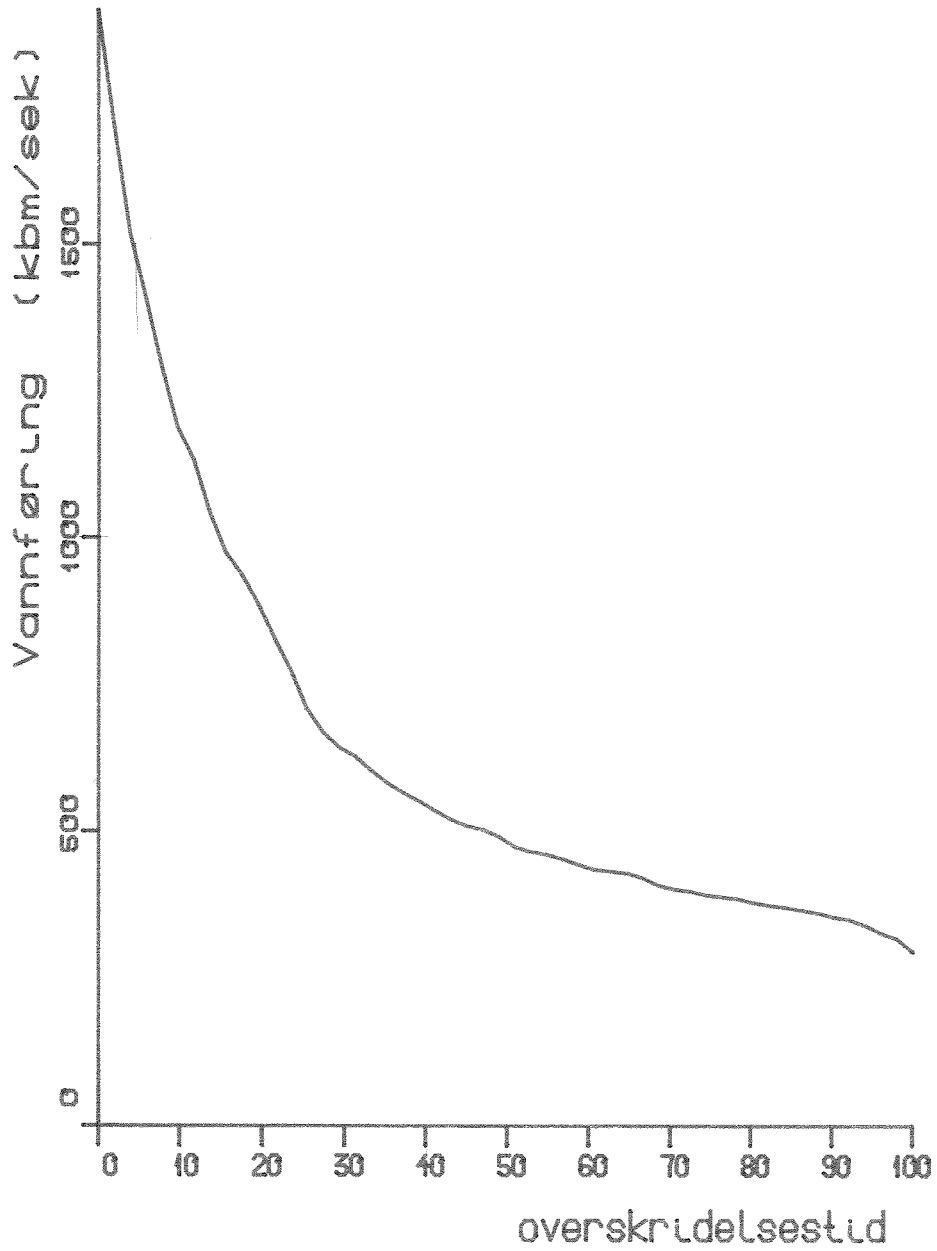
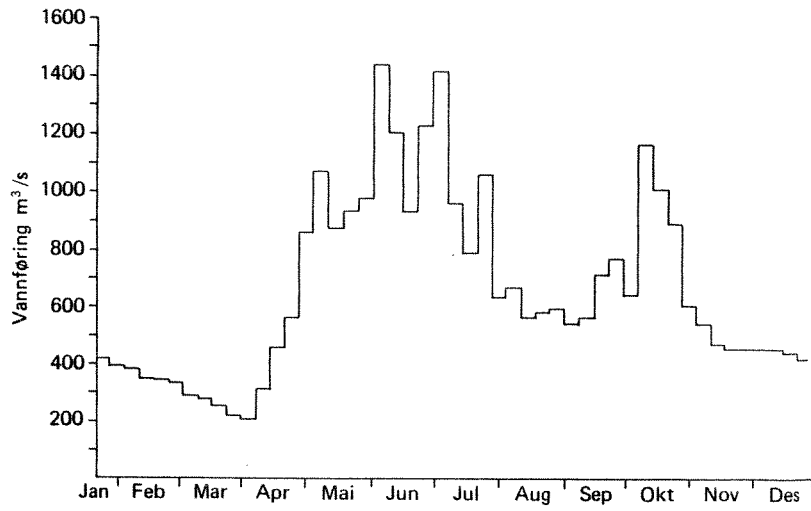
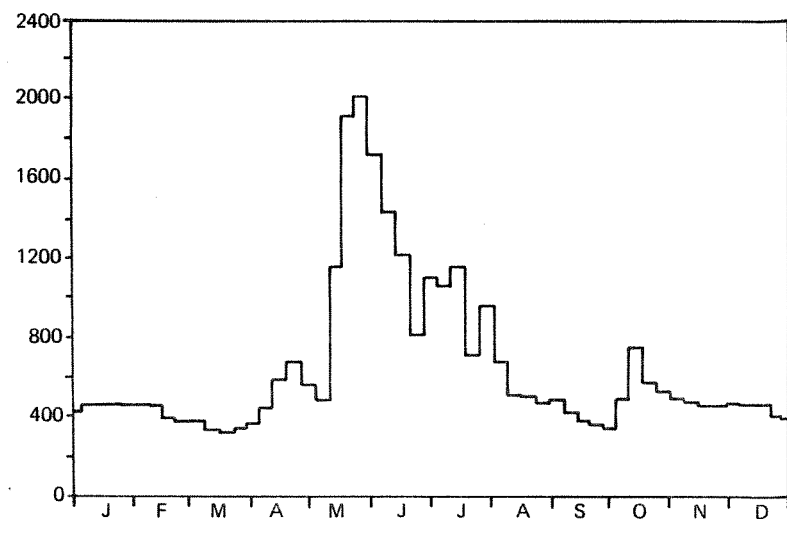


Fig. 4.2 Varighetskurve - Glomma

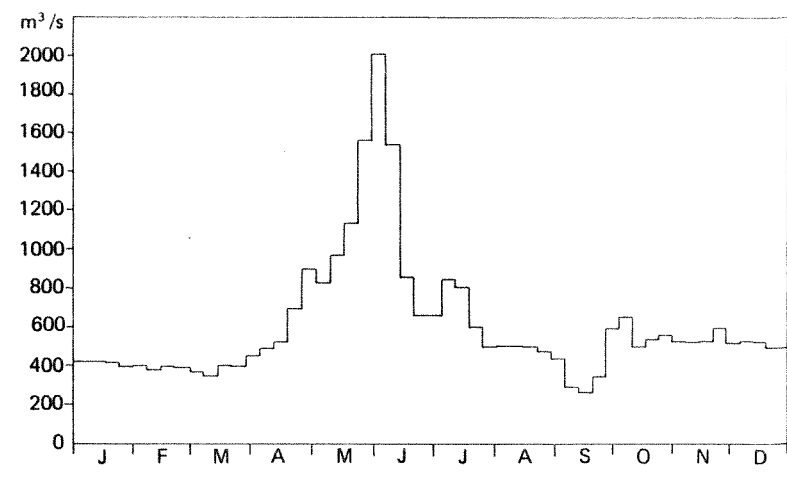
Format 18 x 24 cm ved 10^{1/2}, forminskning Spaltebredde 19 - 1 1/2 - 19 · 47 linjer Skyting 13



1980 Solbergfoss



1981 Solbergfoss



1982 Solbergfoss

satsspeli

Nedrykning
to spalter
Nedrykning
en spalte

Innermarg for venstreside

V. Paginastrek

Sentr Fig. 4.3 Vannføring i Glomma 1980-82. inje

Paginastrek H

Årsvannføringen 1982 var under det normale. Dette skyldtes fremfor alt at vannføringen i perioden juli-sept. var mye under det normale.

Tabell 4.1 Vannføring ved Solbergfossen (Q), sprangsjikt (H), ferskvannsandel (f) og beregnet transport i Vesterelva og Østerelva 1982. (B = bredde ved stasjon.)

Dato	Q (vannføring) m ³ /s	Østerelva (L2)			Vesterelva (V14)			Østerelva/ Vesterelva (fxHxB)
		f	H	fxHxB	f	H	fxHxB	
4.5	827	.71	7	1996	.9	4	720	2.7
18.5	940	.65	4	1048	.73	4	588	1.8
1.6	2068	.61	8	1964	.83	5	832	2.4
14.6	1254	.66	7	1852	.73	5	730	2.5
29.6	681	.53	7	1484	.71	3	428	3.5
27.7	500	.52	7	1444	.66	3	398	3.6
6.8	503	.58	6	1384	.62	4	498	2.8
23.8	497	.66	5	1320	.57	5	568	2.3
6.9	381	.44	2	356	.72	2	288	1.2
21.9	300	.64	3	764	.81	3	486	1.6

Gjennomsnitt: 2.5

Av landets vassdrag har Glomma det største nedbørfeltet (vel 41 000 km²), og den største middelvannføringen. Reguleringen av elven gir også høy vannføring vinterstid. To flomtopper gis av forskjellige snøsmeltningsperioder i lavlandet og på fjellet. Østerelva transporterer ca. 2,5 ganger så mye vann som Vesterelva, og Glomma tilfører derved mer ferskvann til Løperen og Singlefjorden enn til Leira.

5. FERSKVANNETS SPREDNING, FORTYNNING OG OPPHOLDSTID

5.1 Ferskvannets spredning

Vannbevegelsene i Singlefjorden/Hvalerområdet styres av fersvannstilførselen, topografi, vind og tidevann. Når mesteparten av forurensningstilførselen dessuten tilføres ferskvannet eller i elveområdet, vil ferskvannsspredningen også vise eventuelle forurensningers spredning.

Når en elv renner ut i et kystområde, blandes ferskvannet med sjøvann og saltholdigheten øker i det utstrømmende vannet. Under det utstrømmende vannet transporteres sjøvann inn mot elvemunningen (reaksjonsstrøm).

Fig. 5.1 viser en skisse over strømsystemet og figur 5.2 en observasjon av saltholdigheten i Østerelva - Løperen den 16.4.80 og 10.7.80. Ved disse tilfellene var vannføringen i Glomma ca. $440 \text{ m}^3/\text{s}$ (16.4) og $980 \text{ m}^3/\text{s}$ (20.7) og saltholdigheten høy helt inn til jernbanebrua i Fredrikstad (L1). Det generelle mønsteret kan sees, hvor saltholdigheten i overflatelaget gradvis øker med økende avstand fra Østerelva. Den utgående strømmen er begrenset til de øverste 4 metrene, og reaksjonsstrømmen består av vann med saltholdigheter mellom 25 og $33 \text{ }^{\circ}/\text{oo}$ (16.4) og $20\text{-}30 \text{ }^{\circ}/\text{oo}$ (20.7). I figurene kan vi skille mellom tre lag. Et overflatelag som i dette tilfelle er meget tynt og derunder et overgangslag (mellomlag) på 6 meter, som ligger på et relativt homogent dypvann. Ved stasjon L18 utenfor Hvalerøyene den 16.4 var saltholdigheten fra overflaten til 6 meters dyp omtrent den samme som i hele overgangslaget på de indre stasjonene. Her gjør innblandingen seg gjeldende slik at det blir en mer homogen vannmasse. Blandingen kan gå så dypt at en del av det tilstrømmende vannet trolig følger med reaksjonsstrømmen tilbake.

Figur 5.3 viser observasjoner av saltkilen til Glomma den 2.7.80 og den 20.5.81. Den store ferskvannsmengden presser saltkilen mot havet, og vi får en kraftig turbulens i fronten som bl.a. virvler opp partikler fra bunnen. Dette var spesielt synlig den 20.5.81 da et område på ca. 100 meter litt nedenfor delingen mellom Vesterelva og Østerelva var misfarget i overflaten. Fra bunnen til overflaten var vannmassen fylt av partikler som var blitt oppvirvlet og siden fulgte det utstrømmende brakkvannet mot Løperen. Denne

oppvirvlingen inntreffer trolig ved vannføringer over $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ og er størst ved første vårflom. Senere på sommeren er resuspensjonen ikke like høy til tross for mye ferskvann. Dette som følge av at mesteparten av materialet er utspylt ved første flomperiode (se også Næs, 1983).

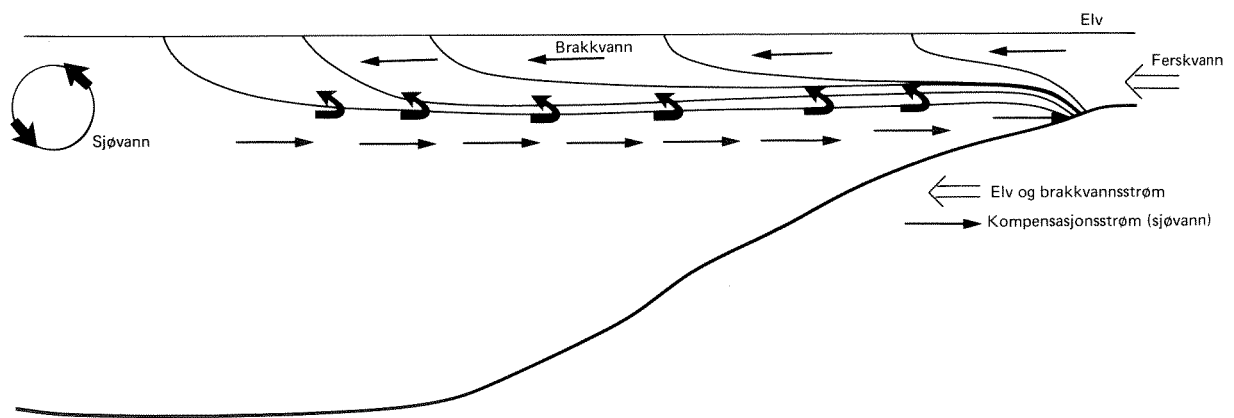


Fig. 5.1 Strømsystem i et kystområde med elveutløp.

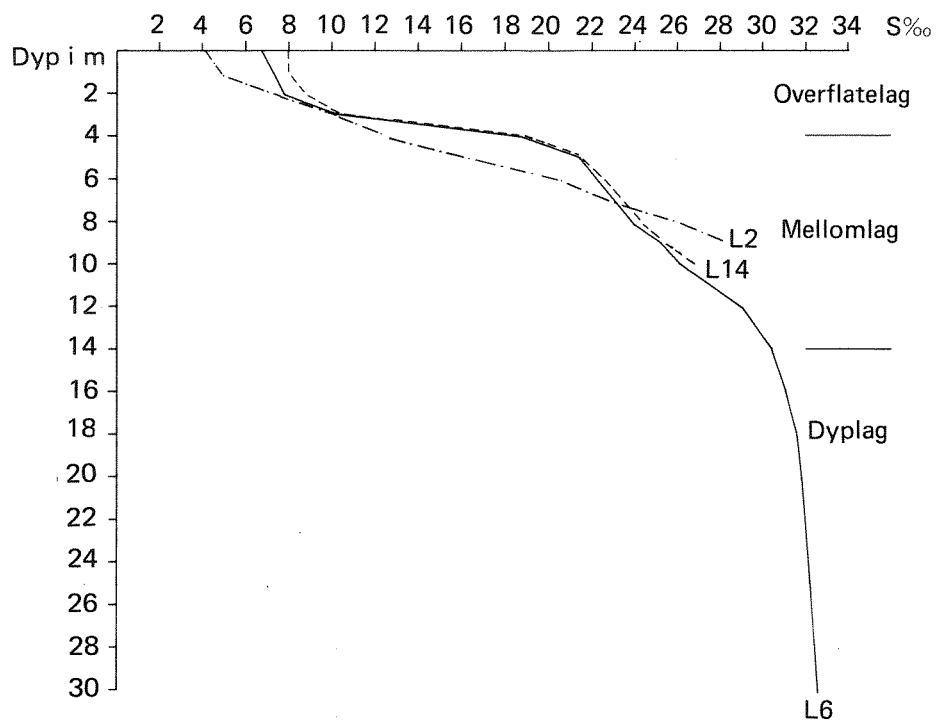
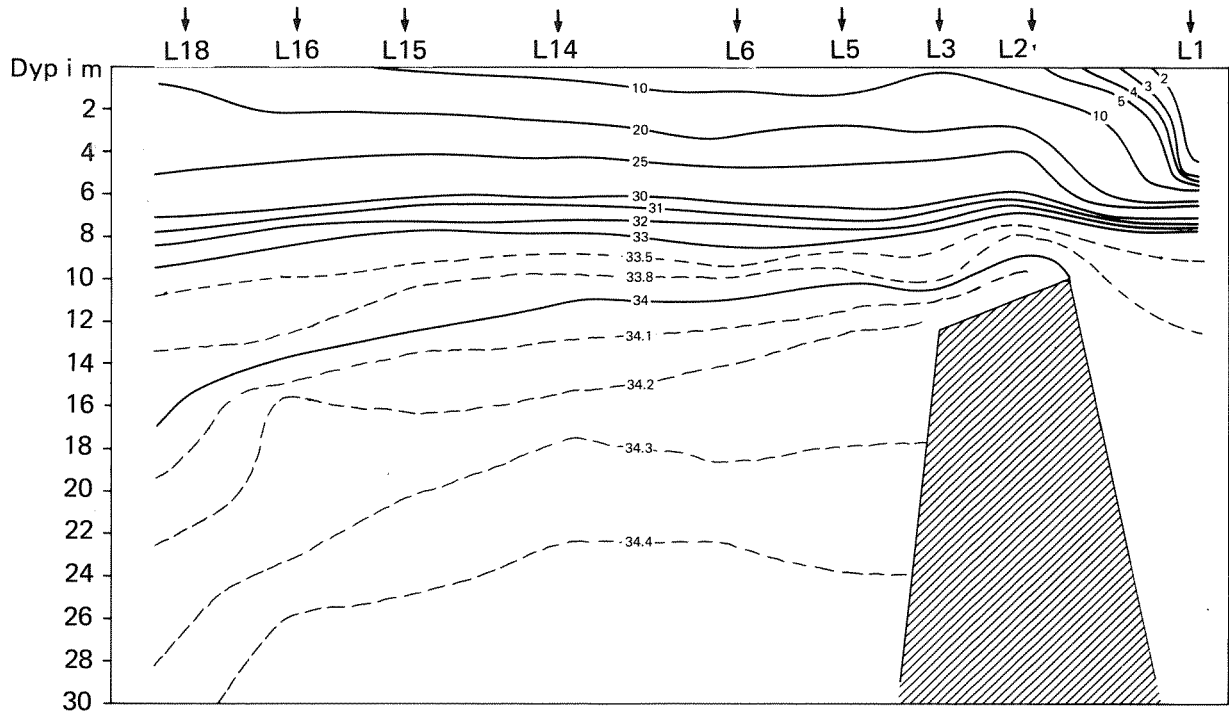


Fig. 5.2 Saltholdigheten i Løperen 16.4.80 (øverst) og vertikalprofiler 20.7.80 (nederst).

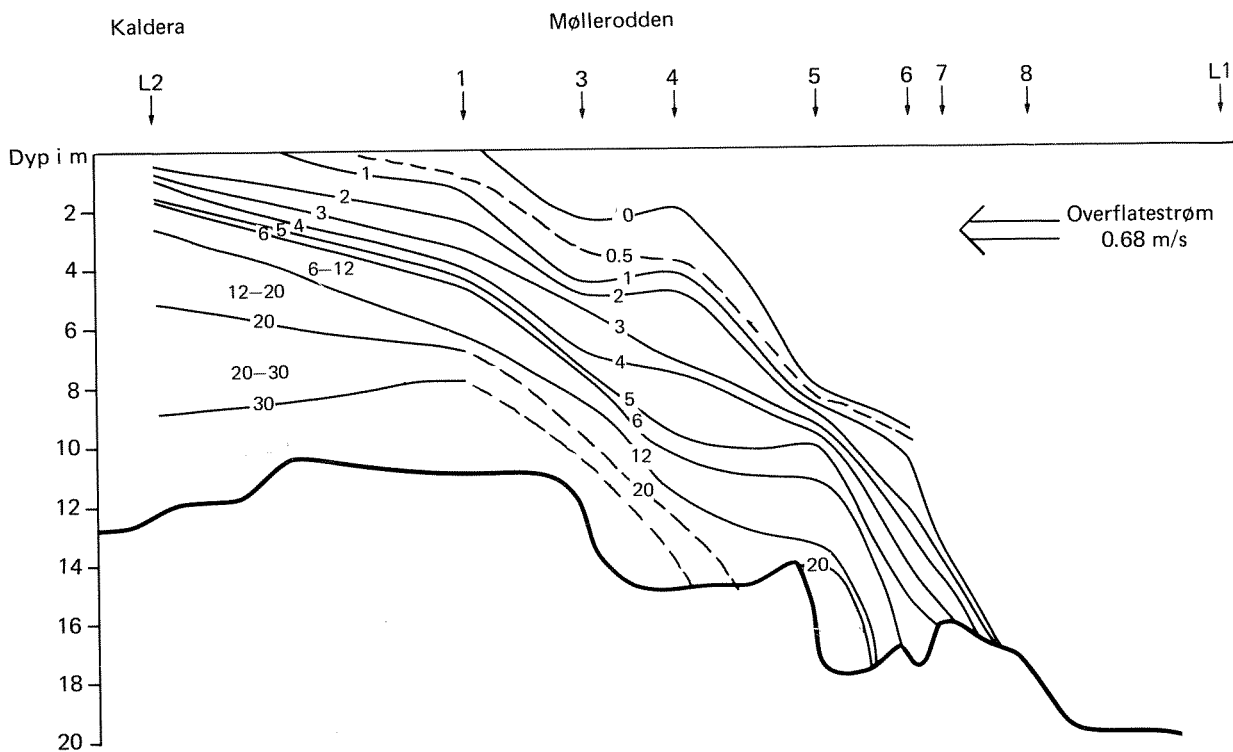


Fig. 5.3 Saltkilen i Glomma-Østerelva 2.7.80.

Figur 5.4 viser gjennomsnittlig saltholdighet på 0,5 meters dyp fra fem tokt i sommerhalvåret 1980 (april, juni, juli, august og september). Beregnet etter ukemiddel av ferskvannstilførselen i Glomma, var vannføringen i gjennomsnitt $930 \text{ m}^3/\text{s}$. Laveste vannføring var $453 \text{ m}^3/\text{s}$ (april) og høyest $1.400 \text{ m}^3/\text{s}$ (juni/juli). Det var overveiende svak vind i tidsrommet (solgangsbris). De ytre forholdene ved toktene var således sommertypiske. Sammenlignes gjennomsnittlig saltholdighet med ukentlig observasjoner i samme periode (1980-82) på noen stasjoner fremgår at de fem toktene er nokså representative (Tabell 5.1).

Figur 5.4 viser at hoveddelen av Glommavannet sprer seg mot sør i Løperen. Dette skyldes en kombinasjon av topografi og jordrotasjon (Corioliseffekt). Vesterøy, Spjørøy og Asmaløy hindrer brakkvannet i å strømme fritt ut andre steder enn i Løperen. En del går også på nordsiden av Kirkøy og ut i Singlefjorden. Innblanding av sjøvann er relativt beskjedent i Løperen sammenlignet med Singlefjorden eller Vesterelva-Leira. Området er også bedre beskyttet mot vind enn Leira og Singlefjorden. Grensen for 11 ‰ ligger således bare ca. 9 km fra stasjon L 1 i Fredrikstad i Vesterelva-Leira, mens den ligger 20 km ut i Løperen og ca. 17 km ut i Singlefjorden. De minst "Glommapåvirkede" områder er Skjebergkilen og østre Singlefjorden. Sækken utenfor Iddefjorden er klart påvirket av det ferskvannet som kommer ut fra Iddefjorden. Saltholdighet i klasse med Skjebergkilen finner vi først i Kosterfjorden eller ved Tisler.

Utenfor Hvalerøyene i Singlefjorden var det ingen større variasjoner fra gjennomsnittsbildet sommerstid. Ved juli-toktet 1980 med en vannføring omkring $1.400 \text{ m}^3/\text{s}$ i Glomma lå 11 ‰ isolinjen omtrent som i fig. 5.4 i Leira og Løperen, mens den gikk fra sydspissen av Singløy til nordspissen av S. Sandøy i Singlefjorden. Økt vannføring i Østerelva gir således mer ferskvann i Singlefjorden, og i dette tilfelle også hjulpet av sydvestlig vind. Det virker som en så høy vannføring ikke tillater økt transport ut Løperen, derimot øker transporten utover mot Singlefjorden.

