

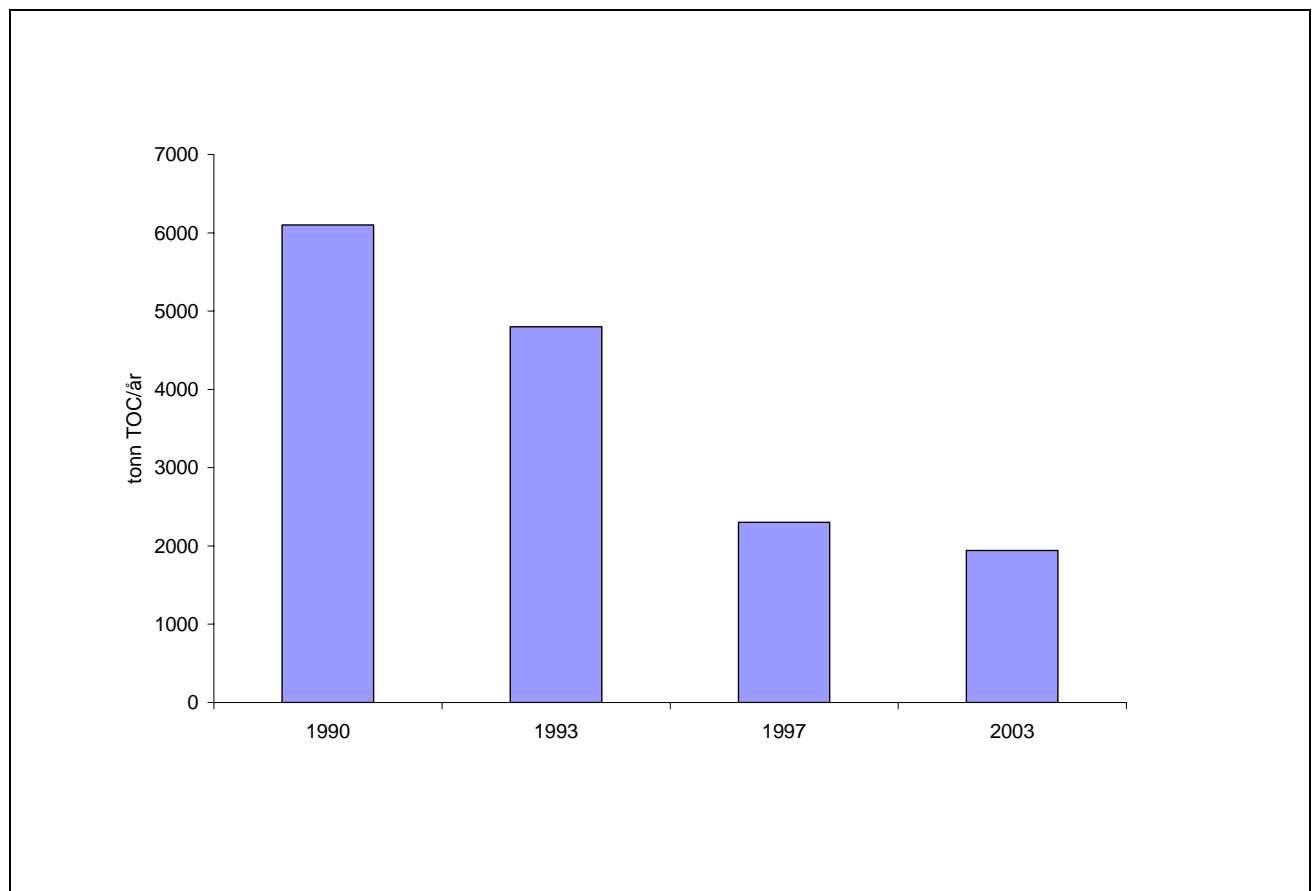


RAPPORT LNR 4824-2004

# Resipientundersøkelse av Begna, Storelva og Tyrifjorden i 2003

samt

# BAT-karakterisering av utslipp ved Norske Skog Industrier - 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 3  
4879 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  
5005 Bergen  
Telefon (47) 55 30 22 50  
Telefax (47) 55 30 22 51

**Akvaplan-niva**

9296 Tromsø  
Telefon (47) 77 75 03 00  
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Resipientundersøkelse av Begna, Storelva og Tyri- fjorden samt BAT-karakterisering av utslipp ved Norske Skog Industrier – ASA, Follum	Løpenr. (for bestilling) 4824-2004	Dato 17.04.2004
	Prosjektnr. Undernr. 23301	Sider Pris 89
Forfatter(e) Torleif Bækken, Eli Anne Lindstrøm, Torsten Källqvist, Randi Romstad og August Tobiesen.	Fagområde	Distribusjon
	Geografisk område Buskerud	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Norske Skog Industrier-ASA, Follum, Hønefoss	Oppdragsreferanse
--	-------------------

**Sammendrag**

Konsentrasjonen av fosfor, organisk stoff, aluminium og partikler i elvene Begna, Storelva og Randselva viste små endringer fra 1997/98 til 2003. Konsentrasjonsøkningen i Begna forbi Follum var omtrent som i 1997/98. Utslippene beregnet per år var imidlertid noe lavere i 2003 enn tidligere. Vannkvaliteten med hensyn på fosfor var meget god på alle stasjoner, mens den for organisk stoff og partikler var god eller mindre god. Bunndyr- og begroingssamfunnene viste betydelige forbedringer i de biologiske forholdene i elvene. Særlig tydelig var dette for stasjonene i Begna nedstrøms Follum. Vannkvaliteten i Tyrifjorden med hensyn til fosfor og algemengde var meget god med små endringer fra 1997. Konsentrasjonene av aluminium i avløpsvannet var relativt høye. Det er flere mulige årsaker. Det syntes likevel ikke som om labilt aluminium ved Hønefossen hadde giftige konsentrasjoner. Utslippsmengdene for fosfor, organisk stoff og suspendert stoff var alle innenfor konsesjonskravene. Avløpsvannet var lite giftig overfor krepsdyr og ørret, men svakt giftig for alger. Varierende gifteffekt av kjølevannet antyder ujevn klordosering.

Fire norske emneord 1. Forurensning 2. Biologi 3. Kjemi 4. BAT karakterisering	Fire engelske emneord 1. Pollution 2. Biology 3. Chemistry 4. BAT characterisation
--	--

Resipientundersøkelse av Begna, Storelva og Tyrifjorden  
samt  
BAT-karakterisering av utslipp  
ved Norske Skog Industrier - ASA, Follum

## Forord

Rapporten sammenfatter resultatene fra en resipientundersøkelse i Begna, Storelva, Nordfjorden/Tyrifjorden foretatt i 2003/04. I tillegg er det utført en såkalt BAT (Best Available Technique) undersøkelse på avløpsvann fra renseanlegget og på kjølevann. Oppdragsgiver er Norske Skog Industrier – ASA, Follum på Hønefoss. Av spesiell interesse har vært å se om de kjemiske og biologiske 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, etter forutgående instruksjon fra NIVA. De fleste av disse analysene, samt stikkprøver fra avløpsvann fra fabrikk, er foretatt ved laboratoriet til NIVA. Analyser av pesticider i avløpsvannet er utført av Pesticidlaboratoriet, Planteforsk, NLH, Ås. Øvrige analyser av avløpsvannet (døgnverdier av fosfor, organisk stoff, suspendert materiale) er foretatt av BUVA.

Innsamling og undersøkelsene av bunndyr er foretatt av Torleif Bækken, NIVA. Begroingsundersøkelsene fra elvene er gjennomført av Eli-Anne Lindstrøm, NIVA. Toksisitetstestene er utført ved NIVA av Randi Romstad, Torsten Källqvist og August Tobiesen.

Bearbeidelse av kjemidata fra elvene og Tyrifjorden er foretatt av undertegnede som også har vært prosjektleder og sammenstilt de enkelte delene i rapportens form. Rapporten er for sammenlikningens skyld i stor grad bygget over samme lest som rapporten fra resipientundersøkelsene i 1993 og 1997/98.

Oppdragsgivers kontaktperson har vært Eigil Søndergaard.

Oslo, 31.03. 2004

*Torleif Bækken*

# Innhold

<b>Sammendrag og konklusjon</b>	<b>6</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>10</b>
<b>2. Begna, Randselva og Storelva</b>	<b>11</b>
2.1 Stasjoner og parametere	11
2.2 Vannkvalitet	13
2.2.1 Vannføring	13
2.2.2 Fosfor	14
2.2.3 Organisk stoff	16
2.2.4 Aluminium	19
2.2.5 Partikler	21
2.2.6 Nitrogen	23
2.3 Bunndyrsamfunn	24
2.3.1 Stasjoner	24
2.3.2 Metoder	24
2.3.3 Resultater	25
2.4 Begroingsamfunn	29
2.4.1 Bakgrunn og anvendelse	29
2.4.2 Metode og materiale	30
2.4.3 Resultater	31
<b>3. Tyrifjorden</b>	<b>35</b>
3.1 Vannkvalitet	35
3.1.1 Fosfor	35
3.1.2 Nitrogen	36
3.1.3 Klorofyll a	37
<b>4. BAT karakterisering av avløp fra renseanlegg og kjøleanlegg.</b>	<b>38</b>
4.1 Konsentrasjoner og avløpsmengder	38
4.1.1 Renseavløp	38
4.1.2 Kjølevannsavløp.	40
4.2 Toksisitet	42
4.2.1 Renseavløp	42
4.2.2 Kjølevannsavløp	43

<b>5. Litteratur</b>	<b>44</b>
<b>6. Vedlegg</b>	<b>46</b>
<b>Vedlegg A. Bunndyrtabeller</b>	<b>46</b>
<b>Vedlegg B. Begroingstabeller</b>	<b>49</b>
<b>Vedlegg C. Testrapport <i>Selenastrum capricornutum</i> - renseavløp 17.03.03</b>	<b>51</b>
<b>Vedlegg D. Testrapport <i>Daphnia magna</i> - renseavløp 17.03.03</b>	<b>54</b>
<b>Vedlegg E. Testrapport <i>Salmo trutta</i> - renseavløp 17.03.03</b>	<b>56</b>
<b>Vedlegg F. Testrapport <i>Selenastrum capricornutum</i> - kjølevannavløp 17.03.03</b>	<b>58</b>
<b>Vedlegg G. Testrapport <i>Daphnia magna</i> - kjølevannsavløp 17.03.03</b>	<b>61</b>
<b>Vedlegg H. Testrapport <i>Salmo trutta</i> - kjølevannsavløp 17.03.03</b>	<b>63</b>
<b>Vedlegg I. Testrapport <i>Selenastrum capricornutum</i> - renseavløp 31.03.03</b>	<b>65</b>
<b>Vedlegg J. Testrapport <i>Daphnia magna</i> - renseavløp 31.03.03</b>	<b>68</b>
<b>Vedlegg K. Testrapport <i>Salmo trutta</i> - renseavløp 31.03.03</b>	<b>70</b>
<b>Vedlegg L. Testrapport <i>Selenastrum capricornutum</i> - kjølevannsavløp 07.04.03</b>	<b>72</b>
<b>Vedlegg M. Testrapport <i>Daphnia magna</i> - kjølevannsavløp 17.03.03</b>	<b>75</b>
<b>Vedlegg N. Testrapport <i>Salmo trutta</i> - kjølevannsavløp 07.04.03</b>	<b>77</b>
<b>Vedlegg O. Pesticidanalyser</b>	<b>80</b>
<b>Vedlegg P. Kjemidata</b>	<b>84</b>

# Sammendrag og konklusjon

## 1. Bakgrunn

Norske Skog Follum fabrikk står foran en mulig utvidelse av produksjonen av bleket papir. Samtidig skal bedriftens miljøsinn følge EUs retningslinjer (IPPC Directive 96/61/EC BREF 12.01 Pulp and Paper Industry). Med bakgrunn i dette, ønsker bedriften å gjennomføre en resipientundersøkelse som kan tjene som "Før – undersøkelse" i forhold til utvidelsen av produksjonen, samt som dokumentasjon i ny utslippssøknad og i forhold til EUs retningslinjer.

Det foreligger et godt vurderingsgrunnlag i undersøkelsene fra 1990 og 91 i forbindelse med Vannbruksplan for Tyrifjorden, og i 1993 og 1997 i forbindelse med tidligere resipientundersøkelse ved Follum. Begge disse omfatter transportberegninger både av næringssalter og organisk stoff, samt biologiske registreringer. Overvåkingen skal dokumentere at utslippene ikke er større enn det man kan forvente ved bruk av BAT (Best Available Techniques) både i industriprosessen og i avløpshåndteringen ("BREF dokumentet IPPC - Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry").

## 2. Resipienter: Begna og Storelva.

**2.1 Vannanalyser.** Vannkjemiske analyser ble foretatt ved fire elvestasjoner og en stasjon i Tyrifjorden. Elvestasjonene var referansestasjon Hofsfoss, oppstrøms Follum og Hønefossen, nedstrøms Follum, begge stasjoner i Begna. Videre ble det tatt prøver fra Randselva ved Hvalsmoen (referanse) og fra Storelva ved Busund.

