

NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse:
Postboks 333, Blindern
Oslo 3

Brekke 23 52 80
Gaustadalleen 46 69 60
Kjeller 71 47 59

Rapportnummer: O-72198
Undernummer: IV
Løpenummer: 1263
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Undersøkelse av Øvre Otra	Dato: 2. februar 1981
	Prosjektnummer: O-72198
Forfatter(e): Bjørn Rørslett Torulv Tjomsland Jarl Eivind Løvik Espen Lydersen Marit Mjelde Magne Grande	Faggruppe: SEKVAS
	Geografisk område: Setesdal
	Antall sider (inkl. bilag): 180

Oppdragsgiver: I/S Øvre Otra	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
-------------------------------------	----------------------------------

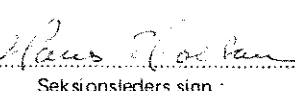
Ekstrakt:

I samband med planlagte og utførte reguleringer i Otra er vassdragets kjemiske og biologiske forhold undersøkt. Hovedvekt er lagt på det øvre vassdragsområdet, ovenfor Byglandsfjord. Rapporten stiller sammen resultater fra fagområdene hydrologi, vannkjemi og biologi. En samlet beskrivelse og vurdering av resipientforholdene er gitt.

4 emneord, norske:
1. Resipientforhold
2. Vassdragsregulering
3. Biologi
4. Otra

4 emneord, engelske:
1.
2.
3.
4.


Prosjektleders sign.:


Seksjonsleders sign.:


Instituttetsjefs sign.:

ISBN 82-577-0351-6

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Blindern

0-72198

UNDERSØKELSE AV ØVRE OTRA

2. februar 1981

Saksbehandler : Bjørn Rørslett

Medarbeidere : Torulv Tjomsland
Jarl Eivind Løvik
Espen Lydersen
Marit Mjelde
Magne Grande

Instituttssjef : Kjell Baalsrud

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
SAMMENDRAG	8
1. INNLEDNING	14
1.1 Om undersøkelsen	14
1.1.1 Bakgrunn	14
1.1.2 Avgrensing av "Øvre Otra"	15
1.1.3 Stasjonsnett i Otra	16
1.2 Naturlandskap og klima	22
1.2.1 Naturlandskap	22
1.2.2 Klima	22
1.3 Tidligere og planlagte reguleringer	26
1.4 Manøvreringsreglement	31
2. HYDROLOGI	35
2.1 Vannføring i Otra-vassdraget: varighetskurver	35
2.2 Vannstandskurver: innsjøene	36
2.3 Tidsmessige variasjoner	42
2.3.1 Spektralanalyse	42
2.3.2 Spektra for vannføring i Otra-vassdraget	43
2.3.3 Spektra for vannstand i innsjøene	44
3. TILFØRSLER OG AKTIVITETER	50
3.1 Arealfordeling og menneskelige aktiviteter i nedbørfeltet	50
3.1.1 Jord- og skogbruk, annet areal	50
3.1.2 Fast bosetting, hotelldrift og turisme	54
3.1.3 Sjøpelfyllinger og slamdeponier	61
3.1.4 Industribedrifter o.l.	61
3.2 Beregning av tilførsler	62
3.2.1 Parametre	62
3.2.2 Belastningskoeffisienter	63
3.2.3 Teoretisk beregnede tilførsler av fosfor og nitrogen	65
3.3 Teoretisk beregnede konsentrasjoner av fosfor	70
4. VANNKJEMI	72
4.1 Hovedvassdraget	72
4.2 Innsjøene i OTRAS nedslagsfelt	92

	Side
5. FISKEBIOLOGISKE FORHOLD OG BUNNDYR	97
5.1 Metoder	97
5.2 Resultater: Fisk	98
5.2.1 Generelle forhold	98
5.2.2 De enkelte strekninger	98
5.3 Bunndyr	109
6. PLANTEPLANKTON, BEGROINGSALGER, MOSER OG HØYERE VEGETASJON	113
6.1 Planteplankton i innsjøene	113
6.1.1 Materiale og metoder	113
6.1.2 Planteplankton-resultater	115
6.1.3 Struktur og mangfold	116
6.1.4 Sammendrag planteplankton og produksjon	117
6.2 Begroing av alger, moser og høyere vegetasjon	120
6.2.1 Beskrivelse av biologi(B)stasjonene i Otravassdraget	120
6.2.2 Viktige begroingsalger i Otravassdraget	143
6.2.3 Sammenfattende inntrykk av Otravassdragets av begroingsalger	144
6.2.4 Moser	145
6.2.5 Høyere vegetasjon i hovedvassdraget	151
6.2.6 Bunnvegetasjon i innsjøene: reguleringsvirkninger	152
7. DISKUSJON OG GJENNOMGANG AV OPPNÅDDE RESULTATER	161
7.1 Innledning	161
7.2 Vannføring og vannstand	161
7.2.1 Vannføring i Otravassdraget	161
7.2.2 Vannstandsvariasjoner i innsjøene	161
7.3 Tilførsler	162
7.4 Vannkjemi	163
7.5 Fisk og bunndyr	164
7.6 Planteplankton, begroingsalger, moser og høyere vegetasjon	165
7.6.1 Planteplankton (innsjøene)	165
7.6.2 Begroing av alger, moser og høyere vegetasjon	165

	Side
7.6.2.1 Beskrivelse av begroingssamfunnene, og faktorer som påvirker disse	165
7.6.2.2 Algebegroing: spesielle arter	168
7.6.2.3 Vurdering av algebegroingen	168
7.6.2.4 Moser	168
7.6.2.5 Høyere vegetasjon i Otra	169
7.6.2.6 Bunnvegetasjon i innsjøene	169
8. SAMMENFATTENDE VURDERINGER: REGULERINGSVIRKNINGER, RESIPIENTFORHOLD OG MINSTEVANNFØRINGER	170
8.1 Reguleringsvirkninger: bakgrunn	171
8.2 Karakterisering av Otravassdraget: resipientforhold, reguleringsvirkninger	172
8.3 Minstevannføringer	175
8.4 Oppfølging og overvåking	176
REFERANSER	177

TABELLFORTEGNELSE

	Side
1-1 Prøvetakingsstasjoner for vannkjemi i Otra	19
1-2 Biologistasjoner i Otravassdraget	20-21
1-3 Innsjøstasjoner i Otravassdraget	21
1-4 Forslag til minstevannføringer	34
3-1 Jord- og skogbruk, annet areal	52
3-2 Fast bosetting, rensetiltak m.m.	55
3-3 Hotelldrift, hytter, campingplasser	56
3-4 Fosfor- og nitrogenbelastning i Hovden- og Breiveområdet (delfelt I) i tonn pr. år	65
3-5 Fosfor- og nitrogenbelastning på strekningen Hartevatn - Løyningså (delfelt II) i tonn pr. år	66
3-6 Fosfor- og nitrogenbelastning på strekningen Løyningså til Hoslemo (delfelt III) i tonn pr. år	66
3-7 Fosfor- og nitrogenbelastning på strekningen Hoslemo til Bykle, Kyrkjebygd (delfelt IV) i tonn pr. år	67
3-8 Fosfor- og nitrogenbelastning på strekningen Bykil til Dale (delfelt V) i tonn pr. år	67
3-9 Fosfor- og nitrogenbelastning på strekningen Dale til Brokke (delfelt VI) i tonn pr. år	67
3-10 Fosfor- og nitrogenbelastning på strekningen Brokke til Ose (delfelt VII) i tonn pr. år	68
3-11 Fosfor- og nitrogenbelastning på strekningen Ose til utløpet av Byglandsfjorden (delfelt VIII) tonn pr. år	68
3-12 Teoretisk beregnet fosforbelastning i tonn pr. år. Samletabell	69
3-13 Teoretisk beregnet nitrogenbelastning i tonn pr. år. Samletabell	70
4-1 Stasjoner i Otrās nedslagsfelt 22.-23/11 1972 ("12-punktserien")	80
4-2 Stasjoner i Otrās nedslagsfelt 3.-5/10 1973 ("12-punktserien")	81
4-3 Stasjoner i Otrās nedslagsfelt 29/8-1/9 1975 ("12-punktserien")	82
4-4 Stasjoner i Otrās nedslagsfelt 1976 ("12-punktserien"), stasjon 1-12	83-88

	Side
4-5 Stasjoner i Otras nedslagsfelt 1977 ("12-punktserien")	89
4-6 Tilleggsstasjoner i Otras nedslagsfelt 1972, 1973, 1975 og 1976	90-91
4-7 Innsjøer i Otras nedslagsfelt 28/8 - 1/9 1975 Breidvatn, Hartevatn, Bykil, Byglandsfjorden	94
4-8 Innsjøer i Otras nedslagsfelt 1-3/8 1977 Breidvatn, Lislevatn, Hartevatn nedenfor Hovden	95
4-9 Innsjøer i Otras nedslagsfelt 7/9 1976 Breidvatn, Hartevatn, Bykil Åraksfjorden, Byglandsfjorden	96
5-1 Garnfangst i Breidvatn 1.-3. august 1977	99
5-2 Kondisjonsfaktor (K) og kjøttfarge for aure over 20 cm i Breidvatn og Hartevatn, 1.-3. august 1977	99
5-3 Mageinnhold i aure fra Breidvatn og Hartevatn, 1.-3. august 1977	100
5-4 Bunndyr i Breidvatn og Hartevatn 3.-4. august 1977	100
5-5 Garnfangst i Hartevatn, 2.-3. august 1977	103
5-6 Bunndyrobbservasjoner i Otravassdraget 1975-1977	111
5-7 Mangfold (diversitet) i bunndyrprøver fra Otravassdraget	112
6-1 Analyseresultater av kvantitative planteplanktonprøver i innsjøene i Otravassdraget 1975-1976	118
6-2 Sammenfatning av planteplanktonsamfunnene i Hartevatn og Breidvatn	119
6-3 Begroingssamfunn i Otravassdraget	147-148
6-4 Mosevegetasjon i Otravassdraget	149-150
6-5 Høyere vegetasjon i Otravassdraget	156-157
7-1 Vannstandsituasjoner for innsjøene	162

FIGURFORTEGNELSE

	Side
1-1 Stasjonsplassering-vannkjemi	17
1-2 Stasjonsplassering-biologiske observasjoner	18
1-3 Nedbør og temperatur. Otravassdraget	24
1-4 Prosentvis fordeling av vindretningene ved Bjåen værstasjon (årsbasis)	25
1-5 Nedslagsfeltet til Øvre Otra ovenfor Byglandsfjord	28
2-1 Varighetskurve for vannføring, Otra VM 536 Valle	37
2-2 Varighetskurve for vannføring, Tovdalselv Austenå	38
2-3 Varighetskurve for vannføring, utløp Byglandsfjord, VM 538	39
2-4 Varighetskurver for vannstand, Breidvatn og Hartevatn	40
2-5 Varighetskurver for vannstand, Byglandsfjord og Kilefjord	41
2-6 "Power" spektrum av vannføring (ukemidler), Tovdalselv, Austenå	45
2-7 "Power" spektrum av vannføring (ukemidler) Otra, VM 536 Valle	46
2-8 "Power" spektrum av vannføring (ukemidler) Otra, utløp Byglandsfjord	47
2-9 "Power" spektrum av vannføring (ukemidler) Hartevatn og Byglandsfjord	48
2-10 "Power" spektrum av vannføring (ukemidler) Breidvatn og Kilefjord	49
3-1 Otras nedbørfelt, øvre deler	51
4-1 Temperatur- og konduktivitetsvariasjoner for Otravassdraget 1975-77	76-79
5-1 Tilvekst hos aure fra Breidvatn og Hartevatn	108
6-1 Dybdefordelingen av undervannsvegetasjoner fra en repre- sentativ lokalitet (Venneslafjord)	158
6-2 Ordinasjon av vegetasjonsdata fra Otra-innsjøene	159
6-3 Sammenheng mellom skåre på ordinasjonsakse 1 og dybde- tyngdepunkt (data fra fig. 6-1 og 6-2). Det er klar sammenheng mellom vegetasjonsstruktur og dybdefordeling.	159
6-4 Sambandet mellom vegetasjonens tyngdepunkt og nominell regulerings høyde	160
6-5 Sambandet mellom nedslamming av <u>Isoetes lacustris</u> (stivt brasmegras) og plantenes dybdeforekomst (Åraksfjord)	160
7-1 Endringer i organismesamfunnene i en elv med økende belastning med avløpsvann	167

SAMMENDRAG

Bakgrunn for undersøkelsen

Interessentskapet Øvre Otra la fram omfattende reguleringsplaner i Øvre Otra (St.prp. 140, 1973-74).

I samband med konsesjonsbehandlingen foretok NIVA på oppdrag av I/S Øvre Otra en befaring i vassdraget (NIVA 0-198/72: Notat til Interessentskapet Øvre Otra om endrede resipientforhold ved full utbygging av Otra-vassdraget (november 1972). Her påpekte NIVA bl.a. at det manglet holdpunkter om vassdragets hydrografiske og biologiske forhold. Vassdragsundersøkelser for dette formålet var ikke foretatt i Otra. En vurdering av konsekvenser for vassdraget ved en eventuell videre utbygging forutsatte kunnskap om forholdene i Otra.

På oppfordring av Miljøverndepartementet ble det oktober 1973 igjen gjort en befaring langs vassdraget. Analyseresultater og foreløpig vurdering fra denne befaringen ble lagt fram i et notat (NIVA 0-198/72: Notat om endrede resipientforhold ved eventuell full utbygging av Otravassdraget (desember 1973)).

Notatet konkluderer med at det er behov for mer inngående undersøkelser i vassdraget.

Etter anmodning fra Statens forurensningstilsyn (SFT) (brev av 26. november 1974 og 23. mai 1975) utarbeidet NIVA et programforslag til omfattende vassdragsundersøkelser i Øvre Otra på grunnlag av de tidligere undersøkelser og en ny befaring i 1975. Oppdragsgiver for disse undersøkelsene var I/S Øvre Otra. Dette programforslaget ble godkjent etter kontakt mellom SFT, NIVA og I/S Øvre Otra. Undersøkelsene ble gjennomført 1976-77, og danner grunnlaget for den foreliggende rapporten.

En planendring for Hartevatnområdet, som I/S Øvre Otra la fram 1977, førte til at denne delen av vassdraget ble behandlet spesielt (NIVA 0-133/77: Hartevatn og regulering av Øvre Otra (1. mars 1978)). Det ble gjort en betydelig arbeidsinnsats fra NIVAs side i samband med dette; noe som førte til en forsinkelse i ferdigstillingen av hovedrapporten for Otravassdraget.

På oppdrag fra skjønnretten (Bykle 22. mai 1979) ble NIVA anmodet om å gi en særskilt uttalelse om strekningen Sarvefoss - Nomelandsmo (NIVA 0-79057: Skjønn Øvre Otra - vannkvalitet, begroing og resipientforhold (20. august 1979)). Denne rapporten bygger i alt vesentlig på underlagsdata framkommet ved hovedundersøkelsen.

Ved NIVA har en rekke personer vært involvert i undersøkelsen av Otravassdraget som saksbehandlere og medarbeidere.

Ansvarlig for prosjektet og redigering av rapporten er Bjørn Rørslett.

Vannstand og vannføring

Frekvensanalyser (variansspektra) viser at langtidsvariasjoner (frekvens $1-4 \text{ år}^{-1}$) gjør seg sterkt gjeldende. Dette har sammenheng med flommønsteret i vassdraget. Ved Valle viser spektralanalysen at langtidsvariasjonene etter regulering (1969 og senere) er betydelig dempet; derimot er korttidsvariasjoner nå mer markante. Vi tilskriver slike endringer det foretatte reguleringsinngrepet.

Innsjøene har typisk lav vannstand vinterstid, med unntak av Kilefjord. Den årlige vannstandsamplityden i innsjøene tilsvarer omtrent de nominelle reguleringshøydene, mens maksimalamplitydene kan bli noe større (f.eks. Hartevatn 8,2 m mot 7 m nominelt).

Tilførsler

I nedslagsfeltet til Otra ned til utløp Byglandsfjord er det ca. 3500 fastboende, hvorav omlag 900 personer er tilknyttet offentlige renseanlegg. Det er i tillegg betydelig turisme, særlig i Hovdenområdet. Industrivirksomhet foregår i meget lite omfang, og har liten innflytelse på vassdragets tilstand.

En beregning av N- og P-tilførsler viser at vassdraget tilføres (teoretisk) ca. 400 tonn N/år og ca. 20 tonn P/år på strekningene ned til utløpet av Byglandsfjorden. Videre framgår det av beregningene at full utbygging innenfor turistnæringen gir en relativt svak økning i den teoretiske belastningen. (De teoretiske beregnede P-verdier ligger noe høyere enn analyseverdiene.)

Vannkjemi

Vannmassene i Otra er sure og har et lavt innhold av løste stoffer. Surhetsgraden (pH) viser en synkende tendens nedover vassdraget, noe som har sammenheng med endringer i de geologiske forhold. Sur nedbør kan også ha betydning, men dette er ikke undersøkt spesielt.

Samtlige undersøkte innsjøer har meget klart vann og lavt innhold av løste stoffer. Næringssaltinnholdet er meget lavt. Innsjøene kan på vannkemisk grunnlag betegnes som svært oligotrofe (næringsfattige).

Fisk og bunndyr

Fiskeforholdene i Otra veksler meget nedover vassdraget. I de øvre delene, ned til Valle, er aure eneste fiskeslag. Fra Hallandsfossen finnes også bleken (dverglaks). Lenger ned i vassdraget kommer laks, ål, trepigget stingsild, abbor, elveniøye og havniøye. Utbredelse av de fleste artene er dårlig kjent.

Minking av aurebestanden på visse strekninger kan skyldes reguleringsinngrep i form av ødelagte gyte- og oppvekstplasser. Det hevdes også at blekas tilbakegang også skyldes økende forsurening, uten at dette forhold er tilstrekkelig dokumentert.

Det er en tendens til mindre rike bunndyrsamfunn nedover i vassdraget, særlig i de regulerte områdene. Ulike bunn- og strømforhold kan også medvirke til dette.

Planteplankton og begroing

Alle undersøkte innsjøer viser et artsfattig planteplankton; algevolum stort sett langt under 100 mm/m^3 . Dette viser klart innsjøens oligotrofe karakter.

Otravassdraget er karakterisert ved temmelig enkle begroingssamfunn. Stort sett er det lite næringskrevende arter som forekommer. Store deler av Øvre Otra er et typisk eksempel på en oligosaprob (ikke forurenset) "Zygnema-elv". Algesamfunnet består av få, men velutviklede algekomponenter.

De nedre delene av vassdraget (nedenfor Byglandsfjord) viser imidlertid større variasjoner. Disse kan antakelig tilbakeføres på lokale forurensninger.

Levermosene er godt utviklet, spesielt i øvre deler av vassdraget. Dette indikerer en lite påvirket tilstand. Regulerte elvestrekninger har større innslag av tørkeresistente arter, mens mosene spiller en underordnet rolle i terskeldammer.

Otravassdraget har svært skiftende begroing med høyere vegetasjon. Av de registrerte artene er det få som stiller store miljøkrav. Isoetider og de lite næringskrevende Juncus bulbosus (elodeide) og Sparganium angustifolium (nymphaeide) er særlig framtrædende i Otras høyere vegetasjon.

Undervannsvegetasjonen i innsjøene er artsfattig og stort sett lite utviklet. Bunnvegetasjonen viser klare dybdegradienter i sin forekomst. Dessuten er det en signifikant korrelasjon mellom reguleringshøyde og dybde + tyngdepunkt for bunnsamfunnene. Økende reguleringshøyde gir utarming av samfunnene på grunn av ugunstige vekstvilkår for flerårige arter.

Reguleringenes virkninger

Påvirkninger av reguleringsinngrep må vurderes ut fra biologiske, estetiske og økonomiske forhold.

Reguleringens virkning på innsjøer kan bedømmes etter bestemte kriterier. Elvestrekninger som berøres av reguleringsinngrep faller utenfor slike bedømmingskriterier. En viktig årsak til dette er at målsettingen med vassdraget bestemmer vurderingsgrunnlaget. For reguleringene i Otra er det minstevannføring som står sentralt. Minstevannføringene er bedømt etter visse kriterier (se avsnitt 8.1).

Generelt gir hovedvassdraget rikelig fortynning. På områder hvor hovedvassdraget er ledet bort, er resipientkapasiteten i gjenværende vassdrag blitt tilsvarende lav, slik at minstevannføringskontroll er nødvendig. Området Breivatn - Harteivatn er upåvirket ned til Hovden. For å hindre uheldige resipientforhold nedenfor Lislevatn må virksomme renssetiltak utføres. Harteivatn er i dag sterkt reguleringspåvirket. Innsjøen er sterkt utsatt for uheldig belastning dersom foreliggende utbyggingsplaner innen turisme/hotell drift blir realisert. Reguleringshøyde på omkring 1,6 m vil etter NIVAs oppfatning bedre innsjøens biologiske situasjon.

Elvestrekningen Bykil - Valle er sterkt reguleringspåvirket. Resipientforholdene er her klart ugunstige. Resipientsituasjonen kan ikke forbedres uten sanering av klokkeringsforhold og virksomme renseanlegg. I tillegg bør vannføringa økes utover den minstevannføringa som gjelder i dag.

Otra fra Brokke - innløp Åraksfjord er påvirket av regulering (økt vintervannføring). Resipientforholdene bedømmes som middels tilfredsstillende. Åraksfjord/Byglandsfjord er utpregede oligotrofe (næringsfattige) innsjøer. Reguleringsvirkninger gjør seg gjeldende i strandområdene og influerer så vel bunnvegetasjon som fiskeforhold.

For Otra nedenfor Byglandsfjord og ned til Vennesla foreligger det for dårlig bakgrunnsmateriale til å karakterisere vassdraget. Lokalt gjør forurensningsvirkninger seg gjeldende. NIVAs forslag til minstevannføringer på de enkelte elveavsnittene ovenfor Bykil er lagt fram i denne rapporten.

Det er store reguleringsinngrep som planene legger opp til i Øvre Otra. Skadevirkninger kan oppstå f.eks. på fisket. Vassdragets mulighet i resipientsammenheng blir klart nedsatt.

Det vil være nødvendig med en oppfølging av forholdene i vassdraget etter gjennomføring av en eventuell regulering. En slik oppfølging bør ha karakter av en overvåkningsundersøkelse.

1. INNLEDNING

1.1 Om undersøkelsen

1.1.1 Bakgrunn

Interessentskapet Øvre Otra la fram omfattende reguleringsplaner i Øvre Otra (St.prp. 140, 1973-74).

I samband med konsesjonsbehandlingen foretok NIVA på oppdrag av I/S Øvre Otra en befarings i vassdraget (NIVA O-198/72: Notat til Interessentskapet Øvre Otra om endrede resipientforhold ved full utbygging av Otravassdraget (november 1972)). Her påpekte NIVA bl.a at det manglet holdepunkter om vassdragets hydrografiske og biologiske forhold. Vassdragsundersøkelser for dette formålet var ikke foretatt i Otra. En vurdering av konsekvenser for vassdraget ved en eventuell videre utbygging forutsatte kunnskap om forholdene i Otra.

På oppfordring av Miljøverdepartementet ble det oktober 1973 igjen gjort en befarings langs vassdraget. Analyseresultater og foreløpig vurdering fra denne befarings ble lagt fram i et notat (NIVA O-198/72: Notat om endrede resipientforhold ved eventuell full utbygging av Otravassdraget (desember 1973)).

Notatet konkluderer med at det er behov for mer inngående undersøkelser i vassdraget.

Etter anmodning fra Statens forurensningstilsyn (SFT) (brev av 26. november 1974 og 23. mai 1975) utarbeidet NIVA et programforslag til omfattende vassdragsundersøkelser i Øvre Otra, på grunnlag av de tidligere undersøkelser og en ny befarings i 1975. Oppdragsgiver for disse undersøkelsene var I/S Øvre Otra. Dette programforslaget ble godkjent etter kontakt mellom SFT, NIVA og I/S Øvre Otra. Undersøkelsene ble gjennomført 1976-77, og danner grunnlaget for den foreliggende rapporten.

En planendring for Hartevatnsområdet, som I/S Øvre Otra la fram 1977 førte

til at denne delen av vassdraget ble behandlet spesielt (NIVA O-133/77: Hartevatn og regulering av Øvre Otra (1. mars 1978)). Det ble gjort en betydelig arbeidsinnsats fra NIVAs side i samband med dette; noe som førte til en forsinkelse i ferdigstillingen av hovedrapporten for Otravassdraget.

På oppdrag fra skjønnsretten (Bykle 22. mai 1979) ble NIVA anmodet å gi en særskilt uttalelse om strekningen Sarvsfoss-Nomelandsmo (NIVA O-79057: Skjønn Øvre Otra - vannkvalitet, begroing og resipientforhold (20. august 1979)). Denne rapporten bygger i alt vesentlig på underlagsdata framkommet ved hovedundersøkelsen.

Ved NIVA har en rekke personer vært involvert i undersøkelsen av Otravassdraget, som saksbehandlere og medarbeidere.

Torulv Tjomsland har beskrevet klima- og naturforhold, og sammen med Bjørn Rørslett behandlet hydrologiske forhold.

Jarl Eivind Løvik har gjennomført tilførselsregistreringene og stilt sammen dette materialet.

Vannkjemi er behandlet av Sigurd Rognerud, Dag Berge, Espen Lydersen, Marit Mjelde og Bjørn Rørslett.

De biologiske forholdene har krevd innsats fra Else-Øyvor Sahlqvist (planteplankton), Eli-Anne Lindstrøm (begroingsalger) og Bjørn Rørslett (moser, høyere vegetasjon). Fiskeforholdene i vassdraget er undersøkt av Magne Grande og Sigbjørn Andersen.

I tillegg har H. Holtan, O. Skulberg, G. Jørgensen, H. Juelsen, J. Kotai og K. Kvalvågnes deltatt i forskjellige faser av feltarbeid og befaringer.

Ansvarlig for prosjektet og redigering av rapporten er Bjørn Rørslett.

1.1.2 Avgrensning av "Øvre Otra"

Det forelå ingen klare retningslinjer hva "Øvre Otra" skulle omfatte når

undersøkelsene startet 1976. Vi har konsentrert arbeidet på kjemisiden til Otra fra Byglandsfjord og høyere oppover. Biologidata er imidlertid innsamlet fra Venneslafjorden og opp til Breidvatn/Sæsvatn. Tanken bak dette var å få et referansemateriale til sammenlikning av forholdene i vassdragets mest regulerte avsnitt. Det foreligger ellers få andre typer data for Otra på strekningen Byglandsfjord - Venneslafjord.

1.1.3 Stasjonsnett i Otra

Ved undersøkelsene (1972, 1973, 1975-77) er det benyttet én serie stasjoner for vannkjemi (fig. 1-1, tab. 1-1), og én stasjonsserie for biologiske observasjoner ("B-stasjoner", fig. 1-2, tab. 1-2).

I samarbeid med Brokke kraftverk er det foretatt regelmessige målinger på 12 stasjoner i Otravassdraget og noen tilstøtende innsjøer. Denne prøveserien betegnes "12-punkt serien" og er tabellert særskilt. De øvrige kjemistasjonene er betegnet "tilleggsstasjoner" i tekst og tabelloverskrifter.

Innsjøene i vassdraget er dekket ved enkeltserier i sommerhalvåret (tab. 1 - 3). På disse stasjonene er det samlet inn vannprøver fra ulike dyp, samt biologiske prøver (planteplankton). Undervannsvegetasjon i innsjøene er studert ved dykking (se avsn. 6).

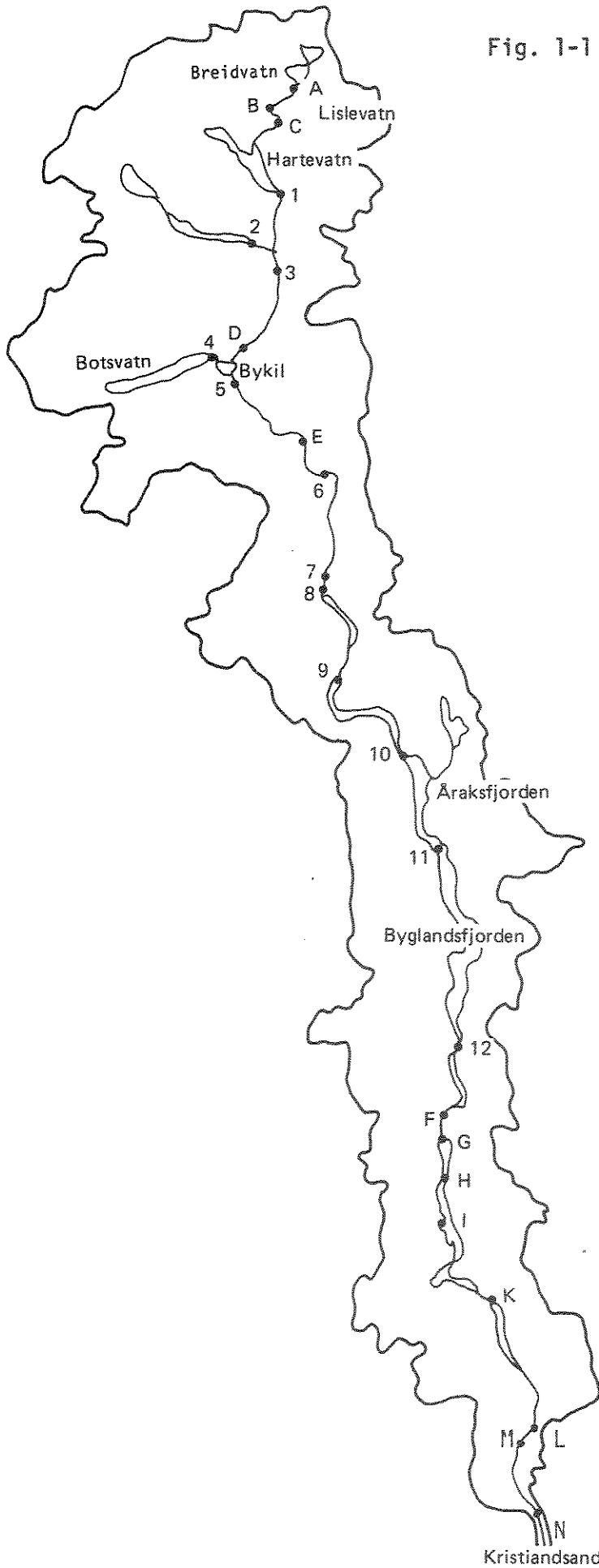
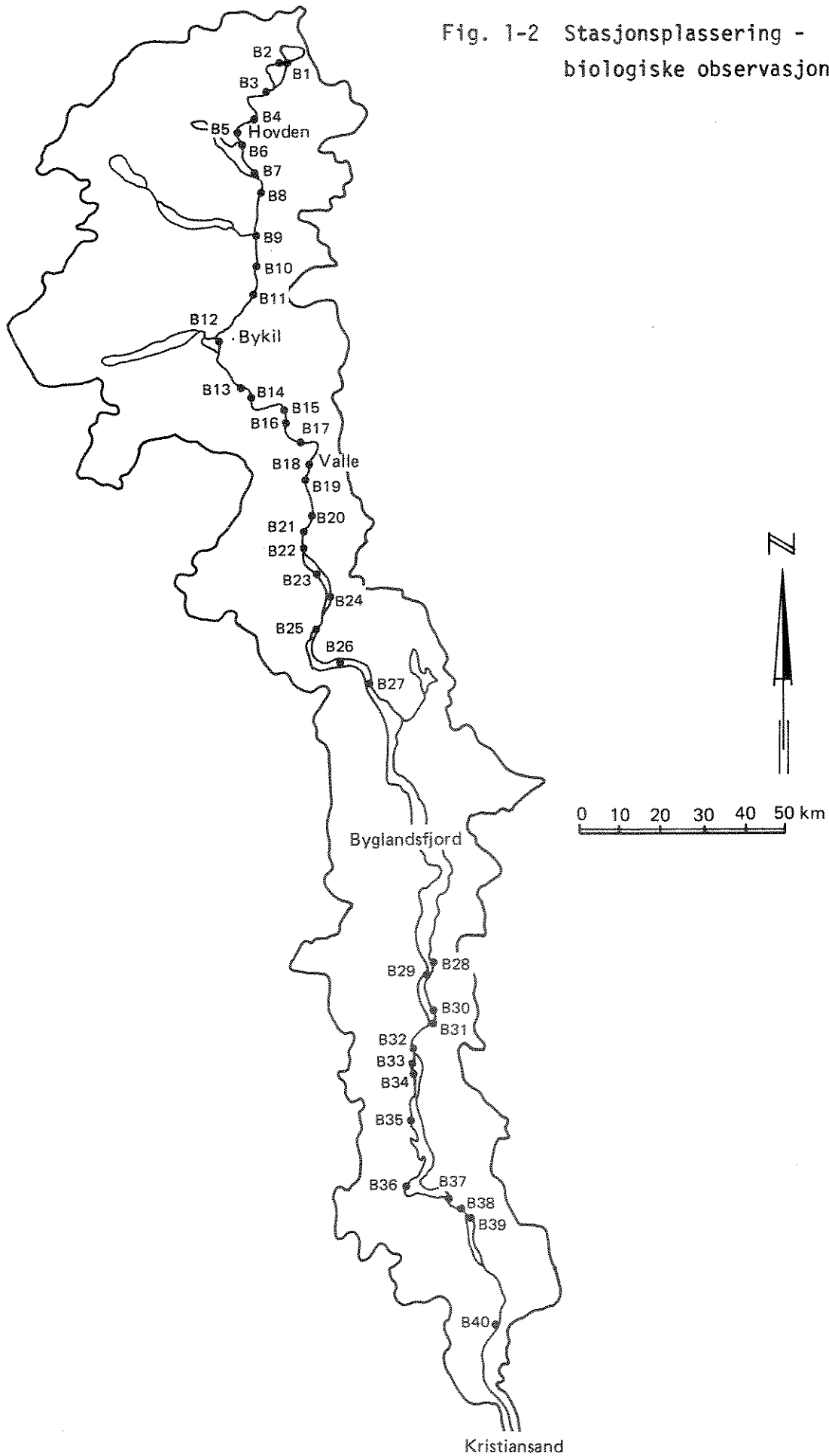


Fig. 1-1 Stasjonsplassering - vannkjemi



0 10 20 30 40 50 km

Fig. 1-2 Stasjonsplassering -
biologiske observasjoner



Tabell 1-1. Prøvetakingsstasjoner for vannkjemi i Otra

Stasjons- betegnelse	UTM- koordinater	Stedsnavn
A	MM 114 103	Breidvatn, utløp
B	MM 107 094	Otra, Lislefjøddestølane
C	MM 093 061	Lislevatn, utløp
1	ML 077	Hartevatn, utløp
2	ML 072 924	Vatnedalen
3	ML 096 896	Otra, Hoslemoen
4	ML 029 797	Botsvatn, utløp
D	ML 073 811	Otra, Teråsen
5	ML 045 774	Bykil, utløp
E	ML 129 705	Otra, Lunden
6	ML 163 637	Otra, Valle
7	ML 150 545	Otra, ovenfor avløp Brokke
8	ML 147 534	Otra, avløp Brokke
9	ML 171 433	Otra, Hekni
10	ML 351 245	Otra, Ose
11	ML 279 243	Byglandsfjorden, Storstraumen
12	ML 315 027	Otra, Byglandsfjord
F	MK 296 944	Otra, Fennefoss
G	MK 291 914	Otra, Hornes
H	MK 289 856	Otra, Klepp-Moisund
I	MK 295 825	Kilefjord, innløp
K	MK 353 728	Otra, Iveland
L	MK 400 588	Otra, oppstrøms Hunsfoss
M	MK 396 583	Otra, nedstrøms Hunsfoss
N	MK 373 526	Otra, Hagen

Tabell 1-2. Biologistasjoner i Otravassdraget

Stasjons- betegnelse	UTM Koordinater (sone 32 V)	Stedsnavn
B1	MM 150 143	Sæsvatn, nordenden
B2	MM 127 127	Sæsvatn, Mjåen
B3	MM 107 094	Otra, Lislefjøddstølane
B4	MM 093 061	Otra, Lundane
B5	MM 069 036	Otra, Hovden sentrum
B6	MM 076 026	Hartevatn, nordenden
B7	MM 076 003	Hartevatn
B8	ML 104 985	Otra, Lomehylen
B9	ML 101 912	Otra, Berdals bru
B10	ML 098 875	Otra, Glitbjørg bru
B11	ML 092 849	Otra, Byklestølane
B12	ML 051 790	Bykil, nordenden
B13	ML 075 735	Otra, samløp Ljosåni
B14	ML 104 715	Otra, Reinamo
B15	ML 130 709	Otra, Brokka
B16	ML 126 699	Otra, Myri
B17	ML 153 674	Otra, Hommelunden
B18	ML 163 637	Otra, Valle sentrum
B19	ML 155 625	Flårenden, nordenden
B20	ML 165 574	Flårenden, Kveåsani
B21	ML 150 554	Otra, ovenfor Brokke kraftverk
B22	ML 146 533	Otra, Bjørgum bru
B23	ML 169 510	Otra, Rysstad
B24	ML 184 486	Otra, Straume bru
B25	ML 168 443	Otra, Åraksøyeni
B26	ML 212 389	Otra, Austad
B27	ML 234 360	Otra, Viki
B28	ML 315 035	Otra, Byglandsfjord - Vassenden
B29	ML 313 011	Otra, Syrtveit
B30	MK 309 973	Otra, Sole
B31	MK 320 966	Otra, ovenfor Evje
B32	MK 296 944	Otra, Fennefoss
B33	MK 291 914	Otra, Hornes
B34	MK 289 903	Breiflå
B35	MK 293 832	Otra, Hornekilen

Tabell 1-2. forts.

Stasjons- betegnelse	UTM Koordinater (sone 32 V)	Stedsnavn
B36	MK 283 753	Kilefjorden, Kile
B37	MK 329 741	Gåseflåfjorden, Gåseflå
B38	MK 353 728	Otra, ovenfor Iveland kraftstasjon
B39	MK 364 718	Nomelandsdammen, nordenden
B40	MK 397 623	Venneslafjorden, nordenden

Tabell 1-3. Innsjøstasjoner i Otravassdraget

Innsjø	Undersøkelsestid
Breidvatn	1975-77
Lislevatn	1977
Hartevatn	1975-78
Bykil	1975-77
Åraksfjorden	1975-77
Byglandsfjorden	1975-77

1.2 Naturlandskap og klima

1.2.1 Naturlandskap

Bergartene i vassdraget består av gneis og granitt.

Landskapet er utformet i en tidligere jevn hellende flate fra Hardangervidda til kysten. Restene av denne flaten kan i dag spores i fjell-/heiområdene som avtar fra 1300 - 1400 m o.h. i nord til havnivået i sør. I de nordligste delene er disse rolige og viddepregede landformene bevart. Geologiske uroperioder har ført til en dominerende nord-sørgående retning på landformene i de øvrige deler av vassdraget. I tillegg er det et system av sprekker på tvers av hovedstrøkretningen. Erosjon i disse har ført til det meget småkuperte terrenget (heilandskap) som er typisk for Sørlandet.

Setesdalens lengdeprofil veksler mellom knekkpunkter og bassenger. I bassengene er det ofte rikelig med løsmasser, eller der kan ligge en innsjø. Dalens tverrprofil er gjerne U-formet. De nevnte landskaps-
trekk vitner om utforming av istidenes breer.

De lavestliggende deler av vassdraget ligger under marin grense. En kan der finne grus-, sand- og leirsedimenter avsatt i marint miljø ved slutten av siste istid. De mektigste løsmasseavsetningene finnes langs hoveddalføret. For øvrig er et tynt dekke med bunmorene den mest utbredte jordart.

Løv og barskog er vanlig i de nedre delene av vassdraget. I de høyestliggende områdene er løvskogen dominerende. Tregrensen ligger i området omkring 1000 m o.h.

1.2.2 Klima

Klimaet er sterkt påvirket av luftstrømmer fra Atlanterhavet. Fuktige luftmasser blir presset opp av fjellområdene i vest og avgir nedbør. Hovedmengden faller på "støtsiden" av fjellene, mens lesiden blir liggende i regnskyggen. Otravassdraget ligger i grensesonen mellom stor nedbør på grunn av fjellene og regnskygge. Årlig nedbørhøyde avtar fra over 2000 mm i vestlige deler til nær 700 mm i øst (figur 1-3).

Hovedmengden av nedbøren faller om høsten og vinteren. I de sørlige deler av nedbørfeltet er temperaturer over 0 °C vanlig gjennom hele året. Kristiansand har f.eks. kun to måneder med gjennomsnittstemperatur under 0 °C. Nedbøren kan derfor falle som regn eller i form av snø som smelter raskt. Dette kan medføre høye vannføringer også i den tradisjonelle lavvannperioden om vinteren. I de øvre delene av vassdraget er klimaet høyfjellspreget. Vintrene er kalde og nedbøren faller da hovedsakelig som snø. Hovden har f.eks. 6 måneder av året gjennomsnittstemperatur under 0 °C.

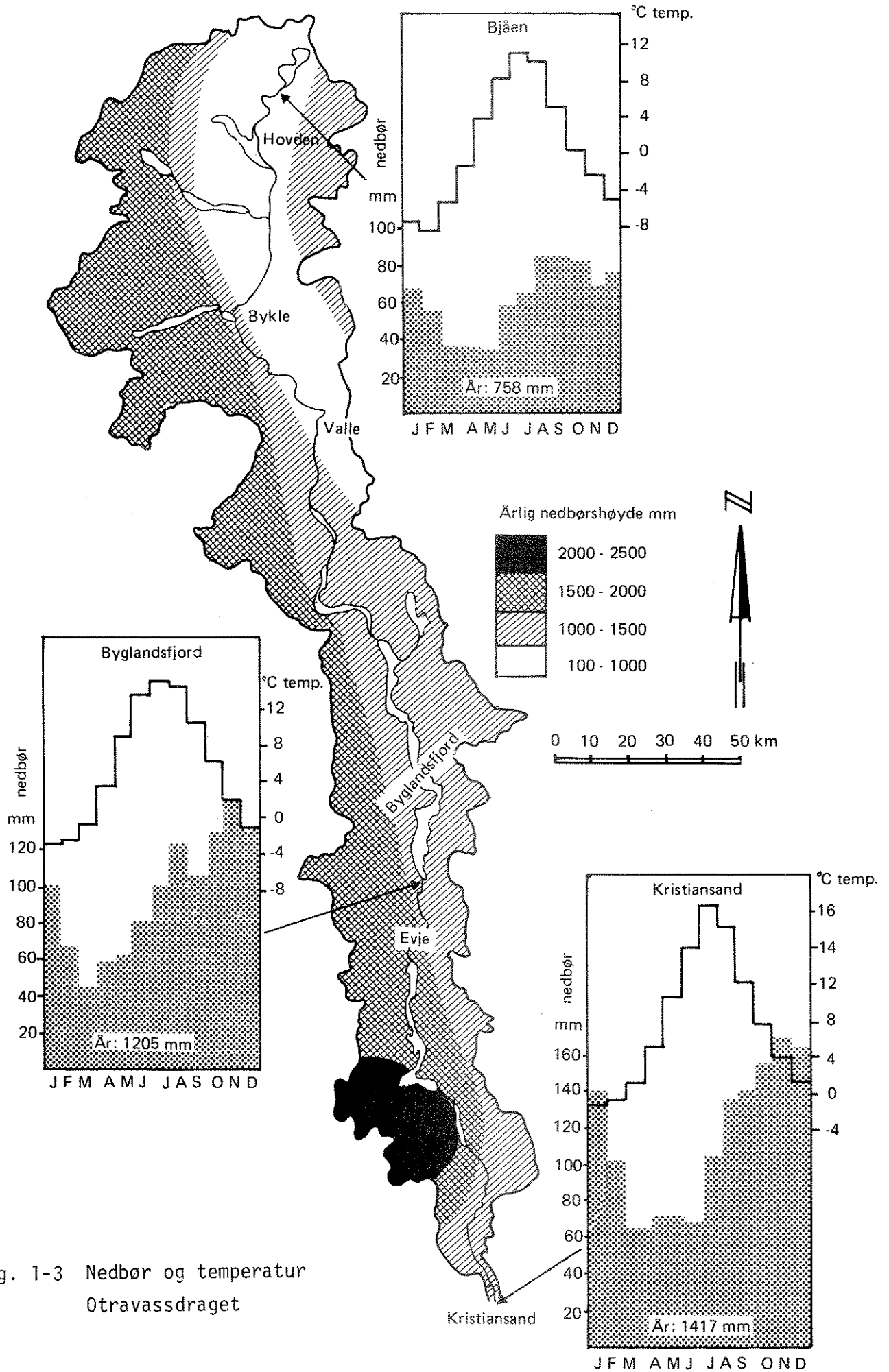


Fig. 1-3 Nedbør og temperatur Otravassdraget

1.3 Tidligere og planlagte reguleringer

Alt i år 1900 startet de første reguleringer av Otra for elektrisk kraftproduksjon. De første reguleringene ble foretatt mellom Kristiansand og Byglandsfjord.

Å utnytte fallene ovenfor Byglandsfjord kom først på tale i midten av 50-årene, og interessentskapet Øvre Otra ble dannet. Med denne større enhet ble det mulig å sette i gang utnyttelsen av store og fjerntliggende kraftkilder, og utbyggingen av Brokke kraftverks 1. byggetrinn ble gjennomført i årene 1961-64.

Oversikt over utbygde kraftverk i Otra 1971:

Kraftverkets navn	Fall m	Vannf. m ³ /sek.	Inst. Mw	Bygge år
Vigeland	19,87	150	26	Under ombyggn.
Hunsfoss	13,49	130		
Steinsfoss	57,4	113	44,3	1957
Nomeland	20,44	115	17,2	1920
Iveland	50,45	116	42,5	1949
Hovatn	487,84	10	44	1971
Brokke I	252	91	184	1964

Den siste søknaden omfatter utnyttelse av de resterende økonomisk nyttbare fall i Otra med sideelver, med unntak av fallet i Bratteliåa vest for Botsvatn. Dette fallet eies av NVE - Statskraftverkene.

