

RAPPORT LNR 3872-98

Resipientundersøkelse av Begna, Storelva og Nordfjorden i 1997

ved Norske Skogindustrier ASA
Follum



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 1
4890 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-NIVA A/S

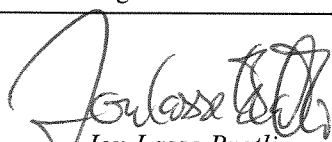
9015 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Resipientundersøkelse av Begna, Storelva og Nordfjorden i 1997 ved Norske Skogindustrier ASA – Follum	Løpenr. (for bestilling) 3872-98	Dato 1998.04.11
	Prosjektnr. Undernr. O-97099	Sider Pris 53
Forfatter(e) Bratli, Jon Lasse Berge, Dag Lindstrøm, Eli-Anne Bækken, Torleif Kjellberg, Gøsta	Fagområde Overvåking vassdragsundersøk.	Distribusjon
	Geografisk område Buskerud, Ringerike	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Norske Skogindustrier ASA - Follum	Oppdragsreferanse
--	-------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Rapporten dokumenterer effektene av at det biologiske renseanlegget for fjerning av løst organisk stoff ble satt i drift i juni 1995. Det er også gjort sammenlikninger med forholdene før og etter installeringen av kjemisk fellingsanlegg sommeren 1991.</p> <p>Etter installeringen av det biologiske renseanlegget, er TOC redusert fra ca 5000 tonn til ca 2000 tonn karbon pr. år. Tilføslene av fosfor er imidlertid økt fra ca 3 tonn til ca 8 tonn fordi fosfor må tilsettes til det biologiske anlegget. Follums egne og mer nøyaktige utslippsmålinger avviker noe fra elvemålingene, men trendene er de samme, klar reduksjon av organisk stoff og like klar økning av fosfor.</p> <p>Undersøkelse av bunndyr og begroing viser at Begna fortsatt er påvirket av utslipp av organisk stoff nedstrøms Follum. Det er en klar bedring i miljøkvalitet etter samtløp med Randselva, men Storelva får igjen en redusert vannkvalitet ved Busund (nedstrøms Monserud). Forholdene i Begna (nedstrøms Follum) er i 1997 merkbart bedre enn i 1993. Dette gir seg utslag i bedret biologisk mangfold, dvs. flere dyre- og plantegrupper (arter). Elvebunnen er også mindre dekket av bakterier og sopp, som vanligvis indikerer overbelastning av organisk stoff og næringssalter.</p> <p>Tyrifjordens sediment er i Nordfjorden fortsatt sterkt preget av overbelastning av organisk stoff, noe som hovedsakelig skyldes tilførsler fra tidligere år. Hovedvannmassene i Tyrifjorden er imidlertid fortsatt i bedring, og algeinnholdet er nå på et nivå som tilsvarer miljømålet satt opp av Vannbruksplanutvalget.</p>
--

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Resipientundersøkelse 2. Treforedlingsavløp 3. Vannkjemi 4. Biologi 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Recipient surveillance 2. Kraft mill effluent 3. Water chemistry 4. Biology
--	--


Jon Lasse Bratli
Prosjektleder

ISBN 82-577-3454-3


Dag Berge
Forskningssjef

Resipientundersøkelse av
Begna, Storelva og Nordfjorden i 1997
ved Norske Skogindustrier ASA - Follum

Forord

Rapporten sammenfatter resultatene fra en resipientundersøkelse i Begna, Storelva, Nordfjorden/Tyrifjorden foretatt i 1997. Oppdragsgiver er Norske Skogindustrier ASA – Follum. Undersøkelsen er pålagt av Statens forurensningstilsyn. Av spesiell interesse her vært å se om forholdene i resipientene har bedret seg etter installeringen av biologisk renseanlegg for fjerning av organisk materiale i juni 1995.

Den rutinemessige innsamlingen av vannprøver for kjemisk analyse er foretatt av Erling Børdalen, Norske Skogindustrier ASA - Follum, etter forutgående instruksjon fra NIVA. De fleste av disse analysene er foretatt ved laboratoriet til Buskerud Vann- og Avløpssenter AS (BUVA) i Drammen.

Innsamling og undersøkelser av bunndyr er foretatt av Torleif Bækken og Gøsta Kjellberg, NIVA. En del av bearbeidelsen av dyregruppen "fjærmygglarver" er foretatt av Lars Eriksson i Ultuna, mens deler av bestemmelsene av dyregruppen "fåbørstemark" er foretatt av professor Gøran Milbrink, Universitetet i Uppsala.

Begroingsundersøkelsene fra elvene er gjennomført av Eli-Anne Lindstrøm, NIVA.

Bearbeidelse av kjemidata fra elvene og Tyrifjorden er foretatt av Jon Lasse Bratli, NIVA, som også har vært prosjektleder og sammenstilt de enkelte deler i rapportens form. Rapporten er for sammenlikningens skyld i stor grad bygget over samme lest som rapporten fra resipientundersøkelsen i 1993.

Oppdragsgivers kontaktperson har vært Erling Børdalen.

Oslo, 11. mai 1998

Jon Lasse Bratli

Innhold

Sammendrag og konklusjoner	5
1. Innledning	7
1.1 Bakgrunn for ny undersøkelse	7
1.2 Kort områdebeskrivelse	8
2. Kjemiske undersøkelser i elvene	9
2.1 Stasjoner og parametre	9
2.2 Kjemiresultater	9
2.2.1 Vannføring	11
2.2.2 Fosforkonsentrasjoner ved elvestasjonene	11
2.2.3 Fosforutslipp fra Follum	13
2.2.4 Konsentrasjoner av organisk materiale ved elvestasjonene	14
2.2.5 Utslipp av organisk materiale	18
2.2.6 Aluminiumskonsentrasjoner ved elvestasjonene	19
2.2.7 Aluminiumsutslipp fra Follum	21
3. Begroingsundersøkelser	22
3.1.1 Metoder og materiale	23
3.1.2 Resultater	23
4. Bunndyrsamfunn	27
4.1 Bunndyr fra sakteflytende elvestrekninger	27
4.1.1 Materiale og metoder	27
4.1.2 Resultater	27
4.2 Bunndyr fra rasktflytende elvestrekninger, strømfauna.	29
4.2.1 Materiale og metode	29
4.2.2 Resultater	30
4.3 Bunndyr i Nordfjorden, Tyrifjorden	33
5. Undersøkelser i Tyrifjordens frie vannmasser	36
6. Litteratur	39
7. Vedlegg - primærdata	42

Sammendrag og konklusjoner

Hensikten med resipientundersøkelsen i 1997 har vært å dokumentere effekter i resipienten av at et *biologisk renseanlegg* for fjerning av oppløst organisk materiale ble satt i drift i juni 1995. Resultatene fra resipientundersøkelsen i 1997, som rapporteres her, blir sammenliknet med den tidligere rapporterte undersøkelsen fra 1993. Da det finnes gode kjemidata helt tilbake til 1990, altså før installasjonen av *fellingsanlegget for fosfor* som kom i drift sommeren 1991, blir også disse resultatene rapportert her.

Resipientundersøkelsen fra 1993 viste at fosforutslippene fra Follum etter installering av fellingsanlegget i 1991 ble redusert med 78 %. Basert på målinger i elva ovenfor og nedenfor fabrikkområdet var tilskuddet fra Follum ca 3 tonn i 1993, mot ca 14 tonn P i 1990/91. Målinger fabrikken selv har gjort viste ca 2 tonn i 1993 og ca 7 tonn i 1990. I 1997, etter at det biologiske anlegget kom i drift, og som medfører tilsetning av løst fosfat, var utslippet målt i elva oppe i ca 8 tonn. Follums egne målinger viser et utslipp av ca 4 tonn fosfor i 1997 og ca 6 tonn i 1996. Det er et noe stort sprik mellom målinger rapportert i denne resipientundersøkelsen og det Follum selv har målt. Målingene i elva baserer seg på få stikkprøver i 7 av årets 12 måneder, mens fabrikken har mange ukeblandprøver. Målingen i elva her derfor større usikkerhet enn bedriftens egne målinger. Uavhengig av om en bruker tall målt i elva eller Follums egne utslippstall, så har det skjedd en makant økning av fosforutslippene i perioden 1993 til 1997. Hvis en ser på avstanden i konsentrasjonen av fosfor i elva mellom stasjonene ovenfor og nedenfor Follum er denne allikevel betydelig minsket fra 1990 og til i dag.

Tilskuddet av partikulært organisk materiale på målt i elva på strekningen forbi Follum ble redusert betraktelig, fra 3020 tonn i 1990 til 168 tonn i 1993, noe som tilsvarer en reduksjon på ca 95%. Follums egne tall er her 2150 tonn i 1990 og 550 tonn i 1993. Siden denne parameteren ikke er målt etter akkreditert metode for elveprøvene i 1997, har vi ikke dokumentasjon på om dette lave nivået fra 1993 har holdt seg. Mye tyder imidlertid på at dette har vært tilfellet da det nye biologiske renseanlegget ikke har virket særlig inn på innholdet av partikulært organisk stoff. Målingene fra Follum viser også at utslippsnivået i 1997 er omtrent på samme nivå som i 1993. Tilskuddet av total organisk karbon (TOC) ble redusert med vel 20% fra 1991 til 1993, fra 6000 tonn TOC til ca 5000 tonn. I 1997 er imidlertid utslippet nede på ca 2000 tonn, dvs en reduksjon på 60% fra 1993. Slik TOC er analysert i denne undersøkelsen representerer det hovedsaklig løst organisk materiale. Målinger av kjemisk oksygenforbruk (KOF) av Follum selv viser også en klar reduksjon, 18000, 10500 og 5800 tonn i hhv. 1990, 1993 og 1997.

Det kjemiske fellingsanlegget resulterer i et betydelig utslipp av aluminium. På strekningen forbi Follum fikk elva tilført i størrelsesorden 90 tonn Al per år i 1992/93, mot ca 8 tonn Al/år i 1990. Dette har fortsatt å øke til omlag 130 tonn Al i 1997. Konsentrasjonsøkningen i elva forbi Follumområdet var 110 µg Al/l i 1997 mot 28 i 1993 og 4 i 90/91. Konsentrasjonen av labilt aluminium, som representerer aluminiumfraksjoner som er skadelig for fisk, viste i den forrige undersøkelsen ikke noen dramatisk økning, og vil ikke være noe problem for Begna ved de pH-verdier som råder (pH 6-7).

Undersøkelse av bunndyr og begroing viser at Begna nedstrøms Follum og før samløp med Randselva fortsatt er forurenset av organisk materiale. Situasjonen bedrer seg mye nedover Storelva, delvis pga. samløpet med den "rene" Randselva, og delvis pga. selvrensing. Storelva blir igjen klart dårligere nedstrøms utslippet fra Monserud renseanlegg. Begna ovenfor Follum samt Randselva hadde god vannkvalitet vurdert ut fra bunndyr og begroing, mens i Begna nedstrøms Follum og i Storelva (ved Busund), var vannkvaliteten mindre god til dårlig basert på biologiske kvalitetskriterier. Forholdene har

imidlertid forbedret seg betraktelig siden 1993, og har løftet seg godt og vel en vannkvalitetsklasse basert på begroingen. Dekningsgraden av nedbrytere, særlig sopp og bakterier, er redusert fra ca 75% til ca 20%. Det biologiske mangfoldet av bunndyr er også betraktelig forbedret, ved at en nå finner fler nøkkelarter av steinfluer, døgnfluer og vårfluer. Arter av fåbørstemark som indikerer ekstrembelastninger og som ble funnet i 1993 er nå borte, til fordel for andre arter som indikerer en mer moderat påvirkning. Det ble vist ved undersøkelsen i forbindelse med Vannbruksplanen (1990-91) at forekomsten av lett nedbrytbart materiale ikke er av et slikt omfang at det har nevneverdig innvirkning på elvevannets oksygeninnhold, som var høyt på alle stasjoner.

I Tyrifjordens nordlige deler (Nordfjorden) er det først og fremst partikulært organisk materiale som volder problemer for bunndyrfaunaen. Bunndyrs sammensetningen avviker fortsatt klart fra naturtilstanden, og spesialtilpassede arter som kan utnytte det partikulære materialet dominerer. Resultatene antyder imidlertid en viss bedring, trolig som følge av installeringen av renseanleggene. Det vil likevel ta lang tid før det blir tilnærmet en normalsituasjon, da det er store mengder organisk materiale lagret i Nordfjordens sediment fra tidligere år.

Det reduserte fosforutslippet har gitt utslag i redusert fosforkonsentrasjon og algemengde i Tyrifjordens frie vannmasser. Midlere algemengde over sommerhalvåret var 1,7 ug Kl/l. Målsettingen til Tyrifjordutvalget og Vannbruksplanutvalget er å komme under 2 ug Kl/l, et mål man nå ser ut til å være i nærheten av selv om man tar i betraktning år-til-år variasjoner.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn for ny undersøkelse

Norske Skogindustrier ASA – Follum, heretter bare kalt Follum, har fått pålegg fra Statens forurensningstilsyn om å gjøre en resipientundersøkelse i Begna, Storelva og Nordfjorden/Tyrifjorden for å vurdere i hvilken grad utslippene fra fabrikanleggene påvirker resipientene i negativ retning og hvorvidt utslippene er større enn de kan tåle. Av spesiell interesse er det å se på i hvilken grad forholdene er blitt bedret etter at Follum installerte biologisk renseanlegg for fjerning av organisk materiale (hovedsakelig løst, eller lett nedbrytbart organisk materiale) i juni 1995.

Et kjemisk fellingsanlegg for fosfor og partikulært organisk materiale ble installert sommeren 1991. Resipientundersøkelsen fra 1993 viste at dette hadde bedret forholdene betraktelig mht. utslipp av fosfor og partikulært materiale. Begna og Storelva var imidlertid fortsatt markert påvirket av lett nedbrytbart organisk materiale, noe som gjenspeilet seg særlig i bunnfaunaen og begroingen i elveleiet.

I tiden etter dette er produksjon av bleket papir ved Follum øket, og for å ta hånd om økte utslipp av organisk materiale er det installert et biologisk renseanlegg. Det nye biologiske renseanlegget skal fjerne utslippet av lett nedbrytbart organisk materiale med ca 90%, noe som er bra mht. å redusere heterotrof begroing i Begna og Storelva. For å få den biologiske prosessen til å gå optimalt må man imidlertid sette til fosfor i form av letttilgjengelig ortofosfat. Mengden som tilsettes tilsvarer ca 200 kgP/dag. Før det biologiske anlegget ble satt i drift var fosforutslippet ved Follum redusert til ca 5-6 kgP/dag, mens de nå ligger opp mot det dobbelte. Konesesjonen lyder på at det nå kan slippes ut 10 kg P/dag (halvårsmiddel).

I konsesjonen fra SFT heter det at det skal gjennomføres en ny resipientundersøkelse i 1997 tilsvarende den som ble gjennomført i 1993. Den skal gå over ett år og være ferdig rapportert til SFT innen mai 1998.

SFT ga følgende ramme for resipientundersøkelsen i 1993:

<u>Vannkjemi:</u>	4 elvestasjoner (Vannbruksplan) Vannkjemien på stasjon Busund Bru bør igangsettes nå og tas samtidig med Hoffsfoss og Hønefoss. Stasjonen i Randselva (Hvalsmoen) kan startes opp til våren og avsluttes når vannkjemi på de tre andre stasjonene stoppes (september/oktober 1993). Parametervalg som avtalt. Innsjøstasjon (Tyrifjorden, hovedst. fra Tyrifj.undersøkelsen)
<u>Biologi - Bunndyr</u>	5-6 stasjoner strømfaua. 5-6 stasjoner "infauna" (i elvene). 2-3 stasjoner i Nordfjorden (1980-stasjonene)
<u>Biologi - begroing</u>	5-6 stasjoner (inkludert Tyrifjorden Ty-3)
<u>Mikrobiologi</u>	4 elvestasjoner (som vannkjemien). Stasjonene ved Hønefossen og Busund Bro korrigeres for "klebsielle-bakterier".
<u>Rapportering</u>	Statusrapport skal foreligge 31/12-93. Denne vil danne grunnlag for om supplerende biologiske undersøkelser må gjennomføres.

Undersøkelsesopplegget har i 1997 stort sett fulgt malen fra SFTs kravspesifikasjon for undersøkelsen i 1993. Unntaket er at mikrobiologiske parametere er tatt ut, og at det ikke er undersøkt ulike aluminiumsfraksjoner i 1997.

For kjemiske data har vi et godt vurderingsgrunnlag i undersøkelsene som er utført i 1990 og 1991 i forbindelse med Vannbruksplan for Tyrifjorden hvor blant annet transportberegninger av fosfor og organisk stoff i de ulike elveavsnitt er utført fram til det fellingsanlegget for fosfor og partikulært organisk stoff ble tatt i bruk sommeren 1991. Der det finnes data har vi derfor funnet det riktig å rapportere tilbake til 1990 for å se på tidsutviklingen før både det kjemiske fellingsanlegget og det biologiske anlegget ble tatt i bruk.

1.2 Kort områdebeskrivelse

Utslippsforholdene i Hønefossområdet er litt kompliserte idet det er to elver, Begna og Randselva, som løper sammen midt i sentrum av Hønefoss. Herfra og nedover til Tyrifjorden heter elva Storelva. Follum har sine avløp til Begna rett ovenfor samløpet mellom de to elver, nærmere bestemt til en stor naturlig kulp som heter Molvald. Denne går over i et stilleflytende elveparti demmet opp av dammen til Hønefossen Kraftstasjon noen hundre meter lenger nede. Der Begna kommer ut av kraftstasjonen igjen, er det bare en kort elvestrekning ned til samløpet med Randselva, anslagsvis 100 m. Nedenfor samløpet påvirkes også elva fra de andre aktivitetene i Hønefoss.

2. Kjemiske undersøkelser i elvene

2.1 Stasjoner og parametre

Det er tatt prøver i hht. SFT's kravspesifikasjon ved følgende stasjoner:

1. Begna ved Hofsfoss
2. Begna ved utløp Hønefoss kraftstasjon
3. Randselva ved Hvalsmoen
4. Storelva ved Busund

Det er analysert på følgende parametre:

Tot-P	STS
Tot-N	SGR
TOC	Tot-Al
KOF (permanganat)	pH
Farge	Kond
	Turb

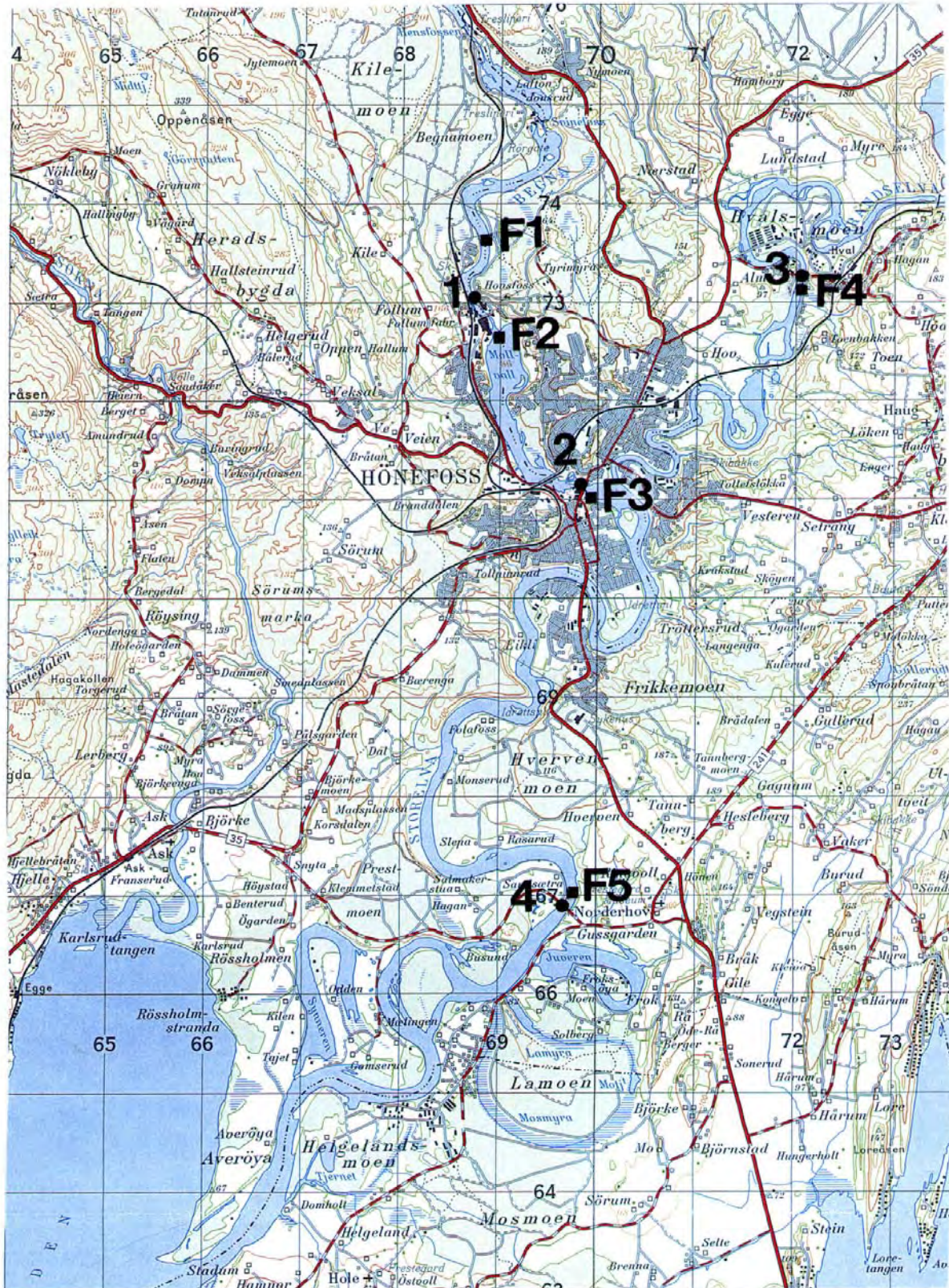
Prøvene er tatt hver måned av prøvetaker fra Follum. Prøvene er i hovedsak analysert ved Buskerud Vann- og Avløpssenter AS i Drammen.

Stasjonsplasseringen for kjemiparametere og for begroing er vist i figur 1.