Fosforkonsentrasjonen var lavere i 2003/04 enn registrert ved tidligere undersøkelser ved alle stasjoner. Gjennomsnittskonsentrasjonen økte nedstrøms Follum i forhold til referansen. De lå imidlertid innenfor SFTs vannkvalitetsklasse I som innebærer "Meget god" vannkvalitet med hensyn på fosfor. Fosforbidraget fra Follum fabrikk til Begna, beregnet fra konsentrasjoner oppstrøms og nedstrøms Follum, var i 2003/04 ca 5 tonn per år. Dette var en nedgang fra undersøkelsen i 1997/98. Tilført mengde beregnet ut i fra konsentrasjoner i avløpsvann fra renseanlegget viste tilnærmet samme verdi.

Konsentrasjonen av organisk stoff (TOC og KOF-Mn) ved Hønefossen nedstrøms Follum var omtrent på samme nivå som i 1997/98. Konsentrasjonene tilsvarte tilstandsklasse III "Mindre god". Bidraget av organisk stoff til Begna forbi Follum, beregnet fra konsentrasjoner av TOC og KOF-Mn oppstrøms og nedstrøms Follum, var ca 2000 tonn per år. Dette var en liten nedgang fra undersøkelsen i 1997/98, og fortsetter en trend med reduserte utslipp siden 1990. Tilført mengde beregnet fra avløpsvannet i 2003 var basert på en annen metode (KOF-Cr) og ikke direkte sammelignbar. På de øvrige elvestasjonene lå vannkvaliteten med hensyn på organisk stoff fra "God" til "Mindre god".

Aluminiumskonsentrasjonen i Begna ved Hofsfoss var lavere i 2003/04 enn registrert ved undersøkelserne i 1997/98. Ved Hønefossen var konsentrasjonene i 2003/04 også noe lavere enn 1997/98. Nytt i 2003 var analyse av ulike aluminiumsfraksjoner. Av disse er labilt aluminium den mest interessante biologisk sett. Konsentrasjonene var stort sett under 10 µg/l, og nokså like for alle stasjonene. Unntak fra dette var prøvene fra oktober og november ved Hønefossen der konsentrasjonene var noe høyere med henholdsvis omkring 20 og 15 µg/l. Ved de gjeldene pH verdier ansees ikke disse konsentrasjonene å være skadelige for biologien i elva nedstrøms Hønefoss. Konsentrasjonene vil imidlertid være høyere med større mulighet for biologiske effekter nærmere utslippet. Særlig kan dette være aktuelt senario ved en mulig pH senkning under snøsmelting. Aluminiumsbidraget til Begna forbi Follum lå i 2003/04 på ca 100 tonn per år. Dette var en nedgang fra undersøkelsen i 1997/98.

Den gjennomsnittlige partikkelkonsentrasjonen, målt som turbiditet, tilsvarte vannkvalitetsklasse "God" ved Hofsfoss, men "Mindre god" ved de andre stasjonene. Partikkelbidraget lå på omtrent samme nivå i 2003/04 som i 1997/98. Målt som suspendert tørrstoff (STS) var tilstanden også omtrent den samme som tidligere. Sett i forhold til SFTs vannkvalitetsklasser tilsvarte gjennomsnittskonsentrasjonene for 2003/04 tilstandsklasse "Meget god" både ved Hofsfoss og Hønefossen. Randselva og Storelva ved Busund hadde noe høyere konsentrasjoner og ble klassifisert til "God" tilstand med hensyn på STS.

Nitrogenbidraget til Begna forbi Follum, målt som totalt nitrogen (Tot N), var på omtrent samme nivå i 2003/04 som i 1997/98. Økningen siden tidlig på 1990 tallet har trolig sammenheng med økt papirproduksjon. Tilsvarende som for kloakkrensaneanlegg i innlandet, med avløp til ferskvann, er det ikke pålagt rensing av prosessvannet med hensyn på nitrogen.

**2.2 Bunndyranalyser.** Det biologiske mangfoldet, målt som antall EPT arter (døgnfluer, steinfluer og vårfluer) i bunndyrsamfunnet, var vesentlig større på alle stasjoner både sommeren og høsten 2003 enn observert tidligere år. Målt med Shannon indeks var bildet mer sammensatt og vanskeligere å tolke. Indeksen synes å være lite egnet til å påvise endringene i denne type bunndyrsamfunn.

Forurensningsindeksene BMWP og ASPT hadde til dels vesentlig høyere verdier i 2003 enn i 1997 og 1993, noe som innebærer at en større del av faunaen i 2003 besto av arter som tåler lite forurensning. Dette var særlig tydelig for de mest forurensningspåvirkede stasjonene nedstrøms Follum (Begna: Follum og Hønefossen). ASPT indeksen antydte at ved disse stasjonene hadde tilstanden i bunndyrsamfunnet endret seg fra en dårlig tilstand i 1993, via en svak bedring i 1997/98 til en relativt god tilstand i 2003. Indeksverdiene for ASPT lå på omtrent samme nivå på de forurensningsutsatte stasjonene som på referansestasjonen i denne undersøkelsen. Denne klart forbedrede situasjonen for bunndyrsamfunnet fra 1993, 1997/98 til 2003 ble observert både i sommer og høstprøvene.

**2.3 Begroingsanalyser.** På grunnlag av begroingsobservasjoner på fem stasjoner i Begna-vassdraget i 1993, 1997 og 2003 ble det gitt en vurdering av vannkvaliteten i henhold til SFTs fem tilstandsklasser for vannkvalitet. På samtlige stasjoner bortsett fra referansestasjonen oppstrøms Follum fabrikk (Hofsfoss), hadde det skjedd en gradvis bedring av vannkvaliteten. Bedringen var størst på stasjonen rett ved Follum. Her har tidligere massive ansamlinger av nedbrytere (lever av lett nedbrytbart organisk materiale) nå nesten forsvunnet. Tilstanden i 2003 noe bedre her enn lenger ned i elva ved Hønefossen. På denne stasjonen var det bl.a. stor forekomst av jernbakterier. I Randselva (Hvalsmoen), hadde det også skjedd en bedring. Her har det kommet inn enkelte begroingselementer siden 1997, som tilsier meget god vannkvalitet. I Storelva ved Busund hadde det også vært en viss bedring av tilstanden siden 1997, men det var stor forekomst av jernoksyderende bakterier.

### 3. Resipient: Tyrifjorden

Konsentrasjonen av totalt fosfor (Tot P) i Tyrifjorden lå, i løpet sommersesongen 2003, godt under kriteriegrensene for vannkvalitetsklasse I "Meget god" tilstand i henhold til SFTs klassifisering, og var



reduisert vesentlig siden 1980 tallet. Gjennomsnittskonsentrasjonen i 2003 lå på samme nivå som i 1996 og 1997.

Nitrogenkonsentrasjonene tilsvarte vannkvalitetsklasse II og III, henholdsvis "God" tilstand og "Mindre god" tilstand. Konsentrasjonene har ikke endret seg siden målingene på 1980 og 1990- tallet.

Konsentrasjonene av klorofyll a var lave og lå innenfor vannkvalitetsklasse I, "Meget god" tilstand. Det innebærer næringsfattige (oligotrofe) forhold og liten algevekst i innsjøen. Sett i forhold til målinger på 1980 og 1990 – tallet, har det vært en reduksjon i algemengden tilsvarende reduksjonen i fosfor.

#### **4. BAT- avløpsvann renseanlegg og kjølevann**

**4.1 Avløp renseanlegg.** Stikkprøver av avløpsvann fra renseanlegget viste forventede konsentrasjoner av de fleste analyserte forbindelsene. Konsentrasjonene av total aluminium var imidlertid forholdsvis høye. Den labile andelen aluminium, som er mest interessant fra et biologisk synspunkt, lå mellom ca 500 og 200 µg/l. De høye konsentrasjonene reflekterer anvendelsen av aluminium i fellingsprosessen i renseanlegget. Utfellingen av aluminiumsulfat er optimal ved pH mellom ca 5,6 og 6,3. Stikkprøvene fra avløpsvannet viste noe høyere verdier (6,4-6,7). De noe høye konsentrasjonene kan derfor skyldes suboptimale fellingsbetingelser. Det er også en mulighet for at det overdoseres aluminium til fellingsprosessen.

Gjennomsnittverdien for utslipp av fosfor for denne perioden var 5,5 kg/døgn, og den ligger derfor godt under konsesjonskravet som ligger på 12 kg/døgn og 10 kg/døgn gitt for henholdsvis månedsmiddel og halvårsmiddel.

Gjennomsnittsverdien for utslipp av suspendert tørrstoff (STS) denne perioden var 0,8 tonn/døgn, og den ligger godt under konsesjonskravet på 3,5 t/døgn og 2,5 t/døgn gitt for henholdsvis månedsmiddel og halvårsmiddel. Totale utslippsmengder for 2003 beregnet fra avløp og fra vannkjemi i elva, var henholdsvis 445 og 972 t/år. Føllums utslipp av STS er i stor grad organisk. Beregnet organisk andel fra elvekonsentrasjonene av STS var 588 kg/år.

Gjennomsnittsverdien for utslipp av organisk materiale (KOF-Cr) denne perioden var 19,2 tonn/døgn, og ligger under konsesjonskravet på 26,5 t/døgn og 22 t/døgn gitt for henholdsvis månedsmiddel og halvårsmiddel.

**4.2 Avløp kjølevann.** De kjemiske analysene av kjølevannet viste ingen forhøyede konsentrasjoner i forhold til resipienten det hentes fra (Begna). Et mulig unntak var innholdet av halogenerte organiske forbindelser. Det ble ikke funnet pesticider. I forbindelse med negative utslag på toksisitetstester ble det analysert for fritt klor. Analyse av kjølevann som hadde stått én uke på lukket flaske i kjølerom viste 1,4 mg/l. Fordi klor damper av må en regne med at den opprinnelige konsentrasjonen i denne prøven var høyere. Ved neste prøve ble det bare funnet lave verdier. Kloreringen av kjølevann kan derfor ha vært ujevn, og medført at kjølevannsavløpet i perioder har hatt høye og giftige konsentrasjoner av fritt klor.

**4.3 Toksisitet.** Det ble utført standard OECD toksisitetstester på avløpsvann og kjølevann. Giftigvirkning i vannet ble testet i forhold til alger (*Selenastrum capricornutum*), krepsdyr (*Daphnia magna*) og fisk (ørret, *Salmo trutta*).

Avløpsvannet fra renseanlegget hadde ingen påviselig gifteffekt på krepsdyret *Daphnia magna* eller ørret. For algen *Selenastrum capricornutum* ble det registrert en svak veksthemming ved høyeste konsentrasjon den 17.03.03., og for alle konsentrasjoner den 31.03.03.. Det er ikke mulig å fastslå

sikkert hvilke stoffer som er viktigst for veksthemmingen. Konsentrasjonene av aluminium, også labilt aluminium, samt cyanider var imidlertid høye i avløpsvannet, og kan være mulige årsaker.

Kjølevann fra 17.03.03 var meget giftig for alle organismetyper. Det ble observert en kraftig redusert vekst i algepopulasjonen allerede ved største fortynning av kjølevannet (10 % kjølevann i test-løsningen). Tilsvarende virkning av kjølevannet ble påvist på *Daphnia magna*. For ørret døde 7 av 10 fisker i løpet av første døgn i 100 % løsning. Resten var døde innen 2 døgn. En måling av fritt klor viste høye konsentrasjoner. Det ble derfor antatt at klordoseringen til kjølevannet er årsaken til gifteffekten.

Kjølevannstesten ble gjentatt for vann hentet 07.04.03. Det ble ikke registrert giftvirkninger på *Daphnia* og ørret, men noe redusert vekst for algene ved uførtynnet løsning. Det ble bare funnet forholdsvis lave verdier av klor i dette testvannet. Det må likevel antas at det er klor som gir effekten på algene.

## 6. Konklusjon

Konsentrasjonen av fosfor, organisk stoff, aluminium og partikler i elvene viste små endringer fra 1997/98 til 2003. Konsentrasjonsøkningen i Begna forbi Follum var omtrent som i 1997/98. Utslippsmengder beregnet per år var imidlertid noe lavere i 2003 enn 1997/98. Vannkvaliteten med hensyn på fosfor var meget god på alle stasjoner, mens den for organisk stoff og partikler var god eller mindre god.

Siden 1990, før installasjon av kjemisk og biologisk renseanlegg, har utslippene av fosfor og organisk stoff blitt betydelig redusert, mens utslippene av aluminium har økt.

Bunndyr- og begroingsfunnene viste betydelige forbedringer i de biologiske forholdene i elvene. Særlig tydelig var dette for stasjonene i Begna nedstrøms Follum.

Vannkvaliteten i Tyrifjorden med hensyn til fosfor og algemengde var meget god med små endringer fra 1997.

Konsentrasjonene av aluminium i avløpsvannet var relativt høye. Det er flere mulige årsaker. Det syntes likevel ikke som om labilt aluminium ved Hønefossen hadde giftige konsentrasjoner, selv om slike scenarier kan tenkes under gitte betingelser.

Utslippsmengdene for fosfor, organisk stoff og suspendert stoff var alle innenfor konsesjonskravene.