Søknaden går konkret ut på regulering av en rekke vann på vestsiden av Setesdalen, hvorav noen tidligere er regulert. Det søkes også om erverv av de fallrettigheter som mangler for utbyggingen av planlagte kraftverk. Flere av disse er nye, nemlig Urar, Skarjes, Holen og Hekni. Dessuten skal Brokke utvides med et fjerde aggregat, samtidig som inntaket flyttes fra Bykil til Botsvatn.

Utbygging av Evje kraftverk med inntak i Byglandsfjord er nevnt av søkeren, men er ikke med i søknaden da utbygging her ikke er aktuelt med det første.

Departementet fremmer heller ikke forslag om utbygging av Hekni kraftverk i denne proposisjonen, da det fremdeles hersker en del uklarhet om denne utbyggingen.

I følgende vatn i øvre del av Otravassdraget vil det etter søknaden ikke bli endringer i de tidligere reguleringer: Breidvatn, Sæsvatn, Skyvatn, Hartevatn.

I følgende vatn tar søkeren sikte på å utvide gjeldende reguleringer: Store Føresvatn, Ormsavatn, Vatnedalsvatn, Lille og Store Urarvatn og Botsvatn. I disse vatn tar søkeren sikte på helt nye reguleringer: Ytre Ratevatn, Krokvatn, Reinevatn og Skarjesvatn (fig. 1-5).

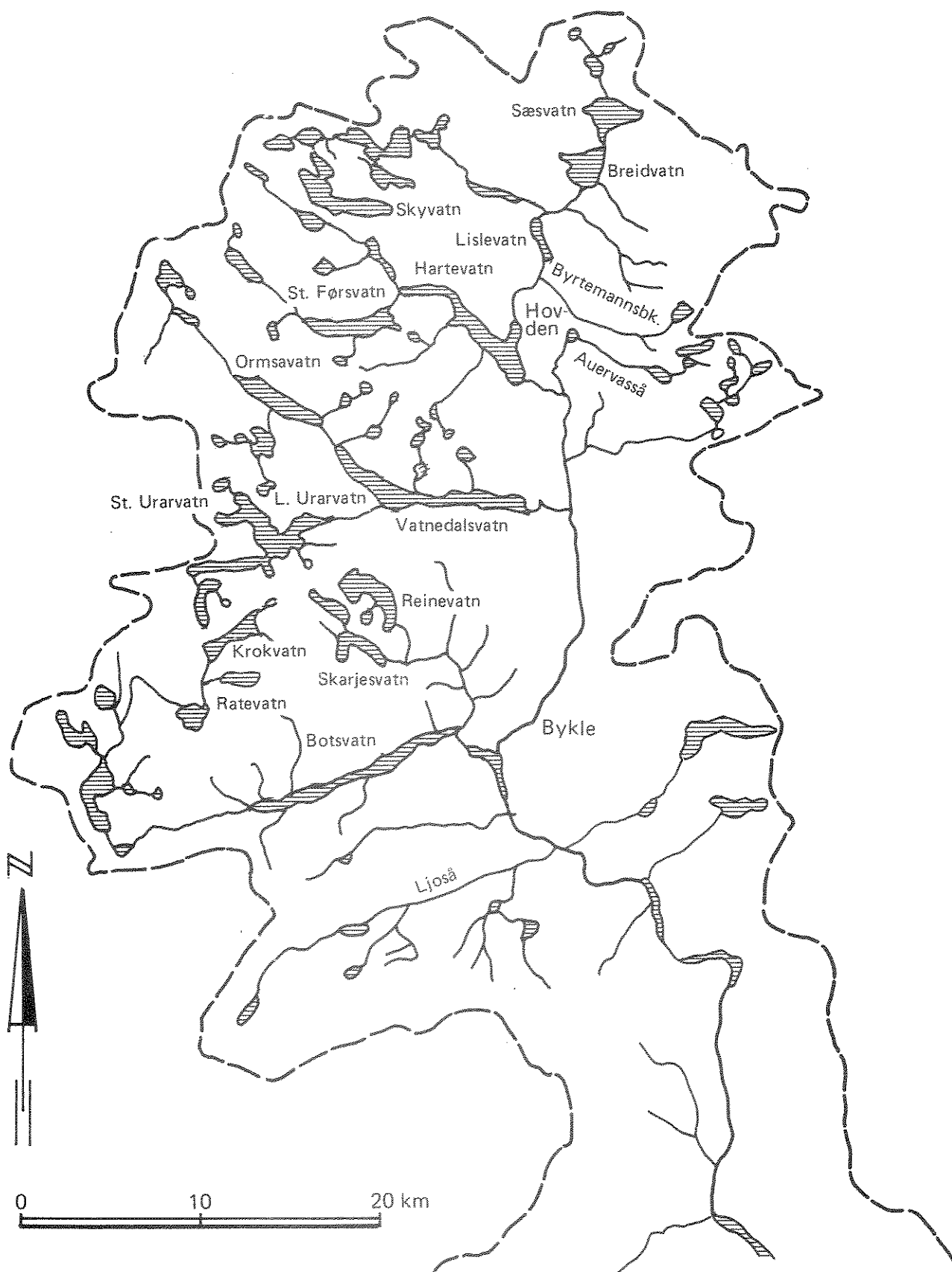
Det tas særlig sikte på å skape store magasiner i Vatnedalsvatn, Urarvatn og Botsvatn.

Overføringen mellom de øvre vannene er av søkeren utarbeidet i to alternativer (A og B). Departementet fremmet så et tredje forslag, alternativ C, som hovedstyret i NVE også da foreslo i sin innstilling. Dette alternativet går ut på at overføringen fra Hartevatn til Vatnedalsvatn gjøres direkte og at tilleggsreguleringer av Ormsavatn og Store Føresvatn sløyfes. Søknaden går ut på at Krokvatn og Ytre Ratevatn, som har avløp til Storevatnfeltet, skal overføres til Urarmagasinet. Storevatn-feltet skal imidlertid utnytted i Ulla-Førre utbyggingen, og Krokvatn og Ytre Ratevatn vil dermed uten naturinngrep og like økonomisk kunne utnytted der. Departementet foreslår derfor at den omsøkte overføring av disse vannene til Urarmagasinet sløyfes.

Etter dette vil avløpet fra de øvre feltene i Otra, inkludert tre bekker på østsiden av dalføret, bli overført til Hartevatn og derfra gjennom tunnel til Vatnedalsvatn. Her økes regulerings høyden fra 21 meter til 140 meter. Dette gir et magasin på 1150 mill. m³ som skal utnytted i Holen kraftverk ved Botsvatn i et brutto fall på 289 m. Avløpet fra Ormsavatn går direkte i Vatnedalsmagasinet.

I Urarvatn skapes et flerårsmagasin på 500 mill. m³ som utnytted i fallet på 103 m ned til Skarjesvatn i Urar-pumpekraftverk. Om sommeren pumpes

Fig. 1-5 Nedslagsfeltet til Øvre Otra ovenfor Byglandsfjord



vann opp i Urar-magasinet fra lagringsbassenget som er Djupetjønn-Skarjesvatn. Fallet fra Skarjesvatn og ned til Botsvatn, ca. 548 m, utnyttet i Skarjes kraftverk.

I Botsvatn samles vannet fra Holen og Skarjes kraftverker. Oppdemningshøyden i Botsvatn øker fra 27 m til 56 m. Magasinvolumet øker da fra 130-296 mill. m³. Inntaket fra Brokke kraftverk flyttes da fra Bykil opp til Botsvatn. Brutto fall utnyttet i Brokke kraftverk økes til 305 m. Til inntaksmagasinet Botsvatn føres også vannet fra selve Otra i tunnel fra Sarvsfossen ovenfor Bykil.

Vatn	Tidligere reguleringshøyde, m			Nye reguleringshøyder, m			Søknadens reguleringshøyder, m		
	Totalt	Opp	Ned	Totalt	Opp	Ned	Totalt	Opp	Ned
Breidvatn,Sæsvatn	2,5	1,5	1	2,5	1,5	1,0	2,5	1,5	1,0
Skyvatn	12	0	12	12,0	0	12	12,0	0	12
Store Førsvatn	7,0	4,0	3,0	7,0	4,0	3,0	23,0	4,0	19
Hartevatn	7,0	5,0	2,0	7,0	5,0	2,0	7,0	5,0	2,0
Ormsavatn	11,5	2,0	9,5	11,5	2,0	9,5	28	2	26
Vatnedalsvatn	21,0	18,5	2,5	140,0	95	45	140	95	45
Store Urarvatn	11,0	3,0	8,0	44,0	13,0	31,0	44	13,0	31,0
Lille Urarvatn	5,0	0	5,0	34,0	29,0	5,0	36,5	31,5	5,0
Ytre Ratevatn	-	-	-	4,6	4,6	0	4,6	4,6	0
Reinevatn	-	-	-	20,0	13,3	6,7	20,0	13,3	6,7
Skarjesvatn	-	-	-	7,0	5,4	1,6	7,0	5,4	1,6
Botsvatn	27	0	27	56,0	22,0	34,0	56	22	34,0
Hotvatn	16,84	4,84	12,0	16,84	4,84	12,0			
Langerakvatn	4,0	2,5	1,5	4,0	2,5	1,5			
Gyvatn	3,0	3,0	0	3,0	3,0	0			
Byglandsfjord	5,0	1,5	3,5	5,0	1,5	3,5			
Krokvatn	-	-	-	6,5			6,5		

x: ikke søkt om nye reguleringer i disse vatn.

P.S. Tallene er beregnet på bakgrunn av normalvannstand, etter tabell s. 124, vedlegg 3 i St. prp. nr. 140 (1973-74).

Industridepartementet mener at en økonomisk utnyttelse av Vatnedalsmagasinet forutsetter at flomtapet fra de ovenforliggende magasiner reduseres så mye som mulig. Da reguleringsgraden for alle magasinene ovenfor Vatnedalsvatn (med unntak av Skyvatn) er svært liten, vil departementet ikke foreslå restriksjoner på bruken av Breidvatn/Sæsvatn. Departementet mener det er riktigere å konsentrere tapperestriksjonene til Hartevatn, som i turisthenseende er det viktigste.

Industridepartementet går videre inn for at Vatnedalsvatnets totale reguleringshøyde blir som konsesjonsøkeren ønsket, 140 m.

Når det gjelder Urarmagasinet, mener departementet at verdien av det store tørrårsmagasinet taler for at oppdemningene gjennomføres som ønsket. For at destørste skadene ved Urarmagasinet skulle unngås, måtte magasinet reduseres så mye at det ikke lenger ville kunne fungere som tørrårsikring i den ønskede utstrekning. Departementet foreslår derfor at reguleringen i Store Urarvatn blir som omsøkt, og at det i Lille Urarvatn, Reinevatn og Skarjesvatn foretas nye reguleringer på henholdsvis 31.5 m, 20 m og 7 m. For Lille Urarvatn vil dette bety en total reguleringshøyde på 36.5 m. Reinevatn og Skarjesvatn er tidligere uregulerte.

Selv om Botsvatn fra før er langt mer berørt av reguleringer enn Urarområdet, er det etter departementets vurdering betydelige skadevirkninger ved den omsøkte regulering av Botsvatn. Etter vurderinger av de ulike alternativenes skadevirkninger og øvrige konsekvenser, er departementet likevel blitt stående ved at den omsøkte reguleringshøyde i Botsvatn tillates. Ny total reguleringshøyde blir 56 m.

I de øvrige vann som omfattes av søknaden vil det ikke bli gjort endringer i de eksisterende reguleringer. Dette gjelder Breidvatn/Sæsvatn (2.5 m), Hartevatn (7 m), Skyvatn (12 m), Store Førsvatn (7 m) og Ormsavatn (11.5 m).

1.4 Manøvreringsreglement

Reguleringene i Breidvatn/Sæsvatn og i Hartevatn blir ikke endret, men de utvidede reguleringene lenger ned i vassdraget vil få innvirkning på bruken av både disse magasinene og Store Førsvatn. Vannene vil i stor utstrekning vil brukt som buffermagasin for vann som pumpes opp i Vatnedalsmagasinet, som i motsetning til de nevnte magasiner er svært godt regulert. For å redusere flomtap er det ønskelig med så store buffermagasiner som mulig. Denne bruken vil medføre større grad av kortidsregulering enn tidligere i disse magasinene. På grunn av lav reguleringsgrad vil de som før bli hurtig fylt om våren. For at de skal virke som buffermagasin vil de imidlertid bli tappet noe tidligere enn før.

Det har tidligere ikke vært noen restriksjoner på bruken av magasinene. Av hensyn til de store turistinteressene ved Hartevatn foreslår hovedstyret og Industridepartementet at pumpemagasinet begrenses til de øverste 1,6 m. Det betyr at vannstanden i Hartevatn ikke vil synke lavere enn 1,6 m under høyeste reguleringsgrense så lenge det må pumpes vann til Vatnedalsmagasinet. På grunn av den store reguleringsgraden i Vatnedalsvatn vil det normalt gå år mellom hver gang vannet fra Hartevatn kan overføres uten pumping, og vannstanden følgelig tillates å synke under 1,6 m under høyeste regulerte vannstand. Departementet finner ikke å kunne pålegge en ytterligere innskrenkning av bruken av Hartevatn til 1,5 m som Bykle kommune forlangte.

Avløpet fra Lislevatn kan overføres til Store Førsvatn. Pålagt minste vannføringen fra Lislevatn og i Otra nedenfor Bartemannsbekken kan sees i tabell 1-4. Nedenfor Hartevatn vil det bare gå pålagt minste vannføring. I den utstrekning dette ikke blir dekket av uregulerte tilløp vil denne vannføring skaffes til veie ved tapping fra ovenforliggende magasiner, og vil gå på bekostning av vannstanden i disse.

Nedtapping av Hartevatn må bare finne sted under ekstraordinære forhold, og retten til nedtapping under nevnte kotehøyde kan innskrenkes eller helt falle bort dersom dette skulle vise seg nødvendig av hensyn til forurensningssituasjonen i vassdraget (Kgl. res. av 16.03.79).

Hovedstyret for NVE og Miljøverndepartementet har begge fremsatt forslag om minstevannføring (tabell 1-4). Industridepartementet foreslår minstevannføringsverdier som stort sett ligger mellom disse to forslag (St.prp. 140, 1973-74). I tillegg vises til forslag fra Olje- og energidepartementet (Kgl. res. av 16.03.79) (tabell 1-4).

Langs Otra mellom Hartevatn og Sarvsfoss er det forholdsvis lite bebyggelse. Vannføringnen målt ved Hoslemo vannmerke skal aldri være under $4 \text{ m}^3/\text{s}$ fra snøsmeltingens begynnelse til 15. oktober og $2 \text{ m}^3/\text{s}$ resten av året (Kgl. res. 16.03.79).

Ved Valle vannmerke er nåværende minstevannføring $2 \text{ m}^3/\text{s}$ hele året. Etter vurdering av resipientforholdene og flomreduksjon grunnet økende regulering foreslår Industridepartementet en minstevannføring på $3 \text{ m}^3/\text{s}$ om sommeren og $2 \text{ m}^3/\text{s}$ om vinteren. Tapping forbi inntaksdammen ved Bykil skal aldri være mindre enn $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$. Departementet vil ikke på det nåværende tidspunkt gi pålegg om slipping fra Sarvsfossen, som Valle kommune har krevet, men tar forbehold om å kunne komme tilbake til dette. Minstevannføringen skal etter departementets bestemmelse senere kunne økes til $5 \text{ m}^3/\text{s}$ om sommeren og $3 \text{ m}^3/\text{s}$ om vinteren.

Byglandsfjord er i dag regulert 5 m. Dette skal ikke endres, men magasinene ovenfor Byglandsfjord vil øke fra 600 mill m^3 til 2.200 mill m^3 . Dette vil naturligvis få følger for tilløpet til Byglandsfjord. For at forholdene i fjorden ikke skal forverres i sommersesongen foreslår hovedstyret med støtte av Industridepartementet at vannstanden i tiden fra vårflommens kuliminasjon til 1. september ikke skal underskride øvre reguleringsgrense med 1 m. Dette gjelder når vassdraget er fullt utbygget. Så lenge bare tilleggsreguleringen av Botsvatn er tatt i bruk tillates en nedtapping på 2 m under øvre reguleringsgrense som en overgangsordning.

Disse foreslåtte restriksjoner vil imidlertid få virkning for resipientforhold, kraftproduksjon og industrivirksomhet nedenfor Byglandsfjord, idet en ikke vil kunne tappe nok vann fra Byglandsfjord til å dekke behovet i restriksjonsperioden, uten at det slippes mere vann ut i fjorden fra ovenforliggende magasiner.

Vigeland Brug og Hunsfoss fabrikker har foreslått minstevannføring på 75-80 m³/s. Vennesla kommune, Vassdragsrådet for nedre Otra og Statens vann- og avløpskontor mener at minstevannføringen på grunn av resipientforholdene må settes til 80 m³/s. Miljøverndepartementet har foreslått 50 m³/s hele året. Regulanten, med støtte av Industridepartementet mener den mest realistiske minstevannføring etter full utbygging settes til 67-81 m³/s. Foreløpig vil Industridepartementet sette minstevannføringen til 50 m³/s ved Vigeland V.M.

Reguleringene vil føre til at de vanlige flommene vil bli dempet og at vannføringen om sommeren vil bli mindre enn tidligere. Dersom akutte forurensningssituasjoner oppstår bør regulanten derfor kunne pålegges å slippe kunstige flommer etter departementets nærmere bestemmelse.

Det forutsettes som vanlig at Industridepartementet kan samtykke i mindre planendringer, samt foreta de endringer i manøvreringsreglementet som følger av dette.

Tabell 1-4. Forslag til minstevannføringer

Stasjon	HOVEDSTYRE NVE (iflg. St.prp. nr. 140 (73-74))	MILJØVERNDPAREMENTET (iflg. St.prp. nr. 140 (73-74)) 4)	INDUSTRIDEPARTEMENTET (iflg. St.prp. nr. 140 (73-74))	OLJE- OG ENERGI- DEPARTEMENTET (kg1. res. 16.03.79)
fra Lislevatn s. v.				2 m ³ /s 1 m ³ /s
Otra, nedenf. s.				4 m ³ /s 1 m ³ /s
Børtemannsbek. v.				2 m ³ /s 0.5 m ³ /s
fra Harteavatn s. v.	1.5 m ³ /s			4 m ³ /s 2 m ³ /s
ved Hoslemo V.M. s. v.	2 m ³ /s	3 m ³ /s 1)	2 m ³ /s 1 m ³ /s	4 m ³ /s 2 m ³ /s
ved Sarvsfossen s. v.		2 m ³ /s		
ved Bykil s. v.		1 m ³ /s		
ved Valle V.M. s. v.	2 m ³ /s	5 m ³ /s 3 m ³ /s	3 m ³ /s 2) 2 m ³ /s 2)	
ved Vigeland V.M. s. v.	67-81 m ³ /s	50 m ³ /s	67-81 m ³ /s 3)	

(Øverste tall i hver rubrikk angir minstevannføring om sommeren, nederste rubrikk om vinteren. Ikke oppdelt rubrikk angir helårsverdi)

- 1) i samsvar med NIVA's forslag (O-133/77, 1. mars 1978)
- 2) med mulighet til økning senere til henholdsvis 5 m³/s og 3 m³/s sommer og vinter
- 3) foreløpig forslag på 50 m³/s hele året. Hvis forureningsproblemer, økning til 80 m³/s
- 4) foreslåtte konsesjonsvilkår inntil grundigere undersøkelser av vassdraget foreligger.

2. HYDROLOGI

Vannføring og vannstand i elver og innsjøer påvirker såvel biologiske som fysisk-kjemiske forhold.

Vannføring (og vannstand) er karakterisert ved

- størrelse (mengde)
- varighet
- variasjon

Det er vanlig å trekke sammen størrelse og varighet i varighetskurver. Dette er en statistisk analyse av vannførings(-stands)forholdene. En analyse av variasjonsmønsteret blir derimot en dynamisk analyse, der variasjon og varighet spiller inn.

2.1 Vannføring i Otra-vassdraget: varighetskurver

Varighetskurver for vannføringen er beregnet for VM 536 (Valle) og VM 538 (utløp Byglandsfjord). I vår tidligere rapport (0-133/77) finnes dessuten varighetskurver for VM 535 Hoslemo.

Otra ved Valle

Elvestrekningen forbi Valle er klart påvirket av reguleringsinngrep. Vi har søkt å belyse omfanget av reguleringsseffektene ved å sammenlikne Otra på denne strekningen med nabovassdraget, Tovdalselva (Austenå). Separate varighetskurver er satt opp for tidsrommene 1945-63 og 1969-76 (Fig. 2-1, 2-2), basert på ukemidler for vannføringen.

Tovdalselva viser ubetydelige forskjeller i de to periodene (fig. 2-2). Effekten av regulering slår derimot sterkt ut for Valle (fig. 2-1):

Midlere vannføring(1945-63) er $78 \text{ m}^3/\text{s}$, og (1969-76) $18,6 \text{ m}^3/\text{s}$. Ser vi på median vannføring, blir forskjellen enda større; fra $50,2 \text{ m}^3/\text{s}$ (1945-63) til $4,1 \text{ m}^3/\text{s}$ (1969-76).

Minstevannføringen, her definert som 90-persentil i varighetskurven (Q_{90}), viser det samme reduksjonsmønsteret. I 1945-63 ligger Q_{90} omkring $23 \text{ m}^3/\text{s}$, og går i 1969-76 ned til $2 \text{ m}^3/\text{s}$.

Otra: utløp Byglandsfjord

Vannføringen i Otra etter Byglandsfjord bestemmes av tapping fra innsjøen. Varighetskurven (fig. 2-3) viser mindre forskjell på midlere (\bar{Q}) og median (Q_M) vannføring enn tilfellet var ved Valle vannmerke. Midlere vannføring 1945-74 var $108,4 \text{ m}^3/\text{s}$, og median vannføring $82,4 \text{ m}^3/\text{s}$. Minstevannføringen (Q_{90}) ved utløpet av Byglandsfjord var $49,7 \text{ m}^3/\text{s}$.

Da Byglandsfjord har vært regulert gjennom lengre tid, har vi ikke funnet det riktig å spalte opp vannføringsdata derfra i ulike tidsperioder.

2.2 Vannstandskurver: innsjøene

Varighetskurver for vannstand 1945-76 er satt opp for

- Breidvatn (Fig. 2-4) }
- Hartevatn (" 2-4) }
- Byglandsfjord (" 2-5) }
- Kilefjord (" 2-5) }

Grunnlagsdata er ukemidler fra NVEs målepunkter. Varighetskurvene for Breidvatn og Hartevatn viser en del likhetstrekk.

Disse innsjøene har 40-60 % av tiden en vannstand omkring medianvannstand, og en lang "hale" på varighetskurven som avspeiler årlig magasintapping. Den totale variasjon i vannstand er ca. 4 m i Breidvatn og ca. 7 m i Hartevatn. Sett fra et økologisk synspunkt er det imidlertid avvikene (nedover) fra medianvannstand som er av interesse. Den effektive nedtappingshøyden er da ca. 2,5 m under medianvannstand for Breidvatn og ca. 6 m for Hartevatn. Dette viser at reguleringsomfanget i Hartevatn er betydelig større enn i Breidvatn (jfr. tidligere NIVA-rapport 0-133/77).

Varighetskurvene for Byglandsfjord og Kilefjord avspeiler andre reguleringsmønstre.

Fig. 2-1 Varighetskurve for vannføring

Vannføring Otra Vm 536 Valle

Varighetskurve -- 1945-63 (for regulering)
— 1969-76 (etter regulering)

Karakteristiske vannføringer (ukemidler)

	1945 - 63	1967 - 76
Q max m ³ /s	416.3	228.5
Q min — —	4.1	0.56
\bar{Q}_M — —	78.0	18.6
Q — —	50.2	4.1
Minstevannføring Q 90	~ 23.0	~ 2.0

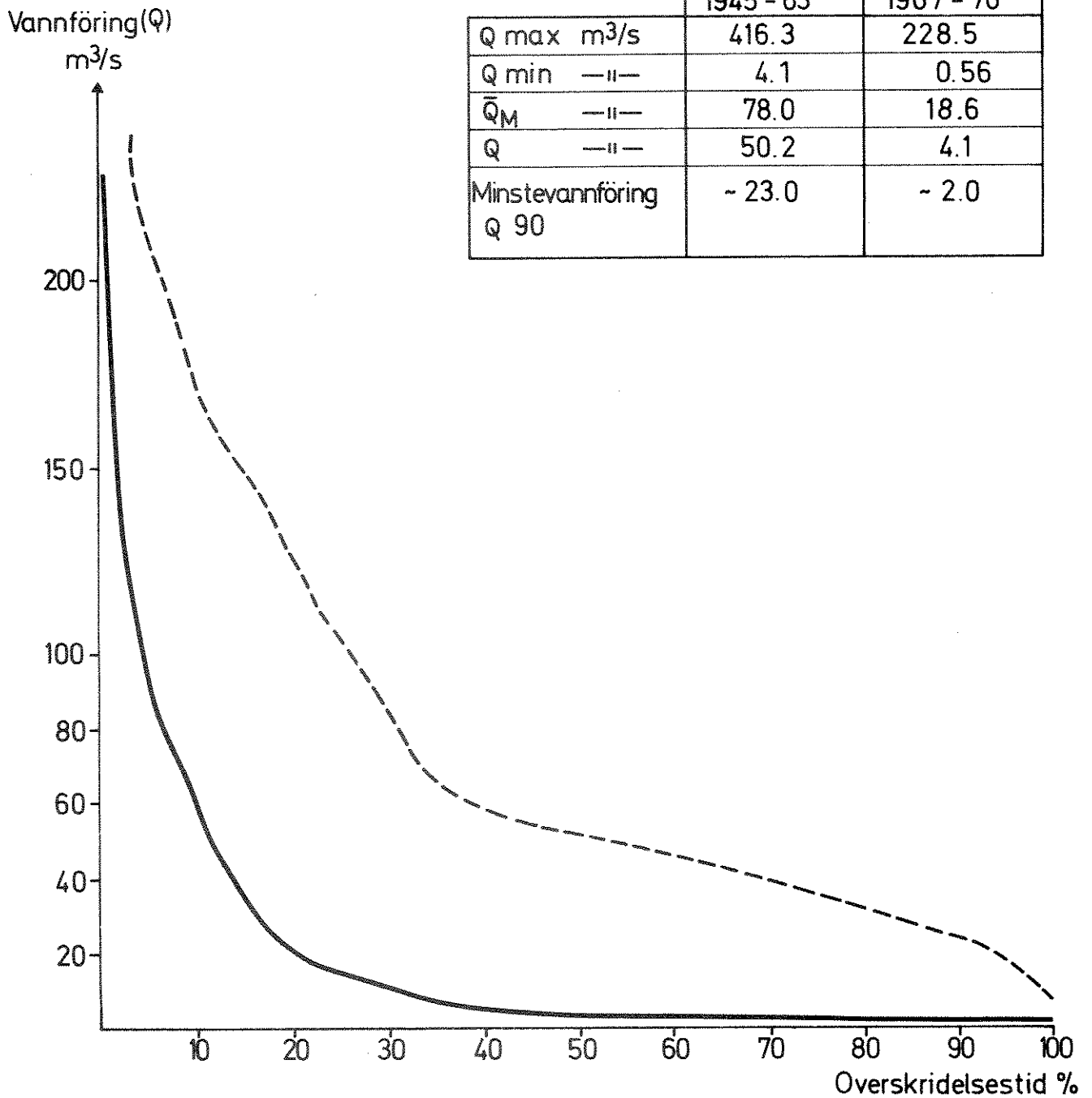


Fig. 2-2 Varighetskurve for vannføring

Vannføring Tovdalselv Austenå

Varighetskurve --- 1945-63

— 1969-76

Karakteristiske vannføringer (ukemidler)

	1945 - 63	1969-76
Q max m ³ /s	74.4	69.6
Q min	0.6	0.6
\bar{Q}	10.7	10.9
Q _M	7.4	6.9
Minstevannføring Q 90	~ 1.9	~ 1.7

Vannføring (Q)

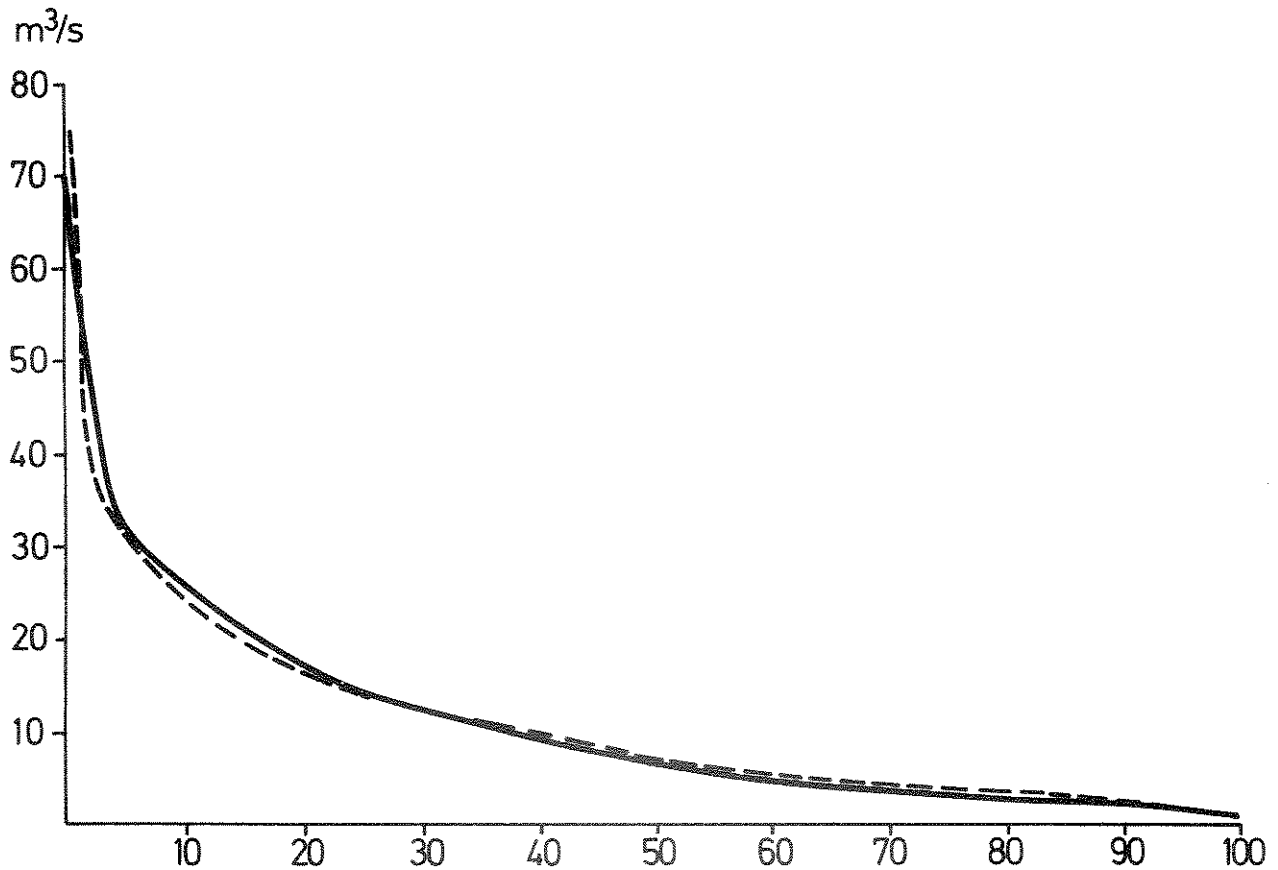


Fig. 2-3 Varighetskurve for vannføring.

Vannføring utløp Byglandsfjord VM 538. 1945-74

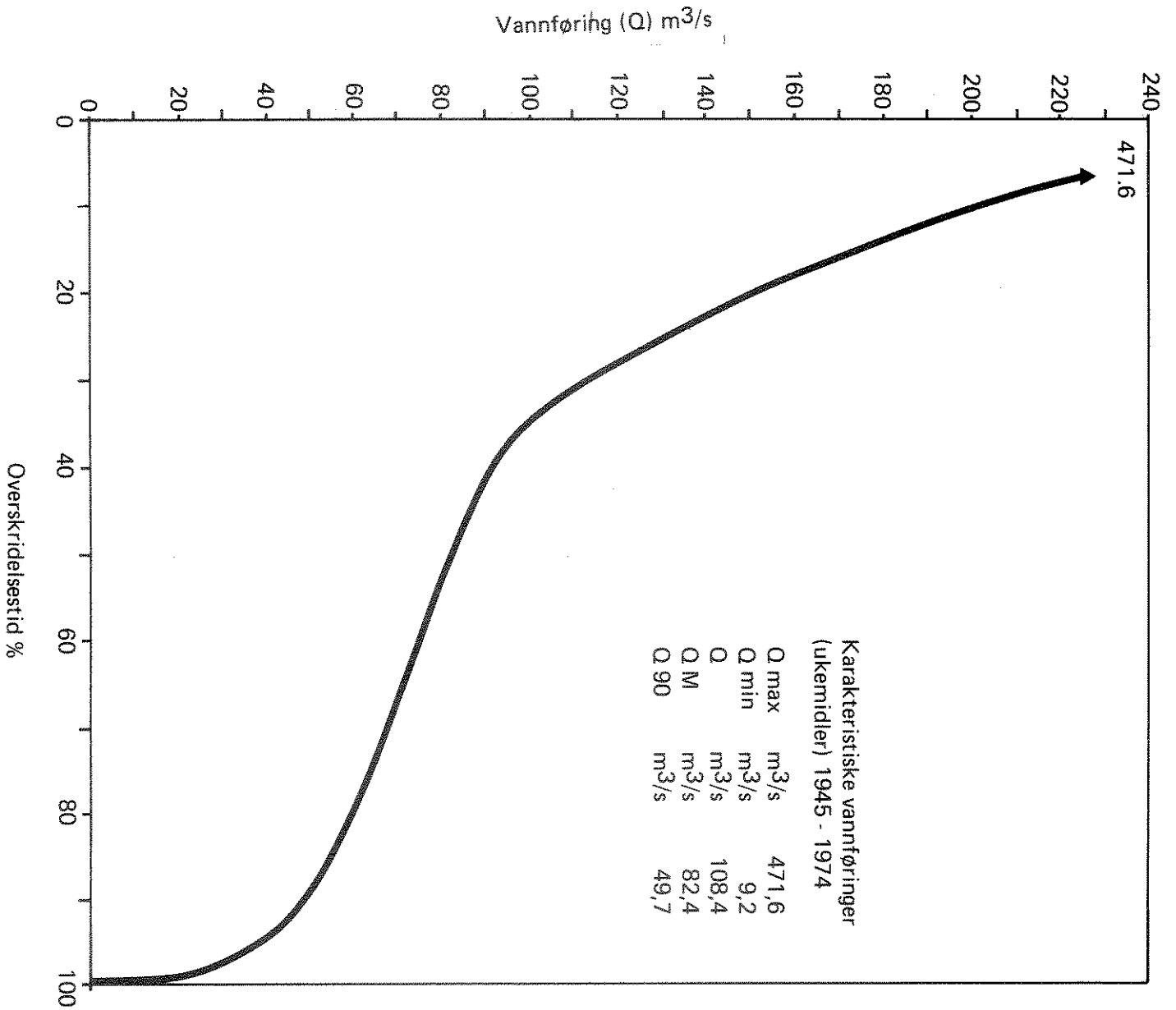


Fig. 2-4 Varighetskurver for vannstand
Breidvatn og Hartevatn

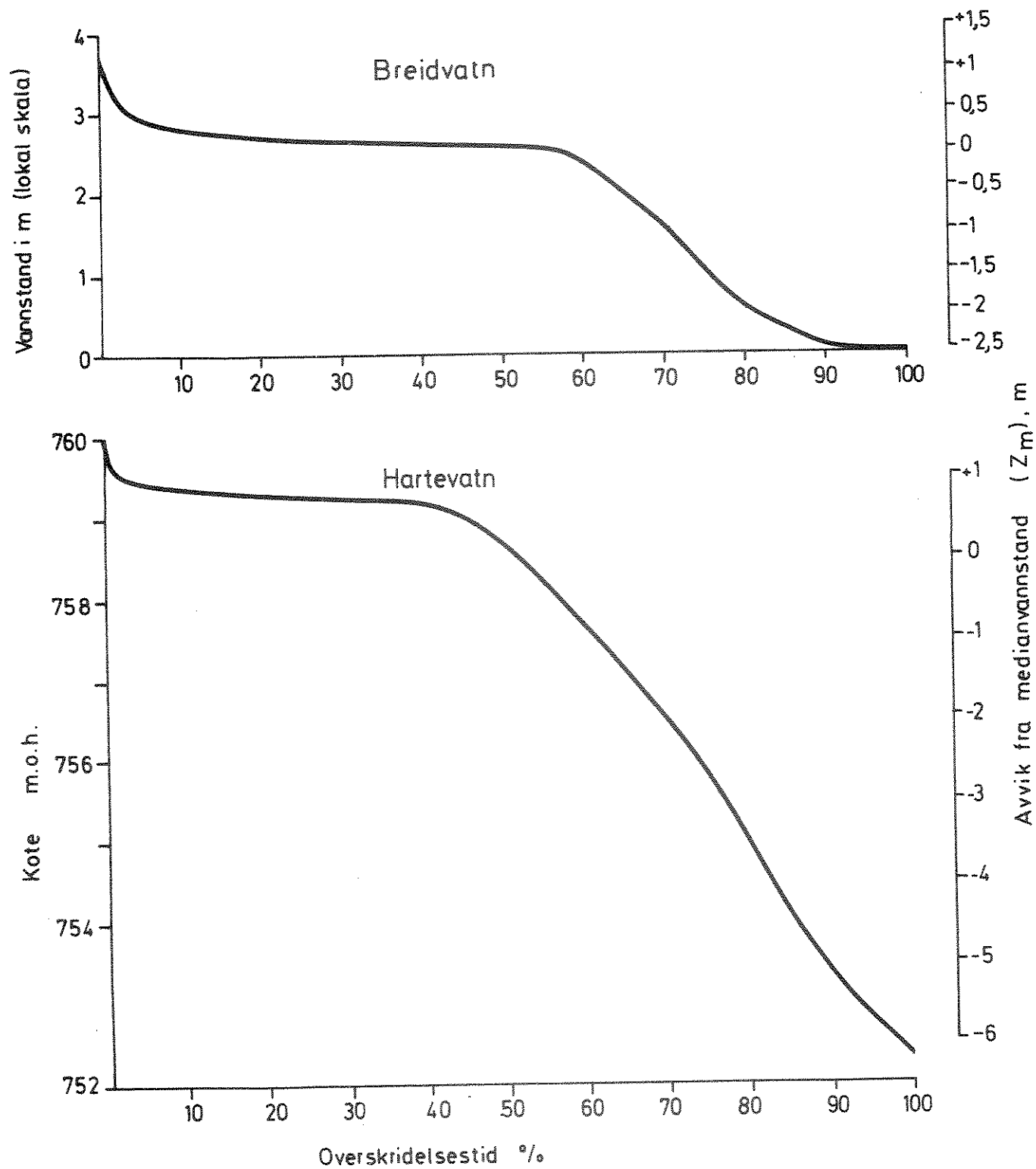
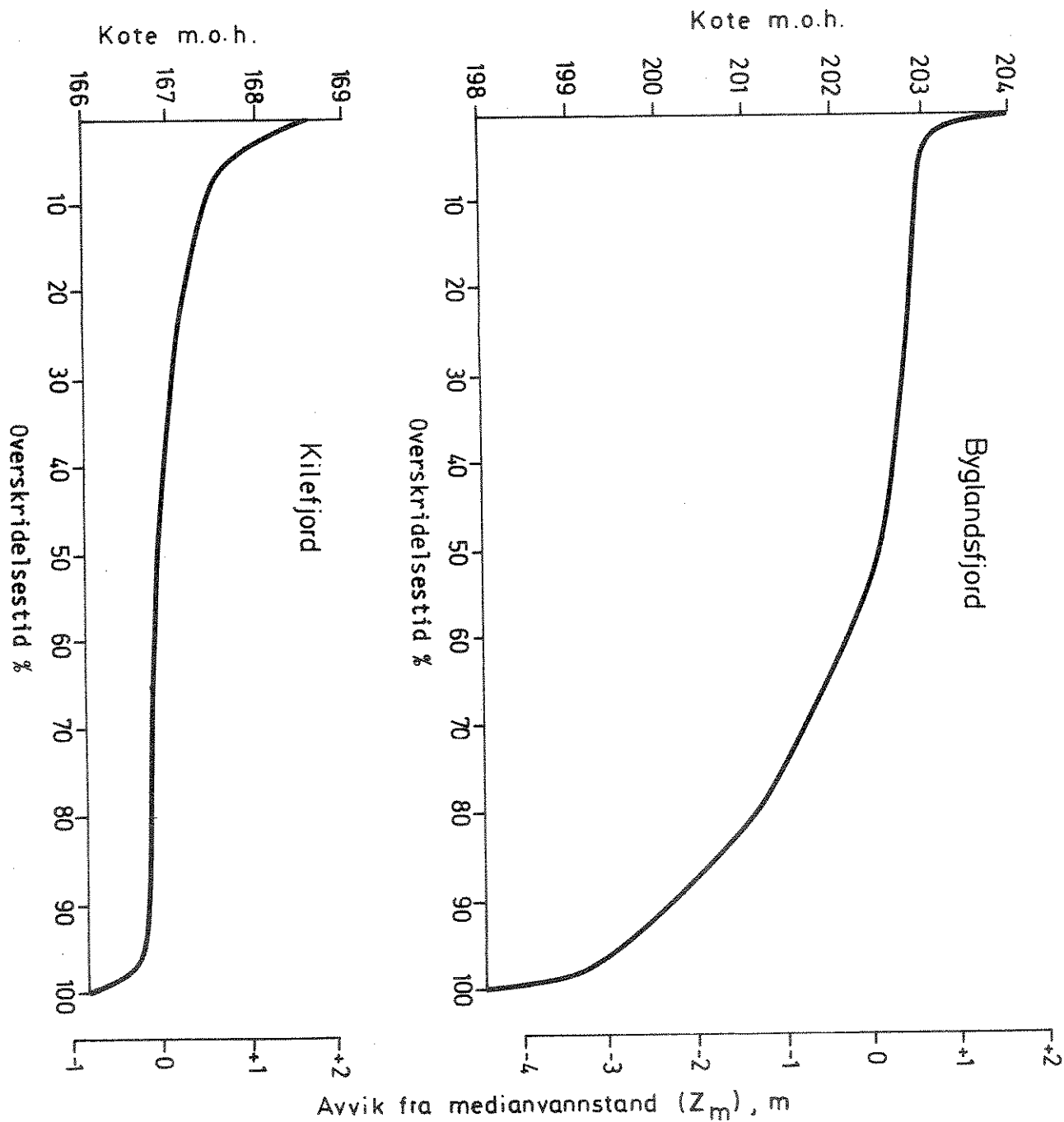


Fig. 2-5 Varighetskurve for vannstand
Byglandsfjord og Kilefjord



Varighetskurven for Byglandsfjord viser at total variasjon i vannstand omfatter ca. 6 m, mens avviket fra medianvannstand er +1,5, -4,5 m totalt og +0,5, -2,5 m 10 % til 90 % av tiden. Varighetskurven viser ikke den samme "terskel" som tilfellet er for Breidvatn og Hartevatn. Dette kommer vel av mer skiftende nedtapping av Byglandsfjord år om annet.

Kilefjord har en varighetskurve som viser at vannstandsvariasjonene er relativt beskjedne her. Total variasjonsbredde er ca. 2,7 m, som fordeler seg med +1,9, -0,7 m i forhold til medianvannstand. Innenfor 10 % - 90 % av tiden varierer vannstanden +0,7, -0,2 m i forhold til medianverdien.

2.3 Tidsmessige variasjoner

2.3.1 Spektralanalyse

Variasjonsmønsteret i vannføring og vannstand blir ikke fullstendig beskrevet ved varighetskurvene. Slike kurver forteller ikke direkte noe om frekvensmønsteret for høye eller lave verdier av vannføring eller vannstand.

Spektralanalyse er en matematisk metode for å beregne hvordan varians i en dataserie fordeler seg over (tids)frekvenser.

La X_t være en observasjonsserie over tid

$$t = t_1, \dots, t_n$$

Mellom elementene i X kan vi beregne den såkalte autokovarians av r .te orden

$$C_r = \frac{1}{n-r} (\sum (X_t \cdot X_{t-r}) - \bar{X}_t \cdot \bar{X}_{t-r} / n)$$

(NB: $r = 0 \Rightarrow$ ordinær varians av X).

Vi er interessert i en funksjon $P(f)$ som beskriver intensiteten av C som fordelt over frekvens f .

Uten å gå i detalj (som kan finnes f.eks. i Jenkins og Watts, 1968), er den ønskede funksjon $P_A(f)$ gitt ved:

$$P_A(f) = 2 \Delta \left[C_0 + 2 \sum_{r=1}^{m-1} C_r w(r) \cos(2\pi r f) \right]$$

hvor $w(r)$ er en "glattings"funksjon,

f.eks.:

$$w(r) = \frac{1}{2} \left(1 + \cos \left(\frac{\pi r}{m} \right) \right),$$

frekvensene f er gitt ved

$$0 \leq f \leq \frac{1}{2\Delta}$$

og Δ er tidsintervallet mellom dataobservasjonene.

Et EDB-program, skrevet i FORTRAN IV, er laget for å beregne spektra fra vannførings- og vannstandsdata.