2.2 Kjemiresultater

Vannkvaliteten i Begna er studert ved stasjon ovenfor og nedenfor Follumområdet, hhv. ved Hofsfoss og ved utløp Hønefoss kraftstasjon. På den mellomliggende elvestrekning har utslipp fra Follum vært den dominerende forurensningstilførsel. Randselva er studert ved bru ved Hvalsmoen. Foruten en viss bakterieforurensning har denne elva her vært lite forurenset. Vannkvaliteten i Storelva er studert ved Busund bru nedstrøm Monserud rensesanlegg.

En vanskelighet ved å vurdere undersøkelsens resultater i forhold til tidligere års resultater, er at prøveinnsamlingen ikke har gått over samme tidsperiode ved alle elvestasjonene. For 1997 har vi observasjoner fra hele året på alle elvestasjonene. Begna ved Hofsfoss og ved utløp Hønefoss kr. stasjon er prøvetatt månedlig fra mai 1992 til og med oktober 1993. Randselva er prøvetatt fra april 1993 til og med oktober 1993, mens Busund er prøvetatt fra november 92 til og med oktober 1993. I perioden fra april 93 til oktober 93 har man resultater fra alle elvestasjonene. Vi har latt analyseresultatene fra disse 7 månedene i året være basis ved utregning av de årlige transportverdiene gitt som tonn pr. år. Dette er en nokså grov beregningsmetode, men det har vært nødvendig å gjøre det slik for å kunne beregne forurensningstilskuddet til elvene fra ulike avsnitt og å sammenlikne dette med tidligere data. Forurensningstilskuddet fra Follumområdet nå, etter installasjon av det nye rensesanlegget, skulle således kunne sammenliknes rimelig bra med tidligere data. Sett utifra de fleste brukerinterssenes synspunkt er det dessuten denne perioden på året (vår/sommer/tidlig høst) som er den mest interessante.

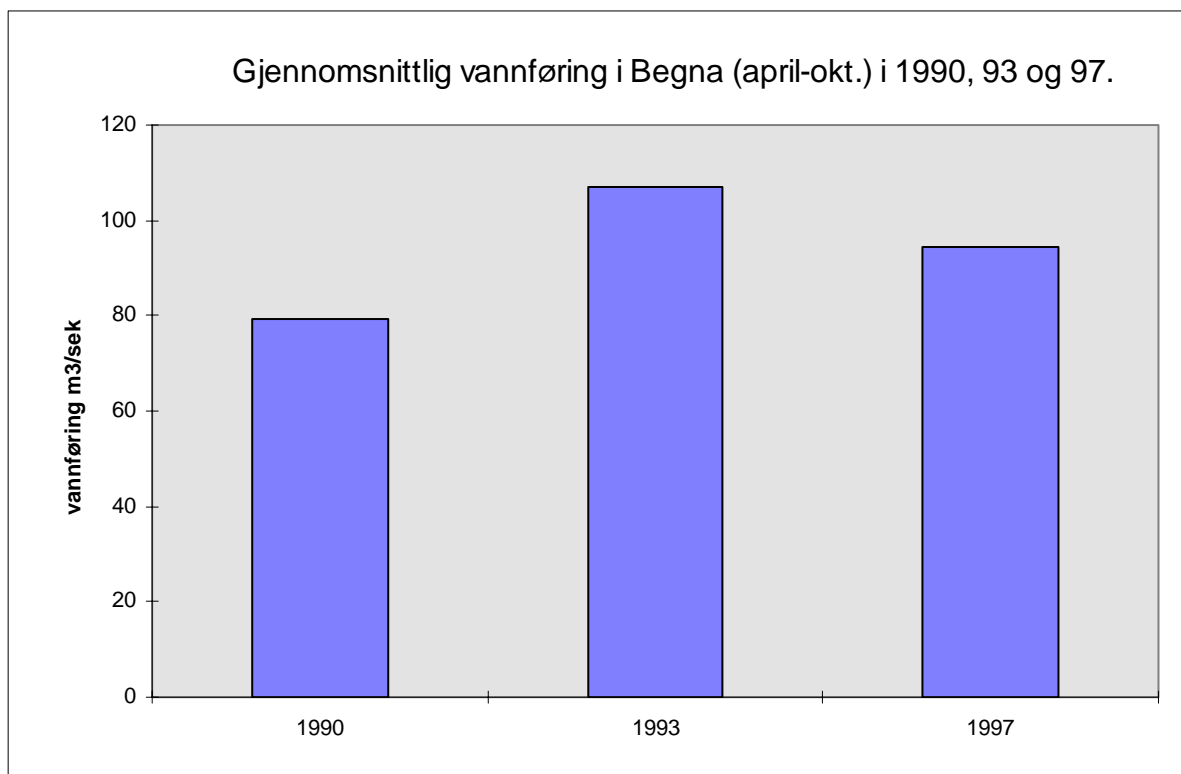


Figur 1. Plassering av stasjoner for uttak av vannprøver for kjemisk undersøkelse (1-4), og til begreingsundersøkelser (F1-F5).

Verdiene for 3/9-97 er utelatt på alle stasjoner da flere verdier på oppstrømsstasjonen Hofsfoss er høyere enn på stasjoner lenger ned i elva. Prøvetakingen skjedde dessuten under et voldsomt regnvær og verdiene er generelt sett så høye at snittveriden blir lite representativ for året 1997.

2.2.1 Vannføring

Figur 2 viser vannføringen i de tre årene som undersøkelsen er gjennomført før og etter installeringen av de to rensanleggene, dvs. 1990, 1993 og 1997. Vannføringen er målt ved Hensfoss, ca 3 km ovenfor Follum, og er regnet ut på bakgrunn av vannføringen på prøvetakingsdatoene i perioden april til oktober de forskjellige år. Det er dette som er grunnlaget for transportmålingen i etterfølgende avsnitt, og vi har derfor valgt å vise den gjennomsnittlige vannføringen. Snittvannføring for hele året, der alle dager er regnet med, vil derfor kunne avvike endel fra det viste snittet i figur 2.



Figur 2. Gjennomsnittlig vannføring i Begna, ved Hensfoss, for årene 1990, 1993 og 1997.

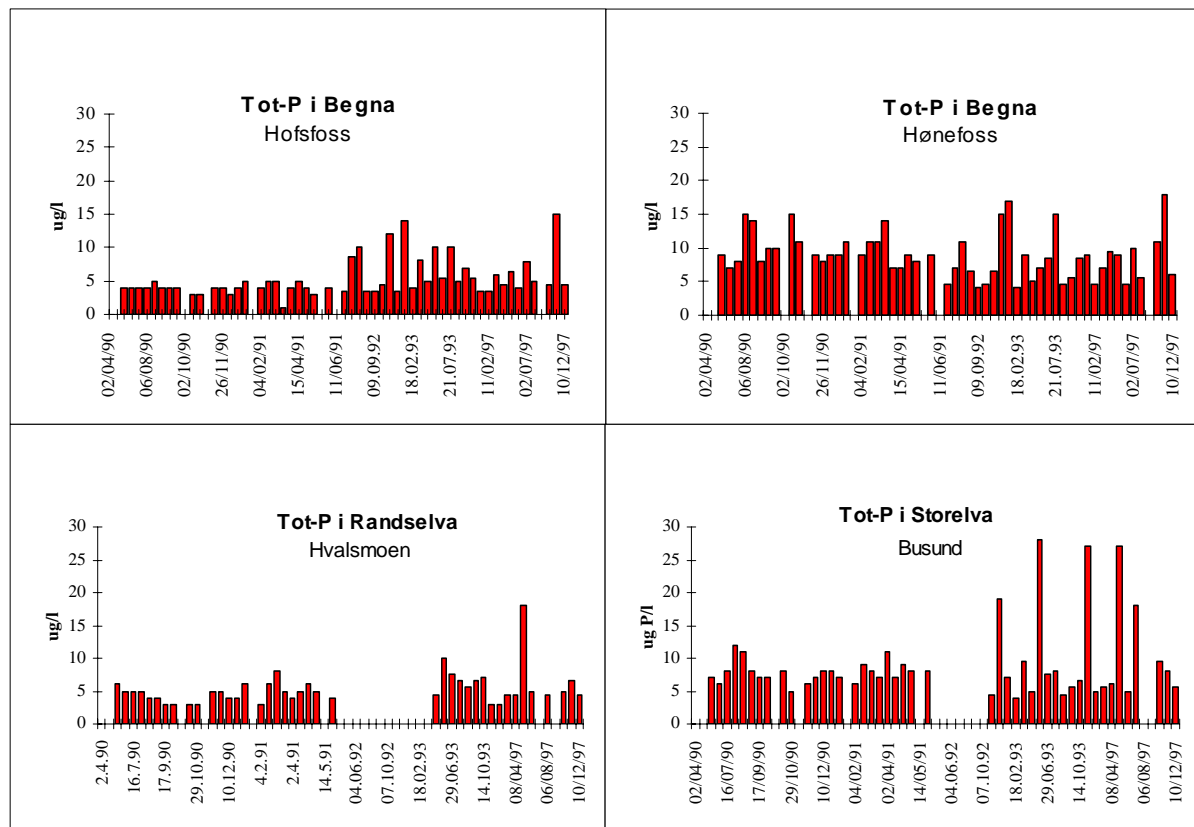
2.2.2 Fosforkonsentrasjoner ved elvestasjonene

Konsentrasjoner av total fosfor fra de 4 elvestasjonene er fremstilt i figur 3. Hofsfoss og Randselva har her jevnt ganske lave konsentrasjoner på i overkant av 5 µg/l totalfosfor. Dette ser vi også i nedenstående tabell 1, der vannkvaliteten er klassifiseres etter SFT's kriterier (SFT 1997). Ved Hønefoss ser vi imidlertid en viss økning av fosforverdiene, noe som kommer særlig godt fram i figur 4. Den markerte konsentrasjonsøkningen man tidligere har funnet på strekningen forbi Follum, ble sterkt redusert etter at fellingsanlegget kom i 1991. Etter det biologiske anlegget kom i drift i juni 1995, der det må doseres noe mer fosfor for å få den biologiske prosessen til å gå, ser vi at det er noe

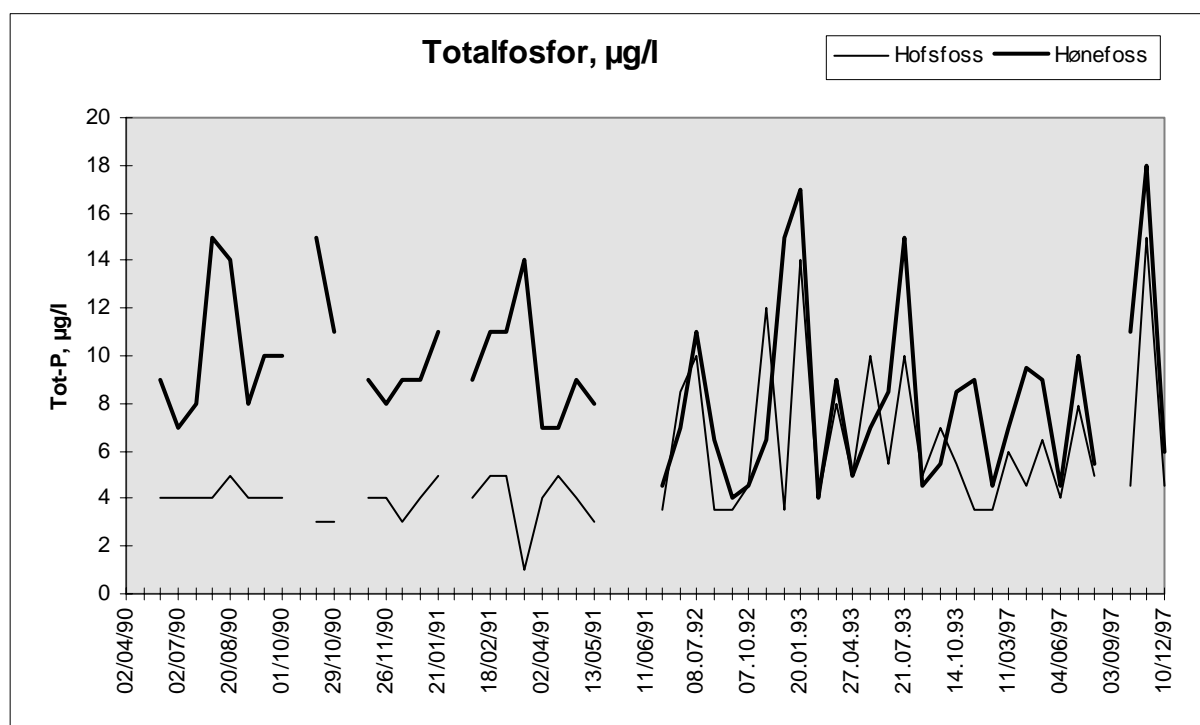
større sprik i konsentrasjonene mellom disse to stasjonene. Det er allikevel mye mindre sprik nå i 1997 enn før fellingsanlegget ble satt i drift sommeren 1991. Konsentrasjonen ved Busund er også noe lavere enn tidligere (med unntak av noen få høye konsentrasjoner), noe som indikerer at utslippene fra Follum tidligere også har hatt betydning her.

Tabell 1. Vannkvaliteten i elvene klassifisert etter SFT's kriterier (SFT 1997) og midlere konsentrasjon av fosfor (for hele året 1997).

Stasjon	Tot-P (middel)	Vannkvalitetsklasse	Vannkval. beskriv.
Begna ved Hofsfoss	5,9	I	meget god
Begna utl. Hønefoss kr.st.	8,5	II	god
Randselva ved Hvalsmoen	5,9	I	meget god
Storelva ved Busund	13,8	III	mindre god



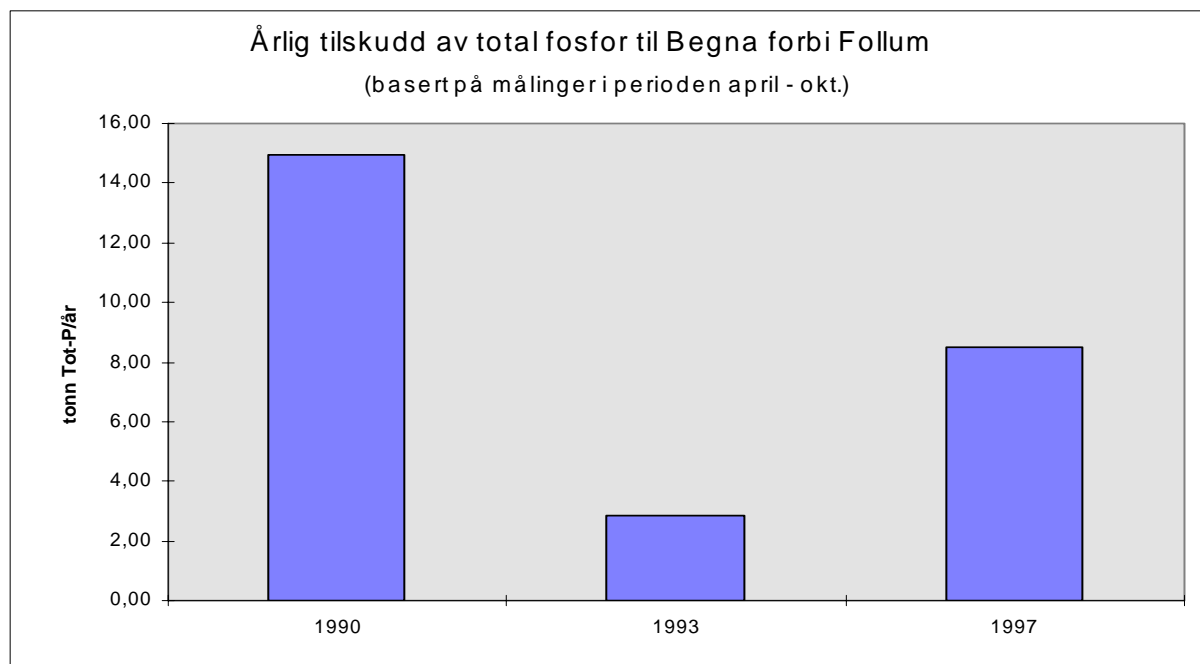
Figur 3. Konsentrasjon av total fosfor ved de ulike elvestasjonene 1990-97.



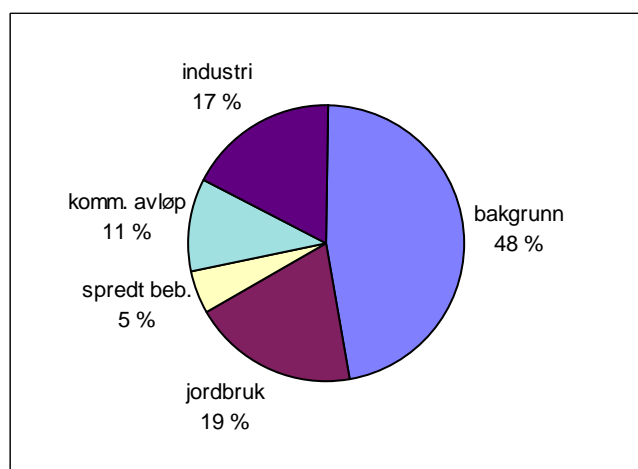
Figur 4. Konsentrasjonen av totalfosfor i Hofsfoss og Hønefoss (før og etter Follum), for perioden 1990-97.

2.2.3 Fosforutslipp fra Follum

Det generelle bildet er at forfortilskuddet fra Follum er betydelig redusert i forhold til tidligere. Fra å ha blitt beregnet ved målinger i elvene ovenfor og nedenfor fabrikken til ca 14 tonn pr. år i 1990/91, så det i 1993 ut til å være redusert til i størrelsesorden ca 3 tonn, basert på samme beregningsmåte. Dette tilsvarer en reduksjon på ca 80%. For 1997 er dette øket noe til vel 8 tonn etter at det biologiske anlegget er på plass og som krever en viss fosfordosering, se figur 5. Follums egne beregninger av utslippet ligger lavere alle år, men trenden er den samme, relativt sett høye utslipp i 1990 (ca 7 tonn), litt under 2 tonn i 1993 og knapt 4 tonn i 1997. Follum målte utslippet i 1996 til ca 6 tonn. Elvemålingene må regnes som mindre sikre enn Follums egne målinger. Elvemålingene er tatt som relativt få stikkprøver og med bakgrunn i 7 av årets 12 måneder, mens Follum har tatt ukeblandprøver.



Figur 5. Årlig tilskudd av total fosfor til Begna (målt i elva) forbi Follum før og etter installering av kjemisk renseanlegg, hhv. 1990 og 1993, og biologisk renseanlegg, hhv. 1993 og 1997.



Figur 6. Fosfortilførsler til Tyrifjorden fra Storelva, beregnet med tilførselsmodellen TEOTIL.

I forhold til beregninger gjort med tilførselsmodellen TEOTIL (Tjomsland og Bratli 1996) for 1996 er tilførslene til Tyrifjorden fra Storelva (der nesten alle tilførslene kommer fra) på ca 34 tonn. Her står Follum for 5,9 tonn og utgjør 17 % av totaltilførslen til Tyrifjorden, noe som fortsatt må sies å være betydelig. Det er bl.a. på linje med hele tilskuddet fra jordbrukssektoren, og en god del større enn tilskuddet fra kommunalt avløp. Dette framgår av figur 6.