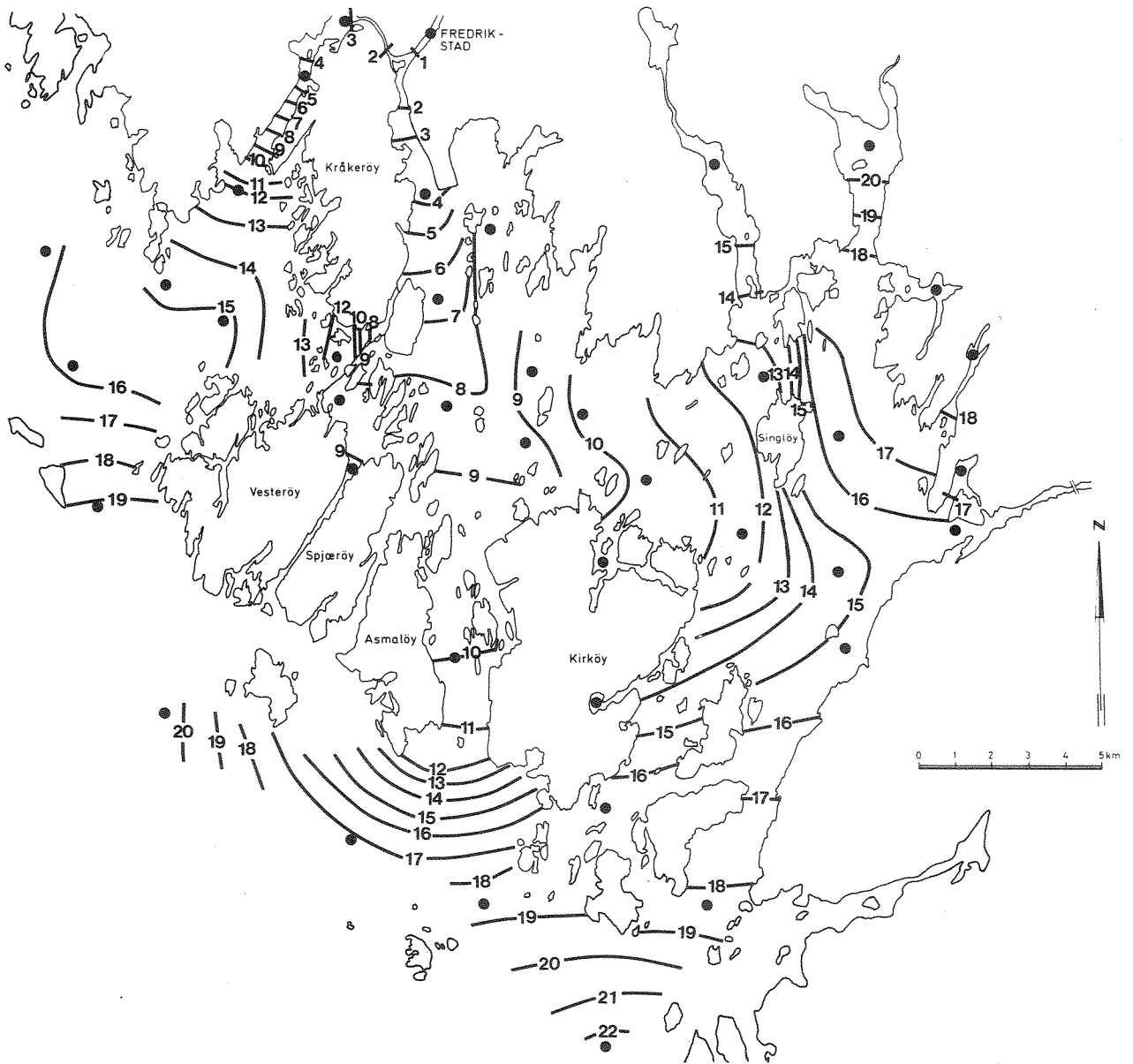


Fig. 5.4 Gjennomsnittlig overflatesaltholdighet (0,5 m dyp) fra 5 tokt sommeren 1980.

Tabell 5.1 Sammenligning av midlere saltholdighet i overflatelaget sommerstid (observasjoner med stor frekvens og de fem overflatetoktene i 1980).

År	L1	L2	V15	V14	L4	L5	L6	L14	L9	L8	L7	S9	S12	S13	S6
1980															
\bar{x}		7,9			9,3	8,2	9,6	10,5	10,9	11,6	11,0	16,8			
Δ		1,9			5,1	2,5	2,7	3,1	4,8	5,8	5,2	6,0			
n		15			13	15	15	15	15	15	15	15			
1981															
\bar{x}							9,6			12,6		16,2			
Δ							3,8			5,9		6,4			
n							21			23		22			
1982															
\bar{x}	0,6	4,4	3,1	4,5			7,9			10,5		14			14
Δ	0,5	3,6	2,1	2,3			3,1			4,0		3,8			35
n	9	10	10	10			10			10		10			10
1980															
5 overflate-															
tokt															
\bar{x}	0,9	4,0	3,0	4,4	8,5	6,6	8,6	9,3	8,7	10,4	9,6	16,7	-	20,4	15,8
Δ	0,8	2,2	2,3	2,3	3,0	2,3	2,0	2,4	2,9	2,5	2,7	1,5	-	2,6	2,9
n	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	-	4	5

Det er verdt å peke på noen detaljer. Figur 5.4 viser at saltholdigheten vest og øst av veitracéen nord for Vesterøy er forskjellig. Det er betydelig høyere saltholdighet vest av veibanken, dvs. mindre Glommavann. Iso-linjene i Leira tyder også på en horisontal returtransport langs vestkanten og nordkanten av saltete vann. Veitracéen virker her som et skille mellom to vannmasser og gir høyere saltholdighet i vest. Sundene mellom Vesterøy, Spjørøy og Asmaløy har samme lave saltholdighet som Løperen mellom Asmaløy og Kirkøy. Saltholdigheten øker imidlertid raskt utenfor øyene. Imidlertid er det bare foretatt en observasjon i disse områdene (juni 80).

Området syd for Øra og øst for Løperen har alltid betydelig høyere saltholdighet sammenlignet med Løperen. Forskjellen er blitt registrert til opp mot 4 ‰ i overflaten. Trolig er dette en effekt av dels utbygging av Øra-området og dels av grunnområdene vest for Hestholmen som hindrer brakkvannet fra Østerelva å trenge østover og som dessuten virker som blandingsområde for tidevannsstrømmer.

I ytterområdene kan saltholdigheten variere betydelig. I Tosekilen kan saltholdigheten gå ned under 10 ‰ ved sydlig frisk bris og høy vannføring i Glomma (juli 80). I Leira bøyer ofte brakkvannsstrømmen av utetter Strømtangen fyr og inn mot Rauer, slik at hovedvanntransporten nærmest går gjennom Søstrene og Strømtangen. For øvrig ble det tatt omtrent daglige observasjoner i 4 områder som behandles for seg nedenfor. Det var Øra-Gansrødbukta, Skjebergkilen (Høisand), Torbjørnskjær og Struten fyr.

Øra-Gansrødbukta

Figur 5.5 viser resultatet av daglige observasjoner i Gansrødbukta av overflatesaltholdighet (0-0,5 m) i perioden 22.4-16.9.1980. Normal saltholdighet i denne perioden var mellom 7 og 11 ‰ (80% av observasjonene). Saltholdigheter fra 15 ‰ til over 30 ‰ ble registrert i ca. 20% av tiden. De høye saltholdighetene ble observert ved nordlige vinder dvs. fralandsvindtvinger opp dypere vann med høy saltholdighet.

Øra med Gansrødbukta var tidligere direkte i forbindelse med Østerelva. I begynnelsen av 70-tallet ble det anlagt en molo mellom Øra og Østerelva som ga høyere saltholdigheter i Øra og derved ble flora og fauna som er viktig for fuglelivet truet. En spesiell nøkkelart - Hjertetjønna (Potamogeton perfoliatus L.) ble sterkt redusert. I midten på 70-tallet ble det bygget en kanal gjennom moloen som skulle føre ferskvann inn i området slik at

saltholdigheten skulle bli mindre enn 7 ‰ i den vegetative perioden (Dahl et al., 1973). Saltholdighetsgrensen ble satt etter laboratorietester med Hjertetjønnsaks i vann med forskjellig saltholdighet. Planten viste seg å bli varig skadet ved 2 timers eksponering med vann med 30 ‰ saltholdighet eller ved 48 timers eksponering ved 15 ‰. Allerede ved 6 ‰ var kloroplastene saltpåvirket (Rørslett 1975).

Observasjonene i 1980 viser at saltholdigheter under 7 ‰ bare ble observert i ca. 30% av den vegetative perioden. Rørslett (1975) bruker 10 ‰ som sikker kritisk saltholdighet og viser med data fra Zoologisk Museum (1974) at overflatesaltholdigheten i Gansrødbukta oversteg denne grense i 20% av den vegetative perioden før kanalen ble bygget. Data fra 1980 viser at 10 ‰-grensen overstiges i ca. 25% av tiden dvs. forholdene er omtrent som før kanalen ble bygget. Det kan således være av betydning å få kontrollert at kanalen fungerer etter sin hensikt mhp. tilslamming.

Skjebergkilen

Figur 5.6 viser saltholdighetsfordelingen i Skjebergkilen sommerstid. Ferskvannet fra Glomma har ikke så stor påvirkning i dette området. Saltholdigheten holder seg mellom 12-25 ‰ (80% av tiden) og bare i 10% av tiden blir saltholdigheten lavere enn 8 ‰. De lave registreringene er gjort i regnvær, hvor lokale ferskvannskilder kan redusere saltholdigheten ved prøvetakingsstedet til under 4 ‰.

Struten og Torbjørnskjær fyr

Prøvetakingsstedene ble valgt for å se på ferskvannets ytre spredningsgrenser. Fyrene er dessuten bemannet, og derfor kunne daglige prøver bli samlet inn av fyrpersonalet. Fig. 5.7 og 5.8 viser observasjonene sammen med vannføringen i Glomma. Sundene (1953) gjennomførte tilsvarende analyser med observasjoner fra Færder og Torbjørnskjær. Han kom fram til at det var fire viktige faktorer som bestemte saltholdigheten i overflaten i ytre Oslofjord. Av disse skal vi nevne tre mulige: transport av overflatevann i Skagerrak, lokale ferskvannstilførsler og vind. Figurene 5.7 og 5.8 viser hvordan saltholdigheten har en årssyklus med minimum sommerstid. Denne syklusen går også igjen i Skagerrak hvor sommersaltholdigheten i overflaten kan gå ned i 25 ‰. Det er således ikke enkelt å skille mellom lokal påvirkning og vann som kommer med kyststrømmen. Sundene (1953) setter grensen ved 25 ‰, hvilket trolig er for høyt.

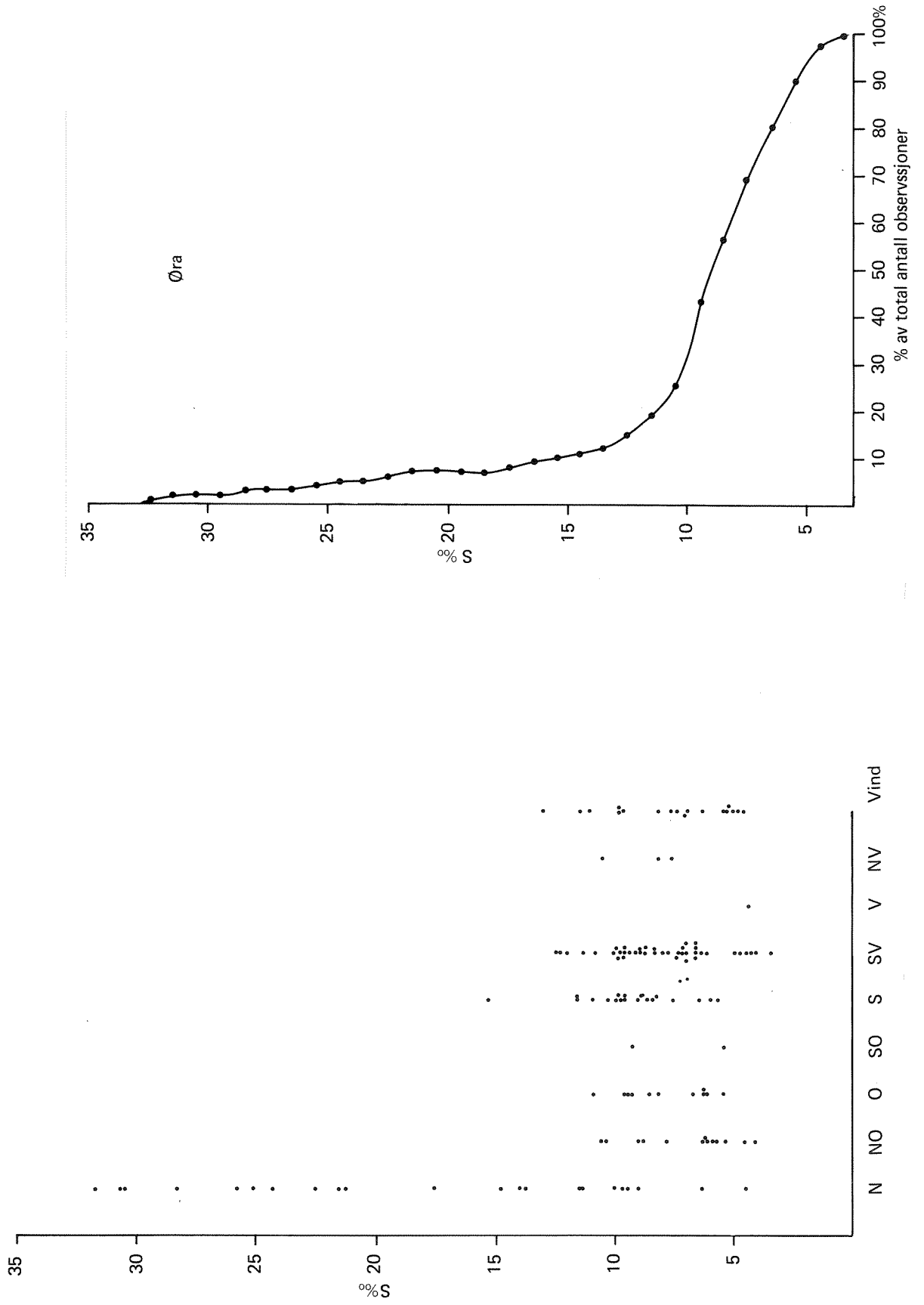


Fig. 5.5 Varighetskurve for overflatesaltholdighet i Gansrødbukta, Øra
22.4.-16.9. 1980, samt saltholdighetens avhengighet av vindretning.

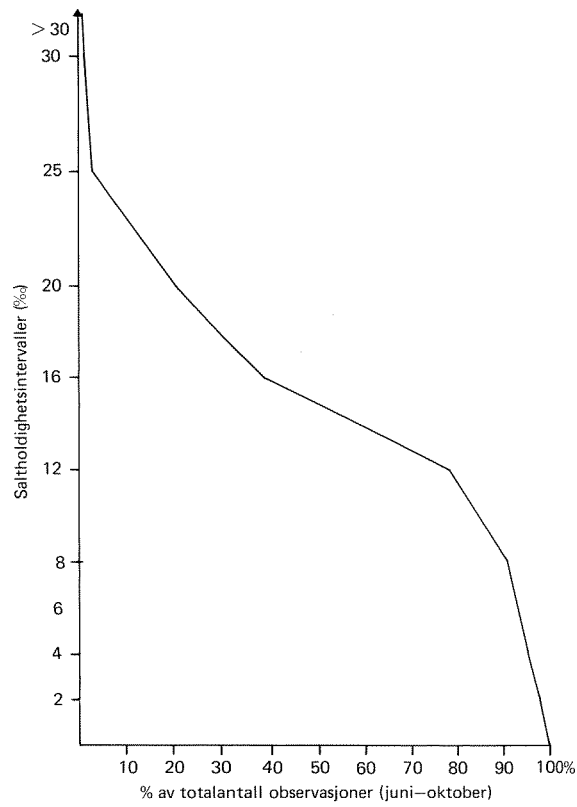


Fig. 5.6 Varighetskurve for overflatesaltholdigheten i Skjebergkilen sommer-høst 1980.

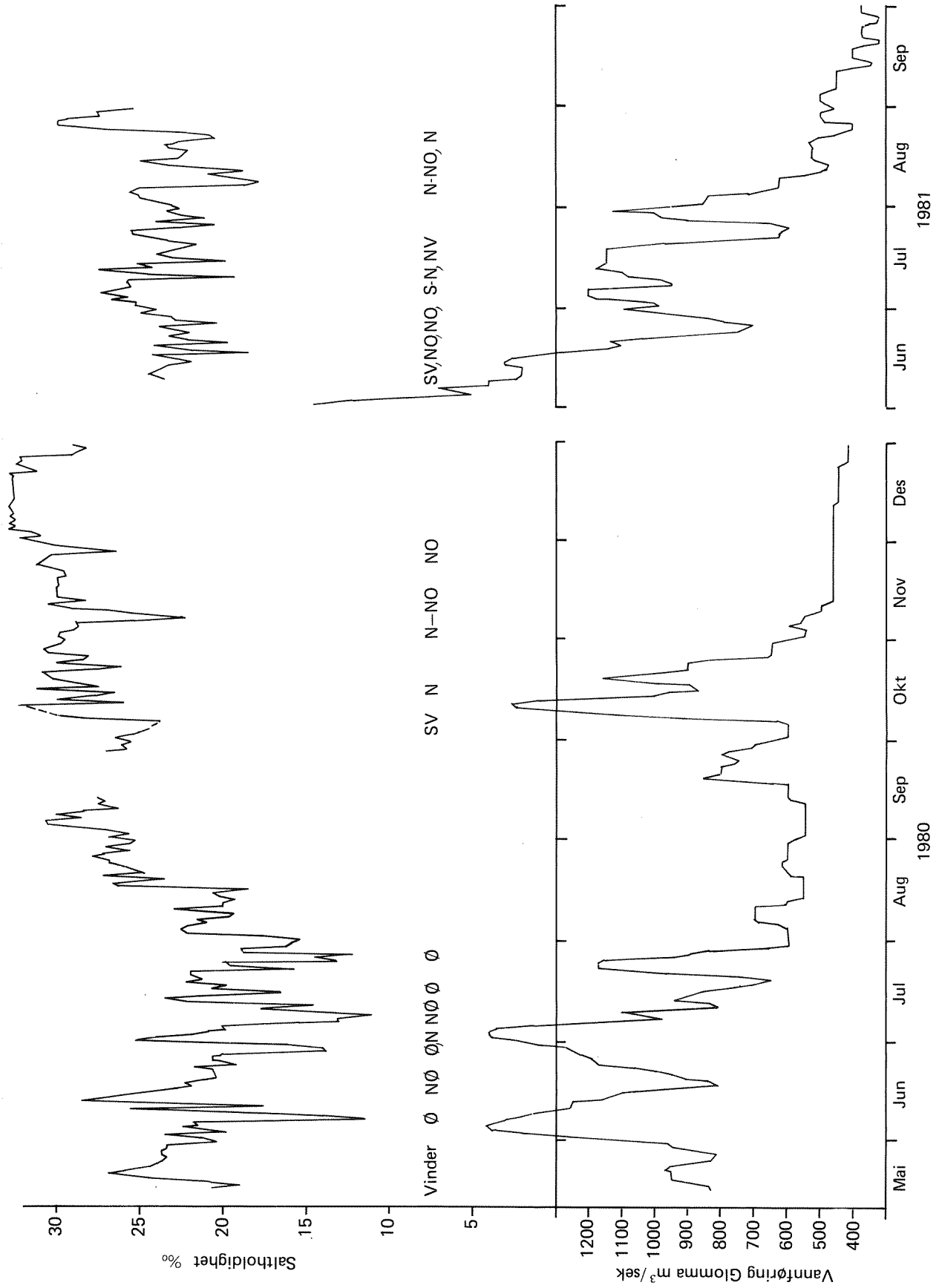


Fig. 5.7. Overflatesaltholdigheten ved Torbjørnskjær for samt vannføringen i Glomma 1980-81.

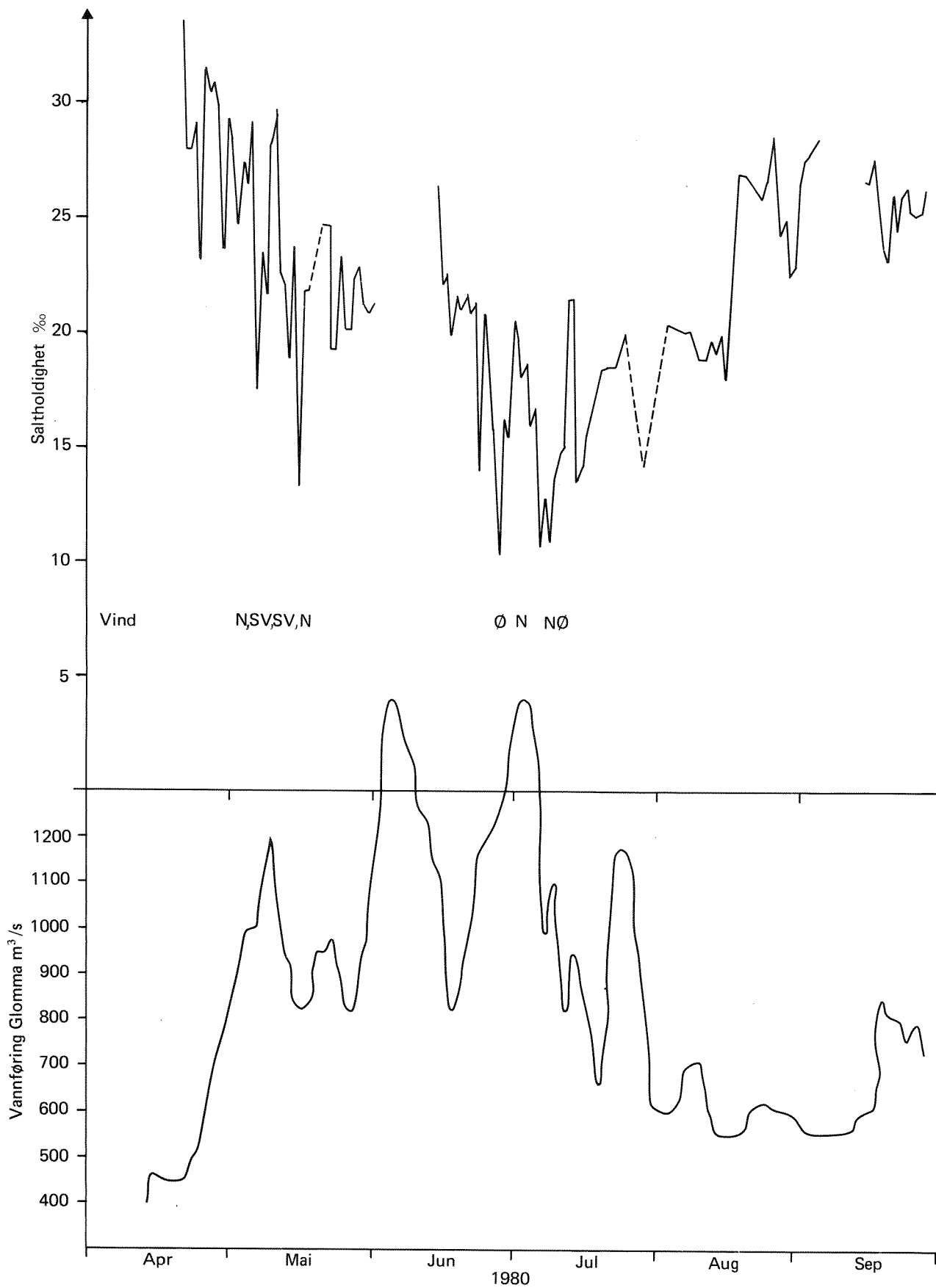


Fig. 5.8 Overflatesaltholdigheten ved Struten fyr og vannføringen i Glomma 1980.

For Torbjørniskjær er overflatesaltholdigheten under 25 ‰ fra mai til midten av august i 1980. Størsteparten av denne senking av saltholdigheten er ikke lokal. Først ved saltholdigheter under 20 ‰ kan vi være helt sikre på lokal ferskvannsspåvirkning. Dette styrkes av oktobersituasjonen, hvor en kraftig økning i Glommas vannføring ikke ga noen markert forandring av saltholdigheten ved Torbjørniskjær. Under sommerperioden observerte vi lav saltholdighet ved 4 tilfeller (under 15 ‰). Den lave saltholdigheten sammenfaller med høy ferskvannstilførsel i Glomma, men også med østlig eller nordøstlig vind. De to novembersituasjonene som viser lavere saltholdighet, sammenfaller også ved NO-vind.

Struten er mer direkte påvirket av Glomma (den ligger bl.a. nærmere utløpet). Likevel er forskjellen liten mellom de to stasjonene. De laveste overflatesaltholdigheter ble målt ved Struten ved østlig eller nordøstlig vind og sammenfalt i tid med Torbjørniskjær (juni-juli 1980). Rent nordlig vind synes å gi høyere saltholdighet (juni 1980) likesom sørvestlig vind. Den 19.8.80 begynte en sørvestlig kuling som varte i 4 døgn, og derved økte saltholdigheten ved Struten fra 18 ‰ til over 26 ‰.

Den lokale påvirkningen av Glomma kan også sees av vannets klarhet. Ved Struten fyr ble vannet brunlig og bunnen uklar (såvidt synlig) ved saltholdigheter under 24 ‰.

Figur 5.9 viser overflatevannets saltholdighetsfordeling mai-september ved Struten og Torbjørniskjær. Forskjellen er ikke stor, men viser at Struten har en større frekvens av "Glommavann" enn Torbjørniskjær. Det er sjelden saltholdigheten overstiger 30 ‰ (2-3% av tiden) eller underskrider 16 ‰ (7-13% av tiden). Halvparten av perioden varierer saltholdigheten mellom 20-25 ‰.

Øvrige saltholdighetsvariasjoner er vist i figur 5.10, hvor varigheten av saltholdigheten i overflatelaget er vist for stasjonene L2, L6, L8 og L9 i sommerhalvåret.