Spektra blir i denne rapporten presentert på en logaritmisk (dB) skala, på grunn av den store variasjonen over $P(f)$. Beregningene er utført på ukemiddeldata og gjort for frekvenser opp til 25 år^{-1} .

2.3.2 Spektra for vannføring i Otra-vassdraget

Spektra for vannføring er beregnet for Valle og utløp Byglandsfjord, dessuten til sammenligning for Tovdalselva (Austenå).

For Valle og Tovdalselva ble tidsrommene 1945-63 og 1969-76 behandlet separat, i likhet med varighetskurvene (se avsn. 2.4)

Som også tilfellet var for varighetskurvene, viser spektrene fra Tovdalselva ubetydelige forskjeller i perioden 1945-63 mot 1969-76 (fig. 2-6).

Spektret for Otra forbi Valle (fig. 2-7) viser derimot store forskjeller 1945-63 mot 1969-76. I perioden 1945-63 er årssvingningen ($f = 1$) og dens første harmoniske ($f = 2,3$) svært fremtredende. Varianskomponentene tilhørende frekvens $>4 \text{ år}^{-1}$ ligger omkring 0,1 % av totalvariansen.

Spektret for tidsrommet 1969-76 viser at disse årssvingningene er utjevnet; derimot ligger varianskomponentene på frekvenser $>4 \text{ år}^{-1}$ nå betydelig høyere (på 1 % nivå). Forklaringen på disse forholdene er at vannføringen ved Valle nå er mer uregelmessig enn tidligere.

Spektret for utløp Byglandsfjord (1945-76, fig. 2-8) likner betydelig på Valle 1945-63. Igjen er årssvingningen ($f = 1$) og dens første harmoniske framtrædende. Variasjonskomponentene for høyere frekvenser ligger imidlertid over det tilsvarende nivå ved Valle 1945-63; dette avspeiler uregelmessig tapping fra Byglandsfjord.

2.3.3 Spektra for vannstand i innsjøene

Spektra basert på vannstand (ukemidler, 1945-76) er beregnet for Breidvatn, Hartevatn, Byglandsfjord og Kilefjord (fig. 2-9, 2-10).

Ikke uventet viser spektrene fra Breidvatn, Hartevatn og Byglandsfjord klare likhetstrekk. Variasjonene på årsbasis ($f = 1$) og sommer/vinter ($f = 2,3$) er svært framtrædende i spektrene. Variasjonskomponentene for høyere frekvenser ligger lavt, f.eks. er komponenten for $f = 6$ allerede på 0,1 % nivå i Hartevatn og for $f = 12$ ligger varianskomponenten her under 0,05 %.

Dette viser at variansmønsteret i disse innsjøene i det vesentlige er konsentrert til den årlige oppfylling/tapping av magasinene. Derimot er kortvarige variasjoner (dvs. varianskomponenter med høy frekvens) lite framtrædende.

Forholdene er klart forskjellige i Kilefjorden, som det framgår av fig. 2-10. Her er årssvingningene mindre distinkte, og betydningen av mer kortvarige svingninger langt større enn i de ovenforliggende innsjøene. Varianskomponentene ligger på 1 % nivå for frekvenser $>4 \text{ år}^{-1}$ og avspeiler en annen manøvreringsrytme for dette magasinet.

Fig. 2-6 "Power" spektrum av vannförling (ukemidler)
Tovdalselv, Austendå

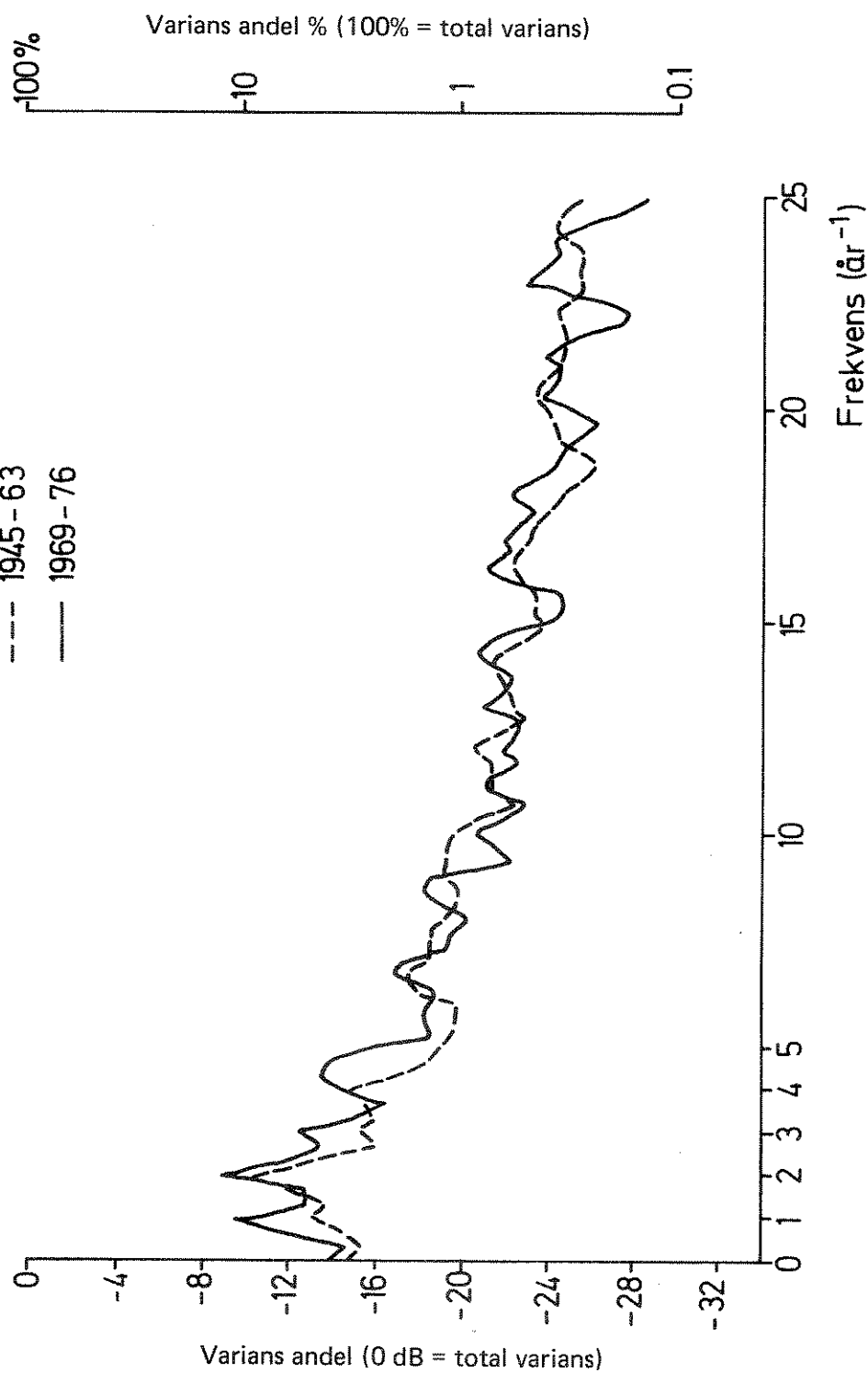


Fig. 2-7 "Power" spektrum av vannføring (ukemidler)
Otra, Valle Vm 536

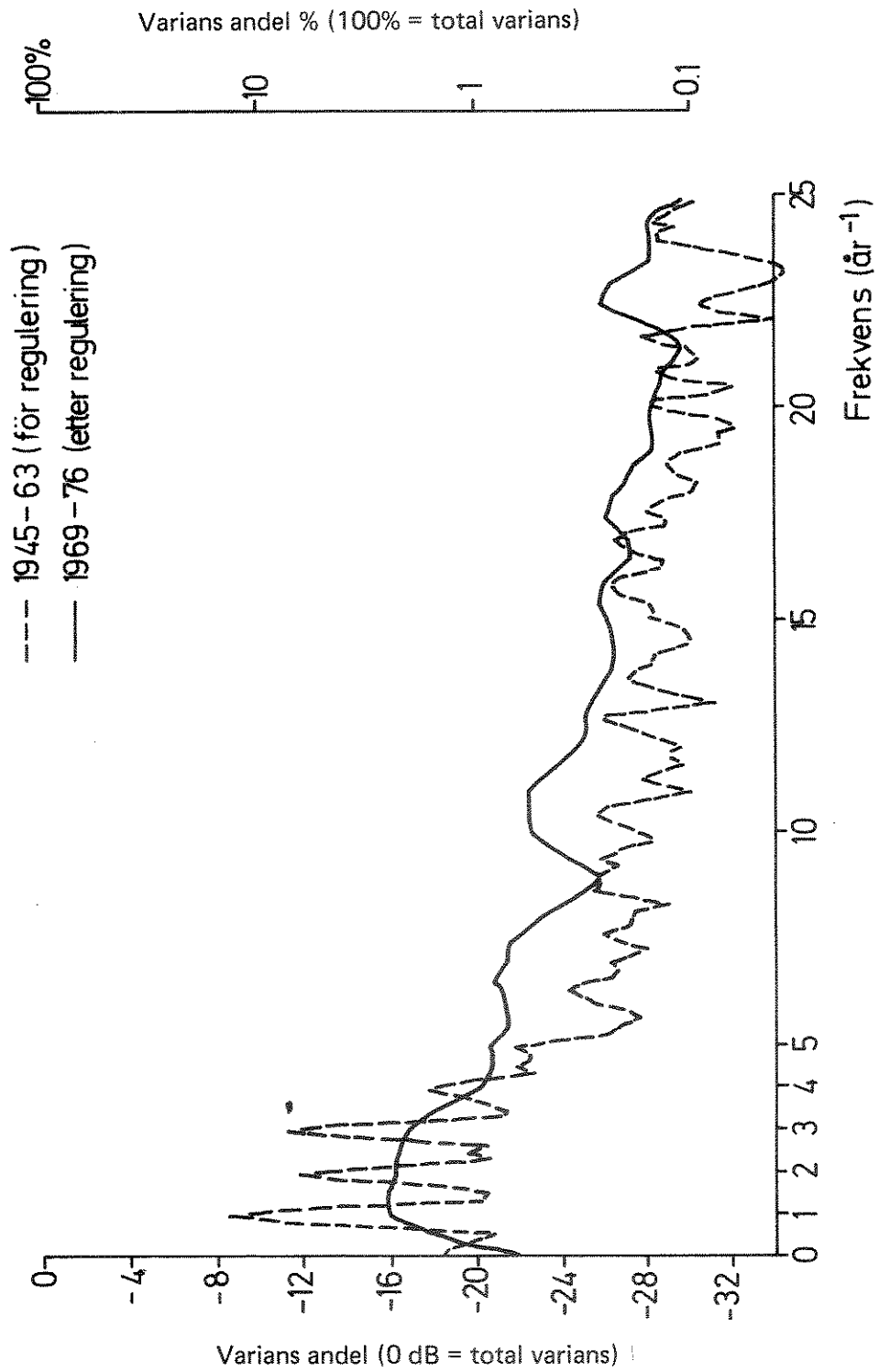
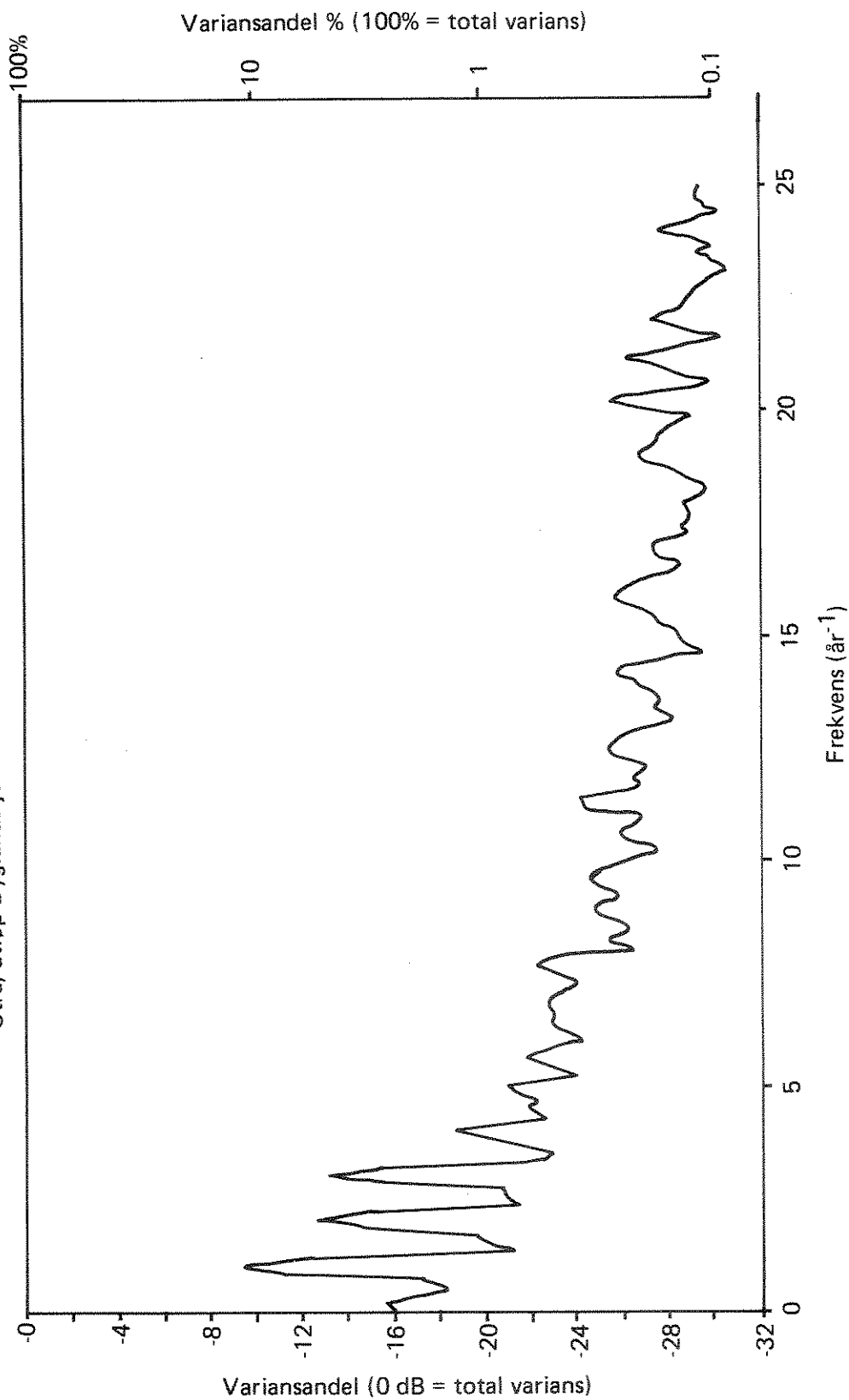


Fig. 2-8 »Power» spektrum av vannføring (ukemidler) 1945 - 1976.
Øtra, utløp Byglandsfjord



Variansandel (0 dB = total varians)

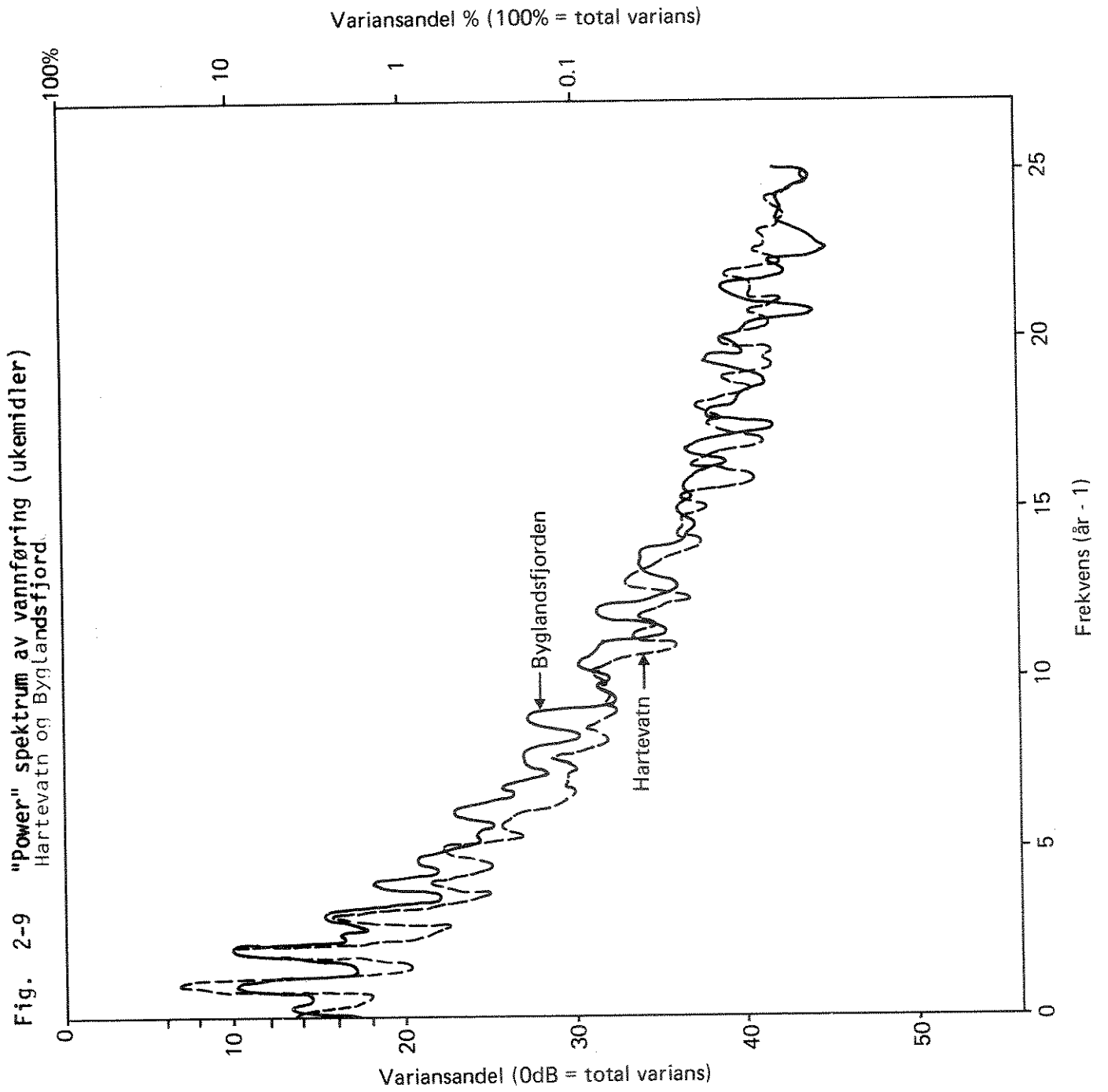
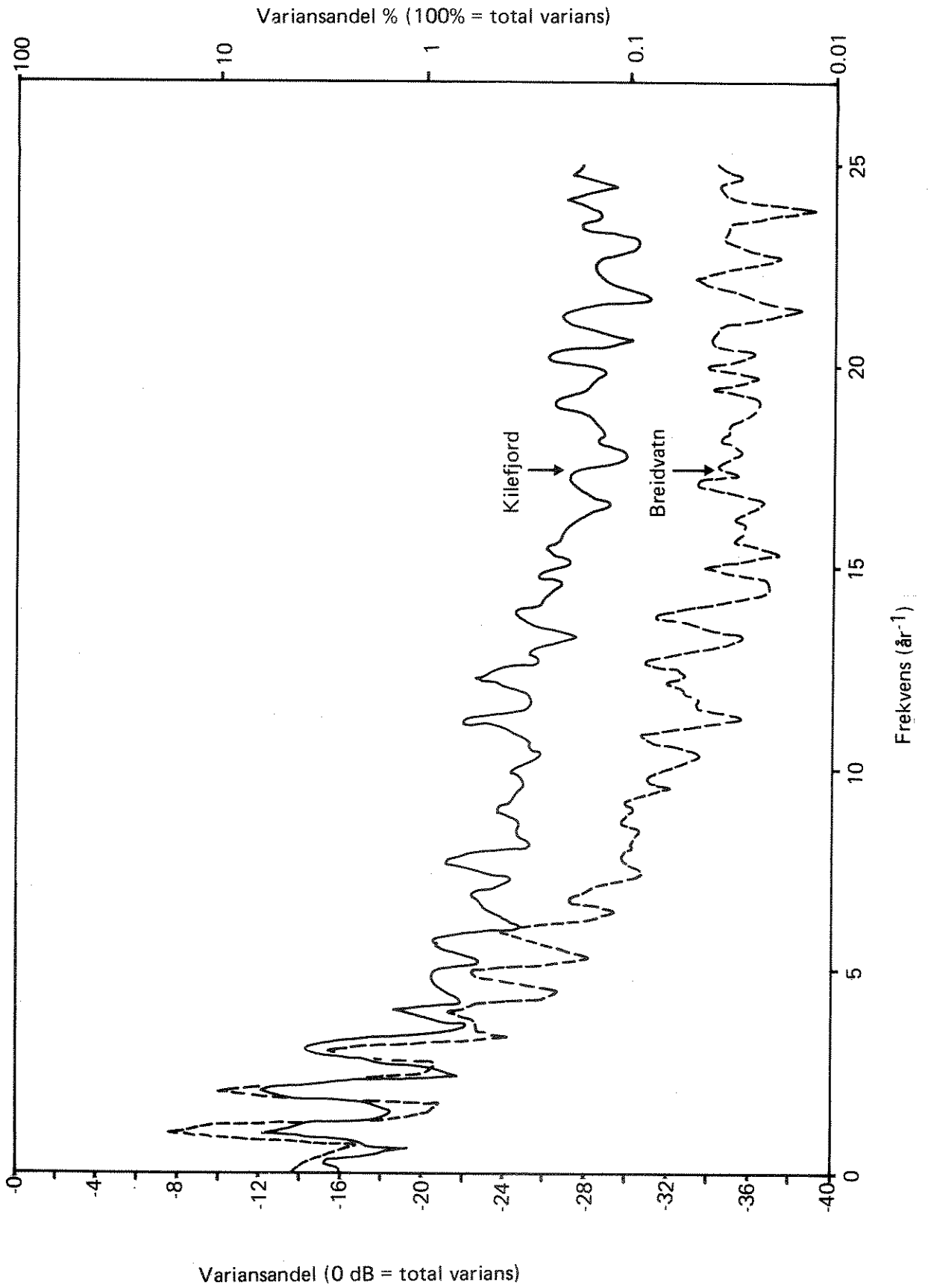


Fig. 2-10 "Power" spektrum av vannføring (ukemidler) 1945-76
Breidvatn og Kilefjord



3. TILFØRSLER OG AKTIVITETER

3.1 Arealfordeling og menneskelige aktiviteter i nedbørfeltet

Opplysningene angående jord- og skogbruk er gitt av herredsagronomen i Bygland og Valle. Registreringene av menneskelige aktiviteter forøvrig er utført av Fylkesmannen i Aust-Agder ved fylkets utbyggingsavdeling, i samarbeid med teknisk etat i kommunene Bykle, Valle og Bygland.

Otras nedbørfelt ned til utløpet av Byglandsfjorden er inndelt i til- sammen åtte delnedbørfelter (figur 3-1):

Delfelt I	:	Hovden- og Breiveområdet
"	II	: Hartevatn - Løyningså
"	III	: Løyningså - Hoslemo
"	IV	: Hoslemo - Bykle, Kyrkjebygd
"	V	: Bykil - Dale
"	VI	: Dale - Brøkke
"	VII	: Brøkke - Ose (Åraksfjorden)
"	VIII	: Ose - utl. Byglandsfjorden

Tall for bosetting, jordbruksarealer osv. er fordelt på disse delfeltene. Dette er gjort for å få en oversikt over belastningen på de ulike elvestrekningene hvor vannføringen kan være svært forskjellig som følge av kraftreguleringer.

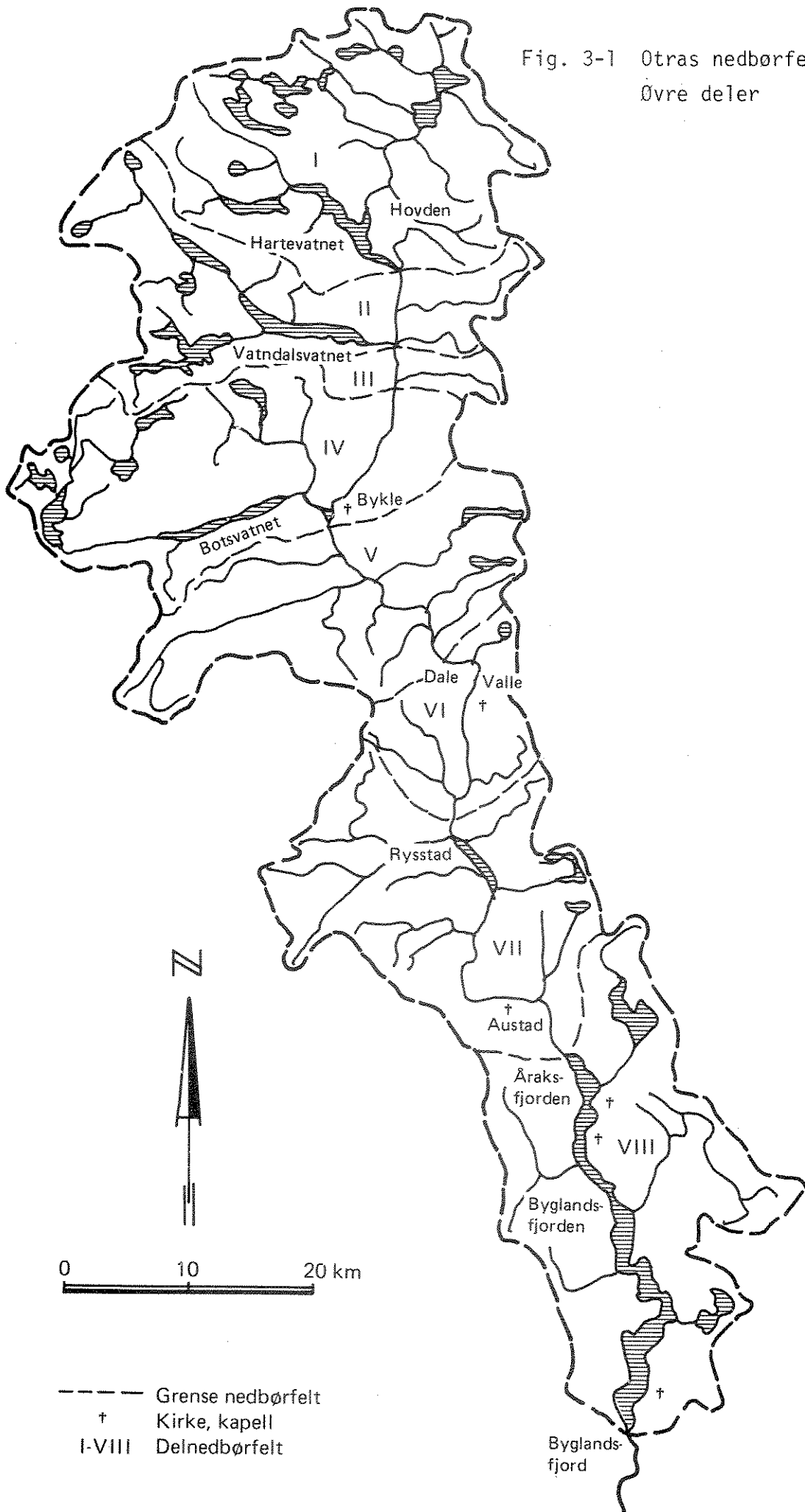
3.1.1 Jord- og skogbruk, annet areal

En oversikt over skogareal og dyrka mark i de åtte delfeltene er gitt i tabell 3-1.

En stor del av jordbruksarealene ligger spredt oppover langs dalen. Størst sammenhengende parti med dyrka mark finner en i områdene Homm og Valle.

Grasproduksjon er viktigste driftsform. For Bykle og Valle oppgis at anslagsvis 9/10 av dyrka mark er eng og beite. I de to kommunene finnes

Fig. 3-1 OTRAS nedbørfelt
Øvre deler



Tabell 3-1. Jord- og skogbruk, annet areal

Del- felt	Skogareal (km ²)		Dyrka mark (km ²)		Annet areal (km ²)		Dyrka jord (km ²)
	I del- feltet	Pluss del- felt opp- strøms	I del- feltet	Pluss del- felt opp- strøms	I del- feltet	Pluss del- felt opp- strøms	
I	2,2	-	0,4	-	448,9	-	1,6 x)
II	20,0	22,2	-	0,4	303,2	752,1	Tils. 200-400 dekar
III	20,0	42,2	0,6	1,0	25,3	777,4	i delfeltene
IV	16,1	58,3	0,9	1,9	420,3	1.197,7	II, III og IV
V	40,2	98,5	2,3	4,2	316,1	1.513,8	0,6 1)
VI	37,7	136,2	6,9	11,1	96,9	1.610,7	0,6 1)
VII	43,4	179,6	4,0	15,1	350,8	1.961,5	3,1
VIII	200,7	380,3	4,9	20,0	338,4	2.299,9	4,4

1) Fra Statistisk Sentralbyrås jordbrukstelling 1969.

2) Uten regulering.

til sammen omlag 200 mjølkekyr og ca. 4000 sau. Potetarealet i de to kommunene er på 250-300 dekar. I Valle dyrkes det dessuten en del korn. Halmlutingsanlegg (våtluting) finnes imidlertid i dalen.

Også i Bygland kommune er grasproduksjon og sauehold viktigste driftsform. De sørligste områdene har en del mer storfe og mer intensiv drift. En del av arealene nyttes til kornproduksjon og noe jord ligger brakk.

Det aller meste av silopressafta blir ført til gjødselkjellerne for deretter og spres på jorda, eller den infiltreres i grunnen. I Valle og Bykle er det jamt over små siloer og følgelig relativt små pressaftmengder.

Naturgjødsla blir fortrinnsvis spredd på åpen åker om våren, men på grunn av for små eller lite eigna arealer med åpen åker blir også en del spredd på eng og beite, gjerne om høsten. Standarden på gjødselkjellerne er svært varierende. En må anta at det er en del utette kjellere blant de gamle driftsbygningene, mens kjellerne på nye bygninger sannsynligvis er i ganske bra forfatning.

Herredsagronomen for Bygland oppgir at forbruket av vann fra vassdraget til jordbruksformål har økt sterkt de siste årene på grunn av kraftig tørke og til dels tørkesvak jord. Det er således installert en rekke nye vanningsanlegg. Forholdsvis store arealer i områdene Hommer, Brokke, Bjørgen og Straume blir også vannet, men da med trykkvann fra sideelver til Otra.

De største mulighetene for nydyrking fins helt øverst i dalføret (Hovdenområdet) og i Byglands deler av nedbørfeltet. Statistisk Sentralbyrås jordbrukstelling fra 1969 oppgir et dyrkbart areal på 1575 dekar i Hovdenområdet. Aust-Agder landbruksselskap anslår imidlertid det dyrkbare arealet i området til å være mellom 12000 og 18000 dekar. Noe dyrkingsarbeid er allerede igangsatt, og det foreligger konkrete planer for oppdyrking av 600-700 dekar i denne kretsen.

I områdene fra Brokke til utløpet av Byglandsfjorden er det store dyrkingsressurser (tabell 3-1). De siste årene har det i hele Bygland kommune vært planlagt 200-300 mål nydyrking pr. år, og en antar at aktiviteten vil holde seg på omtrent samme nivå eller øke noe i årene som kommer.

"Annet areal" er funnet ved å planimetrere ut totalareal fra kart i målestokk 1: 325 000 og trekke fra skog og dyrka mark.

3.1.2 Fast bosetting, hotelldrift og turisme

Tabell 3-2 viser en oversikt over fast bosetting i de ulike delfeltene samt hvor mange som er tilknyttet renseanlegg osv. Opplysninger om hotelldrift, hytter, campingplasser og utbyggingsplaner innen turistsektoren er samlet i tabell 3-3.

Hytteantallet (tabell 3-3) er for Valle og Bygland utelukkende basert på godkjente planer, dvs. hytter som er bygd før det ble gjennomført plankrav, er ikke tatt med. I Bykle har teknisk etat foretatt en omfattende registrering, hvorved en antakelig har tallfestet samtlige hytter så godt det er praktisk mulig.

Aktiviteten i turistnæringen og belegget på private hytter vil variere mye gjennom året. Ved beregning av antall personekvivalenter (p.e.) anslår en følgende omregningsfaktorer som gjennomsnitt på årsbasis:

Personer inkl. ansatte pr. hotellseng	1,2 p.e.
Belegg på hoteller	30 %
Personer pr. privat hytte	2,0 p.e.
Belegg på private hytter	35 %
Personer pr. campinghytte	3,0 p.e.
Belegg på campinghytter	40 %
Personer pr. telt	2,0 p.e.
Belegg på teltplasser	20 %

(Faktorene er basert på opplysninger fra Valle camping samt NIVA 1978, 0-133/77).

De nevnte omregningsfaktorene gir følgende prognoser for gjennomsnittlig årlig belastning fra befolkning i de åtte delnedbørfeltene: (Under rubrikken "utbygd" er det ikke regnet med økning i fastboende befolkning. En har heller ikke oversikt over utbyggingsplaner for campingplasser.)

Tabell 3-2. Fast bosetting, rensetiltak m.m.

Delfelt	Antall fastboende		Antall tilkn. offentlig renseanlegg	Type rense- anlegg	Merknader
	I delfeltet	Pluss delfelt oppstrøms			
I	80		50	Slamskiller	Planlagt mek.-kjem. anlegg for 3000 p.e.
II	30	110			
III	80	190			
IV	250	440	100	Aktivslamanl. (biologisk)	Avløpet fra renseanl. føres til tunnel Sarv-Botsvatn
V	220	660	0		
VI	640	1.300	350	Biol.kjemisk (simultanfelling)	Anlegget dimensjonert for 600 p.e.
VII	850	2.150	200	Biologisk	
VIII	1.400	3.550	200	Slamavskiller	Tils. ca. 450 p.e. tilknyttet offentlig avløpsanlegg i de tre største tettstedene

Tabell 3-3. Hotelldrift, hytter, campingplasser.

Delfelt	Sengeplasser hotell		H y t t e r		Campingplasser (eksisterende)	
	Eksist.	Planlagt Utbygd	Eksist.	Planlagt Utbygd	Hytter	Telt
I	365	300	404	295	30	15
II	-	-	169	197	-	-
III	-	-	112	338	5	20
IV	95	-	-	-	17	20
V	-	-	245	18	60	135
VI	85	-	-	-	52	140
VII	-	-	142	14 ¹⁾	41	480
VIII	200	-	135	45 ¹⁾	35	225

I. Hovden-, Breive-området

	1978	Utbygd
Fast bosetting	80 p.e.	80 p.e.
Hotell	263 "	479 "
Hytter	283 "	489 "
Camping	42	42 "
Totalt	668 p.e.	1.090 p.e.

Området er preget av stor aktivitet innen turistsektoren med bl.a. 8 hotell/pensjonat og omlag 400 fritidshytter. Det foreligger planer om ytterligere utbygging av hotellplasser og hytter (se tabell 3-3). Ca. 500 p.e. er tilknyttet kommunalt avløpsnett som føres til slamavskiller dimensjonert for 1000 p.e. Det er planlagt et mekanisk-kjemisk renseanlegg i området for 3000 p.e. En vesentlig del av hyttene skal også knyttes til dette anlegget.

II. Hartevatn - Løyningå

	Delfelt II		Pluss delfelt oppstrøms	
	1978	Utbygd	1978	Utbygd
Fast bosetting	30 p.e.	30 p.e.	110 p.e.	110 p.e.
Hotell	-	-	263 "	479 "
Hytter	118 "	256 "	401 "	745 "
Camping	-	-	42 "	42 "
Totalt	148 p.e.	286 p.e.	816 p.e.	1.376 p.e.

På denne strekningen er det få fastboende (spredt bebyggelse med gårdsbruk). En del fritidshytter fins i området, og ytterligere ca. 200 hytter er planlagt bygd.

III. Løyningså - Hoslemo

	Delfelt III		Pluss delfelt oppstrøms	
	1978	Utbygd	1978	Utbygd
Fast bosetting	80 p.e.	80 p.e.	190 p.e.	190 p.e.
Hoteller	-	-	263 "	479 "
Hytter	78 "	315 "	479 "	1.060 "
Camping	14 "	14 "	56 "	56 "
Totalt	172 p.e.	409 p.e.	988 p.e.	1.785 p.e.

Også denne strekningen er preget av spredt bosetting og i tillegg en del fritidshytter. Det er planlagt ca. 340 nye fritidshytter. En relativt liten campingplass fins dessuten i området.

IV. Hoslemo - Bykle, Kyrkjebygd

	Delfelt IV		Pluss delfelt oppstrøms	
	1978	Utbygd	1978	Utbygd
Fast bosetting	250 p.e.	250 p.e.	440 p.e.	440 p.e.
Hoteller	68 "	95 "	331 "	574 "
Hytter	-	-	479 "	1.060 "
Camping	28 "	28 "	84 "	84 "
Totalt	346 p.e.	373 p.e.	1.334 p.e.	2.158 p.e.

Bykle - Kyrkjebygd har to hoteller/pensjonat med til sammen 95 sengeplasser og to campingplasser. Ingen av disse er tilknyttet kommunale avløpsanlegg. Knapt halvparten av boligene (ca. 100) er tilknyttet offentlig avløp som renses i aktiv-slamanlegg.

V. Bykil - Dale

	Delfelt V		Pluss delfelt oppstrøms	
	1978	Utbygd	1978	Utbygd
Fast bosetting	220 p.e.	220 p.e.	660 p.e.	660 p.e.
Hoteller	-	-	331 "	574 "
Hytter	172 "	184 "	651 "	1.244 "
Camping	126 "	126 "	210 "	210 "
Totalt	518 p.e.	530 p.e.	1.852 p.e.	2.688 p.e.

Befolkningen bor stort sett spredt og ingen husstander er tilknyttet offentlig avløpsnett. I området ved Store Bjørnevatn er det utbygd 245 hytter og 18 nye er planlagt. Området er godt besatt med campingplasser, i alt sju stykker med til sammen 60 hytter og 135 teltplasser.

VI. Dale - Brokke

	Delfelt VI		Pluss delfelt oppstrøms	
	1978	Utbygd	1978	Utbygd
Fast bosetting	640 p.e.	640 p.e.	1.300 p.e.	1.300 p.e.
Hoteller	61 "	61 "	392 "	635 "
Hytter	-	-	651 "	1.244 "
Camping	118 "	118 "	328 "	328 "
Totalt	819 p.e.	819 p.e.	2.671 p.e.	3.507 p.e.

Mesteparten av befolkningen er konsentrert til områdene i og omkring Valle. Omlag 350 personer er nå tilknyttet offentlig avløp som gjennomgår biologisk-kjemisk rensing (simultanfelling). Anlegget er dimensjonert for 600 p.e. En av campingplassene i området er tilknyttet kommunalt avløpsnett og renseanlegg, de tre andre har egne utslipp, men har ikke innlagt vannklosett. To hotell-/motellanlegg er tilknyttet kommunalt avløpsnett og renseanlegg, mens et tredje anlegg skal tilkobles. Ved NIVAs driftsundersøkelse av Valle renseanlegg (basert bl.a. på uttak av stikkprøver på inn- og utløpsvann) i august 1976, fungerte ikke anlegget særlig bra (7,8 mg ortofosfat pr. liter i utløpsvannet), men anlegget var nylig satt i drift på den tid (NIVA 1976).

VII. Brokke - Ose

	Delfelt VII		Pluss delfelt oppstrøms	
	1978	Utbygd	1978	Utbygd
Fast bosetting	850 p.e.	850 p.e.	2.150 p.e.	2.150 p.e.
Hoteller	-	-	392 "	635 "
Hytter	99 "	109 "	750 "	1.353 "
Camping	241 "	241 "	569 "	569 "
Totalt	1.190 p.e.	1.200 p.e.	3.861 p.e.	4.707 p.e.

Vel 20 % av de fastboende er tilknyttet offentlig avløpsnett der kloakken renses i biologiske anlegg (Brokke og Rysstad renseanlegg). Disse to renseanleggene så ut til å fungere bra ved NIVAs driftsundersøkelser i 1976, men de hadde da svært lav belastning (NIVA 1976). Fire campingplasser i Valle kommune har innlagt vannklosett og er tilknyttet offentlig nett. En kafé med fire hytter i Valle pluss to campingplasser i Bygland har innlagt vannklosett og egne utslipp. Pr. i dag er det ca. 135 hytter i området og 14 nye er planlagt. Generalplanforslag for Bygland opererer imidlertid med 300-400 hytter i dette området.

VIII. Ose - Utl. Byglandsfjorden

	Delfelt VIII		Pluss delfelt oppstrøms	
	1978	Utbygd	1978	Utbygd
Fast bosetting	1.400 p.e.	1.400 p.e.	3.500 p.e.	3.500 p.e.
Hoteller	144 "	144 "	536 "	779 "
Hytter	95 "	126 "	845 "	1.479 "
Camping	132 "	132 "	701 "	701 "
Totalt	1.771 p.e.	1.802 p.e.	5.582 p.3.	6.459 p.e.

De ca. 1.400 innbyggerne er stort sett samlet i tre større grender, Bygland, Grendi og Byglandsfjord, samt seks mindre grender. Kommunen er dårlig dekket med hensyn til offentlig avløpsnett og renseanlegg. Totalt er ca. 450 p.e. tilknyttet offentlig avløpsnett i de tre største tett-

stedene, men bare 200 p.e. er tilknyttet sentralslamavskillere. Ett hotell ved Byglandsfjord og en gjesteheim på Bygland har egne utslipp. I alt fem campingplasser ligger i området. Av disse har tre innlagt vannklosett og alle har egne utslipp. Det er bygd ca. 135 hytter i området etter godkjent plan, og det foreligger godkjenning for nye 45. I generalplanforslaget er det antydnet ca. 900 hytter i den delen av kommunen som dreneres til Otra (Byglandsfjorden).

3.1.3 Sjøppelfyllinger og slamdeponier

Strekningen Hartevatn - Løyningås (delfelt II)

På Tykkås tømmes det søppel i fylling fra ca. 700 abonnenter (inklusive hytter og hotell). Grunnen består av morene. Det tømmes også kloakkslam fra ca. 1100 p.e. i tørkegroper på det samme området.

Strekningen Dale - Brokke (delfelt VI)

Sjøppel fra omlag 525 personer brennes åpent i grop på Sandnes, og slam tømmes i tørkegrop på Løyland. Ca. 700 personer sokner til denne plassen.

Strekningen Brokke - Ose (delfelt VII)

Slamlagene ved Straume i Valle betjener omlag 750 personer.

Strekningen Ose - utl. Byglandsfjorden (delfelt VIII)

Sjøppelplass ved Nesmoen i Bygland betjener ca. 300 personer. På Kvålsmoen avvannes slam fra omkring 400 personer. Byglandsfjord og Grendi har samarbeid med Evje og Hornnes kommune om både søppel og slam.

3.1.4 Industribedrifter o.l.

I de øvre delene av dalføret finnes det svært få industribedrifter av betydning når det gjelder forurensningstilførsler. Det dreier seg om en del sagbruk og trevarebedrifter samt et bygg- og entreprenørfirma.

Valle (delfelt V) har fire verksteder/industribedrifter med til sammen 20 ansatte. Disse er tilknyttet offentlig avløpsanlegg. I tillegg kommer to mindre bilverksteder og Brokke Kraftverk (30 ansatte) som har egne utslipp.

Bygland (delfelt VI) har noe mekanisk industri med i alt 7 ansatte (slamavskiller og infiltrasjon i grunnen). I Byglandsfjord er det to mekaniske verksteder med 6-8 ansatte og et sagbruk med 6 ansatte.

Setesdal meieri i Byglandsfjord har tillatelse for et utslipp som svarer til ca. 2073 kg BOF_7 pr. år. Målinger foretatt på meieriutslipp viser at 1 kg BOF_7 tilsvarer 10-30 g totalfosfor. Ren melk gir omlag 42 g totalnitrogen pr. kg BOF_7 . Opplysningene er innhentet fra Statens forurensnings-tilsyn. Dersom en regner med 10 g P/kg BOF_7 og antar at det ikke blir tilført vesentlige mengder nitrogen fra vaskemidler etc., får en følgende utslippstall for Setesdal meieri:

Fosfor	:	10 g tot. P/kg BOF_7 · 2073 kg BOF_7 /år
		= ca. 21 kg totalfosfor pr. år.
Nitrogen	:	42 g tot. N/kg BOF_7 · 2073 kg BOF_7 /år
		= 87 kg totalnitrogen pr. år.

En har ikke opplysninger om utslipp utenom kloakk fra noen av de andre bedriftene som er nevnt her.

3.2 Beregning av tilførsler

3.2.1 Parametre

Det totalfosfor (P) som måles ved vanlige vannkjemiske analyser foreligger dels i fri ioneform, dels som organisk og uorganisk bundet fosfor. Stor tilførsel av fosfor har gjødslingseffekt på vannmassene og kan bidra til en eutrofiutvikling.

Det samme gjelder for nitrogen (N). Totalnitrogen angir den samlede mengde nitrogen, uorganisk eller organisk bundet nitrogen, løst i ioneform som ammonium, nitrat og nitritt.

3.2.2 Belastningskoeffisienter

Følgende belastningskoeffisienter er benyttet for å beregne tilførslene av fosfor og nitrogen til vassdragene.