Avløpsvannet var lite giftig. Det ble imidlertid påvist noe veksthemming i algetesten. Høy konsentrasjon av klor medførte at kjølevannet ved én test var giftig for alger, krepsdyr og ørret. Neste test viste bare svak gifteffekt i forhold til alger. Årsaken til varierende gifteffekt er trolig ujevn dosering av klor til kjølevannet.

# 1. Innledning

Norske Skog Follum fabrikk står foran en mulig utvidelse av produksjonen av bleket papir, og skal søke SFT om fornyet konsesjon i henhold til EU's retningslinjer (IPPC Directive 96/61/EC BREF 12.01 Pulp and Paper Industry). Med bakgrunn i dette, samt bedriftens ønske om å følge resipientens utvikling, ønsker bedriften å gjennomføre en resipientundersøkelse som kan tjene som "Før – undersøkelse" i forhold til utvidelsen av produksjonen, samt som dokumentasjon i ny utslippssøknad.

Follum har gjennomført flere resipientundersøkelser opp gjennom årene for å dokumentere miljøeffekten av sine utslipp, samt for å kontrollere effekten av de mange miljøtiltak som bedriften har gjennomført de 10-12 siste årene. Undersøkelsene i 1990/91 (Berge 1992) var forut for bygging av kjemiske fellingsanlegg for fjerning av fosfor og partikulært materiale, undersøkelsen i 1993 (Berge et al 1994) var etter at dette anlegget var bygget. Undersøkelsene i 1997 (Bratli et al 1998) var etter at man hadde bygget biologisk renseanlegg for fjerning av løst organisk materiale.

Undersøkelsene har hatt de samme stasjonene for måling av stofftransport i elven ovenfor og nedenfor Follum, samt de samme stasjonene for å måle effekten på biologiske samfunn i resipientene. Follums fokus på biologiske effekter i tillegg til målinger av vannkjemiske parametere har vært fremtidsrettet, da måling av biologiske effekter vil bli obligatoriske etter innføringen av EUs Vannrammedirektiv.

Tiltakene ved fabrikk har hatt stor positiv miljøeffekt. Elvene har særlig hatt nytte av reduksjonen av organisk stoff, mens Tyrifjorden har særlig reagert positivt på reduksjonene i fosforutslippene. Tyrifjorden er nå innenfor beste vannkvalitetsklasse mht eutrofiering, mens elvene fortsatt er noe preget av utslipp av organisk stoff og næringssalter, både fra Follum og fra andre aktiviteter i Hønefossområdet. Man ønsker nå en undersøkelse med de samme stasjonene og det samme prøvetakingsopplegget som før, slik at resultatene er direkte sammenliknbare.

Resipientundersøkelsen omfatter Begna, Storelva og Tyrifjorden for å vurdere i hvilken grad utslippene fra fabrikkanleggene påvirker resipientene i negativ retning og hvorvidt utslippene er større enn det resipientene kan tåle. Av spesiell interesse er det å se på i hvilken grad forholdene er blitt bedret etter at Follum installerte det nye renseanlegget. I tillegg er det lagt en stasjon til Randselva som referanse.

Man har et godt vurderingsgrunnlag i undersøkelsene som er utført i 1990 og 91 i forbindelse med Vannbruksplan for Tyrifjorden, og i 1993 og 1997 i forbindelse med tidligere resipientundersøkelse ved Follum. Begge disse omfattet transportberegninger både av næringssalter og organisk stoff, samt biologiske registreringer.

I møte med Follum 17/9-02 ble man enig om at undersøkelsen i 2003/04 skulle følge samme opplegget som i 1997, med det tillegg å ta inn igjen analyse av eventuelle giftige former for aluminium, det vil si som i 1993. I tillegg ønsker bedriften å undersøke utslippene mht til miljøgifter som organiske mikroforurensninger og tungmetaller. Dette er nærmest en utsjekking, da det ikke inngår slike i prosessen og teoretisk heller ikke skal kunne dannes.

Et annet viktig element er at undersøkelsen tilfredsstiller opplegget til overvåking av utslipp gitt i fra EU i "BREF dokumentet IPPC - Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry". Overvåkingen av utslipp er her omtalt i Annex III. Overvåkingen skal dokumentere at utslippene ikke er større enn det man kan forvente ved bruk av BAT (Best Available Techniques) både i industriprosessen og i avløpshåndteringen. I programmet for kontroll av avløpene fra bedriften legges det opp til å inkludere de parametrene som anbefales etter BAT.

## 2. Begna, Randselva og Storelva

### 2.1 Stasjoner og parametere

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 elva også fra de andre aktivitetene i Hønefoss.

Vannkvaliteten i Begna ble studert ved stasjonene 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 ble undersøkt ved Busund bru nedstrøms Monserud renseanlegg.

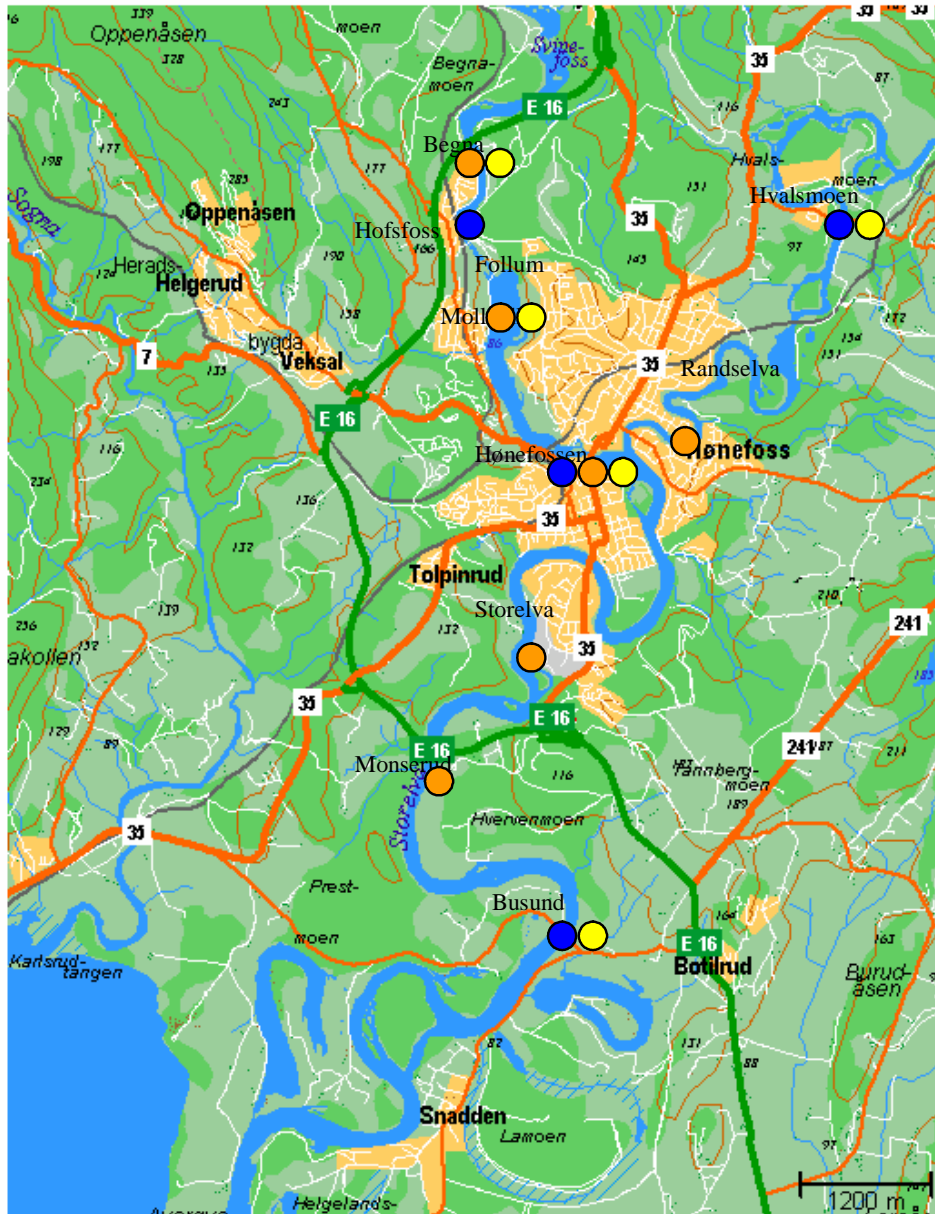
Det ble tatt vannprøver ved følgende stasjoner:

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

Det ble analysert på følgende parametere:

pH	Tot-N
Konduktivitet	TOC
Turbiditet	KOF-Mn
Suspendert tørrstoff	Tot-Al
Suspendert tørrstoff gløderest	Al-R
Farge	Al-II
Tot-P	

Prøvene ble tatt en gang per måned av prøvetaker fra Follum. Prøvene ble satt kjølig i kjølebag og sendt til NIVA Oslo raskest mulig etter prøvetaking. Prøvene var hos NIVA morgenen etter.

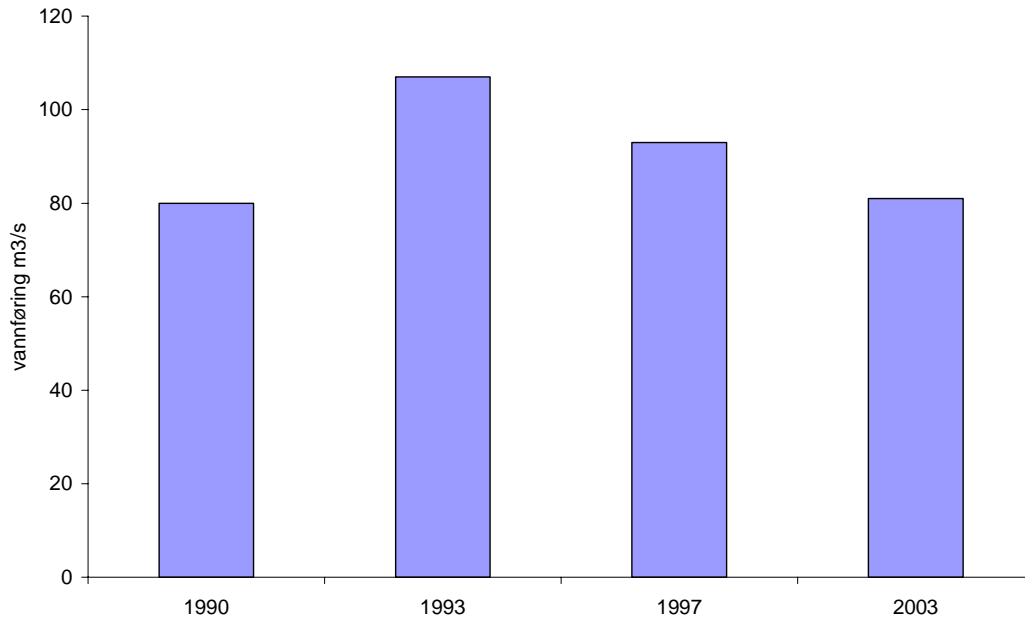


**Figur 1.** Fargede sirkler angir stasjonsplasseringer i Begna (Hønefoss, Follum, Hønefossen), Randselva (Hvalsmoen, Hønefoss) og Storelva (Nedstrøms Hønefoss, Monserud, Busund). Blå angir vannkjemiske stasjoner, oransje angir busstasjoner og gul angir begreingsstasjoner.

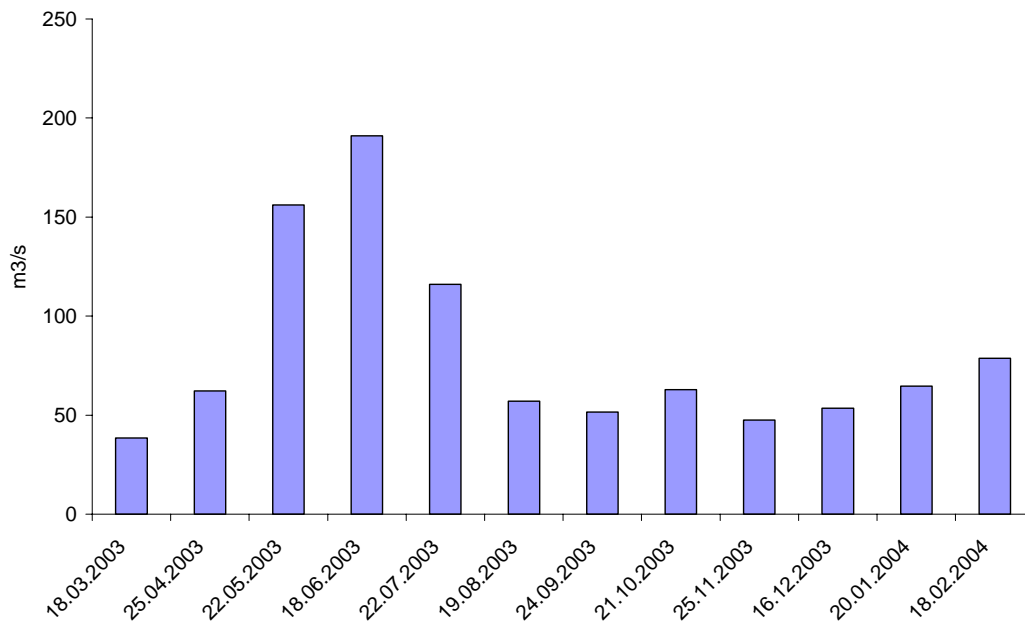
## 2.2 Vannkvalitet

### 2.2.1 Vannføring

Den gjennomsnittlige vannføringen i fra mars 2003 til mars 2004 var omkring 80 m<sup>3</sup>/s (**Figur 2**). Dette var noe lavere enn i 1997 og 1993, men på samme nivå som i 1990. Den høyeste vannføringen i 2003 ble registrert i forbindelse snøsmelting vår og tidlig sommer (**Figur 3**). Vannføringen er anvendt for transportberegningene.