5.2 Ferskvannets fortynning - spredning av forurensninger

Ferskvannets fortynning kan beregnes for hver stasjon i området ved

$$f = \frac{S_2 - S_1}{S_2}$$

hvor S_2 = saltholdigheten på sjøvannet

S_1 = saltholdigheten på brakkvann (fortynnet ferskvann)

f = ferskvannsandel

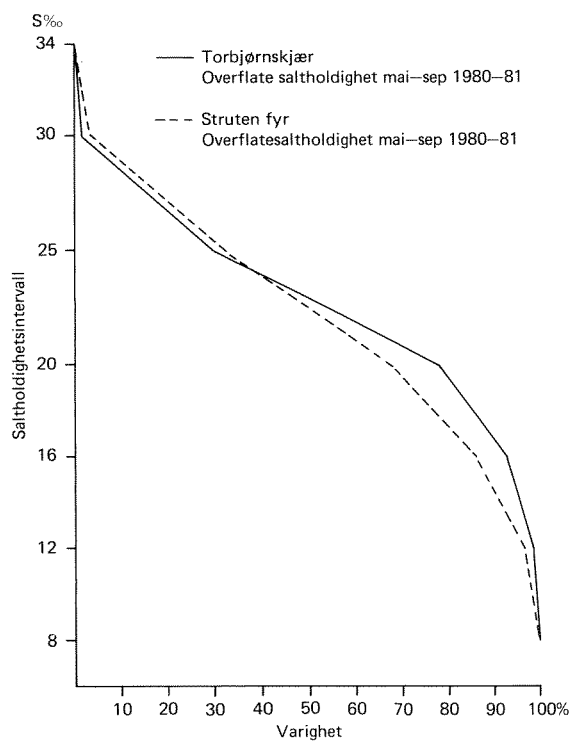


Fig. 5.9 Varighetskurver for overflatesaltholdighet ved Torbjørnskjær og Struten fyr sommeren 1980-81.

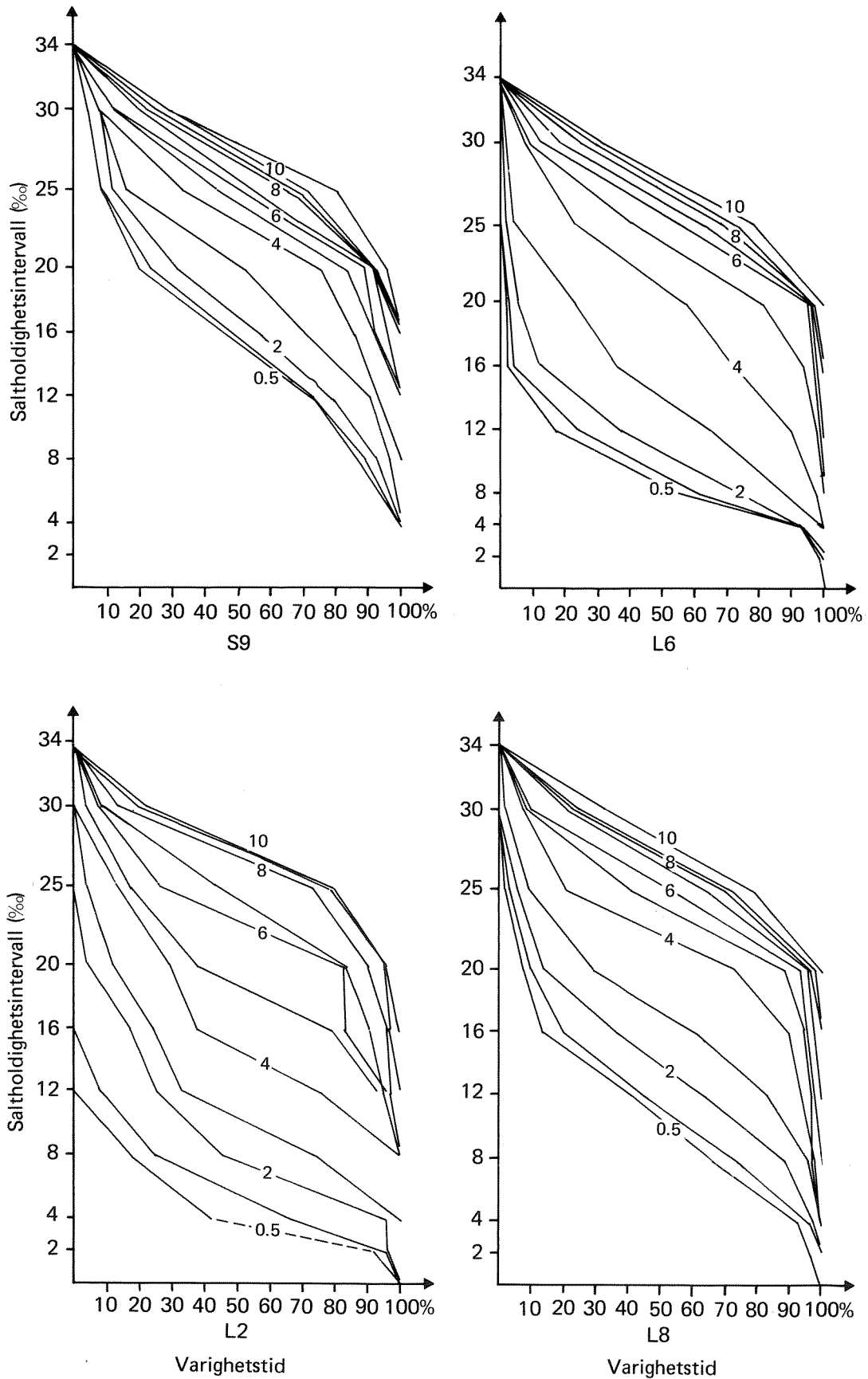


Fig. 5.10 Varighetskurver for saltholdighet på forskjellige dyp i sommerhalvåret på stasjonene L2, L6, L8 og S9.

Figur 5.11 viser beregninger av den gjennomsnittlige ferskvannsandelen på 0,5 meters dyp på fem tokter i 1980 (april, juni, juli, august og september). Saltholdigheten på sjøvann er valgt fra 10 meters dyp på stasjon L6 og midlet for de fem toktene. Valg av fortynningsvannets saltholdighet er gjort etter strøm- og saltholdighetsobservasjoner i 1973 (Dahl et. al. 1973), hvor inngående returstrøm lå fra 5-14 meters dyp ved 500 m³/s. Utgående strøm var begrenset til de øvre 3 metrene.

I figur 5.11 er ferskvannsandelen f satt til 1, ved stasjon L1 i Fredrikstad også når vannet har vært svakt saltholdig. f er således snarere en brakkvannsfortynning av vann fra L1 enn en ren ferskvannsfortynning. Imidlertid er forskjellen liten når gjennomsnittlig ferskvannsandel ved L1 under de fem toktene var 97%.

Figur 5.11 viser at fortynningen er sterkest i Vesterelva-Leira fra V14 til V13 og videre ut. I Østerelva er det en større fortytning fra L1 til L6, og deretter er det liten fortytning i Løperen ut til og med stasjon L15. Mellom stasjon L16, L18 og L19 øker fortynningen kraftig. Mot Singlefjorden er fortynningen noe større enn i Løperen, men det er relativt liten fortytning i området fra stasjon L7 til S20. Stasjon S9 peker seg ut med mindre Glommavann enn avstanden fra Fredrikstad skulle tilsi, og S22 og S23 med større innslag av Glommavann.

Beregningene i figur 5.11 kan direkte brukes for å avgjøre konsentrasjonsnivå av et konservativt stoff (dvs. et stoff som kun endrer sin konsentrasjon ved fortytning) som slippes ut i selve Glomma (ved L1). Hvis konsentrasjonen ved stasjon L1 er C_0 , vil konsentrasjonen nedstrøms L1 beregnes etter

$$C_x = C_0 \cdot f_x$$

hvor C_x = konsentrasjonen ved stasjon x

C_0 = konsentrasjonen ved stasjon L1

f_x = andel vann fra L1 ved stasjon x .

Som eksempel kan vi bruke jernkonsentrasjoner fra de fem overflatetoktene og beregne konsentrasjonen ved L1 og L14 og sammenligne med en ren fortytning. Ved L1 var den partikulære jernkonsentrasjonen i snitt 950 µg/l. Ifølge figur 5.11 skulle den være 684 µg/l ved stasjon L14 ved en normal

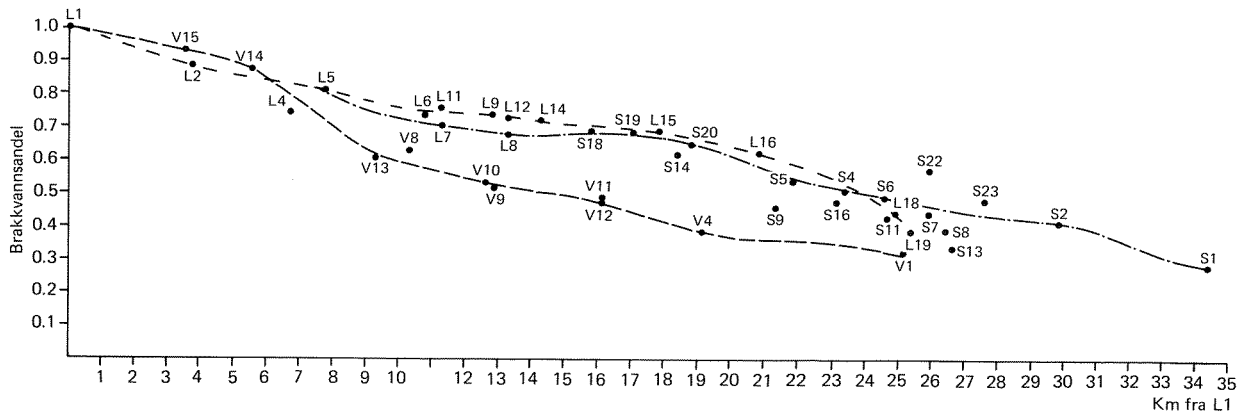


Fig. 5.11 Midlere (5 tokt sommeren 1980) brakkvannsandel (Glomma-vann) på 0,5 meters dyp på forskjellige stasjoner i Hvaler/Singlefjorden.

fortynning. I realiteten var observerte gjennomsnitt 1107 µg/l ved L14, dvs. vi har fått en tilførsel av partikulært jern mellom stasjon L1 og L14 mest sannsynlig som følge av utslipp fra Kronos Titan (se Næs, 1983).

Korttidsvariasjoner - fortynning

Observasjonene fra de fem hovedtoktene sommeren 1980 ga et gjennomsnittlig bilde av ferskvannsandelen i selve overflaten (0,5 meters dyp). I tabell 5.2 er observasjoner fra sommertoktene (mai-september) utført ca. 1 gang pr. uke (1980-81) eller 1 gang pr. 14. dag (1982) blitt brukt. Beregningene gir overflatelagets tykkelse og gjennomsnittlige ferskvannsandel. Overflatelagets dyp er definert ved den saltholdighet (S_H) som er:

$$S_H = S_1 + 0,75 (S_2 - S_1) \text{ hvor}$$

$$S_1 = \text{Saltholdigheten på selve overflaten (0,5m)}$$

$$S_2 = \text{Saltholdigheten på reaksjonsstrømmen}$$

S_2 er her valgt fra 10 meters dyp.

Ved stasjon L1 i Glomma er ferskvannsandelen lik gjennomsnittet 1980 og 1982. Standardavviket er lite hvilket viser at forholdene er stabile. Overflatelaget er 4 m dypt, maksimum 5, minimum 3. Imidlertid er det ved to tilfeller målt ferskvann helt til bunns, men de er ikke med i dette materialet.

Tabell 5.2 viser at gjennomsnittlig ferskvannsandel er stabil i overflate- laget. Standardavviket for samtlige stasjoner 1980-82 varierer i middel med $\pm 11\%$, og avviket fra dette varierer med $\pm 3\%$. For enkelte stasjoner er dette mye (eks. stasjon S9 hvor standardavviket er nesten 50% av middel- verdien).

Tabell 5.2 Ferskvannsandelen (f) i overflatelaget (H) mai-september 1980-82 på utvalgte stasjoner Singlefjorden/Hvaler.

År/Stasjoner	L1		L2		L4		L5		L6		L7		L8		
	f	H	f	H	f	H	f	H	f	H	f	H	f	H	
1980															
Antall obs			14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	14	14	15
Middelverdi			0,57	4,9	0,51	3,9	0,60	3,5	0,57	3,8	0,50	3,7	0,47	3,9	0,5
Standard avvik			0,11	1,2	0,14	0,9	0,11	0,7	0,09	0,7	0,12	0,9	0,12	1,0	0,1
Maks. verdi			0,73	6	0,70	5	0,73	4	0,67	5	0,67	5	0,59	5	0,7
Min. verdi			0,32	3	0,25	2	0,38	2	0,42	3	0,25	2	0,28	2	0,2
1981															
Antall obs									21	21			23	23	
Middelverdi									0,54	4,0			0,44	4,0	
Standard avvik									0,1	1,1			0,15	1,2	
Maks. verdi									0,71	7			0,65	7	
Min. verdi									0,31	3			0,10	3	
1982															
Antall obs.	9,0	6,0	10	10			10	10					10	10	
Middelverdi	0,97	4,0	0,60	5,6			0,59	4,4					0,49	4,9	
Standard avvik	0,02	0,9 ^a	0,08	2,0			0,09	0,9					0,12	0,9	
Maks. verdi	1,0	5,0	0,71	7,0			0,72	5					0,70	6	
Min. verdi	0,94	3,0	0,44	2,0			0,42	2					0,33	3	

Midlere standardavvik fra samtlige stasjoner 1980-82:

Ferskvannandel: $0,11 \pm 0,03$. Overflatelagets dyp: $4,2 \pm 0,54$.

Overflatelagets tykkelse ligger innenfor et intervall på 3 meter - fra 2-3 meter til 5-6 meter. Gjennomsnittlig dyp ligger på omtrent 4 meter med et avvik på 0,5 meter. Størst variasjon viser stasjon L2 i Østerelva og stasjon S9. Det er visse variasjoner mellom årene, spesielt mellom 1982 og de øvrige år (1980-81). Forskjellen er imidlertid på maksimalt 1 meter.

Forholdene er således meget stabile i området, og de tre årenes korttids-observasjoner gir et bra bilde av de gjennomsnittlige fortynningsforholdene. Konsentrasjonen av forurensninger som tilføres nedre Glomma og spres i Hvaler/Singlefjorden vil således kunne beregnes ut fra disse tallene.

Ferskvannsandelen er i det vesentlige avhengig av vannføringen i Glomma, men vinden har en betydelig innvirkning. Figur 5.12 og 5.13 viser ferskvannsandel på fire stasjoner i området L6, L8, L14 og S9 i forhold til vannføringen i Glomma. Den stasjon som ligger nærmest Glomma i Løperen (L6) viser at økende ferskvannstilførsel gir økende ferskvannsandel i overflate- laget, men variasjonene i ferskvannsandelen er liten. For ferskvannsandeler på 50-60% kan vannføringen variere mellom 400 til 2000 m³/s. Ved stasjon L8 er variasjonsspekteret noe større og avhengigheten av Glommatransporten noe tydeligere. Riktig høy ferskvannsandel fås ved vannføringer over 1000 m³/s (>60%) og sjøvannskonsentrasjoner ved vannføring lavere enn 600 m³/s (>70%). For Singlefjorden er det også en klar sammenheng mellom høye vannføringer i Glomma og høy ferskvannsandel, men vindens større innvirkning i dette området gjør at dataene er mer spredt. Riktig lave ferskvannsandeler er registrert ved vannføringer under 600 m³/s (<20%) og høye ferskvanns- andeler (<80%) er som oftest registrert ved vannføringer over 1000 m³/s.

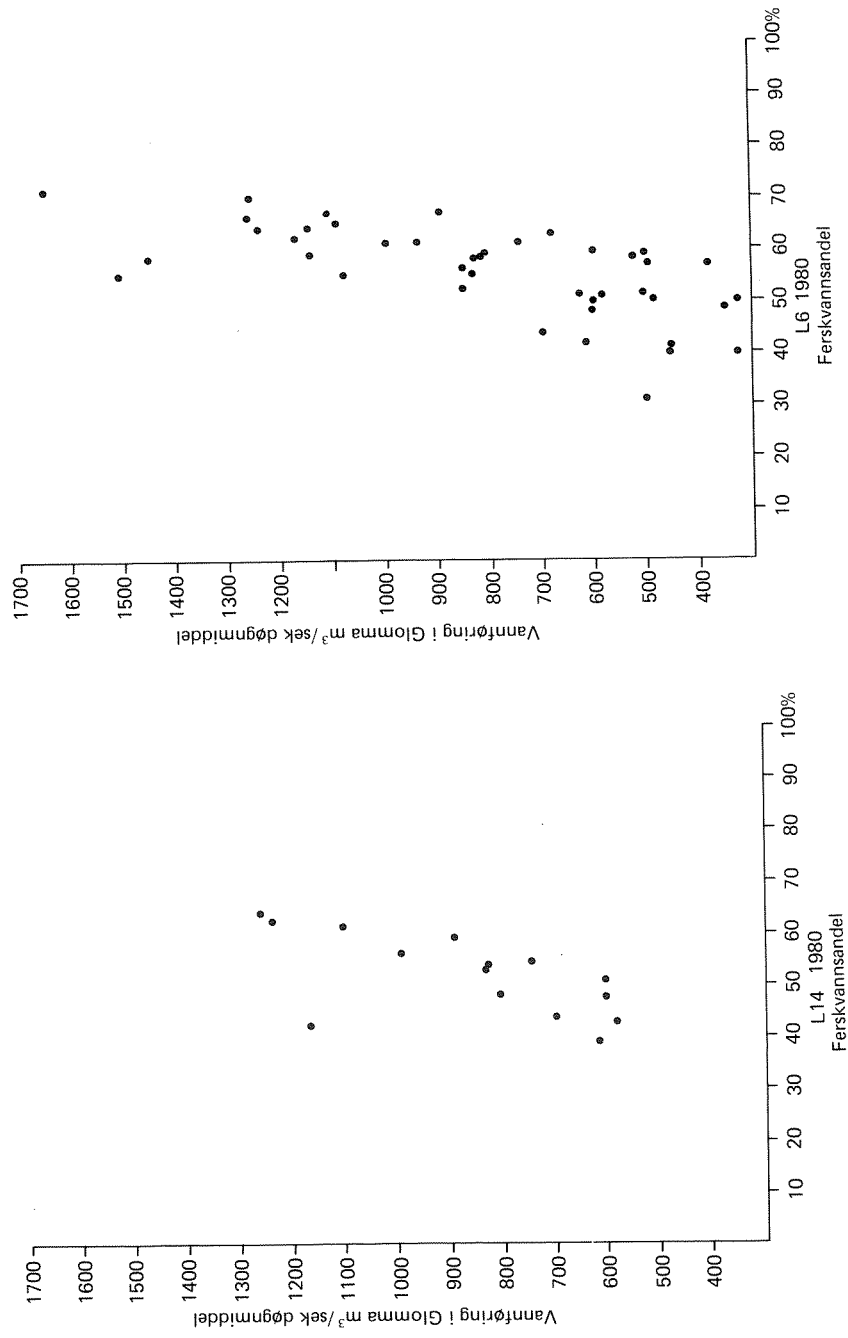


Fig. 5.12 Ferskvannandel sommerstid i overflatelaget på stasjon L6 og L14 samt vannføringen i Glomma.

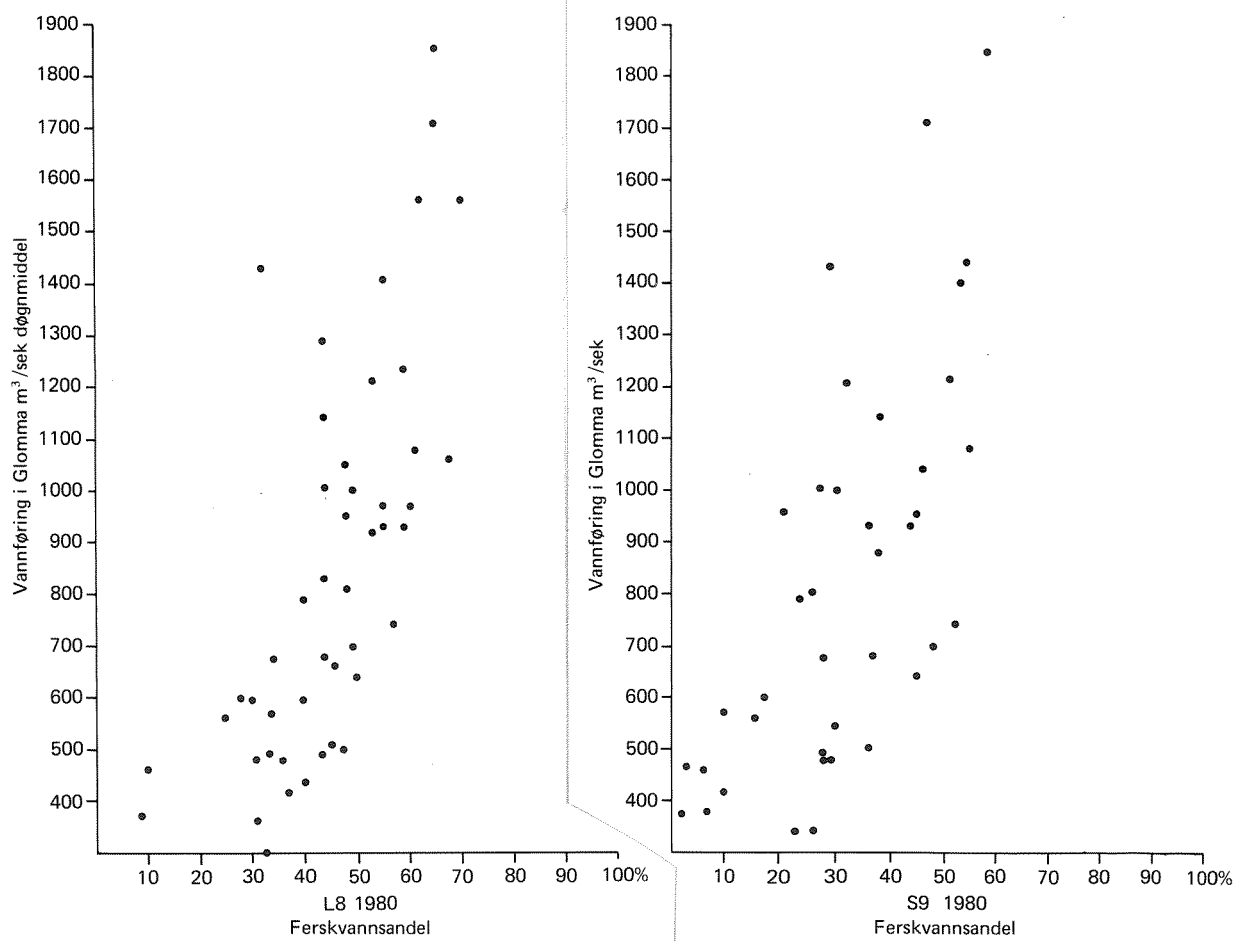


Fig. 5.13 Ferskvannandel sommerstid i overflatelaget på stasjon L8 og S9 samt vannføringer i Glomma.

Glomma har stor innvirkning på Hvaler/Singlefjorden. Gjennom sommeren ligger oppblandet Glomma-vann i snitt som et 4 meter tykt lag. Spredningen av ferskvann gir også mulighet for å beregne spredning av forurensninger som tilføres via Glomma.

Veitraséen nord for Vesterøy hindrer vanntransport i øst-vest retning og styrer ferskvann fra Glomma mot øst. Veitraséen virker således som et skille mellom to vannmasser og gir dårligere sirkulasjon i gruntvanns-området nord for Vesterøy.

5.3 Ferskvannets oppholdstid

Ferskvannets oppholdstid (t) er definert som

$$t = \frac{f \cdot V}{R}$$

hvor f = midlere ferskvannandel i overflatelaget

V = overflatelagets volum

R = ferskvannstilførselen

Med oppholdstid menes således den tid det tar eksempelvis for Glomma å fylle hele Hvaler/Singlefjorden med det ferskvann som der er observert. For Hvaler/Singlefjord-området er oppholdstiden beregnet for seks tokt hvor det foreligger et større antall observasjoner av saltholdighet (se tabell 2.1). Ferskvannandelen (f) er beregnet for hvert dyp på de stasjoner som er observert etter ligningen:

$$f = \frac{S_2 - S}{S_2}$$

hvor S_2 = saltholdighet på sjøvann

S = saltholdighet på brakkvann

Sjøvannets saltholdighet varierer mellom toktene og er valgt ut fra saltholdigheten på 20 meters dyp i Løperen og brukt for samtlige observerte stasjoner. Med sjøvann menes her vann som ikke er påvirket av Glommavann.

For hver stasjon er f beregnet til 10%. Da det mangler vertikale profiler fra en del stasjoner, er en stasjon blitt brukt som representativ for et større område, ut fra en sammenligning av likheten mellom forskjellige stasjoner. Videre er det foretatt en oppdeling av området i tre deler. Vesterelva og Leira dekkes av stasjonene V15, V14, V10, V9 og V8. Ferskvannstilførselen er beregnet til ca. 28% av total tilførsel i Glomma. Det andre området er Løperen ut til L16 og området ved Kirkøy til Singløya.

Ferskvannstilførselen er her satt til ca. 72% av Glomma som går ut i Østerelva. Område 3 omfatter område 2 pluss Singlefjorden ut til og med stasjon S3.