	<u>Fosfor</u>	<u>Nitrogen</u>	<u>Benevning</u>
Befolkning ¹⁾	2,5	12	g/pers.·døgn
Avrenning fra jordbruksarealer ²⁾	50	2100	kg/km ² ·år
Bakgrunnskonsentrasjon i vann fra skog-, myr- og fjellområder	3	120	µg/l
Avrenning fra skog ³⁾	6,5	220	kg/km ² ·år
Avrenning fra annet areal	6,0 ⁴⁾	120 ⁵⁾	"

Kilder:

- 1) Smits, C. (1971)
- 2) Mikkelsen et al. (1974)
- 3) St. meld. nr. 71 for 1972-73
- 4) NIVA (1973, 0-91/69)
- 5) NIVA (1978, 0-133/77)

Koeffisientene for befolkning angir totalfosfor og totalnitrogen "produsert" av menneskene, altså den mengden som passerer ut av huset med spillvannet/kloakken når vannklosett er innlagt. Alt dette vil imidlertid ikke nå vassdragene. Hvor stor del som når vannresipienten er avhengig av mange forskjellige forhold. Her kan kort nevnes noen momenter:

- avstand til vassdrag
- om kloakken går i rør direkte til resipienten
- hvor stor del av husstandene er tilknyttet offentlig avløpssystem
- lekkasjer i avløpssystem etc.
- eventuelle renseanlegg
- type renseanlegg

For spredt bebyggelse som ikke er tilkopledd offentlig avløpsnett antar en her at ca. 50 % av fosforbidraget transporteres til vassdrag (NIVA 1978, 0-92/78). For samme type bebyggelser anslår en at 80 % av produsert nitrogen fra husstandene når vassdrag.

For avløpsnett som munner direkte ut i vannet, uten via noen form for renseanlegg, må en regne med at praktisk talt all fosfor og nitrogen havner i vannresipienten.

Renseanleggenes effekt beror først og fremst på type renseanlegg, konstruksjon og drift. I tillegg har kvaliteten på ledningsystemet (tilførselsgraden) stor betydning for hvor stor renseeffekten egentlig blir. Rent generelt anvender Statens forurensningstilsyn følgende renseeffekter for fosfor:

Mekanisk renseanlegg	:	15 %
Biologisk renseanlegg	:	25 %
Kjemisk fellingsanlegg	:	80 %

En langt mindre del av nitrogenet fjernes i renseanleggene. Reduksjonen under ideelle forhold kan antas å ligge på følgende nivå:

Mekanisk renseanlegg	:	10-15 %
Biologisk renseanlegg	:	25-35 %
Simultanfellingsanlegg	:	25-35 %

(L. Vråle pers. med.)

Tilførselsgraden gjør at den faktiske renseeffekt ligger enda noe lavere. For to av delfeltene er det oppgitt avløpsnett med slamavskillere. En setter her renseeffekten ved slike anordninger til 10 % for både fosfor og nitrogen.

De forholdene som er nevnt her gir til sammen grunnlag for å sette opp følgende prosentvise reduksjon av tilførslene:

	<u>Fosfor</u>	<u>Nitrogen</u>
Spredt begyggelse u. renseanlegg	50 %	20 %
Slamavskiller	10 %	10 %
Mekanisk renseanlegg	15 %	10 %
Biologisk renseanlegg	25 %	25 %
Simultanfellingsanlegg	80 %	25 %

3.2.3 Teoretisk beregnede tilførsler av fosfor og nitrogen

På bakgrunn av registrert arealfordeling og menneskelige aktiviteter samt de nevnte belastningskoeffisienter og reduksjonstall, har en her foretatt en teoretisk beregning av fosfor- og nitrogentilførslene til vassdraget på de ulike elveavsnitt.

Det er viktig å være oppmerksom på at det knytter seg en del usikkerheter til beregningene. Verdiene av de beregnede tilførslene må derfor bare tas som et uttrykk for størrelsesorden av tilførslene og ikke som en nøyaktig kvantifisering.

Tabell 3-4. Fosfor- og nitrogenbelastning i Hovden- og Breiveområdet (delfelt I) i tonn pr. år.

	Befolkning		Skog	Dyrka mark	Annet areal	S u m	
	Dagens situasjon	Fullt utb. m.rensing				Dagens situasjon	Fullt utb. m. rensing
Fosfor	0,47	0,26	0,01	0,02	2,69	3,19	2,98
Nitrogen	1,98	2,05	0,48	0,84	53,87	57,17	57,24

En bør være oppmerksom på at anslagene for "full utbygging" gjelder bare dersom alle nye hytter og hotellplasser tilkoples kjemisk fellingsanlegg og at dette fungerer optimalt. Dersom renseanlegget ikke fungerer, vil totalbelastningen av fosfor antakelig ligge på vel 3,6 tonn P pr. år.

I NIVA-rapport om Hartevatn (NIVA 1978, 0-133/77) er en kommet fram til noe lavere fosforbelastning. Dette skyldes først og fremst at en har brukt andre beregningsmåter på tilførslene fra jordbruket, skog og "annet areal". Forøvrig henvises til samme rapport for vurdering av hvilke følger en regulering vil ha på forurensningstilførslene.

Tabell 3-5. Fosfor- og nitrogenbelastning på strekningen Hartevatn - Løyningså (delfelt II) i tonn pr. år.

	Befolkning		Skog	Dyrka mark	Annet areal	S u m	
	Dagens situasjon	Fullt utbygget				Dagens situasjon	Fullt utbygget
Fosfor	0,07	0,13	0,13	0	1,82	2,02	2,08
Nitrogen	0,52	1,00	4,40	0	36,38	41,30	41,80

Belastningstallene for befolkning er basert på 50 % fosfor-reduksjon og 20 % nitrogenreduksjon (spredt bebyggelse uten renseanlegg) både for dagens situasjon og ved full utbygging av hytter i dette nedbørfeltet.

Tabell 3-6. Fosfor- og nitrogenbelastning på strekningen Løyningså til Hoslemo (delfelt III) i tonn pr. år.

	Befolkning		Skog	Dyrka mark	Annet areal	S u m	
	Dagens situasjon	Fullt utbygget				Dagens situasjon	Fullt utbygget
Fosfor	0,08	0,19	0,13	0,03	0,15	0,39	0,50
Nitrogen	0,60	1,43	4,40	1,26	2,52	8,78	9,61

Også for dette området er både fritidsbebyggelsen og boligene klassifisert som spredt bebyggelse.

Tabell 3-7. Fosfor- og nitrogenbelastning på strekningen Hoslemo til Bykle, Kyrkjebygd (delfelt IV) i tonn pr. år.

	Befolkning		Skog	Dyrka mark	Annet areal	S u m	
	Dagens situasjon	Fullt utbygget				Dagens situasjon	Fullt utbygget
Fosfor	0,21 ¹⁾	0,24	0,10	0,05	2,52	2,88	2,91
Nitrogen	1,25 ¹⁾	1,37	3,54	1,89	50,44	57,12	57,24

1) Omlag 1/3 av tilførslene føres fra aktivslamanlegg til tunnel Garv/Botsvatn.

En har her antatt at avløpene fra hotell etc. ikke gjennomgår noen form for rensing.

Tabell 3-8. Fosfor- og nitrogenbelastning på strekningen Bykil til Dale (delfelt V) i tonn pr. år.

	Befolkning		Skog	Dyrka mark	Annet areal	S u m	
	Dagens situasjon	Fullt utbygget				Dagens situasjon	Fullt utbygget
Fosfor	0,24	0,24	0,26	0,12	1,90	2,52	2,52
Nitrogen	1,82	1,86	8,84	4,83	37,93	53,42	53,46

Tabell 3-9. Fosfor- og nitrogenbelastning på strekningen Dale til Brokke (delfelt VI) i tonn pr. år.

	Befolkning	Skog	Dyrka mark	Annet areal	Sum
Fosfor	0,37	0,25	0,35	0,58	1,55
Nitrogen	2,87	8,29	14,49	11,63	37,28

Opplysninger fra Aust-Agder fylkes utbyggingsavdeling (Andreassen pers. med.) og NIVA-rapport (NIVA 1976, 0-52/75) tyder på at Valle renseanlegg til nå ikke har fungert tilfredsstillende. En har her skjønnsmessig anslått en reduksjon av næringstoffer på 50 % for fosfor og 20 % for nitrogen.

Tabell 3-10. Fosfor-og nitrogenbelastning på strekningen Brøkke til Ose (delfelt VII) i tonn pr. år.

	Befolkning		Skog	Dyrka mark	Annet areal	S u m	
	Dagens situasjon	Fullt utbygget				Dagens situasjon	Fullt utbygget
Fosfor	0,62	0,63	0,28	0,20	2,10	3,20	3,21
Nitrogen	4,09	4,13	9,55	8,40	42,10	64,14	64,18

Her er det regnet med at til sammen 370 p.e. er koplet til biologisk renseanlegg både ved dagens situasjon og ved full utbygging. Med "full utbygging" er det bare regnet med de 14 nye hyttene som er planlagt og ikke med de 300-400 hyttene i området som generalplanforslaget opererer med.

Tabell 3-11. Fosfor-og nitrogenbelastning på strekningen Ose til utløpet av Byglandsfjorden (delfelt VIII) i tonn pr. år.

	Befolkning		Industri	Skog	Dyrka mark	Annet areal	S u m	
	Dagens situasjon	Fullt utbygget					Dagens situasjon	Fullt utbygget
Fosfor	1,10	1,12	0,02	1,30	0,25	2,03	4,70	4,72
Nitrogen	6,73	6,84	0,09	44,15	10,29	40,61	101,87	101,98

En har her regnet med at 200 p.e. er tilknyttet sentralslamavskiller med 10 % reduksjon av fosfor- og nitrogenutslippene, 490 p.e. har direkte

utslipp og resten 1081 p.e. klassifiseres som spredt bebyggelse. Hyttebebyggelsen kommer inn under siste kategori både ved dagens situasjon og ved planlagt utbygging av 45 nye hytter (ikke totalt 900 hytter i området som skissert i generalplanforslaget.

Tabell 3-12. Teoretisk beregnet fosforbelastning i tonn pr. år.
Samletabell.

Delfelt nr.	Strekning, område	I delfeltet		Pluss delfelt oppstrøms	
		Dagens situasj.	Med full utbygg.	Dagens situasj.	Med full utbygg.
I	Hovden, Breive	3,19	2,98	-	-
II	Hartevatn-Løyningså	2,02	2,08	5,21	5,06
III	Løyningså-Hoslemo	0,39	0,50	5,60	5,56
IV	Hoslemo-Bykle	2,88 ¹⁾	2,91 ¹⁾	8,48	8,47
V	Bykil-Dale	2,52	2,52	11,00	10,99
VI	Dale-Brokke	1,55	1,55	12,55	12,54
VII	Brokke-Ose	3,20	3,21	15,75	15,75
VIII	Ose-utl. Byglandsfj.	4,70	4,72	20,43	20,45
I-VIII	SUM	20,45	20,47	20,45	20,47

1) Vel 2 % av tilførslen føres til tunnel Sarv-Botvatn.

Tabell 3-13. Teoretisk beregnet nitrogenbelastning i tonn pr. år.
Samletabell.

Delfelt nr.	Strekning, område	I delfeltet		Pluss delfelt oppstrøms	
		Dagens situasj.	Med full utbygg.	Dagens situasj.	Med full utbygg.
I	Hovden, Breive	57,17	57,24	-	-
II	Hartevatn-Løyningås	41,30	41,80	98,47	99,04
III	Løyningås-Hoslemo	8,78	9,61	107,25	108,65
IV	Hoslemo-Bykle	57,12	57,24	164,37	165,89
V	Bykil-Dale	53,42	53,46	217,79	219,35
VI	Dale-Brokke	37,28	37,28	255,07	256,63
VII	Brokke-Ose	64,14	64,18	319,21	320,81
VIII	Ose-utl. Byglandsfj.	101,87	101,98	421,08	422,70
I-VIII	SUM	~421,08	~ 422,79	~ 421,08	~ 422,79

Av tabellene 3-12 og 3-13 går det fram at det bare blir en svak økning av fosfor- og nitrogentilførslene til Byglandsfjorden ved "full utbygging" innenfor turistnæringene. Dette er vel og merke under forutsetning av at de planlagte renseanleggene fungerer optimalt. En har ikke her foretatt noen beregning av hvor mye nydyrking og mer intensiv drift innenfor jordbruket kan bidra med. En utbygging av fritidshytter i den grad generalplanforslaget for Bygland antyder vil også bidra med ytterligere fosfor- og nitrogentilførsler.

3.3 Teoretisk beregnede konsentrasjoner av fosfor

Ut fra de beregnede tilførslene og vannføringstall kan en beregne konsentrasjonen av næringstoffene etter likningen:

$$\begin{array}{ll} T = k \cdot v & T = \text{tilførsler (tonn/år)} \\ \downarrow & k = \text{konsentrasjon } (\mu\text{g/l}) \\ k = \frac{T}{v} & v = \text{vannføring (m}^3\text{/s)} \end{array}$$

De kraftreguleringene som er foretatt fører til at fosforbidragene fra de regulerte delene av nedbørfeltet ikke tilføres hovedvassdraget. Planimetrying på kart i målestokk 1: 325 000 tilsier at omlag 1170 km² er regulert vekk ned til Brokke. Det betyr at en står igjen med følgende belastning dersom en regner med at alle de regulerte områdene er såkalt "annet areal":

$$12,55 \text{ tonn P/år} - 1170 \text{ km}^2 \cdot 6,0 \text{ kg P/år} = 5,53 \text{ tonn P/år}$$

Regner en med 78 m³/s som gjennomsnittlig vannføring på årsbasis ved Valle før regulering og 18,6 m³/s som gjennomsnitt etter regulering får en følgende tall for fosforkonsentrasjonen (delfelt VI, Dale-Brokke er tatt med):

$$\text{Før regulering: } K_1 = \frac{12,55 \text{ tonn P/år}}{78 \text{ m}^3\text{/s}} = \underline{5,1 \mu\text{g P/l}}$$

$$\text{Etter regulering: } K_2 = \frac{5,46 \text{ tonn P/år}}{18,6 \text{ m}^3\text{/s}} = \underline{9,3 \mu\text{g P/l}}$$

Ved utløpet av Byglandsfjorden skulle de nevnte tilførselstallene gi følgende fosforkonsentrasjoner ved 90 m³/s alternativt 70 m³/s som gjennomsnittlig vannføring på årsbasis:

$$\text{Ved } 90 \text{ m}^3\text{/s : } k_3 = \frac{20,5 \text{ tonn P/år}}{90 \text{ m}^3\text{/s}} = \underline{7,2 \mu\text{g P/l}}$$

$$\text{Ved } 70 \text{ m}^3\text{/s : } k_4 = \frac{20,5 \text{ tonn P/år}}{70 \text{ m}^3\text{/s}} = \underline{9,3 \text{ g P/l}}$$

4. VANNKJEMI

4.1 Hovedvassdraget

Kjemiresultatene vises i fig. 4-1 og tabellene 4-1 til 4-6.

Berggrunnen i Otras nedslagsfelt består hovedsakelig av grunnfjell. Grunnfjellsbergartene er sure og saltfattige og gjør at også vannets kjemi i dette nedslagsfeltet er noe surt og svært saltfattig. Rikest på salter og minst surt er øvre del av nedslagsfeltet. Her er en del gabbro og basaltbergarter som er rikere på næringssalter og gir bl.a. noe mindre surt vann i dette området. Vannets surhet øker nedover i vassdraget der bergartene er surere. De fleste pH-målinger varierer stort sett mellom 5,5-6,5 gjennom hele vassdraget og gjennom hele året. Variasjonene er stort sett årstidsbetinget, der de laveste verdier ofte vil forekomme i flomperioder vår og høst.

Vanntemperaturvariasjonene er store i Otravassdraget (fig. 4-1).

Nedenfor Brokke kraftverk og ved utløpene av Vatnedalsvatn og Botsvatn er temperaturene i sommermånedene svært lave, og noe høyere enn normalt om vinteren. Dette er et kjent fenomen i reguleringsområder. Ved Brokke avløp og Hekni (st. 8 og 9) ligger maksimal sommertemperatur rundt 12-13 °C. Dette skyldes forholdsvis kaldt vann som føres ned til Brokke kraftverk fra dypere vannlag i vannmagasinene. Etter hvert som dette vannet renner videre nedover i vassdraget varmes det opp, noe temperaturmålingene nedstrøms Brokke kraftverk tydelig viser. Byglandsfjord virker som en temperaturbuffer og utjevner temperaturforskjellene slik at nedenfor Byglandsfjord vil en ikke kunne merke noen temperaturendring av betydning i forhold til før reguleringen. I selve Byglandsfjorden vil en heller ikke merke noen særlig forandring av sommertemperaturen i fjorden. Dette skyldes nok i første rekke at fjorden er så pass stor at buffringen mot temperaturvariasjoner er god, men også det at det tilførte kalde vannet i stor grad, grunnet sin tetthet, vil gå i dypere lag av innsjøen der temperaturen tilnærmet er lik det tilførte elvevannets temperatur. Dette vil også være tilfelle om vinteren da elvevannets temperatur ovenfor Byglandsfjord ofte vil være noe høyere og følgelig tyngre (< 4 °C) enn vannet i innsjøens øvre lag. På grunn av turbulens og omblanding vil det gjerne bli isfritt rent lokalt der tilløpselvene munner ut i innsjøen.

Ovenfor til eksempel Brokke kraftverk (st. 6 og 7) er sommertemperaturene svært høye, og vintertemperaturene stort sett noe lavere enn nedenfor

Brokke kraftverk. I dette reguleringsområdet er vannføringen beskjedent. Tersklene som her er bygget danner grunne terskeldammer som er lett påvirkelige overfor temperaturvariasjoner. Om sommeren har vanntemperaturen ved stasjon 7 vært oppe i 22,7 °C, en temperatur som en kaldtvannsfisk som ørreten ikke liker. Den vil i slike tilfeller muligens søke til områder med kaldere vann, og mulighetene for at den vil søke ut av området er til stede. Temperaturvariasjonene har også betydning for nærings- og gyttingsvandringene. På dette fagområdet er det gjort for lite undersøkelser til at en kan trekke konklusjoner i noen bestemt retning.

Slike temperaturforandringer både ovenfor og nedenfor et slikt kraftverk vil også forandre artssammensetningen både kvalitativt og kvantitativt av plankton, planter og andre organismer i vassdraget. Terskeldammene vil i tillegg forsterke denne effekten.

Konduktivitet er et mål på vannets innhold av elektrolytter (ioneinnhold). Dominerende ioner er i første rekke kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), natrium (Na^+), kalium (K^+), klorid (Cl^-), sulfat (SO_4^{2-}) og bikarbonat (HCO_3^-).

Vanligvis er saltinnholdet lavest ved høy vannføring (snøsmelting) og høyest når grunnvannstilslaget er relativt stort (sommer og vinter).

Verdiene for konduktivitet er i hele vassdraget lave. Verdiene ligger stort sett mellom 10-30 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Maksimalverdier opptre oftest om våren i samband med snøsmeltinga, og minimalverdier oftest om sommeren eller tidlig på høsten.

Ved Valle (st. 6) og ovenfor avløp Brokke (st. 7) varierer verdiene noe mer enn ellers i vassdraget. Verdiene er jevnt over høyere (max. 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$) med minimumsperiode i juli-januar. Dette skyldes Brokkereguleringen. Liten vannføring og forsinkelse av vanntransporten grunnet tersklene gjør at fortyningseffekten blir dårligere enn ellers i vassdraget. Dette gir seg utslag i større variasjoner og noe høyere verdier enn normalt - i spesielle tidsrom.

Farge og turbiditet er stort sett mål på vannets innhold av løste fargestoffkomponenter og partikkelinnhold. Disse verdier er også relativt lave i Otravassdraget. Turbiditetsvariasjoner har stort sett sammenheng med vannføring, dersom ikke spesielle aktiviteter som bl.a. planeringsarbeider foregår i området, og kan gi forholdsvis høye verdier i en periode etter et slikt inngrep. Variasjoner i fargeinnhold er også små. Der elva drenerer myrområder eller en myrpåvirket tilløpselv eller -bekk når elva, vil en kunne finne enkelte lokale økninger i fargeverdiene. Slike tilførsler synes i dette tilfellet å være små. Nedstrøms Hunsfoss øker fargeverdiene fra 15-20 mg Pt/l til omkring 55 mg Pt/l. Dette skyldes økt påvirkning først og fremst fra industri (fiber) og bebyggelse.

Kjemisk oksygenforbruk (KOF og KMnO_4) - verdiene er også relativt lave. Her finner vi en viss økning ved stasjon 6 og 7. Tersklene virker som samle- og sedimentasjonskummer for organisk materiale. Høyere temperatur og lavere strømningshastighet forårsaker også større stoffomsetning og produksjon i terskeldammene. Denne akkumuleringen av organisk materiale fører til økt nedbryting og noe høyere verdier for kjemisk oksygenforbruk i disse dammene enn ellers i vassdraget.

Verdiene for næringsalter som nitrogen og fosfor ligger stort sett lavt i hele vassdraget. Fra tidligere undersøkelser (NIVA 1978: Rapport 0-133/77) og ved undersøkelser i forbindelse med denne rapporten, kan det virke som om Hartevatn og Breidvatn er noe mer belastet med næringsstoffer enn resten av Øvre Otra. Turistaktivitet i dette området kan spille en rolle (jfr. avsnitt 3). Økningen er ikke betydelig og dataene er for få til at vi vil legge for stor vekt på dette. Vannmassene er elektrolyttfattige og på grunn av dette også lett påvirkelige av slike tilførsler (jfr. NIVA 1978: 0-133/77).

Jernverdiene er relativt lave. 23-11-1972 forekom forholdsvis høye jernverdier ved stasjon 7, 10 og I. Verdiene var henholdsvis 130, 140 og 320 $\mu\text{g Fe/l}$. Vanligvis ligger verdiene i disse områdene på 30-60 $\mu\text{g Fe/l}$. Primært skyldes dette utvasking av jernholdige stoffer fra skog og myrområder, noe også fargeverdiene antyder.

Totalt sett er vassdraget svært fattig på løste kjemiske komponenter. Det interessante er reguleringens betydning for vannkvaliteten i området. Vannmasser med lavt elektrolyttinnhold er stort sett svært sårbare for all påvirkning selv overfor små tilførselsøkninger av for eksempel fosfor- og nitrogenforbindelser. Ytterligere regulering og utvidet aktivitet i deler av vassdraget bør vurderes nøye på grunnlag av dette.

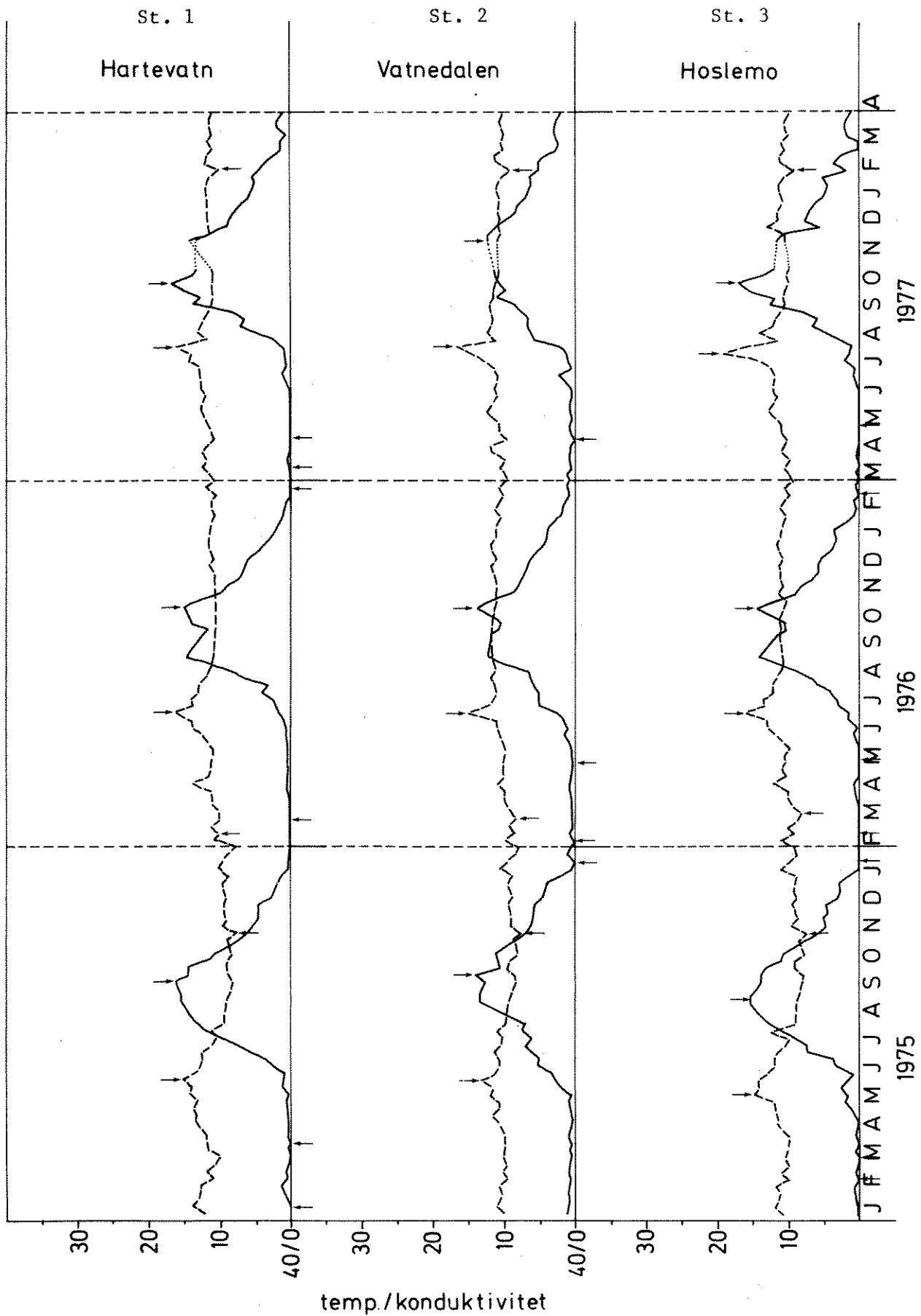


Fig. 4-1 Temperatur- og konduktivitetsvariasjoner for Otravassdraget 1975-77

— temperatur °C
----- konduktivitet 20 °C, µS/cm

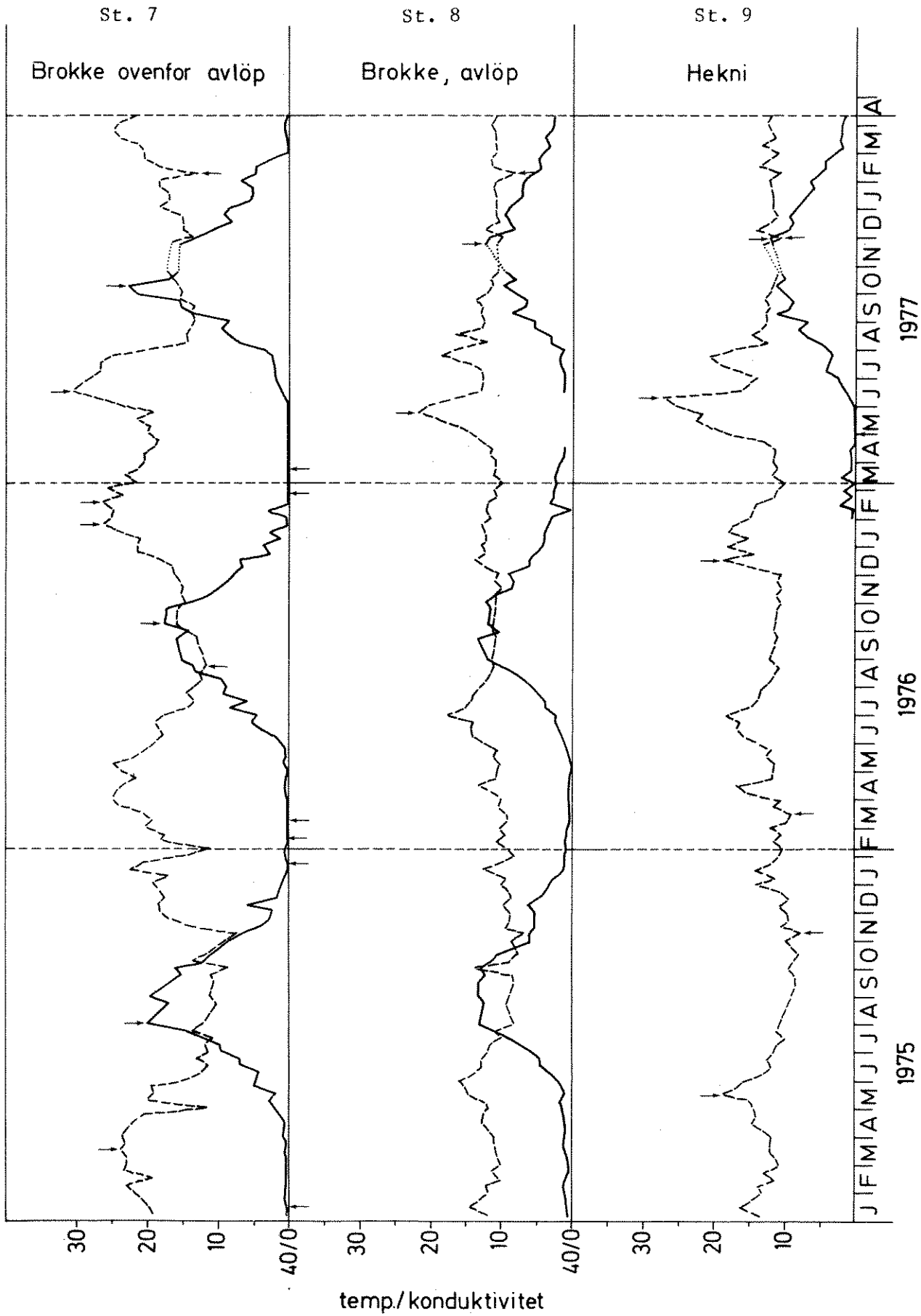


Fig. 4-1 (forts.)

Tabell 4-1. Stasjoner i Otrass nedslagsfelt 22.-23/11 1972 ("12-punktserien")

Stasjon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Parameter	HARTE- VATN-utl.	VATNE- DALEN	HOSLE- MOEN	BOTS- VATN	BYKIL- avløp	VALLE TERSK./HOMS.	BROKKE ovenf. avløp	BROKKE avløp	HEKNI	OSE bru	STOR- STRAUM	BYGL.- FJ.dam
pH		6,2			6,01		6,06		6,0	5,71		5,63
Konduktivitet 20 °C, µS/cm		11,2			11,1		27,6		11,9	17,6		12,5
Farge, mg Pt/l		8,0			11,5		13,0		13,0	29,0		10,0
KOF, mg O/l		1,11			1,26		2,37		1,19	3,56		1,74
Alkalinitet pH 4,5 ml 0,1 N HCl/l		1,31			2,33		1,47		1,09	2,82		2,08
Total fosfor, µg P/l		3			3		8		3	12		3
Total nitrogen, µg N/l		155			165		230		145	160		175
Nitrat-nitrogen, µg N/l		70			80		140		80	90		100
Kalsium, mg Ca/l		0,94			0,86		2,72		0,98	1,29		0,86
Magnesium, mg Mg/l		0,18			0,19		0,40		0,09	0,40		0,19
Natrium, mg Na/l		0,63			0,65		1,60		0,86	1,15		0,81
Kalium, mg K/l		0,19			0,18		0,44		0,19	0,25		0,24
Klorid, mg Cl/l		1,0			1,0		2,2		1,2	1,6		1,2
Sulfat, mg SO ₄ /l		<1			<1		4,6		<1	2,8		1,5
Jern, µg Fe/l		30			45		130		35	140		60

Tabell 4-2. Stasjoner i Otrås nedslagsfelt 3.-5/10 1973 ("12-punktserien")

Stasjon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Parameter	HARTE- VATN.utløp	VATNE- DALEN	HOSLE- MOEN	BOTS- VATN	BYKIL- avløp	VALLE TERSK./HOMS.	BROKKE ovenf.avløp	BROKKE avløp	HEKNI	OSE bru	STOR- STRAUM	BYGL.- FJ.dam
pH		6,47			6,23	5,77	5,72		5,76	5,65		5,66
Konduktivitet 20 °C, µS/cm		11,3			10,6	13,7	14,0		12,2	12,3		12,6
Farge, mg Pt/l		12,0			8,0	19,5	15,5		15,5	12,0		12,0
Turbiditet JTU		-			-	-	-		-	-		-
KOF, mg O/l		1,58			1,50	3,32	3,16		1,9	2,05		1,03
Alkalinitet pH 4,5		-			0,45	-	0,36		0,36	0,37		0,3
ml 0,1 N HCl/l		2			2	3	38		6	3		2
Total fosfor, µg P/l		-			-	-	-		-	-		-
Fosfat-fosfor, µg P/l		130			135	150	160		190	145		150
Total nitrogen, µg N/l		50			50	40	40		50	50		70
Nitrat-nitrogen, µg N/l		1,03			0,99	1,17	1,20		1,0	0,98		0,89
Kalsium, mg Ca/l		0,19			0,17	0,22	0,23		0,19	0,18		0,20
Magnesium, mg Mg/l		0,93			0,82	0,98	0,99		0,95	0,96		1,09
Natrium, mg Na/l		0,14			0,14	0,19	0,20		0,19	0,15		0,16
Kalium, mg K/l		1,4			1,2	1,4	1,6		1,4	1,4		1,8
Klorid, mg Cl/l		1,5			1,8	2,5	2,5		2,0	1,9		1,8
Sulfat, mg SO ₄ /l		20			20	50	60		40	40		25
Jern, µg Fe/l		-			-	-	-		-	-		-
Mangan, µg Mn/l		-			-	-	-		-	-		-
Kobber, µg Cu/l		-			-	-	-		-	-		-
Sink, µg Zn/l		-			-	-	-		-	-		-
Temperatur °C		-			-	-	-		-	-		-

Tabell 4-3. Stasjoner i Otrass nedslagsfelt 29/8-1/9 1975 ("12-punktserien)

Stasjon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Parameter	HARTE- VATN.utløp	VATNE- DALEN	HOSLE- NØEN	BOTS- VATN	BYKIL- avløp	VALLE TERSK./HOMS.	BROKKE ovenf. avløp	BROKKE avløp	HEFNI	OSE bru	STOR- STRAUM	BYGLANDSFJ.dam 30/8 31/8
pH	6,72		6,62			6,25	6,15	5,45		5,55		5,65
Konduktivitet 20 °C, µS/cm	10,1		9,6			14,4	13,2	10,4		9,4		10,9
Farge, mg Pt/l	14,0		11,5			7,0	11,5	14,0		11,5		5,0
Turbiditet JTU	-		-			-	-	-		-		-
KOF, mg O/l	1,66		0,63			1,11	0,32	1,11		0,4		1,42
Alkalinitet pH 4,5 ml 0,1 N HCl/l	0,71		0,55			0,49	0,51	0,30		0,37		0,41
Total fosfor, µg P/l	5		4			4	5	4		3		6
Fosfat-fosfor, µg P/l	-		-			-	-	-		-		-
Total nitrogen, µg N/l	90		100			120	140	160		110		120
Nitrat-nitrogen, µg N/l	-		-			-	-	-		-		-
Kalsium, mg Ca/l	1,02		0,81			1,10	1,10	0,64		0,64		0,68
Magnesium, mg Mg/l	0,21		0,19			0,25	0,23	0,16		0,17		0,21
Natrium, mg Na/l	0,58		0,63			0,94	0,93	0,63		0,64		0,78
Kalium, mg K/l	0,13		0,13			0,26	0,24	0,13		0,13		0,16
Klorid, mg Cl/l	1,8		1,9			1,2	1,3	0,8		1,0		1,1
Sulfat, mg SO ₄ /l	1,2		1,2			2,5	2,2	1,8		1,4		1,5
Jern, µg Fe/l	-		-			-	-	-		-		-
Mangan, µg Mn/l	-		-			-	-	-		-		-
Kobber, µg Cu/l	11,0		7,0			4,5	35,0	33,0		4,0		26,0
Sink, µg Zn/l	<10		<10			<10	<10	<10		<10		<10
Temperatur °C	-		14,3			14,5	14,6	13,4		14,9		16,0

Tabell 4-4 STASJONER I OTRAS NEDSLAGSFELT ("12-PUNKTSERIEN") 1976.

PARAMETER	STASJON DATO	1 : HARTEVATN - avløp					
		2/7	6/8	10/9	8/10	10/11	3/12
pH		6,20	6,24	6,09	6,19	6,12	6,01
Konduktivitet 20°C, µS/cm		10,1	9,7	10,0	11,5	11,3	11,0
Farge,	mg Pt/l	11,5	7,0	14,0	14,0	8,5	2,0
Turbiditet	JTU	0,24	0,24	0,45	0,33	0,30	0,20
KOF	mg O/l	4,30	<0,5	7,72	0,9	2,45	<0,5
Total fosfor	µg P/l	4	<2	2	4	8	2
Fosfat-fosfor	µg P/l	<2					
Total nitrogen	µg N/l	140	55	100	160	480	160
Nitrat-nitrogen	µg N/l	50					
Kalsium	mg Ca/l	0,83					
Klorid	mg Cl/l	1,2					

Tabell 4-4 STASJONER I OTRAS NEDSLAGSFELT ("12-PUNKTSERIEN") 1976.

PARAMETER	STASJON DATO	2 : VATNEDELEN					
		2/7	6/8	10/9	8/10	10/11	3/12
pH		6,63	5,78	6,42	5,70	5,65	5,23
Konduktivitet 20°C, µS/cm		11,0	10,2	12,0	11,5	11,3	10,8
Farge,	mg Pt/l	9,5	0	5,0	5,0	4,0	4,0
Turbiditet	JTU	0,24	0,13	0,28	0,32	0,23	0,3
KOF	mg O/l	3,18	<0,5	9,72	<0,5	6,10	<0,5
Total fosfor	µg P/l	8	<2	2,5	4	4	3
Fosfat-fosfor	µg P/l	<2					
Total nitrogen	µg N/l	210	80	120	150	140	190
Nitrat-nitrogen	µg N/l	40					
Kalsium	mg Ca/l	0,78					
Klorid	mg Cl/l	1,4					

Tabell 4-4 STASJONER I OTRAS NEDSLAGSFELT ("12-PUNKTSERIEN") 1976.

PARAMETER	STASJON DATO	3 : HOSLEMOEN					
		2/7	6/8	10/9	8/10	10/11	3/12
pH		6,13	5,85	6,36	5,91	5,84	5,85
Konduktivitet 20°C, µS/cm		9,8	9,7	10,0	10,6	11,3	11,0
Farge,	mg Pt/l	11,5	0	14,0	5,0	4,0	4,0
Turbiditet	JTU	0,2	0,16	0,35	0,24	0,24	0,25
KOF	mg O/l	3,18	<0,5	5,61	1,0	11,2	<0,5
Total fosfor	µg P/l	5	<2	2	2	4	4
Fosfat-fosfor	µg P/l	<2					
Total nitrogen	µg N/l	90	80	85	120	150	250
Nitrat-nitrogen	µg N/l	30					
Kalsium	mg Ca/l	0,78					
Klorid	mg Cl/l	1,4					

Tabell 4-4 STASJONER I OTRAS NEDSLAGSFELT ("12-PUNKTSERIEN") 1976.

PARAMETER	STASJON DATO	4 : BOTS VATN					
		2/7	6/8	10/9	8/10	10/11	3/12
pH		-	5,29	-	5,97	5,78	5,48
Konduktivitet 20°C, µS/cm		-	10,7	-	11,0	11,7	11,9
Farge,	mg Pt/l	-	5,0	-	28,0	26,0	8,5
Turbiditet	JTU	-	0,23	-	2,5	1,2	0,63
KOF	mg O/l	-	<0,5	-	0,9	6,89	<0,5
Total fosfor	µg P/l	-	2,5	-	8	5	3
Fosfat-fosfor	µg P/l						
Total nitrogen	µg N/l	-	130	-	120	130	200
Nitrat-nitrogen	µg N/l						
Kalsium	mg Ca/l						
Klorid	mg Cl/l						

Tabell 4-4 STASJONER I OTRAS NEDSLAGSFELT ("12-PUNKTSERIEN") 1976.

PARAMETER	STASJON DATO	5 : BYKIL - avløp					
		2/7	6/8	10/9	8/10	10/11	3/12
pH		5,88	5,75	6,34	5,92	5,70	5,85
Konduktivitet 20°C, µS/cm		10,4	10,2	10,0	10,5	12,0	11,6
Farge, mg Pt/l		16,5	5,0	5,0	19,0	21,5	8,5
Turbiditet JTU		0,40	0,20	0,30	2,5	0,84	0,51
KOF mg O/l		6,91	<0,5	5,88	<0,5	4,51	<0,5
Total fosfor µg P/l		5	10	2	5	3	3
Fosfat-fosfor µg P/l		<2	-	-	-	-	-
Total nitrogen µg N/l		160	110	90	150	140	180
Nitrat-nitrogen µg N/l		60	-	-	-	-	-
Kalsium mg Ca/l		0,63	-	-	-	-	-
Klorid mg Cl/l		1,5	-	-	-	-	-

Tabell 4-4 STASJON I OTRAS NEDSLAGSFELT ("12-PUNKTSERIEN") 1976.

PARAMETER	STASJON DATO	6 : VALLE TERSKEL/HOLMSLI				
		6/8	10/9	8/10	10/11	3/12
pH		6,25	6,39	6,07	5,58	5,79
Konduktivitet 20°C, µS/cm		11,8	12,0	13,3	18,0	19,0
Farge, mg Pt/l		2,5	0	9,5	13,0	4,0
Turbiditet JTU		0,15	0,22	0,92	0,25	0,25
KOF mg O/l		<0,5	8,24	0,6	12,1	1,7
Total fosfor µg P/l		2	<2	4	2	3
Fosfat-fosfor µg P/l		-	-	-	-	-
Total nitrogen µg N/l		120	100	160	120	180
Nitrat-nitrogen µg N/l						
Kalsium mg Ca/l						
Klorid mg Cl/l						

Tabell 4-4 STASJON I OTRAS NEDSLAGSFELT ("12-PUNKTSERIEN") 1976.

PARAMETER	STASJON DATO	7 : BROKKE ovenfor avløp.					
		2/7	6/8	10/9	8/10	10/11	3/12
pH		6,08	6,19	6,37	6,05	5,37	5,85
Konduktivitet 20°C, µS/cm		12,2	12,8	14,5	15,9	21,0	24,0
Farge,	mg Pt/l	19,0	7,0	0	9,5	17,0	8,5
Turbiditet	JTU	0,39	0,27	0,28	0,40	0,30	0,26
KOF	mg O/l	2,65	0,91	5,76	0,9	7,52	1,3
Total fosfor	µg P/l	5	4	3	4,5	3	3
Fosfat-fosfor	µg P/l	<2	-	-	-	-	-
Total nitrogen	µg N/l	160	140	110	180	200	310
Nitrat-nitrogen	µg N/l	50	-	-	-	-	-
Kalsium	mg Ca/l	0,61	-	-	-	-	-
Klorid	mg Cl/l	1,5	-	-	-	-	-

Tabell 4-4 STASJON I OTRAS NEDSLAGSFELT ("12-PUNKTSERIEN").

PARAMETER	STASJON DATO	8 : BROKKE avløp.				
		6/8	10/9	8/10	10/11	3/12
pH		5,73	6,30	5,42	5,69	5,66
Konduktivitet 20°C, µS/cm		9,7	10,0	11,5	12,3	11,7
Farge,	mg Pt/l	5,0	5,0	23,0	17,0	4,0
Turbiditet	JTU	0,20	0,31	0,75	0,55	0,51
KOF	mg O/l	<0,5	< 5	1,4	2,14	0,6
Total fosfor	µg P/l	2,5	< 2	5	5	6
Fosfat-fosfor	µg P/l					
Total nitrogen	µg N/l	105	90	170	240	150
Nitrat-nitrogen	µg N/l					
Kalsium	mg Ca/l					
Klorid	mg Cl/l					

Tabell 4-4 STASJON I OTRAS NEDSLAGSFELT ("12-PUNKTSERIEN") 1976.

PARAMETER	STASJON DATO	9 : HEKNI					
		2/7	6/8	10/9	8/10	10/11	3/12
pH		5,89	5,94	6,36	5,46	5,56	5,59
Konduktivitet 20°C, $\mu\text{S}/\text{cm}$		9,6	10,2	10,5	14,1	15,4	14,5
Farge,	mg Pt/l	16,5	5,0	0	23,0	13,0	8,5
Turbiditet	JTU	0,39	0,17	0,26	0,72	0,42	0,35
KOF	mg O/l	7,6	<0,5	14,9	2,2	6,18	0,7
Total fosfor	μg P/l	11	2,5	3	5,5	4	6
Fosfat-fosfor	μg P/l	<2	-	-	-	-	-
Total nitrogen	μg N/l	210	110	110	200	130	270
Nitrat-nitrogen	μg N/l	60	-	-	-	-	-
Kalsium	mg Ca/l	0,59	-	-	-	-	-
Klorid	mg Cl/l	1,4	-	-	-	-	-

Tabell 4-4 STASJON I OTRAS NEDSLAGSFELT ("12-PUNKTSERIEN") 1976.

PARAMETER	STASJON DATO	10 : OSE bru					
		2/7	6/8	10/9	8/10	10/11	3/12
pH		5,58	6,04	6,22	5,65	7,47	5,6
Konduktivitet 20°C, $\mu\text{S}/\text{cm}$		10,8	10,2	11,5	5,1	15,5	14,6
Farge,	mg Pt/l	14,0	5,0	0	38	13,0	8,5
Turbiditet	JTU	0,40	0,25	0,34	1,0	0,43	0,44
KOF	mg O/l	8,16	0,67	<5	2,8	7,92	1,0
Total fosfor	μg P/l	4	2,5	<2	8	4	4
Fosfat-fosfor	μg P/l	<2	-	-	-	-	-
Total nitrogen	μg N/l	160	100	130	240	190	190
Nitrat-nitrogen	μg N/l	50	-	-	-	-	-
Kalsium	mg Ca/l	0,6	-	-	-	-	-
Klorid	mg Cl/l	1,5	-	-	-	-	-

Tabell 4-4 STASJON I OTRAS NEDSLAGSFELT ("12-PUNKTSERIEN") 1976.