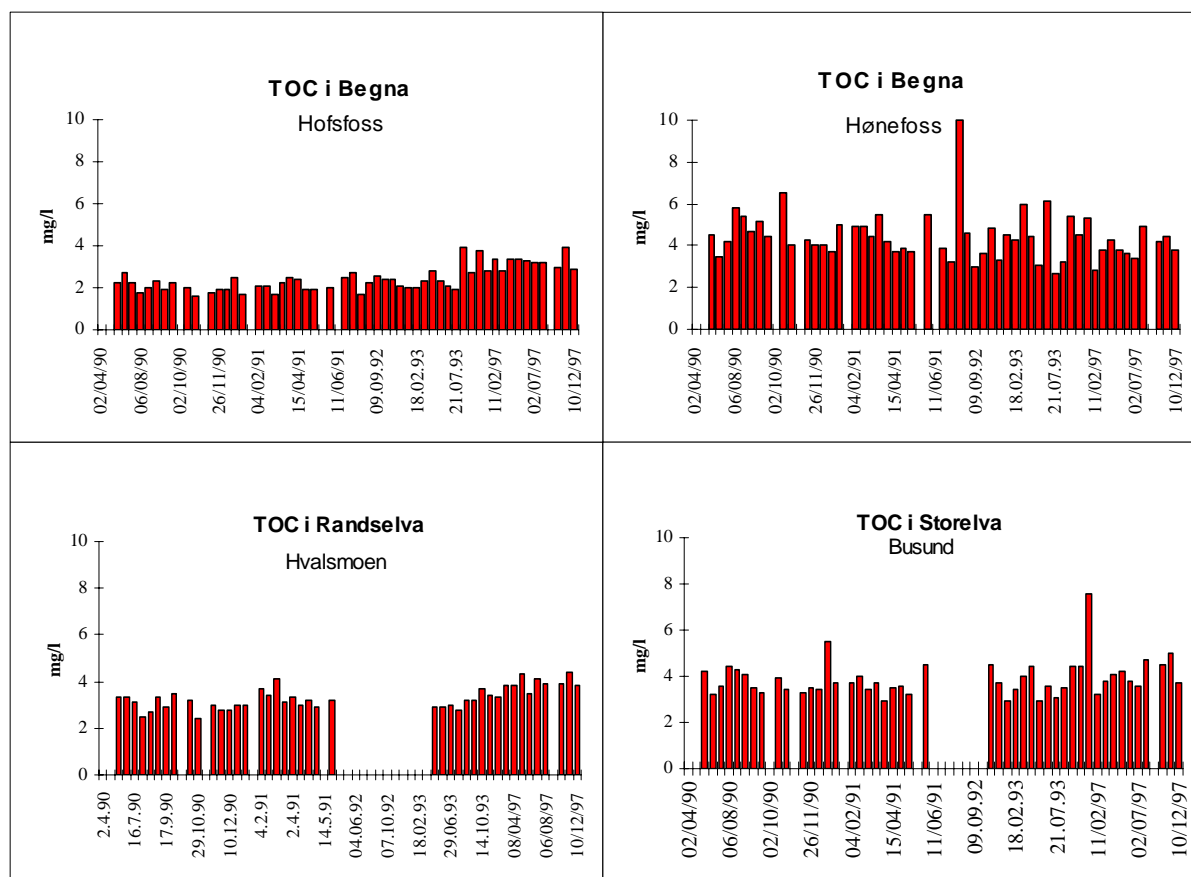
2.2.4 Konsentrasjoner av organisk materiale ved elvestasjonene

Utslipp av organisk materiale er normalt det største problemet i forbindelse med treforedlingsindustri, og sedimentene i Nordfjorden i Tyrifjorden bærer tydelig preg av at det opp gjennom tidene har vært store utslipp av organisk materiale fra treforedlingsindustri. I den senere tid er utslippene blitt betydelig redusert både som følge av prosessendringer, men også som følge av rensetiltak. I 1977 ble

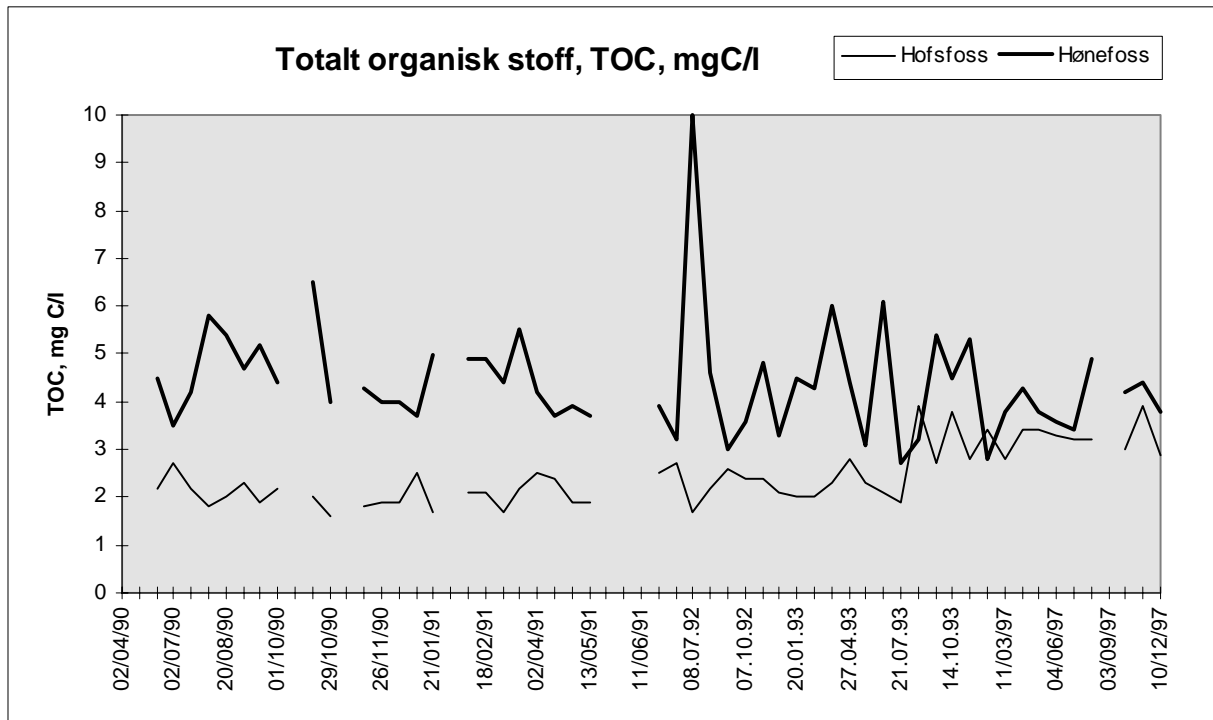
det installert et sedimentasjonsanlegg for fibergjenvinning. Dette tok det meste av de store fibrene og visuelt sett gav dette elva en betydelig bedring. Vi har ikke data fra elva som kan brukes til å kvantifisere denne effekten. Undersøkelsene i forbindelse med Vannbruksplanen (Berge 1992) viste at selv om utslippene av organisk materiale var betydelige, resulterte de ikke i nevneverdig oksygenreduksjoner i ellevannet. Hvordan de påvirket biologiske forhold i elvene ble ikke undersøkt den gang.

Sommeren 1991 ble det installert et kjemisk fellingsanlegg som var primært rettet mot å fjerne fosfor, men som også har god effekt på fjerning av partikulært organisk materiale. Effekten på løst organisk materiale er dårligere.

Figur 7 og figur 8 gir konsentrasjoner av total organisk karbon (TOC) ved de ulike elvestasjonene i perioden 1990-97. TOC skulle i utgangspunktet være en parameter som oppsluttet alt organisk stoff, både partikulært og løst. Slik TOC er analysert her, tar det imidlertid først og fremst løst organisk materiale, pluss noe lett osyderbart partikulært materiale. Det skjer en markert økning av TOC forbi Follum, men konsentrasjonene er allikevel moderate nå i forhold til hva som har vært tilfelle tidligere, spesielt før det siste biologiske renseanlegget ble satt i drift. Det kan se ut som om det har vært en viss økning i bakgrunnskonsentrasjonene fra Hofsfoss samtidig som konsentrasjonene ved Hønefoss viser en viss minking. Spriket mellom disse to stasjonene har derfor blitt betydelig mindre etter at renseanlegget ble installert.



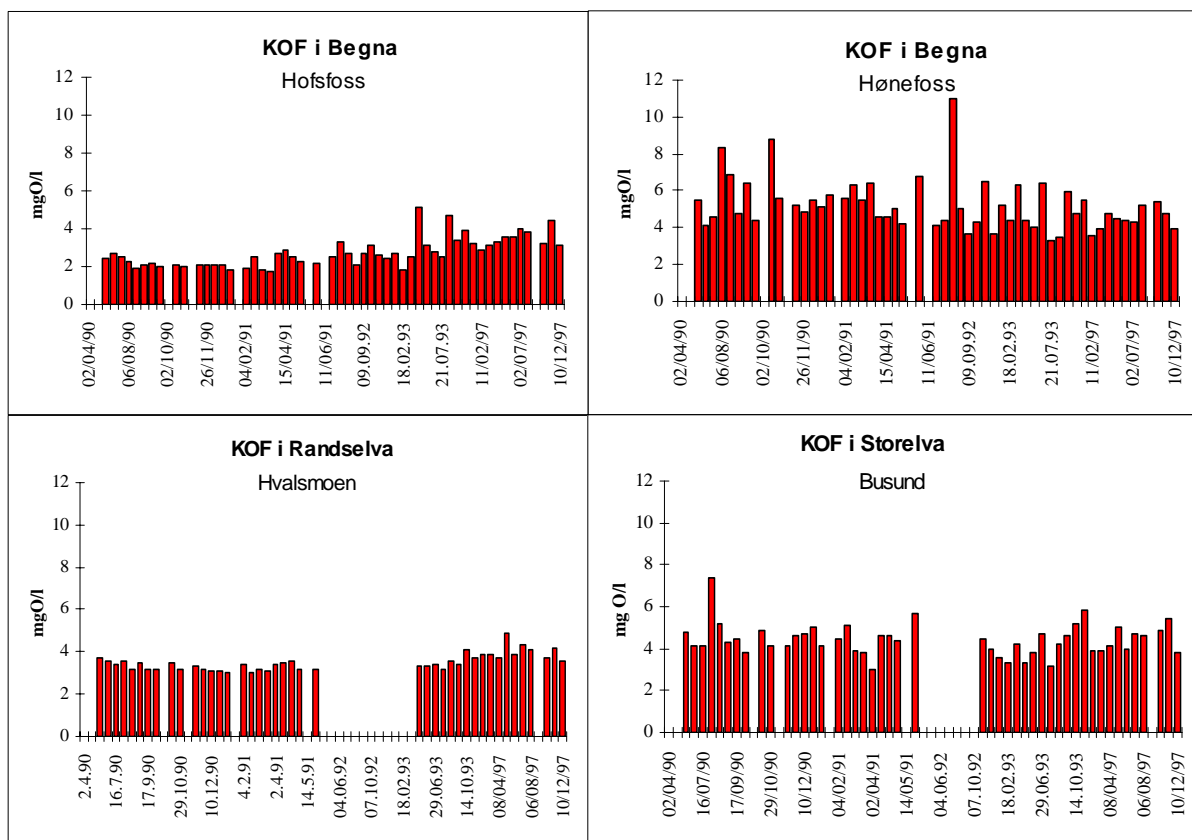
Figur 7. Konsentrasjon av total organisk karbon (TOC) ved de ulike elvestasjoner.



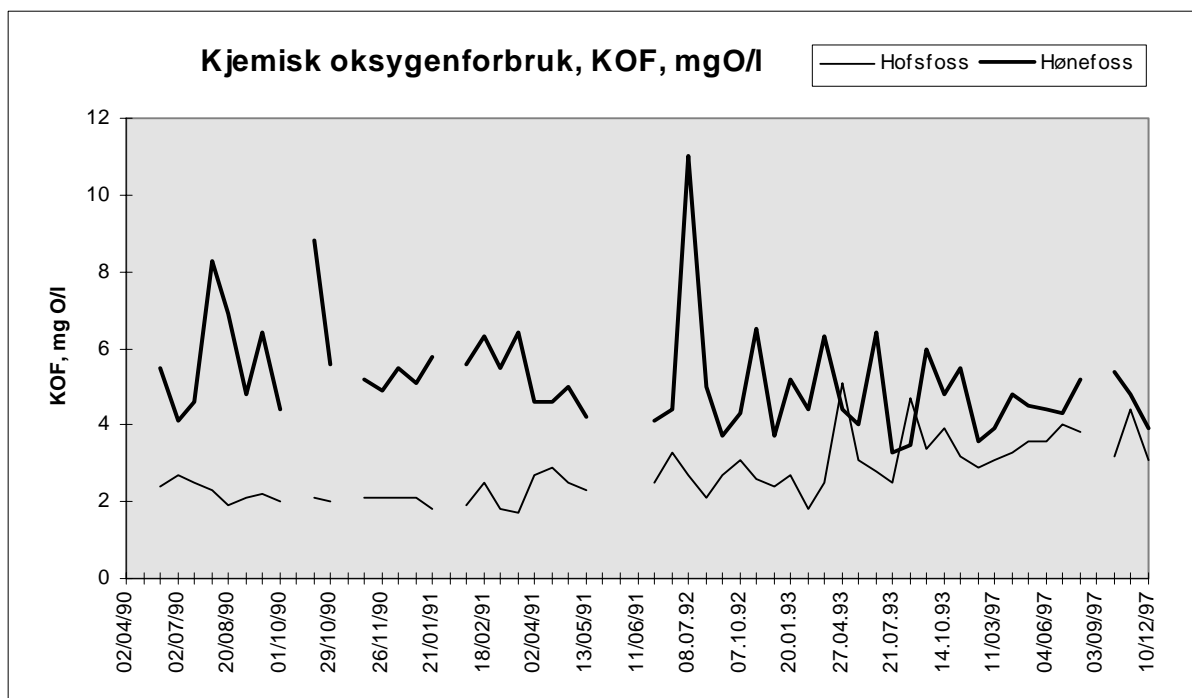
Figur 8. Konsentrasjonen av totalt organisk stoff i Hofs foss og Hønefoss (før og etter Follum), for perioden 1990-97.

Med hensyn til partikulært organisk materiale viste forrige resipientundersøkelse at er konsentrasjonsøkningen forbi Follum nærmest var ubetydelig, fra 0,58 til 0,63 mg/l. Fordi partikulært materiale er analysert etter en ikke akkreditert metode på BUVA-laboratoriet, med en for høy deteksjonsgrense, har det ikke vært mulig å gi tall for partikulært organisk materiale for 1997.

I tillegg til TOC er det målt på KOF (figur 9 og figur 10). Dette er en parameter som måler 20-45% av det totale organiske innholdet i elva, alt ettersom hvor mye som er løst og partikulært (lett eller vanskelig oksyderbart). I rentvannsmetoden blir det brukt oksidasjon med kaliumpermanganat, som er et relativt svakt oksidasjonsmiddel, i motsetning til dikromatmetoden for avløpsvann som oksyderer mye mer organisk stoff. KOF (manganmetoden) anses derfor kun å oksydere løst organisk materiale, og i noen tilfeller andre reduserte forbindelser (nitritt, ammonium etc.). Det siste kan imidlertid nærmest ses bort i fra i disse vel oksygenerte elvene.



Figur 9. Konsentrasjoner av partikulært organisk materiale ved de ulike elvestasjoner.



Figur 10. Konsentrasjonen av KOF i Hofsfoss og Hønefoss (før og etter Follum), for perioden 1990-97.

KOF viser, i likhet med TOC, at spriket mellom konsentrasjoner på Hofsfoss og Hønefoss nå er mye mindre enn før innstallasjonen av renseanleggene, spesielt det biologiske anlegget. Tabell 2 viser hvordan de forskjellige stasjonene kommer ut i forhold til organisk stoff klassifisert etter SFT sine kriterier. Kun referansestasjonen ved Hofsfoss kommer ut i klasse II, god.

Tabell 2. Vannkvaliteten i elvene klassifisert etter SFT's kriterier (SFT 1997) og midlere konsentrasjon av TOC og KOF (for hele året 1997).

Stasjon	TOC (middel)	KOF (middel)	Vannkvalitetsklasse	Vannkval. beskriv.
Begna ved Hofsfoss	3,2	3,5	II	god
Begna utl. Hønefoss kr.st.	4,0	4,6	III	mindre god
Randselva ved Hvalsmoen	3,8	4,0	III	mindre god
Storelva ved Busund	4,4	4,6	III	mindre god

I SFT's vannkvalitetskriterier er det også laget klassifisering etter innhold av partikler, men det skilles ikke mellom uorganiske og organiske partikler. Suspendert tørrstoff og glødesrest er imidlertid som nevnt analysert etter en ikke akkreditert metode, og med så høy deteksjongrense at et flertall av målingene både ved Hofsfoss og Randselva ligger under deteksjongrensen på 1 mg/l som er klassegrensen mellom klasse II og III (god og mindre god) i SFT klassifikasjonssystem.

Det er imidlertid målt på totalt partikkelinnhold etter en litt enklere metode, dvs. måling av turbiditet. I tabell 3 er således elvevannets totale innhold av partikler sammenliknet med SFT's vannkvalitetskriterier. Det fremgår at elvene kommer rimelig godt ut med hensyn til innhold av partikulært materiale, mens Begna nedstrøms Follum og Storelva ved Busund kommer dårligere ut mht. innhold av totalt organisk karbon (TOC).

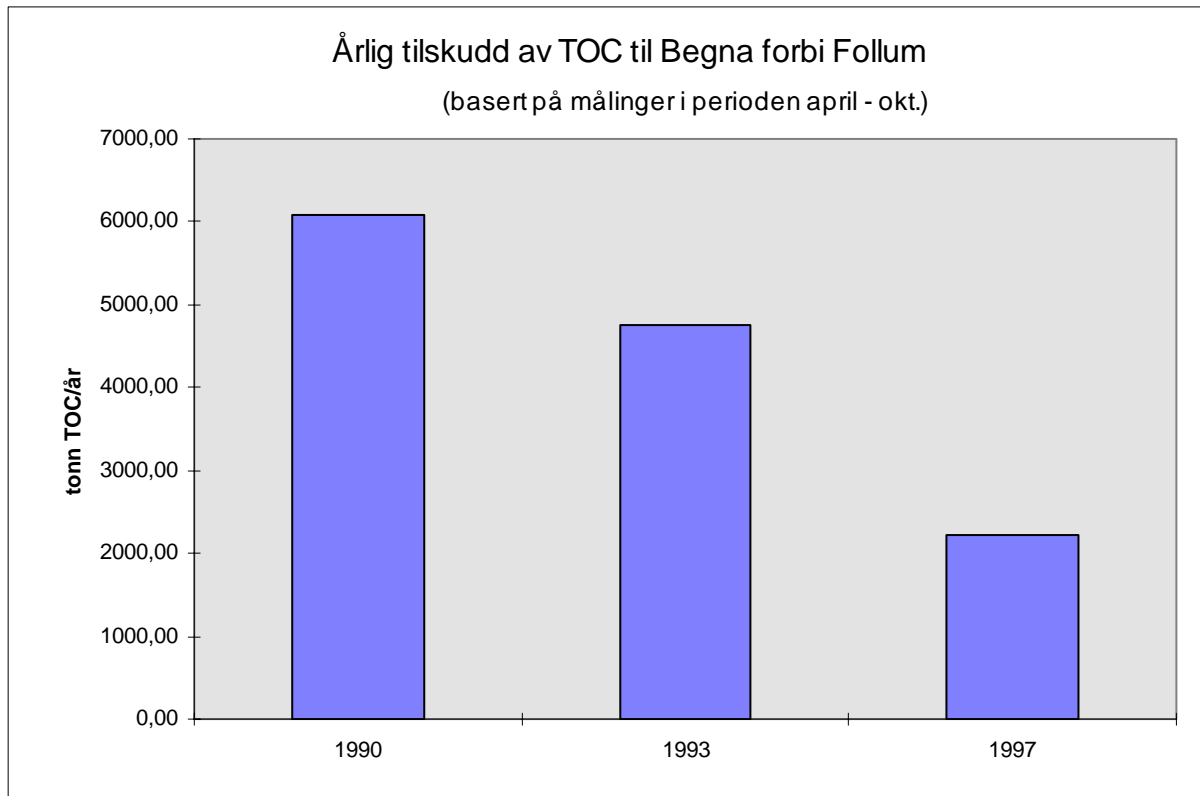
Tabell 3. Vannkvaliteten i elvene klassifisert etter SFT's kriterier (SFT 1997) og midlere konsentrasjon av partikler (turbiditet, FTU) (for hele året 1997).

Stasjon	Turbiditet (middel)	Vannkvalitetsklasse	Vannkval. beskriv.
Begna ved Hofsfoss	0,9	II	god
Begna utl. Hønefoss kr.st.	1,5	III	mindre god
Randselva ved Hvalsmoen	1,3	III	mindre god
Storelva ved Busund	3,1	IV	dårlig

2.2.5 Utslipp av organisk materiale

Av forhold nevnt ovenfor har det ikke vært mulig å få noe tall på hvordan utviklingen har vært for det partikulære organiske stoffet i 1997. Lite tyder imidlertid på at dette har endret seg særlig siden forrige resipientundersøkelse da vi så den dramatiske reduksjonen fra ca 3000 tonn i 1990 til 170 tonn pr. år i 1993, altså en reduksjon på ca 95%. Utslippstall fra Follum viser at utslippet i 1997 er omtrent på samme nivå i 1997 som i 1993. Det ligger imidlertid noe høyere enn det som er målt i elva, ca 550 tonn i 1993 og ca 720 tonn i 1997. Utslippsmålingene fra Follum viste 2150 tonn i 1990.

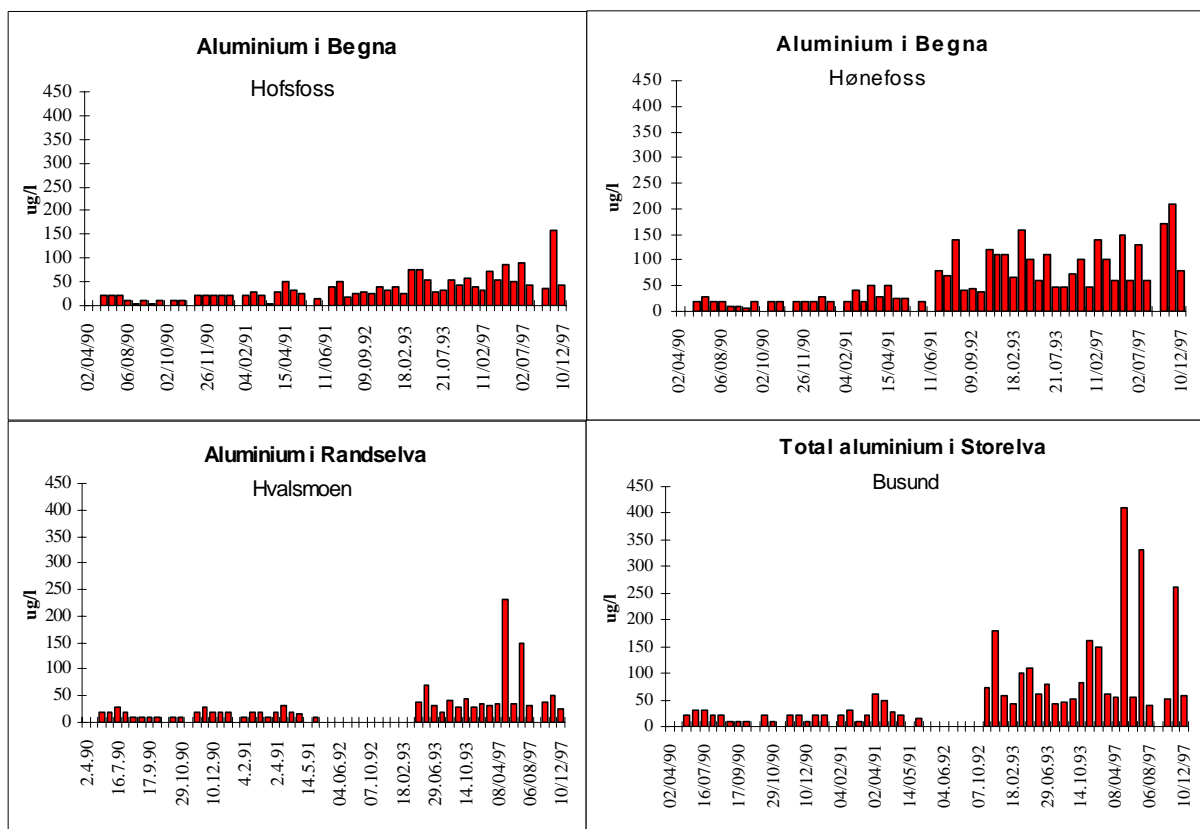
På de løste fraksjonene av organisk stoff, målt som TOC, var det som forventet en relativt beskjeden reduksjon av TOC fra 1990 til 1993 fra ca 6000 til 5000 tonn pr. år. Det nye biologiske anlegget har som vi ser av figur 11 imidlertid redusert tilskuddet fra Follum betydelig. Tilskuddet ligger på vel 2000 tonn i 1997.