Resultatet av beregningene fremgår av tabell 5.3. Generelt avtar ferskvannets oppholdstid ved økende vannføring i Glomma, dvs. transporten av Glomma-vann ut av estuaret er mer effektiv ved store vannføringer. Forskjellen er imidlertid ikke større enn at eksempelvis vindforholdene kan ha vesentlig innflytelse. Den 6.10.80 var vinden sterk sydlig og stuert opp ferskvannet inne bak øyene. Oppholdstiden øker derved og blir like stor som ved betydelig mindre tilførsler den 16.-18.4.80.

For området Løperen/Singløy varierer oppholdstiden mellom 3-10 døgn. Legger en til Singlefjorden øker oppholdstiden til mellom 5 og 16 døgn. For Vesterelva-Leira er oppholdstiden beregnet til mellom 4 og 8 døgn. Normalt over et år vil Glomma ha en vannføring på mindre enn $500 \text{ m}^3/\text{s}$ i ca. 50% av året, dvs. vi får en oppholdstid på ferskvannet på ca. 16 døgn. Under halvparten av året er oppholdstiden mellom 5 og 9 døgn, noe påvirket av vindforholdene. Sydlige vinder vil øke oppholdstiden og nordlige vinder vil minske oppholdstiden. Med overveiende solgangsbris i sommerhalvåret vil vindeffekten trolig være av mindre generell betydning, men derimot kunne gi korte og kraftige avvik som den 6.10.80.

Oppholdstiden som her er beregnet inkluderer ferskvann under den utgående overflatestrømmen, dvs. den totale oppholdstiden for 90% av ferskvannet i området.

Ferskvannets oppholdstid i området er kort, spesielt i flomperioder. I Løperen varierer oppholdstiden mellom 3-9 døgn, hvor den lengre oppholdstiden kommer ved sterke sydlige vinder. I hele Hvaler/Singlefjorden er oppholdstiden lengre (5-17 døgn). Forholdene er mest stabile i Løperen med rask uttransport av ferskvann.

Tabell 5.3 Vannføring i Glomma (Østerelva og Vestrelva)(Q), ferskvannsmengden (V_f), ferskvannets oppholdsdtid (T_f) fra 5 tokt 1980

Toktdato	Q (m^3/s) (Glomma)		$V_f \times 10^3 m^3$		$V_f \times 10^3 m^3$		$V_f \times 10^3 m^3$		
	Øster- elva	Vester- elva	Totalt	Løperen	Løperen + Singlefj.	T_f (døgn)	T_f (døgn)	Leira T_f (døgn)	
16-18.4.1980	312	124	438	240.000	440.000	8,8	16,3	81.000	7,5
4.6.1980	886	354	1.240	250.000	395.000	3,3	5,2	-	-
2-3.7.1980	1.000	400	1.400	300.000	480.000	3,5	5,6	-	-
14.8.1980	450	180	630	170.000	280.000	4,4	7,2	-	-
6.10.1980	438	175	613	355.000	615.000	9,4	16,3	-	-
19-20.5.1981	1.036	414	1.450	485.000	800.000	5,4	8,9	160.000	4,5

6. HYDROGRAFI OG DYPVANNSUTSKIFTNINGER

Figur 6.1 viser temperatur og saltholdighet i Singlefjorden (Stasjon S9) 1980-82. Variasjonen følger den typiske årssyklus for sørnorske kystområder, med høyeste saltholdighet i vannmassene ved store dypvannsutskiftninger, dvs. når vann fra Skagerrak trenger inn i området. I april 1980-82 i forbindelse med nordlige vinder, strømmet vann med høy saltholdighet (>34 ‰) og lav temperatur ($4.0-6.3$ °C) inn i området. Dette er vannmasser som normalt befinner seg på 20-50 meters dyp i Skagerrak, det kaldere vannet lengre opp i vannmassene enn det varmere vannet (Svansson 1974). Utskiftninger på høsten gir helt andre egenskaper hos dypvannet, nemlig temperaturer på $11-13$ °C og saltholdigheter mellom 32 og 34 ‰. Dette er vann som i august normalt ligger omkring 10 meters dyp eller noe dypere i Skagerrak (Svansson 1974).

Hydrografien i området er således bestemt av advektive bevegelser, nemlig ut og inn-transport av vannmasser fra Skagerrak.

Det ble registrert temperaturer under 0 °C i februar 1981 og februar/mars 1982 ned til ca. 10 meters dyp. For øvrig ble temperaturer på under 4 grader observert til under 60 meters dyp (januar 1981). Høyeste temperaturer i overflatelaget ble registrert i august 1982 (>22 °C), men over 20 °C er ikke registrert dypere enn 5 meter. Største temperatur i dypere vannlag registrert på høsten var 15 °C (35 meters dyp 1982), mot normalt omkring 13 °C.

Mer eller mindre totale vannutskiftninger er registrert 3-4 ganger pr. år i observasjonsperioden og derimellom skjer det mindre utskiftninger (eksempelvis august 1980 og 1981, fig. 6.1). Oppholdstiden på dypvannet er således kort, hvor de dypeste vannmasser har en oppholdstid på ca. 4-5 måneder i sommerhalvåret. Mesteparten av vannet kommer via Kosterfjorden. Her ligger trolig det tyngste vannet i området på nivåer omkring terskeldyp til Singlefjorden (70-100 meters dyp). Dypvannet i Singlefjorden (90-150 meter) ved tokter den 14.8. og 6.10.1980 hadde samme T-S-egenskaper som vannmassene i Kosterfjorden på 70-90 meter. Derimot ble ikke slike vannmasser funnet i området utenfor Hvaler-øyene. Hvis vi spesielt sammenligner oktober-observasjonene fra 1980 mellom Kosterfjorden (fig. 6.2) og Singlefjorden (fig.

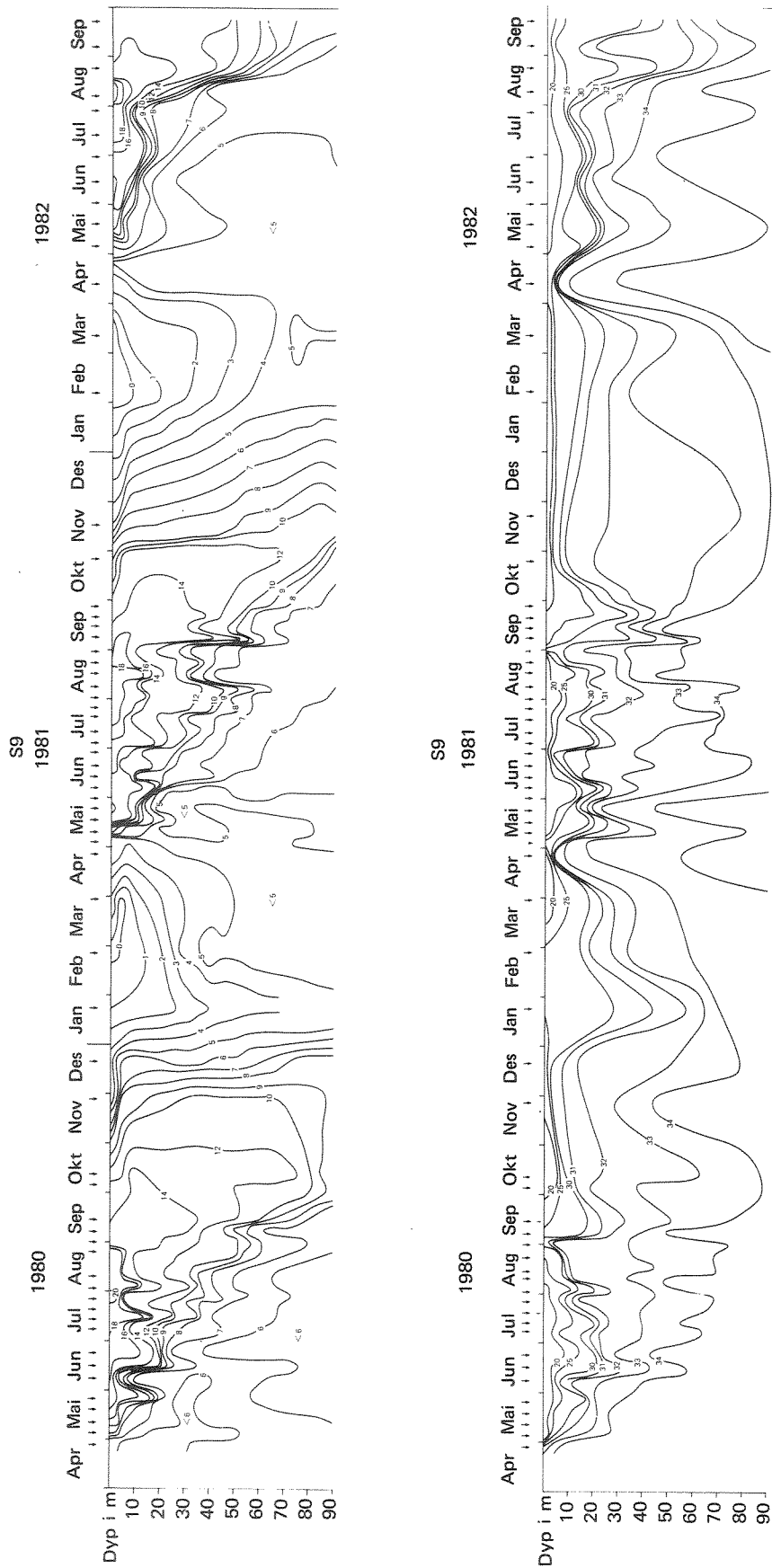


Fig. 6.1 Temperaturen (°C) og saltholdigheten (‰) i Singlefjorden (stasjon S9) 1980-82. (Piler viser observasjonstidspunkt).

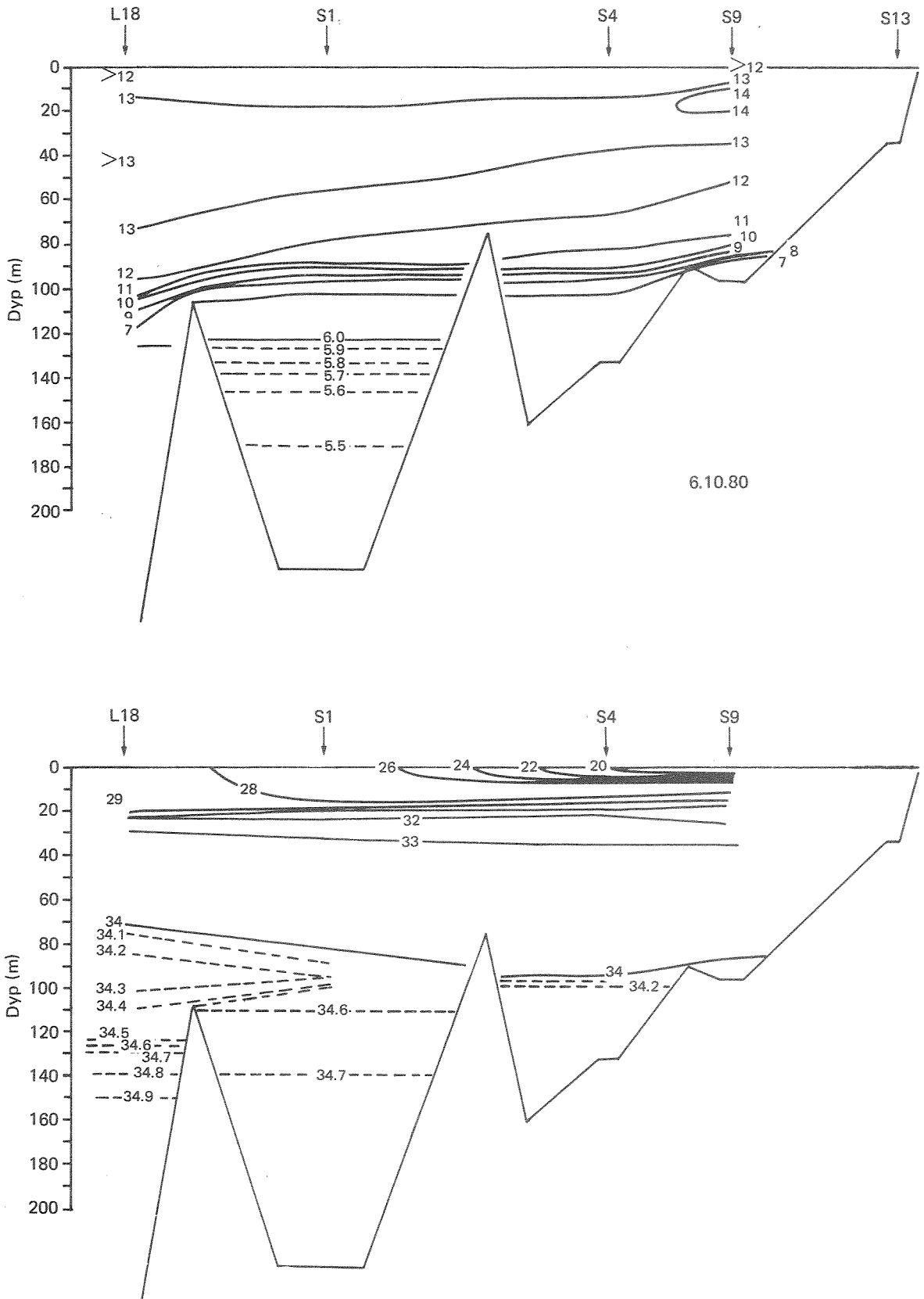


Fig. 6.2 Temperatur (øverst) og saltholdighet (nederst) i Kosterfjorden-Singlefjorden 6.10.80.

6.1 og 6.2) ser vi at vannmassene i Kosterfjorden mellom 20-80 meters dyp hadde samme temperatur og saltholdighet som vannmassene i Singlefjorden i slutten av oktober.

Fig. 6.3 viser temperatur og saltholdighet ved stasjon L6 (Løperen) 1980 og 1981. I store trekk samvarierer denne stasjon med stasjon S9 i Singlefjorden, dvs. det er liten variasjon innenfor undersøkelsesområdet.

På tross av den gode vannskiftningen er den organiske belastningen på dypvannet i området så stor at det oppstår lave oksygenkonsentrasjoner og dannelse av hydrogensulfid (fig. 6.4 og 6.5).

Det hydrografiske miljøet er bestemt av Glomma og forholdene i kyststrømmen/Skagerrak. På tross av god vannutskiftning er den organiske belastningen tilstrekkelig stor for å gi lavt oksygeninnhold i Løperens dypvann og dannelse av hydrogensulfid.

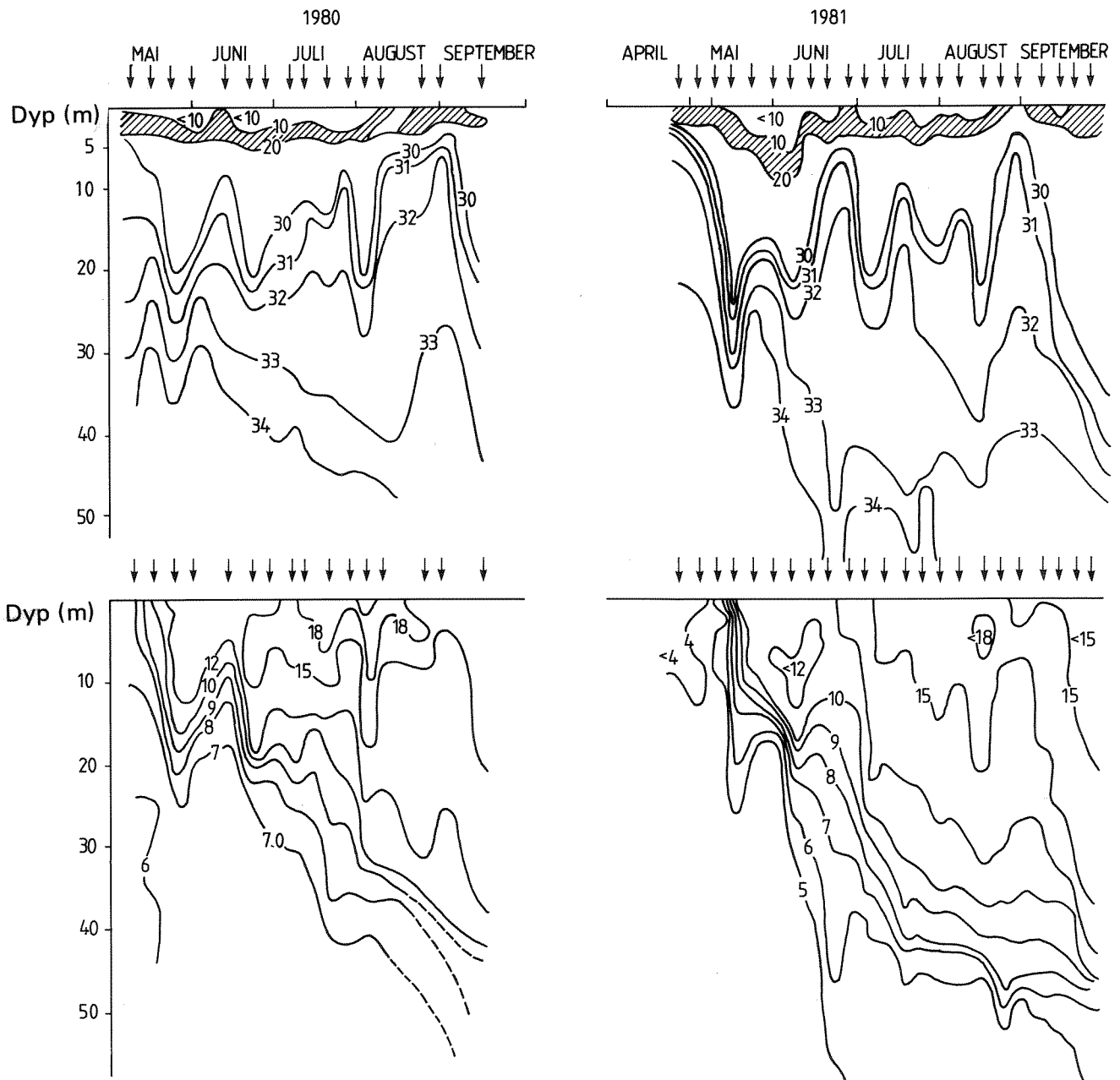


Fig. 6.3 Saltholdighet (øverst) og temperatur (nederst) på stasjon L6 (Løperen) 1980-81. (Pilen viser observasjons-tidspunkt.)

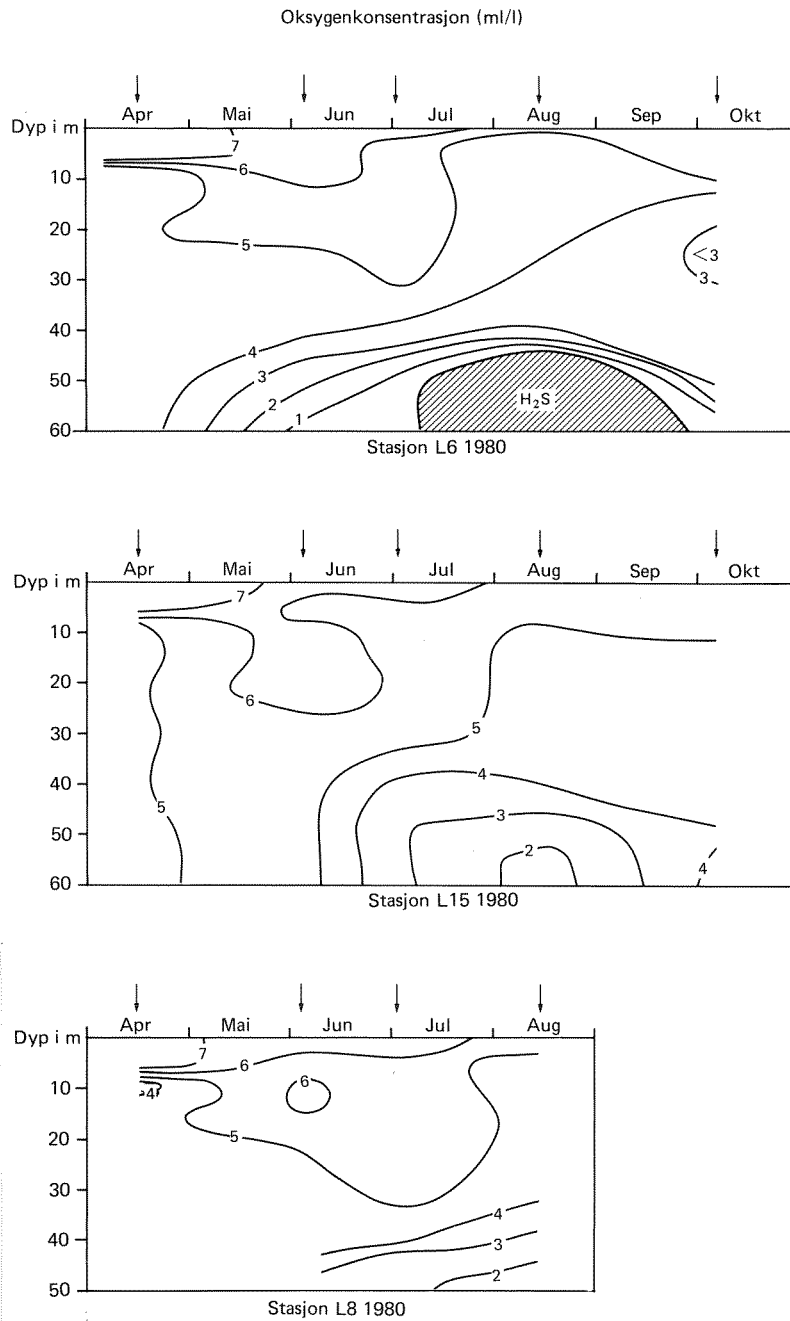


Fig. 6.4 Oksygenkonsentrasjonen (ml/l) 1980 på stasjon L6, L15 og L8.
(Piler viser observasjons-tidspunkt).

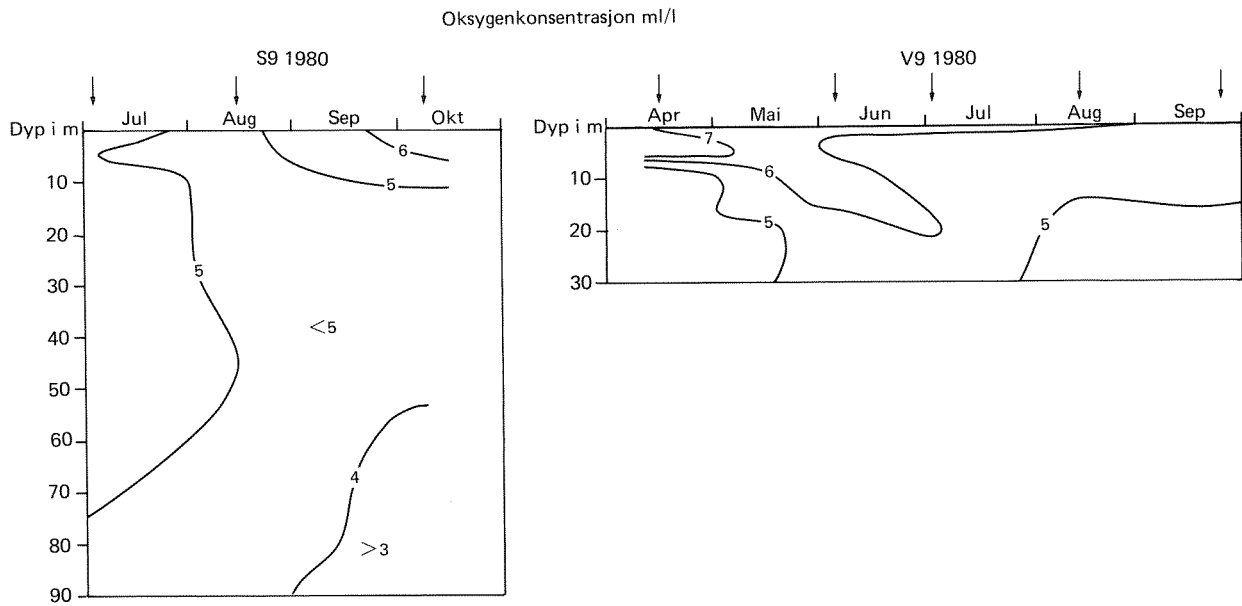


Fig. 6.5 Oksygenkonsentrasjonen (ml(l) 1980 på stasjonene S9 og V9 1980 (Piler viser observasjons-tidspunkt).

7. SIKTEDYP, TURBIDITET OG SEDIMENTASJON

Glommavannet er meget turbid og siktedypsmålinger fra området viser påvirkningen av dette vannet. Fig. 7.1 viser gjennomsnittlig siktedyp fra fem tokt sommerhalvåret 1980 (april, juni, juli, august og september). Siktedypet er lavt i hele området, og sammenlignet med hyppigere observasjoner (1 gang/uke) fra noen stasjoner (fig. 7.2), er avviket fra de 5 toktene lite på de innerste delene av området. I ytterområdene er avviket fra gjennomsnittsbildet større, eksempelvis er siktedypet i Skjebergkilen over 3 meter bare i 30% av sommerhalvåret, mens i Singlefjorden (S9) er det over 3 meter i 50% av tiden. Fig. 7.1 gir således en noe lav verdi for Singlefjorden og noe høyt for Skjebergkilen, men et forbehold må tas for de sistnevnte observasjoner da de hyppige (daglige) observasjoner er gjort nærmere land og kan i seg selv gi lavere siktedyp. Størst variasjon i observasjonene gir målingene utenfor Hvalerøyene. Her kan siktedypet være mellom 2 og 7 meter (eksempelvis nord for Tisler), og kan bli så lavt som 1-2 meter i nordre Kosterfjorden.