PARAMETER	STASJON DATO	11 : STORSTRAUMEN					
		2/7	6/8	10/9	8/10	10/11	3/12
pH		6,03	6,19	6,40	6,07	5,57	5,54
Konduktivitet 20°C, µS/cm		10,5	9,2	11,0	13,4	14,3	15,8
Farge,	mg Pt/l	19,0	2,5	0	14,0	17,0	17,0
Turbiditet	JTU	0,47	0,18	0,27	0,44	0,49	0,45
KOF	mg O/l	2,41	0,51	<5	0,9	4,0	1,8
Total fosfor	µg P/l	4	<2	2	4	5	5
Fosfat-fosfor	µg P/l	<2	-	-	-	-	-
Total nitrogen	µg N/l	140	85	130	210	200	330
Nitrat-nitrogen	µg N/l	60	-	-	-	-	-
Kalsium	mg Ca/l	0,65	-	-	-	-	-
Klorid	mg Cl/l	1,5	-	-	-	-	-

Tabell 4-4 STASJON I OTRAS NEDSLAGSFELT ("12-PUNKTSERIEN") 1976.

PARAMETER	STASJON DATO	12 : BYGLANDSFJORDEN dam.					
		2/7	6/8	10/9	8/10	10/11	3/12
pH		5,82	6,21	6,86	6,25	6,46	6,30
Konduktivitet 20°C, µS/cm		13,0	10,7	11,5	23,1	14,8	14,2
Farge,	mg Pt/l	19,0	5,0	9,5	14,0	13,0	8,5
Turbiditet	JTU	0,41	0,20	0,30	0,83	0,29	0,23
KOF	mg O/l	6,67	0,63	<5	0,7	4,35	1,2
Total fosfor	µg P/l	7	2	<2	4,5	6	2
Fosfat-fosfor	µg P/l	<2	-	-	-	-	-
Total nitrogen	µg N/l	210	95	145	190	230	180
Nitrat-nitrogen	µg N/l	70	-	-	-	-	-
Kalsium	mg Ca/l	0,76	-	-	-	-	-
Klorid	mg Cl/l	1,9	-	-	-	-	-

Tabell 4-5. Stasjoner i Otrass nedslagsfelt 1977 ("12-punktserien")

Stasjon	1		2		3		4	5		6		7					
	HARTEVAFN utløp		VATNEDALEN		HOSLEMOEN		BOTSVATN	BYKIL avløp		VALLE TERSK./HOMS.		BROKKE ovenf. avløp					
Parameter	7/1	9/5	4/8	7/1	9/5	1/7	9/5	4/8	7/1	9/5	7/1	9/5	4/8				
pH	6,26	6,19	6,36	5,55	5,66	5,62	6,02	6,37	6,12	5,74	5,95	5,86	5,65	6,21	6,03	5,69	6,28
Konduktivitet 20 °C, µS/cm	12,2	12,9	9,8	10,5	12,9	10,0	15,0	9,4	10,7	11,2	12,5	16,8	19,9	17,4	23,5	21,5	12,8
Farge, mg Pt/l	2,0	2,0	8,0	2,0	8,5	2,0	26,0	10,5	4,0	4,0	17,0	4,0	30,0	10,5	2,0	72,0	13,0
Turbiditet JTU	0,25	0,32	-	0,38	0,29	0,29	0,47	-	0,35	0,48	0,47	0,28	0,42	-	0,24	0,92	-
KOF, mg O/l	<0,5	0,6	7,9	<0,5	0,9	<0,5	3,2	7,8	0,8	<0,5	1,1	0,7	4,2	6,1	0,6	3,6	3,3
Total fosfor, µg P/l	4	3	5	2	2	15	3	3	8	3	2	3	3	4	4	11	5
Fosfat-fosfor, µg P/l	-	-	<2	-	-	-	-	<2	-	-	-	-	-	<2	-	-	<2
Total nitrogen, µg N/l	150	100	140	120	130	130	170	110	130	120	90	200	120	100	330	170	150
Nitrat-nitrogen, µg N/l	-	-	60	-	-	-	-	50	-	-	-	-	-	50	-	-	50
Klorid, mg Cl/l	-	-	1,0	-	-	-	-	1,0	-	-	-	-	-	1,0	-	-	1,2
Sulfat, mg SO ₄ /l	-	-	1,6	-	-	-	-	1,6	-	-	-	-	-	2,7	-	-	3,1

Stasjon	8		9		10		11		12		
	BROKKE avløp		HEKNI		OSE bru		STORSTRÅUMEN		BYGLANDSFJORD dam		
Parameter	7/1	9/5	7/1	4/8	7/1	9/5	7/1	9/5	7/1	9/5	4/8
pH	5,65	5,69	5,75	6,0	5,72	5,38	5,66	5,45	5,83	5,17	5,65
Konduktivitet 20 °C, µS/cm	11,1	16,2	12,1	9,7	12,2	20,1	12,6	15,2	14,2	15,2	11,8
Farge, mg Pt/l	4,0	273	4,0	29,5	4,0	82,0	4,0	13,0	4,0	13,0	13,0
Turbiditet JTU	0,41	9,0	0,46	-	0,29	2,2	0,34	0,57	0,22	0,43	-
KOF, mg O/l	<0,5	3,0	<0,5	0	0,1	3,7	0,6	2,0	1,5	1,6	2,3
Total fosfor, µg P/l	5	29	3	5	3	7	3	2	9	4	4
Fosfat-fosfor, µg P/l	-	-	-	<2	-	-	-	-	-	-	<2
Total nitrogen, µg N/l	170	170	160	160	180	200	170	140	270	130	160
Nitrat-nitrogen, µg N/l	-	-	-	90	-	-	-	-	-	-	100
Klorid, mg Cl/l	-	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-	1,2
Sulfat, mg SO ₄ /l	-	-	-	6,8	-	-	-	-	-	-	2,7

Tabell 4-6. Tilleggsstasjoner i Otrás nedslagsfelt 1972, 1973, 1975 og 1976

Parameter	Stasjon		A	B	C	D	E	F	G
	Dato								
pH	22-23/11-72, 3-5/10-73	29/8-1/9-75	29/8-1/9-75	29/8-1/9-75	29/8-1/9-75	29/8-1/9-75	29/8-1/9-75, 2/7-76	2/7-76	29/8-1/9-75, 2/7-76
Konduktivitet 20°C, µS/cm	6,34	6,60	6,63	6,62	6,48	5,75	5,89	5,91	5,60
Farge, mg Pt/l	12,0	11,6	9,0	9,6	10,7	12,7	16,1	12,6	10,6
Turbiditet JTU	11,5	8,0	11,5	14,0	19,0	13,5	11,5	19,0	14,0
KOF, mg O/l	-	-	-	-	-	-	-	0,42	-
Alkalinitet pH 4,5	1,11	1,58	1,03	0,79	1,34	2,69	1,9	16,5	0,71
ml 0,1 N HCl/l	1,36	0,62	0,62	0,52	0,49	0,40	0,43	-	0,41
Total fosfor, µg P/l	3	4	3	3	4	3	3	4	5
Fosfat-fosfor, µg P/l	-	-	-	-	-	-	-	<2	-
Total-nitrogen, µg N/l	145	125	100	110	120	135	110	150	100
Nitrat-nitrogen, µg N/l	50	40	-	-	-	40	-	70	-
Kalsium, mg Ca/l	1,10	1,25	0,9	1,02	0,77	1,0	0,85	0,74	0,68
Magnesium, mg Mg/l	0,18	0,18	0,21	0,20	0,21	0,21	0,23	-	0,23
Natrium, mg Na/l	0,75	0,85	0,54	0,55	0,76	0,93	0,77	-	0,81
Kalium, mg K/l	0,14	0,12	0,10	0,13	0,5	0,15	1,66	-	0,16
Klorid, mg Cl/l	0,8	1,4	1,8	1,8	1,3	1,4	2,5	1,9	1,1
Sulfat, mg SO ₄ /l	<1	1,8	1,2	1,2	1,4	2,5	1,8	-	1,4
Jern, µg Fe/l	15	20	-	-	-	40	-	-	-
Mangan, µg Mn/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kobber, µg Cu/l	-	-	9,5	20,0	50,0	-	-	-	-
Sink, µg Zn/l	-	-	<10	<10	10	-	<10	-	<10
Temperatur °C	-	-	14,1	14,2	14,3	-	14,6	-	16,2

Tabell 4-6. (forts.)

Parameter	Stasjon		Dato		H	I	K	L	M	N
	29/8-1/9-75, 2/7-76	29/8-1/9-75	22-23/11-72, 3-5/10-73	29/8-1/9-75						
pH	5,75	5,78	5,57	5,22	5,62	5,73	5,65	5,08	5,64	5,12
Konduktivitet 20°C, µS/cm	11,1	13,6	12,5	16,6	10,7	10,6	10,8	30,05	24,7	27,0
Farge, mg Pt/l	11,5	19,0	38,0	27,5	5,0	16,5	14,0	54,0	73,0	46,0
Turbiditet JTU	-	0,42	-	-	-	-	-	-	-	-
KOF, mg O/l	0,55	4,18	5,77	2,37	0,16	0,16	1,34	12,92	14,85	14,70
Alkalinitet pH 4,5 ml 0,1 N HCl/l	0,43	-	2,93	0,27	-	0,43	0,41	1,66	0,35	1,81
Total fosfor µg P/l	8	8	11	4	7	4	4	8	8	7
Fosfat-fosfor, µg P/l	-	<2	-	-	-	-	-	-	-	-
Total-nitrogen, µg N/l	200	270	185	200	220	110	110	140	165	175
Nitrat-nitrogen, µg N/l	-	70	100	70	-	-	-	90	20	80
Kalsium, mg Ca/l	0,72	0,83	0,81	1,03	0,68	0,72	0,72	1,08	1,23	1,09
Magnesium, mg Mg/l	0,22	-	0,18	0,24	0,21	0,20	0,23	1,52	0,91	1,0
Natrium, mg Na/l	0,88	-	0,91	1,30	0,82	0,87	0,81	2,02	2,28	1,81
Kalium, mg K/l	0,16	-	0,24	0,25	0,16	0,16	0,16	0,52	0,31	0,31
Klorid, mg Cl/l	1,3	1,9	1,2	2,0	1,2	1,2	1,2	2,8	3,0	2,8
Sulfat, mg SO ₄ /l	1,5	-	2,2	27,0	1,4	1,5	1,5	<1	4,4	<1
Jern, µg Fe/l	-	-	320	60,0	-	-	-	115	80	95
Mangan, µg Mn/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kobber, µg Cu/l	7,0	-	-	-	18,0	5,0	5,5	-	-	-
Sink, µg Zn/l	<10	-	-	-	<10	<10	<10	-	-	-
Temperatur °C	16,5	-	-	-	16,3	16,7	16,9	-	-	-

4.2 Innsjøer i Otras nedslagsfelt

Innsjøene i Otras nedslagsfelt må betegnes som utpreget oligotrofe (næringsfattige) innsjøer. Stort siktedyp, høy oksygenmetning i alle vannlag, lite næringssalter, lavt elektrolyttinnhold og noe surt vann er karakteristisk for næringsfattige innsjøer i grunnfjellsområder i Norge. (Tab. 4-7, 4-8, 4-9).

De innsjøene som ligger lengst nord i vassdraget er minst sure, Breidvatn (pH ca. 6,5), og blir noe surere nedover i vassdraget, Byglandsfjord (pH 5,5). Forklaringen på dette er gitt tidligere i dette kapitlet. pH avtar noe mot dypet. Økt nedbryting i dypere vannlag frigjør karbondioksyd (CO_2) som påvirker bikarbonatsystemet slik at vannet her blir noe surere. I øvre vannlag i produksjonssesongen forbrukes CO_2 - noe som bl.a. fører til en viss pH-økning.

Konduktivitetsverdiene i innsjøene er som ellers i vassdraget svært lave. Variasjoner med dypet er her ikke spesielt store. I enkelte dypere vannlag i noen av innsjøene er det registrert klart høyere verdier.

Fargeverdiene (ufiltrerte prøver) varierer noe. I enkelte perioder er de svært lave, mens målinger 29/8 - 1/9 1975 gir forholdsvis høye verdier for Hartevatn (11,5-21 mg Pt/l), Breidvatn (16,5-19 mg Pt/l), Bykil (11,5-21 mg Pt/l) og Byglandsfjord (19-28 mg Pt/l). Lislevatn 1/8 - 3/8 1977 lå også høyt (29,5 mg Pt/l).

Høyeste verdier opptrer stort sett i dypere vannlag, og kan ha sammenheng med økt partikulært materiale.

Næringssaltinnholdet er svært lavt. Hartevatn og Breidvatn virker noe mer belastet enn de øvrige innsjøene. Dette er kommentert tidligere i kapitlet.

Temperaturavtak med høyde over havet og lengde mot nord er et vanlig fenomen. I enkelte av innsjøene er sprangsjiktet (termoklinen) forholdsvis tydelig, og ligger i observasjonsperiodene august-september på mellom 10 og 15 m. I Hartevatn, Breidvatn og Byglandsfjord er dette tilfelle. I Åraksfjorden ser det ut som sprangsjiktet ligger noe dypere. Bykil har

ingen eller ubetydelig sprangsjiktdannelse. Tapping av vann til Brokke kraftverk hindrer eller forstyrrer sprangsjiktdannelse her.

Oksygen-data foreligger fra periodene 28/8-1/9 1975 og 7/9 1976. Samtlige innsjøer har høye O_2 -verdier. O_2 -metningen er relativ lik gjennom hele vannmassen. En tanke lavere O_2 -metning forekommer i Breidvatn, Hartevatn og Byglandsfjord. Disse innsjøene har et mer utpreget sprangsjikt enn Bykil og Åraksfjorden.

Datagrunnlaget for kobber og sink stammer bare fra én observasjon, 28/8-1/9 1975. For samtlige innsjøer er sinkkonsentrasjonen lav, $\leq 15 \mu\text{g Zn/l}$. Kobber viser en tendens til økning mot dypet i Breidvatn, Hartevatn og Bykil.

Observasjonene er for få og mangelfulle til at en kan trekke noen fullstendige konklusjoner. Likevel kan en si at innsjøene har en typisk oligotrof karakter. I hvilken grad den kjemiske vannkvalitet har endret seg på grunn av reguleringen er det umulig å si ut fra foreliggende observasjonsmateriale.

Tabell 4-7. Innsjøer i Otrass nedslagsfelt 28/8 - 1/9 1975

Stasjon Parameter	BREIDVATN			HARTEVATN			BYKILL			BYGLANDSFJORDEN								
	1 m	7 m	15 m	1 m	10 m	15 m	30 m	1 m	15 m	30 m	1 m	10 m	11,5 m	12,5 m	13 m	15 m	50 m	100 m
pH	6,55	6,45	6,50	6,32	-	-	6,00	6,25	5,85	5,85	5,80	-	-	5,45	-	-	5,08	5,15
Konduktivitet 20 °C, µS/cm	10,3	19,1	10,1	9,6	-	-	10,8	9,8	9,2	9,2	-	-	-	12,0	-	-	14,1	13,2
Farge, mg Pt/l	16,5	19,0	16,5	11,5	-	-	21,0	11,5	14,0	21,0	-	-	-	19,0	-	-	19,0	28,0
KOF, mg O/l	0,79	1,66	2,05	0,55	-	-	2,37	1,11	1,58	1,03	-	-	-	1,42	-	-	2,53	2,37
Alkalinitet pH 4,5 ml 0,1 HCl/l	0,66	0,47	0,65	-	-	-	0,65	0,41	0,36	0,41	-	-	-	0,38	-	-	0,34	-
Total fosfor, µg P/l	7	4	5	4	-	-	5	5	4	4	-	-	-	3	-	-	3	4
Total nitrogen, µg N/l	190	160	150	130	-	-	130	180	140	110	-	-	-	120	-	-	160	140
Kalsium, mg Ca/l	0,90	0,90	1,32	0,81	-	-	0,98	0,60	0,47	0,51	-	-	-	0,68	-	-	0,81	0,85
Magnesium, mg Mg/l	0,20	0,21	0,21	0,19	-	-	0,23	0,21	0,19	0,18	-	-	-	0,23	-	-	0,25	0,26
Natrium, mg Na/l	0,64	0,95	0,63	0,63	-	-	0,66	0,74	0,75	0,74	-	-	-	0,93	-	-	1,23	1,23
Kalium, mg K/l	0,21	0,18	0,16	0,16	-	-	0,16	0,16	0,13	0,16	-	-	-	0,18	-	-	0,21	0,21
Klorid, mg Cl/l	1,0	0,9	1,0	0,9	-	-	1,0	1,1	1,1	1,1	-	-	-	1,3	-	-	1,4	1,4
Sulfat, mg SO ₄ /l	1,1	1,1	1,3	1,0	-	-	1,2	1,3	1,2	1,2	-	-	-	1,7	-	-	2,2	2,2
Kobber, µg Cu/l	11,5	21,5	22,5	8,0	-	-	20,5	9,5	5,0	24,5	-	-	-	8,5	-	-	5,0	13,5
Sink, µg Zn/l	15	15	<10	15	-	-	<10	15	<10	<10	-	-	-	15	-	-	<10	<10
Oksygen, mg O ₂ /l	-	10,18	8,67	8,77	-	-	8,72	9,78	9,88	10,08	8,87	-	-	10,48	-	-	11,14	10,99
Oksygen-metning %	-	99,8	76,0	88,5	-	-	71,4	96,9	95,2	97,1	94,5	-	-	97,3	-	-	89,0	86,7
Temperatur °C	14,8	13,0	8,2	14,3	12,3	7,9	5,5	13,5	12,5	12,2	16,9	15,8	15,5	10,5	8,8	7,2	4,6	4,02

Tabell 4-8. Innsjøer i Otrass nedslagsfelt 1-3/8-1977.

Stasjon Parameter	BREIDVAIN						LISLEVAIN			HARTEVAIN			NDF.HOV DEN		
	1 m	2 m	4 m	8 m	11 m	utløp	1 m	4 m	8 m	16 m	1 m	4 m		8 m	
pH	6,51	6,48	6,45	6,39	6,36	6,42	6,50	6,44	6,33	6,29	6,26	6,42	6,33	6,29	6,26
Konduktivit 20 °C, µS/cm	9,8	9,4	9,4	9,4	10,0	12,9	11,1	9,3	9,6	9,7	10,6	10,2	9,6	9,7	10,6
Farge, mg Pt/l	10,5	8,0	8,0	8,0	5,0	5,0	29,5	2,5	5,0	2,5	10,5	18,5	5,0	2,5	10,5
KOF, mg O/l	11,7	5,6	8,5	10,5	31,6	1,0	12,4	4,4	4,0	3,5	5,5	2,8	4,0	3,5	5,5
Total fosfor, µg P/l	6	2	3	4	<2	3	5	<2	2	8	6	8	2	8	6
Fosfatfosfor, µg P/l	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Total nitrogen, µg N/l	100	100	90	100	100	80	120	100	90	140	140	150	90	140	140
Nitrat nitrogen, µg N/l	40	40	40	40	60	50	20	60	70	60	80	50	70	60	80
Klorid, mg Cl/l	0,8	1,0	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,4	0,8	1,0	1,0	1,4
Sulfat, mg SO ₄ /l	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,6	1,4	1,4	1,3	1,2	1,3	1,5	1,3	1,2	1,3

Tabell 4-9. Innsjøer i Otrras nedslagsfelt 7/9 1976

Stasjon Parameter	BREIDVATN		HARTEVATN		BYKIL			ÅRAKSFJORDEN			BYGLANDSFJORDEN					
	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	5 m	15 m	25 m	1 m	5 m	15 m	40 m	1 m	5 m	20 m	50 m
pH	6,39	6,24			5,68	6,14	6,18	6,24	5,99	6,04	6,04	6,02	5,95	5,90	5,58	5,56
Konduktivitet 20 °C, µs/cm	10,0	10,1			14,1	9,9	10,2	10,4	10,7	10,7	10,8	10,9	11,6	14,0	10,5	14,1
Farge, mg Pt/l	9,5	11,5			5,0	9,5	9,5	2,5	<2,5	<2,5	2,5	19,0	7,0	5,0	7,0	2,5
Turbiditet JTU	0,4	0,43			0,41	0,4	0,67	0,37	0,27	0,36	0,38	0,48	0,34	0,38	0,6	0,54
Total fosfor, µg P/l	<2	<2			2,0	2,5	<2	2,5	<2	<2	4	<2	2	<2	3	<2
Total nitrogen, µg N/l	110	115			160	150	180	115	130	140	190	250	140	140	200	180
Kalsium, mg Ca/l	0,84	0,81			0,72	0,70	0,64	0,66	0,83	0,68	0,70	0,94	0,72	0,79	0,88	0,85
Jern, µg Fe/l	15	20			20	15	20	20	20	20	30	35	15	<10	<10	10
Mangan, µg Mn/l	3,2	7,1			4,4	5,9	6,7	3,5	7,5	55,0	5,9	13,4	6,3	5,9	10,2	15,8
Oksygen, mg O ₂ /l	-	-			9,63	10,37	10,42	10,16	9,84	6,86	10,05	11,41	9,58	9,48	11,94	11,88
Oksygen-metning %	-	-			90,25	96,92	97,20	94,78	96,76	66,99	96,36	94,14	100,21	97,13	102,84	96,04
Temperatur °C	-	-			11,0	10,9	10,8	10,8	13,1	12,8	12,0	5,8	16,0	15,0	7,5	5,0

5. FISKERIBIOLOGISKE FORHOLD OG BUNNDYR

5.1 Metoder

De fiskeribiologiske forhold i Otravassdraget og eventuelle regulerings-effekter på fisk vil her bli vurdert på grunnlag av en befaring med innsamling av fisk og næringsdyr for fisk samt opplysninger fra lokalkjente folk, fiskerisakkyndige og publikasjoner. Befaringen ble foretatt i tidsrommet 1. - 6. august 1977.

Under befaringen ble det prøvefisket med garn i Breidvatn og Hartevatn. Til dette ble benyttet en serie monofilamentgarn med maskevidde 21, 23, 26, 29, 35, 40, 45 og 52 mm (Jensen, 1972). Det ble fisket en natt i hvert av vannene Breidvatn og Hartevatn. I Breidvatn ble det fisket langs stranden syd for Bjåen Fjellstue og i Hartevatn ved øyene i innsjøens nordvestre del.

I Otra ble det fisket med elektrisk fiskeapparat (Lugab, \bar{z} 1000 volt) mellom Hovden og Lislevatn og en strekning ca. 200 m nedenfor utløpet av Byglandsfjord. På grunn av praktiske vanskeligheter ble imidlertid utbyttet av dette fisket mindre tilfredsstillende.

For å få et inntrykk av næringsfaunaens størrelse og sammensetning ble det samlet inn bunndyr i Breidvatn og Hartevatn samt på lokaliteter i selve Otra (1975, 1977). I innsjøene ble benyttet en Van Veen grabb (Pettersen grabb) og det ble tatt 5 prøver (klipp) på hvert dyp i innsjøene. I Otra og i strandsonen i Breidvatn ble benyttet vannhåv med maskevidde 250 μ m for innsamling av bunndyr. Innsamlingen foregikk i et bestemt tidsrom fordelt på 3 intervaller á 1 minutt. Antall prøver og anvendte metoder gir ikke grunnlag for en eksakt kvantitativ bedømmelse av næringsfaunaen. Vurderingene er derfor i stor utstrekning basert på skjønn.

Prøvene av fisk og bunndyr er analysert i laboratoriet. Hver enkelt fisk ble målt og veid, og fiskens kjøttfarge, kjønn og kjønnsutvikling bestemt. Videre ble det tatt analyser av fiskens mageinnhold og hyppigheten av de enkelte dyregrupper i mageinnholdet beregnet (frekvensprosent). Som grunnlag for alders- og vekstanalyser er benyttet skjellprøver. Bunndyrprøvene er sortert til hovedgrupper og individene tellet opp.

5.2 Resultater: Fisk

5.2.1 Generelle forhold

Otra har fra gammelt av vært kjent som en meget fiskerik elv. Fiskeforholdene veksler imidlertid som ventelig kan være på den ca. 23 mil lange strekningen som vassdraget danner. I de øvre deler fra Sæsvatn og Breidvatn og nedover til Valle er aure den eneste fiskeart. Fra Hallandsfossen i Valle og nedover finnes den sammen med bleken (dverglaks) som er en innlandsform (relikt) av den vanlige laks. Bleken finnes først og fremst i Byglandsfjord, men også i Breiflå og Kilefjorden. I de nedre deler av Otra finnes også laks, ål, trepigget stingsild, abbor, elveniøye og havniøye. Laksen går opp til Vikelandsfossen i Vennesla og abbor finnes i vassdraget nedenfor Fennefoss. De øvrige arters nøyaktige utbredelse er ikke kjent.

Fisket i Otra foregår vesentlig som sportsfiske, men på visse strekninger drives også en del garnfiske. Nedenfor Vikelandsfossen var tidligere lakse- og sjøaurefisket av stor betydning. Dette fisket er nå ødelagt som følge av forurensninger. På den 18 mil lange strekningen fra Hægelfjorden i Vennesla til Hartevatn i Bykle selges fiskekort av Otra Fiskarlag. Denne sammenslutning ble dannet i 1965.

5.2.2 De enkelte strekninger

Breidvatn

Under prøvefisket i Breidvatn ble det på en garnserie fisket 44 aurer med en samlet vekt av 6,2 kg. (tabell 5-1). Dette tilsvarer en fangst på 5.5 aurer med vekt 770 gram pr. garnnatt. Tatt i betraktning fiskens relativt høye kondisjonsfaktor ($K=1.14$, tabell 5-2) og fiskens midlere størrelse i fangstene (140 gram, 22.3 cm) er konklusjonen at fiskebestanden er tett, dvs. at det er en relativt stor bestand av noe småfallen fisk av god kvalitet.

Tabell 5-1. Garnfangst i Breidvatn, 1. - 3. august 1977.

Maskevidde		Fangst antall	Vekt g	Middelvekt g	Middellengde mm
mm	omfar				
21	30	15	1700	113	195
21	30	15	1350	90	211
26	24	6	1255	209	261
29	22	6	1140	190	255
35	18	2	730	365	313
40	16	0	0	-	-
45	14	0	0	-	-
52	12	0	0	-	-
Totalt		44	6175	140	223

Fangst pr. garn

- natt 5.5 771

Tabell 5-2. Kondisjonsfaktorer (K) og kjøttfarge for aure over 20 cm i Breidvatn og Harteavatn, 1. - 3. august 1977.

Harteavatn				Breidvatn							
Antall fisk	Lengde i cm	K	Kjøttfarge			Antall fisk	Lengde i cm	K	Kjøttfarge		
			Hvit	Lys	Rød				Hvit	Lys	Rød
10	215-280	0.96	-	-	100	32	200-335	1.14	3	31	66

Tabell 5-3. Mageinnhold i aure fra Breidvatn og Harteavatn
1. - 3. august 1977.

% fisk med næringsdyr i magen (frekvensprosent)

Lokalitet	Breidvatn	Harteavatn
Dyregruppe	44 fisk	
Planktonkreps	23	40
Skjoldkreps	4.5	
Muslinger	2.2	
Snegl	11	
Teger	11	13
Døgnfluer	2.2	
Vårfluer	11	
Biller	4.5	
Fjærmygg	16	
Tovinger, diverse	4.5	13
Årevinger	16	33
Insekter, ubestemt	18	
Ikke mageinnhold	45	33

Tabell 5-4. Bunndyr i Breidvatn og Harteavatn 3.-4. august 1977.
 For 0-1 m i Breidvatn er anvendt bunnhåv (250 µm),
 for øvrig Van Veen grabb. Tallene angir antall dyr i
 prøven.

Organismer	Lokalitet, dyp			Harteavatn	
	Breidvatn			2 m	4.5 m
	0-1 m	2 m	4.5 m		
Fåbørstemark	18	23	13	13	11
Igler			4		
Snegl	2				
Muslinger	6	7	1		
Småkreps	>100	10		9	20
Midd	3				
Døgnfluer	4	1			
Vårfluer	4				
Biller	13			1	
Fjærmygg	84	87	73	28	13
Andre tovinger	3				1

Undersøkelsene av fiskens mageinnhold (tabell 5-3) og av bunndyr (tabell 5-4) tyder på at fisken har et relativt allsidig tilbud av næringsdyr selv om produksjonen neppe er særlig stor. Dette skyldes bl.a. at de geologiske forhold og høyden over havet ikke gir grunnlag for dette. Det er interessant å merke seg at det finnes skjoldkreps i innsjøen. Dette er et meget verdifullt næringsdyr for aure i likhet med marfloen. Skjoldkrepsen er imidlertid mer tolerant overfor lav pH og reguleringsinngrep enn marfloen, og er således blitt benyttet som utsettingsobjekt i reguleringsmagasiner. I dette tilfelle hadde bare 3 fisk spist skjoldkreps, men disse var til gjengjeld fulle av dette næringsdyret. For øvrig ble det funnet planktonkrepsdyr, fjærmugglarver og -pupper, årevinger, diverse andre insekter samt snegl og muslinger i fiskemagene. Dette stemmer også bra med funnene i bunnprøvene, bortsett fra at skjoldkreps ikke ble funnet her.

Ifølge opplysninger fra lokalbefolkningen finnes det ingen statistikk over utbyttet av fisket i Breidvatn, og det er vanskelig å anslå hvilke mengder som blir fisket. Bjørn Wegge (1976), Norges Jeger og Fiskerforbund, som undersøkte Sæsvatn i 1976 angir imidlertid at den årlige produksjonsevne neppe overstiger 4 kg pr. hektar i Sæsvatn og Breidvatn. Det er 5 grunneiere som har fiskerett i vannet, og disse fisker med garn til husbehov. For øvrig drives det noe sportsfiske i vannet, fortrinnsvis av turister som leier seg inn ved fjellstuer og turisthytter på stedet. Garnfisket foregår fortrinnsvis vår og høst med garn av 35 mm maskevidde. Sportsfisket foregår vesentlig med flue og mark. Det hevdes at fisken i fangstene vanligvis har en størrelse av ca. 200-400 g med enkelte større fisk. Det skal ha vært fisket aure på mellom 3 og 4 kg på garn i vannet.

Det settes ikke fisk i Breidvatn eller Sæsvatn. Den bestanden som finnes her er basert på naturlig foryngelse. Ifølge Bjørn Wegge (1976) synes gytevilkårene å være gode, særlig i gytebekken. Spesielt er Nipaåi som renner inn i Sæsvatn fremhevet.

Otra på strekningen Breidvatn - Hartevatn

Prøvene av bunndyr og visuelle observasjoner av elvestrekningen Breidvatn - Lislevatn antyder at det her er meget gode gyte- og oppvekstmuligheter

for aure. Lokaliteten nedenfor utløpet av Breidvatn hadde en rik og allsidig sammensatt fauna og var vel i så måte den rikeste lokalitet i hele vassdraget ved denne anledning (tabell 5-6). Spesielt kan en merke seg den store forekomst av muslinger, småkreps, døgnfluer og steinfluer. Hele strekningen byr på gode gytemuligheter, og forholdene skulle derfor ligge vel til rette for en god produksjon av aure.

Undersøkelser foretatt av Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk (Gunnerød og Kjos-Hansen, 1977) viser da også at det var en spesielt stor bestand av årsyngel (0+) i Otra ovenfor Lislevatn. På grunn av tilsig av større fisk så vel fra Breidvatn som fra Lislevatn er også elva vel egnet for sportsfiske. De mange kulper og mindre stryk gir gode muligheter for fiske med mark og flue.

Undersøkelsene i Lislevatn foretatt av Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk (Gunnerød og Kjos-Hansen, 1977) viser at dette vannet har en meget stor bestand av aure og må betegnes som overbefolket. Fiskens midlere vekt var her 124 gram (mot 140 i Breidvatn på samme garnserie benyttet av NIVA). Fisken var noe befengt med rundormer (Eustrongylides), men var for øvrig av meget god kvalitet. En stor del av fisken var lys rød eller rød i kjøttet (88 %). Undersøkelsene viste at linsekreps utgjorde en vesentlig del av ernæringen på dette tidspunkt (4. august 1977). Blant de vannlevende insekter dominerte larver av døgnfluer og pupper av fjærmygg. Marflo ble funnet i en fiskemage. Totalt bekreftet undersøkelsene i Lislevatn sammenliknet med en rekke andre innsjøer at fiskeproduksjonen er meget høy og at aurens reproduksjonsforhold (gytemuligheter) er meget gode.

Strekningen av Otra fra Lislevatn til Hartevatn likner mye på strekningen Breidvatn - Lislevatn. Prøvene av bunndyr viste ved utløpet av Lislevatn gode forekomster av de fleste vanlige grupper. Spesielt kan fremheves den rike forekomst av vårfluer. Ved den neste bunndyrslokalitet, innløpet til Hartevatn, var faunaen vesentlig fattigere enn ovenfor. Dette skyldes imidlertid først og fremst bunnssubstratets beskaffenhet. Bunnmaterialet besto her vesentlig av fjell og store steinblokker, noe som ikke er det beste substrat for bunndyr på rennende vann. Totalt sett må en likevel

kunne konkludere med at strekningen av Otra fra Lislevatn - Harteavatn skulle ha en god produksjon av bunndyr som igjen betinger gode oppvekstmuligheter for aure.

Under befaringen ble det foretatt elektrofiske i strykene ca. 200 m ovenfor Hovden Høyfjellshotell. Fisket (30 minutter) resulterte bare i en fangst av 5 aurer i størrelse fra 3-12 cm, vesentlig på grunn av tekniske vanskeligheter og høy vannføring. 45 minutters el-fiske i Otra nedenfor utløpet av Lislevatn foretatt av Gunnerød og Kjos-Hansen (1977) resulterte imidlertid i en fangst av 70 fisk, hvorav 60 var årsyngel. Dette viser at strekningen har en tett bestand av yngel og at reproduksjonen er god.

Det er i dag fiskekortordning for hele strekningen av Otra fra Harteavatn til Breidvatn. En del sportsfiske foregår og fangstene kan i perioder være bra. I den øvre del er det størst sjanser for stor fisk. Spesielt gjelder dette nedenfor Breidvatn og i lonene nedenfor Lislevatn. Lenger ned mot Harteavatn er det vesentlig småfisk å få.

Harteavatn

Prøvefisket med en garnserie en natt i Harteavatn ga som resultat 15 aurer med en samlet vekt av 1640 g (tabell 5-5). Dette tilsvarer en fangst på 1.9 aurer med vekt 205 g pr. garnnatt. Fiskens kondisjon (tabell 5-2) var under middels, men kjøttfargen var rød. På grunn av værforholdene under fisket må en anta at resultatet av fisket ble dårligere enn en kunne ha regnet med. Så vel fiskens kondisjon og størrelse i fangstene tyder på at bestanden er tett og nærmer seg overbefolkning.

Tabell 5-5. Garnfangst i Harteavatn, 2.-3. august 1977.

Maskevidde mm	omfar	Fangst antall	Vekt g	Middelvekt g	Middellengde mm
21	30	4	350	88	203
23	30	5	475	95	211
26	24	4	485	121	223
29	22	1	130	130	230
35	18	1	200	200	280
40	16				
45	14				
52	12				
Totalt		15	1640	109	218

Mageanalysene viste at fisken stort sett hadde spist planktonkrepsdyr og så vel land- som vannboende insekter. Næringstilbudet synes således å være noe fattig i denne innsjøen. Skjoldkreps ble f.eks. ikke funnet hverken i mageprøver eller i bunnmaterialet. Av bunndyr som tjener som næringsdyr for fisk, ble det i bunnmaterialet stort sett bare funnet fjærmygglarver og småkrepslarver. Det er sannsynlig at den nåværende regulering av Hartevatn er til skade for bunndyrene i strandsonen og at dette igjen har en viss innflytelse på fiskens næringstilbud.

Gyteforholdene er meget gode i så vel Otra som i flere andre elver og bekker som faller inn i vannet.

Hartevatn er i 1976 og 1977 undersøkt av Fiskerikonsulenten for det Østfjeldske og av laboratoriet for Ferskvannøkologi (Løkensgard og Saltveit, pers. oppl.). Dette materialet er ennå ikke bearbeidet, men de foreløpige resultater synes å bekrefte at Hartevatn har en tett bestand av aure som grenser til overbefolkning. Uttalelser fra lokalkjente folk går også i samme retning.

Hartevatn omfattes av Otra Fiskarlag, og det selges således fiskekort i lagets regi. Fisket foregår vesentlig som sportsfiske, mens garnfiske bare drives mer sporadisk. Fisken i fangstene er vanligvis småfallen og benyttes i husholdningen. Det beste fisket skal foregå i den østre delen av innsjøen i området omkring Hartevassbu.

Otra fra Hartevatn til Bykil

På denne strekningen ble det tatt en prøve av bunndyr (tabell 5-6). Bunndyrmengden var her meget liten og besto vesentlig av fjærmygglarver. Dette skyldes at bunnmaterialet vesentlig besto av fjell og at vannføringen nylig hadde øket som følge av tapping fra Hartevatn. Det er derfor ingen grunn til å tro at ikke også denne strekningen av Otra kan by på et godt næringsgrunnlag for aure.

Otra er på denne strekningen meget fiskerik. Ifølge opplysninger fra lokalkjente er fisken her meget småfallen (50-100 g, selv om det kan forekomme enkelte større fisk et stykke nedover fra Hartevatn, i Bykil og

enkelte av de større hølene. Fisket foregår vesentlig som sportsfiske, og fiskekort selges av Otra Fiskarlag. Noe fiske med garn forekommer i Bykil og noen større hølner.

Otra fra Bykil til Brokke

Det ble på denne strekning tatt en prøve av bunndyr ved Lunden og en ved Kveste (tabell 5-6). Begge lokaliteter hadde normale forekomster av de vanlige grupper av bunndyr som tjener som næringsdyr for aure. På grunnlag av disse stikkprøver kan en altså anta at næringsfaunaen skulle betinge en vanlig god produksjon av aure. Fiskenes gyteforhold er gode stort sett på hele strekningen.

Ifølge opplysninger av lokalkjente folk (Fiskerikonsulenten for det Østfjeldske) og R. Borgstrøm og T. Løkensgard (Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske, Zool. Museum, Univ. i Oslo) er det på denne strekning en bestand av småfallen aure med vanlig størrelse, fra 50-150 g. Enkelte steder - i større hølner og terskeldammer - kan det forekomme større fisk. Spesielt gjelder dette Flåren mellom Hallandsfoss og Nomelandsmo. Dette var tidligere en av de beste fiskeplasser for aure i Otra ovenfor Byglandsfjord, noe som også bekreftes av undersøkelser foretatt av Løkensgard i 1963. Fisket foregår i dag vesentlig som sportsfiske, og det selges også på denne strekning fiskekort av Otra Fiskarlag.

Bleken som tidligere om høsten gikk fra Byglandsfjord opp til Hallandsfossen for å gyte, er nå nærmest forsvunnet på strekningen Brokke-Hallandsfossen (også nedenfor). Ifølge de undersøkelser og vurderinger som er foretatt av Løkensgard og Borgstrøm kan dette skyldes reguleringsinngrepene direkte. Det hevdes imidlertid også (R. Borgstrøm) at en senkning av vannets pH i de senere år som følge av sur nedbør, kan være en medvirkende årsak.

Otra fra Brokke til Byglandsfjord

Prøven av bunndyr ble her tatt ca. 2 km nedenfor Besteland (tabell 5-6). På denne lokaliteten ble funnet lite bunndyr og døgnfluene manglet helt. Bunnforhold og vannføring var relativt gunstig under prøvetakingen. Det

er derfor sannsynlig at bunnfaunaen på denne strekning er vesentlig fattigere enn f.eks ved den ovenforliggende stasjon ved Kveste.

Fiskeforholdene på strekningen Brokke til Byglandsfjord er grundig utredet av Dannevig (1963 og 1964), Løkensgard (1963 og 1975) og Borgstrøm (1973, 1974 og 1975). Konklusjonen på de to sistnevntes undersøkelser går i korthet ut på at bleken som tidligere ble fisket i stort antall om høsten, nå på det nærmeste er forsvunnet.

Aurebestanden er på denne strekningen fortsatt relativt god selv om den har gått tilbake de senere år. Vanlig størrelse på fisken skal være fra 100-200 g med enkelte større eksemplarer iblant. Fisket foregår med sportsredskap som mark, flue og sluk samt garn på enkelte egnede lokaliteter.

Byglandsfjord

Det er ikke i denne undersøkelsen foretatt noen observasjoner av fiskeforholdene i Byglandsfjord. Fiskebestanden og fisket er imidlertid tidligere undersøkt og beskrevet av Dahl (1927), Dannevig (1963 og 1964), Løkensgard (1963 og 1975), Borgstrøm (1973 og 1974) samt Vold (1974). Nedenfor skal gis en kortfattet beskrivelse av forholdene vesentlig basert på disse arbeider.

I Byglandsfjorden finnes aure og bleke. Mens disse artene tidligere forekom i omtrent like store mengder (Dahl, 1927) er nå bestanden av bleke meget liten (Løkensgard, 1975, Borgstrøm, 1973, Vold, 1974). Bleken hadde tidligere sine gyteplasser i Otra opp til Hallandsfoss og ved utløpet av Byglandsfjord (Vassenden). Det hevdes (Løkensgard, 1975, Borgstrøm, 1973-1975) at ødeleggelse av gyte- og oppvekstplassene på grunn av reguleringsene er den viktigste årsak til tilbakegangen. En reduksjon av pH i vassdraget i de senere år trekkes imidlertid også inn som en mulig årsaksfaktor (Borgstrøm, 1975). Aurebestanden i fjorden skal fortsatt være god, og det antas (Borgstrøm, 1975) at Byglandsfjorden tidligere kan ha hatt avkastning på 7 kg/ha/år. Dette tilsvarer en totalavkastning på 32 tonn. Borgstrøm (1975) antyder at næringsgrunnlaget etter reguleringsinngrepene kan ligge på ca. 25 tonn.

På grunn av at bleken, som i vesentlig større grad enn auren utnytter fjordens dyreplankton, er gått så sterkt tilbake er dette næringsgrunnlaget neppe fullt utnyttet. Avkastningen ligger derfor sannsynligvis i dag vesentlig lavere; kanskje bare omkring det halve, dvs. ca. 12.000 kg aure (Løkensgard, pers. oppl.).

Så vel aure som bleke i Byglandsfjord er i dag av god kvalitet. Vanlig størrelse på auren er fra 18-27 cm og en vekt av ca. 60-190 g. Kondisjonsfaktorene innenfor disse størrelsesgruppene varierer fra 0,92-1,04 med lavest kondisjonsfaktorer fra større fisk. En relativt stor prosent av fisken, 50-80 % av den større fisken, er lys rød eller rød i kjøttet (Borgstrøm, 1973). Av og til fiskes det i Byglandsfjord aure som kan være flere kilo. Dette er som regel fisk som er gått over til fiske-diett, og den kan være av utmerket kvalitet. En del av auren er infisert med en rundmark (Eustrongylides), og dette nedsetter fiskens verdi.

Bleken hadde tidligere en alminnelig vekt på omkring 250 g. I dag er fiskens vanlige størrelse 125-150 g. Fisken er av utmerket kvalitet og i motsetning til auren ikke infisert med rundmark.

Fisket i Byglandsfjord foregår i dag med garn og som sportsfiske. For sportsfisket utstedes fiskekort av Otra Fiskarlag.

Otra på strekningen Byglandsfjord-Vennesla

På denne strekningen ble det tatt prøver av bunndyr (tabell 5-6) og fisket med elektrisk fiskeapparat i strykene ca. 200 m nedenfor utløpet av Byglandsfjord. Bunnsubstratet på dette sted besto av fjell og stein og bunndyrsammensetningen var omtrent som en normalt kunne vente bortsett fra at døgnfluene manglet. Elektrofisket som foregikk i 10 minutter, ga som resultat en aure (4 cm); noe som ikke vidnet om særlig store forekomster på denne lokaliteten.

Ifølge opplysninger fra lokalkjente folk og fra K. J. Alværn i Sportsfiskernes løksikon (Bd 2, 1968) er det på denne strekningen aure, bleke (reliktlaks eller dverglaks) og abbor.