**Figur 2.** Gjennomsnittlig vannføring i Begna ved Strømsfjø i 1990, 1993, 1997 og 2003/04.

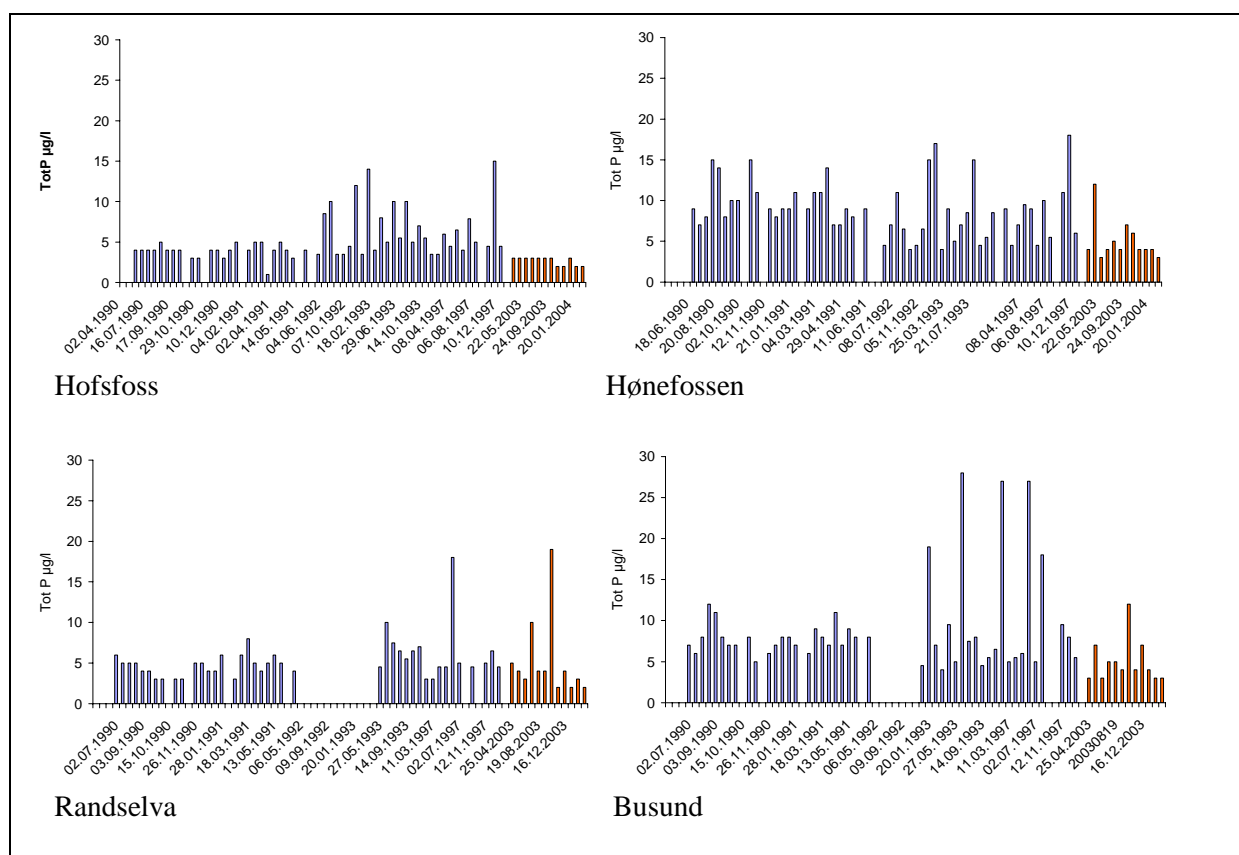


**Figur 3.** Gjennomsnittlig vannføring ved Strømsfjø i periodene mellom hver vannprøvetaking i 2003/04.

## 2.2.2 Fosfor

Fosforkonsentrasjonen i Begna ved referansestasjonen Hofsfoss var lavere i 2003/04 enn registrert ved tidligere undersøkelser (**Figur 4**). Alle konsentrasjonene var lavere enn 3  $\mu\text{g/l}$  og med en gjennomsnittskonsentrasjon på 2,7  $\mu\text{g/l}$ . Ved Hønefossen var det lavere verdier i 2003/04 enn tidligere år, selv om det her var større variasjon mellom målingene. Konsentrasjonene lå mellom 3  $\mu\text{g/l}$  og 12  $\mu\text{g/l}$  med et gjennomsnitt på 5  $\mu\text{g/l}$ . Den samme trenden gikk igjen også i Storelva ved Busund samt i Randselva med gjennomsnittskonsentrasjoner i 2003/04 på henholdsvis 5,2 og 5,0  $\mu\text{g/l}$ . Alle disse gjennomsnittsverdiene ligger innenfor SFTs vannkvalitetsklasse I, noe som innebærer meget god vannkvalitet med hensyn på fosfor (**Tabell 1**).

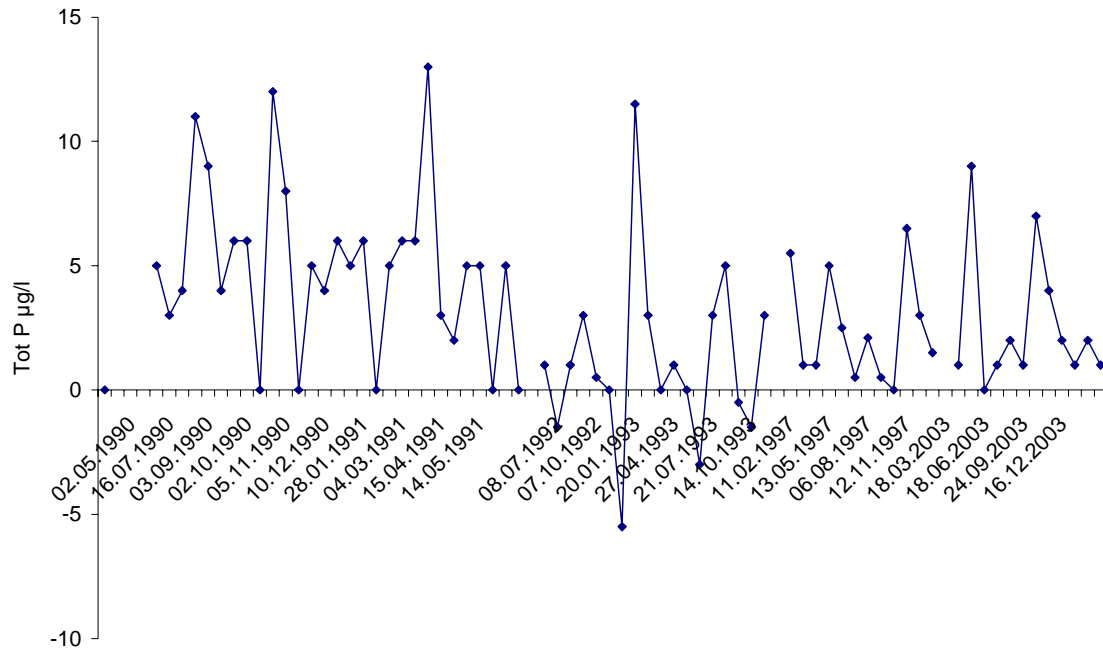
Fosforbidraget forbi Follum synes å ligge på omtrent samme nivå som i 1997/98 (**Figur 5**). Sett som årlig tilførte mengder til Begna lå verdiene i 2003 på ca 5 tonn per år. Dette var en nedgang fra undersøkelsen i 1997/98 (**Figur 6**).



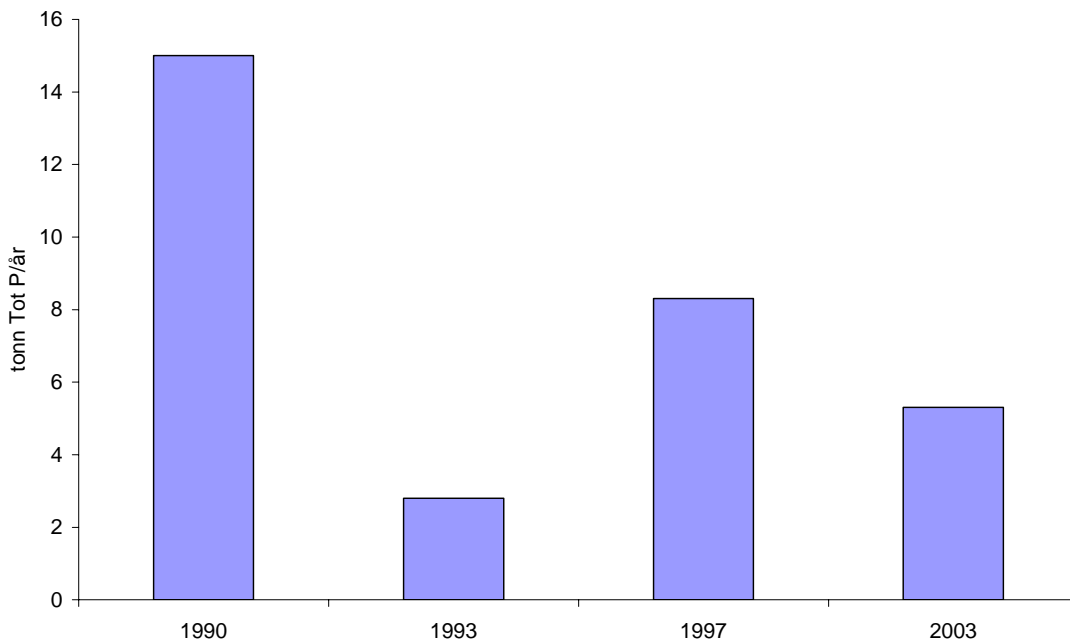
**Figur 4.** Fosforkonsentrasjoner (Tot P,  $\mu\text{g/l}$  P) ved referansestasjonen Hofsfoss og Hønefossen i Begna, Randselva ved Hvalsmoen samt Busund i Storelva i ulike perioder siden 1990. 2003/04 konsentrasjonene er merket med oransje.

**Tabell 1.** Gjennomsnittskonsentrasjoner med tilhørende vannkvalitetsklasse for totalt fosfor ( $\mu\text{g/l}$ ).

Stasjon	Tot-P	Klasse	Beskrivelse
Begna, Hofsfoss	2,7	I	Meget god
Begna, Hønefossen	5	I	Meget god
Randselva, Hvalsmoen	5,0	I	Meget god
Storelva, Busund	5,2	I	Meget god



**Figur 5.** Tilskudd til konsentrasjonen av totalt fosfor til Begna forbi Follum (Hønefossen-Hofsossen).



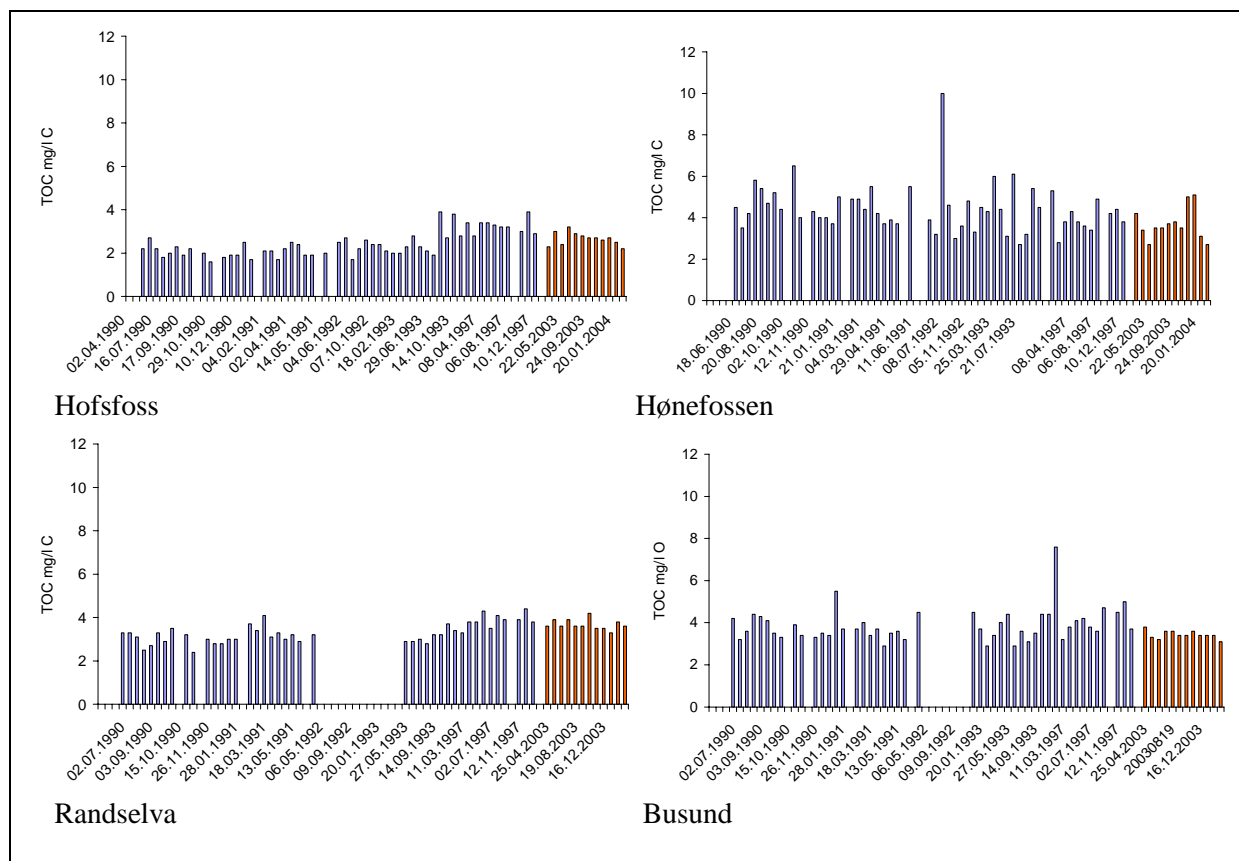
**Figur 6.** Årlig tilskudd til fosformengder til Begna forbi Follum før og etter installasjon av kjemisk rensanlegg, hhv 1990 og 1993, og biologisk rensanlegg, hhv 1993 og 1997, samt for 2003.