De store avvikene fra gjennomsnittet skyldes frontvandring ("Glommavann" - "sjøvann") som er vanlige i dette området og som gir store variasjoner i siktedyp på noen få meters avstand. Den 20.5.81 lå fronten mellom Glommavann og sjøvann mellom Tisler og munningen av Løperen. De to stasjonene AI og AH ble tatt på hver side av forskningsfartøyet, dvs. omtrent 2-3 meter fra hverandre. Tabell 7.1 viser overflateobservasjonene.

Tabell 7.1. Observasjoner (0,5 m dyp) fra stasjon AH (turbid Glommavann) og stasjon AI (sjøvann) den 20.5.81. Avstand mellom stasjonene ca. 2-3 meter.

Stasjon	Temperatur °C	Saltholdighet (‰)	Siktedyp (m)	Farge
AI	13,0	15,1	5,5	grønn
AH	12,7	6,7	1,2	brun

Fronten "vandrer" over et større område og avsnøres som hvirvler for å blande seg med sjøvann. En del av vannet blandes ned i dypet og tilbakeføres sikkert i returstrømmen.

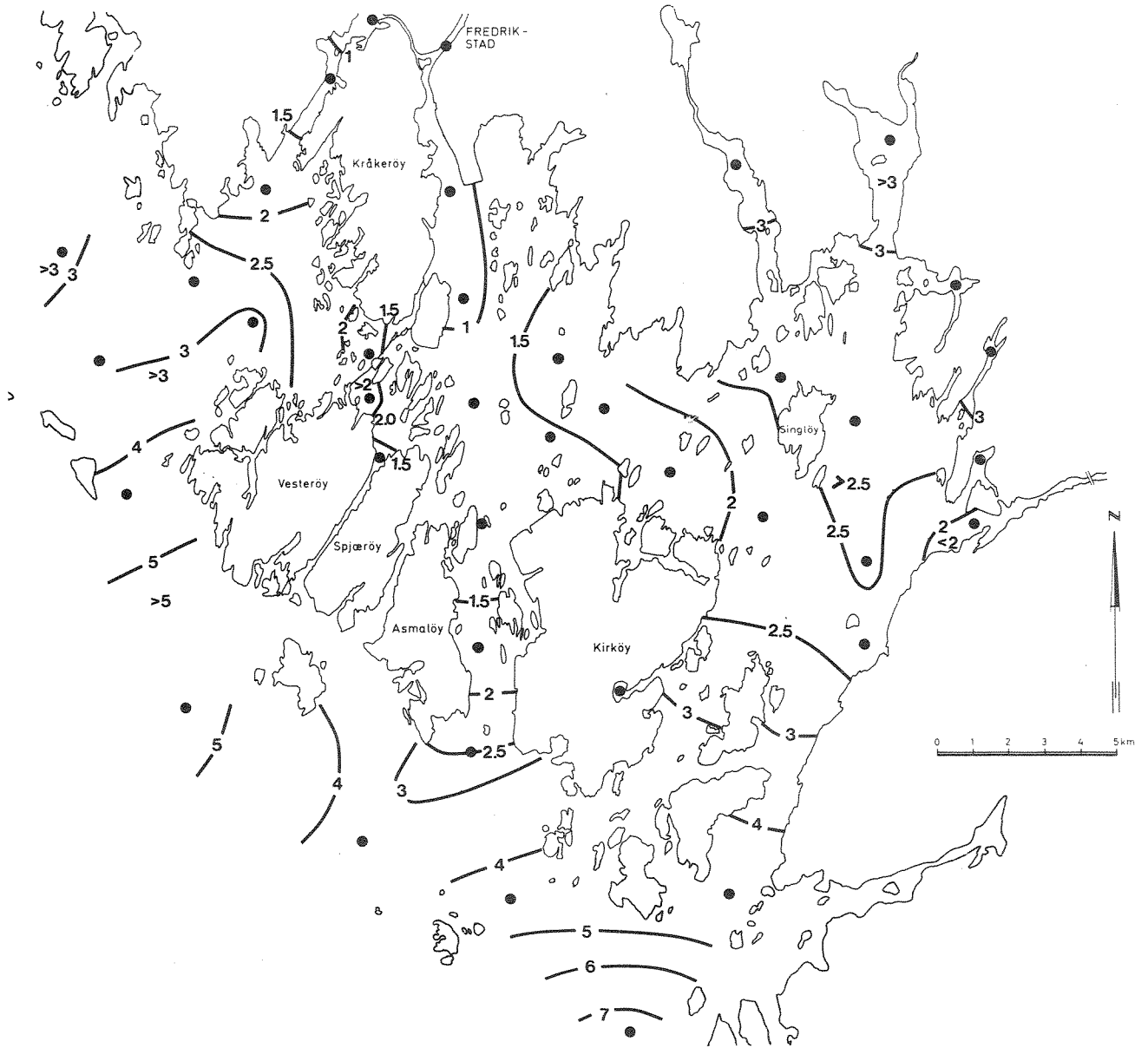


Fig. 7.1 Gjennomsnittlig siktedyp (m) fra 5 tokt sommeren 1980

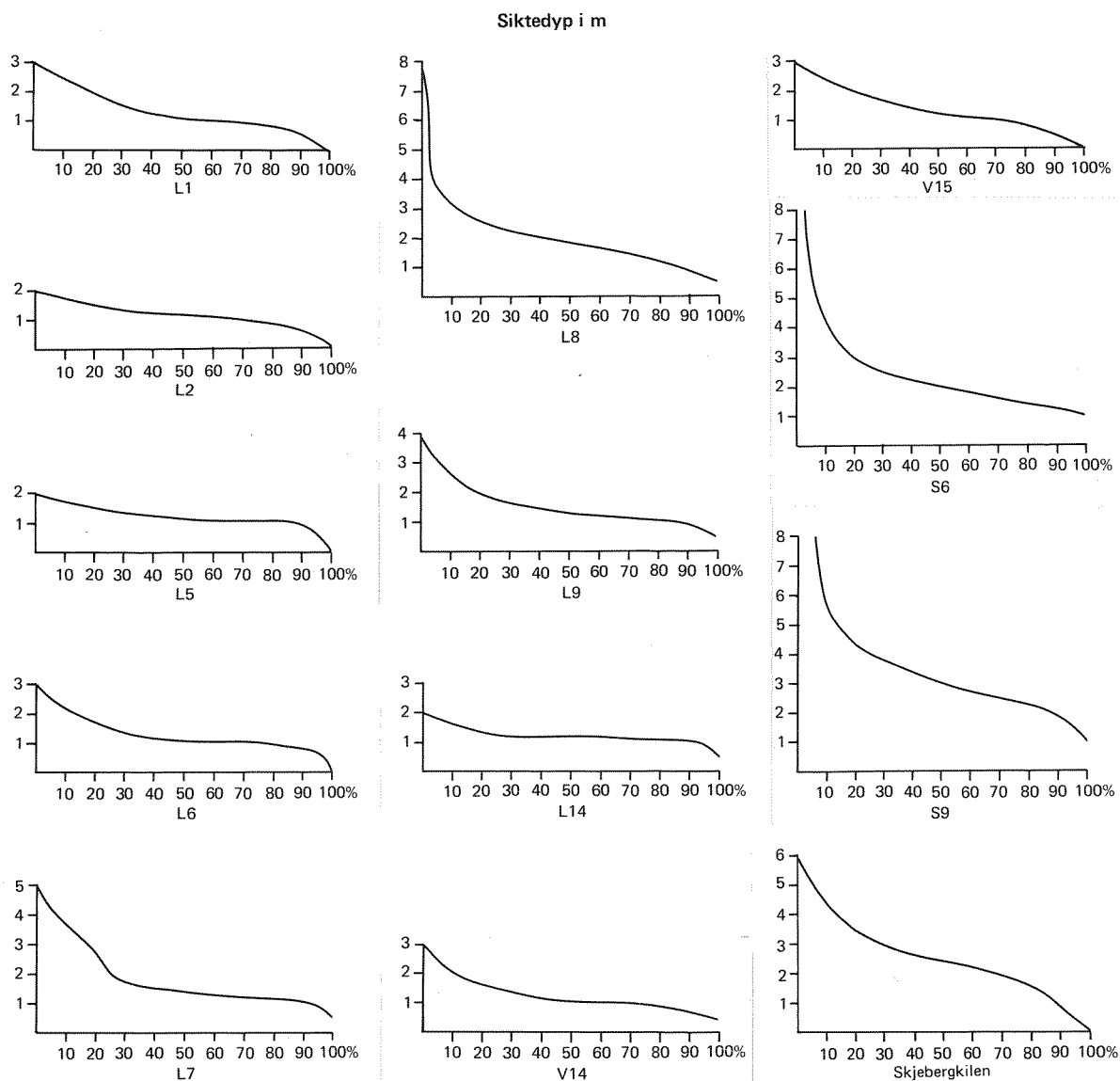


Fig. 7.2 Varighetskurver for siktedyp fra ukentlige observasjoner sommertid 1980 fra stasjonene L1, L2, L5, L6, L7, L8, L9, L14, V14, V15 S6, S9 og Skjebergkilen.

At det i hovedsak er Glomma som gir de dårlige siktedypene, vises også av den klare sammenhengen mellom turbiditet og saltholdighet i fig. 7.3. Videre kan vi få en oppfatning av den vertikale fordelingen av suspendert materiale i Løperen (fig. 7.4) gjennom transmisjonsmålingene den 6.10.80. Toktdagen var vinden sørlig og til dels sterk, slik at brakkvannet ble presset inn mot Fredrikstad. Tykkelsen på det turbide overflatelaget ble derved 10 meter i selve elva og 5 meter lenger ute. Under det turbide overflatelaget var det en klarere vannmasse på 10-20 meters dyp. Denne vannmassen kommer utenfra som en kompensasjonsstrøm under den utgående overflatestrømmen. Sjøvannet er delvis blandet med utstrømmende brakkvann, slik at en del vann i returstrømmen består av Glommavann. Dypere ned øker turbiditeten igjen som følge av sedimenterende partikler og vannmasser med lengre oppholdstid.

Figur 7.1 viser økende siktedyp med økende avstand fra Fredrikstad. At siktedypet øker er avhengig dels av at Glommavann blandes med det underliggende mindre turbide sjøvannet (se fig. 7.4) eller ved horisontal innblanding utenfor Hvalerøyene, og delvis ved at partikler sedimenterer fra overflatelaget. Sedimentasjonen kan øke dels som følge av lavere hastigheter i den utgående overflatestrømmen eller ved at saltvannsinblandingen gir en flokkulering av mindre partikler som derved får en høyere sedimentasjonshastighet.

En viss oppfatning av den relative sedimentasjonen i området kan fås ved enklere beregninger. I kap. 5 ble fortynningen i ulike deler "nedstrøms" Glomma beregnet ut fra saltholdighetsfordelingen i overflatelaget. På tilsvarende måte kan fortynningen av Glommavann beregnes etter turbiditeten. Turbiditeten antas å være proporsjonal med det inverse siktedypet, og ved å beregne forholdet mellom turbiditeten på forskjellige stasjoner og stasjon L1 i Glomma-Fredrikstad får vi fortynningen eller turbiditeten av Glommavann. Imidlertid får vi en feil i disse beregninger når suspendert materiale tilføres ved utslipp eller resuspensjon samt når det skjer sedimentering. De to faktorene - tilførsel og tap av partikler - kan fremstilles ved å sammenligne "turbiditetsfortynningen" med fortynningen beregnet etter saltholdighet. En økning i forholdstallet innebærer en tilførsel av suspendert materiale og en minking i forholdstallet et tap av materiale. Figur

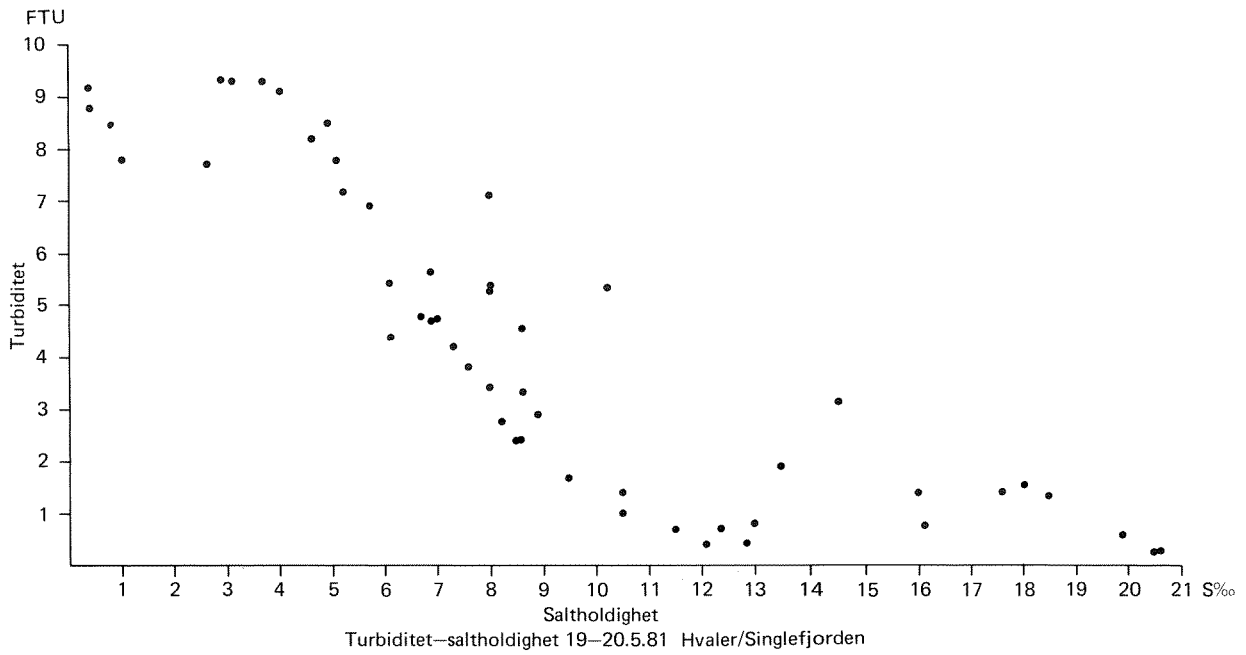


Fig. 7.3 Turbiditet-saltholdighet 19.-20.5.81.

Format 18 x 24 cm ved 10% forminskning · Spaltebredde 19 · 1½ · 19 · 47 linjer · Skyting 13

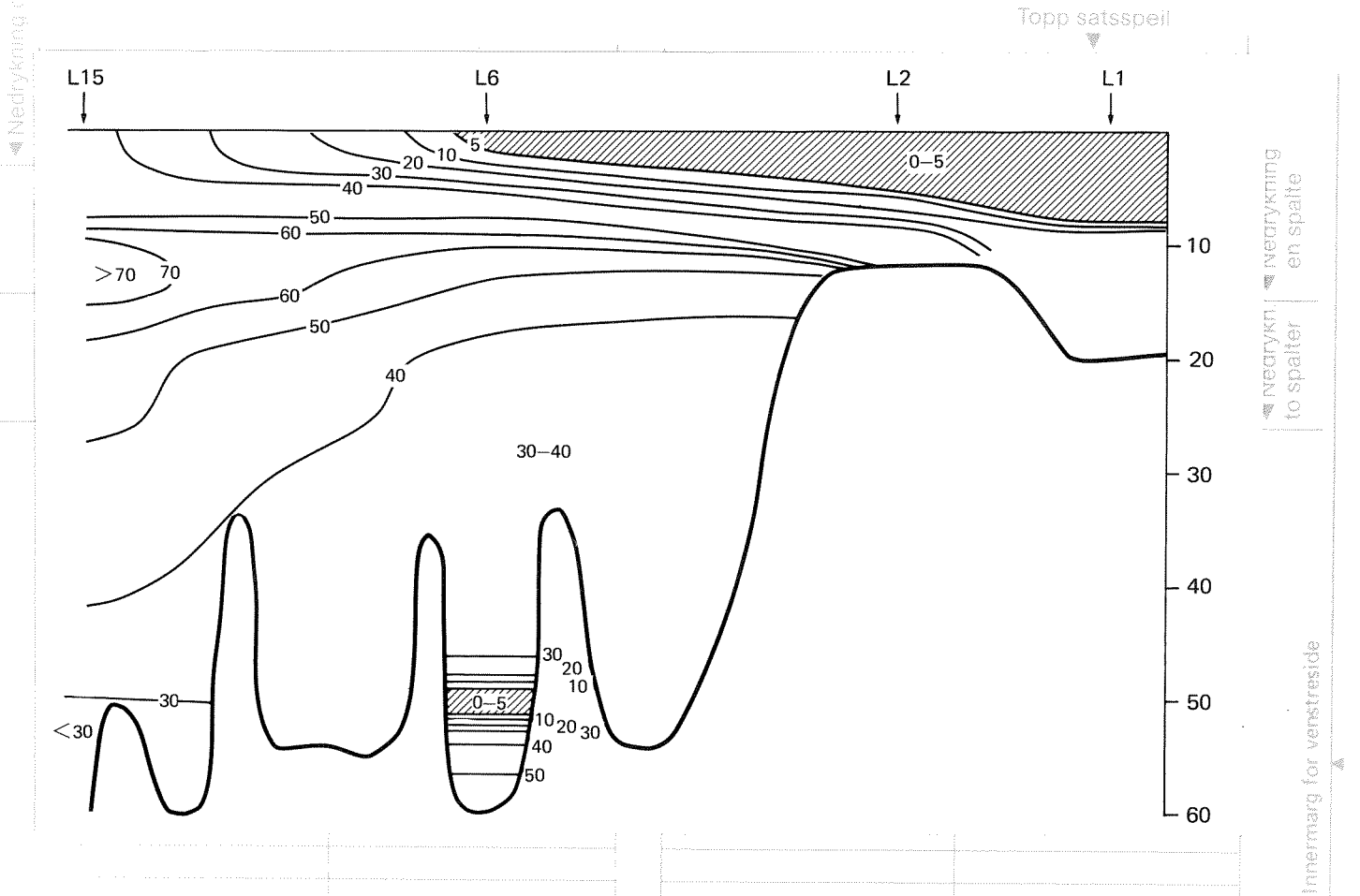


Fig. 7.4 Transmisjonsmålinger (%) 6.10.80 i Østerelva-Løperen.

V Paginastrek

Sentreringslinje

Sentreringslinje

Paginastrek H

7.5 viser resultatet av beregningene. Her er forskjellen i forholdstallet mellom to stasjoner i strømrretningen, dividert med avstanden mellom stasjonene og satt opp mot avstanden fra stasjon L1 i Fredrikstad. Ved stasjon V 15 og L 5 er fortynningsberegningene normert på nytt som følge av tilførsler av materiale. Dette er ikke gjort for stasjoner "nedstrøms" S 6, dvs. tilførsler fra Iddefjorden. Disse stasjoner er spesielt markert i figuren.

Verdier omkring null innebærer en transport av suspendert materiale. At siktedypet øker og turbiditeten avtar, er således en ren fortykningseffekt.

Det skraverte området i figuren viser antatt transport. Grensen på $\pm 0,1$ er satt etter måleusikkerhet. Tilførsel av suspendert materiale øker i selve elvene, både i Østerelva og Vesterelva. Videre skjer en tilførsel fra Iddefjorden (S 6). Øvrige stasjoner med hovedsakelig transport eller tilførsel av materiale er randstasjoner med høy konsentrasjon av klorofyll a (V 11, V 12, S 11, S 8) eller at de får tilførsler også fra andre kilder, som trolig er tilfelle for S 16 og L 18. Hovedsakelig skjer det en transport av suspendert materiale mellom stasjonene L 1 og L 2, L 6 - L 14, L 9 - S 18, S 20 - S 23, samt V 10 - V 11, V 12. Sedimentasjon av suspendert materiale er størst i Leira-området, nordvest og vest til syd av Ramsø, nord og nordøst av Kirkøy (spesielt Botnkilen som "samler opp" vann), i nedre del av Løperen, samt utenfor Iddefjordens munning. Sedimentasjonsforholdene er også spesielle øst for veitracéen nord for Vesterøy. På figur 7.6 er de ulike områdene avmerket på kart. Inndelingen middels, stor og meget stor relativ sedimentasjon er gjort etter skjønn, men er i noenlunde samsvar med undersøkelsene av suspendert partikulært materiale og bunnsedimenter (Næs 1983).

Ettersom siktedypet blir normalt relativt raskt utenfor selve Hvaler/Singlefjord-området, må en anta at mesteparten av tilført materiale sedimenterer i området og således sjelden vil nå ut i Kosterfjorden eller lenger ut. Likevel vil enkelte ganger "brunt" vann også trenge ut mot Torbjørnskjær og Kosterfjorden. Sannsynligheten for at det skjer ofte er liten da det kreves nordøstlig vind og stor vannføring i Glomma - en situasjon som ikke er helt vanlig. Ved sydlig vind og spesielt når vinden blir kraftig, blandes utstrømmende turbid vann med sjøvann, og en del av dette transporteres inn med reaksjonsstrømmen under det utstrømmende brakkvannet. Denne mekanismen vil bidra til å holde partikler igjen i området.

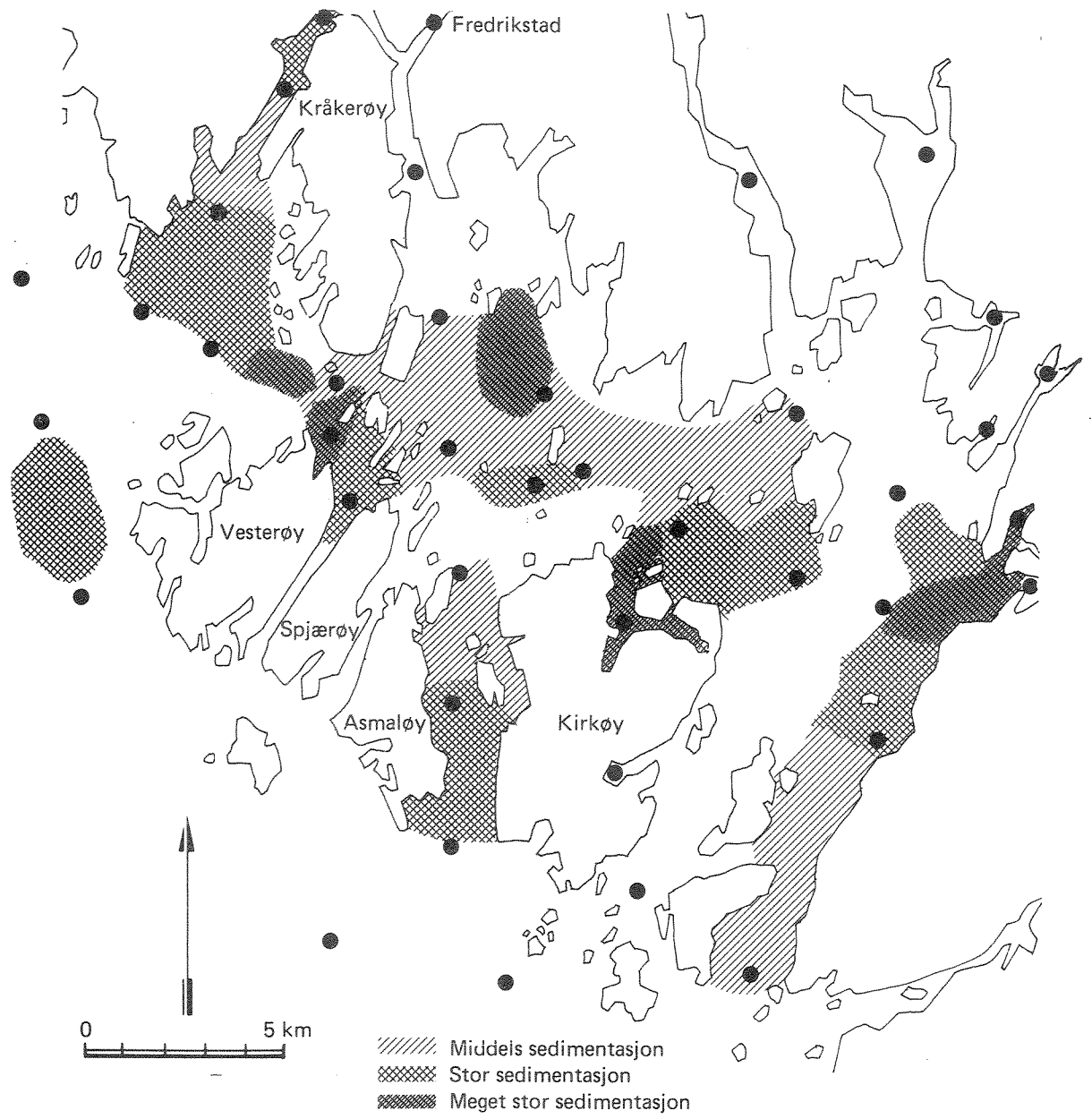


Fig. 7.6 Kart over beregnet relativ sedimentasjon i Hvaler/Singlefjorden.

Glomma transporterer store mengder partikulært materiale, som gir nedslamming og redusert siktedyp i hele området innenfor Hvalerøyene. Dårlig siktedyp gir lav produksjon av flora og fauna på dyp som normalt burde ligge i fotosyntesesonen. Sedimentasjonen varierer innenfor området, men er ekstra stor på østsiden av veibanken nord for Vesterøy, i midtre og nedre del av Løperen og utenfor Iddefjorden.

Mesteparten av det partikulære materialet antas å sedimentere i selve undersøkelsesområdet, bortsett fra i perioder med stor vannføring i Glomma.

8. PLANTEPLANKTON - KLOROFYLL a

Analyser av klorofyll a samt innsamling av planktonprøver ble gjort på de fem hovedtoktene i 1980 og i 1981/82 på de lokale toktene i Singlefjorden-/Løperen, samt for Skjebergkilen i perioden mai-september/oktober.