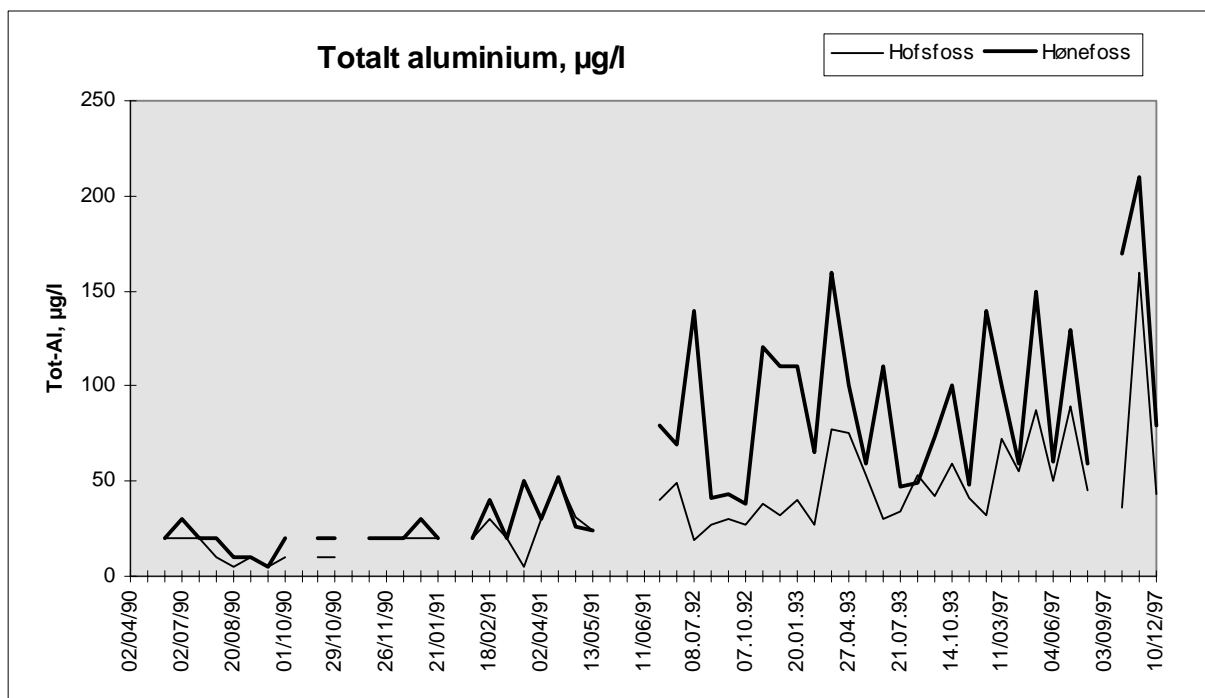
Figur 11. Årlig tilskudd av totalt organisk stoff, målt som TOC i elva, til Begna forbi Follum før og etter installering av kjemisk renseanlegg, hhv. 1990 og 1993, og biologisk renseanlegg, hhv. 1993 og 1997.

2.2.6 Aluminiumskonsentrasjoner ved elvestasjonene

Til felling av fosforet benyttes hovedsaklig aluminiumsklorid. Det skjer i perioder et betydelig restutslipp av aluminium til elva, noe som tydelig ses på konsentrasjonen i elvevannet, se figur 12.



Figur 12. Konsentrasjoner av aluminium ved elvestasjonene.



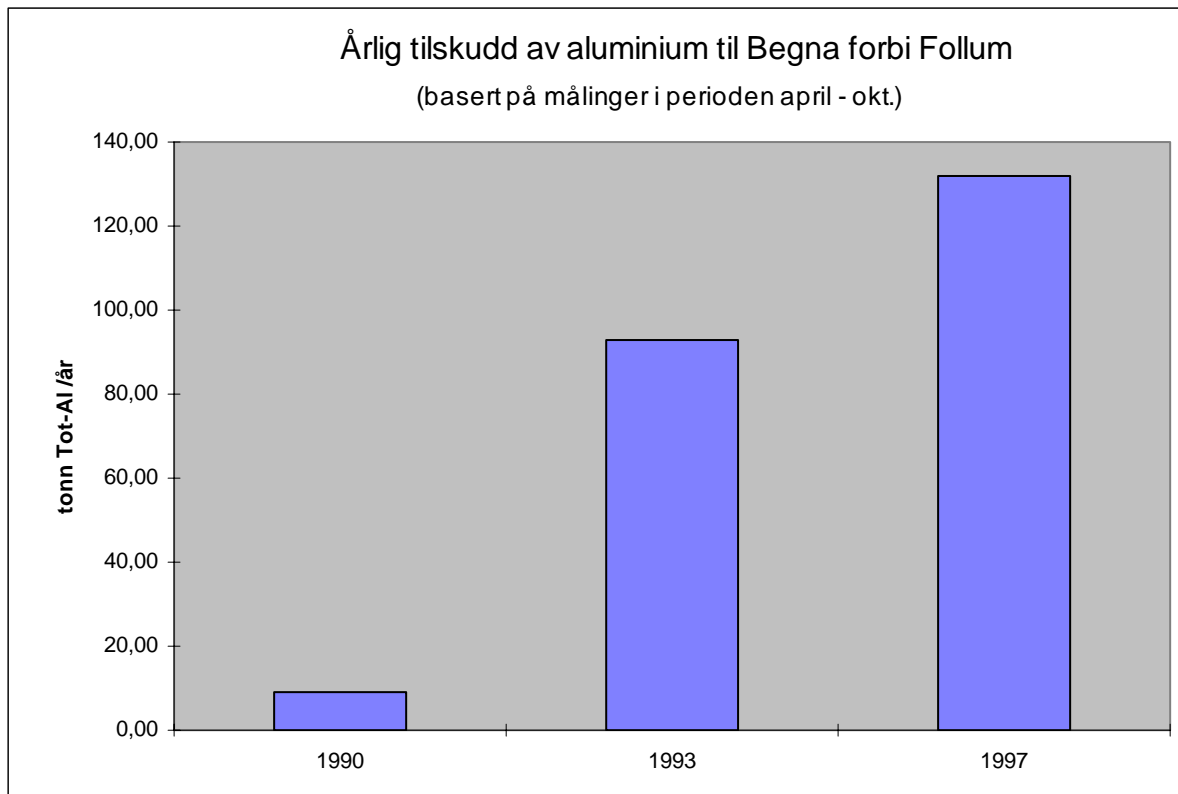
Figur 13. Konsentrasjonen av aluminium i Hofsfoss og Hønefoss (før og etter Follum), for perioden 1990-97

Midlere konsentrasjon av total aluminium økte betydelig på strekningen forbi fabrikkområdet, i perioden etter installasjonen av renseanlegget, og har siden ligget på et høyt nivå. Bakgrunnskonsentrasjonen har imidlertid også økt endel i perioden etter 1991.

Undersøkelsen i 1993 viste at konsentrasjonen av labilt aluminium, som representerer aluminiumfraksjoner som er skadelige for fisk, ikke så ut til å vise noen stor økning, og vil ikke være noe problem for Begna ved de pH-verdier som råder (pH 6-7).

2.2.7 Aluminiumsutslipp fra Follum

Beregnet på bakgrunn av endringer i elvekonsentrasjoner forbi fabrikkområdet, ser utslippet ut til å ha øket fra ca 10 tonn i 1990 til ca 90 tonn i 1993 og ca 130 tonn Al per år i 1997, se fig.8.



Figur 14. Årlig tilskudd av aluminium til Begna (målt i elva) forbi Follum før og etter installering av kjemisk renseanlegg, hhv. 1990 og 1993, og biologisk renseanlegg, hhv. 1993 og 1997.

3. Begroingsundersøkelser

Begroing er en praktisk betegnelse på organismesamfunn som sitter fast, på eller lever i direkte tilknytning til ulike typer fast underlag i vannet.

Funksjonelt er det tre typer begroing:

- *Primærprodusenter:* Alger
Moser
(Makrovegetasjonen regnes ikke med)
- *Nedbrytere:* Bakterier
Sopp
- *Konsumenter:* Enkle organismer f. eks. ciliater, fargeløse flagellater, svamp

Mineralske salter er viktigste næringskilde for *primærprodusentene* som vanligvis øker i mengde ved økt tilførsel av næringssalter. Ved økt tilførsel av løst lett nedbrytbart organisk stoff øker mengden av *nedbrytere*. Partikulært organisk stoff medfører oftest økt forekomst av *konsumenter*. I norske elver der forurensnings belastningen vanligvis er liten til moderat, domineres begroingssamfunnet av primærprodusenter. Bare i betydelig forurensede elver dominerer nedbrytere og konsumenter.

På grunn av raske vekslinger i miljøforholdene i rennende vann kan det være vanskelig å få et godt bilde av vannkvaliteten. Fysisk/kjemiske målinger gir bare et øyeblikksbilde og det kreves hyppige målinger for å få et representativt bilde av tilstanden. Begroingssamfunnet derimot vil, ved å være bundet til ett og samme voksested, avspeile miljøforholdene på voksestedet og integrere denne påvirkningen over tid.

Når begroingssamfunnet benyttes til å bedømme effekter av næringssalter og lett nedbrytbart organisk materiale (løst og partikulært) anvendes et vurderingsgrunnlag som vist i tabell 4. Dette er inndelt i tilstandsklassene I-V i samsvar med gjeldene klassifiseringssystem for vannkvalitet i norske vassdrag (SFT 1997).

Tabell 4. Inndeling av vannkvalitet basert på begroingsobservasjoner.

Tilstandsklasse	I	II	III	IV	V
Tilstand	Meget god: ikke/ubetydelig påvirket og/eller naturl. næringsfattig	God: svakt påvirket og/eller naturlig næringsrik	Mindre god: markert påvirket	Dårlig: sterkt påvirket	Meget dårlig: meget sterkt påvirket
Farge - tilstandsklasse:	lyseblå	grønn	gul	orange	rød
Begroingssamfunnet:					
Artsantall alger	mange arter, som naturtilstand	mange arter	noe redusert artsantall	redusert artsantall	få arter
Artssammensetning alger	vesentlig forurensnings-ømfintlige arter	både forurensnings-ømfintlige og næringskrevende arter	vesentlig næringskrevende og forurensnings-tolerante arter	bare forurensnings-tolerante arter	bare svært tolerante arter
Mengder av alger	sjelden stor forekomst	økende mengder, masseforekomst kan forekomme	masseforekomst vanlig	masseforekomst vanlig	masseforekomst vanlig
Forekomst nedbrytere (bakterier & sopp) og konsumenter	liten forekomst	liten forekomst	vanligvis en del nedbrytere og konsumenter	stor forekomst	masseforekomst vanlig

3.1.1 Metoder og materiale

Metodikk for innsamling og bearbeiding av begroing er beskrevet i Berge m. fl. (1994). Metoden er standardisert og gir i hovedsak en kvalitativ beskrivelse av samfunnet. Alle mengdevurderinger er semikvantitative.

Tabell 5 og figur 1 gir en oversikt over stasjoner for begroingsobservasjoner og deres plassering i vassdraget.

Med unntak av referansestasjonen i Begna oppstrøms Hofsfossen, st. F1, var plasseringen i 1997 den samme som i 1993.

Tabell 5. Stasjoner for begroingsobservasjoner, Begnavassdraget 22. august 1997.

F 1	Begna: oppstrøms Hofsfossen - v. bru over elva - på østsiden - moderat strøm (på vestsiden i 1993)
F 2	Begna: mellom jernbanebru og kraftverksdam - på vestsiden - stilleflytende
F 3	Begna: nedstrøms Hønefossen før samløp Randselva - 100 m nedstrøms brukar til Hønefosbrua - på nordsiden - jevnt strømmende vann
F 4	Randselva: før samløp Begna - ca. 50-100 m nedstrøms bru over Randselva, på vestsiden - jevnt strømmende vann
F5	Storelva: ved Busund bru - ved brukar på østsiden av elva - moderat strøm

3.1.2 Resultater

Resultatene av begroingsobservasjonene den 22/8 1997 er vist i bilagstabell B1 og B2. Resultatene sammenliknes med tilsvarende observasjoner i 1993 (Berge m. fl. 1994).

Generell kommentar

På referansestasjonen i Begna, (st. F1) og stasjonen i Storelva (st. F5) består elvebunnen av ca. 20 % grus og sand, 60 % små stein (2-20 cm) og 20 % stor stein (20-40 cm). En elvebunn med såvidt finpartikulært materiale kan lett bli ustabil og utsatt for bevegelser ved økende vannføring. Dette vil ha innvirkning på begroingens artsinnhold da langsomtvoksende organismer sjelden får tid til å etablere seg. Hvilke arter som etablerer seg er dessuten svært avhengig av tidspunkt for siste flom og hvilke forhold som da rådet mht. temperatur, lys, næringsinnhold og tilgjengelige kimstadier av begroingsorganismer. En elvebunn i bevegelse får dessuten innvirkning på begroingens mengdeforhold, da organismene sjelden får tid til å etablere stor forekomst. På st. F1 har prøvetaking på elvas vestsiden i 1993 og østsiden i 1997 trolig også bidratt til at begroingssamfunnet fremstod som noe forskjellig i 1993 og 1997.

Artssammensetning

Som ved undersøkelsen i 1993 var det påfallende liten forekomst av organismer som tilsier stor belastning med plantenæringssalter. Innslaget av primærprodusenter som trives i moderat næringsrikt, nøytralt vann hadde dessuten økt noe i forhold til 1993, se bilagstabell B1. Dette var særlig markert på stasjonene F2, F3 og F5, der var innslaget av grønnalger som trives i noe humøst og moderat næringsrikt vann klart større enn i 1993. I den forbindelse nevnes representanter for grønnalgeslektene

Bulbochaete, *Closterium*, *Cosmarium*, *Mougeotia*, *Oedogonium* og *Schizochlamys*. Som i 1993 ble det observert ganske få grønnalger i Randselva på st. F4. Årsaken til det er ikke klarlagt.

På st. F1, oppstrøms Hofsfossen, vokste gullagen *Chrysoxys major* som lyse grønne kuler på større stein. Denne algen er ikke med sikkerhet registrert i Norge tidligere og forekomsten er derfor av almen interesse. Små forekomster av samme alge ble også funnet på stasjonene F3 og F5.

Kisellegesamfunnet var i store trekk som i 1993, se bilagstabell B2. Det var jevnt over artsrikt og bestod av en blanding av arter som trives i noe næringsrikt vann, bl.a. en del *Nitzschia*-arter og av arter som er typiske for lite næringsbelastet vann som f. eks. *Cymbella microcephala*. Som i 1993 var kisellegesamfunnet i Randselva noe rikere enn i Begna og Storelva. Det kom til uttrykk ved stor artsriksdom og ved forekomst av arter som trives i elektrolyttrikt vann. Typisk for en elektrolyttrikt vannkvalitet er bl.a. artsrik forekomst av slekten *Cymbella*.

I 1997 dekket kiselalgen *Didymosphenia geminata* ca 10% av elvebunnen på stasjonen i Randselva. Denne kiselalgen består av mange små kisel skall festet på lange fiberliknende stilker. Når *Didymosphenia* blir gammel faller gjerne skallene av slik at bare stilkene blir igjen. Det er sannsynlig at det fiberliknende materialet som ble funnet på denne stasjonen i 1993, bare var gamle *Didymosphenia* stilker og ikke som antydnet i 1993; organisk materiale tilført fra en eventuell forurensningskilde (Berge m. fl. 1994).

På stasjonene F2, F3 og F5 var det fremdeles markerte innslag av nedbrytere og konsumenter. Som i 1993 var ulike typer bakterier, deriblant jernbakterier, særlig godt representert. De samme stasjonene hadde også et markert innslag av uidentifiserte fibre.

Artsmangfold

Figur 15 viser arts mangfold av blågrønnalger, grønnalger og nedbrytere/konsumenter den 22/8 1997. Sett i forhold til 13/9 1993 var det økt mangfold av blågrønnalger på samtlige stasjoner. Det er nærliggende å se dette som et resultat av redusert forurensningsbelastning på stasjonene F2, F3 og F5. I forhold til 1993 var det også økt mangfold av grønnalger fra og med st. F2. Som for blågrønnalgene tilskrives dette redusert forurensningsbelastning i 1997.

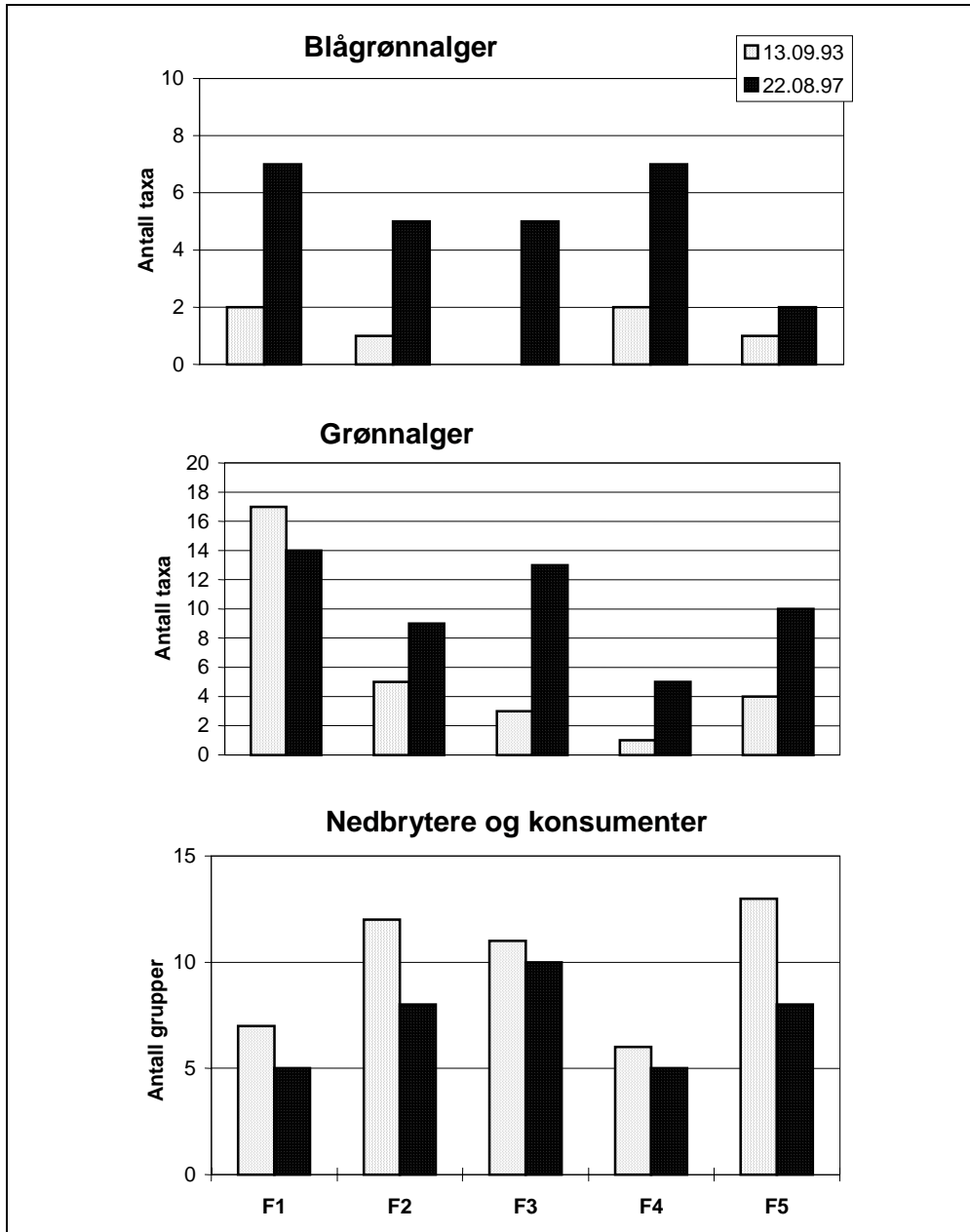
Selv om forekomstene av nedbrytere/konsumenter var betydelig redusert siden undersøkelsen i 1993 (se nedenfor om mengdemessige forhold), var ikke antall grupper av disse organismene vesentlig redusert, se figur 1. De fleste gruppene var fremdeles tilstede, men nå i moderate forekomster.

For kiselalgene så det ut til å være små endringer i mangfoldet siden 1993, se bilagstabell B2.

Mengdemessige forhold.

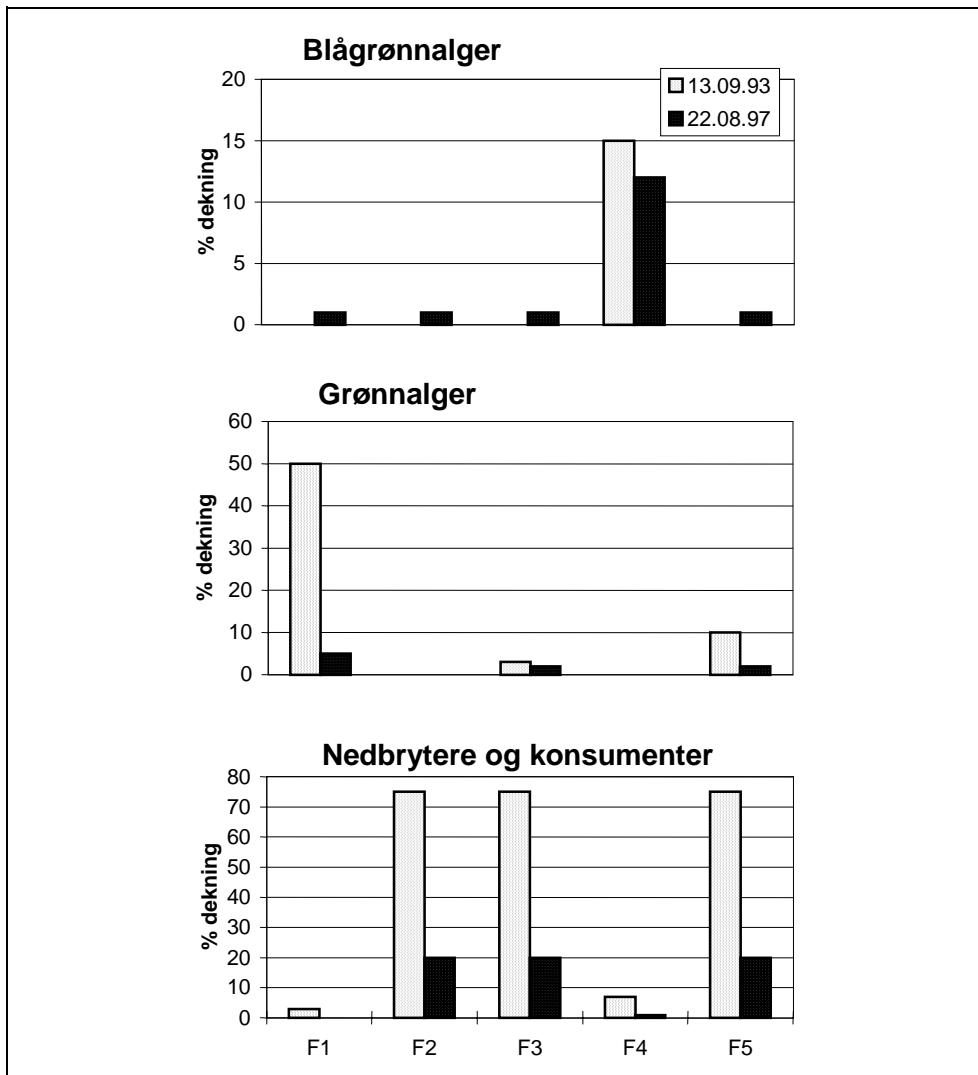
Figur 16 viser dekningsprosent av kvantitativt viktige grupper i Begnavassdraget 13/9 1993 og 22/8 1997. Bortsett fra Randselva, st. F4, var blågrønnalgeforekomstene meget små. På stasjonene F1 og F5 har dette trolig sammenheng med elvebunnen, som på grunn av det finpartikulære dekk sjiktet, er i stadig bevegelse. Dette er trolig også årsak til stor forskjell i dekningsprosent av grønnalger i 1993 og 1997 på nettopp disse stasjonene. På st. F1 har prøvetaking på elvas vestsida i 1993 og østsida i 1997 trolig også hatt betydning.