### 2.2.3 Organisk stoff

Konsentrasjonen av organisk stoff målt som karbon (TOC) og oksygenforbruk (KOF) i Begna ved referansestasjonen Hofsfoss var noe lavere i 2003/04 enn registrert ved tidligere undersøkelser (**Figur 7**). Alle konsentrasjonene av TOC lå mellom ca 2 og 3 mg/l med en gjennomsnittskonsentrasjon på 2,7 mg/l. Dette tilsvarer tilstandsklasse II, "God", i SFTs klassifiseringssystem (**Tabell 2**). KOF konsentrasjonene tilsvarte med et gjennomsnitt på 3,8 mgO/l klasse III, "Mindre god". Ved Hønefossen var det omtrent de samme konsentrasjonene i 2003/04 som i 1997/98. Konsentrasjonene av TOC lå mellom ca 3 og 5 mg/l med et gjennomsnitt på 3,7 mg/l. Dette tilsvarer tilstandsklasse III "Mindre god". KOF konsentrasjonene her var i gjennomsnitt 4,7 mgO/l som også tilsvarer klasse III. I Storelva ved Busund var konsentrasjonene noe lavere i 2003/04 enn i 1997/98 med TOC konsentrasjoner mellom 3 og 4 mg/l, og med et gjennomsnitt på 3,4 mg/l. Det tilsvarer tilstandsklasse "God". KOF konsentrasjonene tilsvarte med en gjennomsnittskonsentrasjon på 4,3 mgO/l, klasse III, "Mindre god". I Randselva var konsentrasjonene av TOC i 2003/04 på omtrent samme nivå som i 1997/98 med konsentrasjoner mellom ca 3 og 4 mg/l og et gjennomsnitt på 3,7 mg/l. Dette tilsvarer tilstandsklasse "Mindre god" med hensyn på organisk stoff. KOF konsentrasjonene hadde imidlertid økt noe ved denne stasjonen i forhold til tidligere. Gjennomsnittskonsentrasjonen på 4,5 mgO/l tilsvarer klasse III.

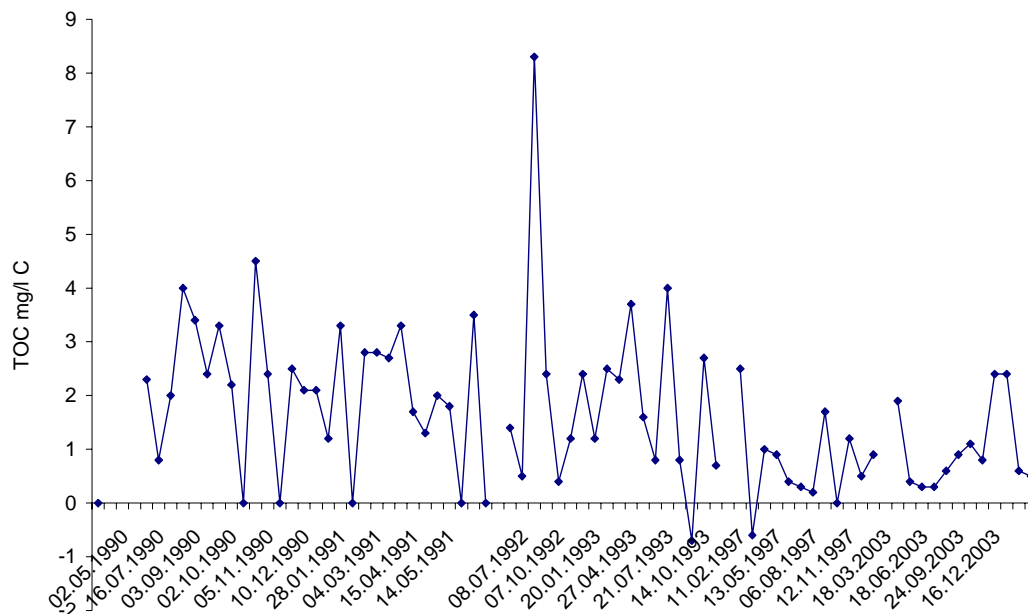
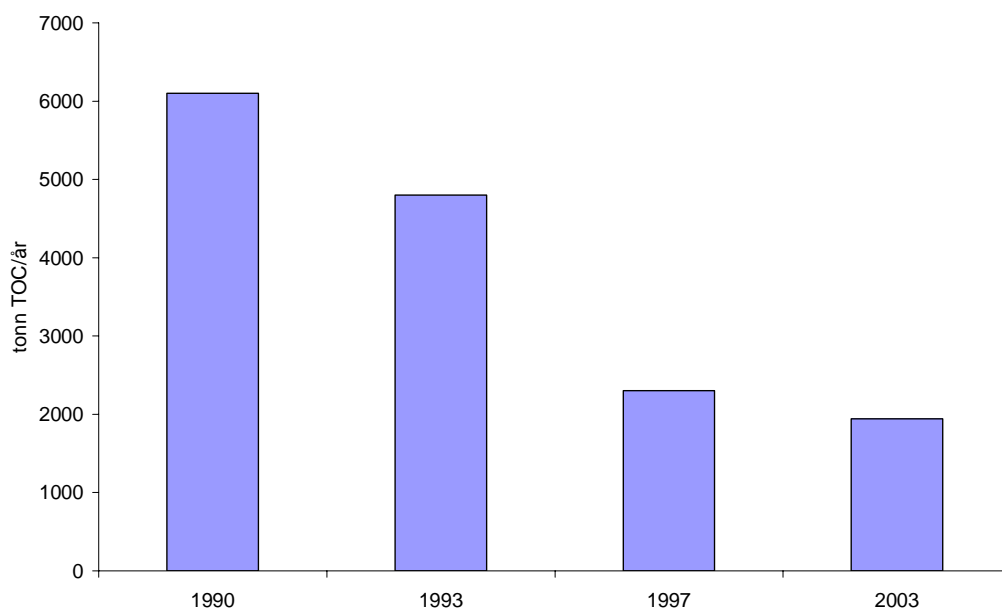
Bidraget av organisk stoff forbi Follum, både målt som TOC og KOF, lå på omtrent samme nivå som i 1997/98 (**Figur 8** og **Figur 11**). Sett som årlig tilførte mengder TOC til Begna var verdiene i 2003/04 ca 2000 tonn per år. Dette var en liten nedgang fra undersøkelsen i 1997/98 (**Figur 9**).

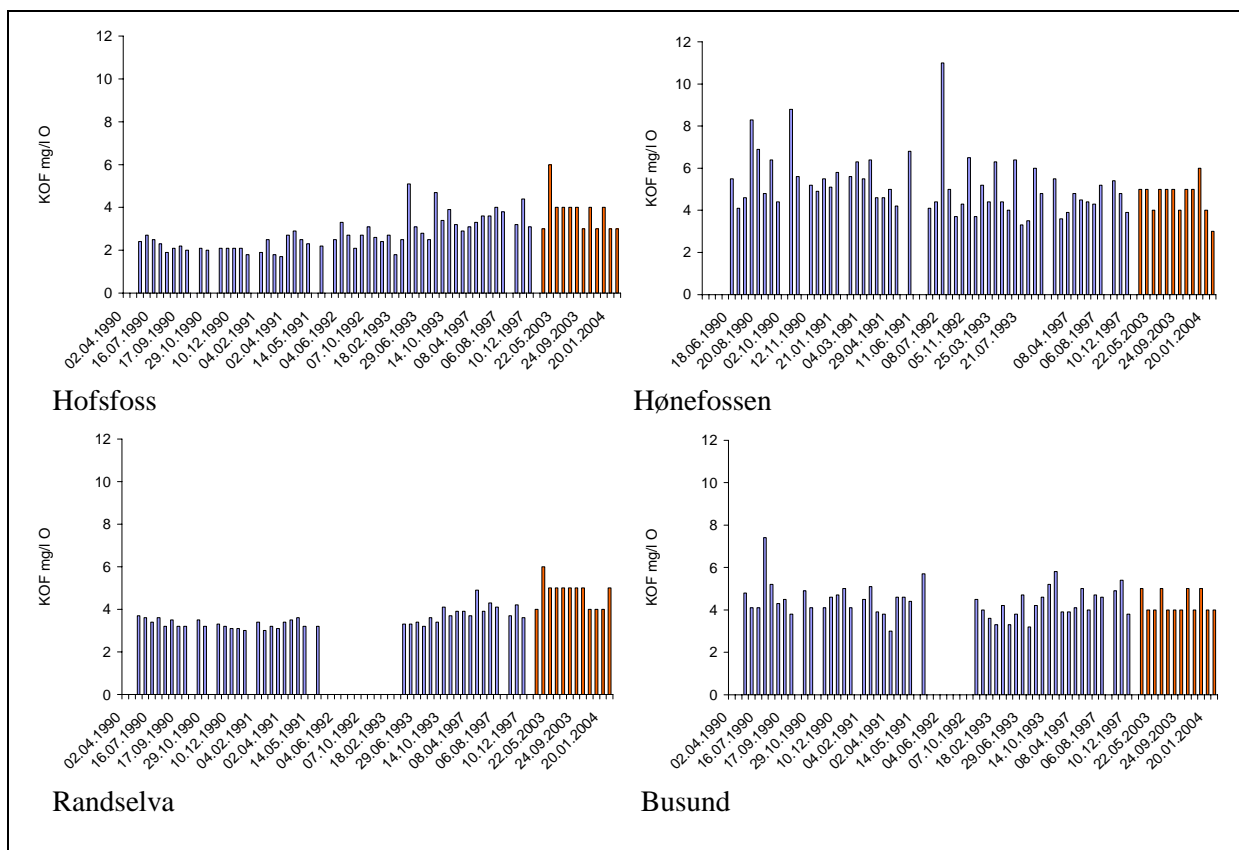


**Figur 7.** Konsentrasjoner av organisk karbon (TOC, mg/l C) ved referansestasjonen Hofsfoss og Hønefossen i Begna, Randselva ved Hvalsmoen samt Busund i Storelva i ulike perioder siden 1990. 2003/04 konsentrasjonene er merket med oransje.