Figur 8.1 viser den gjennomsnittlige fordelingen av klorofyll a ved de fem hovedtoktene i sommerhalvåret 1980. Det er gjennomgående lave verdier i området Glomma-Leira-Løperen og nord for Kirkøy. I Singlefjorden ble de høyeste verdiene registrert spesielt i kilene på østsiden, men også ved Sækken og ut mot Kosterfjorden. Fordelingen av planktonbiomasse er svært lik fordelingen av saltholdighet. Figur 8.2 viser også at klorofyll a-konsentrasjonen avtar med økende saltholdighet til omtrent 12 ‰. Dette skyldes dels at ferskvannsplanktonet fra Glomma ikke klarer å overleve i saltholdig vann.

Den hurtige videretransporten av brakkvann gir lav oppholdstid og brakkvannstolerante marine arter vil ikke få tid til å etablere seg. Lavt siktedyp er dessuten ikke gunstig forhold for stor planktonproduksjon.

Et minimum mellom 6 og 12 ‰ har bare et avvik, nemlig stasjon L 11 som ligger i et område med mindre strømhastigheter enn de øvrige stasjonene. Ved høyere saltholdighet (>12 ‰) øker klorofyll a-konsentrasjonen som følge av marint plankton. Av de stasjoner som har gjennomsnittlig saltholdighet over 12 ‰ er de laveste klorofyll a-verdier i området omkring Løperen (stasjonene L 16, L 18 og L 19) samt i Leira (V 13, V 10, V 8 og V 11) og området utenfor (V 12, V 4 og V 1). De høyeste klorofyll a-verdiene ble registrert i Grimsøykilen, Sækken, Svalerødkilen og Røsneskilen. Korttidsobservasjonene viser store forskjeller i planktonbiomassen. Middelerverdi i mai-september var i 1980 for stasjoner i Løperen (L 6) og nord for Kirkøy (L8) 1,8 - 2,5 µg/l. I Singlefjorden (S9) var middelerverdien nesten 5 µg/l. Disse konsentrasjonene kan sammenlignes med verdier fra Indre Oslofjord som har en stor planktonbiomasse sommerstid. I gjennomsnitt ligger konsentrasjonen i de beste (minst forurensningsbelastede) området i Indre Oslofjord over 5 µg/l og i de indre delene (Oslo havnebasseng) mellom 10 og 15 µg/l. Planktonbiomassen er således liten i Leira/Løperen og moderat i Singlefjorden, muligens med unntak av kilene på østsiden av Singlefjorden

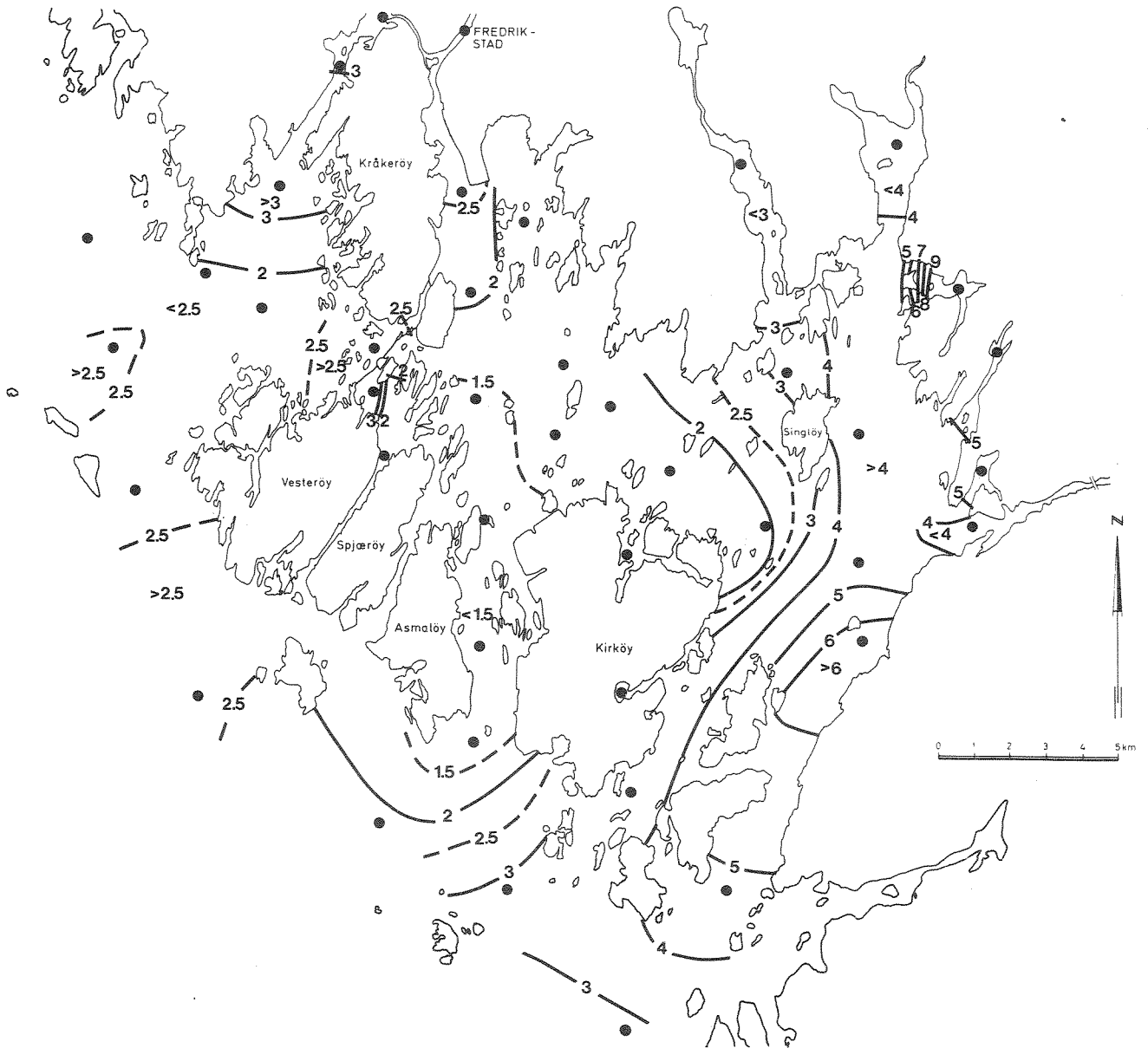


Fig. 8.1 Gjennomsnittlig overflatekonsentrasjon (0,5 meters dyp) av klorofyll a ($\mu\text{g}/\text{l}$) fra 5 tokt sommeren 1980.

Format 18 x 24 cm ved 10% forminskning · Spaltebredde 19 · 19 · 19 · 47 linjer · Skyting 13

- 75 -

Topp satsspeil

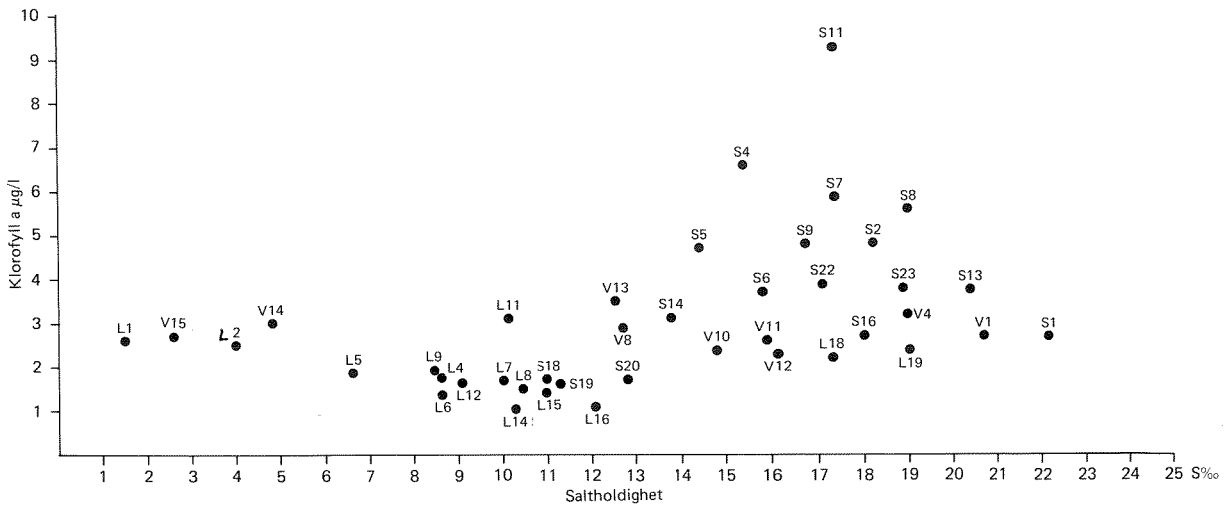


Fig. 8.2 Saltholdighet (‰) og klorofyll a (µg/l) (gjennomsnittsverdier fra 5 tokt sommeren 1980).

V Paginastrek

Sentreringslinje

Sentreringslinje

Paginastrek H

Figur 8.3 viser observasjoner over ett år med lav frekvens vinterstid. Stasjon S 9 i Singlefjorden viser en årssyklus i 1981 med en sen sommer-høst oppblomstring. Tilsvarende utvikling viser også 1982, men her er våroppblomstringen kommet med. I Skjebergkilen er variasjonene betydelig større, spesielt i tider hvor det generelt er mye plankton i området (fig. 8.3). Stasjonene L 6 og L 8 i Løperen ved Ramsø viser en meget mindre årsvariasjon (fig. 8.4). Ved stasjon L 6 ble to topper registrert i 1981 - sommer og høst, mens det i 1982 bare ble registrert en sommertopp. Stasjon L 8 gir omtrent samme bilde med enkelte store avvik i forhold til L 6.

Vertikalfordelingen av plankton viser at de største konsentrasjonene ikke nødvendigvis finnes i overflaten. I mai 1981 ble det tatt kontinuerlige vertikale profiler av klorofyll a (in situ fluoresence) som viser at maksimumkonsentrasjonen lå på ca. 10 meters dyp (fig. 8.5). I dette tilfelle ble stasjon N tatt innenfor fronten mellom brunt brakkvann og stasjon 0 i klarere sjøvann (se kap. 7). Saltholdighetsforskjellen var vel 7 ‰ (N: 8,9 ‰, 0:16,2 ‰). På de to stasjonene lå maksimal planktonkonsentrasjon på ca. 10 meters dyp, men ved stasjon N var konsentrasjonen ca. 50% av konsentrasjonen ved stasjon 0 i overflaten. På stasjon N på 10 meters dyp var planktonkonsentrasjonen, målt som klorofyll a, nesten 6 ganger så høy som i overflaten. Transmisjonsmålinger på disse to stasjonene viser at sikten i vannet var dårligst i overflaten og ikke der hvor planktonmengden var størst (fig. 8.5).

Sannsynligvis følger denne planktonbiomassen reaksjonsstrømmen inn i Hvalerområdet og forsyner på denne måten området med planteplankton. Den totale marine planktonbiomassen i området kan derfor være betydelig større enn som fremgår av fig. 8.1, men produksjonen av plankton finner ikke sted så dypt som 10 meter i Løperen (for dårlig lys), slik at figuren gir et godt bilde av lokalt produsert planteplankton i området.

Planktonbiomassen i de mest Glommapåvirkede vannmassene er liten. Kombinasjonen dårlig siktedyp, kort oppholdstid på vannmasser og kraftige saltholdighetsgradienter er ikke gunstige faktorer for en høy og stabil planktonproduksjon.

I deler av Singlefjorden, hvor sikten er bedre og saltholdigheten høy, samt at vannet er mer stillestående, øker også planktonproduksjonen og er middels høy med topper av oppblomstringer. Potensielt toksiske alger er blitt observert i området.

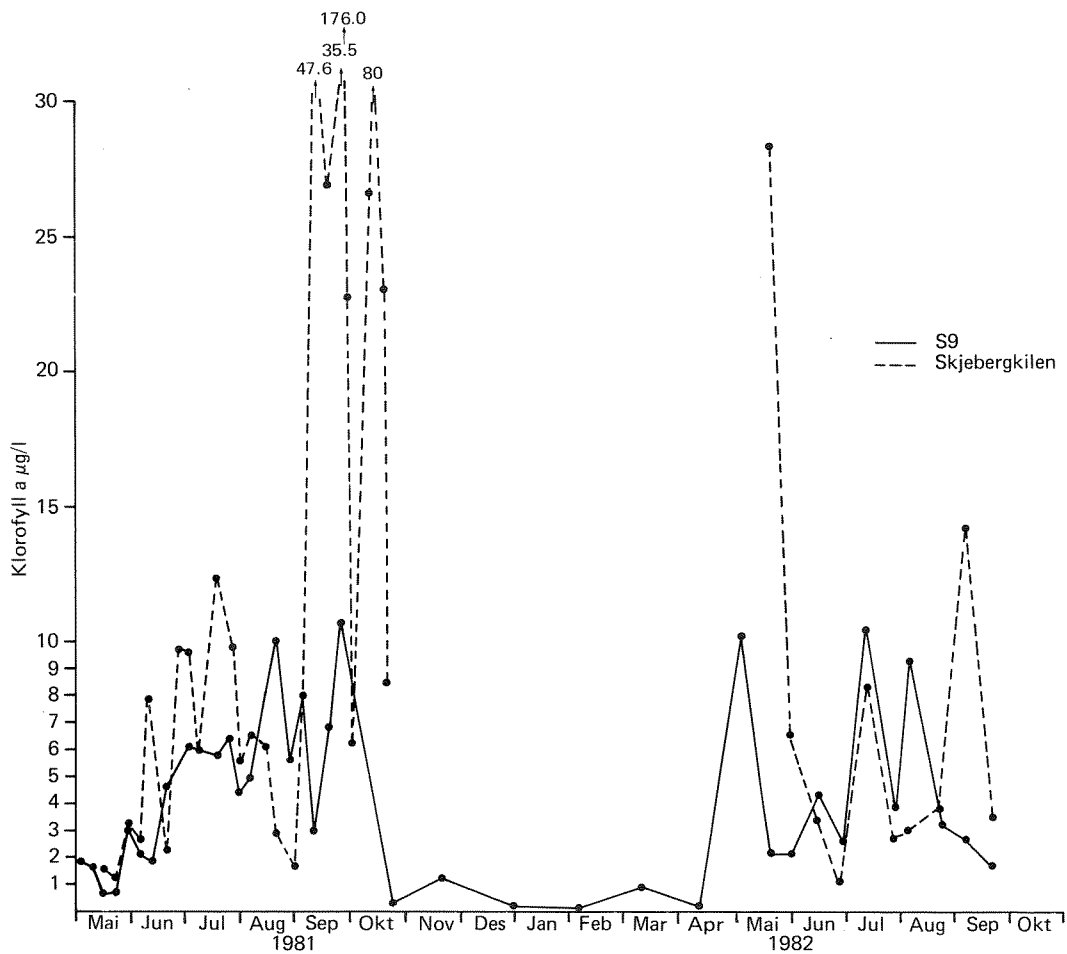


Fig. 8.3 Overflatekonsentrasjoner av klorofyll a 1981-82 på stasjonene S9 og Skjebergkilen.

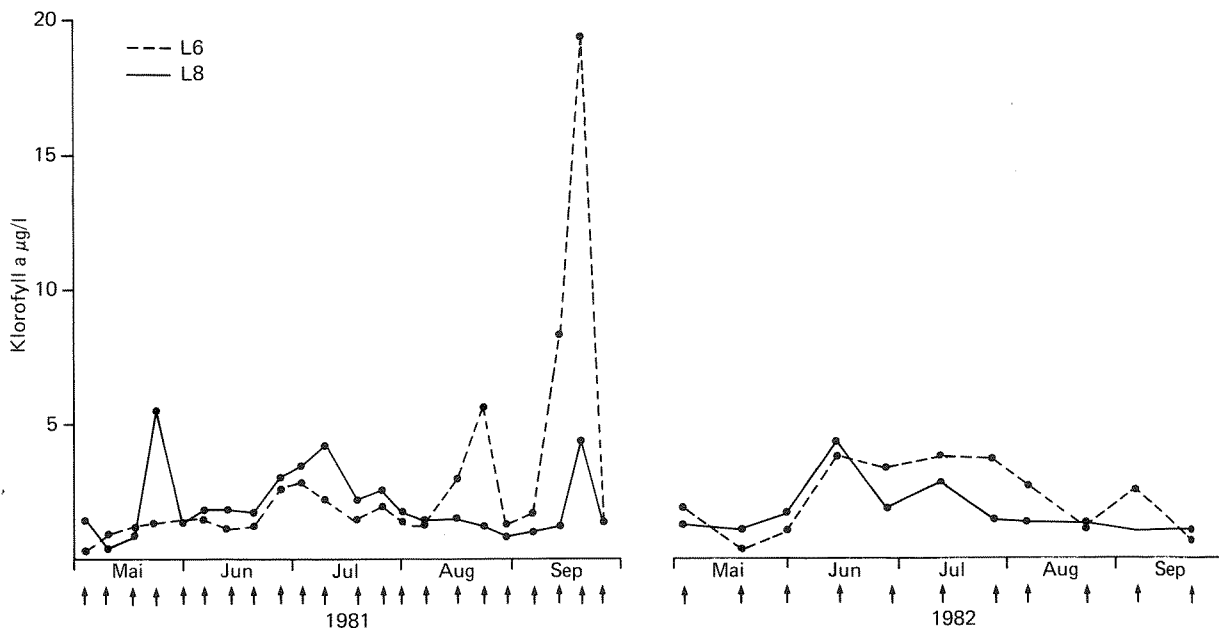


Fig. 8.4 Overflatekonsentrasjoner av klorofyll a 1981-82 på stasjonene L6 og L8 (Pilen viser observasjons-tidspunkt).

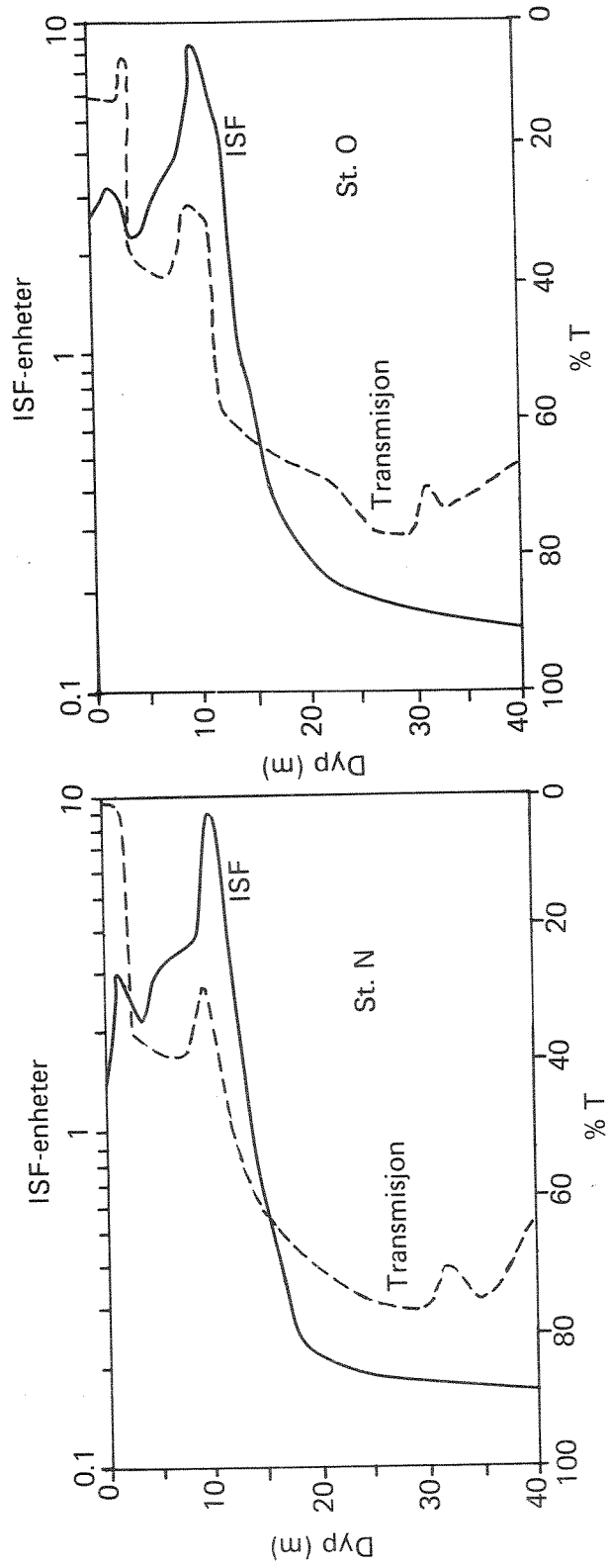


Fig. 8.5 Vertikalfordeling av omtrentlig planteplankton-mengde (målt som in situ klorofyllfluorescens (ISF)) og transmisjon (% T) i fronten mellom Glomma-vann (stasjon N) og sjøvann (stasjon O), 20.5.81. Avstanden mellom stasjonene ca. 2 meter.

9. HYDROKJEMI

Dette kapitlet gir en kort og relativt grov beskrivelse av de hydrokjemidata som er innsamlet i perioden 18.4.80 - 26.9.82. Tabell 2.3 viser en oversikt over parametre, antall stasjoner på hvert tokt og når toktene er utført. Bortsett fra 1980 er alle prøvene innsamlet av lokale medarbeidere.

En vurdering av hydrokjemidata i relasjon til biologiske data vil bli gjort i konklusjonsrapporten. Der vil bl.a. spørsmålet om eutrofiering bli diskutert. Likeså spørsmål som angår rensing av kommunal kloakk, ettersom dette er et sentralt spørsmål i forbindelse med det planlagte rensesanlegget på Øra.

9.1 Fosfor

Fosfor i sjøvann består hovedsaklig av fosfat, organisk bundet fosfor og fosfor i uorganiske forbindelser (apatitt, jernfosfat etc.) Målingene som det her refereres til er i hovedsak tot-P, men noen målinger av fosfat ble gjort i 1980. Dessuten er målinger av partikulært fosfor utført og rapportert tidligere (Næs, 1983).

Fosfor tilføres estuaret via ferskvann hvor avrenning fra jordbruksarealer og husholdningskloakk er viktige kilder. Tilførslene av fosfor (tot-P) til Hvalerområdet og Singlefjorden fra befolkning, industri, jordbruk, tettstedsarealer og skog, myr og bart fjell er beregnet til 565 tonn/år (Tryland, 1980). Til sammenligning utgjør totalutslippene fra industrien i området 35 tonn/år (Tryland, 1980). Disse beregningene baserer seg på målinger ved Sarpsfossen og teoretiske beregninger av tilførsler nedstrøms Sarpsfossen.

Undersøkelser i Glomma (Sarpsfossen) har konkludert med at fosforkonsentrasjonene i elva er høyest ved størst vannføring og at fosforet ved slike tilfeller i stor grad er partikkelbundet (Lingsten, 1982). Det ble f.eks. målt 50 µg/l tot-P i april 1981, mens verdier mellom 20 og 30 µg/l ble målt om høsten (Lingsten, 1982). Transporten av total fosfor via Glomma ved Sarpsfossen i 1981 ble beregnet til 340 tonn (Lingsten, 1982).

Overflatevann

Konsentrasjonene av tot-P i overflatevannet i alle tre undersøkelsesårene varierte mellom 10 og 70 µg/l. Gjennomsnittskonsentrasjonene var størst i Vestereelva (V14 og V15), nedre del av Glomma (L1 og L2) og utenfor Iddefjordens munning (S6) (Tabell 9.1, 9.2 og 9.3). Til dels store standardavvik viser betydelige skiftninger i konsentrasjoner i løpet av måleperiodene (sommerhalvåret).

Målinger av partikulært fosfor viser at i de delene av området som er påvirket av Glomma er størsteparten av fosfor knyttet til partikler (Næs, 1983). Fordelingen av fosfor i overflatevann i Løperen i 1980 viser at de desidert største mengdene opptrådte vår og høst under flomperioder (Fig. 9.1), delvis som følge av resuspensjon. Omtrent halvparten av fosforet i øverste del av Løperen (L1) var partikulært i april, mens den andre halvparten var til stede som fosfat. Samvariasjonen mellom jern og fosfor i det partikulære materialet og i sedimentene tyder på at mye fosfor er bundet i jernfosfatpartikler (Næs, 1983). Med økende avstand fra Glommas munning blir det relativt mer og mer løst fosfat som følge av sedimentering av jernfosfatpartikler.

Det er ingen data som tyder på at fosfor var begrensende faktor i overflatelaget med hensyn til opprettholdelse av planktonvekst. Denne vurderingen baserer seg i stor grad på data for tot-P og kan gi et misvisende bilde. Imidlertid viste målinger av fosfat i vekstperioden i 1980 konsentrasjoner mellom 5 og 10 µg/l fosfat i overflatelaget, noe som styrker antagelsen om at det ikke var fosformangel. Det har vist seg at 1 µg/l PO₄-P gir et algevekstpotensial på 20x10⁶ celler/l, forutsatt rikelig tilgang på nitrogen (Magnusson et al., 1977).

Dypvann

Det vanlige bildet i sommersesongen av fordeling av fosfor i vannmassene er lave konsentrasjoner i overflaten og økende verdier mot bunnen. Bortsett fra at overflatekonsentrasjonene av fosfor ikke var lave, er det dette vi også ser i data fra Singlefjorden - Hvalerområdet. I tillegg var bortimot 100% av fosforet i dypvannet til stede som løst fosfat. Parkikkelbundet fosfor er vanligvis neglisjerbart i dypvannet i de fleste fjorder (se f.eks.

Tabell 9.1.