For gruppen nedbrytere og konsumenter hadde det skjedd en tydelig nedgang i mengdemessig forekomst på stasjonene F2, F3 og F5 siden undersøkelsen i 1993. Selv om begroingen fremdeles hadde et slamliknende preg av nedbrytere/konsumenter, var forekomstene betydelig redusert. Innslaget av fibre var også redusert.



Figur 15. Antall taxa av blågrønnalger og grønnalger og antall grupper av nedbrytere/konsumenter. Begnavassdraget 13/9 1993 og 22/8 1997.

Hovedinntrykket av begroingssamfunnet var reduserte tilførsler av lett nedbrytbart og partikulært organisk materiale siden 1993 (tabell 6). Dette viste seg ved reduserte mengder av nedbrytere og konsumenter. Økt mangfold av primærprodusenter på stasjonene F2, F3, F4 og F5 tilsier dessuten en generell bedring av vannkvaliteten siden 1993.



Figur 16. Elvebunnens dekningsprosent av blågrønnalger, grønnalger og nedbrytere/konsumenter. Begnavassdraget 13/9 1993 og 22/8 1997.

Forøvrig var endringene små. Blant primærproduktene bestod samfunnet som tidligere av arter som trives i lite til moderat næringsbelastet vann, og det var ingenting som tydet på at det var stor tilførsel av næringsalter som var lett tilgjengelig for primærproduksjon.

Tabell 6. Vannkvalitet i Begnavassdraget vurdert ved begroingsamfunnet i 1997 (og 1993).

Stasjon	Tilstandsklasse 1997	(Tilstandsklasse 1993)	Vannkvalitet 1997
F1. Begna oppstrøms Hofsfossen	II	(II)	God
F2. Begna mellom jernb. og kraftv.d.	III-IV	(V)	Mindre god til dårlig
F3. Begna oppstrøms kraftverksdam	III-IV	(V)	Mindre god til dårlig
F4. Randselva før samløp Begna	II	(III)	God
F5. Storelva ved Busund	III	(IV)	Mindre god

4. Bunndyrsamfunn

I forbindelse med undersøkelse av utslipp fra Follum til Storelva, ble effektene på bunndyrsamfunnene nedstrøms fabrikken undersøkt. Som referanser for strømfaua ble det valgt ut en lokalitet oppstrøms Follum og en i Randselva.

Bunndyr er en svært heterogen gruppe organismer. Det finnes ekstreme rentvannsarter og arter som er svært tolerante overfor forskjellige typer forurensninger. Basert på kunnskap om forurensnings-toleransen til ulike bunndyrarter, er det utviklet mange systemer samt forurensnings- og diversitetsindekser for å vurdere forurensninger i vassdrag ved hjelp av bunndyrsamfunn. De fleste system og indekser er beregnet til bruk først og fremst ved organiske forurensninger. Det legges her spesielt vekt på arter/grupper som er dominante og subdominante innslag i faunaen, samt tilstedeværelse og fravær av gode indikatorarter/grupper.

4.1 Bunndyr fra sakteflytende elvestrekninger

4.1.1 Materiale og metoder

Det ble tatt bunndyrprøver fra sakteflytende deler av Begna (4 stasjoner) og Storelva (1 stasjon). Det ble brukt de samme 5 lokaliteter som i 1993. (se forøvrig figur 17):

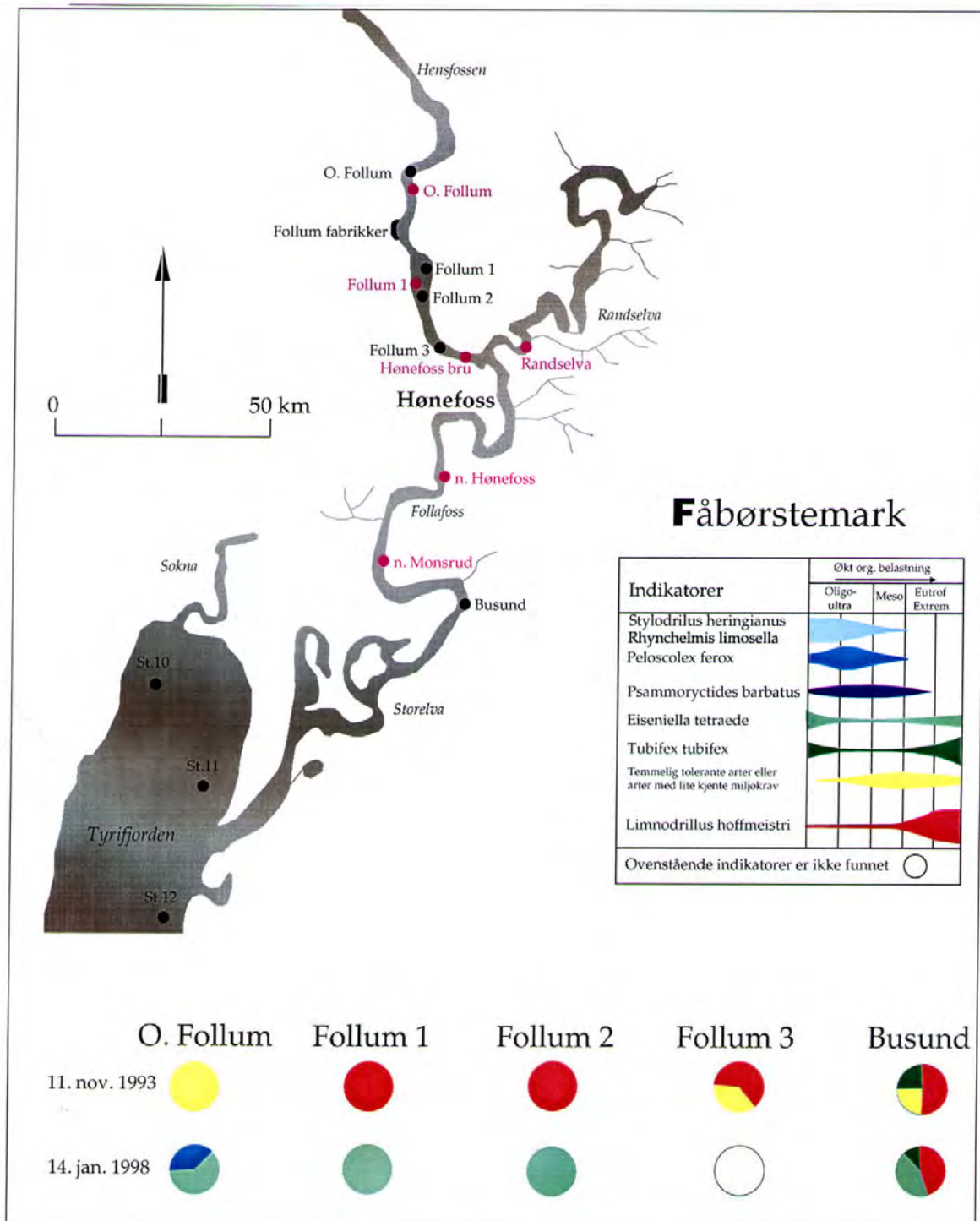
- O. Follum referansestasjon oppstrøms Follum, i øvre del av kraftverksdammen ved Hofsfoss.
- Follum 1 umiddelbart nedstrøms utløp fra Follum.
- Follum 2 ca 1/3 fra Follum til Hønefossen.
- Follum 3 ved "holme" like oppstrøms Hønefossen.
- Busund like oppstrøms Busund bru.

Prøvene ble tatt med Ekman grabb og vasket i sold med maskevidde 500µm. Det ble tatt 5 hugg fra hver stasjon. Disse ble slått sammen til en blandprøve. Fra blandprøven ble det tatt ut en delprøve for analyse. Fåbørstemarkene er artsbestemt av Doc. Göran Milbrink i Uppsala og fjærmygglarvene av Lars Eriksson i Ultuna, Sverige.

En vanlig metode til å karakterisere forurensningstilstanden i løse sedimenter i elver og innsjøer er Milbrinks system basert på forekomst av forskjellige arter fåbørstemark. Andre metoder er basert på fjærmygglarver, slik som Ågårds system. Denne fjærmyggbaserte metoden er egnet i profundale innsjøsedimenter. Begge metodene er beregnet på organisk belastning/eutrofiering. Her har vi brukt systemet til Milbrink.

4.1.2 Resultater

Fiberutslipp og utslipp av oppløst organisk stoff fra Follum gav klare effekter på faunaen også i de strømsvake partiene av elva. Effektene kunne spores helt ned til Busund. Forurensningsfølsomme grupper som mudderlevende døgnfluer (*Caenis* og *Ephemera*), biller, vårfluer og muslinger slås helt ut nedstrøms Follum (Vedleggstabell C6). Her består faunaen av forurensningstolerante arter innenfor gruppene fåbørstemark, igler, sviknott, fjærmygg samt ferskvannsasellen (*Asellus aquaticus*). Dette er et faunabile som er typisk for treforedlingsindustripåvirkede elvestrekninger med stor fiberbelastning men der det fortsatt er til dels god tilgang på oksygen.



Figur 17. Bunnfaunaen i elvenes *sakteflytende partier* vurdert etter Milbrinks fåbørstemarkbaserte vurderingssystem. Øvre del av skalaene utgjøres av rentvannsindikerende arter, og den nedre del av arter som indikerer forurensning med organisk stoff. Stasjonskartet viser undersøkelse av bunnfauna i rasktflytende (lilla farge) og sakteflytende (sort farge) elvestrekninger.

Jevnføres situasjonen i 1997 med de forhold som ble registrert i 1993 så har det likevel skjedd klare forbedringer av miljøforholdene i Begna nedstrøms utslippet fra Follum. Redusert forekomst av bl.a. fåbørstemarken *Limnodrilus hoffmeisteri* samt økt forekomst av aseller og fjærmygglarver indikerte dette. I områder der det fortsatt forekommer større fiberbanker (Follum 3) var bunnfaunaen likevel negativt påvirket og her var det små forandringer jevnført med de forhold som ble registrert i 1993. Jevnført med forholdene i 1993 var det likevel klart mindre fiberbanker på strekningen nedstrøms Follum i 1997. En forklaring på dette kan være flommen i 1995 samt redusert fiberutslipp fra Follum i de seinere år.

Ved Busund i Storelva var det små biologiske forandringer jevnført med de forhold som ble registrert i 1993. Her tilkommer utslipp av bl.a. lett nedbrytbart organisk stoff fra Monserud renseanlegg og dette kan være forklaringen på at det ikke har skjedd noen større forbedringer. Det hadde likevel blitt en betydelig reduksjon av fiberbanker på denne lokaliteten jevnført med de observasjoner som ble foretatt i 1993. Også her kan flommen i 1995 hatt stor betydelse.

4.2 Bunndyr fra rasktflytende elvestrekninger, strømfauna.

4.2.1 Materiale og metode

Det ble samlet inn bunndyr på 6 stasjoner med steinbunn og forholdsvis raskt rennende vann (figur 17):

- o. Follum: referansestasjon oppstrøms Follum.
- Randselva: referansestasjon i Randselva like før samløp med Storelva.
- Follum 1: umiddelbart nedenfor utløp fra Follum, strandkanten.
- Hønef. bru: under Hønefoss bru før samløp med Randselva.
- n. Hønefoss: nedenfor Hønefoss sentrum.
- n. Monserud: nedenfor Monserud renseanlegg.

Bunndyrene ble samlet inn med den såkalte sparkemetoden (Norsk Standard 4818): Bunns substratet rotes rundt med den ene foten, det oppvirvlede materialet føres av strømmen opp i en håv plassert på bunnen. Det hele foregår etter en bestemt prosedyre i 3 * 1 minutt. Håven har maskevidde 250 µm. Bunndyrene telles og artsbestemmes under lupe/mikroskop.

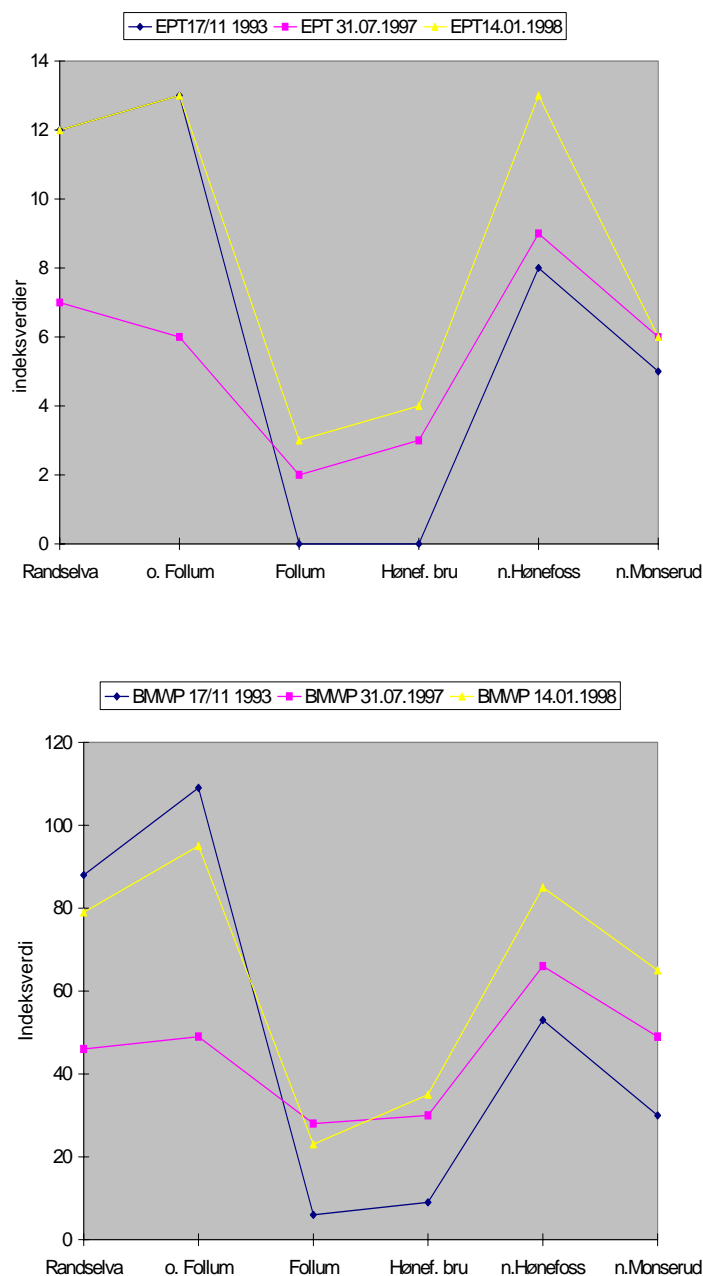
De biologiske forholdene i elva basert på tilstanden i bunndyrsamfunnene i rennende vann ble vurdert både for sommersituasjonen (1997) og for vintersituasjonen (1998). Prøvene ble tatt henholdsvis 31. juli 1997 og 14. januar 1998. Disse periodene har i utgangspunktet noe forskjellige bunndyrsamfunn representert ved til dels forskjellige arter og ikke direkte sammenligbare. De foreliggende høst og vinterprøvene fra henholdsvis 1993 og 1998 er imidlertid direkte sammenlignbare med hensyn på artsinventaret. Resultatene fra 1997/98 er sammenstilt med resultatene fra 1993.

En mye brukt indeks beregnet på bunndyr i rennende vann er den såkalte BMWP-indeksen (Biological Monitoring Working Party) eller ASPT som er et gjennomsnitt av BMWP (=sumBMWP/antall grupper i vurderingen). Indeksen baserer seg på ulike bunndyrgruppers forurensningstoleranse. Dyrene gis en tallverdi fra 1 til 10, der 1 angir høy toleranse og 10 lav toleranse overfor forurensninger.

En annen måte å vurdere bunndyrsamfunnet på er å telle opp antall arter inne gruppene døgnfluer, steinfluer og vårfluer (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) (EPT-indeks). Denne metoden gir oftest tilsvarende resultat som forannevnte BMWP-indeks (ASTP). Begge vurderingsmetodene er anvendt.

4.2.2 Resultater

Det var flere arter på de mest forurensningsutsatte lokalitetene i 1998 enn i 1993, og forurensningsindeksene viste høyere verdier. Disse forholdene viser at det har blitt en klar bedring i de biologiske forholdene. Bunndyrssamfunnet ved Follum og nedstrøms Hønefossen er imidlertid fremdeles betydelig påvirket av forurensninger. Situasjonen bedres etter samløp med Randselva, men det er en forverring nedstrøms Mønsrud rensanlegg.



Figur 18. Indeksverdier for EPT og BMWP-indeksen brukt oppstrøms og nedstrøms Follum og i nederste del av Randselva. Høye verdier viser rentvannsfauna. Beregningene er basert på bunndyrprøver fra november 1993, juli 1997 og januar 1998.

Referansestasjon, o.Follum.

Faunaen på referansestasjonen oppstrøms Follum var en typisk rentvannsfauna, med mange dyregrupper og et variert innslag av døgnfluer, steinfluer og vårfluer (EPT) særlig i høst/vinterperioden. Tilsammen 13 arter fra disse gruppene ble registrert både i 1993 og i 1998. Indeksverdiene for BMWP og ASTP var også i samme størrelsesorden disse årene og den prosentvise endringen mellom disse årene var derfor liten (figur 19). Sommersesongen viste generelt lavere indeksverdier på referanselokalitetene. Dette skyldes naturlig færre sommerarter.

Arten *Baetis niger* dominerte døgnfluefaunaen i høst og vinterprøvene i 1993 og 1998 (Vedleggstabell C1). Om sommeren var det ingen klart dominerende art, men langt færre individer av hver art og jevnere fordeling mellom artene. Den vanligste arten var *Procloen bifidum*. Steinfluene ble bare registrert med én art, *Taeniopteryx nebulosa*, med få individer i høst/vinterprøvene i 1997/1998. Flere arter ble registrert i 1993, men også da med få individer. Det er uvisst hvorfor det ble registrert færre arter i 1998 enn i 1993, men fordi individantallet var lavt kan det skyldes tilfeldige variasjoner ved innsamling og optelling. Om sommeren ble det bare registrert arten *Leuctra fusca*. Blant vårfluene var *Plectrocnemia conspersa* den vanligste arten i høst-vinterprøvene både i 1997 og 1998, mens det om sommeren bare ble registrert få individer av slekten *Hydropsyche*. Krepssdyret ferskvannsasellen (*Asellus aquaticus*) ble også funnet på denne stasjonen. Den er kjent for å forekomme i stort antall på lokaliteter som er betydelig forurenset av organisk materiale, men finnes også på andre lokaliteter i lavere tettheter.

Referansestasjon, Randselva.

Bunndyrstasjonen i Randselva hadde noe forskjellig sammensatt bunndyrsamfunn enn det som ble observert på referansestasjonen i Begna. Stort sett var det mindre dominans av enkeltarter og færre individer av alle EPT-artene (døgnfluer, steinfluer og vårfluer) enn det som ble registrert på referansestasjonen oppstrøms Follum. Samfunnet var imidlertid variert sammensatt med 12 EPT-arter i høst-vinterperioden både i 1993 og 1998. Indeksverdiene for BMWP og ASTP var også i samme størrelsesorden de to årene (Figur 19). Bunndyrsamfunnet om sommeren hadde naturlig færre EPT-arter og lavere indeksverdier. Den prosentvise endringen fra 1993 til 1998 var liten (figur 19)

Baetis rhodani var den vanligste døgnfluearten i 1993 (Vedleggstabell C1). Arten var blant de vanligste også i 1998. Om sommeren 1997 var *Centroptilum luteolum* den vanligste, men det var få individer av alle artene. Av steinfluer ble *Taeniopteryx nebulosa* observert begge årene. Av vårfluer ble bare få individer av 4 arter registrert.

Follum.

Umiddelbart nedenfor Follum var sammensetningen av faunaen i høst/vinterprøvene i 1993 svært forskjellig fra referanselokaliteten oppstrøms. Det ble ikke registrert noen EPT-arter. I 1998 ble det derimot registrert 3 arter. I sommerprøvene i 1997 ble det registrert 2 arter. For BMWP var det en tilsvarende økning i indeksverdiene (figur 18). Sett i utfra indeksverdiene var situasjonen om sommeren ikke vesentlig forskjellig fra situasjonen høst/vinter slik som verdiene antydte for referanselokalitetene. Dette kan ha sammenheng med at artene som tolererer miljøforholdene ved Follum samtidig er sommerarter. Det var en vesentlig bedring i forholdene for bunndyr på denne lokaliteten fra 1993 til 1997/98. Den prosentvise endringen i indeksverdiene fra 1993 til 1998 var betydelig (figur 19)

Centroptilum luteolum var den eneste registrerte døgnfluen i vinterprøvene i 1998, mens *Procloen bifidum* var den eneste registrerte arten i sommerprøvene (Vedleggstabell C1). Av vårfluene ble *Tinodes waeneri* og *Hydroptila sp.* registret i vinterprøvene 1998 og *Mystacides azurea* i sommerprøvene. Gruppene fåbørstemark, ferskvannsasellen og fjærmygg var dominerende både i

1993 og i 1997/98 (Vedleggstabell C1). Disse favoriseres ved stor tilgang på organisk materiale som fremdeles er tilstede i store mengder på denne lokaliteten.