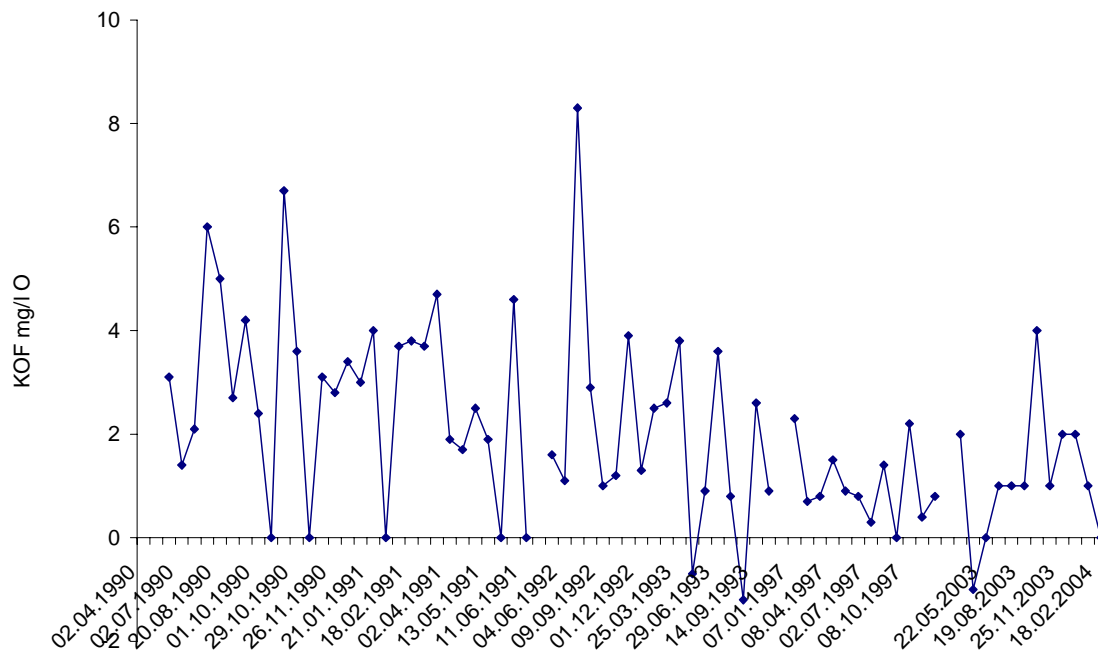
**Tabell 2.** Gjennomsnittskonsentrasjoner med tilhørende vannkvalitetsklasse for TOC (mgC/l) og KOF-Mn (mgO/l).

Stasjon	TOC	Klasse	Beskrivelse	KOF	Klasse	Beskrivelse
Begna, Hofsfoss	2,7	II	God	3,8	III	Mindre god
Begna, Hønefossen	3,7	III	Mindre god	4,7	III	Mindre god
Randselva, Hvalsmoen	3,7	III	Mindre god	4,5	III	Mindre god
Storelva, Busund	3,4	II	God	4,3	III	Mindre god

**Figur 8.** Follums bidrag til konsentrasjonen av organisk stoff (TOC) ved Hønefossen (Hønefossen-Hofsfossen).**Figur 9.** Årlig tilskudd av mengder organisk stoff målt som TOC til Begna forbi Follum før og etter installasjon av kjemisk rensanlegg, hhv 1990 og 1993, og biologisk rensanlegg, hhv. 1993 og 1997, samt for 2003.



**Figur 10.** Organisk stoff målt som kjemisk oksygenforbruk (KOF mg/l O) ved referansestasjonen Hofsfoss og Hønefossen i Begna, Randselva ved Hvalsmoen samt Busund i Storelva i ulike perioder siden 1990. 2003/04 konsentrasjonene er merket med oransje.

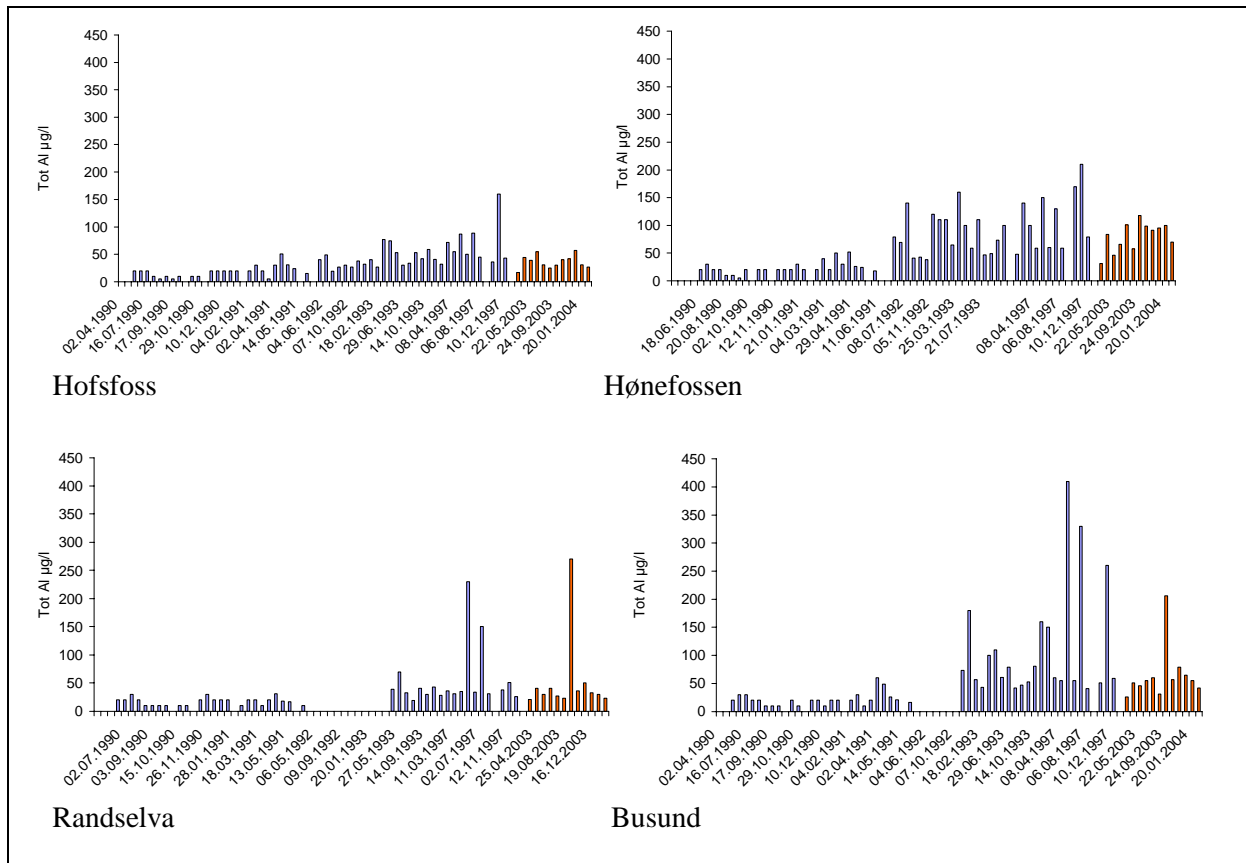


**Figur 11.** Follums bidrag til konsentrasjonen av organisk stoff (KOF-Mn) ved Hønefossen (Hønefossen-Hofsfossen).

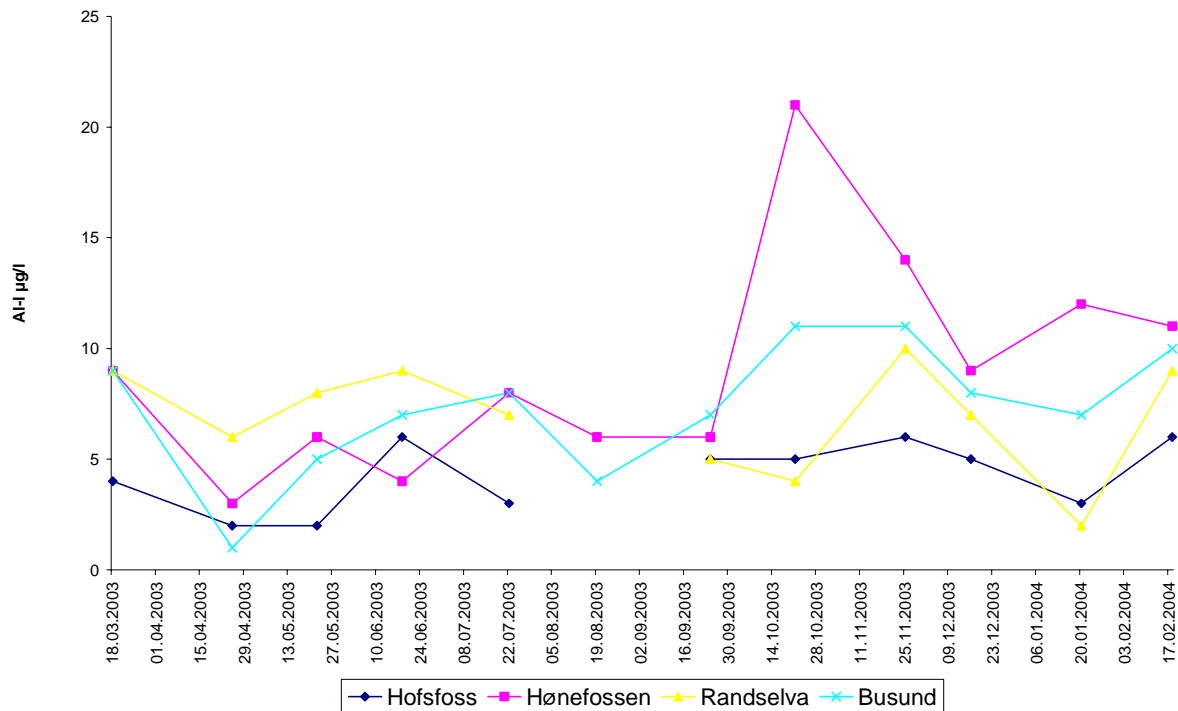
## 2.2.4 Aluminium

Aluminiumkonsentrasjonen i Begna ved referansestasjonen Hofsfoss var lavere i 2003/04 enn registrert ved undersøkelsene i 1997/98 (**Figur 12**). Gjennomsnittskonsentrasjonen var 36,5 µg/l. Ved Hønefossen var konsentrasjonene i 2003/04 også noe lavere enn 1997/98. Her var gjennomsnittskonsentrasjonen ca 80 µg/l. Den samme trenden gikk igjen også i Storelva ved Busund samt i Randselva med gjennomsnittskonsentrasjoner i 2003/04 på henholdsvis 64 og 52 µg/l. Nytt i 2003 var analyse av ulike aluminiumsfraksjoner. Av disse er labilt aluminium den mest interessante biologisk sett. Denne fraksjonen er differansen mellom reaktivt aluminium og illabilt aluminium (R-Al og I-Al). Konsentrasjonene har stort sett ligget under 10 µg/l, og nokså likt for alle stasjonene. Unntak fra dette var prøvene fra oktober og november ved Hønefossen, der konsentrasjonene lå omkring henholdsvis 20 og 15 µg/l (**Figur 13**). Ved de gjeldene pH verdier ansees ikke disse konsentrasjonene å være skadelige for biologien i elva nedenfor Hønefossen. Konsentrasjonene vil imidlertid være høyere med større mulighet for biologiske effekter nærmere utslippet. Særlig kan dette være aktuelt senario ved en mulig pH senkning under kraftig snøsmelting. I enkelte perioder med høye konsentrasjoner av total aluminium var tilskuddet av den labile andelen forbi Follum mellom 10 og 20 µg/l.

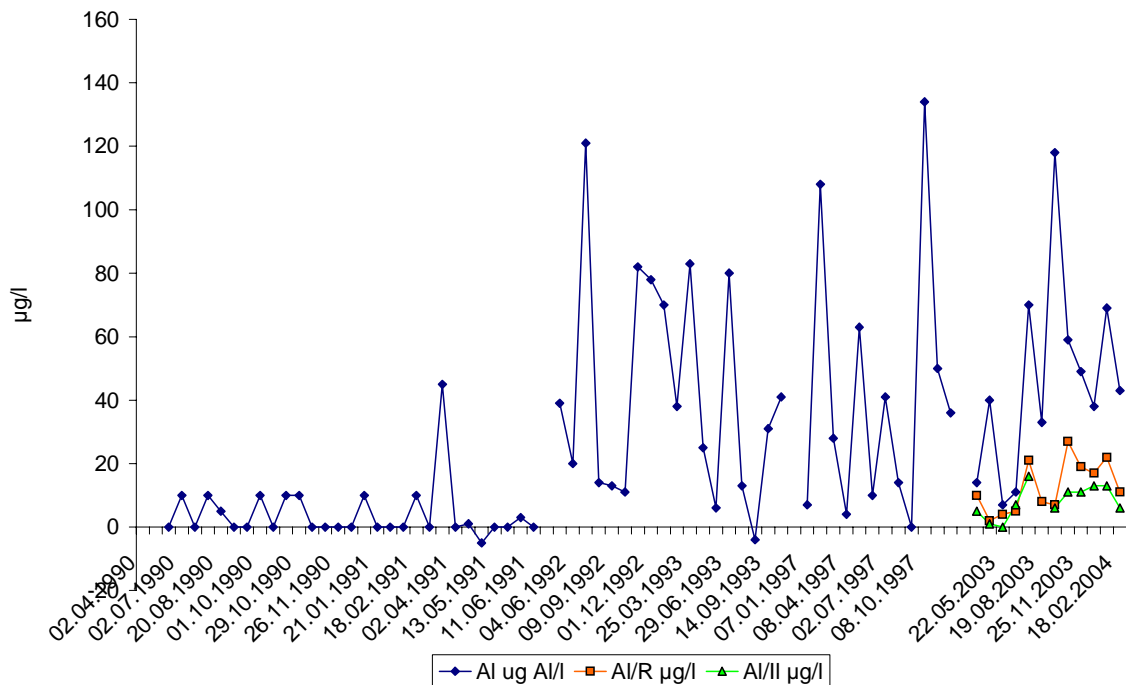
Det totale aluminiumbidraget til konsentrasjonen forbi Follum var på omtrent samme nivå som i 1997/98 (**Figur 14**). Sett som årlig tilførte mengder til Begna lå verdiene i 2003 på ca 100 tonn per år (**Figur 15**). Dette var en nedgang fra undersøkelsen i 1997/98.