Gjennomsnittskonsentrasjoner av total nitrogen, fosfor og karbon i overflatevann fra Singlefjorden og Hvalerområdet på 6 tokt i perioden april - oktober 1980.
(standardavvik i parentes)

Stasjon	P ($\mu\text{g/l}$)	N ($\mu\text{g/l}$)	C (mg/l)
L1	38 (28)	768 (362)	7,9 (3,0)
L2	28 (27)	813 (371)	6,4 (1,8)
L6	18 (17)	481 (164)	5,2 (1,5)
L8	16 (8,8)	454 (268)	5,1 (1,6)
L15	14 (9,9)	473 (273)	4,7 (2,1)
L18	15 (11,5)	302 (104)	3,1 (0,7)
V9	< 7 (4,2)	385 (180)	4,0 (1,7)
S1	10 (4,6)	237 (44)	3,0 (0,7)
S4	11 (3,8)	398 (263)	4,4 (1,4)
S9	9 (3,2)	303 (81)	4,1 (0,5)
S13	9 (5,9)	292 (10)	3,5 (0,4)

Tabell 9.2

Gjennomsnittskonsentrasjoner av total nitrogen og fosfor i overflatevann fra Singlefjorden og Hvalerområdet i perioden mai - september 1981.

(standardavvik i parentes)

Stasjon	P ($\mu\text{g/l}$)	N ($\mu\text{g/l}$)
L6	13,8 (4,6)	489 (165)
L8	12,5 (5,4)	459 (139)
S6	18,2 (6,0)	609 (309)
S9	13,0 (5,2)	464 (196)

Tabell 9.3.

Gjennomsnittskonsentrasjoner av total nitrogen, fosfor og karbon i overflatevann fra Singlefjorden og Hvalerområdet i perioden mai - september 1982.

(standardavvik i parentes)

Stasjon	P ($\mu\text{g/l}$)	N ($\mu\text{g/l}$)	C (mg/l)
L1	14,3 (6,6)	559 (227)	6,8 (1,6)
L2	15,3 (8,2)	489 (157)	6,9 (1,6)
L6	11,5 (4,7)	453 (151)	6,3 (1,1)
L8	11,0 (2,7)	383 (220)	5,8 (1,1)
S6	18,7 (5,0)	428 (202)	9,3 (2,7)
S9	12,3 (2,6)	377 (150)	5,7 (1,1)
V14	18,2 (5,9)	476 (122)	6,7 (1,4)
V15	18,4 (7,2)	565 (218)	6,5 (1,3)

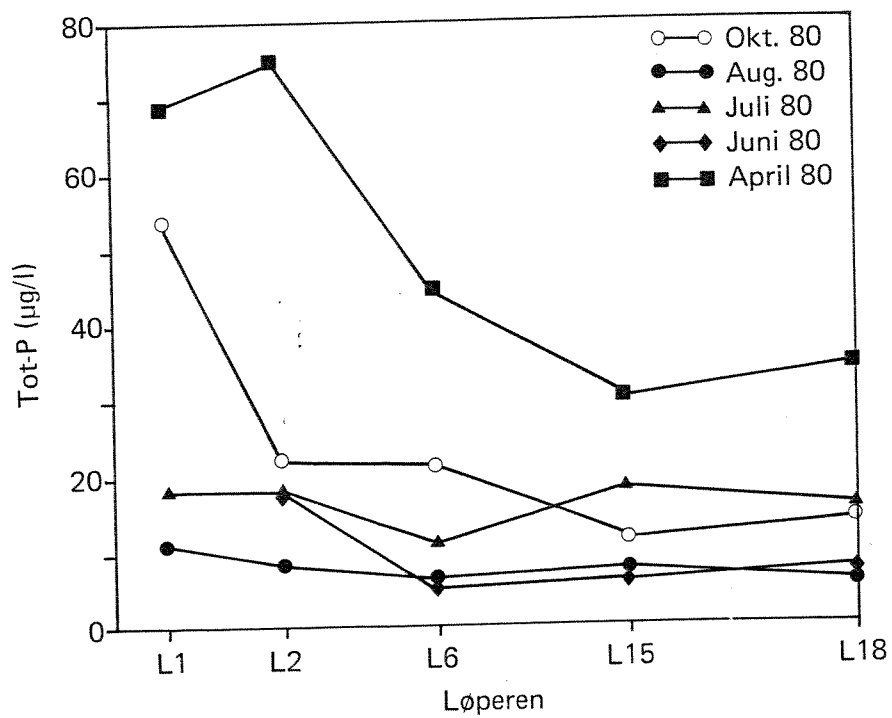


Fig. 9.1 Fordelingen av total fosfor i overflatevann på 5 stasjoner i området Øra-Løperen på 5 tidspunkt i 1980.

(Skei & Melsom, 1982). Det tyder på at det skjer en mineralisering (nedbrytning) av fosforholdig organisk materiale under sprangsjiktet som gir opphav til en akkumulering av løst fosfat i dypvannet. Deler av den partikulære fosforfraksjonen sedimenterer til bunns og gir opphav til et fosforinnhold på 0,1-0,2% i sedimentene i Hvalerområdet - Singlefjorden (Næs, 1983). Etersom sedimentene i undersøkelsesområdet nesten uten unntak har en oksisk overflate er det liten grunn til å tro at sedimentene representerer noen fosforkilde for vannmassen (unntak er lokalt i Løperen, Øra-området og enkelte kiler hvor lavt oksygeninnhold i bunnvannet er registrert).

Fosfor-resultatene viser at Glomma og Iddefjordvann spiller en sentral rolle med hensyn til fordeling av fosfor i overflatevannet (Fig.9.1). En betydelig del av fosfor tilføres sjøområdet i partikulær form. Likevel ser det ikke ut til at det eksisterte noen fosformangel i undersøkelsesområdet som ville hindre planktonproduksjon i de periodene det ble målt.

9.2 Nitrogen

Nitrogen er et av de viktigste næringssaltene som bidrar til planktonvekst. Det tilføres vannmassen ved avrenning fra jord- og skogbruksarealer, husholdningskloakk, industrielle prosesser og via atmosfæren (i nedbør). Utslippsberegninger har vist at avrenning fra jord- og skogbruksarealer i nedbørfeltet nedenfor Sarpsborg bidrar med vel 1400 tonn/år, husholdningskloakk med ca. 500 tonn/år og industri med ca. 200 tonn/år (Tryland, 1980). Dette dreier seg om tilførsler nedenfor Sarpsfossen. I tillegg kommer tilførsler via Glomma oppstrøms Sarpsborg som er målt til ca. 11000 tonn/år.

Vanligvis varierer næringssaltene forekomst i vannet så sterkt at det må et meget omfattende måleprogram til for å vurdere begrensende faktorer for algevekst og eutrofi-effekter. På bakgrunn av det foreliggende datamateriale på nitrogen er det således ikke mulig å gi en skikkelig beskrivelse av disse forholdene i undersøkelsesområdet. For at det skulle vært mulig måtte det til analyser av de forskjellige nitrogenkomponentene, samt en betydelig større stasjons- og observasjonsfrekvens.

Det er hovedsakelig gjort målinger på totalt nitrogen (tot-N, Tabell 9.1, 9.2 og 9.3) og diskusjonen av data vil konsentrere seg om denne parameteren. Det vil bli gjort forsøk på å beskrive arealfordelingen av tot-N både i overflatevannet og i dybdeprofiler. I tillegg vil N/P-forhold bli vurdert.

Overflatevann

Konsentrasjonene av nitrogen i overflatevannet vil være direkte påvirket av tilførselene fra land og via nedbør. Målinger utført i Glomma (Sarpsfossen) har vist at de høyeste konsentrasjonene av total nitrogen forekommer ved lavlandsflommen og ved store nedbørmengder om høsten. I 1981 ble det målt konsentrasjoner på 1000-1200 µg/l tot-N i disse periodene (Lingsten, 1982). Transporten av total-nitrogen i Glomma ved Sarpsfossen er anslått til 11.000 tonn/år i perioden 1979-81 (Lingsten, 1982). I tillegg kommer tilførselene av nitrogen nedenfor Sarpsfossen som utgjør 2100 tonn/år slik at totalbelastningen blir vel 13.000 tonn/år.

Konsentrasjonene av tot-N målt i undersøkelsesområdet viser klart at det er to perioder av året hvor verdiene er meget høye i overflatevannet; (i) om våren og forsommeren og (ii) ved nedbørsperioder om høsten. Dette er i samsvar med maksima målt i Glomma. Som eksempel kan nevnes at det ble målt 1020 µg/l i mai 1982, mens konsentrasjonen var 320 µg/l ca. 1. juli samme år på stasjon L1, nedenfor Fredrikstad. De samme svingningene opptrer på samtlige stasjoner hvor observasjoner er gjort, noe som viser at overflatekonsentrasjonene av tot-N i Singlefjorden-Hvalerområdet er bestemt av ferskvannsavrenningen og at de avtar med økende saltholdighet (Fig. 9.2). Gjennomsnittskonsentrasjonene for tot-N i overflatevannet på stasjonene i 1982 er fremstilt som funksjon av avstanden fra stasjon L1 nederst i Glomma på fig. 9.3. Figuren viser at det er en betydelig nitrogentransport gjennom Glommas vestre løp (V15). Dette kan skyldes tilførsler av kloakkvann til Vesterelva. Sommeren 1983 ble utslippet av kloakk i området ved Gressvik lagt om til Øra-området. Denne avlastningen av Vesterelva lar seg derfor ikke fange opp av måleserien i 1982.

Ellers viser figur 9.3 at konsentrasjonene av tot-N generelt avtar svakt med avstanden fra Glomma, med ett unntak. Ved munningen av Iddefjorden øker nitrogeninnholdet igjen. Dette må skyldes tilførsler fra Halden.

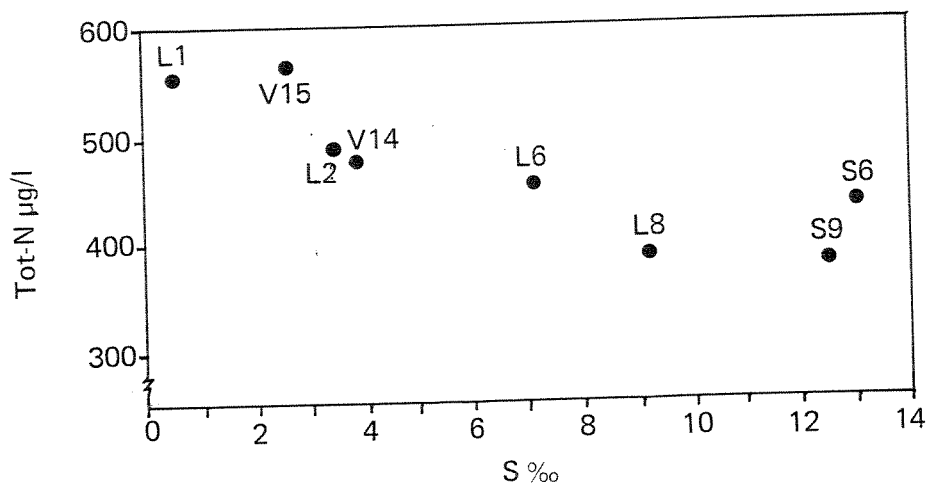


Fig. 9.2 Variasjoner i konsentrasjonen av total nitrogen med økende saltholdighet (S6 ligger utenfor Iddefjordens munning).

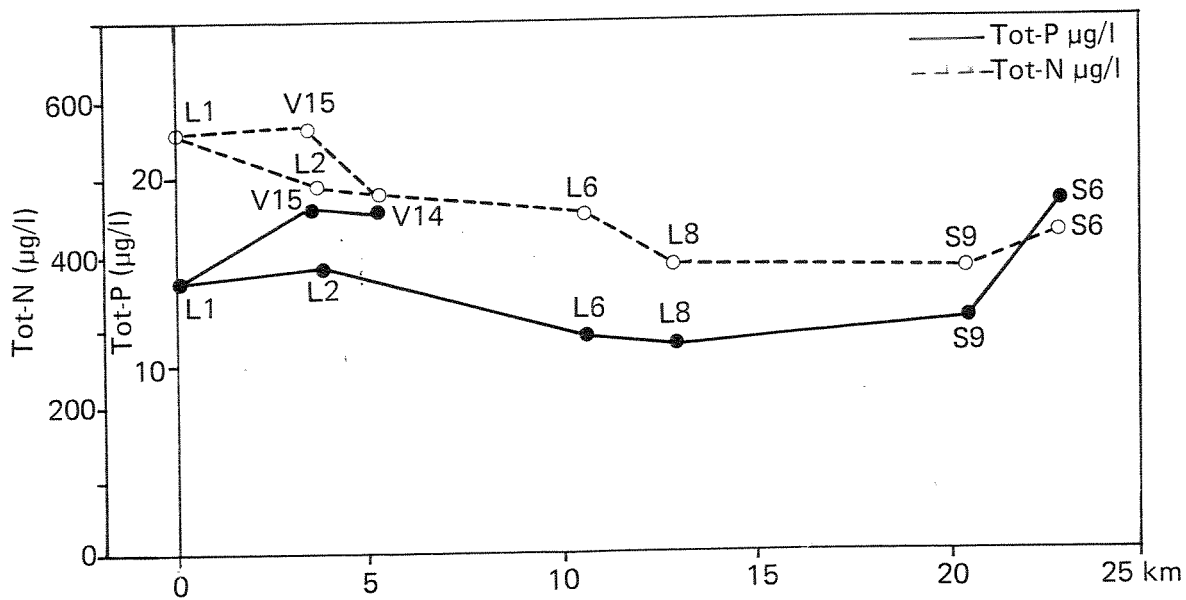


Fig. 9.3. Fosfor og nitrogen i overflatevann med økende avstand fra stasjon L1 nær Fredrikstad.

Konsentrasjonene av tot-N i overflatelaget kan sammenlignes med konsentrasjonene i enkelte forurensede bassenger i Oslofjorden, hvor det er målt verdier mellom 500-1000 $\mu\text{g/l}$ (Magnusson et al., 1976). Sammenlignet med Frierfjorden og Volls fjorden (Molvær, 1980) er nitrogenkonsentrasjonene i Hvalerområdet og Singlefjorden lavere.

Sammenligninger vi gjennomsnittskonsentrasjonen av tot-N på enkelte stasjoner for alle tre undersøkelsesårene (Tabell 9.1 og 9.2) ser vi at det er liten forskjell mellom årene. Derimot er standardavvikene store, noe som reflekterer sesongvariasjoner (vår, sommer og høst).

Forholdet mellom mengden av nitrogen og fosfor i vannet (N/P) gir et innblikk i næringssaltenes relative forekomst, dvs. om den ene er i underskudd i forhold til den andre. I plankton er dette forholdstallet 7 (på vektbasis). I hele undersøkelsesområdet var N/P-forholdet i overflatevannet meget høyt (20-40). Dette indikerer et stort overskudd av nitrogen som skyldes store tilførsler fra land. På bakgrunn av transporter av N og P med Glomma (ved Sarpsfossen), kan vi beregne oss fram til et gjennomsnittlig N/P-forhold på ca. 30. Det er lite sannsynlig at dette nitrogenet i noen særlig grad er bundet opp i plankton. Dette er også i overensstemmelse med klorofyllmålingene (kap. 8) som viste at i hovedvannmassene var det liten planktonproduksjon i Løperen og nord for Kirkøy. Derimot var produksjonen større i deler av Singlefjorden. I lys av data for fosfor og nitrogen er det klart at liten planktonbiomasse ikke kan skyldes næringsbegrensning ettersom både fosfor og nitrogen foreligger i overskudd i overflatevannet i hele vekstsesongen. Det bør imidlertid tilføyes at disse utsagnene er basert på målinger av tot P og N, slik at man ikke kjenner til hvor stor mengde av disse saltene som er biotilgjengelige. I august og oktober 1980 ble det imidlertid målt nitrat på en del stasjoner. Disse målingene viste høye konsentrasjoner i den mest Glomma-influerte delen av estuaret, mens i de perifere deler hvor klorofyllmengden var større, var konsentrasjonene generelt $<10 \mu\text{g/l}$. Hvorvidt algevekst hindres av veksthemmende stoffer i vannet, stor ferskvannspåvirkning eller dårlige lysforhold kan ikke sluttes fra næringssaltanalysene. Undersøkelser av fastsittende alger har imidlertid vist at i store deler av indre Hvaler-området er det observert fravær av de vanlige planter og dyr i fjæra (Bokn, 1984). Fraværet kan vanskelig forklares ut fra naturlige forhold alene, slik at en forurensningseffekt antas å være en del av forklaringen.

Dypvann

Mens næringssaltforekomsten i overflatevannet i stor grad reguleres av landtilførslene, vil forekomsten nedover i vannsøylen være bestemt av nedbryting (mineralisering) av organisk materiale. Det vil ofte gi seg utslag i økende konsentrasjoner nedover i dypet. Ved analyser av total-nitrogen vil ikke bare nedbrytningsproduktene av nitrogenholdig organisk materiale bli registrert, men også nitrogen bundet til organisk materiale (partikulært). Målinger av nitrat i august 1980 viste at i dypvannet nederst i Sekken (S1) utgjorde nitrat-mengden nesten 70% av tot-N. Det øvrige antas å være i stor grad ammonium og organisk bundet nitrogen. I overflatevannet derimot var <4% av nitrogenet tilstede som nitrat. Disse forholdene indikerer at det skjer en betydelig omsetning av nitrogenforbindelser i vannmassen.

Den vertikale fordelingen av tot-N viser, bortsett fra maksimum i overflatevannet, små endringer vertikalt. En del av det nitrogenholdige materialet avsettes på bunnen og gir opphav til bunnsedimenter med et nitrogeninnhold på ca. 0,2% i undersøkelsesområdet (Næs, 1983). Resten omsettes i vannmassen og blir til ny næring for plantevekst eller transporteres vekk fra området ved strømmer.

Forholdet N/P i dypvannet varierte jevnt over mellom 7 og 10 og samsvarer således med sammensetningen av plankton. Av dette kan en slutte at det i første rekke er organisk materiale av planktonisk opprinnelse som brytes ned i selve vannmassen (lett nedbrytbart). De tungt nedbrytbare organiske forbindelsene av terrestrisk opprinnelse (fra land) sedimenterer på bunnen. Selv om dette er et forenklet bilde gir det en grov framstilling av hva som skjer med nitrogenforbindelsene.

Overflatevannet i hele undersøkelsesområdet viser høye verdier for total nitrogen og N/P-forhold. Dette skyldes store tilførsler av nitrogen fra land. På grunn av liten algevekst i det Glomma-influerte vannet er nitratinnholdet i overflaten høyt. I de perifere områder hvor det er mindre brakkvann og planktonproduksjonen er større, er nitratinnholdet lavt.

I dypvannet er det små vertikalgradienter av total nitrogen. Mineralisering av lett nedbrytbart organisk materiale (plankton) gir opphav til N/P-forhold nær 7 (vekt). Tungt nedbrytbart, nitrogenholdig materiale sedimenterer.

9.3 Total organisk karbon (TOC)

Målinger av total organisk karbon (TOC) gir et godt bilde av den totale belastningen av organisk stoff, både tungt og lett nedbrytbart. Slike målinger ble gjort på et utvalg av stasjoner i 1980 og i 1982 (Tabell 2.3). Disse målingene er utført både i overflatevann og i dybdeprofiler.

Overflatevann

Generelt var variasjonene i overflatekonsentrasjoner av TOC nokså små i undersøkelsesområdet (2-12 mg/l). Fig. 9.4 viser fordelingen av TOC i hele Løperen-området på 5 tokt i 1980. Tendensen var avtagende konsentrasjoner utover Løperen, men reduksjonen var moderat bortsett fra i april og oktober da TOC-konsentrasjonene avtok med henholdsvis 66 og 78% på strekningen L1 til L18. Periodene april og oktober var preget av stor partikkeltransport i Glomma (vår- og høstflom). Dette kan forklare høye TOC-konsentrasjoner i nedre del av Glomma og en reduksjon i konsentrasjonen utover Løperen som følge av sedimentering av organisk materiale (trefiber, humuspartikler etc.). Under normal partikkeltransport i Glomma skyldes jevne TOC-konsentrasjoner i Løperen to kilder for TOC; (i) Glomma og (ii) økende forekomst av plankton i nedre del av Løperen. Det siste kan også sees på fig. 8.1 som viser større innslag av klorofyll ytterst i Løperen.

Konsentrasjonene av TOC i Leira-området er tilsvarende de som ble målt i øverste del av Løperen. Det er således klart at en betydelig transport av organisk materiale ut i sjøområdet skjer via Glommas vestre løp.

En stasjon som utmerker seg med høye TOC-verdier er stasjonen ved munningen av Iddefjorden (S6). Her ble det målt en betydelig høyere gjennomsnittskonsentrasjon for toktene i 1982 enn på noen av de andre stasjonene i undersøkelsesområdet (\bar{x} = 9,3 mg/l, Tabell 9.3). Dette kan bare tolkes dit hen at Iddefjordvann bidrar betydelig med organisk materiale til Singlefjorden, som følge av utslipp fra Saugbrugsforeningen i Halden. Denne observasjonen

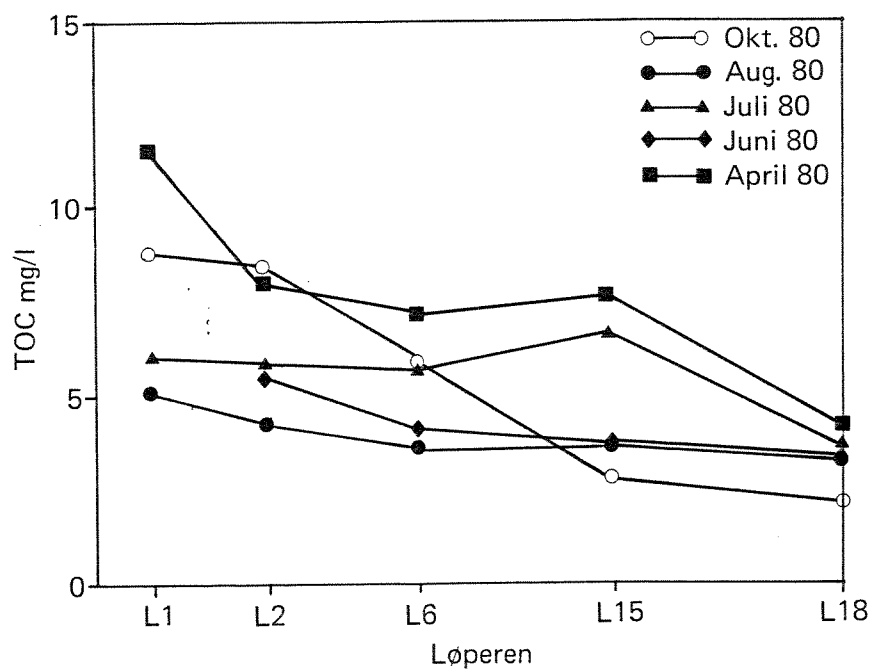


Fig. 9.4 Fordelingen av total karbon i overflaten på 5 stasjoner i området Øra - Løperen på 5 tidspunkt i 1980.

samsvarer med målingene av lignin i området (se 9.5) som også viste høyeste konsentrasjon av lignin ved Iddefjordens munning.

Øvrige målinger av TOC i overflatevann (Sekken og Skjebergkilen) viste stort sett konsentrasjoner som lå på halvparten av konsentrasjonene i Løperen, Leira og deler av Singlefjorden.

Overflatevannet i store deler av undersøkelsesområdet er betydelig forurenset av organisk materiale. Normalt er innholdet av TOC i kystvann i størrelsesordenen 1-2 mg/l, mens målingene i Singlefjorden-Hvalerområdet lå 3-4 ganger over dette i perioden 1980-82. Til sammenligning er det målt verdier mellom 2 og 4 mg/l i Oslofjordens overflatevann (Andreassen, 1974).

Dypvann

Målinger av TOC i dypvannet ble bare foretatt på de 6 toktene i 1980. Trendene var nokså entydige og klare. Den vertikale fordelingen i vannmassene viste et klart overflatemaksimum. Under sprangsjiktet var det små variasjoner og konsentrasjonene i dypvannet lå på 1-2 mg/l TOC, uansett stasjon og tidspunkt. Det er således liten sammenheng mellom TOC-konsentrasjonene i overflatevannet og de som ble målt i dypvannet. Dette er vist på fig. 9.5. Dette kan forklares ved at det organiske materialet stort sett følger brakkvannet og at lite sedimenterer bortsett fra det som faller ut i øverste del av Løperen som følge av flokkuleringsprosesser (skyldes blanding mellom ferskvann og sjøvann). Sediment- og bløtbunnsfaunaundersøkelsene viste at det organiske innholdet i sedimentene er størst øverst i Løperen (Næs, 1983; Rygg, 1983). Sannsynligvis er store deler av det organiske materiale i dypvannet i løst form (humus og ligninforbindelser).

Målingene av TOC i dypvannet viser at det er små variasjoner både i rom og tid og at konsentrasjonene må betraktes som nær normale. Videre er det liten sammenheng mellom konsentrasjonene av TOC i overflatevannet og i dypvannet. Det som sedimenterer fra overflatelaget sedimenterer raskt og vil ikke påvirke bunnvannet før etter det er sedimentert.