Hønefossen.

Forholdene rett nedstrøms Hønefossen var ganske lik forholdene ved Follum. Antall EPT-arter var 3 og 4 i henholdsvis sommer og høst/vinterprøvene i 1997/98, mens det var 0 i 1993. Tilsvarende endringer ble observert for BMWP- indeksen (figur 18). Dette viser en vesentlig bedring av forholdene siden 1993. Den prosentvise endringen i indeksverdiene fra 1993 til 1998 var betydelig (figur 19)

Baetis rhodani var eneste registrerte døgnflueart i vinterprøvene 1998, det var ingen steinfluer, og 3 vårfluearter. I sommerprøvene var *Procloen bifidum* vanligste døgnflueart. Det var ingen steinfluer eller vårfluer.

Nedstrøms Hønefoss

Nedenfor Hønefoss sentrum var det en klar endring i bunndyrsamfunnet forhold til situasjonen ved Follum og ved Hønefoss bru. Det ble registrert langt flere arter. Antall EPT-arter i 1993 var 8, mens det i 1998 registrert 13. Forskjellen ble forårsaket av et større innslag av vårfluearter. Tilsvarende endringen ble også registrert for BMWP-indeksen (figur 18). I sommerprøvene fra 1997 ble det registrert flere arter her enn ved noen av de andre lokalitetene inkludert referansene.

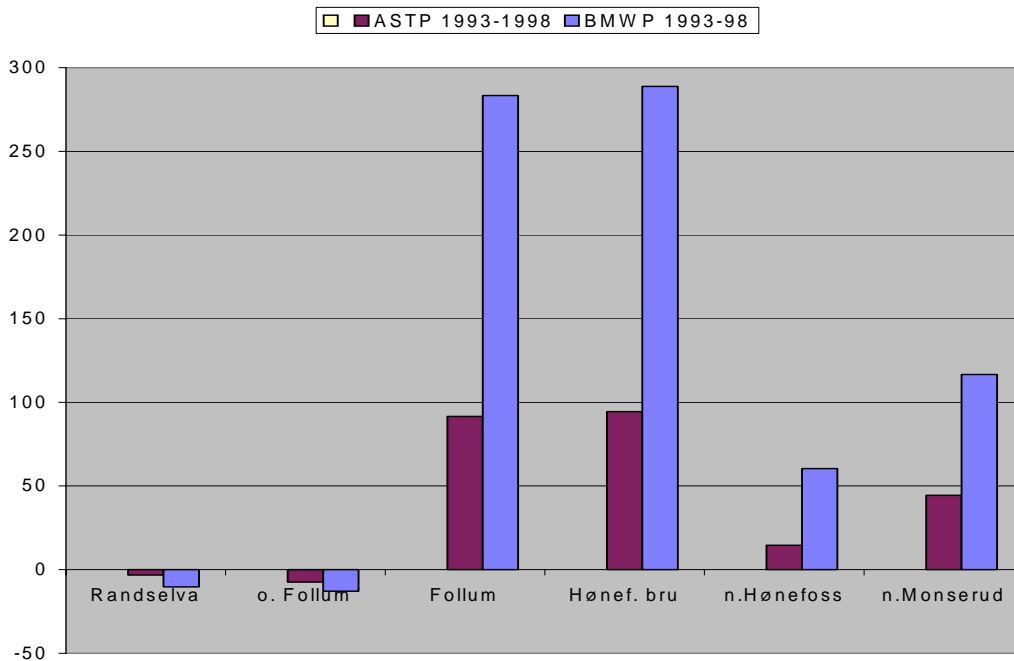
Endringen i bunndyrsamfunnet fra stasjonene oppstrøms reflekterer endringer i miljøforholdene. De bedre forholdene skyldes delvis tilførsel av renere vann fra Randselva og delvis at det har foregått en selvrensing i selve elva.

Baetis rhodani var den vanligste døgnfluearten i vinterprøvene 1998, men det var ingen klar dominans av noen art. I 1993-prøvene var dette en dominerende art. Også i sommerprøvene 1997 var denne arten vanlig, men da var *Ephemerella ignita* den vanligste arten. Det ble registrert én steinflueart i hver av prøvene fra denne stasjonen. Mens *Isoperla* ble funnet i vinterprøvene, ble unge individer av *Taeniopteryx nebulosa* funnet i sommerprøvene. Det ble funnet én vårflueart i 1993, *Hydropsyche sp.* I 1998 ble denne også funnet, men i tillegg flere andre arter. De to vanligste var *Hydropsyche siltalai* og *Mystacidea azurea*.

Monserud

Nedstrøms Monserud renseanlegg indikerte bunndyrsamfunnet en økende forurensning. I 1993 forsvant enkelte grupper som steinfluer og biller, mens forekomsten av ferskvannsasellen økte. I vinterprøvene i 1998 var ikke disse endringene så markerte, men det ble heller ikke da funnet steinfluer og antall døgnflue- og vårfluearter var lavere enn oppstrøms. I sommerprøvene fra 1997 ble det registrert en tilsvarende forringelse av faunaen i forhold til lokaliteten oppstrøms. Endringene ble reistrert i indeksverdiene for EPT og BMWP (figur 18). Det er trolig utslipp fra renseanlegget som forårsaker den tiltagende forurensningen på denne stasjonen. Til tross for tiltagende forurensning på denne stasjonen er det en bedring fra 1993 (figur 19).

I 1993 var *Baetis rhodani* den dominerende arten her. I 1998 var *Ephemerella mucronata* vanligst. Det ble funnet like mange vårfluearter i hver av bunndyrprøvene, men det var i stor grad ulike arter (Vedleggstabell C1). I sommerprøvene fra 1993 ble det funnet mange individer særlig av ferskvannsasellen (*Asellus aquaticus*) med deformert kropp. Det er mulig at disse var døde da de ble samlet inn. Trolig har dette sammenheng med utslippene fra renseanlegget.



Figur 19. Prosentvis endring i indeksverdier på forskjellige stasjoner fra 1993 til 1998.

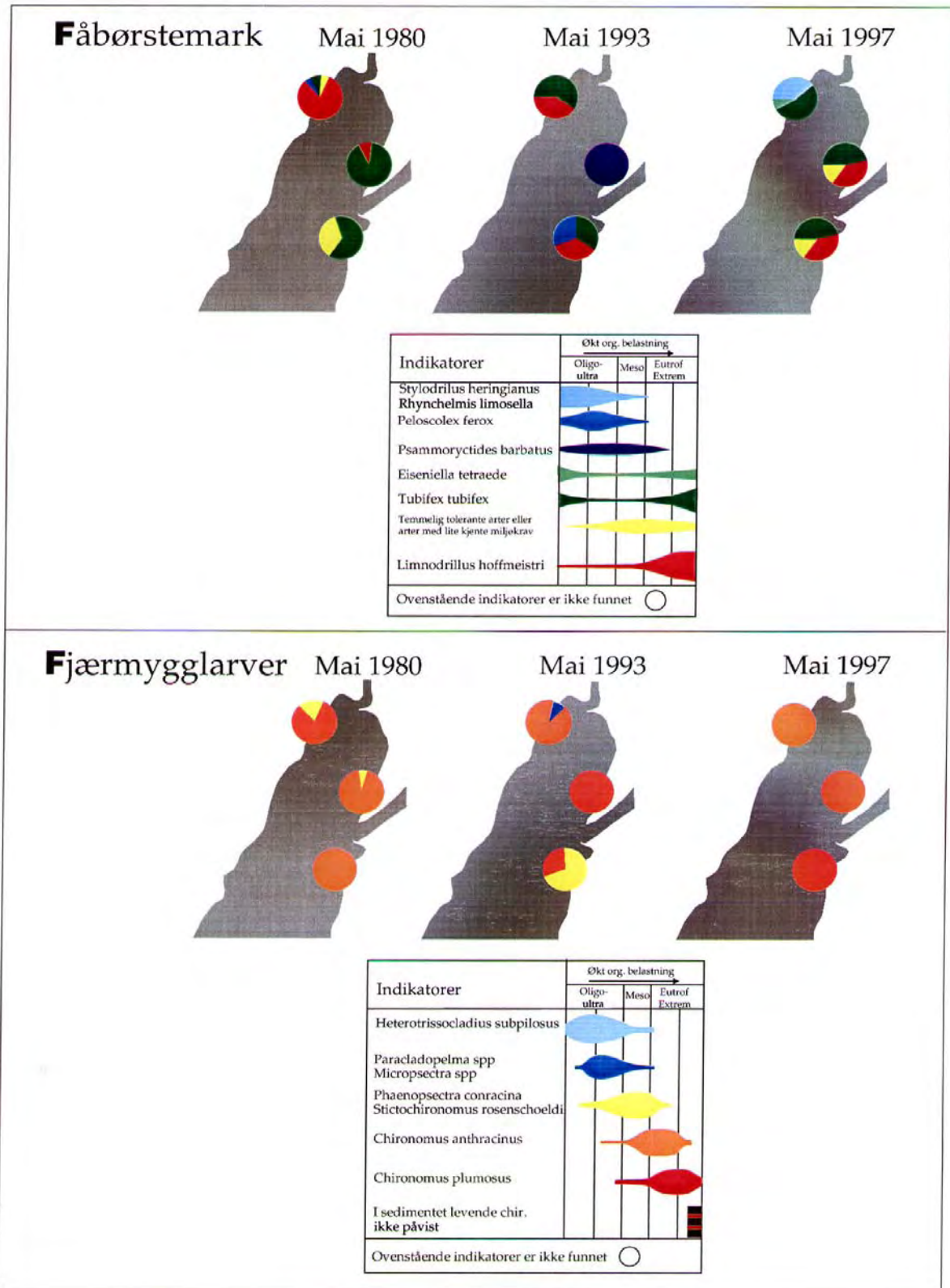
4.3 Bunndyr i Nordfjorden, Tyrifjorden

Det ble tatt bunndyr på tre stasjoner i nordenden av Tyrifjorden. Stasjonene var de samme som ble brukt i 1980, og i 1993 (st10, st11 og st12) (figur 20).

Prøvene ble tatt med Ekman grabb og vasket i et sold med maskevidde 500 μm . Det ble tatt 5 parallelle hugg på hver stasjon. Hver prøve er undersøkt og resultatene foreligger som middeltall og variasjonsbredde. Prøvene ble tatt 29. mai 1997. Fåbørstemarkene er bestemt av Doc. Göran Milbrink i Uppsala og fjærmygglarvene av Lars Eriksson i Ultuna. Vi har benyttet både Milbrinks vurderingssystem for fåbørstemark og Ågård's system for fjærmygglarver ved vurdering av resultatene (se figur 17). Vi bør her påtale at sein prøvetaking sannsynligvis har bidratt til at enkelte fjærmygglarvarter har klekket og derfor ikke påtreffes i prøvene. Systemet til Ågård kan derfor bli noe misvisende og gi for streng vurdering.

Stasjon 10.

På denne stasjonen kunne det spores en suksessiv og klar bedring siden 1980. Blant annet ble det i 1993 og 1997 registrert lavere produktivitet, målt som individantall og biomasse jevnført med forholdene i 1980 da lokaliteten var mer forurensningsbelastet og bunnfaunasamfunnet dominert av fåbørstemarken *Limnodrilus hoffmeisteri*. Det ble også funnet økt diversitet med flere rentvannsindikerende arter. Her kan vi bl.a. nevne fåbørstemarken *Stylodrilus heringianus* som nå (1997) synes å ha etablert bestand på lokaliteten. Lokaliteten er likevel fortsatt noe belastet med organisk stoff som påvirker bunndyrene. Bunndyrsamfunnet er derfor fortsatt ikke i samsvar med forventet naturtilstand.



Figur 20. Bunnfaunaen innerst i Nordfjorden i mai 1980, mai 1993 og mai 1997 vurdert etter Milbrinks fåbørstemarkbaserte system (øverst), og Ågårds fjærmyggbaserte system (nederst). Øvre del av skalaene utgjøres av rentvannsindikerende arter, og den nedre del av arter som indikerer forurensning med organisk stoff.

Stasjon 11 og 12.

Ved stasjonene 11 og 12 var det ingen større forandringer jevnført med de forhold som ble registrert i 1993. Her er det fortsatt store fibermengder i bunnsubstratet. Reetablering av småmusslinger (*Pisidium*) kan likevel indikere bedre miljøforhold og sannsynligvis har tilførselen av nytt/ferskt fibermateriale ytterligere minket. Lokaltene bedømmes fortsatt som markert påvirket av organisk stoff og har bunndyrsamfunn som klart avviker fra forventet naturtilstand.

Ved samtlige lokaliteter hadde flere individer av fjærmyggarten *Chironomus muratensis* deformert mentum (munndel). Dette kan indikere påvirkning av miljøgifter. Typen deformering antyder påvirkning av pesticider, muligens tungmetaller (pers. med. Prof. Ole A. Sæther). Kvikksølv har ikke vært i bruk ved Follum siden 1970. Fram til da ble det brukt pulpasan (fenykvikksølvacetat) for konservering av tømmer.

5. Undersøkelser i Tyrifjordens frie vannmasser

Basert på målinger i elva ble fosfortilførselen fra Follum redusert fra ca 15 tonn i 1990 til ca 2 tonn i 1993. I 1997 var tilskuddet fra Follum ca 8 tonn.

En så betydelig reduksjon som man så fra 1990 til 1993 skulle man teoretisk kunne spore både i form av redusert fosforkonsentrasjon ute i de frie vannmasser, og enda tydeligere, i den utviklede algemengde i de frie vannmasser.

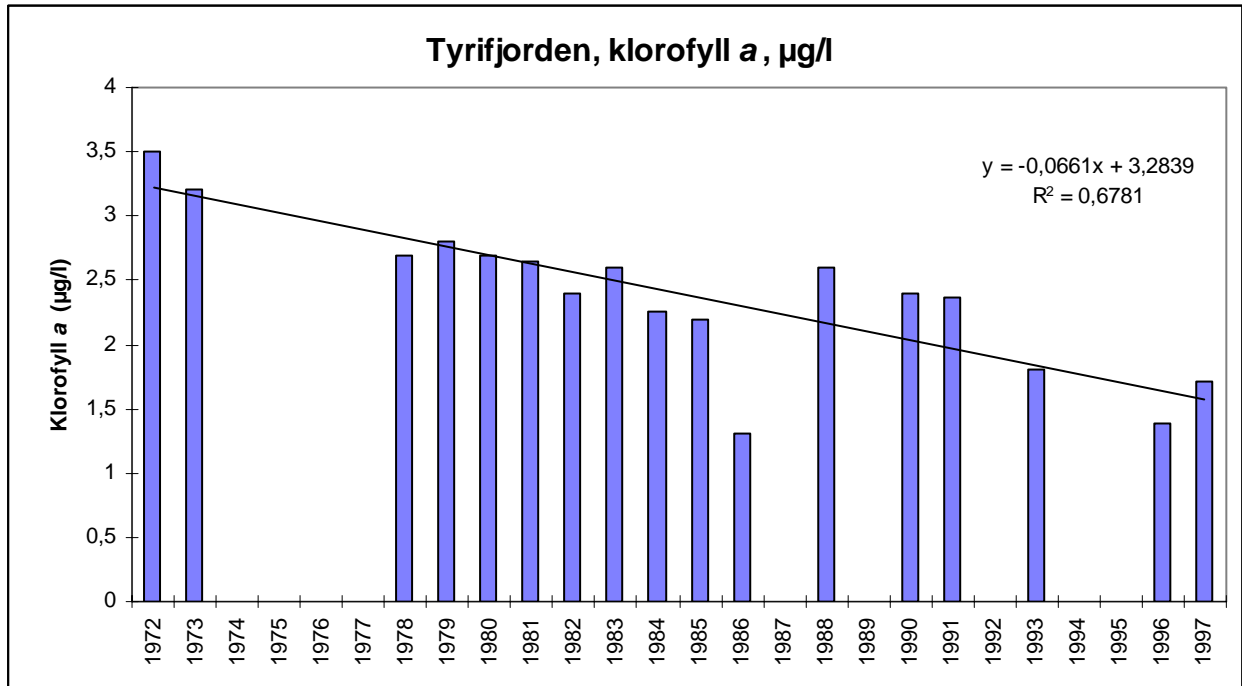
I 1993 ble det også registrert rekordlave verdier av både fosfor og klorofyll i Tyrifjorden, se figur 21 og figur 22. Det ble i 1993 for første gang, med unntak av 1986 da man hadde få og usikre data, observert midlere konsentrasjon av alger lavere enn 2 ug klorofyll *a* per liter. Tyrifjordutvalgets og Vannbruksplanutvalgets målsetting var 2 ug Kl *a*/l. Det kan imidlertid være en del år-til-år variasjoner i algemengden, noe som fremgår av figuren.

Både for fosfor og klorofyll er det observert fortsatt lave konsentrasjoner i 1997, og samveid vannkvalitetsklasse i 1997 er klasse I, meget god (tabell 7).

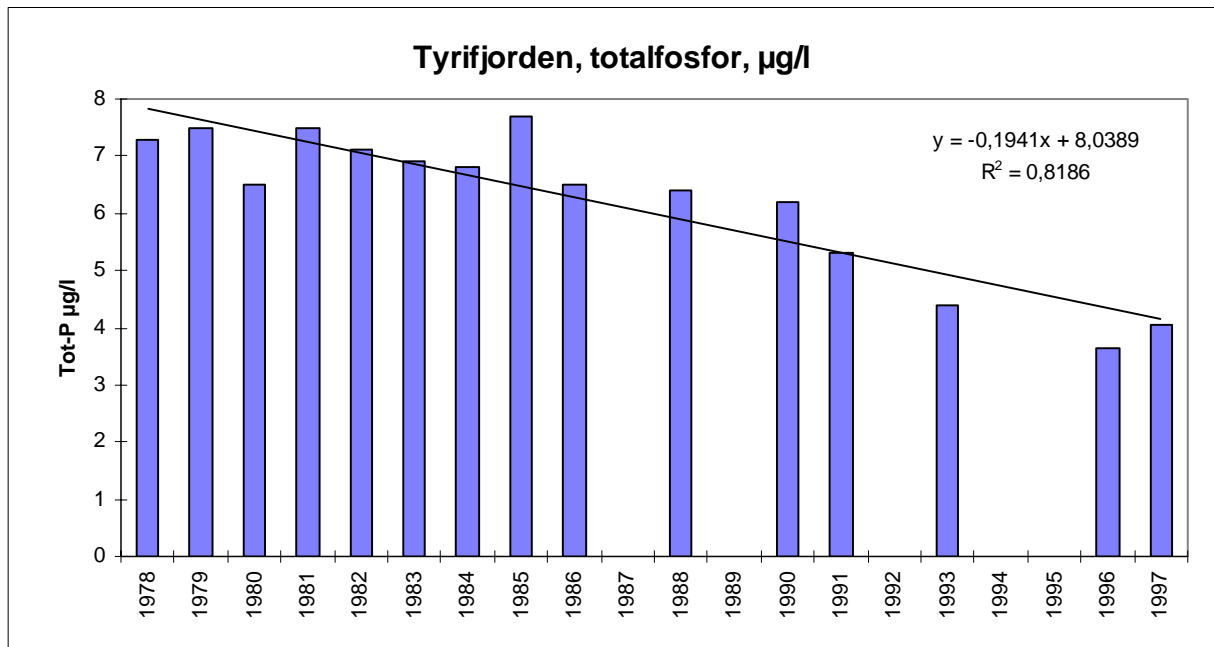
Konsentrasjonen av total nitrogen viser ingen nedgang, men denne har andre hovedkilder enn utslipp fra Follum, dvs. jordbruk, kloakk, atmosfærisk nedfall, se figur 23.

Tabell 7. Vannkvaliteten i Tyrifjorden klassifisert etter SFT's kriterier (SFT 1997) og midlere konsentrasjon av diverse eutrofi-parametere for 1997.

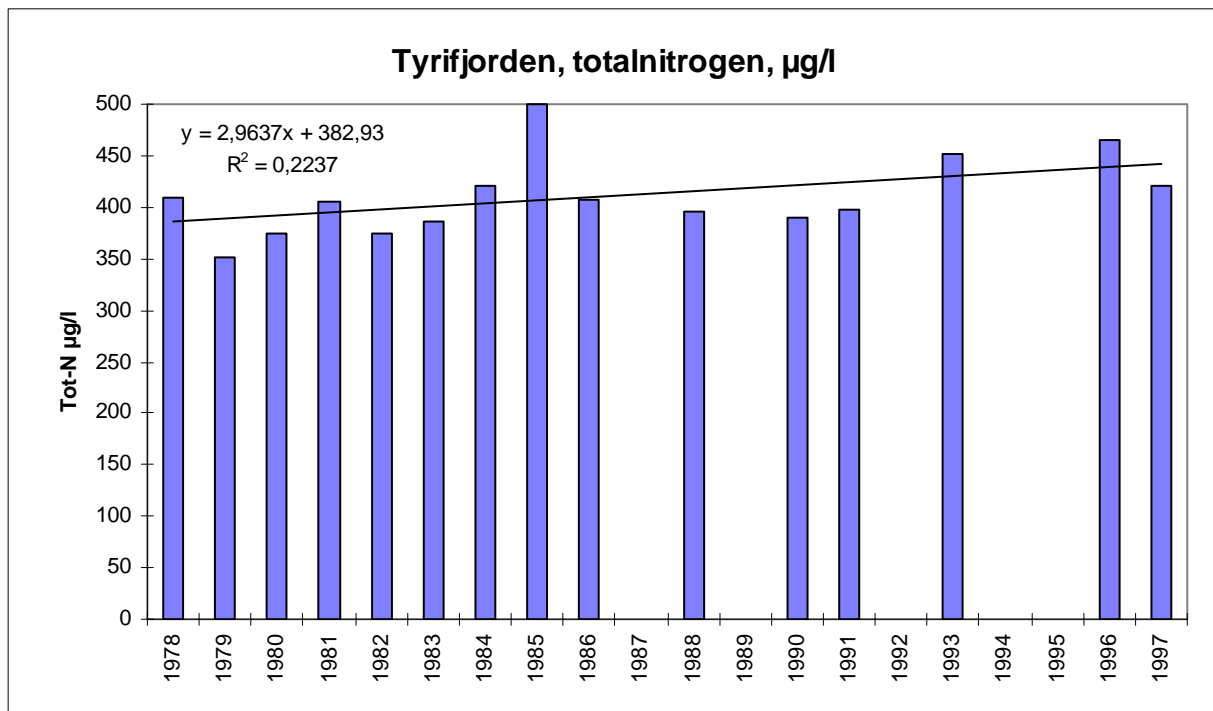
Parameter	middelverdi	Vannkvalitetsklasse	Vannkval. beskriv.
Klorofyll <i>a</i>	1,7	I	Meget god
Total fosfor	4,1	I	Meget god
Total nitrogen	421	III	Mindre god
Siktedyp	6,2	I	Meget god
Samveid for eutrofi		I	Meget god



Figur 21. Middelerdi av algemengden gitt som klorofyll a i 0-10m sjiktet i Tyrifjordens frie vannmasser i sommerhalvåret ved ulike år.