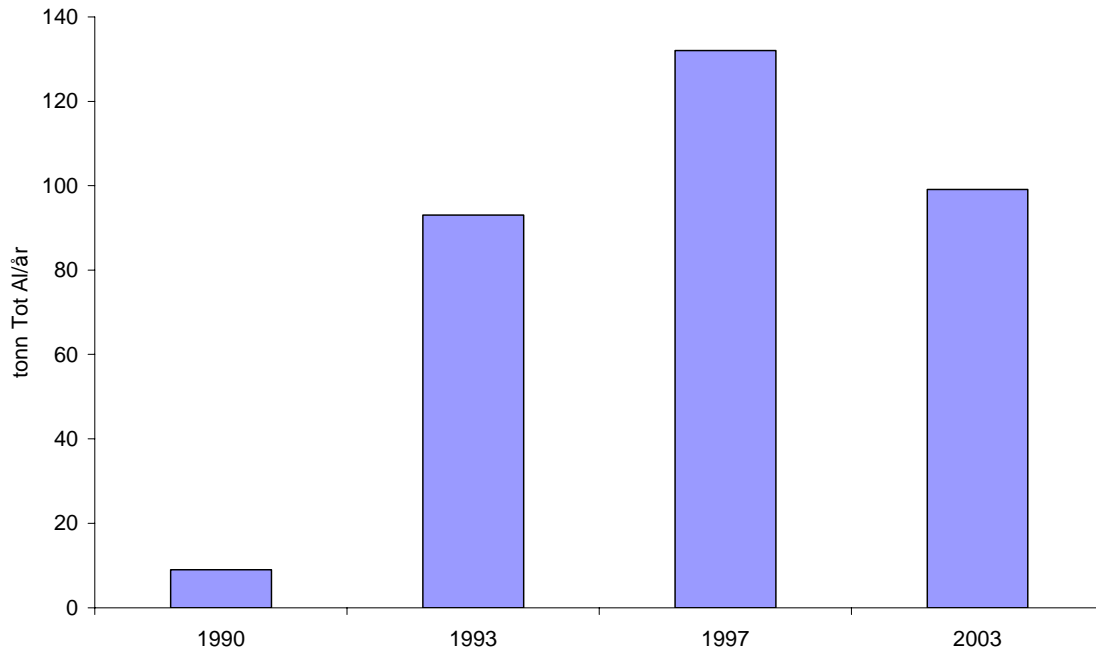
**Figur 12.** Aluminiumkonsentrasjoner (Tot Al, µg/l) ved referansestasjonen Hofsfoss og Hønefossen i Begna, Randselva ved Hvalsmoen samt Busund i Storelva i ulike perioder siden 1990. 2003/04 konsentrasjonene er merket med oransje.



Figur 13. Konsentrasjoner av labilt aluminium (Al-I) ved hver stasjon i 2003/04.



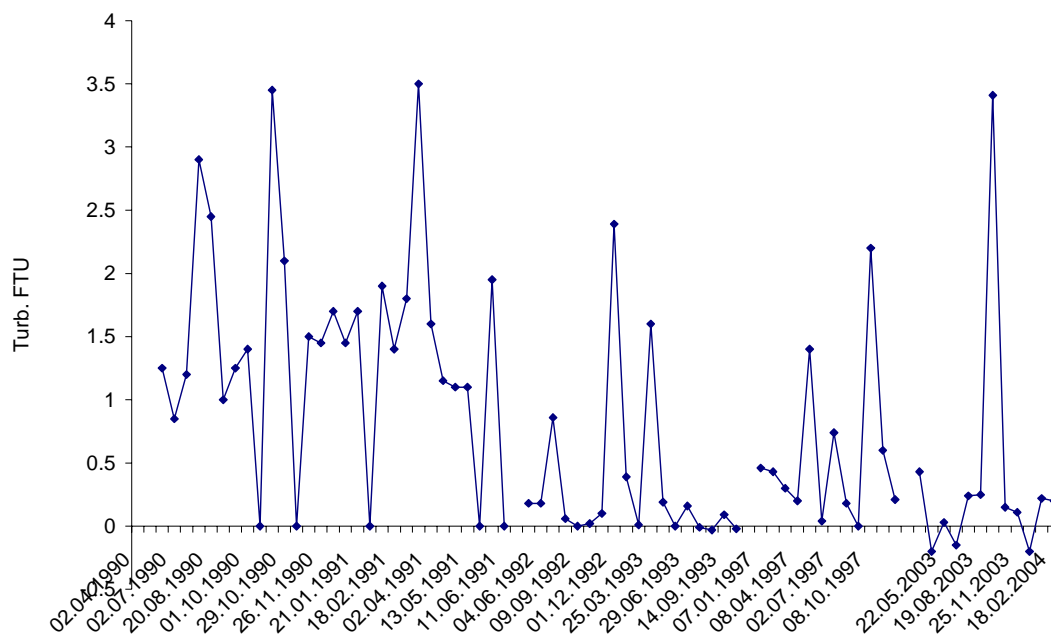
Figur 14. Tilskudd til konsentrasjonen av aluminium (tot Al, reaktivt Al og illabilt Al) i Begna forbi Follum (Hønefossen-Hofsfossen).



**Figur 15.** Årlig tilskudd av mengder aluminium til Begna forbi Follum før og etter installasjon av kjemisk renseanlegg, hhv 1990 og 1993, og biologisk renseanlegg, hhv. 1993 og 1997, samt for 2003.

### 2.2.5 Partikler

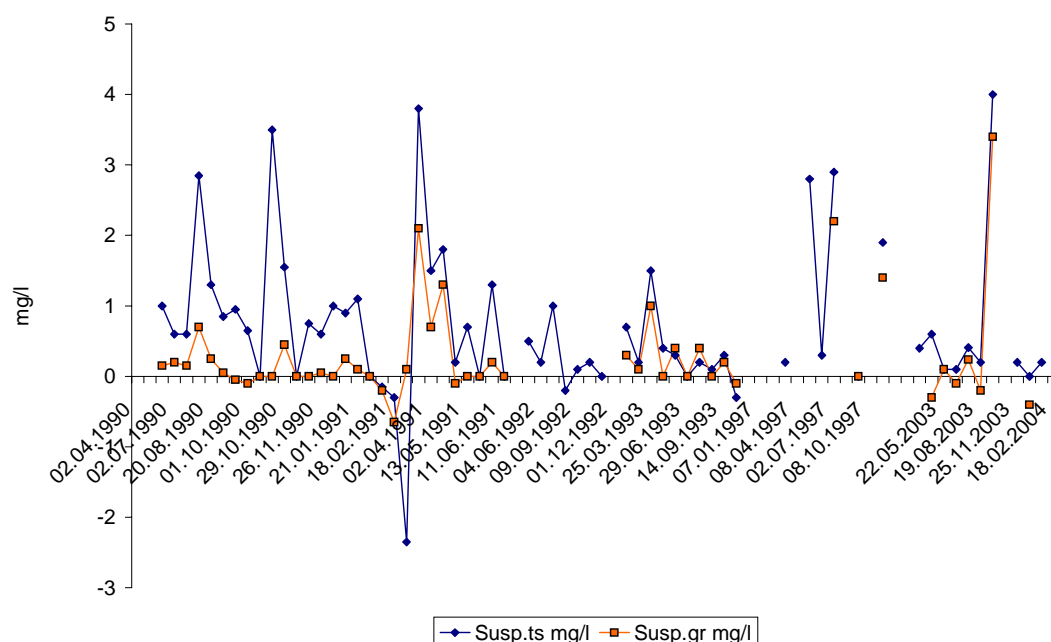
Partikkelbidraget forbi Follum, målt som turbiditet, lå på omtrent samme nivå i 2003/04 som i 1997/98 (**Figur 16**). Den gjennomsnittlige konsentrasjonen på alle stasjonene tilsvarte vannkvalitetsklasse "God" ved Hofsfoss, men "Mindre god" ved de andre stasjonene (**Tabell 3**). Målt som suspendert tørrstoff (STS) var tilstanden også omtrent den samme. Det var imidlertid store variasjoner i konsentrasjonene. Det var også stor variasjon i andelen av STS. STS besto av varierende andeler organisk og uorganisk materiale (**Figur 17**). Sett i forhold til SFTs vannkvalitetsklasser tilsvarte gjennomsnittskonsentrasjonene for 2003/04 tilstandsklasse "Meget god" både ved Hofsfoss og Hønefossen (**Tabell 4**). Randselva og Storelva ved Busund hadde noe høyere konsentrasjoner og ble klassifisert til "God" tilstand med hensyn på STS.



**Figur 16.** Follums bidrag til partikkelkonsentrasjonen (turbiditet) ved Hønefossen (Hønefossen-Hofsossen).

**Tabell 3.** Gjennomsnittskonsentrasjoner med tilhørende vannkvalitetsklasse for turbiditet (FTU).

Stasjon	Turbiditet	Klasse	Beskrivelse
Begna, Hofsoss	0,76	II	God
Begna, Hønefossen	1,13	III	Mindre god
Randselva, Hvalsmoen	1,78	III	Mindre god
Storelva, Busund	1,94	III	Mindre god



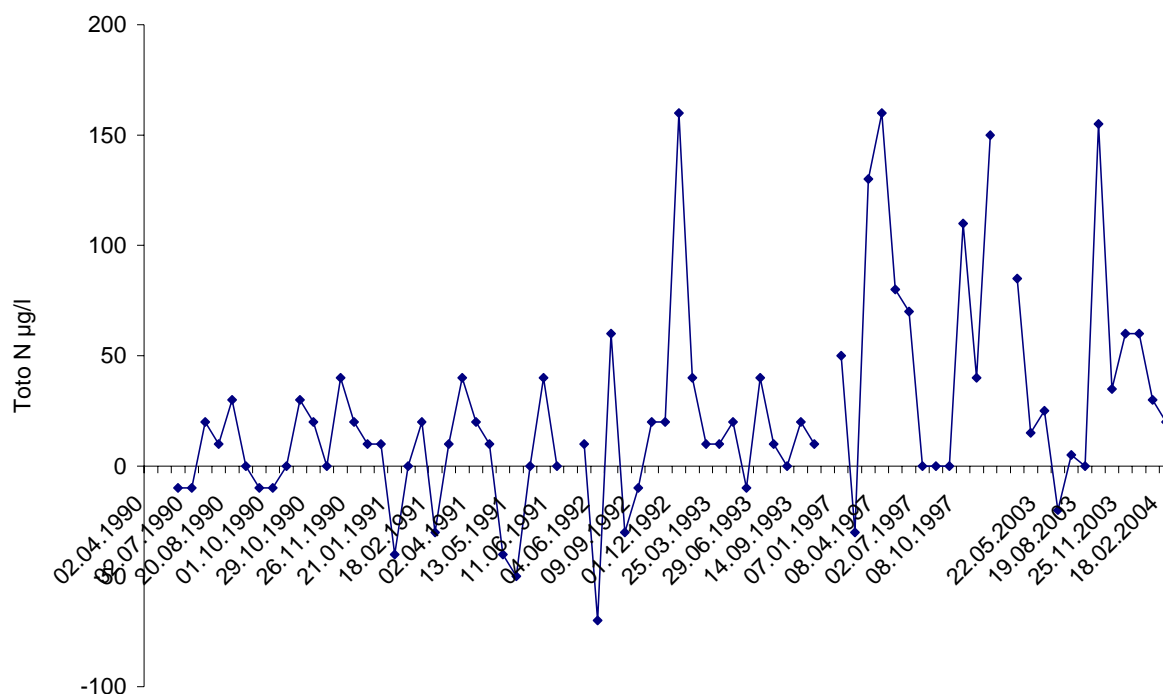
**Figur 17.** Follums bidrag til konsentrasjonen av suspendert tørrstoff, totalt (susp.ts) og uorganisk fraksjon (susp.gr) ved Hønefossen (Hønefossen-Hofsossen).

**Tabell 4.** Gjennomsnittskonsentrasjoner med tilhørende vannkvalitetsklasse for suspendert tørrstoff (STS) (mg/l).

Stasjon	STS	Klasse	Beskrivelse
Begna, Hofsfoss	0,8	I	Meget god
Begna, Hønefossen	1,3	I	Meget god
Randselva, Hvalsmoen	2,6	II	God
Storelva, Busund	2,1	II	God

## 2.2.6 Nitrogen

Nitrogenbidraget til Begna forbi Follum, målt som totalt nitrogen (Tot N), lå på omtrent samme nivå i 2003/04 som i 1997/98 (**Figur 18**). Økningen siden tidlig på 1990 tallet har trolig sammenheng med økt papirproduksjon. Tilsvarende som for kloakkrenseanlegg i innlandet med avløp til ferskvann, er det ikke pålagt rensing av prosessvannet med hensyn på nitrogen.