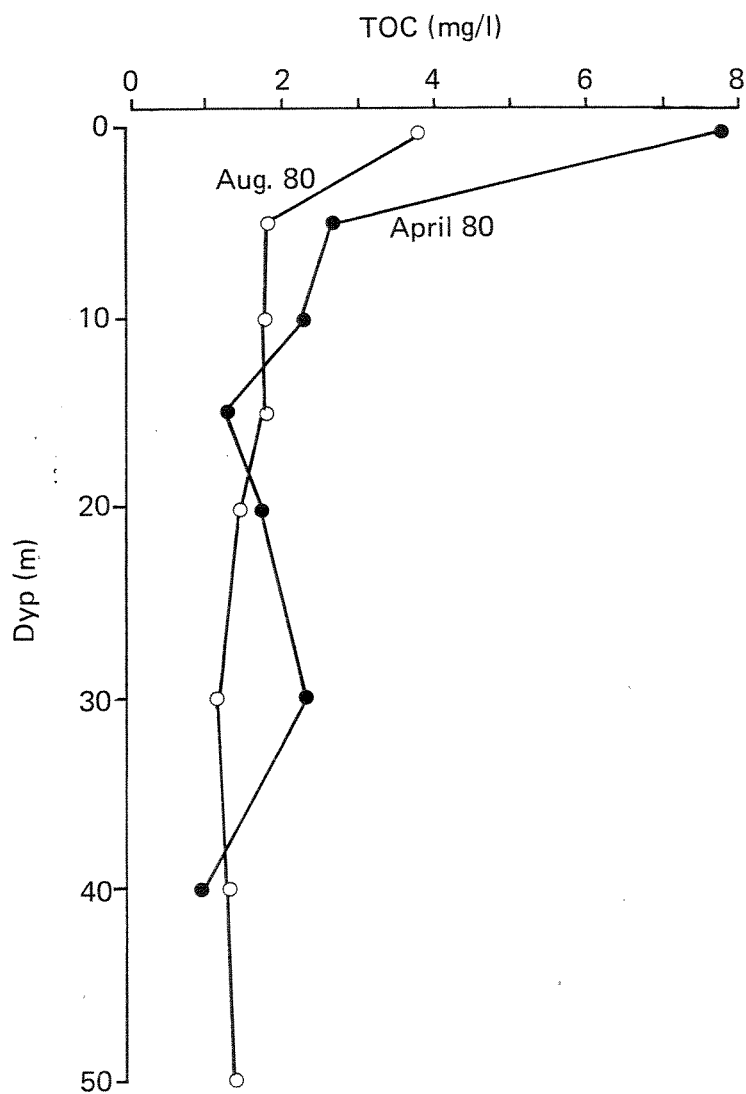


Fig. 9.5 Vertikal fordeling av total organisk karbon på stasjon L8 ved to tidspunkt i 1980.

9.4 Oksygen

Ettersom vannanalysene i basisundersøkelsen er konsentrert om overflateprøver, er kun et lite antall oksygenmålinger gjort (1980). Foruten Løperen er disse målingene konsentrert om en stasjon nederst i Sekken (S1), i Singlefjorden (S9), Skjebergkilen (S13) og i Leira (V9) (Fig. 6.4 og 6.5). Ved Tisler (L18) og i Sekken (S1) ble det gjennomgående målt oksygenkonsentrasjoner mellom 4,2 og 6,6 ml/l i dybdeintervallet 0-250 m. De laveste konsentrasjonene i dypvannet ble målt på sensommeren og høsten, noe som ofte er vanlig i estuarer og fjorder. Generelt kan sies at oksygenforholdene var tilfredsstillende på disse lokalitetene. Det vises forøvrig til omtale av oksygen i kap. 6.

I Singlefjorden (S9) ble det registrert ned til 3 ml/l oksygen i bunnvannet om høsten. Dette er lavt og tyder på stor organisk belastning og høyt oksygenforbruk. Nedenfor er vist hvilke oksygenverdier som betraktes som kritiske.

Karakterisering av oksygenforhold i sjøvann.

Karakter	Oksygenkonsentrasjon (ml/l)
Råtten	0
Kritisk	0-2
Dårlig	2-3,5
Tilfredsstillende	>3,5

Målinger gjort i Skjebergkilen (S13) viste brukbare oksygenkonsentrasjoner i dypvannet. Dette tyder på relativt gode vannutskiftningsforhold i Skjebergbassenget og/eller liten organisk belastning. Saltholdigheten i overflatevannet i Skjebergkilen er ofte betydelig høyere enn i det øvrige området (Fig. 5.4), noe som tyder på "upwelling" (dvs. opptrenging av salt bunnvann til overflaten, ofte som følge av nordavind).

Oksygenforholdene i bunnvannet i Leira (V9) var ikke spesielt lave i måleperioden i 1980 (minimum 4,2 ml/l). Det tyder på at vannutskiftningen i dette området er tilstrekkelig til å unngå kritiske oksygenforhold nær bunnen. Bunn sedimentene i dette området tyder også på at oksygensvikt ikke oppstår her (Næs, 1983).

De fleste oksygenmålingene ble gjort i Løperen. Dette fordi man antok at den organiske belastningen i Løperen-området ville være så stor at kritiske oksygenverdier kan oppstå. Det bør også tilføyes at kritiske oksygenverdier antas å oppstå lokalt i isolerte kiler. Men på grunn av undersøkelsens regionale karakter er dette ikke blitt undersøkt. Et typisk eksempel er Hunnebunden (Fig. 2.1) hvor hydrogensulfid tidligere er påvist (Klavestad, 1956). Likeså i et basseng nedenfor Øra-området (Hovde og Gjellan, 1975).

Målingene i Løperen-området i perioden april-oktober 1980 viste spesielt lave oksygenkonsentrasjoner på stasjon L6, som er et dypbasseng på 60 m. Her ble det påvist hydrogensulfid i august og nærmest oksygenfritt resten av måleperioden bortsett fra i april, da høyere oksygenkonsentrasjoner ble målt i hele Løperen (god vannutskiftning). Periodevis lave oksygenverdier (1,5-3 ml/l) oppstod så langt ut som til Asmaløy (L15). Både sedimentundersøkelsene (Næs, 1983) og bløtbunnfaunaundersøkelsene (Rygg, 1983) viste klart at området ned mot Asmaløy er utsatt for stor organisk belastning på bunnen og at det periodevis kan oppstå total oksygensvikt og dannelse av hydrogensulfid (se også Fig. 6.4). I nedre del av Glomma (L1 og L2) er turbulensen såvidt stor at direkte oksygensvikt neppe skjer, hvertfall ikke i sommerhalvåret. Om vinteren er det imidlertid noe mer usikkert.

Lavt oksygeninnhold i bunnvannet opptrer også på stasjon L8, som ligger i området hvor en del av Glommavannet bøyer av i retning Singlefjorden. Det er derfor klart at de dårlige oksygenforholdene i dette området skyldes tilførsler med Glomma som krever stort oksygenforbruk ved nedbrytning. Det er grunn til å tro at både kommunal kloakk og trefiber bidrar til dette. Bruk av sedimentfelle i midtre delen av Løperen i 1983 ga opplysninger om hvor mye partikulært materiale som synker til bunns pr. tidsenhet og hva dette materialet i hovedsak består av (Skei, 1984). Gjennomsnittlig avsetning pr. dag ble målt til $10 \text{ g m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$. Av dette utgjorde organisk materiale ca. 10%. Forholdet mellom karbon og nitrogen tydet på betydelig innslag av organisk materiale tilført fra land.

Lave oksygenverdier og periodevis hydrogensulfid opptrer i de dypeste partiene i øvre del av Løperen. Redusert oksygeninnhold i dypvannet ble også registrert i Singlefjorden. Ellers vitner relativt gode oksygenforhold i de åpne vannmasser om hyppig utskiftning.

9.5 Lignin

Lignin eller lignosulfonater er komponenter i avløpsvann fra treforedlingsindustrien. Disse stoffene er tungt nedbrytbare og har derfor en lang levetid i resipienten. De fjernes ofte fra vannet ved koagulering eller adsorpsjon til partikler som senere synker til bunns. Tabell 9.4 viser gjennomsnittskonsentrasjoner av lignin og humus i overflatevann fra undersøkelsesområdet. Humus-målingene vil ikke bli omtalt, da disse ikke gir noe mer informasjon enn lignin. Det skyldes delvis interferensproblemer med lignin under analysen og delvis at humus-stoffer også tilføres fra treforedlingsindustrien.

Tabell 9.4.

Gjennomsnittskonsentrasjoner av lignin og humus i overflatevann fra Singlefjorden og Hvalerområdet i perioden mai - september 1982.
(standardavvik i parentes)

Stasjon	Lignin (mg/l)	Humus (mg/l)
L1	0,91 (1,35)	3,2 (1,0)
L2	0,68 (0,97)	3,3 (1,2)
L6	0,43 (0,38)	2,9 (1,1)
L8	0,35 (0,26)	2,8 (1,2)
V14	0,56 (0,56)	3,3 (1,2)
V15	0,62 (0,71)	3,2 (1,1)
S6	1,20 (1,00)	3,3 (1,4)
S9	0,35 (0,22)	2,5 (1,1)

Iddefjorden er den eneste norske fjorden hvor overvåking av lignin i vannmassen er blitt gjennomført over en årrekke. Ligninforurensningen i Iddefjorden skyldes utslipp fra Saugbrugsforeningen A/S (Magnusson, 1983). Her har ligninkonsentrasjonene avtatt i perioden 1977-80 på grunn av reduserte utslipp. I 1982 var konsentrasjonene i Haldens nærområde ca. 10 mg/l, med en reduksjon utover fjorden til verdier på 3,5-5 mg/l ved Svinesund og ca. 1 mg/l ved fjordmunningen (Magnusson, 1983). Dette skulle bety at det skjer en transport av lignin fra Iddefjorden ut i Singlefjorden. Fig. 9.6 viser at den høyeste konsentrasjonen målt på de 6 stasjonene som inngikk i basisundersøkelsen i Hvalerområdet og Singlefjorden var ved Iddefjordens munning (Sponvika). Videre ble det målt tildels høye konsentrasjoner i området Fredrikstad-Øra og Fredrikstad-Leira (Fig. 9.6). Dette antas å skyldes utslipp fra treforedlingsindustri langs Glomma, og spesielt Borregaard A/S. En rask reduksjon i ligninkonsentrasjoner utover i Løperen (Tabell 9.4) tyder på rask fortynning, eventuelt sedimentering. Partikkelinnholdet i Glomma-regionen er så mye større enn i Iddefjorden at dette sannsynligvis fører til en mer effektiv bunnfelling av lignin.

Lignin-målingene har vist at Iddefjord-vann og Glomma-vann tilfører området lignin. Lignin stammer fra treforedlingsindustrien. Lavere lignin-konsentrasjon og brattere gradienter i Singlefjorden-Hvaler-området enn i Iddefjorden tyder på større fortynning og en mere effektiv bunnfelling pga. høyt partikkelinnhold.

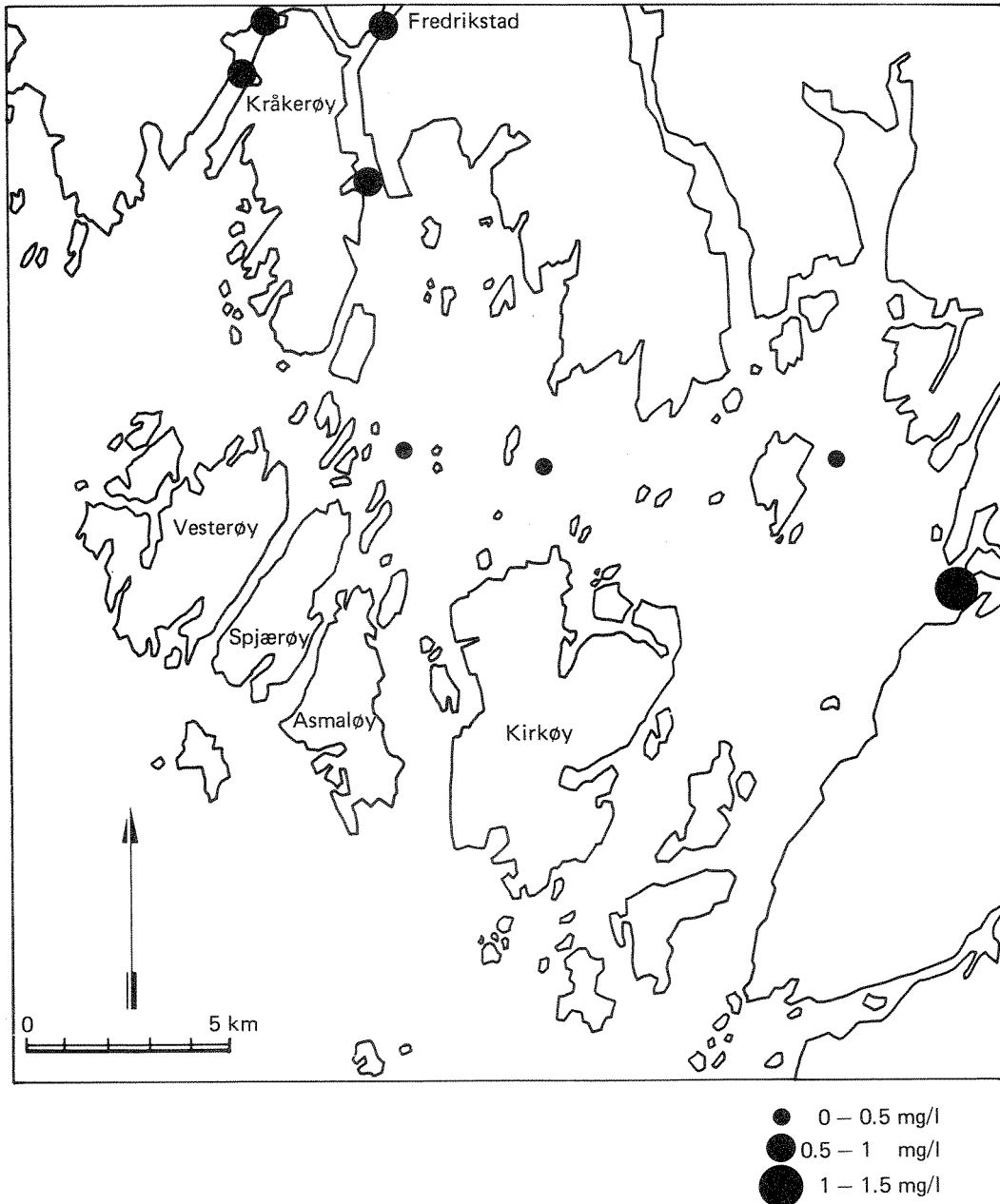


Fig. 9.6 Lignin i overflatevannet - gjennomsnitt i perioden mai-september 1982 (11 prøveserier).

10. BADEVANNSKVALITETEN I NÆROMRÅDENE TIL FREDRIKSTAD

De store rekreasjonsmessige interesser i området gjorde det nødvendig å se på badevannskvaliteten. Tidligere undersøkelser av termotolerante koliforme bakterier i området er utført av byveterinæren i Fredrikstad. Fra 1981 ble det tatt prøver fra Berø Camping og Vispen (Borge), Lisundet og Myrvold (Hvaler), Enhus (Kråkerøy) og Faratangen, Foten, Slevik, Vikene, Lervik og Solviken (Onsøy). Det ble tilsammen tatt 72 prøver, og for bedømmelse av kvaliteten ble svenske retningslinjer for friluftsbad brukt. Disse er:

Godt badevann: <100 termotolerante bakterier pr. 100 ml.

"Tjänligt" badevann: 100 - 1000 termotolerante bakterier pr. 100 ml.

Uegnet badevann: >100 termotolerante bakterier pr. 100 ml.

Byveterinæren rapporterer (pers. med.) at 66 av totalt 72 prøver tilfredstilte normene for godt badevann. Det er således stort sett bra badevann i området.

I 1982 og 1983 ble det tatt prøver nærmere Fredrikstad. Resultatene fra 1982 gir verdier opp til 300 bakterier pr. 100 ml. Verdier høyere enn 300 bakterier pr. 100 ml er bare markert, og i våre beregninger er disse satt lik 300. For 1983 har verdier over 300 bakterier pr. 100 ml bare blitt markert. Geometrisk middel av resultatene for 1982 og 1983 er sammenlignet i figur 10.1.

I figuren er også det norske kriteriet for godt badevann markert (<50 bakt. pr. 100 ml). Dette nivå må ikke overskrides med 100% (100 bakt. pr. 100 ml) i mer enn 10% av enkelttilfellene fra en prøveserie på 5 prøver innen 30 dager i badesesongen. Tabell 10.1 viser geometrisk middel og den prosentuelle overskridelse av 100 bakt. pr. 100 ml.

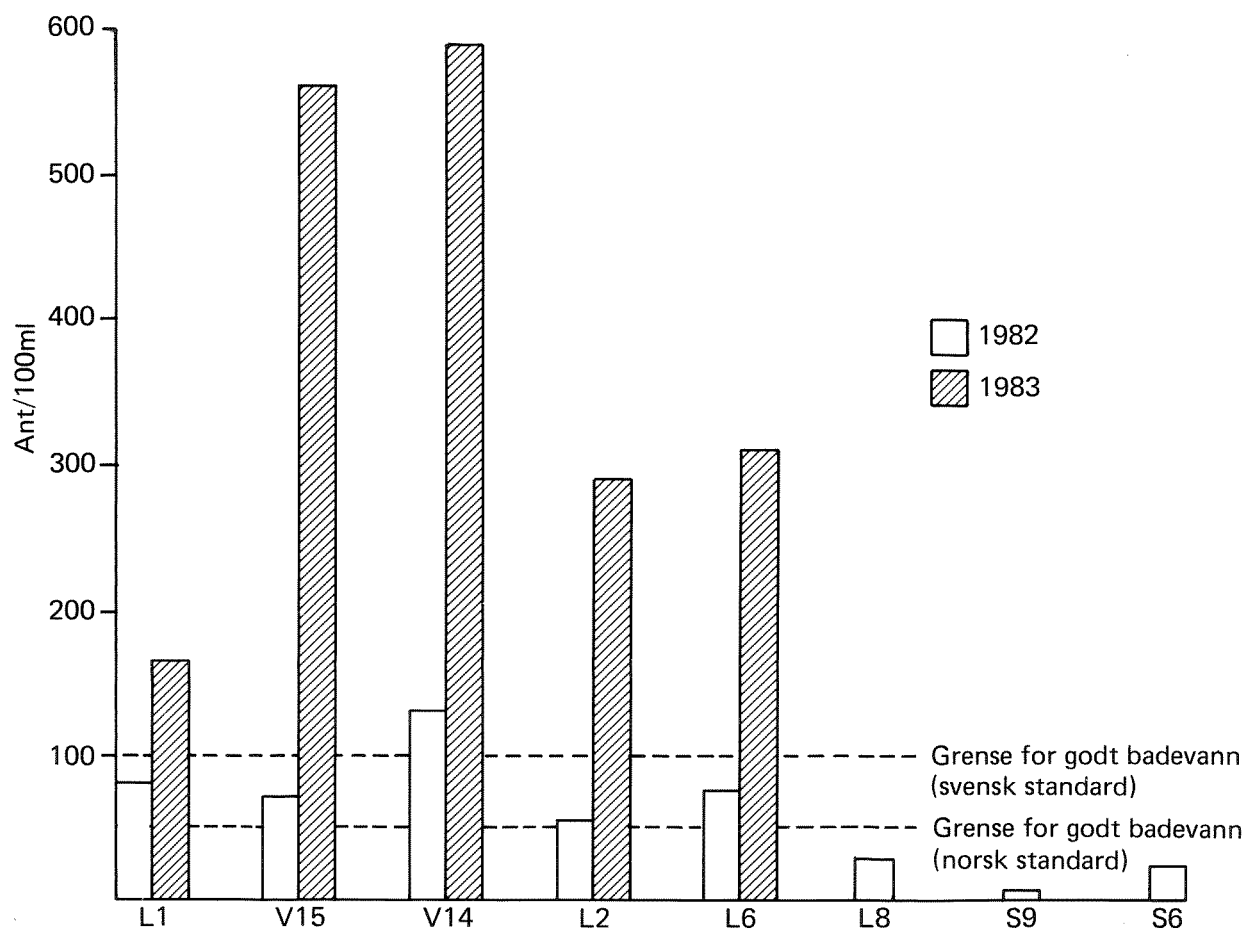


Fig. 10.1 Geometrisk middel av termotolerante koliforme bakterier på 8 stasjoner i 1982 og 5 stasjoner i 1983.

Tabell 10.1. Termotolerante koliforme bakterier 1982.

	L 1	V 15	V 14	L 2	L 6	L 8	S 9	S 6
Geometrisk middelværdi	82	70	131	54	76	27	23	6
% av total antall prøver >100 bakt. pr. 100 ml	63	64	81	54	54	27	18	27
% av total antall prøver > 300 bakt. pr. 100 ml	27	27	36	27	27	9	0	0

Etter norske kriterier var det ikke noe godt badevann på noen av stasjonene i området. For øvrig er å legge merke til at de høyeste verdier ble registrert ved V 14, dvs. det tilførtes kloakkvann mellom jernbanebroen i Fredrikstad og Krossnes i Vesterelva. Tilførsler skjedde nok hovedsaklig fra det kommunale utslippet i området (utslippet er senere overført til Østerelva). Imidlertid skjer det også en økning i Østerelva mellom L 2 og L 6, men forskjellen er så liten at vi ikke kan si om det er en realitet. Det beste badevannet på de undersøkte stedene er i Singlefjorden (S 9).

Tabell 10.2. Termotolerante koliforme bakterier 1983.

	L 1	V 15	V 14	L 2	L 6
Geometrisk middelværdi	166	560	588	290	312
% av total antall observa- sjoner > 100 bakt. pr. 100 ml	57	100	100	85	85
% av total antall observa- sjoner >300 bakt. pr. 100 ml	57	71	71	43	43

I 1983 var forholdene betydelig dårligere enn i 1982 (Tabell 10.2). Konsentrasjonsnivået var høyere på samtlige stasjoner. Ser vi spesielt på

antallet observasjoner som oversteg 300 bakterier pr. 100 ml, så gir dette et klart bilde av en reell økning - ikke bare en økning som følge av analyseprosedyren. Ingen av stasjonene oppfyller de norske kriterier for godt badevann og ved et flertall tilfeller ved stasjon L 6, V 14 og V 15 oversteg bakteriekonsentrasjonen 1000 bakt. pr. 100 ml, dvs. vannet er klart uegnet til bading.

Det er ingen enkel forklaring på forskjellen i konsentrasjonsnivå fra 1982 til 1983. Forskjellen er størst nedenfor Fredrikstad. Stasjon L 1 har absolutt høyere konsentrasjon i 1983, men økningen er ikke så stor som på de øvrige stasjoner. Som i 1982 ble de største konsentrasjonene målt i Vesterelva, men nå viser både V 14 og V 15 høye verdier. Også i Østerelva er bakteriekonsentrasjonene klart høyere enn oppstrøms Fredrikstad.

Det er konstatert at vannet i Vesterelva og Østerelva samt øvre deler av Løperen ikke er egnet for friluftsbad. Tilførselen av termotolerante koliforme bakterier øker i Fredrikstad-området nedstrøms jernbanebrua. De største konsentrasjonene ble observert i Vesterelva mellom Gressvik og Krossnes.

11. LITTERATUR

- Andreassen, E. (1974). Unversøkelse av vann- og forurensningsproblemer ved kjernekraftverk. Delrapport om hydrokjemiske undersøkelser i Oslofjorden i 1973/1974. NIVA - 0-177/70.
- Dahl, F.E., Eggen, A., Hovde, H.R. og Molvær, J. (1973). Hydrografiske undersøkelser i Øraområdet november 1973. VHL/NIVA/UiO.
- Hovde, H.R. & Gjellan, A. (1975). Øraundersøkelsene. Årsrapport 1974. Universitetet i Oslo, 111 s.
- Klavestad, N. (1975). An ecological study of the vegetation in Hunnebunnen - an old oyster poll in South-Eastern Norway. Nytt Magasin for botanikk, vol. 5.
- Lingsten, L. (1982). Rutineundersøkelser i Glåma i Østfold 1981. Statlig program for forurensningsovervåking. 27 s. NIVA-rapport.
- Magnusson, J., Bokn, T., Kirkerud, L., Krogh, T. & Nilsen, G. (1977). Undersøkelse av hydrografiske og biologiske forhold i indre Oslofjord. Overvåkingsprogram. Årsrapport 1975-1976. NIVA-rapport.
- Magnusson, J., Christie, H., Efraimsen, H., Green, N. og Pedersen, A. (1983). Supplerende basisundersøkelser og rutineovervåking i Iddefjorden 1982. NIVA-rapport.
- Molvær, J., Rygg, B. og Skei, J. (1980). Resipientundersøkelse av Volls-fjorden, Skien kommune, 44 s. NIVA-rapport.
- Næs, K. (1983). Basisundersøkelse i Hvalerområdet og Singlefjorden. Løste metaller, suspendert materiale og bunnsedimenter, 100 s. NIVA-rapport.
- Rygg, B. (1983). Basisundersøkelse i Hvalerområdet og Singlefjorden. Bløtbunnsfauna 1980. 34 s. NIVA-rapport.
- Rørslett, B. (1975). Potamogeton perfoliatus i Øra, et brakkvannsområde ved Fredrikstad. Blyttia 36: 69-82.

- Skei, J.M. og Melsom, S. (1982) Seasonal and vertical variations in the chemical composition of suspended particulate matter in an oxygen-deficient fjord. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 14, 61-78.
- Sundene, O. (1953). The algal vegetation of Oslofjord. *Det Norske Vitenskapsakademi i Oslo*, 1, Mat.-Naturv. klasse. No. 2.
- Svansson, A. (1974). Physical and chemical oceanography of the Skagerrak and the Kattegat. I Open sea conditions. *Fishing Bd. of Sweden. Inst. Mar. Res.*, Report no. 1..
- Tryland, E. (1981). Basisundersøkelse i Singlefjord - Hvalrområdet. Delområde: Forurensningstilførsler. *Fremdriftsrapport 1980*. 47 s. NIVA-rapport.
- Zoologisk Museum. (1974). Øra-undersøkelsene 1973. Zoologisk Museum, Oslo.