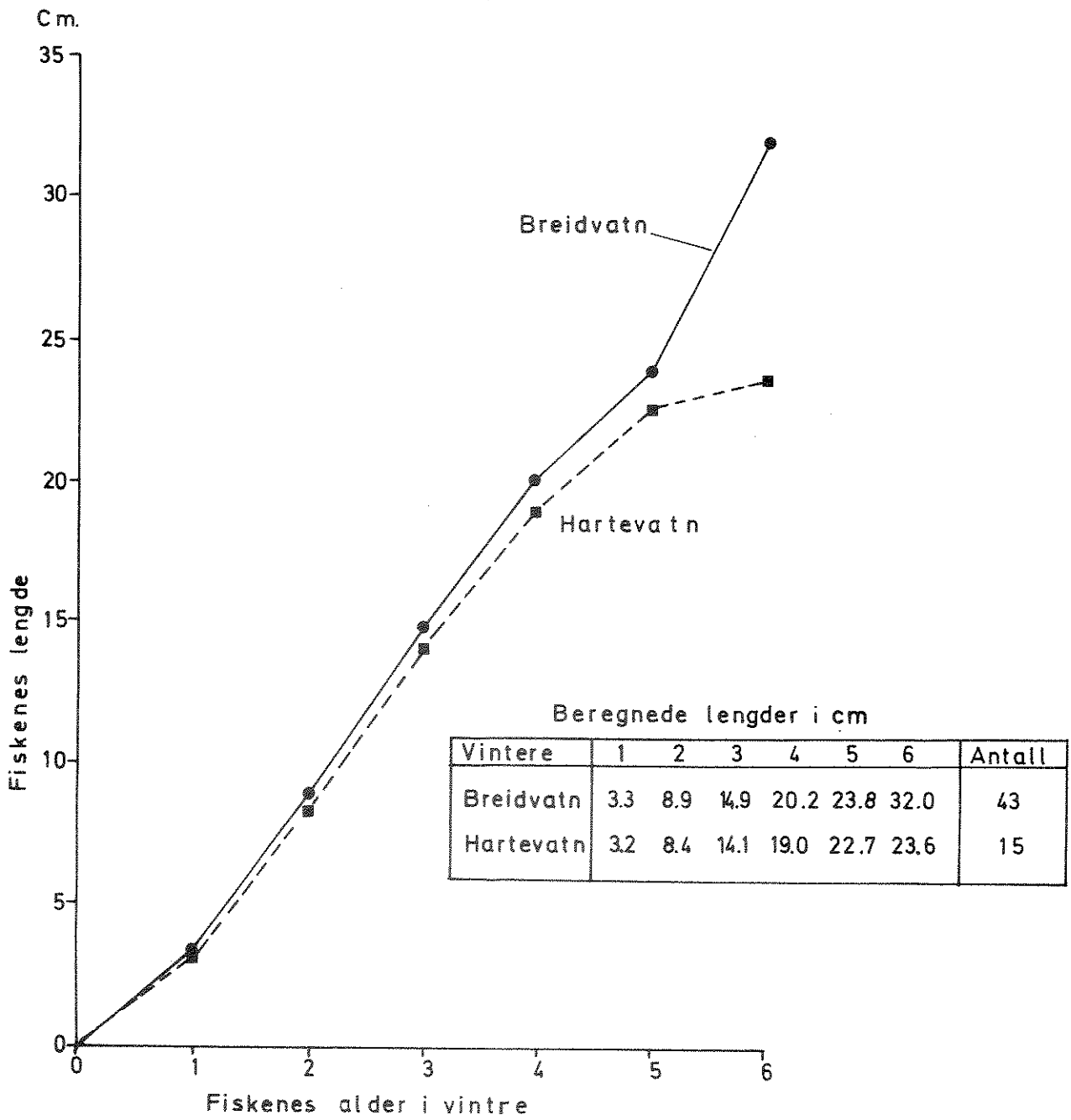


Fig. 5-1 Tilvekst hos aure fra Breidvatn og Hartevatn

Fra Byglandsfjord og ned til Syrtveitfossen er det en del aure til dels av brukbar kvalitet selv om fisken hverken er så stor eller av så god kvalitet som i Byglandsfjord. Også her gjelder det at enkelte store fisk kan forekomme. Mellom Syrtveitfossen og Fennefoss er aurebestanden meget stor og fisken meget småfallen, av dårlig kvalitet og til dels befenget med snyltere, bl.a. rundmark (Eustrongylides) og bendelormer. Av og til fiskes stor fisk på opptil 4-5 kg. Nedenfor Fennefoss er auren kanskje litt bedre i kvalitet og størrelse. I de store utvidelsene av elva, Breiflå og Kilefjorden, kan det forekomme noe større fisk. På hele strekningen er den imidlertid til dels betydelig befenget med parasitter. Gyteforholdene for aure er meget gode i hele vassdraget.

Bleken vandret tidligere ut fra Byglandsfjord om høsten for å gyte. Her foregikk det et betydelig fiske etter den ved Gullsmo og Vassenden. Etter reguleringen av Byglandsfjorden forsvant dette fisket praktisk talt. Fra Vålefoss til Fennefoss var det tidligere en god bestand av bleke, spesielt i Bakkekil og Rørkilen, men også her er fisken nå blitt sjelden.

Abbor (lokalt navn: skjebbe) finnes i Otra fra Fennefoss og nedover i vassdraget, og fiskens kvalitet og størrelse er god i de større utvidelsene av elva (Breiflå, Kilefjorden). Vanlig størrelse er fra 100-200 g, men større eksemplarer fra 0,5-1,0 kg forekommer også.

Fisket foregår for størsteparten som sportsfiske med mark og flue. En del garnfiske foregår imidlertid også på enkelte strekninger. Det selges fiskekort av Otra Fiskarlag for området.

5.3 Bunndyr

Bunndyrprøvene (tabell 5-6) er for få til å gi noe fullgodt bilde av forholdene i Otra-vassdraget. Viktige organismer på strekninger med stryk eller betydelig vannhastighet er døgnfluer (Ephemeroptera), steinfluer (Plectoptera) og vårfluer (Trichoptera), sammen med fjærmygg (Chironomidae). På mer stilleflytende elvestrekninger, spesielt der bunnforholdene preges av slam, blir makk (Oligochaeta) mer dominerende.

Det er vanskelig å spore noen direkte sammenheng mellom reguleringsinn-
grep og bunndyrobbservasjonene.

Beregninger av diversitet etter Shannon-Wiener's formel

$$\bar{H} = - \sum p_i \log_2 p_i$$

(hvor p_i = relativ frekvens for i.te art)

er satt opp i tabell 5-6. Her kan vi se en viss tendens til høy diversi-
tet i vassdragets øvre deler, og synkende verdier lengre nedover. Denne
trenden kan tilbakeføres på ulike strøm- og bunnforhold, men regulerings-
inngrep vil også virke inn.

Det er interessant at denne synkende "stabilitet" i bunndyrsamfunnene
langt på vei stemmer overens med observasjoner av begroingssamfunnene
(jfr. avsnitt 6.2). Spesielt er det godt samsvar mellom lav bunndyr-
diversitet og innslag av noe mer næringskrevende alger (\pm indikasjon på
forurensning i dette vassdraget).

Sterkt regulerte elvestrekninger viser en tendens til lav diversitet;
men dette gjelder ikke for alle lokalitetene.

De til dels store ulikheter i bunndyrsamfunnene (1975-1977) skyldes års-
tids- og prøvetakingsvariasjoner, og er helt normale.

Tabell 5-7. Mangfold (diversitet) i bunndyrprøver
fra Otravassdraget.

Shannon Wiener indeks \bar{H}		
Lokalitet	1975	1977
Breidvatn	2,17	2,17
Lislefjødd	2,09	
Lislevatn	2,15	2,00
Hartevatn (innløp)	1,71	1,13
Hoslemo	2,11	1,34
Bykil (strandsone)	1,72	
Valle	1,86	2,08
Faråni	1,09	
Kveste	1,34	1,46
Besteland		1,53
Åraksfjord (strandsone)	1,51	
Syrtveit	1,52	1,33
Hornnes	0,39	
Moisund	1,92	
Iveland	1,75	
Steinsfoss	1,12	

6. PLANTEPLANKTON, BEGROINGSALGER, MOSER OG HØYERE VEGETASJON

6.1 Planteplankton i innsjøene

6.1.1 Materiale og metoder

Kvantitative prøver av planteplankton forelå for de fleste innsjøene i Otravassdraget, innsamlet i årene 1975-1977. Fra hver innsjø var det enkeltprøver, fra 1-5 m dyp, som var tilgjengelig. Informasjonen i slike planktonprøver begrenses ved den store feilmargin som kvantifiseringen av prøven gir. De kvantitative data er også tids- og arbeidskrevende å skaffe fram. Vi har forsøkt å bearbeide materialet mest mulig ved hjelp av numerisk-statistiske metoder. Prøvene av planteplankton ble bearbeidet etter Utermöhls sedimenteringsmetode (Utermöhl 1958). Volumet som hver alge utgjorde i prøven, er bestemt ved hjelp av antall talte celler og artsspesifikke volumer (funnet ved å sammenlikne organismene ved kjente romfigurer).

Algevolumet oppgis i mm^3/m^3 , og er tilnærmet et uttrykk for algebiomassen (biomasse = vekt av organismer ved gitt tidspunkt).

Andre aspekter av planktonsamfunnet er artsrikdom, fordelingen av artene på systematiske grupper og relasjoner mellom artene. De to første aspektene går vanligvis under begrepet diversitet eller biologisk mangfold. I økologisk teori er diversitet et abstrakt begrep knyttet til økosystemenes struktur og funksjon. Ved såkalte diversitetsindekser søker man å tallsette den mangfold som økosystemet viser. Det finnes, kanskje ikke helt overraskende, en serie med slike indekser å velge mellom. I hovedsak faller indeksene i to hovedgrupper, (1) informasjonsteoretiske, som er basert på en teoretisk analogi mellom biologiske systemer og kommunikasjonsprosesser, og (2) mer empiriske indekser, som regel med grunnlag i arts- eller individtall.

Det er gryende interesse for å ta diversitets- og andre biologiske indekser i bruk ved undersøkelser av innsjøer og vassdrag (Jørgensen 1977).

Vi har valgt å bruke to indekser hentet fra informasjonsteori; disse har kommet i vanlig bruk, og det finnes god litteraturdekning for de verdier

og variasjoner som kan ventes:

$$(6-1) \text{ Shannon-Weaver's } H = - \sum_{i=1}^N P_i \log_2 P_i$$

der P_i er den relative frekvens (eller volum/areal) for i .te art og N er totalantall arter,

$$(6-2) \text{ Pielous's } J = \frac{H}{\log_2 N}$$

der H og N er som under (1).

Generelt sett kan man si at H er uttrykk for samfunnets totale diversitet, mens J måler fordelingen av diversitet mellom artene. Høyere verdier av J (opp til $J_{\text{Max}} = 1$) betyr at den relative hyppighet av artene er mer lik; derfor kalles J ofte for "jevnhetsindeks" (evenness) i litteraturen.

De vanlig brukte indeksene har den ulempe at relasjoner mellom artene ikke direkte kommer fram. Fra informasjonsteorien finnes det begrep som dekker slike situasjoner også (Orloci, 1977). En indeks basert på såkalt gjensidig informasjon ("mutual information") er under utvikling, basert på algoritmer i Orloci (1977). Dessverre ble regnemaskinprogrammet for dette ikke ferdig i løpet av det korte tidsrommet som sto til rådighet.

En "gjensidig informasjon"-indeks ville ha gitt mulighet for å se de enkelte prøvene i forhold til hverandre, med hensyn både på artssammensetning og -fordeling. Som erstatning har vi tatt i bruk et distansemål mellom grupper, som er gitt ved uttrykket

$$(6-3) D_{ij}^2 = (\bar{x}_i - \bar{x}_j)^T \Sigma^{-1} (\bar{x}_i - \bar{x}_j)$$

der \bar{x}_i er middelvektoren for i .te gruppe og Σ kovariansmatrisen av dimensjon $p \times p$; p er antall arter som er med i beregningen.

Størrelsen D i uttrykket (6-3) går under navnet Mahalanobis-distanse, etter den indiske statistikeren som tok denne i bruk. Distansemålet tar hensyn til korrelasjon mellom variablene.

I motsetning til de indeksene som er gitt av (6-1) og (6-2), lar Mahalanobis' D seg teste statistisk med kjent fordeling (for detaljer, se Andersen, 1958).

6.1.2 Planteplankton-resultater

Prøvene ga en artssammensetning som er vanlig i oligotrofe (næringsfattige) innsjøer. Det ble i alt funnet 42 arter eller artsgrupper - dette er et svært lavt tall og antyder ytterlig innsjøenes næringsfattige preg. Artslistene og det beregnede algevolumet er satt opp i tabell 6-1. De største algevolumene var under $100 \text{ mm}^3/\text{m}^3$; dette er igjen svært lave verdier.

Rangert etter volumforekomst var de hyppigste artene:

1. Chrysomonader (små),
2. Gymnodinium lacustre,
3. Peridinium inconspicuum,
4. Chrysomonader (store),
5. Cryptomonas marsonii,
6. Dinobryon crenatum.

Gulalger (Chrysophyceae), fureflagellater (Dinophyceae) og (Cryptophycées) var dominerende algegrupper på volumbasis. Blågrønnalgen Merismopedia tenuissima kunne forekomme i stort antall, men fordi cellene er små ($<2 \mu\text{m}^3$) utgjør denne arten bare en liten del av den totale algebiomassen. Merismopedia tenuissima forekommer hyppig i innsjøer med pH 5-6 på Sørlandet og Østlandet (Brettum, personlig meddelelse).

Grønnalgene var den mest artsrike algegruppen (i alt 14 slekter), men de fleste artene betydde lite volummessig.

De svært små algevolumene på en årstid hvor algebiomassen ofte er nær sitt maksimale, indikerer tydelig Otra-vassdragets oligotrofe tilstand (lavt næringssaltinnhold og derved liten produksjon av planteplankton). Selv innsjøer med 10-20 ganger større algevolum vil vanligvis karakteriseres som oligotrofe.

Artssammensetningen er heller ikke noe særegen utover det en vanligvis finner i oligotrofe innsjøer i Norge.

6.1.3 Struktur og mangfold

Det begrensede antall prøver som er tilgjengelig gjør det problematisk å vurdere innsjøenes planktonsamfunn mot hverandre. Selv om det er store variasjoner i artssammensetning og algevolum (tabell 6-2), kan dette komme av tilfeldige variasjoner.

Planktondata fra 11 prøver var tilgjengelig, dvs. $11 \cdot (11-1)/2 = 55$ kombinasjoner. Mahalanobis D^2 ble beregnet for disse kombinasjonene, og testet for statistisk signifikans. Bare 7 av 55 beregnede D^2 var signifikante på 1 % nivå, og ingen på 0.1 % nivå. I samtlige tilfelle var Breidvatn med i de signifikante sammenlikningene. Dette viser at planktonsamfunnet i denne innsjøen ikke var likt gjennom perioden 1975-1977. Ser man på de data som foreligger, er det klart at denne forskjellen kommer av ulikheter i mengdene av chrysomonader, fureflagellater, og delvis også blågrønnalger (Merismopedia tenuissima). De nevnte gruppene forekommer dels i små, dels i store mengder. Det er derfor nærliggende å tolke dette som et temperaturbetinget fenomen, dvs. at planktonsamfunnene i Breidvatn, som ligger adskillig høyere enn de andre innsjøene, kan utvikles med forskjellig tidsforløp. Derimot tyder datamaterialet ikke på noen gjennomgående kvalitativ eller kvantitativ forskjell mellom Breidvatn/Hartevatn på den ene, og Åraksfjord/Byglandsfjord på den andre siden (tabell 6-2).

Et gjennomgående trekk er tendensen for de to høyereliggende innsjøene (Breidvatn, Hartevatn) til å ha litt større verdier for diversitetsindeksen H. Pielou's indeks J, som måler jevnheten i fordelingen av artsgruppene i samfunnet, har også noe høyere verdier her, enn sammenliknet med innsjøene lengre nedover i dalføret (Åraksfjord/Byglandsfjord).

Forskjellene i H- og J-verdier mellom de to gruppene av innsjøer er ikke svært store. Det finnes ingen god statistisk måte å teste forskjellene. Mahalanobis D^2 ga ikke signifikante verdier på mindre enn 5 % nivå ved sammenlikning mellom de to gruppene. Foreløpig må konklusjonen derfor bli at samtlige innsjøer i Otra-vassdraget ser ut til å ha likartet planktonsamfunn. Dette samfunnet avspeiler innsjøenes næringsfattige tilstand.

6.1.4 Sammendrag planteplankton og produksjon

Resultatene fra Otra-vassdraget viser følgende:

- innsjøene har et artsfattig planteplankton, med svært lav algebiomasse og beskjeden produksjon;
- planktonet er dominert av gulalger (Crysohyceae), fureflagellater (Dinophyceae) og cryptophycéer. Dessuten kan blågrønnalgen Merismopedia forekomme i stort individantall;
- samfunnet av plankton er statistisk sett likt i de undersøkte innsjøene når det gjelder artssammensetning. Det er forskjeller mellom høyereliggende innsjøer (Breidvatn, Hartevatn) og lavereliggende (Åraksfjord, Byglandsfjord). De forskjeller som fantes kan føres tilbake på ulik tidsutvikling (temperatureffekt ?) i samfunnene;
- strukturelt likner samfunnene på hverandre i samtlige innsjøer. Artene er jevnt fordelt; dette gir høyt mangfold (diversitet).

Artene som ble funnet i planktonprøvene, er karakteristiske for næringsfattige (oligotrofe) innsjøer. Flere arter, bl.a. Merismopedia tenuissima, regnes for å være vanlige i sure innsjøer (pH 5-6).

Tabell 6-1

Analyseresultater av kvantitative planteplanktonprøver i innsjøene i Øtravassdraget (1975-1976)

Antallet er gitt i celler/l

Volument er gitt i mm³/m³

+ indikerer at arten er registrert men utgjør et volum < 1 mm³/m³

Algegrupper	1975								1976																
	Byglandsfjorden 30.8.				Bykil 29.8.				Brevvatn 29.8.		Hartevatn 29.8.		Byglandsfjorden 7.9.		Bykil 8.9.		Åraksfjorden 7.9.								
	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m	5 m	1 m	5 m	1 m	5 m	1 m	5 m										
CYANOPHYCEAE																									
Merismopedia tenuissima	360	1	+	-	450	1	+	-						730	1	1200	2	+	-	+	-	+	-		
Ubest. trådformete	+	-	+	-										+	-	+	-	+	-	+	-	+	-		
Sum volum Cyanophyceae	1	+	-		1	+	-							1	2	+	-	+	-	+	-	+	-		
CHLOROPHYCEAE																									
Cosmarium sp.																									
Chlamydomonas spp.	+	-	+	-	+	-	+	-						42	1	62	1	43	1	59	1	28	1	+	-
Chlorococcale ubest.	+	-	+	-	36	1	55	1						+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
Dichyosphaerium pulchellum var. minutum	+	-	+	-										+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	100	2
Dispora ubest.																									
Elakothrix ubest.																									
Monoraphidium minutum																									
Oocystis submarina var. variabilis	110	3	34	1	100	3	88	3						28	1	43	2	39	1	53	2	33	1	40	1
Polytoma granuliferum																									
Pseudostaurastrum trispinatum	1	1	+	-										1	1										
Scourfieldia sp.	+	-	+	-	+	-	+	-						+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
Tetraedron minimum var. tetraoculatum														+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
Ubest. chloromonade I	11	1	+	-	1	7	1							+	-	7	1	+	-	+	-	+	-	+	-
Ubest. chloromonade II														+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
Sum volum Chlorophyceae	5	1			5		5							3	3	3		4		1		3			
CHRYSOPHYCEAE																									
Bitrichia chodatii	+	-	+	-	+	-	9	1						+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
Chrysoikos skujae																									
Chrysoomonader små	130	8	93	6	170	11	200	13						145	9	200	13	220	14	250	16	180	12	190	12
Chrysoomonader store														+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
Dinobryon borgei																									
D. crenulatum	4	1	6	1	11	2	4	1						+	-	11	2	16	3	12	2	18	4		
D. sociale var. americanum	3	1	+	-	4	1	+	-						6	1	1	8	2	3	1	+	-	6	1	
Kephytron sp.	+	-	+	-	+	-	+	-						+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
Mallomonas globosa ?																									
Sum volum Chrysophyceae	10	7			15		15							10	14	18		20		14		17			
CRYPTOPHYCEAE																									
Cryptomonas marsonii	4	3	+	-	7	6	9	7																	
Katablepharis ovalis							7	1						+	-			8	1	12	1			+	-
Rhodomonas lacustris														+	-	+	-	+	-	+	-				
Sum volum Cryptophyceae	3	+			6		8							+	-	+		5		8		+	-	1	
BACILLARIOPHYCEAE																									
Tabellaria flocculosa																									
Ubest. pennate																									
Sum volum Bacillariophyceae	-	-	+	-	-		-							-	-	-		+		-		-		-	
DINOPHYCEAE																									
Cymodinium lacustre	50	27	4	2	5	3	19	11						10	5	6	3	8	4	24	14	9	5	32	18
Peridinium in. aspicum	3	5	25	8	1	2	4	6						7	11	2	4	2	4			1	1		
Dinoflagellat ubest.			1	7			+	-														+	-		
Sum volum Dinophyceae	32	44			5		17							16	7	8		14		6		18			
CRASPEDOPHYCEAE																									
Craspedomonader ubest.	1	+			+	-	+	-																	
	1	+			-	+	-																		
U-alger	210	1	204	1	350	1	470	3						660	2	259	1	360	1	953	4	240	1	246	1
TOTAT VOLUM	51	54			35		49							32	27	35		60		22		40			

Tabell 6-2 Sammenfatning av planktonsamfunnene i Hartevatn og Breidvatn

	Breidvatn			Hartevatn		Åraksfjord 1976		Byglandsfjord 1975-76				
	År	1975	1976	1977	1975	1976	1977	1 m	5 m	1975	1 m	5 m
Artsantall	23	19	19	19	27	20	19	22	20	19	20	13
Algevolum mm^3/m^3	22.3	67.9	72.7	49.9	49.6	49.4	49.9	23.6	41.2	53.7	33.2	27.5
Diversitetsindekser:												
Shannon-Weaver's H	3.37	3.44	2.89	3.33	3.10	3.38	3.33	2.39	2.35	2.56	2.75	2.48
Pielous's J	0.75	0.81	0.68	0.78	0.65	0.78	0.78	0.54	0.54	0.64	0.64	0.67

6.2 Begroing av alger, moser og høyere vegetasjon

Otra-vassdraget er karakterisert ved temmelig enkle begroingssamfunn. Stort sett forekommer lite næringskrevende arter innenfor de viktigste grupper av begroingsorganismer (alger, moser og høyere vegetasjon). Sammensetning og struktur av begroingssamfunnene viser stor variasjon langs vassdraget. Den følgende beskrivelsen av biologi på de undersøkte lokakitetene (B-stasjoner, avmerket på fig. 1-2) vil gi et inntrykk av variasjonsbredden.

6.2.1 Beskrivelse av biologi(B)stasjonene i Otravassdraget

Stasjon B1 - kartref. MM 150 143

Observasjonene er gjort ved Sæsvatn.

Sæsvatn er omgitt av fjellbjørkeskog og (delvis) grasmark. Området er typisk subalpint med bl.a. lappvier og fjellmarikåpe. I nærheten av innsjøen er det en del hyttebebyggelse. Littoralsonen ved sørenden av Sæsvatn er steinet minst 2 m i vertikal utstrekning.

Makrovegetasjon og mosevegetasjon var svært sparsom ved denne lokaliteten. I sørenden av Sæsvatn ble det observert små bestanddeler av Carex rostrata.

Det var et svakt utviklet lag med påvekstalger på steinene. Algekomponentene besto av Oscillatoriceae (2-3 µm), Hormeothrix nordstedtii var. salisburgensis, Bulbochaete sp. og Microspora tumidula.

Lokaliteten viste svært sparsom vegetasjon (og algebegroing). Den kan derfor betegnes som relativt upåvirket.

Stasjon B2 - kartref. MM 127 127

Observasjonene er gjort ved Mjåen, Sæsvatn.

Området innbefatter endel dyrka mark.

Bunnen ved denne lokaliteten er svært løs.

Sparsomme forekomster av Sparganium angustifolium, samt Equisetum fluviatile, ble observert. Dessuten fantes Subularia aquatica,

Callitriche verna og Ranunculus reptans. Hippuris vulgaris ble funnet innblandet i Equisetum fluviatile-sonen. Dessuten noen drivende eksemplarer av Isoetes lacustris.

Ved overgang til fastmark ble vegetasjonen dominert av Carex nigra, fulgt av Salix lapponum, Juncus filiformis og noen former av Carex juncella.

Begroingsprøven inneholdt 3 mosearter; Mnium sp., Sphagnum og bladmose.

Det ble ikke observert algebegroing ved denne lokaliteten.

På grunn av ustabil bunnsubstrat fantes ved denne lokaliteten ikke noe vel etablert alge- og mosesamfunn.

Stasjon B3 - kartref. MM 107 094

Observasjonene er gjort ved Lislefjøddstølen.

Otra har her et visst alpint preg med bjørkeskog og vierkratt. Elva går i stryk med en god del stein. I området omkring er det seterdrift.

Det ble observert svært lite høyere vegetasjon i elva. Kantvegetasjonen besto av Carex nigra, Salix lapponum, Deschampsia caespitosa. Det ble også funnet ett eksemplar av steril Callitriche. I bakevjer fantes enkelte strå av Equisetum fluviatile.

Algesamfunnet var artsfattig. Påveksten på steinene ble dominert av artene Stigonema, Scytonema og Mougeotia sp.

Begroingssamfunnet ved denne lokaliteten var fattig. Det bar preg av elvas vannføring.

Stasjon B4 - kartref. MM 093 061

Observasjonene ble gjort ved Lundane. Det var strøm i elva, med bunnsubstrat av stein.

Kantvegetasjonen besto av sparsom Sparganium angustifolium, Juncus filiformis og Carex nigra. På land fantes artene Juncus alpinus, Eriophorum angustifolium og Carex rostrata.

Av moser ble Blindia acuta og Cephalozia sp. (liten trådformet levermose) observert.

I karakteristiske svartgrønne tråder av grønnalgen Zygnema sp. fantes fnokker av blågrønnalgene Dichothrix cf. gypsophila med tydelige heterocyster og trichomer (8 µm) og Stigonema mamillosum.

Makrovegetasjonen ved denne lokaliteten var relativt sparsom. I algesamfunnet er både Zygnema og Stigonema vanlige begroingsalger som ofte finnes på rene upåvirkede lokaliteter. Dichothrix derimot er en mer uvanlig art, men med liten indikatorverdi.

Stasjon B 5 - kartref. MM 069 036

Observasjonene ble gjort nedenfor Hovden sentrum. Elven i dette området er en blanding av stryk og kulper, med steinete bunnsstrat.

Kantvegetasjonen var dominert av Salix lapponium, Carex nigra og Juncus filiformis. Av moser ble det bare funnet 1-2 bladmoser, samt rester av levermoser.

Stasjonen viste en rikere og frodigere påvekst både på stener og moser enn stasjonene ovenfor. Belegget på steinene hadde ofte en gråaktig farge. Av blågrønnalger var artene Aphanocapsa sp., Hapalosipha sp., Oscillatoriaceae og Stigonema mamillosum representert, med dominans av Stigonema-arten. Dessuten ble grønnalgene Microspora sp. og Zygnema sp. observert. Vannfasen viste et uvanlig høyt innhold av diatoméer.

Makrovegetasjonen er fortsatt sparsom, mens algesamfunnet var artsrikt. Etter algebegroingen å dømme viser denne lokaliteten en økning i næringstilførsel sammenlignet med foregående stasjoner.

Stasjon B6 - kartref. MM 076 026

Observasjonene er gjort ved nordenden av Hartevatn, ved elveos (på langgrunt parti).

På observasjonsdagen 18.8. var vannstanden i Hartevatn ca. 1 m under biologisk normalvannstandslinje.

I indre deler av våtmarksområdet fantes bestander av Carex lasiocarpa, C. nigra, C. rostrata, Eriophorum angustifolium, oppspedd med Salix lapponum og litt bjørk. I samme vegetasjonstype ble det også funnet Juncus filiformis. Noe lenger utover fantes Juncus bulbosus og J. articulatus. Bunnlaget i dette området var delvis sandpreget, men vegetasjonen stabiliserer noe av sandflukten. Lenger utover var det mye stein og vegetasjonen var sparsom med enkelte bestander av Juncus bulbosus, J. articulatus, Polytrichum sp. og Subularia aquatica. Partier med Isoetes echinospora og steril Sparganium blir mer vanlig utover strandsletta. Over hele stranda fantes mengder av oppskylte røtter.

Ca. 75 m ut fra Carex-beltet fantes de første eksemplarer av Eleocharis acicularis, sammen med større og frodigere eksemplarer av Isoetes echinospora og tørrlagte individer av steril Sparganium. Mengden av Eleocharis tiltok utover.

Øvrige begroingsprøver ble ikke gjort ved denne stasjonen.

Våtmarksområdet i nordenden av Hartevatn viste et artsrikt samfunn av høyere vegetasjon.

Stasjon B7 - kartref. MM 076 003

Observasjonene er gjort ved Hartevatn.

Spylesonen besto av oppskylt, død Sphagnum, endel trerøtter og mye sand. På sandbunn, 1 m dyp, fantes Ranunculus reptans. Den fantes også stor og frodig på død Calluna-mark, her sammen med Juncus filiformis og J. articulatus. Ingen moser ble observert.

Algesamfunnet besto av enkle tråder av Cyanophyceae og Chlorophyceae, samt enkelte Bacillariophyceae.

Denne stasjonen hadde svært sparsom vegetasjon. De enkle trådene av blågrønnalger og grønnalger, samt de bentiske diatoméer, er ikke egnet til å karakterisere lokaliteten.

Stasjon B8 - kartref. ML 104 985

Observasjonene er gjort ved Lomehylen.

Vannstanden på observasjon dagen var ca. 1 m under biologisk høyvannslinje.

Kantvegetasjon var knapt til stede ved denne stasjonen. Artene Carex saxatilis, C. laciocarpa, Salix lapponum ble observert. Steril sparganium cf. angustifolium og Isoetes echinospora fantes på bløt bunn. Dessuten ble det observert kortvokste eksemplarer av Juncus bulbosus, undervannsform.

På berg, ca. 70 cm over nåværende vannstand, ble Ranunculus reptans observert. 100 m nedenfor B8 ble det observert bestander av Carex rostrata og Eriophorum angustifolium. Mosevegetasjonen var dominert av Sphagnum inundatum.

Mosene var preget av en kraftig begroing av den trådformige grønnalgen, Zygnema sp., samt påvekst av Scytonema mirabile, Stigonema mamillosum og Homeothrix nordstedtii var. salisburgensis. Zygnema sp. utgjorde ca. 50 % av mengdeforholdet mellom påvekstalgene.

Fellestrekk for hele stasjonen var markert algebegroing i strømmende vatn. Den store mengden påvekstalger skyldes trolig lokal påvirkning (camping o.l.).

Stasjon B9 - kartref. ML 101 912

Observasjonene ble gjort ved Berdals bru. Elva går her i små stryk og har gruset bunn.

I bakevjer fantes bestander av Juncus bulbosus, samt noen få eksemplarer av Callitriche sp.

Mosevegetasjonen ved denne lokaliteten var rikholdig og besto av Scapania undulata, Marsupella aquatica, Nardia compressa, Blindia acuta (sparsom) og cf. Oligotrichum.

Blågrønnalgen Stigonema mamillosum utgjorde 50 % av algeveksten, mens Scytonema og Microspora utgjorde henholdsvis 30 % og 10 % av algemengden.

På grunn av strømningsforholdene i elva var denne lokaliteten sparsom på høyere vegetasjon. Derimot hadde lokaliteten et rikt mosesamfunn som var preget av kraftig algebegroing.

Stasjon B10 - kartref. ML 098 875

Observasjonene ble gjort ved Glitbjørg bru. Otra på denne stasjonen var steinet med enkelte stryk og kulper. Bunnssubstratet var grov sand og grus.

Kantvegetasjonen var ubetydelig, bestående av Salix lapponum og Carex nigra. I en adskilt evje fra elva vokste frodig Carex rostrata, Myriophyllum alterniflorum og Juncus bulbosus, sammen med grønnalger. Bare sparsomme former av J. bulbosus (undervannsform) ble funnet i hovedløpet. Dette viser at det er de strømmende vannlokalitetene som forhindret disse artenes forekomst ute i selve elva. Bunnen av elva besto av moser.

Sammen med mosedekket var det en betraktelig mengde påvekstalger, som besto av Scytonema mirabile og Stigonema mamillosum. Det ble dessuten observert Microspora tumidula og Zygnema sp.

Lokaliteten viste samme artsrikdom i mosesamfunnet som ved stasjon B9, likeså var mengden av påvekstalger på moser og steiner stor også her.

Stasjon B11 - kartref. ML 092 849

Observasjonene er gjort ved Byklestølane. Det var noe strøm i elva i dette området. Bunnssubstratet besto av sandbunn med en del stein.

Den høyere vegetasjon besto av Carex nigra, C. juncella, Salix lapponum. En del moser hadde etablert seg på steinene.

Algesamfunnet ble dominert av blågrønnalgene Stigonema (40 %), Scytonema (40%) og Zygnema sp.

Sammenlignet med stasjon B10, var mosevegetasjonen ved denne stasjonen liten og makrovegetasjonen fortsatt sparsom. Innholdsmengde og kvalitet av alger kan sammenlignes med lokaliteten ovenfor (B10).

Stasjon B12 - kartref. ML 051 790

Observasjonene ble gjort i nordenden av Bykil.

Innsjøen har her grovsteinete og bratte bredder. Bunnen er løs og sterkt slampreget. Lokaliteten hadde store mengder makrovegetasjon, først og fremst Sparganium sp. (steril) (- antagelig Sp. angustifolium), Juncus bulbosus, Callitriche hamulata. I tillegg fantes noen få eksemplarer av Carex nigra i vannkanten, sammen med Salix lapponum.

Bestandene av Sparganium og Juncus så ut til å strekke seg rundt hele innsjøen i belter på opptil 10-15 m bredde.

Det ble ikke foretatt noen observasjoner av algebegroingen ved denne lokaliteten.

Makrovegetasjonen var svært rik ved denne lokaliteten, noe som sannsynligvis skyldes en sterk slampreget bunn.

Stasjon B13 - kartref. ML 075 735

Observasjonene er gjort i Otra ved samløp med Ljosåni. Lokaliteten er sterkt reguleringspåvirket med lite vann i forhold til "normalt". Det meste av elveløpet er blankskurt stein som ikke bærer vegetasjon. Nedenfor Bjørnaråi, ved Gylfi, går elva i trangt juv med stryk.

I en kulp, terskeldam, ved Bjørnaråi, fantes mindre bestander av Sparganium og Juncus.

I strykene var det mest moser, hovedsakelig levermoser.

Noen gamle tuster med forskjellige blågrønnalger og grønnalger ble observert, men det var umulig å bestemme dominansen. Dessuten ble det funnet en del friske tuster av artene Scytonema og Stigonema.

Vegetasjonen på denne lokaliteten var sterkt reguleringspåvirket. Den høyere vegetasjon var ikke etablert i hovedløpet. I strykene var det mest moser, med lite påvekstalger.

Stasjon B14 - kartref. ML 104 715

Observasjonene er gjort ved Reimamo. Elveleiet er steinet med en del strøm. Nedenfor stasjon B14 er det en lang strekning med terskler i elva.

Det var ingen makrovegetasjon i elva. Mosevegetasjonen dominerte, bestående av Marsupella aquatica, Scapania undulata (levermose), Blindia acuta og Rhacomitrium aquaticum.

De mest dominerende algeartene var Stigonema mamillosum (30 %), Scytonema (30 %) og Mougeotia sp. (30 %). I tillegg ble det observert noen få Zygnema-arter.

Bunnssubstratet og strømningsforholdene ved B14 gir små etableringsmuligheter for makrovegetasjonen. Kvantiteten av moser var derimot relativ stor.

Stasjonsområde B8 - B14

Algebegroingen på disse stasjonene besto av få arter og påtreffes i oligotrofe områder. En så lang strekning med påfallende lik algevekst skulle tyde på stabile forhold.

Stasjon B15 - kartref. ML 130 709

Observasjonene er tatt ved terskeldam ovafor Lunden (Brokka).

I terskeldammen fantes noe Juncus bulbosus. Mosevegetasjonen besto hovedsakelig av levermoser og bladmoser.

Påvekstalgene dannet et gråbrunt belegg på steinene, og besto hovedsakelig av Scytonema, Lyngbya (3-5 μ m), ulotrichal alge, Bulbochaete, Microspora cf. tumidula og Zygnema. Dessuten viste vannfasen en del diatomeer, og mye detritus.

Innholdet av alger og detritus ved denne lokaliteten var større enn på elvestrekningen ovenfor. Lokaliteten viste et kraftig innslag av blå-grønnalgen Lyngbya sp. (3-5 µm). Dette tyder på forskjeller i vannføringen fra elvestrekningen ovenfor.

Stasjon B16 - kartref. ML 126 699

Observasjonene er gjort ved Myri. Lokaliteten har slampreget bunn.

Sparganium angustifolium utgjorde store deler av makrovegetasjonen. Ellers var det frodig langs strendene med Lobelia dortmanna, Carex nigra, C. juncella, C. rostrata og små mengder av Juncus bulbosus.

Dessuten fantes Isoetes echinospora og store bestander av Fontinalis dalecarlica samt Equisetum fluviatile og Juncus filiformis.

Ingen av begroingsalgene som dominerte B8 - B14 ble funnet ved B16. Det ble observert en beskjeden begroing av grønnalgene Oedogonium sp. og Ulothricales. Kiselalgen Tabellaria flocculosa, en usedvanlig tolerant algeart, ble observert i visse mengder.

Mosearten Fontinalis dalecarlica er funnet på svært forskjellige lokaliteter. Den er derfor sannsynligvis svært tolerant overfor miljøforandringer. En forandring i artssammensetningen av alger kan muligens tilsi en lokal forurensning.

Stasjon B17 - kartref. ML 153 674

Observasjonene er gjort ovenfor Hommelunden, som er en terskeldam. Tidligere råhumus - skogbunn - er satt under vann, og stranda får dy-preg. Vannstanden i terskeldammen var omtrent biologisk normalvannstand, dvs. Carex nigra stod delvis i vannkanten.

Som i de øvrige terskeldammene fantes også her Sparganium angustifolium og Juncus bulbosus. Kantvegetasjonen var sparsom; vesentlig Carex nigra, samt en del Juncus filiformis, J. alpinus og Eriophorum

angustifolium. Den dy-pregete stranda var kolonisert med kortvokst Juncus bulbosus og Carex nigra.

Mosevegetasjonen var sparsom, da lokaliteten bestod av lite stein og annet gunstig substrat for moser.

Det ble ikke tatt noen spesiell begroingsprøve ved denne stasjonen, men påveksten på mosene var svært liten.

Vegetasjonen ved denne lokaliteten utgjordes hovedsakelig av makrovegetasjon, særlig Sparganium, Juncus bulbosus og Carex nigra. Bunnsubstratet er lite egnet til mose- og algebegroing.

Stasjon Bl8 - kartref. ML 163 637

Observasjonene er gjort ved Valle sentrum. Grøft med belastet vann, trolig fra Valle sentrum, munner ut i våtmarksområdet. Vannstanden på observasjonsdagen var 10-15 cm under biologisk normalvannstandshøyde, som er definert ved forekomst av Carex nigra, C. juncella, C. tumidicarpa og Juncus filiformis.

Området var et utstrakt fuktengsamfunn med Poa palustris, Achillea ptarmica, Carex vesicaria, Juncus filiformis, Comarum palustre, Ranunculus repens, J. articulatus og Galium palustre. Utover finner mer Carex rostrata, med tillegg av Ranunculus reptans i drenerings"hell", iblandet Equisetum fluviatile og betydelige mengder C. nigra og C. juncella. Det ble observert Sphagnum sp., Agrostis stolonifera, og Utricularia vulgaris i vannhell langs stranda.

Dessuten ble det funnet strandformer av Deschampsia caespitosa, samt undervannsformer av Juncus bulbosus i dammer, og store mengder oppskylt Juncus bulbosus som store bestander ute i hovedvassdraget. Enkelte bukter hadde store bestander av Equisetum fluviatile. I elveløpet fantes sparsomme eksemplarer av Carex rostrata. Hovedelveleiet var steinet med sparsom mosevegetasjon. Det ble observert få eksemplarer av bladmose (Sphagnum) og levermose.

Levermosen hadde en svak påvekst av Stigonema mamillosum (50 %), samt minimale mengder av andre blågrønnalger og diatoméer. Algesamfunnet besto av en del eldre kolonialisering med mange arter.

Lokaliteten er et våtmarksområde, og makrovegetasjonen viste stor artsrikdom. Mosevegetasjon og mengden av påvekstalger var svært sparsom i hovedelveleiet (jfr. B17).

Stasjon B19 - kartref. ML 155 625

Observasjonene ble gjort i nordenden av Flårenden, ved Kveste. Området er her langgrunt med sandig bunn. Breddene av Flårenden er steinet og muligens eksponert for bølgeslag. I strandsonen finnes det lite mosevegetasjon, mens det ute i vannet var store bestander Sparganium angustifolium og Juncus bulbosus, og samfunn av Carex juncella. Elveleiet ved Åmli bru er steinet med en del stryk. I stryket var det sparsomt med moser, hovedsakelig cf. Bryum og en del levermoser.

På og blant mosene vokste til dels store mengder av blågrønnalgen Stigonema mamillosum, samt en del Lemanea-arter.

Stasjon B20 - kartref. ML 165 574

Observasjonene er gjort ved Kveåsåni ved Flårenden. Elvebunnen er svært dy-preget. På observasjonsdagen var vannstanden ca. 30 cm under biologisk normalvannstand, definert ved Carex nigra.

I disse våtmarksområdene besto makrovegetasjonen hovedsakelig av Poa, Juncus filiformis, Molinia coerulea, Carex echinata, Deschampsia caespitosa, Agrostis stolonifera, Carex nigra, C. juncella, C. tumidicarpa og Juncus filiformis.

Ute i vannet ble det observert steril Sparganium angustifolium og Juncus bulbosus, samt sparsomme eksemplarer av Carex rostrata langs stranda. I sørenden av Flårenden fantes store bestander av Sparganium. På stranda fantes spredte eksemplarer av Sphagnum.

Det ble ikke gjort noen observasjoner av påvekstalger ved denne lokaliteten.

Stasjon B21 - kartref. ML 150 554

Observasjonene er gjort ovenfor Brokke kraftverk. Elveleiet er delvis tørrlagt, og det forekom landplanter utover mellom steinet elvebunn.

På denne tørrlagte elvebunnen fantes store Pinus-skudd, Salix, blåbær, gullriis o.l. På steinene fantes en del moser, hovedsakelig Bryum, Aplozia sphaerocarpe, Marsupella cf. emarginata, Scapania undulata og enkelte bladmoser.

Store mengder påvekstalger ble observert, først og fremst Zygnema sp.

Elvestrekningen, som er tørrlagt store deler av året, viser en makrovegetasjon bestående stort sett av landplanter. Dessuten viste lokaliteten store mengder av Zygnema. Lokaliteten må i biologisk henseende karakteriseres som sterkt reguleringspåvirket.

Stasjon B22 - kartref. ML 146 533

Observasjonene er gjort ved Bjørgum (bru). På observasjonsdagen var det mye vann i elva, noe som skyldtes utslipp fra Brokke. Elvebunnen er steinet, dekket med et tykt grått slamlag.

På strandbanker ble det funnet Ranunculus reptans, Juncus filiformis, Phalaris arundinacea, samt litt Carex nigra.

Stasjonen hadde svært lite moser.

Det ble observert en relativ stor mengde påvekstalger, hovedsakelig Zygnema, men også Mougeotia, Netrium oblongum og Scytonema.

Stasjonen viste relativt store mengder alger i forhold til makrovegetasjonen. Vegetasjonssammensetningen kan sammenlignes med B21. Det tykke slamlaget på steinene er typisk for lange strekninger av Otra nedenfor Brokke kraftverk. Slammet kommer antakelig fra tunnelarbeider.

Stasjon B23 - kartref. ML 169 510

Observasjonene er gjort nedenfor Rysstad. Elvebreddene består av lys, fin elvesand. De er blottlagte i 5-10 m bredde og helt fri for vegetasjon. Bunnforholdene er svært ustabile.

På slambankene ute i elva dominerte Juncus bulbosus. De store Juncus-bestandene binder tydeligvis den løse, sandaktige bunnen.

"Undervannsdynner" (som marehalm på sand) med død Juncus på den ene siden, så ut til å samle opp mye av slammet som tilføres fra Brokke. Lenger ute i elva ble det observert Sparganium angustifolium.

Begroingsprøven viste en typisk Zygnema-lokalitet. I tillegg ble det observert alger som Microspora tumidula, Microspora sp. og Mougeotia sp.

Lokaliteten er tydeligvis godt egnet som grobunn for Juncus-bestander. Algesamfunnet var dominert av Zygnema.

Overvekst av grønnalger, spesielt Zygnema (23 µm), Microspora tumidula, Microspora sp. og Mougeotia sp., ved stasjonene B21-23 kan muligens indikere noe større tilgang på plantenæringsstoffer. De fleste Zygnema-artene og mange Mougeotia-arter blir betegnet oligosaprobe.

Stasjon B24 - kartref. ML 184 486

Observasjonene er gjort ved Straume bru. Ved brua var det strøm i elva.

Makrovegetasjonen besto stort sett av Juncus bulbosus-bestander. Det ble observert massive bestander ute i selve elva. Dessuten var det store mengder moser på steiner i elva.

Levermosene og steinene i elva var godt dekket av begroing. Hovedkomponentene her var Stigonema (30 %), Zygnema (30 %), Rivulariaceae (20 %) og Microspora (20 %).

Begroingen med Juncus fortsatte på denne stasjonen også. Zygnema-populasjonen så ut til å minke - algesamfunnet var mer artsrikt.

Stasjon B25 - kartref. ML 168 443

Observasjonene ble gjort ved Åraksøyni. Elveleiet var her steinet, og det var stri strøm i elva.

Det fantes ingen kantvegetasjon eller øvrig makrovegetasjon, bortsett fra ett rotslått eksemplar av Sparganium sp., noe som muligens kan skyldes drivtilførsel. Mosevegetasjonen besto stort sett av levermoser.

Enkelte av mosene var dekket av svart Zygnema (90 %). Forøvrig besto algesammensetningen av Stigonema og Homeothrix nordstedtii var. salisburgensis.

De store Juncus bulbosus-bestandene fra elvestrekningen ovenfor, manglet ved denne lokaliteten. Vegetasjonen her bestod av moser og alger.

Stasjon B26 - kartref. ML 212 389

Observasjonene ble gjort ved Austad. Elva er her grunn med store sandbanker med strømmrenner mellom.

Makrovegetasjonen bestod hovedsakelig av massive Juncus bulbosus-bestander, noe Sparganium angustifolium. Observasjonene viste at Juncus fortsetter fra B26, forbi Heistad og Moismoen.