Figur 22. Midlere konsentrasjon av total fosfor i 0-10m sjiktet i Tyrifjordens frie vannmasser i sommerhalvåret ved ulike år.



Figur 23. Midlere konsentrasjon av total nitrogen i 0-10m sjiktet i Tyrifjordens frie vannmasser i sommerhalvåret ved ulike år.

6. Litteratur

- Abrahamsen, H. 1981. Stofftransport til Steinsfjorden 1978-79. Hovedoppgave i limnologi ved Univ. i Oslo.
- Berge, D. 1979 (red). Tyrifjordundersøkelsen - Årsrapport for 1978. Tyrifjordutvalget, Fylkeshuset, Drammen: 26 sider.
- Berge, D. 1980 (red). Tyrifjordundersøkelsen - Årsrapport for 1979. Tyrifjordutvalget, Fylkeshuset, Drammen: 46 sider.
- Berge, D. 1981 (red). Tyrifjordundersøkelsen - Årsrapport for 1980. Tyrifjordutvalget, Fylkeshuset, Drammen: 42 sider.
- Berge, D., 1983 (red). TYRIFJORDEN. Tyrifjordundersøkelsen - sammenfattende sluttrapport. Tyrifjordutvalget, Fylkeshuset, Drammen: 156 sider.
- Berge, D. 1983. Overvåkingsundersøkelser i Tyrifjorden og Steinsfjorden 1982. Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-8000214, 55 sider.
- Berge, D. 1984. Overvåkingsundersøkelser i Tyrifjorden og Steinsfjorden 1983. Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-8000214.
- Berge, D. 1985. Overvåkingsundersøkelser i Tyrifjorden og Steinsfjorden 1984. Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-8000214.
- Berge, D. 1986. Overvåking av Tyrifjorden og Steinsfjorden 1982-1985. Sluttrapport. Statlig program for forurensningsovervåking (SFT) Rapport 238/86. NIVA-rapport O-8000214. 73 sider.
- Berge, D. m.flere 1989. Vasspest - Problem og ressurs. Sammenfattende sluttrapport fra vasspestprosjektene. NIVA-rapport O-86238, 32 sider.
- Berge, D. 1990. En enkel vurdering av utviklingen i Tyrifjorden fra 1970-1990 sett i forhold til Tyrifjordutvalgets målsetting. NIVA-rapport O-90017, 12 sider.
- Berge, D. 1991. Enkel oppdaterende undersøkelse av Tyrifjorden og Steinsfjorden. Foreløpig sammenstilling av eutrofibeskrivende data. NIVA-rapport O-90096. 10 sider.
- Berge, D. og B. Rørslett 1980. Vasspest i Steinsfjorden - Problemnotat. Tyrifjordundersøkelsen - Fagrapport nr. 11. Tyrifjordutvalget, Fylkeshuset, Drammen. 15 sider.
- Berge, D. og T. Tjomsland 1992. Vannbruksplan for Tyrifjorden, delutredning om: Muligheter for vannkvalitetsforbedring i Steinsfjorden gjennom økning av vannutskiftningen. Gjenåpning av Kroksundet, overføring av Storflåtan, heving av sommervannstanden. NIVA-rapport O-92001.
- Berge, D., E. A. Lindstrøm, G. Kjellberg, T. Bækken 1994. Resipientundersøkelse av Begna, Storelva og Nordfjorden ved Noske Skogindustrier A/S, Follum. NIVA-rapport nr 3051. O-93024. 45 s.
- Hindar, A. 1981. Seston og sedimentasjon i Steinsfjorden 1978-79. Hovedfagsoppgave i limnologi ved Univ. Oslo. 193 sider.

Holtan, H. 1970. Tyrifjorden. En limnologisk undersøkelse 1967-68. NIVA-rapport O-15/64. 140 sider.

Langeland, A. 1972. Biologiske undersøkelser i Holsfjorden (Tyrifjorden) 1971. NIVA-rapport O-143/70: 55 sider.

Langeland, A. 1974. Long-term changes in the plankton of Lake Tyrifjord, Norway. *Norw. J. Zool.*, 22: 207-219.

Lien, R. 1983. Naturvitenskapelig bibliografi for Hole og Ringerike kommuner. Rapport fra bibliotekstjensten, Mat. Nat. Fak., Univ. Oslo, 114 sider.

Ormerod, K. 1984. Testing av Iddefjordens termotolerante coilforme bakterieflora for innhold av termotolerante Klebsiella. NIVA-Rapport O-8000302, 45 sider.

Ormerod, K. 1985. Bakteriologiske analysemetoder - KLEBSIELLA BAKTERIER - rapport 1/85. NIVA-rapport F-8041902, 28 sider.

Rognerud, S. 1975. Hydrografi, fytoplankton og primærproduksjon i Holsfjorden 1972-73, samt en sammenlikning med Krøderen, Sperillen og Randsfjorden. Hovedfagsoppgave i Limnologi ved Univ. Oslo, 140 sider.

Rognerud, S. 1982. Fosforbudsjetter og en fosforbelastningsmodell for Tyrifjorden. Fagrapport nr 15 fra Tyrifjordundersøkelsen. Tyrifjordutvalget, Fylkeshuset, Drammen.

Rognerud, S. 1991. Fiberavsetninger i Storelva. NIVA-rapport O-90125 (Lnr. 2529). 21 sider.

Rognerud, S., D. Berge og M. Johannessen 1979. Telemarksvassdraget. Hovedrapport for undersøkelsene i perioden 1975-1979. NIVA-rapport O-70112(Lnr. 1147). 82 sider.

Rørslett, B. og D. Berge 1982. Tiltak mot vasspest i Steinsfjorden. Skisse over nødvendig utredningsarbeid og forskningsbehov. NIVA-rapport O-82132, 10 sider.

Rørslett, B., D. Berge, A.H. Erlandsen, S.W. Johansen og Pål Brettum 1984. Vasspest i Steinsfjorden, Ringerike. Innvirkning på vannkvalitet 1978-83 og behov for tiltak. NIVA-rapport O-82132: 52 sider.

Rørslett, B., D. Berge og S.W. Johansen. Mass invasion of *Elodea canadensis* in a mesotrophic, South Norwegian lake - Impact on water quality. *Verh. Int. Verein. Limnol* 22: 2920-2926.

Rørslett, B., D. Berge and S.W. Johansen, 1986. Lake enrichment by submersed macrophytes. A Norwegian whole Lake experience with *Elodea canadensis*. *Aquatic botany*, 26: 325-340.

Statens forurensningstilsyn (Andersen, J. R., J. L. Bratli, E. Fjeld, B. Faafeng, M. Grande, L. Hem, H. Holtan, T. Krih, V. Lund, B. O. Rosseland & K. J. Aanes.) 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. SFT Veiledning 97:04. TA-nr 1468/1997. 31 s.

Skogheim, O.K. 1975. Steinsfjorden. En undersøkelse av hydrografi, sedimenter, fytoplankton og primærproduksjon i 1972-73. Hovedfagsoppgave i Limnologi ved Univ. Oslo: 148 sider + 63 i vedlegg.

Strøm, K.M. 1932. Tyrifjord. A limnological study. Norske Vid. Ak. Oslo Skrifter, I, Mat. Nat. Kl. 1932 (3): 1-84.

Tjomsland, T. & J. L. Bratli. 1996. Brukerveiledning og dokumentasjon for TEOTIL. Modell for teoretisk beregning av fosfor- og nitrogentilførsler i Norge. O-94060. L.nr. 3426-96. NIVA-rapport. 84 s.

7. Vedlegg - primærdata

Vedleggstabell A1. Stasjon Hoffsfoss. Kjemiske observasjoner i 1990-97.

Dato:	Kond. mS/m	Turb. FTU	Farge mgPt/l	Susp.ts mg/l	Susp.gr mg/l	KOF mg O/l	TOC mg O/l	Tot-P ug P/l	Tot-N ug N/l	Al ug Al/l	O mg O/l	Susp. gt mg/l
02.04.90												
02.05.90												
18.06.90		0,35	10	1,1	0,4	2,4	2,2	4	250	20	9,9	0,70
02.07.90		0,45	12	1,1	0,6	2,7	2,7	4	250	20		0,50
16.07.90		0,3	11	0,8	0,35	2,5	2,2	4	200	20		0,45
06.08.90		0,4	10	0,75	0,3	2,3	1,8	4	200	10		0,45
20.08.90		0,35	10	0,95	0,3	1,9	2	5	200	5		0,65
03.09.90		0,3		0,9	0,3	2,1	2,3	4	210	10		0,60
17.09.90		0,35	8	0,75	0,2	2,2	1,9	4	230	5		0,55
01.10.90		0,3	8	0,85	0,45	2	2,2	4	220	10		0,40
02.10.90												
15.10.90		0,25	12	0,5	0,25	2,1	2	3	260	10		0,25
29.10.90		0,3	10	0,4	0,05	2	1,6	3	250	10	10,2	0,35
05.11.90												
12.11.90		0,3	11	0,7	0,25	2,1	1,8	4	240	20		0,45
26.11.90		0,35	9	0,8	0,3	2,1	1,9	4	270	20		0,50
10.12.90		0,3	10	0,65	0,3	2,1	1,9	3	260	20		0,35
07.01.91		0,35	11	0,6	0,3	2,1	2,5	4	260	20		0,30
21.01.91		0,3	10	0,5	0,15	1,8	1,7	5	260	20		0,35
28.01.91												
04.02.91		0,4	10	0,8	0,35	1,9	2,1	4	260	20		0,45
18.02.91		1,2	10	1,95	1	2,5	2,1	5	330	30		0,95
04.03.91		0,3	10	3,8	0,15	1,8	1,7	5	270	20	10,9	3,65
18.03.91		0,3	9	0,35	0,1	1,7	2,2	1	260	5		0,25
02.04.91		0,9	14	1,25	0,95	2,7	2,5	4	300	30		0,30
15.04.91		0,65	14	1,05	0,7	2,9	2,4	5	290	51		0,35
29.04.91		0,5	10	1,15	0,7	2,5	1,9	4	310	31		0,45
13.05.91		0,4	10	0,8	0,5	2,3	1,9	3	260	24	12,1	0,30
14.05.91												
10.06.91		0,35	10	1	0,3	2,2	2	4	250	15		0,70
11.06.91												
06.05.92	2,3	0,5	12	1	<1	2,5	2,5	3,5	290	40		
04.06.92	2,4	0,46	15	1,8	<1	3,3	2,7	8,5	280	49		
08.07.92	2,5	0,54	11	1,3		2,7	1,7	10	220	19		0,30
12.08.92	2,6	0,55	9	1,5	<1	2,1	2,2	3,5	270	27		
09.09.92	2,4	0,45	13	1,3	<1	2,7	2,6	3,5	220	30		
07.10.92	2,3	0,27	15	1	<1	3,1	2,4	4,5	230	27		
05.11.92	2,5	0,5	12	1,1	<1	2,6	2,4	12	260	38		
01.12.92	2,5	0,31	12	<1	<1	2,4	2,1	3,5	270	32		
20.01.93	2,5	0,29	11	0,6	0,4	2,7	2	14	280	40		0,20
18.02.93	2,3	0,36	10	0,6	0,2	1,8	2	4	260	27		0,40
25.03.93	2,5	1,7	13	2,6	2,3	2,5	2,3	8	300	77		0,30
27.04.93	2,4	0,81	20	1,8	1,2	5,1	2,8	5	290	75		0,60
27.05.93	2,4	0,49	14	1,2	0,1	3,1	2,3	10	310	53		1,10
29.06.93	2,4	0,37	12			2,8	2,1	5,5	260	30		
21.07.93	2,5	0,41	11	1,5	0,5	2,5	1,9	10	260	34		1,00
31.08.93	2,8	0,46	17	0,7	0,2	4,7	3,9	5	260	53		0,50
14.09.93	2,4	0,31	16	0,6	0,1	3,4	2,7	7	260	42		0,50
14.10.93	2,5	0,43	21	1,2	0,6	3,9	3,8	5,5	280	59		0,60
07.01.97	2,4	0,27	17	<1	<1	3,2	2,8	3,5	330	41		
11.02.97	2,5	0,27	11	<1	<1	2,9	3,4	3,5	440	32		
11.03.97	2,5	1,2	14	1,1	<1	3,1	2,8	6	340	72		
08.04.97	2,5	0,35	16	<1	<1	3,3	3,4	4,5	330	55		
13.05.97	2,3	1,3	17	2,3	<1	3,6	3,4	6,5	330	87		
04.06.97	2,2	0,41	15	1,2	<1	3,6	3,3	4	280	50		
02.07.97	2,2	0,86	19	2,9		2,1	4	3,2	7,9	300	89	0,80
06.08.97	2,3	0,53	16	<1	<1	3,8	3,2	5	260	45		
03.09.97												0,00
08.10.97	2,4	0,4	14	<1	<1	3,2	3	4,5	270	36		
12.11.97	2,7	4	20	5,6	5,1	4,4	3,9	15	410	160		0,50
10.12.97	2,3	0,38	13	<1	<1	3,1	2,9	4,5	290	43		

Vedleggstabell A2. Stasjon Hønefoss. Kjemiske observasjoner i Begna 1990-97.

Dato:	Kond mS/m	Turb. FTU	Farge mg Pt/l	Susp.ts mg/l	Susp.gr mg/l	KOF mg O/l	TOC mg O/l	Tot-P ug P/l	Tot-N ug N/l	Al ug Al/l	O mg O/l	Susp-gt mg/l
02.04.90												
02.05.90												
18.06.90		1,6	12	2,1	0,55	5,5	4,5	9	240	20	9,6	1,55
02.07.90		1,3	12	1,7	0,8	4,1	3,5	7	240	30		0,9
16.07.90		1,5	13	1,4	0,5	4,6	4,2	8	220	20		0,9
06.08.90		3,3	16	3,6	1	8,3	5,8	15	210	20		2,6
20.08.90		2,8	14	2,25	0,55	6,9	5,4	14	230	10		1,7
03.09.90		1,3	10	1,75	0,35	4,8	4,7	8	210	10		1,4
17.09.90		1,6	12	1,7	0,15	6,4	5,2	10	220	5		1,55
01.10.90		1,7	10	1,5	0,35	4,4	4,4	10	210	20		1,15
02.10.90												
15.10.90		3,7	15	4	0,25	8,8	6,5	15	290	20		3,75
29.10.90		2,4	14	1,95	0,5	5,6	4	11	270	20	9,9	1,45
05.11.90												
12.11.90		1,8	13	1,45	0,25	5,2	4,3	9	280	20		1,2
26.11.90		1,8	13	1,4	0,35	4,9	4	8	290	20		1,05
10.12.90		2	14	1,65	0,3	5,5	4	9	270	20		1,35
07.01.91		1,8	13	1,5	0,55	5,1	3,7	9	270	30		0,95
21.01.91		2	13	1,6	0,25	5,8	5	11	220	20		1,35
28.01.91												
04.02.91		2,3	13	0,65	0,15	5,6	4,9	9	280	20	11,3	0,5
18.02.91		2,6	12	1,65	0,35	6,3	4,9	11	300	40		1,3
04.03.91		2,1	13	1,45	0,25	5,5	4,4	11	280	20	10,6	1,2
18.03.91		3,8	12	4,15	2,2	6,4	5,5	14	300	50		1,95
02.04.91		2,5	15	2,75	1,65	4,6	4,2	7	320	30		1,1
15.04.91		1,8	16	2,85	2	4,6	3,7	7	300	52		0,85
29.04.91		1,6	13	1,35	0,6	5	3,9	9	270	26		0,75
13.05.91		1,5	12,4	1,5	0,5	4,2	3,7	8	210	24	11,8	1
14.05.91												
10.06.91		2,3	12	2,3	0,5	6,8	5,5	9	290	18		1,8
11.06.91												
06.05.92	2,7	0,68	14	1,5	<1	4,1	3,9	4,5	300	79		
04.06.92	2,6	0,64	16	2	<1	4,4	3,2	7	210	69		
08.07.92	5,7	1,4	13	2,3	<1	11	10	11	280	140		
12.08.92	3,8	0,61	10	1,3	<1	5	4,6	6,5	240	41		
09.09.92	2,9	0,45	13	1,4	<1	3,7	3	4	210	43		
07.10.92	2,8	0,29	15	1,2	<1	4,3	3,6	4,5	250	38		
05.11.92	4	0,6	14	1,1	<1	6,5	4,8	6,5	280	120		
01.12.92	4	2,7	14	5,3		3,7	3,3	15	430	110		1,3
20.01.93	3,4	0,68	13	1,3	0,7	5,2	4,5	17	320	110		0,6
18.02.93	2,9	0,37	12	0,8	0,3	4,4	4,3	4	270	65		0,5
25.03.93	3,3	3,3	15	4,1	3,3	6,3	6	9	310	160		0,8
27.04.93	3,2	1	20	2,2	1,2	4,4	4,4	5	310	100		1
27.05.93	2,5	0,49	15	1,5	0,5	4	3,1	7	300	59		1
29.06.93	3,2	0,53	14			6,4	6,1	8,5	300	110		
21.07.93	2,6	0,4	12	1,7	0,9	3,3	2,7	15	270	47		0,8
31.08.93	2,3	0,43	17	0,8	0,2	3,5	3,2	4,5	260	49		0,6
14.09.93	3,2	0,4	17	0,9	0,3	6	5,4	5,5	280	73		0,6
14.10.93	2,6	0,41	21	0,9	0,5	4,8	4,5	8,5	290	100		0,4
07.01.97	3,4	0,73	27,00	1,4	<1	5,5	5,3	9	380	48		
11.02.97	3,6	0,7	11	1,2	<1	3,6	2,8	4,5	410	140		
11.03.97	3,2	1,5	14	1,3	<1	3,9	3,8	7	470	100		
08.04.97	3,5	0,55	17	1,1	<1	4,8	4,3	9,5	490	59		
13.05.97	3,1	2,7	18	5,1		4,5	3,8	9	410	150		1,1
04.06.97	2,8	0,45	17	1,5	<1	4,4	3,6	4,5	350	60		
02.07.97	2,4	1,6	19	5,8		4,3	3,4	10	300	130		1,5
06.08.97	2,8	0,71	17	1,2	<1	5,2	4,9	5,5	260	59		
03.09.97												0
08.10.97	3,7	2,6	16	3	1,8	5,4	4,2	11	380	170		1,2
12.11.97	3,3	4,6	22	7,5	6,5	4,8	4,4	18	450	210		1
10.12.97	3,2	0,59	14	1,4	<1	3,9	3,8	6	440	79		

Vedleggstabell A3. Stasjon Randselva ved Hvalsmoen. Kjemiske observasjoner i 1990-97.

Dato:	Kond mS/m	Turb. FTU	Farge mg Pt/l	Susp.ts mg/l	Susp.gr mg/l	KOF mg O/l	TOC mg O/l	Tot-P ug P/l	Tot-N ug N/l	Al ug Al/l	O mg O/l	Susp. gt mg/l
2.4.90												
2.5.90												
18.6.90		0,65	17	1,5	0,8	3,7	3,3	6	510	20	9,3	0,7
2.7.90		0,55	17	1,2	0,7	3,6	3,3	5	530	20		0,5
16.7.90		0,65	18	1,4	0,6	3,4	3,1	5	490	30		0,8
6.8.90		0,55	18	1,2	0,75	3,6	2,5	5	480	20		0,45
20.8.90		0,4	18	0,75	0,35	3,2	2,7	4	500	10		0,4
3.9.90		0,3	16	0,5	0,05	3,5	3,3	4	470	10		0,45
17.9.90		0,5	17	0,75	0,4	3,2	2,9	3	470	10		0,35
1.10.90		0,3	17	0,55	0,3	3,2	3,5	3	470	10		0,25
2.10.90												
15.10.90		0,2	18	0,4	0,1	3,5	3,2	3	530	10		0,3
29.10.90		0,3	18	0,5	0,25	3,2	2,4	3	540	10	10,5	0,25
5.11.90												
12.11.90		0,35	18	1,9	1,55	3,3	3	5	540	20		0,35
26.11.90		1,3	17	1,9	1,55	3,2	2,8	5	560	30		0,35
10.12.90		1,2	18	1,55	1,1	3,1	2,8	4	530	20		0,45
7.1.91		0,25	18	0,4	0,2	3,1	3	4	550	20		0,2
21.1.91		0,25	17	0,55	0,25	3	3	6	540	20		0,3
28.1.91												
4.2.91		0,25	18	0,75	0,45	3,4	3,7	3	530	10	12,3	0,3
18.2.91		0,45	16	1,25	0,85	3	3,4	6	540	20		0,4
4.3.91		0,55	18	2,2	1,25	3,2	4,1	8	550	20	11,1	0,95
18.3.91		0,35	17	1,05	0,65	3,1	3,1	5	530	10		0,4
2.4.91		1,6	18	4,4	3,7	3,4	3,3	4	560	20		0,7
15.4.91		0,65	18	2,1	0,85	3,5	3	5	550	31		1,25
29.4.91		0,5	17	0,7	0,1	3,6	3,2	6	530	18		0,6
13.5.91		0,4	17,2	1,2	0,7	3,2	2,9	5	510	17	11,5	0,5
14.5.91												
10.6.91		0,45	15	0,95	0,25	3,2	3,2	4	530	10		0,7
11.6.91												
06.05.92												
04.06.92												
08.07.92												
12.08.92												
09.09.92												
07.10.92												
05.11.92												
01.12.92												
20.01.93												
18.02.93												
25.03.93												
27.04.93	5,4	0,5	17	1,2	0,7	3,3	2,9	4,5	560	39		0,5
27.05.93	5,4	2,6	15	3,6	2,7	3,3	2,9	10	600	70		0,9
29.06.93	5,2	0,62	15			3,4	3	7,5	510	33		
21.07.93	5,1	0,43	14	1	0,6	3,2	2,8	6,5	540	19		0,4
31.08.93	5,4	0,67	16	1	0,5	3,6	3,2	5,5	510	41		0,5
14.09.93	5,3	0,45	15	0,9	0,2	3,4	3,2	6,5	520	30		0,7
14.10.93	5,4	0,82	18	1,8	1,2	4,1	3,7	7	550	43		0,6
07.01.97	4,8	0,21	20	<1	<1	3,7	3,4	3	540	28		
11.02.97	5	0,33	18	<1	<1	3,9	3,3	3	540	36		
11.03.97	5,1	0,39	18	<1	<1	3,9	3,8	4,5	550	31		
08.04.97	5,1	0,42	17	<1	<1	3,7	3,8	4,5	550	35		
13.05.97	6,3	5,6	23	14	13	4,9	4,3	18	680	230		1
04.06.97	5,4	0,6	16	1,9	<1	3,9	3,5	5	560	34		
02.07.97	5,2	3,8	18	10	8,5	4,3	4,1	88 feil?	530	150		1,5
06.08.97	5	0,47	16	<1	<1	4,1	3,9	4,5	470	31		
03.09.97												0
08.10.97	5,2	0,7	17	1	<1	3,7	3,9	5	520	38		
12.11.97	5,4	1,5	20	2,7	2,2	4,2	4,4	6,5	580	51		0,5
10.12.97	5,1	0,3	17	<1	<1	3,6	3,8	4,5	550	26		

Vedleggstabell A4. Stasjon Busund. Kjemiske observasjoner i 1990/91.