Av moser ble Pogonatum nanum funnet.

Begroingsprøven besto av 80 % Zygnema. Av andre algearter kan nevnes Ulotrichales, Microspora, Tabellaria flocculosa, Netrium oblongum og Scytonema.

Lokaliteten hadde i likhet med stasjonene B23 og B24, store Juncus-bestander, og var sterkt preget av grønnalgen Zygnema. Begroingsprøven viste for øvrig store likheter med B22.

I tillegg til grønnalgene ble blågrønnalgene på elvestrekningen B24-26 mer framtrædende.

Stasjon B27 - kartref. ML 234 360

Observasjonene ble gjort ved Viki. Lokaliteten er et våtmarkssamfunn.

Makrovegetasjonen besto av Sparganium angustifolium, Juncus bulbosus, Ranunculus reptans, Carex nigra (strandform), Deschampsia caespitosa, Juncus filiformis og mye Eleocharis palustris. I tillegg Isoetes echinospora, Carex rostrata og Agrostis stolonifera

Mosevegetasjonen besto hovedsakelig av Drepanocladus trichophyllus og Sphagnum inundatum.

Det var lite påvekstalgler i elva ved denne stasjonen.

Lokaliteten viste en rik makrovegetasjon med fortsatt stor dominans av Juncus og Sparganium. Mose- og algebegroingen var derimot liten.

Videre observasjoner viste at Sparganium/Juncus-bestanden fortsetter forbi Ose. Ved Reiårsfossen fantes tilsvarende samfunn som ved B27. Også ved Frøysnes ble det observert Juncus, likeså ute i fjorden ved Skumedal. Ved Bygeland fantes utstrakte grunnområder med isoetidevegetasjon.

Stasjon B28 - kartref. ML 315 035

Observasjonene er gjort ved Byglandsfjorden, Vassenden. Stasjonen innbefatter et våtmarksområde. På observasjonsdagen var vannstanden 0,5 m under biologisk normalvannstand, definert ved Carex-artene.

På våtmarksområdet ble det funnet Carex rostrata, C. nigra, Juncus filiformis, Agrostis stolonifera og Molinia coerulea. I tillegg var det isoetide-samfunn med Lobelia dortmanna, Juncus bulbosus og Isoetes echinospora, samt en del Eleocharis acicularis. På lokaliteten vokste Juncus bulbosus ca. 1 m over vannstandslinja. Det ble også observert en strandform av Deschampsia caespitosa. Glyceria fluitans ble funnet i relativt store mengder i en bukt. Utricularia vulgaris dominerte i undervannsvegetasjonen.

Det ble observert algebegroing på steiner i elva. Hovedsubstansen besto av Zygnema (75 %), Merismopedia punctata og Mougeotia.

Blågrønnalge/mose-begroingen som dominerte tidligere i vassdraget, manglet ved denne lokaliteten på grunn av svært lite moser.

Makrovegetasjonen utgjorde størstedelen av vegetasjonen. Dominerende isoetide-arter var Isoetes, Lobelia og Juncus bulbosus.

Videre observasjoner viste liknende vegetasjonsforhold i selve elva nedenfor Byglandsfjorden, utenfor B28. Her fantes forekomster av Sparganium/Juncus. Dam nedenfor Byglandsfjord regulerer vannstand for stasjonene ovenfor.

Stasjon B29 - kartref. ML 313 011

Observasjonene er gjort ved Syrtveit. Elveleiet er steinete, med små stryk og strømmende vatn.

Makrovegetasjon ble ikke observert.

Begroingsprøven viste en mosevegetasjon typisk for hele vassdraget med 2-3 arter av levermoser.

Påvekstalgene forekom i store mengder og besto av Stigonema, Scytonema og Mougeotia. I tillegg fantes forekomster av Rivulariaceae. Grønnalgene kunne forekomme som meterlange "tjafser".

Begroingen besto av blågrønne alger på moser som er typiske for vassdraget. Noe som skiller lokaliteten noe ut fra ovenforliggende lokaliteter var det store innholdet av Rivulariaceae.

Dessuten var grønnalgene uvanlig frodig utviklet.

Stasjon B30 - kartref. MK 309 973

Observasjonene er gjort i et rolig parti ved Sole.

Breddene var sumpete og myraktige med bestander av Deschampsia caespitosa, Molinia coerulea, Juncus filiformis, J. articulatus, Carex nigra, Ranunculus reptans og Eleocharis acicularis. Ute i elva, som hadde sandbunn, fantes Sparganium angustifolium og J. bulbosus. I tillegg var det forekomster av Isoetes echinospora, Carex tumidicarpa og Drosera intermedia.

På dysand fantes en del bestander av Sphagnum inundatum.

Lokaliteten viste liten trådformet begroing, bare et gråaktig belegg bestående av Mougeotia, Hormidium rivulare, Zygnema og Scytonema mirabile. Begroingsprøven viste et visst innhold av planktoniske alger. Den inneholdt dessuten desmidiaceae og alger som Amphicampa hemicyclus og Peronia erinacea.

Artssammensetningen i et slikt rolig parti i elva viste store forandringer fra elvestrekninger med strømmer og stryk. Bl.a. var den trådformige begroingen ved denne lokaliteten så og si minimal.

Stasjon B31 - kartref. MK 320 966

Observasjonene er gjort ovenfor Evje. Elveleiet hadde her sandig bunn.

Makrovegetasjonen var svært artsrik, bestående av Lobelia dortmanna, Isoetes lacustris, Juncus bulbosus, Isoetes echinospora, Sparganium sp. På løs sandbunn dominerte Isoetes echinospora og Juncus.

Kantvegetasjonen besto av Carex rostrata, strandform av Deschampsia caespitosa, Glyceria fluitans og Juncus filiformis. Dessuten fantes en større bestand av Potamogeton natans.

Sparsomme bestander av Nuphar lutea, samt Utricularia intermedia og U. ochroleuca ble funnet. På fastere bunn overtok Lobelia sammen med Isoetes echinospora. Innerst fantes blandingsbestander av Equisetum og Lobelia sammen med Carex rostrata og Ranunculus reptans.

Der bunnen var løs, var mektigheten av moser størst. Den var her 1/2 m tykt og flere meter bredt. Mosevegetasjonen besto hovedsakelig av Drepanocladus trichophyllis og Sphagnum inundatum.

Algesamfunnet besto av store mengder Zygnema sp. og en del diatoméer. Desstuen ble rødalgen Batrachospermum vagum observert.

Makrovegetasjonen var relativt artsrik, og sammensetningen viser at vannstanden tydeligvis holdes konstant.

Angående mose- og påvekstalger hadde denne lokaliteten en helt annen karakter enn foregående. Ingen blågrønnalger ble observert, derimot var Zygnema-veksten kraftigere enn på elvestrekningen ovenfor.

Forekomst av rødalgen Batrachospermum vagum kan være et utslag av forandring i bunnssubstratet eller lokale lysforhold, da det ikke er observert noen direkte forurensningsindikatorer ved lokaliteten

Stasjon B32 - kartref. MK 296 944

Observasjonene er gjort ved Fennefoss nedenfor Evje sentrum. Elveleiet var her steinet, og observasjonene ble gjort ved et fossefall.

Zygnemaveksten var kraftig. Sammen med Microspora cf. amoëna, Microspora sp., Horomidium rivulare, Ulotricial alge dannet Zygnema en grønnsvart begroing på moser og stein. Dessuten inneholdt vannfasen en del ciliater og flagellater.

Også denne lokaliteten viste en svært kraftig mose- og algebegroing. Forandringen i artssammensetningen og tilførsel av flagellater og ciliater kan tilsi en forandring i trofigraden.

Lenger ned i Otra, ved Hornnes, ble det observert store bestander av Juncus/Sparganium. Ved Daaselvi fantes Equisetum fluviatile, Carex rostrata, Nuphar og Sparganium/Juncus.

Av moser kan nevnes arter av levermose og Fontinalis.

Stasjon B33 - kartref. MK 291 914

Observasjonene er gjort ved Hornnes. Bunnen er steinet, men det er mye slam mellom steinene. Det ble observert enkelte spor av oljeflekker på vannoverflaten. Selve lokaliteten har et "snusket" og forsøplet utseende.

Elva var preget av Sparganium angustifolium og Juncus bulbosus samt en del Utricularia ochroleuca og en bestand av Littorella uniflora. Kantvegetasjonen var sparsom, den besto hovedsakelig av Juncus filiformis, Deschampsia caepitosa, Lobelia dortmanna, Isoetes echinospora og Equisetum fluviatile. Innenfor sto Calamagrostis canescens, Rorippa islandica, Ranunculus repens, Carex rostrata, Carex nigra, Eleocharis palustris og Juncus articulatus. Mosevegetasjonen besto for det meste av Marsupella aquatica og Racomitrium aquaticum.

Grågrønt slim på steiner og moser besto av Zygnema, Mougeotia, Horomidium og Microspora. Dessuten fantes tufser av Stigonema og Scytonema, samt ferskvannssvampen Spongilla lacustris.

Makrovegetasjonen var fremdeles dominert av Sparganium og Juncus. Samfunnet av påvekstalger viste større artsrikdom og en forskyvning mot grønnalger istedenfor blågrønnalger.

Elvestrekningen B30-33 var ikke direkte forurenset, men viste en forandring i trofigraden sammenlignet med ovenforliggende områder.

Stasjon B34 - kartref. MK 289 903

Observasjonene er gjort ved Breiflå.

Inne i bukter fantes bestander av Carex rostrata, iblandet med C. vesicaria og C. nigra. Utenfor ble det observert Equisetum fluviatile, Menyanthes trifoliata, Juncus filiformis, Galium palustre, Comarum palustre, Isoetes echinospora, sammen med store bestander av Lobelia dortmanna. Ellers fantes en del Juncus bulbosus og Sparganium angustifolium, samt Utricularia minor og U. ochroleuca. Det ble dessuten funnet sparsomme mengder av Myriophyllum alterniflorum, Isoetes lacustris, Subularia aquatica, Calamagrostis canescens og Nuphar lutea. Ute i selve elva var det store bestander av Juncus og Sparganium. Mosevegetasjonen besto stort sett av Sphagnum inundatum og Scapania sp.

Lokaliteten viste store mengder påvekstalger, dominert av Lyngbya (1,5 - 2 µm) og Lyngbya (3 - 5 µm). Dessuten ble det også funnet arter av blågrønnalgene Hapalosiphon sp. og Croococcus sp., samt en del smale Oscillatoriaceae. Mosene var bevokst med et svakt slim av Zygnema. Ved lokaliteten ble det også funnet Spongilla.

Bestandene av Juncus og Sparganium var fremdeles store, men ikke så dominerende for denne lokaliteten som på elvestrekningene ovenfor.

Påvisning av desmidiaceae kan tilsi surt miljø. Dessuten ble det funnet en del blågrønnalger ved denne lokaliteten, noe som kan tilsi forurensning.

Stasjon B35 - kartref. MK 293 832

Observasjonene er gjort ved Hornekilen og Kilefjord.

Vannstanden på observasjonsdagen var lik biologisk normalvannstand (BNV) ifølge Carex. Selve elva har ved lokaliteten ganske fast, sandig bunn. Området omkring er et våtmarksområde.

Makrovegetasjonen på våtmarksområdet utgjordes av Lysimachia thyrsiflora, Juncus filiformis, Poa palustris, Equisetum fluviatile, Galium palustre, med Carex rostrata, Juncus alpinus og C. tumidicarpa i ytre del.

Ute i selve fjorden fantes bestander av Juncus bulbosus, Lobelia dortmanna, Utricularia ochroleuca, U. vulgaris, Carex nigra, Sparganium angustifolium, Litorella uniflora, Isoetes echinospora og Subularia aquatica.

Mosevegetasjonen var svært sparsom på denne lokaliteten.

Samfunnet av påvekstalgler ble dominert av et betydelig innhold av Zygnema, samt grønnalgene Microspora spp., Hormidium rivulare og Ulotricales.

Makrovegetasjonen ved denne lokaliteten viste ingen særlig dominerende arter. Blågrønnalge/mose-konstellasjonen var borte ved denne lokaliteten, noe som kan skyldes liten mosevegetasjon og lokale bunnforhold.

Innholdet av grønnalgene Microspora spp., Hormidium rivulare og Ulotricales tilsier en viss tilførsel av plantenæringsstoffer.

Stasjon B36 - kartref. MK 283 753

Observasjonene er gjort ved Kile.

Strandsonen er steinet. Vegetasjonen i strandsonen besto av Carex nigra, noe C. rostrata, Juncus filiformis, Molinia coerulea, noe Phalaris arundinacea, Deschampsia caespitosa og sparsomme bestander av Ranunculus reptans. Noe lenger utover fantes Sparganium angustifolium og blad av Nuphar lutea. Begge disse, og særlig Sparganium, opptrådte meget rikelig på andre siden av en gammel jernbanefylling. Ute i vannet fantes dessuten rikelige mengder Juncus bulbosus og bestander av Equisetum fluviatile og Eleocharis acicularis. Moser ble ikke observert.

Algesamfunnet ble dominert av Stigonema mamillosum og Mougeotia sp.

Lokaliteten viste enkelte likheter med strekningene B8-14 og B21-26, både når det gjelder makrovegetasjonen og samfunnet av påvekstalger.

Stasjon B37 - kartref. MK 329 741

Observasjonene er gjort ved Gåseflå.

Kantvegetasjonene var sparsom, bestående av relativt mye Isoetes echinospora, samt Molinia coerulea og Juncus filiformis. Ellers fantes en del Lobelia dortmanna, Sparganium angustifolium, Juncus bulbosus og svært sparsomme bestander av Carex nigra. Det ble dessuten observert moser av Bryum-slekten.

Lyngbya sp. (3-5 µm) og Hormidium sp. dominerte i algesamfunnet. Ellers ble det observert alger som Hapalosiphon sp., Scytonema mirabile og Mougeotia sp.

Både makro- og mosevegetasjonen, samt algeveksten var sparsom ved denne lokaliteten.

Stasjon B38 - kartref. MK 353 728

Observasjonene er gjort ovenfor Iveland kraftstasjon. Elveleiet er nesten uttørket og steinet.

Det ble funnet en del moser i stryk, men på permanente våte steder var det mest påvekstalger.

Zygnema (ca. 70 µm) dominerte algesamfunnet ved denne lokaliteten. Dessuten fantes store mengder av Scytonema mirabile.

På grunn av vannføringen (svak og ustabil) viste lokaliteten en kraftig begroing, spesielt av Zygnema, men ingen forurensningstendenser er observert.

Stasjon B39 - kartref. MK 364 718

Observasjonene er gjort ved nordre del av Nomelandsdammen.

Makrovegetasjonen besto hovedsakelig av Juncus bulbosus, Isoetes echinospora, Carex rostrata, og sparsomme bestander av Lobelia dortmanna og Sparganium angustifolium.

Ved siden av et lite innslag av Zygnema var det blågrønnalgene cf. Horموthrix, Lyngbya sp. (3-5 µm) og Scytonema mirabile som dominerte algesamfunnet.

Lokaliteten hadde svært sparsom vegetasjon, og begroingen var liten. Ut fra algesammensetningen kan lokaliteten betegnes som "ren".

Stasjon B40 - kartref. MK 397 623

Observasjonene er gjort ved nordenden av Venneslafjorden. På lokaliteten var det svakt strømmende vatn med en viss slamtransport, muligens fra Stensfoss kraftverk. Bunnen var nokså slampreget. På observasjonsdagen var vannstanden omtrent lik biologisk normalvannstand ifølge Carex-samfunnet.

Lokaliteten viste store bestander av Juncus bulbosus. Kantvegetasjonen besto av Carex rostrata, Molinia coerulea, C. tumidicarpa, C. nigra og Juncus articulatus. Ute i vannet fantes store mengder Lobelia dortmanna, samt Isoetes echinospora, Littorella uniflora, Utricularia vulgaris, steril Callitriche sp. og Sparganium angustifolium. Dessuten fantes strandform av Deschampsia, Ranunculus reptans, Juncus filiformis og oppskylte blader av Isoetes lacustris.

Mosevegetasjonen ble dominert av Sphagnum inundatum, Blindia acuta og Marsupella aquatica.

Dominante arter i algesamfunnet var Scytonema mirabile, Zygnema sp. (17-23 µm) og Lyngbya sp. (3-5 µm). Det ble dessuten observert en del smale arter av Oscillatoriaceae. I vatnet var det en del drivende algematter.

Lokaliteten viste en del fellestrekk med B38 og B39, spesielt med hensyn til algesammensetningen. Makrovegetasjonen var her igjen dominert av Juncus bulbosus.

Elveavsnittet B35-40 var trolig uten forurensninger. Vegetasjonssammensetningen på disse stasjonene var relativt lik med små lokale variasjoner. En del alger som har slått seg ned i ovenforliggende elveavsnitt, vil alltid bli å finne i varierende grad i områdene nedenfor dersom muligheten for kolonialisering og vekst er tilstede.

6.2.2 Viktige begroingsalger i Otravassdraget

Begroingsalgenes økologiske krav er ufullstendig kjent. Vi kan derfor bare angi egenskaper til de viktigste algartene i stikkordmessig form.

BLÅGRØNNALGER

- Hormeoithrix nordstedtii var. salisburgensis

Registret én gang tidligere - Salzburg i Østerrike. Kan indikere næringsfattige forhold.

- Lyngbya sp. (3-5 µm)

Observert 1. gang på B13. Slekten Lyngbya finnes i alle typer vann, men det er ikke mulig å bestemme denne arten.

- Scytonema mirabile

Observert 1. gang på B3. Trolig en rentvannsalge.

- Stigonema mamillosum

Vanlig begroingsalge i hele Norge - rentvannsalge. Finnes på svært ulike lokaliteter, men aldri hvis forurensningsbelastet.

GRØNNALGER

- Bulbochaete sp.

Artene vokser stort sett på forholdsvis "rene" lokaliteter under oligotrofe forhold.

- Microspora tumidula

Kosmopolitt. Trolig i bløtt vatn (kun få referanser om denne algen).

- Hormidium rivulare

Bare observert i nedre deler av vassdraget - fra stasjon B30.

- Mougeotia sp.

Mange arter, sammen med Zygnema, tilhører de oligosaprobe Zygnema-samfunn i rennende vatn.

- Zygnema sp. (17-23 µm)

Denne Zygnema-arten (ikke navngitt) er kjent fra flere norske oligotrofe elver.

KISELALGER

- Tabellaria flocculosa

En usedvanlig tolerant alge som finnes i så og si alle vatn, spesielt i sure vatn med en viss grad av forurensning (f.eks. Otra nedenfor Vennesla).

RØDALGER

- Batrachospermum vagum

Denne algen hører til i de oligosaprobe Zygnema-elvene som er godt kjent i Finnland - Sverige - Norge.

6.2.3 Sammenfattende inntrykk av OTRAS samfunn av begroingsalger

Store deler av Øvre Otra er et typisk eksempel på en oligosaprob Zygnema-elv. De fleste "algeingredienser" som nevnes i den forbindelse er funnet i Otra (tabell 6-3). I tillegg ser næringsforholdene til å være like over store deler av vassdraget. De innsamlede prøvene gir inntrykk av et meget karakteristisk samfunn, bestående av få, men meget veletablerte og velutviklede algekomponenter.

Typisk for hele vassdraget:

Moser med algebegroing bestående av følgende arter:

- Stigonema mamillosum
- Scytonema mirabile
- Hormeothrix nordstedtii var salisburgensis

På tross av dette viser elva en utvikling i begroingssamfunnet mot:

- a) flere arter, som kan skyldes - eldre samfunn
 - miljøbetingelser tillater ikke artene å kolonisere høyere oppe i elva.
- b) arter som ikke er kjent som ekstremt oligotrofe.
- c) større variasjoner i begroing fra én stasjon til de neste (gjelder særlig fra B30 til B40).

Den synkende stabilitet i begroingssamfunnene nedenfor st. B30 (Evjeområdet) kan rimeligvis skyldes lokale forurensningsvirkninger. Materialet er imidlertid noe spinkelt til å gi helt sikre konklusjoner om dette.

6.2.4 Moser

Ideler av Otra-vassdraget utgjør moser et viktig innslag i begroingssamfunnene (tabell 6-4).

De viktigste artene er levermoser (slektene Scapania og Marsupella) og bladmosene Racomitrium aquaticum, Blindia acuta og Sphagnum inundatum (S. subsecundum var. inundatum). Fontinalis-arter, spesielt F. dalecarlica, kan stedvis opptre i større mengder.

Levermosene og bladmosene Blindia og Racomitrium er karakterarter for strykparter og elvestrekninger med stor vannhastighet. Disse mosene (og spesielt Racomitrium) tåler noe tørrlegging og vokser gjerne på stein- eller blokkunderlag.

Sphagnum er karakterart for dypvannsområder av Otra-vassdragets innsjøer; dessuten forekommer Sphagnum i strandområder der organisk materiale akkumuleres. Sphagnum er således ikke sjelden i terskeldammene.

Øvrige bladmoser (eks. Drepanocladus trichophyllus) forekommer spredt langs vassdraget, og det er vanskelig å trekke slutninger om eventuelle miljøtyper som disse artene kan indikere.

Sammenfatning: moser

Otras mosevegetasjon er godt utviklet langs hele vassdraget. Spesielt fremtredende er mosene i strykpartiener. På elvestrekninger med lav (regulert) vannføring har mosene mindre forekomst; spesielt gjelder dette terskeldammene.

Alle levermosene og de fleste bladmosene observert i vassdraget er nøysomme arter, og forsterker inntrykket av vassdragets næringsfattige tilstand.

Tabell 6-3. Fortsatt.

STASJON NR.	B21	B22	B23	B24	B25	B26	B28	B29	B30	B31	B32	B33	B34	B35	B36	B37	B38	B39	B40
ART/SYSTEMATISK GRUPPE																			
CYANOPHYCEAE																			
Aphanocapsa sp.													1						
Chamaesiphon spp.																			
Chroococcus turgidus (Kütz.) Nägeli													1						
Dichothrix cf. gypsophila (Kütz.) Bornet & Flabault																			
Hapalosiphon sp.													2	1		2			
Hormeoithrix nordstedtii var. salis- burgensis (Beck) Komáreck & Kann				2	3	1		3							1			3	1
Lyngbya sp. (3-5 µ)									1			1	4	1		3		2	2
Lyngbya sp. (1,5-2 µ)													2						
Merismopedia elegans A. Braun										1									
Merismopedia glauca (Ehrenb.) Nägeli									1										
Merismopedia punctata Meyen							2												
Oscillatoria spp.											2	1							
Oscillatoriaceae (2-3 µ)																1			
Plectonema sp.													1	1					
Pseudanabaena sp.																			
Schizothrix sp.																			
Scytonema mirabile (Dillw.) Bornet			2	2	3	2		2	1				3		2	2	3	2	3
Stigonema mamillasum (Lyngb.) Ag.	2	1		3	3	1		2					3		1	3			
Stigonema ocellatum (Dillw.) Thuret																1			
CHLOROPHYCEAE																			
Bulbochaete sp.							1								1			1	
Epipyxis sp.							1												
Grønnalge (kokkale celler i gelatinøs koloni)						1													
Hormidicum rivulare Kütz.									2			2	2		2			3	
Hyalotheca mucosa (Mert) Ehrenb.													1						
Microspora amoena (Kütz.) Rabh.												2	2		1			1	
Microspora tumidula Hazen	2	1	2	2															
Microspora sp.				2	2	1						2	1	2	2				
Mougeotia sp.	2	2	2	1			2	2	2			1	2		2	3	2		1
Oedogonium sp. (7 µ)								1		2	1		1						
Netrium oblongum (De Bary)Lütkem.			2			1			1										
Penium sp.																			1
Scenedesmus sp.																			
Ulothrixal alge						1						2			2	1	1		
Zygnema sp. (17-23 µ, svart)	4	4	4	3	3	4	4	3	2	3		2	1	4	2		4	2	3
Zygnema sp. (20-25 µ, grågrønn)												3	1						
BACILLARIAPHYCEAE																			
Amphicampa hemicyclus (Ehrenb.)Karsten										1				1					
Fragilaria capucina Desmaz.															1				
Frustulia rhomboides (Ehrenb.) De Toni																			
Peronia erinaceae Berb. et Arn.										1									
Tabellaria fenestrata (Lyngb.) Kütz.													1						
Tabellaria fiocculosa (Roth.) Kütz.)				1		1	1		1					1		1	1	1	1
Uspesifiserte pennate diatomer														2	1				
RHODOPHYCEAE																			
Batrachospermum vagum (Roth)C.A.Ag.											3								
Lemanea																			
YMSE																			
Bakterier																			
Flagellater												2	1	1					
Ciliater												1							
Spongilla (ferskvannssvamp)													3	2		2			3

Tabell 6-4 Mosevegetasjon i Otravassdraget.

		BIOLOGI (B) STASJON NR.:																			
ART		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<i>Blindia acuta</i>		x	x	x	x				x	x	x	x		x	x						x
<i>Cephalezia</i> sp.					x					x											
<i>Drepanocladus fluitans</i>																		x			
<i>Drepanocladus trichophyllus</i>																x		x			x
<i>Fontinalis antipyretica</i>		x							x	x						x		x			x
<i>Fontinalis dalecarlica</i>		x																			
<i>Marchantia polymorpha</i>																					
<i>Marsupella aquatica</i>				x					x	x	x			x	x						x
<i>Nardia compressa</i>				x					x	x	x			x	x						
<i>Oligotrichum</i> sp.										x											
<i>Pogonatum nanum</i>																					
<i>Polytrichum</i> sp.											x										
<i>Racomitrium aquaticum</i>		x	x	x	x	x		x		x	x	x	x	x	x		x				x
<i>Scapania undulata</i>											x	x	x	x	x						
<i>Scorpidium scorpooides</i>		x																			
<i>Sphagnum subsecundum</i> v. <i>inundatum</i>		x					x	x	x			x				x		x	x		x

Tabell 6-4 Fortsatt.

BIOLOGI (B) STASJON NR.:

ART	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
<i>Blindia acuta</i>	x			x	x	x			x			x					x			x
<i>Cephalozia</i> sp.											x									
<i>Drepanocladus fluitans</i>																				
<i>Drepanocladus trichophyllus</i>							x	x		x	x				x					
<i>Fontinalis antipyretica</i>					x			x	x		x	x								
<i>Fontinalis dalecarlica</i>																				
<i>Marchantia polymorpha</i>							x		x											
<i>Marsupella aquatica</i>	x			x	x				x			x	x				x			x
<i>Nardia compressa</i>																				
<i>Oligotrichum</i> sp.																				
<i>Pogonatum nanum</i>			x																	
<i>Polytrichum</i> sp.			x																	
<i>Rhacomitrium aquaticum</i>	x	x		x	x				x			x	x			x	x	x	x	x
<i>Scapania undulata</i>	x			x								x		x			x			x
<i>Scorpidium scorpioides</i>																				
<i>Sphagnum subsecundum</i> v. <i>inundatum</i>							x	x		x	x		x	x	x	x	x			x

6.2.5 Høyere vegetasjon i hovedvassdraget.

Høyere vegetasjon i vann er et vidt begrep som omfatter en mangfold av livsformer og systematiske grupper. En forenklet oppdeling etter levevis og fysiognomi er:

- isoetider: kortskuddsarter, oftest med blad samlet i en rosett ved basis. Næringsopptak skjer vesentlig fra bunnen. Mange isoetider er ettårige; disse artene er gjerne ytterst småvokste og kalles med et treffende uttrykk for "pusleplanter". Spesielt de ettårige isoeetidene er karakterarter for oversvømmingsdelen av strandsonen. Alle arter regnes for å være konkurransesvake, og de fleste indikerer klart næringsfattige forhold.
- nymphaeider: flytebladsplanter; arter med den vesentligste delen av bladmassen utviklet som flyteblader på vannoverflaten. Næringsopptak vesentlig fra bunnen. De fleste artene er vanligst i stillestående eller sakteflytende vann (f.eks. Nymphaea, Potamogeton natans), mens andre er knyttet til strømmende vann (bl.a. Sparganium).
- elodeider: langskuddsarter; undervannsplanter med hovedsakelig undervannsblader. Næringsopptak fra omgivende vann, dessuten i vekslende grad også fra bunnen. Elodeidene er typisk for mer næringsrike (eutrofe) lokaliteter, men noen arter forekommer helst under mer næringsfattige (oligotrofe) forhold: f.eks. Myriophyllum alterniflorum og Juncus bulbosus.
- lemnider: flytere; små frittflytende vannplanter med blad på eller like under vannoverflaten. Næringsopptak skjer direkte fra omgivende vannmasser, og stor forekomst av dette vegetasjonselementet henger alltid sammen med rik næringstilgang. Lemnider finnes gjerne i stillestående eller meget sakteflytende vann.
(lemnider finnes ikke i Otra-vassdraget)
- overvannsvegetasjon: et samlebegrep for en uensartet gruppe av planter som vokser i strandnære områder og har det meste av bladmassen over vann. Gruppen omfatter såvel sterkt som svakt akvatiske arter; de mest utpreget akvatiske kalles ofte helofytter, men avgrensning mot generelle myr- og sumpplanter er vanskelig.
Artene forekommer både under oligotrofe og eutrofe forhold.

Mulighetene for etablering av høyere vegetasjon varierer sterkt i Otra-vassdraget. Disse plantene er i mer eller mindre stor grad knyttet til finkornede bunnslag, dvs. sand, silt og leire. Sterkt organiske bunnslag (dy) kan også tjene som vekstunderlag.

Artsantallet i Otra er lavt, (tab. 6-5) og det er i stor grad lite næringskrevende (oligotrofe) arter som forekommer. I undervannsvegetasjonen er det ingen arter som er bundet til bruk av bikarbonat for fotosyntesen (Myriophyllum alterniflorum kan bruke bikarbonet, men ser ut til å ta CO₂ i bruk ved lavt innhold av bikarbonat). Vegetasjonen avspeiler derfor miljøbetingelsene som Otra-vassdraget setter.

Blant artene i makrovegetasjonen er særlig Juncus bulbosus og Sparganium angustifolium framtreddende i vassdraget. Disse er spesielt dominerende på elvestrekningene nedenfor Brokke kraftverk. Endret vannføringsmønster kan ha gitt opphav til dette.

Ellers er det en klar tendens til økende planteforekomster nedover i Otra-vassdraget. Dette kan ha sammenheng med gunstigere vekstforhold der vassdraget renner gjennom større løsavsetninger. Den høyere vegetasjonen utenom Sparganium/Juncus får kvantitativ betydning på elvestrekningene fra Evje og nedover.

I de regulerte områdene med lav vannføring er høyere vegetasjon av liten betydning, unntatt Valle hvor tilgroing gjør seg lokalt gjeldende.

6.2.6 Bunnvegetasjon i innsjøene: reguleringsvirkninger.

Bunnvegetasjonsfunnene i vassdragets innsjøer er undersøkt ved hjelp av stereofotograferingsmetoden (Rørslett m.fl. 1978). Data er samlet inn fra Venneslafjord, Kilefjord, Byglandsfjord, Åraksfjord, Flåren, Bykil, Hartevatn og Breidvatn. Ved dykking ble dyp ned til omlag 20 m undersøkt der dette lot seg gjennomføre.

Ved analyse av bildematerialet er alle prøvedyp korrigert i forhold til medianvannstand. For øvrige detaljer om bildebehandlingen, se NIVA 1978: Rapport 0-133/77 Hartevatn og regulering av Øvre Otra.

Vegetasjonsforholdene i de sterkest regulerte innsjøene (Hartevatn, Breidvatn og Byglandsfjord) lar seg ikke lett tolke direkte på grunnlag av de eksisterende data.

Dette skyldes at strukturen i vegetasjonssamfunnene er mer eller mindre ødelagt, slik at man nå bare finner fragmenter av de opprinnelige samfunnene.

Data fra undervannsbilder ble i NIVAs tidligere rapport (O-133/77) underkastet en numerisk analyse (klassifikasjon etter den såkalte "klynge"-analyse-metoden). Her ble det bl.a. funnet at innsjøenes vegetasjonssamfunn var fragmentariske (jfr. ovenfor); dessuten viste det seg å være betydelige ulikheter innsjøene mellom. Dette ble så igjen satt i forhold til den effektive regulerings høyden i hver innsjø. De regulerte innsjøenes samfunnsfragmenter kan utledes av vegetasjonsstrukturene i vassdragets minst regulerte innsjøer (Venneslafjord og Kilefjord). En mer inngående analyse er gjort på vegetasjonsdata fra disse innsjøene, ved hjelp av numerisk-statistiske metoder.

Artene observert på undervannsbilder i Venneslafjord og Kilefjord er stilt sammen med dybdeforekomst på fig. 6-1. Bare arter med observasjonsfrekvens $> 5\%$ er tatt med. For hver art er tyngdepunktet (Z_w) i dybdeutbredelsen beregnet (jfr. NIVA 1978). Artene viser en klar overlapping i dybdeutbredelsen.

Bilddata er deretter analysert ved en egenverdi/egenvektor-metode, kalt "Reciprocal averaging" (Hill, 1973). Metoden genererer et sett akser som "forklarer" mest mulig av variasjonene i datamassen.

Resultatene er framstilt på fig. 6-2. Akse 1 + 2 "forklarer" i denne analysen ca 74 % av den observerte totalvarians i datasettet.

Stiller vi artenes posisjon på akse 1 sammen med deres dybde-tyngdepunkt (fig. 6-3) kommer det fram et klart mønster. Akse 1 representerer artenes dybdegradient (deres "økologiske nisje"). Akse 2 kan i lys av dette forklares som heterogenitet mellom artenes nisjer (manglende "overlapping" i samme dyp). Dette er spesielt tydelig for Isoetes lacustris,

som ofte danner "enger" med ubetydelig innslag av andre arter.

Sphagnum subsecundum v. inundatum (= S. inundatum), Spongilla lacustris og Utricularia minor danner et karakteristisk dypvannssamfunn.

Lobelia dortmanna, Littorella uniflora og Juncus bulbosus utgjør et gruntvannssamfunn.

Hovedtrekkene i denne vegetasjonsanalysen stemmer vel overens med de samfunnsgrupper som kom fram ved "klyngeanalyse" på det totale sett av data om undervannsvegetasjon i vassdragets innsjøer (NIVA 1978, 0-133/77).

Det er nå klart at dybdegradienten spiller en vesentlig rolle for utvikling av bunnvegetasjonen. Dette forklarer imidlertid ikke hvorfor spesielt Hartevatn har så fattig og svakt utviklet undervannsvegetasjon (vesentlig Sphagnum og noe Nitella sp., jfr. NIVA 1978).

Ved å beregne det karakteristiske dyp

$$Z_c = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij}} \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Z_j \cdot a_{ij} \right)$$

hvor

Z_i : korrigert dyp for i.te prøveflate

n : antall prøveflater

a_{ij} : relativt areal for j.te art i i.te prøveflate

m : antall arter

får vi et integrert mål på bunnsamfunnets dybdeforekomst.

Setter vi Z_c -verdiene opp mot (nominell) reguleringshøyde, får vi resultatet vist i fig. 6-4. (Legg merke til at Z_c beregnes på grunnlag av avvik fra medianvannstand og derfor blir negativ.) Det er en meget klar og statistisk signifikant korrelasjon mellom det karakteristiske dyp (Z_c) og innsjøenes reguleringshøyde.

Økende reguleringshøyde medfører at bunnsamfunnene etablerer seg på dypere vann. Dette betyr igjen at f.eks. lysforhold og hydrostatisk trykk gir et mindre gunstig levemiljø for langsomtvoksende, flerårige arter (f.eks. Isoetes lacustris) når reguleringshøyden i en innsjø stiger. I tillegg kommer risiko for tørrlegging, selv på større dyp. Eksempelvis er det i Hartevatn ved dyp 5 m under medianvannstand ca 10 % sjanse for tørrlegging (jfr. fig. 2-4).

Vi observerer også på undervannsbildene en betydelig nedslamming av f.eks. Isoetes lacustris. Denne nedslammingen øker mot dypet (fig. 6-5) og er mest markant i de sterkest regulerte innsjøene (f.eks. Byglandsfjord). Der Isoetes lacustris forekommer ved sin nedre dybdegrense i disse innsjøene, stikker bladspissene knapt over sedimentoverflaten.

Tabell 6-5. Høyere vegetasjon i Otravassdraget.

BIOLOGISTASJON (B) NR.:

* ART	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
O Achillea ptarmica																		x		x
O Aprostis stolonifera																		x		x
H Alisma plantago-aquatica																		x		
O Calamagrostis canescens																		x		
E Callitriche hamulata											x									
E Callitriche verna		x																x		
E Callitriche sp.			x						x											
O Carex echinata																				
H Carex lasiocarpa						x		x												
H Carex nigra		x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
H Carex nigra v. juncea (=C. juncella)		x						x			x	x				x		x		x
H Carex rostrata		x		x		x		x	x	x		x				x		x		x
O Carex saxatilis								x												
H Carex tumidicarpa																		x		x
H Carex vesicaria																		x		
H Comarum palustre																		x		
O Deschampsia caespitosa		x	x															x		x
O Drosera intermedia																		x		x
I Eleocharis acicularis						x														
H Eleocharis palustris																			x	
H Equisetum fluviatile		x	x			x											x		x	
O Eriophorum angustifolium				x		x		x		x	x							x		x
O Galium palustre																				x
N Glyceria fluitans																				
H Hippuris vulgaris			x																	
I Isoetes echinospora		x				x		x												
I Isoetes lacustris		x	x								x					x				
O Juncus alpinus				x														x		x
O Juncus articulatus						x	x													x
E Juncus bulbosus						x		x	x	x	x		x		x	x	x	x		
H Juncus filiformis		x	x	x	x	x	x										x	x	x	x
I Littorella uniflora																				
I Lobelia dortmanna																	x		x	
H Lysimachia thyrsiflora																			x	
H Menyanthes trifoliata																				
O Molinia coerules																			x	x
E Myriophyllum alterniflorum									x										x	x
N Nuphar lutea																				
H Phalaris arundinacea																				
O Poa palustris																			x	
N Potamogeton natans																				
O Ranunculus repens																			x	
I Ranunculus reptans			x			x	x	x											x	x
O Rorippa islandica																				x
N Sparganium angustifolium		x	x		x		x		x		x	x				x	x	x		x
I Subularia aquatica			x			x														
E Utricularia intermedia																				
E Utricularia minor																				x
E Utricularia ochroleusa																				x
E Utricularia vulgaris																			x	x
O Veronica scutellata																			x	x

* Artene er inndelt i vegetasjonselementene

I : Isoetider

N : Nymphaeider

E : Elodeider

H : Helofytter

O : Annen overvannsvegetasjon

Tabell 6-5 Fortsatt.

BIOLOGISTASJON (B) NR.:

* ART	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
O Achillea ptarmica							x									x				x
O Agrostis stolonifera							x	x		x						x				x
H Alisma plantago-aquatica																x				x
O Calamagrostis canescens													x	x		x				
E Callitriche hamulata																				
E Callitriche verna																				x
E Callitriche sp.																				x
O Carex echinata																x				
H Carex lasiocarpa																				
H Carex nigra	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
H Carex nigra v. juncea (=C.juncella)	x																			
H Carex rostrata							x	x		x		x	x	x	x	x	x		x	x
O Carex saxatilis																				
H Carex tumidicarpa										x						x				x
H Carex vesicaria															x					
H Comarum palustre															x	x				
O Deschampsia caespitosa							x	x	x	x	x	x			x	x	x	x		x
O Drosera intermedia											x									
I Eleocharis acicularis							x	x		x										
H Eleocharis palustris							x						x							x
H Equisetum fluviatile							x	x		x		x	x	x	x	x	x			x
O Eriophorum angustifolium								x												
O Galium palustre															x	x	x			x
N Glyceria fluitans								x			x									x
H Hippuris vulgaris																				
I Isoetes echinospora							x	x		x	x	x	x	x	x	x	x			x
I Isoetes lacustris											x				x	x	x	x		x
O Juncus alpinus																x	x	x		x
O Juncus articulatus								x		x			x		x	x				x
E Juncus bulbosus	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
H Juncus filiformis	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
I Littorelia uniflora														x	x	x	x			x
I Lobelia dortmanna								x			x		x	x	x	x				x
H Lysimachia thyrsiflora																x	x			x
H Menyanthes trifoliata															x					
O Molinia coerulea							x	x		x							x	x		x
E Myriophyllum alterniflorum								x							x	x	x			x
N Nuphar lutea											x				x					
H Phalaris arundinacea																				x
O Poa palustris																x	x			x
N Potamogeton natans												x								
O Ranunculus repens															x					x
I Ranunculus reptans	x	x	x				x	x		x	x				x	x				x
O Rorippa islandica																x				x
N Sparganium angustifolium	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
I Subularia aquatica							x	x							x	x	x			
E Utricularia intermedia																				
E Utricularia minor																x	x	x	x	
E Utricularia ochroleuca																x	x	x	x	x
E Utricularia vulgaris								x									x	x	x	x
O Veronica scutellata																				x

* Artene er inndelt i vegetasjonselementene

- I : Isoetider
- N : Nymphaeider
- E : Elodeider
- H : Helofytter
- O : Annen overvannsvegetasjon

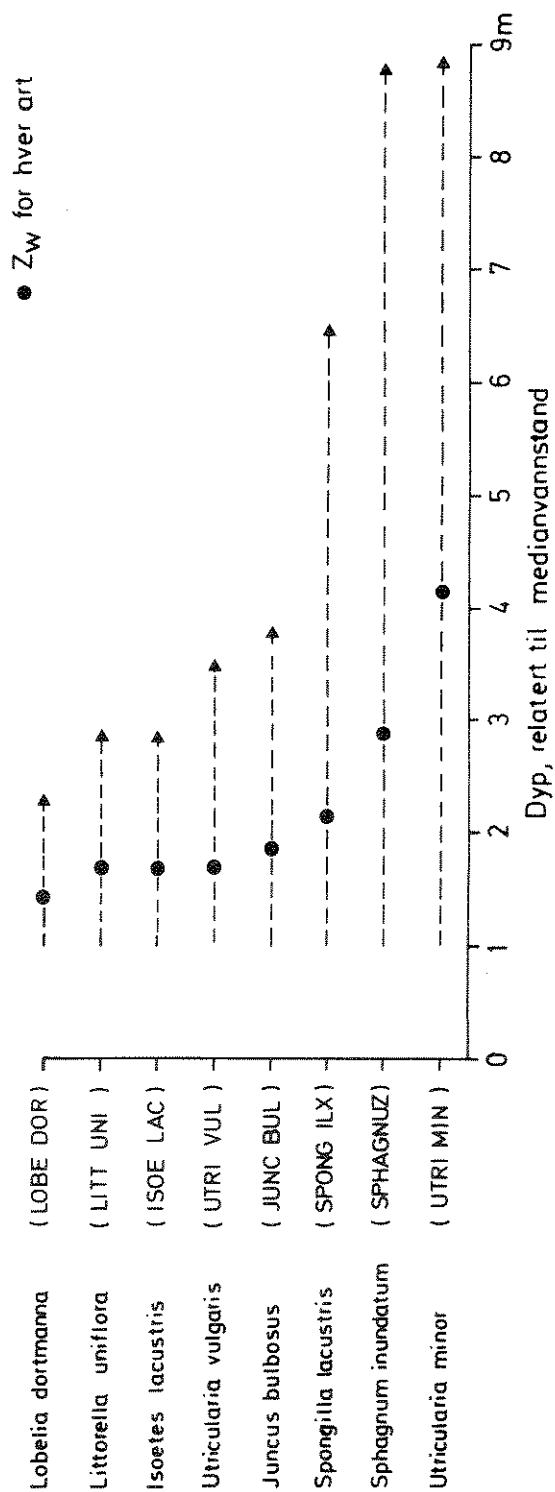


Fig. 6-1. Dybdefordelingen av undervannsvegetasjoner fra en representativ lokalitet (Venneslafjord). Se tekst for forklaring av tyngdepunkt (Z_w).