Dato:	Kond mS/m	Turb. FTU	Farge mg Pt/l	Susp.ts mg/l	Susp.gr mg/l	KOF mg O/l	TOC Mg O/l	Tot-P ug P/l	Tot-N ug N/l	Al ug Al/l	O mg O/l	Susp. gt mg/l
02.04.90												
02.05.90												
18.06.90		1,3	15	1,8	0,4	4,8	4,2	7	330	20	9,1	1,40
02.07.90		0,8	14	1,6	0,8	4,1	3,2	6	300	30		0,80
16.07.90		1,3	15	1,55	0,65	4,1	3,6	8	310	30		0,90
06.08.90		3	18	3,5	0,7	7,4	4,4	12	300	20		2,80
20.08.90		1,8	16	1,95	0,55	5,2	4,3	11	330	20		1,40
03.09.90		0,95	13	1,95	0,6	4,3	4,1	8	300	10		1,35
17.09.90		0,9	13	1,6	0,7	4,5	3,5	7	340	10		0,90
01.10.90		1,2	11	1,65	0,45	3,8	3,3	7	290	10		1,20
02.10.90												
15.10.90		1,3	16	1,1	0,35	4,9	3,9	8	350	20		0,75
29.10.90		1,4	16	1,4	0,3	4,1	3,4	5	390	10	10,3	1,10
05.11.90												
12.11.90		0,95	15	1,35	0,55	4,1	3,3	6	390	20		0,80
26.11.90		1,7	16	1,6	0,65	4,6	3,5	7	380	20		0,95
10.12.90		1,7	15	1,75	0,7	4,7	3,4	8	370	10		1,05
07.01.91		1,7	16	1,45	0,45	5	5,5	8	400	20		1,00
21.01.91		1	15	1,1	0,4	4,1	3,7	7	410	20		0,70
28.01.91												
04.02.91		1,7	17	1,85	0,2	4,5	3,7	6	410	20	12	1,65
18.02.91		2,5	15	2,05	1,05	5,1	4	9	450	30		1,00
04.03.91		1	15	1	0,3	3,9	3,4	8	430	10	11,5	0,70
18.03.91		1,2	16	1,1	0,35	3,8	3,7	7	430	20		0,75
02.04.91		3	16	2,45	1,9	3	2,9	11	470	60		0,55
15.04.91		1,7	16	2,1	1,35	4,6	3,5	7	410	49		0,75
29.04.91		1,2	15	1,5	0,65	4,6	3,6	9	370	26		0,85
13.05.91		1,4	14,4	1,8	0,5	4,4	3,2	8	280	21	11,6	1,30
14.05.91												
10.06.91		1,8	14	1,9	0,35	5,7	4,5	8	360	16		1,55
11.06.91												
06.05.92												
04.06.92												
08.07.92												
12.08.92												
09.09.92												
07.10.92												
05.11.92	4,6	0,55	14 <1	<1		4,5	4,5	4,5	380	73		
01.12.92	3,1	4,1	13	8,7	7,8	4	3,7	19	320	180		0,90
20.01.93	4,2	0,44	14	1	0,6	3,6	2,9	7	430	57		0,40
18.02.93	3,8	0,38	12	0,8	0,4	3,3	3,4	4	370	43		0,40
25.03.93	4,2	2,2	16	3,7	3,1	4,2	4	9,5	440	100		0,60
27.04.93	4	1,4	19	3,3	2,4	3,3	4,4	5	410	110		0,90
27.05.93	3,4	1,3	15	2,4	1,5	3,8	2,9	28	400	61		0,90
29.06.93	4,1	0,69	14			4,7	3,6	7,5	390	79		
21.07.93	3	0,47	12	1,5	0,7	3,2	3,1	8	400	42		0,80
31.08.93	3,9	0,56	17	1	0,3	4,2	3,5	4,5	380	47		0,70
14.09.93	4,3	0,84	16	0,9	0,4	4,6	4,4	5,5	410	53		0,50
14.10.93	3,5	0,56	21	1,1	0,5	5,2	4,4	6,5	370	81		0,60
07.01.97	4,1	3,2	53	19	14	5,8	7,6	27	660	160		5,00
11.02.97	4,3	0,92	13	1,8 <1		3,9	3,2	5	480	150		
11.03.97	4,2	0,8	16	1,1 <1		3,9	3,8	5,5	520	60		
08.04.97	4,4	0,78	17	1,9	1,5	4,1	4,1	6	520	55		0,40
13.05.97	3,9	13	21	17	15	5	4,2	27	540	410		2,00
04.06.97	3,6	0,63	15	1,6 <1		4	3,8	5	400	55		
02.07.97	3,1	5,3	20	18	16	4,7	3,6	18	360	330		2,00
06.08.97	3,7	0,67	16	1,3 <1		4,6	4,7	120 feil?	350	41		
03.09.97												0,00
08.10.97	4,5	1,2	18	1,7 <1		4,9	4,5	9,5	460	51		
12.11.97	4,7	6,7	21	9,6	8,6	5,4	5	8	600	260		1,00
10.12.97	4,1	0,58	15	1,2 <1		3,8	3,7	5,5	510	59		

Vedleggstabell B1. Begroingsorganismer i Begna, Randselva og Storelva 22/8 1997.

Begroingsorganismer i Begnavassdraget 22/8 1997					
Stasjon:	F 1	F 2	F 3	F 4	F 5
Blågrønnalger	8	5	5	7	2
<i>Aphanocapsa cf. fonticola</i>	x				
<i>Aphanothece sp. (6x8µm)</i>		x			
<i>Calothrix spp.</i>	x				
<i>Cf. Capsosira brebissoni</i>				xxx	
<i>Chroococcus cf. turgidus</i>			x		
<i>Clastidium setigerum</i>	x				
<i>Cf. Gloeocapsa sp.</i>				10 %	
<i>Homoeothrix sp. (15µm)</i>				x	
<i>Lyngbya perelegans</i>	xx	xx			x
<i>Lyngbya sp. (4µm, kvadr. celler)</i>			x	x	
<i>Lyngbya sp. (7µm, gran. korte celler)</i>			x		
<i>Lyngbya sp. (15µm)</i>		x			
<i>Merismopedia punctata</i>	x		x	x	
<i>Oscillatoria sp. (4µm)</i>		x			
<i>Oscillatoria sp. (6µm)</i>		x			
<i>Rivularia biasoletiana</i>	xx		x		
<i>Schizothrix sp.</i>	x				
<i>Tolypothrix cf. rivularis</i>	xxx				
Ubest. <i>Scytonemataceae</i>				xx	
Aggregater av ubest. blågrønnalger					xx
Grønnalger	14	9	13	5	10
<i>Bulbochaete sp.</i>	xx	xx	xxx		xxx
<i>Closterium spp.</i>	xx	x	x		x
<i>Cosmarium spp.</i>	xx	x	xx	x	x
<i>Euastrum bidentatum</i>	x				
<i>Euastrum elegans</i>	x		x		x
<i>Euastrum sp.</i>	x		x		
<i>Hyalotheca dissiliens</i>			x		
<i>Mougeotia a (4-8µm)</i>		xx	x	xx	x
<i>Mougeotia sp. (12µm)</i>			xx		
<i>Mougeotia sp. (18µm)</i>	x				
<i>Oedogonium a (5-11µ)</i>	xx	x	xxx	x	xx
<i>Oedogonium b (14-18µm)</i>	xx				x
<i>Oedogonium c (20-23µm)</i>	5 %	xx	xx		
<i>Penium sp.</i>	x				
<i>Scenedesmus spp.</i>	x	x	xx	x	x
<i>Schizochlamys gelatinosa</i>			x		1 %
<i>Spirogyra sp. (1K,L, 18µm)</i>	x				
<i>Teilingia excavatum</i>	x	x	x	x	x
Ubest. aggregat, grønne kuler		x			
Gullalger					
<i>Chrysoxys maior</i>	> 5 %		xx		xx
Rødalger					
<i>Batrachospermum sp.</i>		5 %		> 5 %	
Nedbrytere, antall grupper	5	8	10	5	8
Bakterie aggregater	x	3	3	x	x
Bakterier hylser		3	5-10 %		
Jernbakterier aggregater	x	x	xx	x	xx
Jernbakterier, tråder	xx	xxx	xxx	xx	xx
<i>Leptomitus lacteus</i>		x	x		x
Sopphyfer		xxx	xx		3-5 %
Soppsporer		x			
Ciliater	x		xx	x	x
<i>Vorticella sp.</i>			xx		xx
Fargeløse flagellater	x	x	x	x	x
Rotatorier			x		
Diverse					
Fibre		xxx	xxx		xxx
Eggansamling		x			
Uorganiske partikler			xxx	xxx	xx
Organisk materiale, aggregater					xxx
Svamp					7 %

Vedleggstabell B2. Kiselalger i Begna, Randselva og Storelva 22/8 1997.

Stasjon:	F 1	F 2	F 3	F 4	F 5
Kiselalger (Rubin kode)					
Achn exi					
Achn lin	xx	xx	x		
Ac li;pu			x		
Achn mar	x	x			
Achn mic	x	xx	xx	x	x
Achn min	xxx	xxx	xxx	xx	xxx
Achnantz	x	x	xx	x	xx
Anom ser	x	x	x		xx
Anom vit	x	x		xxx	x
Aula dis	x	x			
Aulacosz		xx	xx		
Cycl kue				xx	
Cycl men				xx	
Cycl ste				x	
Cyclotez (4-5u)		x	x		
Cymb aff	x		x	xxx	x
Cymb ces				xx	
Cymb cym			x	xx	
Cymb del				x	
Cymb gra	xx	x	x		x
Cymb lan				x	
Cymb mic	xx	xx	xx		xx
Cy ve;ve		xx	xx	x	
Cymbellz			x	xxx	
Diato vul					x
Diatomaz	x		x	x	x
Didy gem				10%	
Diploneiz				x	
Euno perla		x			
Euno pra	x	x		x	
Go ac;co				x	x
Gomp pumila?				xxx	x
Gomphonez		x	x	x	xx
Frag int	x		x		x
Frag vau				x	x
Fragilaz	x	xxx	xx	x	xx
Frus rho	x	x	x		x
Navi cry	xx	xxx	xxx	xxx	xxx
Navi rad	x	x	x	x	xx
Naviculz	x	x	x	x	x
Nitz mic	x		x		
Nitzschz	xx	xx	xxx	x	xx
Peroniaz					x
Pinu mes			x		
Surirelz				x	
Syne rum	xxx	xx	x	x	xx
Syne uln	x	x	x	xxx	x
Sy ul;da		xx		xx	
Tabe fen	x	x	x	x	x
Tabe flo	xxx	xxx	2 %	x	xxx

Vedleggstabell C1. Sammensetningen av døgn-, stein- og vårfluefaunaen på ulike stasjoner i Begna, Storelva og Randselva ved Hønefoss høsten 1993, sommeren 1997 og vinteren 1998.. Antall dyr pr. 3*1min sparkeprøve.

	11/17. november 1993						31. juli 1997						14. januar 1998					
	Ra elv	o. Fo	Hø Fo	n. bru	n. Hø	n. Mo	Ra elv	o. Fo	Hø Fo	n. bru	n. Hø	n. Mo	Ra elv	o. Fo	Hø Fo	n. bru	n. Hø	n. Mo
DØGNFLUER																		
Baetis muticus													4					24
Baetis niger	8	280			4	8			12				12	24	144			16
Baetis scambus/fuscatus							4											
Baetis rhodani	40	16			92	48	4				21		24	24		8	40	16
Centroptilum luteolum	4						8	8				4	12		8			
Procloeon bifidum								16	12	24	5							
Heptagenia dalearlica	4				4								8					16
Heptagenia fuscogrisea	4	16			8								20	16				
Heptagenia sulphurea		12			4						26		60					16
Leptophlebia vespertina													4					
Ephemerella mucronata	16	8			8								20					32
Ephemerella ignita								12		12	37	32						
Caenis horaria										8								
Antall arter	6	5	0	0	6	2	3	4	1	3	4	3	7	5	1	1	6	3
STEINFLUER																		
Isoperla sp.	4	8			4													
Isoperla difformis																		8
Siphonoperla burmeisteri		4																
Taeniopteryx nebulosa	8	8											4	4				
Nemoura avicularis		4																
Leuctra digitata											5							
Leuctra fusca								24										
Antall arter	2	4	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0
VÅRFLUER																		
Rhyacophila nubila					8								4					8
Agapetus ochripes																		16
Hydroptila sp.	4													8				
Ithytrichia lamellaris	4				16								4					
Oxyethira sp.																		
Neureclipsis bimaculata														4				
Plectrocnemia conspersa		56												24				
Hydropsyche sp.		4			20	32	16	4			16	16	8					16
Hydropsyche cuntubernalis													5					
Hydropsyche siltalai													10				8	24
Lepidostoma hirtum	4																	16
Limnephilidae indet.		12					8						4	4			8	
Athripsodes sp.		4											10	4			16	8
Ceraclea sp.	4						4					4		4				
Mystasides azurea							8		12				4					24
Sericostoma personatum														4				
Tinodes waeneri															8	8		
Antall arter	4	4	0	0	1	3	4	1	1	0	4	3	4	7	2	3	6	3

Vedleggstabell C2. Indeksverdier BMWP og ASTP (BMWP/antall grupper) og antall arter i EPT-gruppen (døgnfluer, steinfluer og vårfluer).

	Randselva	o. Follum	Follum	Hønef. bru	n.Hønefoss	n.Monserud
BMWP 17.11 1993	88	109	6	9	53	30
BMWP 31.07 1997	46	49	28	30	66	49
BMWP 14.01 1998	79	95	23	35	85	65
ASTP 17.11 1993	6,29	6,41	2,00	2,25	5,30	3,75
ASTP 31.07 1997	4,18	4,45	4,00	4,29	5,50	4,45
ASTP 14.01 1998	6,08	5,94	3,83	4,38	6,07	5,42
EPT 17.11 1993	12	13	0	0	8	5
EPT 31.07.1997	7	6	2	3	9	6
EPT 14.01.1998	12	13	3	4	13	6

Vedleggstabell C3. Sammensetningen av hovedgrupper i bunndyrsamfunnet på de ulike stasjonene i Begna, Storelva og Randselva ved Hønefoss 93.11.11/17. Antall dyr pr. 3*1 min. sparkeprøve.

Dato	93.11.11.	93.11.11.	93.11.17.	93.11.17.	93.11.17.	93.11.17.
Stasjon	o. Follum	Follum	Hønef. bru	Randselva	n.Hønefoss	n.Monserud
Fåbørstemark	8	80	36	48	176	144
Igler	0	0	0	0	2	0
Snegler	12	0	8	0	0	16
Muslinger	0	0	0	8	0	0
Ferskvannsasell	4	48	48	40	20	64
Vannmidd	24	0	0	12	4	0
Døgnfluer	322	0	0	76	120	56
Steinfluer	24	0	0	12	4	0
Billelarver	8	0	0	20	4	0
voksne	0	0	0	0	4	0
Vårfluer	76	0	0	16	20	56
Knottlarver	16	0	0	96	0	0
Fjærmygglarver	168	416	76	64	240	448
Sum	662	544	168	392	594	784

Vedleggstabell C4. Sammensetningen av hovedgrupper i bunndyrsamfunnet på de ulike stasjonene i Begna, Storelva og Randselva ved Hønefoss 97.07.31. Antall dyr pr. 3*1 min. sparkeprøve.

Dato	97.07.31	97.07.31	97.07.31	97.07.31	97.07.31	97.07.31
Stasjon	o. Follum	Follum	Hønef. bru	Randselva	n.Hønefoss	n.Monserud
Fåbørstemark	40	88	4	112	138	44
Igler	8	9	0	4	5	12
Snegler	136	0	8	4	0	8
Muslinger	4	0	0	8	10	12
Ferskvannsasell	36	160	320	36	64	152
Vannmidd	16	0	20	72	10	16
Døgnfluer	48	12	44	16	90	48
Steinfluer	24	0	0	0	10	0
Billelarver	4	0	0	24	213	56
voksne	4	16	0	4	5	4
Vårfluer	4	12	0	36	42	24
Knottlarver	0	0	0	0	0	0
Fjærmygglarver	264	104	176	152	48	12
Sum	588	401	572	468	635	388

Vedleggstabell C5. Sammensetningen av hovedgrupper i bunndyrsamfunnet på de ulike stasjonene i Begna, Storelva og Randselva ved Hønefoss 98.01.14. Antall dyr pr. 3*1 min. sparkeprøve.

	98.01.14	98.01.14	98.01.14	98.01.14	98.01.14	98.01.14
	o. Follum	Follum	Hønef. bru	Randselva	n.Hønefoss	n.Monserud
Fåbørstemark	40	324	352	80	448	448
Igler	0	0	0	0	0	0
Snegler	60	0	0	0	0	0
Muslinger	20	0	0	0	8	16
Ferskvannsasell	28	112	788	28	72	96
Vannmidd	0	0	0	8	8	0
Døgnfluer	248	8	8	112	144	144
Steinfluer	0	0	0	4	8	0
Billelarver	44	0	0	4	32	64
voksne	4	0	0	0	8	0
Vårfluer	64	16	24	16	88	112
Knottlarver	64	0	8	16	8	16
Fjærmygglarver	160	144	528	208	928	1024
Sum	732	604	1708	476	1752	1920

Vedleggstabell C6. Bunndyr i Begna og Storelva, Hønefoss 14. januar 1998. Antall dyr/m².
Stilleflytende partier.

	o.Follum	Follum 1	Follum 2	Follum 3	Busund
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>					192
<i>Tubifex tubifex</i>					64
<i>Eiseniella tetraedra</i>	384	128	256		192
<i>Herpobdella octoculata</i>		128	128		
<i>Ephemera vulgata</i>	64				
<i>Limnius</i>					64
<i>Dryops</i>					
<i>Sericostoma personatum</i>	128				
Polycentroptidae			64		
<i>Asellus aquaticus</i>	192	2368	4736	448	256
Harpactidae					
Ceratopogonidae		128	128	576	576
<i>Arctopelopia cf. barbitarsis</i>					
<i>Trissopelopia sp.</i>					
<i>Procladius (Holotanypus) sp.</i>				64	
<i>Potthastia longimana</i>					
<i>Psectrocladius sordidellus gr.</i>					
<i>Polypedilum sp.</i>		64	192		512
<i>Pagastiella orophila</i>	192	64	128		64
<i>Heterotrissocladus marcidus</i>		128			
<i>Demicryptochironomus vulneratus</i>		192			64
<i>Cryptochironomus sp.</i>					
<i>Chironomus fluviatilis type</i>					
Thienemanimyia gruppen		832	768	832	512
<i>Orthocladus sp.</i>	64	64	64		128
<i>Dicrodentipes sp.</i>			128		
<i>Stictochironomus sp.</i>		64			384
<i>Cladotanytarsus sp.</i>				64	
<i>Pisidium sp.</i>	240				
Sum	1264	4160	6592	1984	3008

Vedleggstabell C7. Bunndyr på tre lokaliteter i Nordfjorden, Tyrifjorden. 29. mai 1997. Gjennomsnittverdier og variasjonsbredder for 5 hugg/st.

	st10		st11		st12	
	x	var.	x	var.	x	var.
Fåbørstemark	2730	1720-3560	1616	400-2560	560	240-800
Limnodrilus hoffmeisteri			695		246	
Tubifex tubifex	1556		776		246	
Eiseniella tetraedra	137					
Limnodrilus udekemianus					68	
Aulodrilus plurisetia			145			
Stylodrilus heringianus	1037					
Vårfluelarver						
Polycentropidae		8 0-40				
Sviknott		8 0-40				
Fjærmygglarver	300	160-640	560	480-720	370	80-640
Apsectrotanypus trifascipennis						
Procladius (Holotanypus) sp.			46		115	
Procladius (Psilotanypus) sp.						
Monodiamesa bathyphila			22			
Heterotanytarsus apicalis	27				30	
Heterotrissocladius marcidus	15		22			
Psectrocladius sordidellus						
Micropsectra sp.						
Tanytarsus sp.						
Sergentia cf. coracina						
Polypedilum (Tripodura) cf. pullum	27		22			
Microtendipes cf. pedellus						
Stictochironomus cf. pictulus			191		85	
Chironomus cf. muratensis	150		191		140	
Cryptochironomus sp.						
Dicrotendipes modestus	12		22			
Cladopelma lateralis gr.						
Demicryptochironomus vulneratus						
Thinemaniomyia gruppen	42		22			
Prodiamesa olivacea			22			
Endochironomus sp.	15					
Harnischa curtiamirata	12					
Muslinger	270	120-520	240	160-400	110	0-320
Snegl						
Valvata sp.		20 0-40				
Sum individer	3336	2640-4080	2416	1120-3360	1040	400-1760
Sum biomasse, gram våtvekt	7,1	5,0-11,1	6,5	4,6-9,9	3,7	1,0-9,6