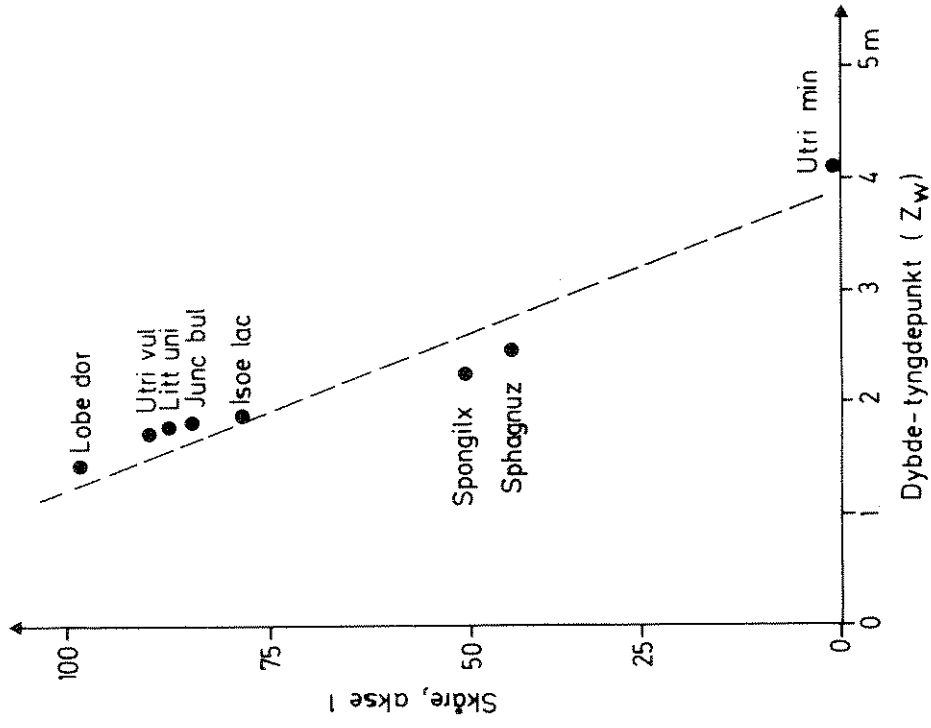
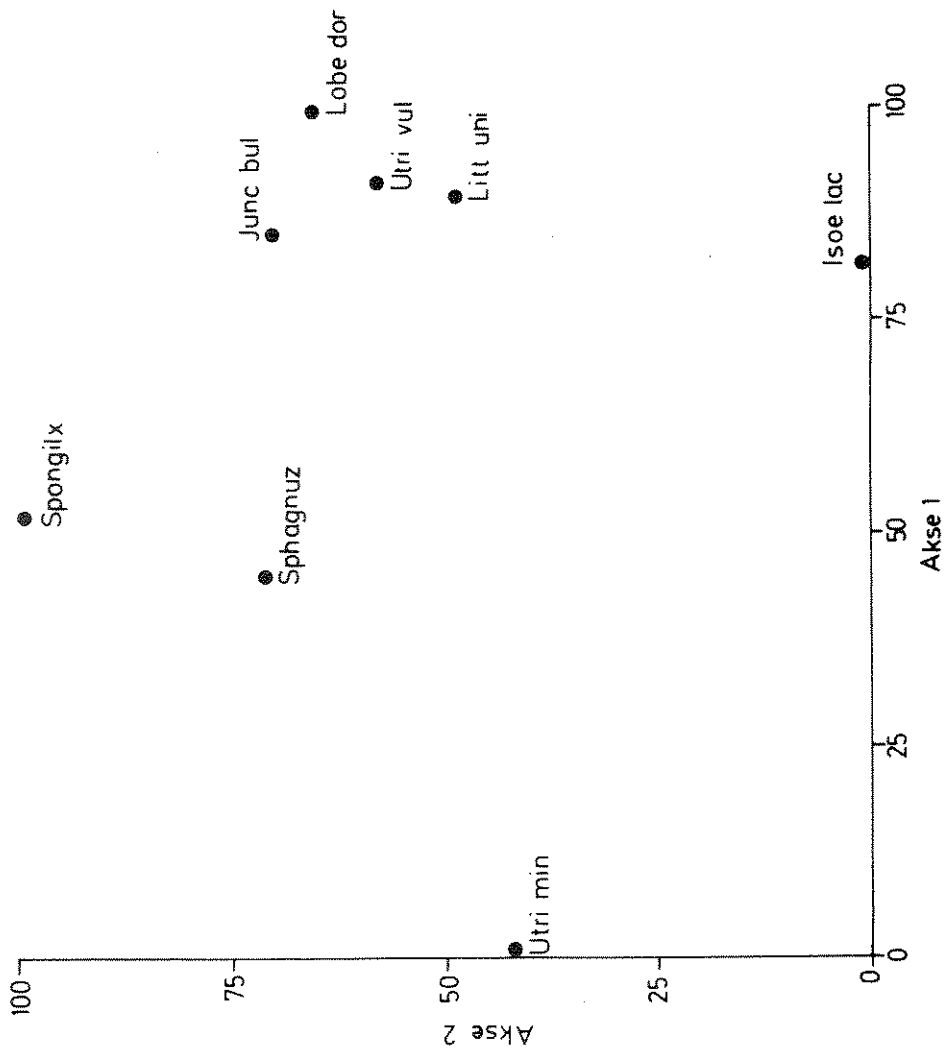


Fig. 6-2. Ordinasjon av vegetasjonsdata fra Otrra-innsjøene. Fig. 6-3. Sammenheng mellom skåre på ordinasjonsakse 1 og dybde-tyngdepunkt (data fra fig. 6-1 og 6-2). Det er klar sammenheng mellom vegetasjonsstruktur og dybdefordeling.

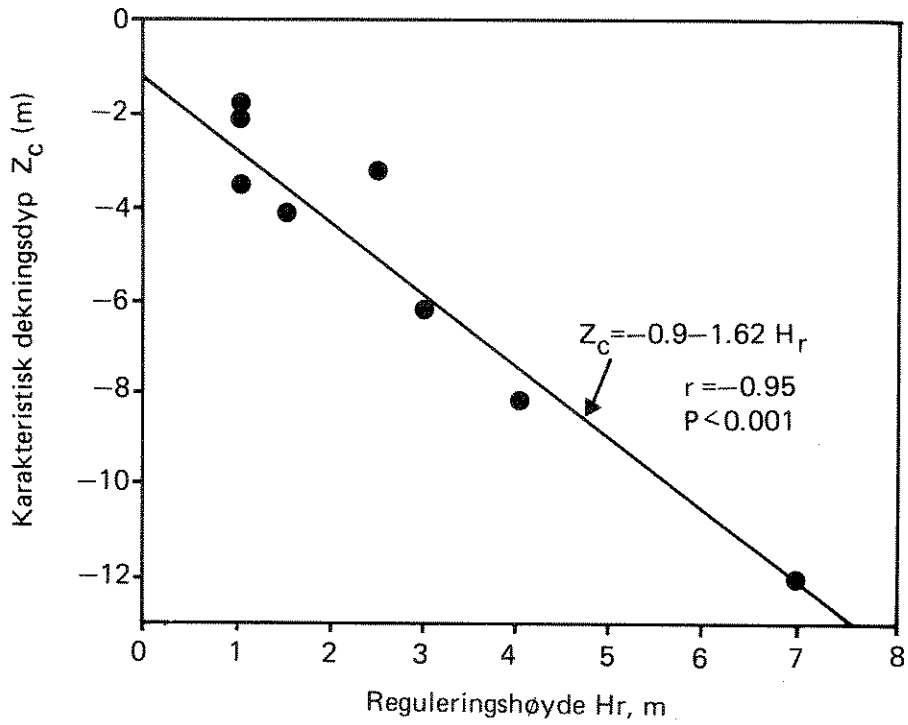


Fig. 6-4. Sambandet mellom vegetasjonens tyngdepunkt og nominell reguleringshøyde.

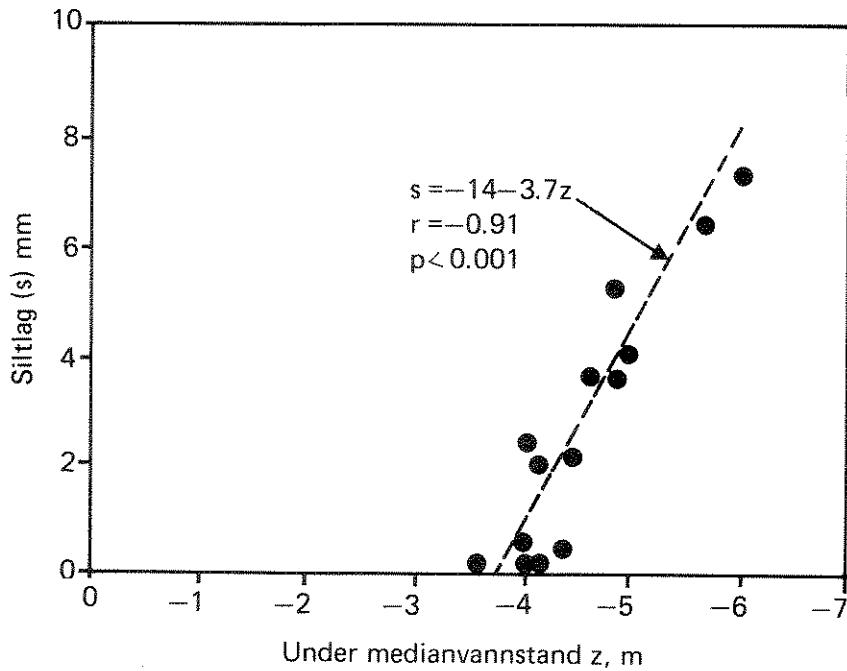


Fig. 6-5. Sambandet mellom nedslamming av *Isoetes lacustris* (stivt brasmegras) og plantenes dybdeforekomst (Åraksfjord).

7. DISKUSJON OG GJENNOMGANG AV OPPNÅDDE RESULTATER

7.1 Innledning

I dette avsnittet vil vi punktvis gjennomgå resultatene fra 1976-77 års undersøkelser i Otravassdraget. Eldre data er inkludert i de faglige avsnittene foran i rapporten, og vil bare bli trukket fram der de kan belyse eventuelle endringer i vassdraget.

Delavsnittene under avsnitt 7 har tilsvarende nummerering som fagavsnittene i rapporten.

7.2 Vannføring og vannstand

7.2.1 Vannføring i Otravassdraget

Vannføringsdata er behandlet i form av varighetskurver og som "power"-spektra over vannføringsfrekvenser. (Fig. 2-1, 2-3, 2-7, 2-8).

Otra forbi Valle har fått betydelig endret vannføring fra 1969, sammenliknet med perioden 1945-63. Mediumvannføringen, definert som 90-persentil i varighetskurven, er endret fra $23 \text{ m}^3/\text{s}$ til $2 \text{ m}^3/\text{s}$.

Frekvensanalyser (variansspektra) viser at langtidsvariasjoner (frekvens $1-4 \text{ år}^{-1}$) gjør seg sterkt gjeldende. Dette har sammenheng med flommønsteret i vassdraget.

Ved Valle viser spektralanalysen at langtidsvariasjonene etter regulering (1969 og senere) er betydelig dempet; derimot er korttidsvariasjoner nå mer markante. Vi tilskriver slike endringer det foretatte reguleringsinngrepet.

7.2.2 Vannstandsvariasjoner i innsjøene

Total variasjon i vannstand for innsjøene er gitt i tabell 7-1.

Tabell 7-1. Vannstandsvariasjoner for innsjøene.

Innsjø	Totalt, m.	Avvik fra medianvannstand, m.	
		Opp (+)	ned (-)
Breidvatn	4	1,5	2,5
Hartevatn	7	1,0	6,0
Byglandsfjord	6	1,5	4,5
Kilefjord	2,7	1,9	0,7

Innsjøene har typisk lav vannstand vinterstid, med unntak av Kilefjord. Frekvensanalyse (variasjonsspektra) på vannstanden indikerer at Breidvatn og Byglandsfjord har liknende variasjonsmønstre. Det er langtidsvariasjonene (frekvens $1-4 \text{ år}^{-1}$) som er utslagsgivende. Kilefjord viser en større variansintensitet på høye frekvenser; noe som avspeiler betydelige korttidsvariasjoner .

7.3 Tilførsler

En registrering av arealutnytting, bosetting, rensetiltak og teoretisk belastning med P- og N-forbindelser er utført for Otra ned til utløp Byglandsfjord. I dette nedslagsfeltet er det ca. 3500 fastboende, hvorav omlag 900 personer er tilknyttet offentlige renseanlegg. Det er i tillegg betydelig turisme, særlig i Hovden-området. Denne aktiviteten antas å få økning i årene framover. Rensetiltak for hytter o.l. er lite tilfredsstillende.

Industrivirksomhet foregår i meget lite omfang, og har liten innflytelse på vassdragets tilstand. Det samme gjelder jordbruksvirksomheten.

En beregning av N- og P-tilførsler viser at vassdraget tilføres (teoretisk) ca. 400 tonn N/år og ca. 20 tonn P/år på strekningene ned til utløpet av Byglandsfjorden. Videre framgår det av beregningene at full utbygging innenfor turistnæringen gir en relativt svak økning i den teoretiske belastningen.

Omsettes den teoretiske P-belastningen til midlere konsentrasjoner, finner vi at f.eks. ved Valle vil P-innholdet stige fra ca. 5 til ca. 9 $\mu\text{g P/l}$ etter regulering (dvs. vannføringssituasjonen etter 1969). Ved utløpet av Byglandsfjord vil den relative økningen i P-innhold bli mindre.

Sammenliknes teoretisk beregnede P-verdier med observerte, framgår det at de teoretiske verdiene ligger noe høyere enn analyseverdiene. Dette kan skyldes en mindre bakgrunnsbelastning fra fjell- og skogsområder enn det som legges til grunn for tilførselsberegningene. Sedimentasjon og biologisk omsetning kan også gjøre seg gjeldende. Imidlertid er det klart at minsket vannføring ved Valle gir en ugunstig, øket næringssaltbelastning på denne elvestrekningen.

7.4 Vannkjemi

Otra

Vannmassene i Otra er sure (pH typisk 5,5-6) og har et lavt innhold av løste stoffer. pH-verdiene viser en fallende tendens fra øverste deler (Hovden-området) til de nedre deler av vassdraget. Dette kan delvis skyldes en endring i geologiske forhold, men forsurening via nedbør kan også spille inn. Kvaliteten på pH-data er ikke god nok til å fastslå om det gjør seg gjeldende en økende forsurening av Otra-vassdraget.

Konduktivitet ligger normalt omkring 10-12 $\mu\text{S}/\text{cm}$. I snøsmeltingen og på sterkt regulerte strekninger (terskeldammer) ligger verdiene noe høyere (opp til 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Innholdet av plantenæringsstoffer (P-, N-forbindelser) er gjennomgående lave, og ligger ofte omkring 5 $\mu\text{g P/l}$ og 200 $\mu\text{g N/l}$. I Valle-området er det sporadisk registrert verdier over 10 $\mu\text{g P/l}$, noe som indikerer at en viss belastning gjør seg gjeldende på denne strekningen. Analyser av hovedkomponenter (kationer og anioner) viser lave verdier, - dette er i samsvar med den lave konduktiviteten. Innholdet av Na (natrium) er relativt høyt sammenliknet med Ca (kalsium); dette kan tilskrives vassdragets beliggenhet nær kysten.

Innsjøene

Samtlige undersøkte innsjøer (Breidvatn/Sæsvatn, Hartevatn, Bykil, Åraksfjord, Byglandsfjord) er klarvannssjøer med næringsfattige vannmasser. Siktedypet er 9-10 m eller mer i alle innsjøene. Hartevatn skiller seg ut ved noe høyere innhold av næringssalter, og dette kan skyldes tilførsler fra Hovden-området (se forøvrig en mer inngående beskrivelse av Hartevatn i NIVA-rapport O-133/77, 1. mars 1978).

Innsjøene er lagdelte under sommerhalvåret (unntatt Bykil), men sprangsjiktet (termoklinen) ligger relativt dypt. Oksygenmetningen er god, og humuspåvirkningen er beskjedent.

7.5 Fisk og bunndyr

Otra har fra gammelt av vært kjent som en meget fiskerik elv. Fiskeforholdene veksler imidlertid meget nedover vassdraget. I de øvre delene, ned til Valle, er aure eneste fiskeslag. Fra Hallandsfossen finnes også bleken (dverglaks). Lenger ned i vassdraget kommer laks, ål, trepigget stingsild, abbor, elveniøye og havniøye. Utbredelse av de fleste artene er dårlig kjent.

Oppvekst- og gyteforholdene for fisk er relativt gode i vassdragets øvre deler. Innsjøene har til dels tett fiskebestand (aure), men fisken kan være liten i størrelse. På den sterkt regulerte strekningen av Otra (Bykil-Brokke) kan det finnes større fisk i en del terskeldammer og høler, men småfallen aure dominerer. Aurebestanden har gått noe tilbake på strekningen Brokke-Byglandsfjord. I Byglandsfjord ser bestanden av bleke til å minske betydelig i omfang. Årsaksforholdene er ikke avklart. Reguleringsvirkning i form av ødelagte gyte- og oppvekstplasser kan spille inn. Det hevdes imidlertid at økende forsurening også medvirket til blekas tilbakegang. De tilgjengelige pH-målingene fra vassdraget er til dels av tvilsom kvalitet og kan ikke gi noe entydig svar på spørsmålet.

På strekningene nedenfor Byglandsfjord er auren av til dels dårlig kvalitet, og ofte befengt med innvollssnyltere.

Bunndyrforholdene i Otra-vassdraget viser store variasjoner, og det er delvis mangelfulle data som foreligger. Det er imidlertid en tendens til mindre rike bunndyrsamfunn nedover i vassdraget, særlig i de regulerte områdene. Ulike bunn- og strømforhold kan også medvirke til dette. Det er imidlertid et visst samsvar mellom lav bunndyr-diversitet og innslag av noe mer næringskrevende alger, noe som kan indikere betydning av reguleringsinngrep og minsket vannføring.

7.6 Planteplankton, begroingsalger, moser og høyere vegetasjon

7.6.1 Planteplankton (innsjøene)

Alle undersøkte innsjøer (Breidvatn, Hartevatn, Bykil, Åraksfjord, Byglandsfjord) viser et artsfattig planteplankton. Algevolumet, som er et mål for produksjonsevnen, ligger stort sett langt under $100 \text{ mm}^3/\text{m}^3$. Dette er lave verdier og viser klart innsjøenes oligotrofe (næringsfattige) tilstand. Selv innsjøer med 10-20 ganger større algevolum vil normalt betegnes som oligotrofe. En analyse av artssammensetningen tyder på små og neppe signifikante ulikheter i sammensetning mellom innsjøene. En jevn artsfordeling gir høy diversitet i algesamfunnene. Dette stemmer vel overens med innsjøenes oligotrofe tilstand, vurdert på basis av planteplanktonet alene.

7.6.2 Begroing av alger, moser og høyere vegetasjon

7.6.2.1 Beskrivelse av begroingssamfunnene, og faktorer som påvirker disse.

Generelt om begroing

Samlebetegnelsen "biologiske samfunn" omfatter en rekke organismegrupper i vannmiljøet: planktonalgene, zooplankton, begroingssamfunnene langs strendene i innsjøer og i vassdrag, med innslag av alger, sopp, moser og karplanter. Fisk er med i disse samfunnene, men med ulike økologiske funksjoner.

Begroingssamfunnene påvirkes av bl.a. følgende faktorer (etter Faafeng, 1977):

Bunntype	(sammensetning, stabilitet)
Strømhastighet	
Vannstand	(tidsvariasjon og absolutt variasjonsbredde)
Partikkeltransport	(nedslamming, skuringseffekter)
Is	(skuringseffekter)
Makronæringsstoffer	(fosfor, nitrogen, for noen algegrupper også silisium)
Mikronæringsstoffer	
Organisk materiale	

Temperatur
Lysklima
pH og bufferkapasitet
Beiting og konkurranse.

Disse faktorer angår fastsittende begroingssamfunn og for det meste (med unntak av bunnforhold o.l.) også de planktoniske algesamfunnene. Sivili-satorisk belastning av vannsystemer påvirker mange av de oppstilte miljø-faktorene. Endring i næringsmengden (nitrogen, fosfor m.m.) er nærlig-gende å nevne i denne forbindelse.

Reguleringsinngrep går i første rekke på fysiske egenskaper ved vannsystem-et - f.eks. vannføringsmønsteret for vannstands- og strømhastighetsvaria-sjoner. Sekundært påvirkes temperatur, partikkeltransport og bunnslag. På sikt endres også næringsfaktorer, lysklima, beiting og konkurranse mellom arter i samfunnene.

Ingen biologisk organisme reagerer enkelt og entydig på endringer i det ytre livsmiljøet. Det er sammensatte reaksjonsmønstre som kommer til ut-trykk. Kjennskapet til mange arters økologiske krav er heller ikke for godt.

Undersøkelser av begroing i forsøksrenner der drikkevann er belastet med forskjellige typer og konsentrasjoner av råkloakk og rensset kloakkvann, viser en klar sammenheng mellom begroing av fastsittende alger og konsen-trasjonene av total fosfor i vannet. (PRA-rapport nr. 2.1). Ved økende til-førsel av kloakkvann endret algesamfunnet seg både kvantitativt og kvali-tativt. Dette er vist generalisert i figur 7-1.

Ved en bakgrunnskonsentrasjon av fosfor på noen få $\mu\text{g/l}$ vil som regel be-groingen bestå av små mengder kiselalger og grønnalger. Små tilførsler vil gi økt vekst av de samme organismene, mens en større belastning vil gi endringer i artssammensetningen med stadig større vekt på grønnalger. Disse krever høyere næringssaltkonsentrasjon. Mottar vannmassene enda større mengder med næringsstoffer, overtar blågrønnalger, sopp og bak-berier. Mengden av alger øker også ettersom belastningen øker.

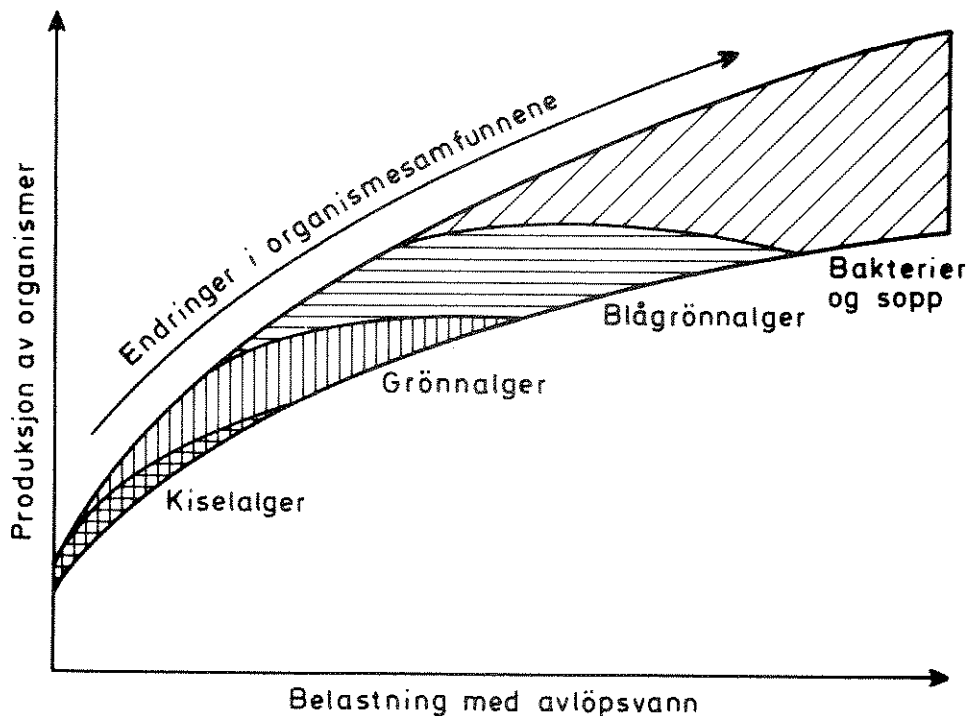


Fig. 7-1. Endringer i organismsamfunnene i en elv med økende belastning med avløpsvann (Traaen 1976).

Sterk vekst av lange, trådformede eller slimdannende alger kan ved siden av at de er lite ønsket ut fra estetiske kriterier, skape problemer for vanninntak og fiske. Det må understrekes at en svak økning av algeveksten i vassdraget ikke nødvendigvis er uønsket, men det er avgjørende på hvilken måte dette algematerialet omsettes videre på, dvs. om bunndyrsamfunnet klarer å beite ned den økende algemengden. Problemene kan bli enda større når algesamfunnet endres kvalitativt. Slike forhold kan bare klargjøres gjennom vesentlig grundigere undersøkelse av vassdraget.

Om bunndyrene skal kunne omsette økt begroing på tilfredsstillende måte, må også elvas produksjonsareal, dvs. tverrsnitt av elvebunnen som ligger under vann, være tilfredsstillende stort. Lillehammer (1975) understreker betydningen av elvas tverrprofil og steinenes størrelse i denne forbindelse. Bunndyrkonsentrasjonen har i sin tur stor betydning som føde for bl.a. aureyngel.

Karakteristikk av Otra

Otra-vassdraget er karakterisert ved temmelig enkle begroingssamfunn. Stort sett er det lite næringskrevende arter som forekommer. Dette har en klar sammenheng med vassdragets oligotrofe (næringsfattige) preg.

Sammensetning og struktur av begroingssamfunnene viser derimot store variasjoner langs vassdraget. Her spiller skiftende strøm-, bunn- og reguleringsforhold inn.

7.6.2.2 Algebegroing: spesielle arter.

Her kan flere karakteristiske arter fra Otra-vassdraget nevnes: Scytonema mirabile, Stigonema mamillosum (blågrønnalger, indikerer "rent" vann), Bulbochaete, microspora tumidula, Mougeotia, Zygnema (grønnalger, alle indikatorer for oligotrofe vannforekomster), Batrachospermum vagum (rødalge, oligotrof). Flere av de nevnte artene har stor utbredelse i den undersøkte delen av Otra-vassdraget.

7.6.2.3 Vurdering av algebegroingen

Store deler av Øvre Otra er et typisk eksempel på en oligosaprob (ikke forurenset) "Zygnema-elv". Algesamfunnet består av få, men velutviklede algekomponenter.

De nedre delene av vassdraget (fra st. B 30, Evje området) viser imidlertid større variasjoner. Disse kan antakelig tilbakeføres på lokale forurensningsvirkninger.

7.6.2.4 Moser

Deler av Otra-vassdraget, spesielt helt øverst, har godt utviklede mosesamfunn. Her er det betydelig innslag av levermoser (Schapania, Marsupella, Nardia) som indikerer en lite påvirket tilstand i vassdraget. Slike mosesamfunn er framtrædende i strykpartier. Regulerte elvestrekninger har større innslag av tørkeresistente arter, bl.a. Rhacomitrium. I terskeldammer spiller moser en underordnet rolle, her er Sphagnum viktigst.

Alle levermosene og de fleste bladmoser observert i Otra er nøysomme arter, og forsterker inntrykket av vassdragets næringsfattige tilstand.

7.6.2.5 Høyere vegetasjon i Otra

Otra-vassdraget har svært skiftende begroing med høyere vegetasjon. Der forholdene er gunstige kan slike planter utgjøre et viktig element i det totale begroingssamfunn.

Av de registrerte artene er det få som stiller store miljøkrav. Den høyere vegetasjonen bekrefter inntrykket av vassdragets næringsfattige karakter, som også plankton, begroingsalger og moser gir.

Isoetider og de lite næringskrevende Juncus bulbosus (elodeide) og Sparganium angustifolium (nymphaeide, men ofte bare med undervannsblad) er særlig framtrædende i OTRAS høyere vegetasjon.

Særlig kan Juncus bulbosus forekomme i massive bestander, som helt preger elvas utseende. Massebestand av Juncus/Sparganium forekommer konsentrert til strekningene nedenfor Brokke og etter utløpet av Byglandsfjord. Dette har klar sammenheng med endrede vannføringsforhold etter Brokke-utbyggingen (jfr. NIVA 1967 for diskusjon av liknende endringer i Kilefjorden).

7.6.2.6 Bunnvegetasjon i innsjøene

Undervannsvegetasjonen i innsjøene er artsfattige og stort sett lite utviklet. Venneslafjord og Kilefjord har imidlertid betydelige bevoksninger med undervannsplanter.

Bunnsamfunnene i de mest regulerte innsjøene (f.eks. Hartevatn) er til dels fragmentariske og består mest av Sphagnum subsecundum v. inundatum (=S. inundatum) med noe Nitella sp. og Spongilla lacustris (ferskvannsvamp).

I typiske gjennomstrømmingssjøer, Venneslafjord, Kilefjord forekommer samfunn dominert av Isoetes lacustris og andre isoetider.

Bunnvegetasjonen viser klare dybdegradienter i sin forekomst. Dessuten er det en signifikant korrelasjon mellom reguleringshøyde og dybde + tyngdepunkt for bunnsamfunnene.

Økende reguleringshøyde gir utarming av samfunnene på grunn av ugunstige vekstforhold for flerårige arter.

8. SAMMENFATTENDE VURDERINGER: REGULERINGSVIRKNINGER, RESIPIENTFORHOLD OG MINSTEVANNFØRINGER

8.1 Reguleringsvirkninger: bakgrunn

Regulering av vannsystemer vil medføre skader på de biologiske samfunn som eksisterer der. Hele økosystemets funksjon og struktur undergår til dels store endringer. Påvirkningen som reguleringsinngrepene gir, kan ikke defineres eller måles etter ett enkelt kriterium. Vurderingene må baseres dels på biologiske, dels på estetiske eller økonomiske forhold. En klar målsetting for bruk av vannressursene må settes opp. Skal f.eks. vassdraget vurderes i resipientssammenheng, vil inngrep måtte vurderes ulikt om landskaps- og turistmessige hensyn trekkes inn.

Sett ut fra et biologisk og resipientmessig utgangspunkt er det klart ønskelig at vassdragenes økosystem skades minst mulig ved reguleringsinngrepene. Under en helhetsvurdering av ett vassdrag bør man imidlertid kunne tillate skade på de minst følsomme delene av økosystemer som påvirkes. Innsjøer kommer derfor i en annen utgangsposisjon enn en elv og representerer den lett påvirkelige del av de naturlige vassdragene.

Det er ønskelig å beskytte enhver innsjø, uregulert som regulert, mot en utvikling i eutrofierende retning. Dette vil si å hindre en utvikling som f.eks. Mjøsa kom inn i først i 70-årene. Utløsende faktorer ved eutrofiering av innsjøer er belastningen med næringsalter sammen med innsjøens spesielle egenskaper (dybdeforhold, gjennomstrømming). Det er laget utsagnskraftige modeller, såkalt Vollenweider-modeller, for å kunne avgjøre om innsjøer kan utvikle seg i uheldig retning.

Den regulerte innsjøens samfunn av bunndyr og vegetasjon vil bli påvirket av reguleringshøyden. Dette er diskutert mer detaljert i avsnitt 6.2.6 og 7.6.1. Her skal bare nevnes at stigende reguleringshøyde ser ut til å øke skader som oppstår i bunnsamfunnene.

Reguleringenes virkning på innsjøene kan, etter de momentene som nå er nevnt, bedømmes etter følgende kriterier:

- (a) Innsjøens plassering i en innsjømodell av Vollenweider eller liknende type, der belastning settes i forhold til innsjøens spesielle dybde- og gjennomstrømningsforhold.
- (b) Hvorvidt utslipp finner sted, eller planlegges å finne sted, direkte til innsjøens vannmasser.
- (c) Reguleringshøyde og manøvrering av magasinet. Lave reguleringshøyder er gunstigere enn store, og nedtapping vinterstid kan gi større skader enn nedtapping sommerstid (på grunn av is- og frosteffekter).

Når det gjelder elvestrekninger som berøres av reguleringsinngrep, er det vanskeligere å sette opp kriterier for bedømming av reguleringsvirkninger. En viktig årsak til dette er at målsettingen med vassdraget bestemmer vurderingsgrunnlaget (se diskusjon s.170). For reguleringene i Otra er det beregning av ønsket minstevannføring som står sentralt. Denne minstevannføringen kan ikke bestemmes entydig. Såkalt "naturlig minstevannføring" er et svært uheldig begrep og har liten biologisk relevans. Elvas økosystemer er tilpasset de naturlige variasjonene i vannføring og vannstand, og framfor alt tidsmønsteret som disse variasjonene skjer med. Det dreier seg med andre ord ikke om absolutte verdigranser, men om varighet og frekvens av vannføringene. På dette feltet gjenstår store forskningsoppgaver. Basert på feltarbeidet som er utført, ser naturlig lavvannsføring i biologisk sammenheng ut til å falle sammen med en vannføring som underskrides høyst 10 % av observasjonstiden. Denne sammenheng synes også å gjelde Otra-vassdraget.

Ved siden av ønsket om å holde "naturlig" lavvannsføring, kommer bruken av vassdraget til resipient inn i bildet. For slike tilfeller kan fortynningsmodeller tas i bruk (jfr. avsnitt 3.3).

Det skal understrekes at disse modellene er teoretiske, og til nå er de ikke belagt med tilstrekkelige bakgrunnsobservasjoner til at påliteligheten kan anslås.

Ved siden av de nevnte momentene må rent estetiske og landskapsmessige hensyn komme inn i bildet.

Minstevannføringene bedømmes derfor etter følgende kriterier:

- (d) Hensyn til "naturlig" lavvannsføring, anslagsvis 10. persentil i varighetsfordelingen (dvs. ≥ 90 % overskridelsestid).
- (e) Resipienthensyn der dette er aktuelt for øyeblikket, eller kan tenkes å kunne bli på tale.
- (f) Estetiske og landskapsmessige hensyn.

Det bør bemerkes at de nevnte kriteriene hviler på et delvis subjektivt grunnlag. Dette er mellom annet uttrykk for at forskning på feltene "strømmende vann" og "reguleringsvirkninger" fortsatt befinner seg på et tidlig stadium.

8.2 Karakterisering av Otravassdraget: resipientforhold, reguleringsvirkninger.

Dette avsnittet framlegger en syntese av konklusjoner i NIVAs tidligere rapport om Hartevatn og øvre deler av Otra (NIVA 1978 : rapport 0-133/77, og grunnlagsdata presentert i den foreliggende rapport. Forhold som er tidligere rapportert (NIVA 1978, 1979) vil bare bli omtalt kortfattet.

Generelt sett er vassdraget lite påvirket. På grunn av det lave bakgrunnsnivået vil vassdraget være sårbart for øket belastning av forurensningstilførsler.

Otra fra Breivatn til Hartevatn

Vassdraget er tilnærmet upåvirket ned til Hovden, der lokal forurensning gjør seg noe gjeldende (NIVA 1978).

Ved I/S Øvre Otras planendringer for utbygging av Otra (Lislevatn - Hartevatn) blir resipientforholdene uheldige nedenfor Lislevatn, dersom ikke virksomme rensertiltak utføres.

Hartevatn

Innsjøen er i dag sterkt reguleringspåvirket, med en regulerings høyde omkring 7 m. Den er i dag noe belastet fra Hovden-området, og sterkt utsatt for uheldig belastning dersom foreliggende utbyggingsplaner innen turisme/hotelldrift blir realisert (NIVA 1978).

Innsjøen er uegnet som resipient for kloakkvann med mindre langtgående rensertiltak gjøres.

Etter foreliggende planer (I/S Øvre Otra) vil Hartevatn få en regulerings høyde omkring 1,6 m. Etter NIVAs oppfatning vil dette bedre innsjøens biologiske situasjon, og gi etablering av mer normale bunnsamfunn. Dette forutsetter at innsjøen ikke tappes ned under kote 757.3 (jfr. NIVA 1978).

Otra utløp Hartevatn - Løyningså

Strekningen vil bli sterkt påvirket ved fullført utbygging av Otra-vassdraget. Belastning av vassdraget må unngås så langt råd er (NIVA 1978).

Otra Løyningså - Sarvsfossen

Som foregående strekning.

Otra Sarvsfossen - Bykil

NIVA antydte i den tidligere rapport (0-133/77) at det ville bli vanskelig å få til en tilfredsstillende minstevannføring på denne strekningen. Dette har sammenheng med I/S Øvre Otras ønske om minst mulig tapping fra

Bykil (i dag $\geq 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$). NIVA foreslo at det ikke skulle pålegges minstevannføring her, og anså at strekningen ville bli helt ødelagt ved reguleringsplanene. Dette synspunktet fikk liten støtte på lokalt hold, der det ble sagt bl.a. at NIVAs vurderinger bygde på et sviktende grunnlag. NIVAs utgangspunkt var at en viss tilgroing med løvskog og kratt kunne skje, om flomoverløp ved Sarvsfossen ikke forekom.

NVE uttaler om dette i brev av 13. september 1979:

"Naturlig nedbørfelt ved Sarvsfossen er ca. 950 km². Når de konsederte overføringene av Vatnedalsvatn, Harteavatn, Auervassåa og Gjeiskeliåa er gjennomført, vil nedbørfeltet bli redusert til 192 km², jfr. pkt. d 1 i manøvreringsreglementet av 15. november 1974.

Overføringstunnelen fra Sarvsfossen til Botsvatn antas å ha en kapasitet på ca. 140 m³/sek, som tilsvarer et avløp på 730 l/sek/km². Dette er en meget stor flom, t.eks. større enn det som i perioden 1920-60 er observert både ved Hoslemo, Løyning og Valle vassmerker. Imidlertid har tilløpet til disse vassmerkene vært regulert i den nevnte perioden, og det er derfor ikke uten videre mulig å sammenligne forholdene med de framtidige tilløpene ved Sarvsfossen. Under forutsetning av at det ikke blir flomtap fra Vatnedalsvatn og Harteavatn, kan det likevel fastslås at overløp ved Sarvsfossen vil inntreffe meget sjelden. I gjennomsnitt vil det således gå minst 30 år mellom hver gang dette skjer.

I/S Øvre Otra har pr. telefon opplyst at EDB-utskrifter basert på aktuell driftsstrategi viser at det må regnes med flomtap fra Harteavatn omtrent hvert femte år. Flomtapene er imidlertid relativt beskjedne og ville i følge utbyggeren ikke ha medført overløp over Sarvsfossdammen i de 30 år utskriften omfattet."

Elvestrekningen vil under alle omstendigheter ha mistet ethvert resipientpotensiale. Hvorvidt estetiske krav blir oppfylt ved en evt. langsom tilgroing, er mer diskutabelt.

Otra Bykil - Valle-området

Denne delen av Otra er sterkt reguleringspåvirket (NIVA 1978). Resipientforholdene er klart ugunstige. Lokale forurensningsvirkninger gjør seg gjeldende. Dessuten foregår noe tilgroing med høyere vegetasjon lokalt i Valle-området. Terskeldammene kan vise utilfredsstillende forhold (NIVA 1979).

Resipientsituasjonen kan ikke forbedres uten sanering av kloakkeringsforhold og virksomme renseanlegg. I tillegg bør vannføringen økes utover den minstevannføring som gjelder i dag.

Otra Brokke - innløp Åraksfjord

Elva er påvirket av regulering (øket vintervannføring). Kraftig vekst med bl.a. Juncus bulbosus forekommer. Bare omlag 20 % av bosettingen er tilknyttet offentlig avløpsnett med renseanlegg. Sanering og forbedring av rensetiltak er ønskelig. Resipientforholdene i dag bedømmes som middels tilfredsstillende.

Åraksfjord/Byglandsfjord

Disse innsjøene er utpreget oligotrofe (næringsfattige) og har lav algeproduksjon og klart vann. Reguleringsvirkninger gjør seg gjeldende i strandområdene, og influerer såvel bunnvegetasjon som fiskeforhold. Rensetiltakene i området bør forbedres på sikt for å sikre at disse innsjøene bevarer sin nåværende tilstand. Resipientforholdene er til dels tilfredsstillende.

Øvrige deler av Otravassdraget

Nedenfor Byglandsfjord foreligger det et for dårlig bakgrunnsmateriale til å karakterisere vassdraget. Lokalt gjør forurensningsvirkninger seg gjeldende (Evje). Forholdene må vies oppmerksomhet ved en evt. overvåking i vassdraget.

8.3 Minstevannføringer

NIVA har tidligere lagt fram forslag til minstevannføringer på de enkelte elveavsnittene ovenfor Bykil (NIVA 1978: rapport 0-133/77). Disse forslagene vil ikke bli gjentatt her, og vi viser ellers til denne rapporten.

For Otra nedenfor Bykil er det spesielt området ved Valle hvor en økning i minstevannføringen er ønskelig.

En minstevannføring på $5 \text{ m}^3/\text{s}$ (sommer) og $3 \text{ m}^3/\text{s}$ (vinter) vil bety en klar bedring i resipientforholdene på sikt. Dette forutsetter likevel en sanering av kloakkerings- og rensetiltak i Valle, dersom situasjonen i Otra skal bedres merkbart.

8.4 Oppfølging og overvåking

Det er store reguleringsinngrep som planene legger opp til i Øvre Otra. Skadevirkninger kan oppstå f.eks. på fisket. Vassdragets mulighet i resipientsammenheng blir klart nedsatt.

Alle faglige vurderinger som er framlagt i vår rapport, er beheftet med en viss usikkerhet. Dette kommer bl.a. av problemene med å se inn i framtida - derfor er det nødvendig med oppfølging av forholdene i vassdraget etter gjennomføring av en eventuell regulering. En slik oppfølging bør ha karakter av en overvåkingsundersøkelse. Hensikten med overvåking i Øvre Otra er:

- kontroll av vurderinger og beslutninger tatt før inngrep ble satt i verk;
- følge om utviklingen av hydrologi, kjemi og biologi går etter de linjer man antok tidligere (dvs. før regulering);
- gi pekepinn om vassdragets almene tilstand er tilfredsstillende sett i forhold til bruksinteressene.

REFERANSER

- Borgstrøm, G. 1973. Kontinuasjonsskjønn for strekningen Nomelandsmo-Byglandsfjorden. Reguleringens virkninger på fisket. Rapport nr. 14 fra Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske ved Zoologisk Museum, Univ. i Oslo.
- Borgstrøm, R. 1974. Kontinuasjonsskjønn for strekningen Nomelandsmo-Byglandsfjorden. Virkninger på fisket ved nåværende og kommende reguleringer. Notat, 1974. Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske, Zoologisk Museum, Univ. i Oslo.
- Borgstrøm, R. 1975. Kontinuasjonsskjønn for strekningen Nomelandsmo-Byglandsfjorden. Reguleringens innvirkning på kjemiske forhold i vassdraget. Notat nr. 2, 1975. Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske, Zoologisk Museum, Univ. i Oslo.
- Dahl, K. 1927. Byglandsfjorden "Blege" eller Dverglaksen. Fiskeri-inspektørens innberetning om ferskvannsfiskeriene for året 1926. Tillegg 3.
- Dannevig, G. 1963. Brokke-skjønnnet. Reguleringens virkning på fisket. Betenkning, 12/11 1963, Reguleringsskjønn Byglandsfjorden.
- Dannevig, G. 1964. Brokke-skjønnnet. Reguleringens virkning på fisket. Rapport nr. 2. Betenkning, 19/10 1964, Reguleringsskjønn Byglandsfjorden.
- Faafeng, B., 1977. Undersøkelse av Dirdalsvassdraget i Rogaland 1976-77. Norsk institutt for vannforskning 0-144/75.

- Gunnerød, T.B. og Kjos-Hanssen, O. 1977. Fiskeri- og viltbiologiske forhold vedrørende søknad av 1977 om planendring i utbyggingen av Otravassdraget. Direktoratet for vilt- og ferskvannsfisk, (Reguleringstemaet) Rapport nr. 10, 1977.
- Holtan, H., 1972. Notat til Interesseselskapet Øvre Otra om endrede resipientforhold ved full utbygging av Otravassdraget. Norsk institutt for vannforskning 0-198/72.
- Holtan, H., 1973. Mjøsprosjektet. Norsk institutt for vannforskning 0-91/69.
- Holtan, H., 1978. Oversikt over fosfortilførsler til innsjøer. Norsk institutt for vannforskning 0-92/78.
- Jenkins, G.M. and Watts, D.G., 1968. Spectral analysis and its applications. Holden-Day, Inc. San Fransisco.
- Jensen, K.W. 1972. Drift av fiskevann. Fisk og fiskestell nr. 5. Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk. 61 s.
- Jørgensen, G. og Skulberg, O., 1973. Notat om endrede resipientforhold ved eventuell full utbygging av Otravassdraget. Norsk institutt for vannforskning 0-198/72.
- Jørgensen, G.F., 1977. The use of biotic indices as a tool for water quality analysis in rivers. Verh. Int. Ver. Limnol. 20.
- Kgl. res. av 16.03.1979. Olje- og energidep. Tillatelse for Otteraaens Brugseierforening til å endre planen for regulering av Øvre Otra.
- Lillehammer, A., 1975. Viktige sider ved laksens oppvekstmiljø i elvene. Faune 28: 8-15.

- Løkensgard, T. 1963. Regulerings skjønn Byglandsfjorden.
Fiskerisakkyndig erklæring, 1963.
- Løkensgard, T. 1975. Nuværende og fremtidig planlagte regulerings
innvirkning på fisket. Kontinuasjonsskjønn for
strekningen Nomelandsmo-Byglandsfjorden.
Fiskerisakkyndig erklæring 1975.
- Mikkelsen, K., 1974. Landsplan for bruken av vannressursene.
Ekern, A., Arbeidsrapport nr. 6. Norsk jordbruk og
Borgan, S. og vannressursene, del I:
Rognerud, B. Vannforurensninger fra jordbruket.
- Orloci, L., 1976. Ranking species by an information criterion.
J. Ecol. 64: 417-419.
- PRA 2.10 Driftsundersøkelse av renseanlegg. Fylkesvise
rapporter. Norsk institutt for vannforskning
0-52/75.
- Rørslett, B., 1978. Stereophotography as a tool in aquatic biology.
Green, N.W. og Aquat. Bot. 4: 73-81.
Kvalvågnæs, K.,
- Rørslett, B., 1978. Hartevatn og regulering av Øvre Otra.
Tjomsland, T., Norsk institutt for vannforskning
Steffensen, J.L., 0-133/77
Grande, M.
- Skulberg, O., 1979. Skjønn Øvre Otra - vannkvalitet, begroing
og resipientforhold.
Norsk institutt for vannforskning 0-79057.
- St. meld. nr. 71 (1972-73) Langtidsprogrammet 1974-1977.

- St. prp. 140 (1973-74) Om tillatelse for Otteraaens Brugseierforening til å foreta ytterligere regulering og overføringer i Otravassdraget, og tillatelse for I/S Øvre Otra til erverv av fallrettigheter.
- Traaen, T. 1976: Renneforsøk og lab. undersøkelser til belysning av ulike kloakkrensemetoders virkning på biologiske forhold i resipienten. PRA 2.1.
- Utermöhl, H. 1958. Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplanktonmethodik. Mitt. Int. Ver. Limnol. 9: 1-38.
- Vold, K. 1974. Bleka, en relikte laks (*Salmo salar* L.) i Byglandsfjorden. Ernæring, alder, vekst og kjønnsmodning sammenholdt med enkelte miljøfaktorer.
Hovedfagsoppgave i spesiell zoologi, Univ. i Oslo.
- Wegge, B. 1976. Fiskevannsundersøkelser i Breidvatn og Sæsvatn 1976. Rapport til Drammens Sportsfiskere, November 1976.
- I/S Øvre Otra og Otteraaens Brugseierforening 1977: Otravassdraget. Søknad om planendring for overføring av Otra til Vatnedalsvatn. Nov. 1977.