**Figur 18.** Follums bidrag til konsentrasjonen av totalt nitrogen (Tot-N) ved Hønefossen (Hønefossen-Hofsfossen).



## 2.3 Bunndyrsamfunn

### 2.3.1 Stasjoner

Det ble samlet inn bunndyr på 6 stasjoner med forholdsvis raskt rennende vann (**Figur 1**):

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

### 2.3.2 Metoder

#### Prøvetaking

Metoden for innsamling av bunndyr er beskrevet i Norsk Standard 4719 ("sparkemetoden"). Metoden inngår i NIVAs kvalitetssikringssystem, og anvendes i alle NIVAs bunndyrundersøkelser. Metoden er meget god til å samle inn artene i habitatene, og god til å måle den relative tettheten mellom arter og lokaliteter.

"Sparkemetoden" innebærer bruk av standard håv etter standard prosedyre. Mens en beveger seg motstrøms i en elv/bekk, brukes den ene foten til å sparke opp bunnsbunnsstratet. Et håndnett brukes til å fange oppvirklede bunndyr. Prosedyren foregår i ett minutt og gjentas 3 ganger (3\*1 minutters sparkeprøve). Etter hvert minutt tømmes håvposen for å hindre tetting av maskene i posen. Det anvendes en standard håv med åpning 30 cm x 30 cm, og med maskevidde i nettduken på 250 µm. Prøvene konserveres i 70 % etanol. Bunndyrene blir telt og artsbestemt etter standard prosedyrer ved hjelp av binokulær lupe og mikroskop. Sommerprøvene ble innsamlet 27. juli 2003, og høstprøvene ble samlet inn 5. november 2003.

#### Vurdering

Bunndyrmaterialet ble identifisert til hovedgrupper av organismer. Individuer i de tre hovedgruppene døgnfluer (Ephemeroptera), steinfluer (Plecoptera) og vårfluer (Trichoptera) ble så vidt mulig identifisert til art/slekt. Det biologiske mangfoldet på stasjonene ble angitt ved to typer indekser: antall arter/slekter innenfor disse tre gruppene (EPT), og Shannons diversitetsindeks. Sistnevnte er et vanlig mål på mangfold som også har innebygd tetthetsforholdene i bunndyrsamfunnet (Shannon 1948). Høye indeksverdier for Shannon indeks er over 3, mens det for EPT ligger over 25. Hva som er "normalt" (referansen) er imidlertid avhengig av både hvor i Norge en er og hvilke fysiske-kjemiske miljøparametere som ellers er bestemmende for "normalfaunaen". F.eks. har Østlandet rikere fauna og flere arter enn Vestlandet, og ionerike vannkvaliteter flere arter enn ionefattige.

Forurensningsindeksene BMWP, og den herav avledede indeksen ASPT, ble også beregnet. Disse indeksene baserer seg i utgangspunktet på bunndyrenes ulike toleranse for organisk forurensning og tilordner bunndyrfamilier fra 1 til 10 poeng etter stigende følsomhet (Armitage et al 1983, Aanes & Bækken 1989). BMWP summerer verdiene for alle registrerte bunndyrfamilier. Den teoretiske minimumsverdi for BMWP er 0, som betyr at ingen av de poenggivende bunndyrene er i prøven. Det skjer sjelden, og antyder at bunndyrene er utdødd. Den teoretiske maksimalverdien for BMWP er 554, og innebærer at alle poenggivende familier er til stede. Det skjer aldri. Verdiene er sjelden høyere enn 200 i Norge. ASPT anvender BMWP-verdien og fordeler den på antall anvendte grupper. Det gir et teoretisk intervall på 0-10. ASPT indeksen blir derved en gjennomsnittlig toleranseverdi for alle

bunndyrfamilier i prøven. Indeksene er anvendbare også for en blanding av ulike typer forurensninger, men kan ikke anvendes ved forsurening.

Det finnes ikke et offisielt klassifiseringssystem for vurdering av biologisk mangfold eller forurensningsgrad i Norge. Den angitte vurderingen er derfor basert på generell kunnskap og erfaring om bunndyrsamfunn og klassifiseringssystemer. Tettheten av individer er angitt ved antall individer i hver prøve (3x1 min). For ytterligere informasjon om biologiske effektparametere henvises til Aagaard et al 2002a og 2002b.

Statens naturvårdsverk i Sverige har utviklet et klassifiseringssystem for bunndyr basert blant annet både på Shannon og på ASPT.

### 2.3.3 Resultater

Det biologiske mangfoldet målt som antall EPT arter var vesentlig større på alle stasjoner høsten 2003 enn tidligere år. Målt med Shannon indeks var bildet mer sammensatt og vanskeligere å tolke. Indeksen synes å være lite egnet til å påvise endringene i denne type bunndyrsamfunn.

Også sommeren 2003 var det biologiske mangfoldet målt som antall EPT arter, vesentlig større på alle stasjonene enn sommeren 1997. Målt med Shannons diversitetsindeks var dette mindre tydelig, mest fordi indeksen også legger stor vekt på mengdeforholdet mellom artene.

Forurensningsindeksene BMWP og ASPT hadde til dels vesentlig høyere verdier i 2003 enn 1997, noe som innebærer at en større del av faunaen i 2003 enn i 1997 besto av forurensningsfølsomme arter. Dette var særlig tydelig for de mest forurensningspåvirkede stasjonene nedstrøms Follum. ASPT indeksen antyder at ved disse stasjonene har den gjennomsnittlige forurensningstoleransen i bunndyrsamfunnet endret seg fra en dårlig tilstand i 1993 og 1997/98 til å være på samme nivå som referansestasjonen og de øvrige stasjonene i 2003. Denne klart forbedrede situasjonen for bunndyrsamfunnet fra 1997/98 til 2003 ble observert både i sommer og høstprøvene.

#### Referansestasjon, Hofsfoss

Faunaen på referansestasjonen Hofsfoss, oppstrøms Follum fabrikk, var en typisk rentvannsfauna, med mange dyregrupper og et variert innslag av døgnfluer, steinfluer og vårfluer (EPT) særlig i høst/vinterperioden. Til sammen 13 arter fra disse gruppene ble registrert både i 1993 og i 1998. I 2003 var antallet økt vesentlig og var nå 20 arter. Forurensningsindeksen BMWP varierte noe mellom disse årene, mens ASPT (den gjennomsnittlige forurensningstoleransen) var tilnærmet lik alle årene (**Figur 19**). Den prosentvise endringen mellom disse årene var derfor liten (**Figur 21**). Bunndyrsamfunnet i sommersesongen viste vesentlig høyere verdier i 2003 enn 1997, spesielt for EPT og BMWP. Grunnen til endringene på referansestasjonen både i sommer og høstprøvene er uviss, men antyder en endret/bedret tilstand generelt i denne delen av vassdraget.

Arten *Baetis digitatus* dominerte døgnfluefaunaen i høst og vinterprøvene i 1993, 1998 og 2003 (6.Vedlegg A. ). Om sommeren var det ingen klart dominerende art, men *Procloen bifidum* og *Ephemerella ignita* som de to vanligste både i 1997 og 2003. Steinfluene ble bare registrert med få arter. *Taeniopteryx nebulosa* var vanligst i høst/vinterprøver. Om sommeren ble det bare registrert *Leuctra fusca* både i 1997 og 2003. Blant vårfluene var *Plectrocnemia conspersa* den vanligste arten i høst/vinterprøvene både i 1993 og 1998, mens det om sommeren bare ble registrert få individer av slekten *Hydropsyche*. I 2003 ble det funnet flere arter med *Ithytrichia lamellaris* som den vanligste i høstprøvene og en art fra slekten *Athripsodes* som den vanligste i sommerprøvene. Krepssdyret ferskvannsasell (*Asellus aquaticus*) ble også funnet på denne stasjonen. Den forekommer ofte i stort antall på lokaliteter som er betydelig forurenset av organisk materiale, men finnes også på andre lokaliteter i lavere tettheter.

### 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 (**Figur 20**). Samfunnet var imidlertid variert sammensatt med 12 EPT-arter i høst-vinterperioden både i 1993 og 1998. Dette var redusert til 10 i 2003. Indeksverdiene for BMWP og ASPT var også i samme størrelsesorden 1993-1998. Disse indeksene hadde også noe lavere verdier i 2003, og antyder noe dårligere forhold enn tidligere. Den prosentvise endringen fra 1993 til 1997 og til 2003 var liten (**Figur 21**). Bunndyrsamfunnet om sommeren har naturlig færre EPT-arter og lavere indeksverdier. Det var vesentlig høyere verdier av alle indeksene i 2003 enn i 1997, noe som antyder bedre forhold (**Figur 19**).

*Baetis rhodani* var den vanligste døgnfluearten i 1993 (6.Vedlegg A. ). Arten var blant de vanligste også i 1998 og sommeren 2003. Om sommeren 1997 og høsten 2003 var *Centroptilum luteolum* den vanligste, men det var relativt få individer av de fleste artene. Av steinfluer ble *Taeniopteryx nebulosa* observert i 1993 og 1997/98. I 2003 ble det ikke funnet noen steinfluearter. Av vårfluer ble det funnet flere arter, men få individer av hver.

### Follum fabrikker

Umiddelbart nedenfor Follum fabrikker 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 registrert 3 arter. Høsten 2003 var dette økt til 9 arter (**Figur 20**). For BMWP og ASPT var det en betydelig økning i indeksverdiene fra 1993 – 1997 til 2003. For ASPT var verdiene nå på samme nivå som referansestasjonen oppstrøms Follum, som igjen var tilnærmet lik alle de andre stasjonene. Dette viser meget klart at det har blitt vesentlig bedre forhold for bunndyrsamfunnet på de mest forurensningsutsatte lokalitetene i Begna. Den prosentvise endringen i indeksverdiene fra 1993 til 1998 og 2003 var betydelig (**Figur 21**). Sommerprøvene viste noe av det samme bildet som høstprøvene, men mindre utpreget. ASPT antyder fremdeles en påvirkning av bunndyrsamfunnet ved denne stasjonen. Antall EPT arter i 1997 og 2003 var henholdsvis 2 og 9 (**Figur 19**).

Det ble ikke funnet døgnfluer, steinfluer eller vårfluer ved denne stasjonen i 1993. *Centroptilum luteolum* var den eneste registrerte døgnfluen i vinterprøvene i 1998, mens *Procloen bifidum* var den eneste registrerte arten i sommerprøvene. I 2003 var begge disse vanlige i sommerprøven. I vinterprøven var *Heptagenia fuscogrisea* den vanligste døgnfluearten. Det ble ikke funnet steinfluer i 2003. Av vårfluene ble *Tinodes waeneri* og *Hydroptila sp.* registret i vinterprøvene 1998 og *Mystacides azurea* i sommerprøvene. Disse artene ble funnet også i 2003, med sistnevnte art som den vanligste både sommer og høst. Gruppene fåbørstemark, ferskvannsasellen og fjærmygg var dominerende både i 1993, 1997/98 og 2003 (6.Vedlegg A. ). Disse favoriseres ved stor tilgang på organisk materiale.

### Hønefossen

Forholdene rett nedstrøms Hønefossen var ganske lik forholdene ved Follum fabrikker. Antall EPT-arter var 3 og 4 i henholdsvis sommer og høst/vinterprøvene i 1997/98, mens det var 0 i 1993. Høsten 2003 hadde dette økt til 12, mens det om sommeren var 11. Tilsvarende endringer ble observert for BMWP- og ASPT- indeksene (**Figur 19** og **Figur 20**). ASPT var også her på samme nivå som på referansestasjonen. Dette viser en vesentlig bedring av forholdene siden 1993-1997 til 2003. Den prosentvise endringen i indeksverdiene fra 1993 til 1998 og 2003 var betydelig (**Figur 21**).

Det ble ikke funnet døgnfluer, steinfluer eller vårfluer i 1993. *Baetis rhodani* var eneste registrerte døgnflueart i vinterprøvene 1998, det var ingen steinfluer, men 3 vårfluearter. I sommerprøvene var *Procloen bifidum* vanligste døgnflueart. I 2003 var *Ephemerella ignita* og *Procloen bifidum* de to vanligste i sommerprøven, mens det var flere andre arter i få eksemplarer i høstprøven. Det ble ikke funnet steinfluer noen av årene. I 1993 ble det ikke funnet vårfluer. Vinteren 1998 ble det registrert få

individer av to arter, mens det i 2003 ble funnet noen flere arter. Både i sommer- og vinterprøven var en art fra slekten *Hydropsyche* vanligst.

### **Nedstrøms Hønefoss**

I 1993- 1997 var det nedenfor Hønefoss sentrum en klar bedring i bunndyrsamfunnet i forhold til situasjonen ved Follum fabrikker og ved Hønefoss bru. For de fleste indeksene var det fremdeles en forskjell mellom disse i 2003 (**Figur 20**). ASPT viste imidlertid tilnærmet samme verdi på denne stasjonen som på de andre. Det har også på denne stasjonen blitt registrert bedre forhold for bunndyrene fra 1993, via 1997 til 2003. Antall EPT-arter i 1993 var 8, i 1998 var det 13, mens det i 2003 var 18. Tilsvarende endringen ble også registrert for BMWP-indeksen. Sommerprøvene viste noe av det samme bildet som høstprøvene med en klar bedring fra 1997 til 2003 (**Figur 19**).

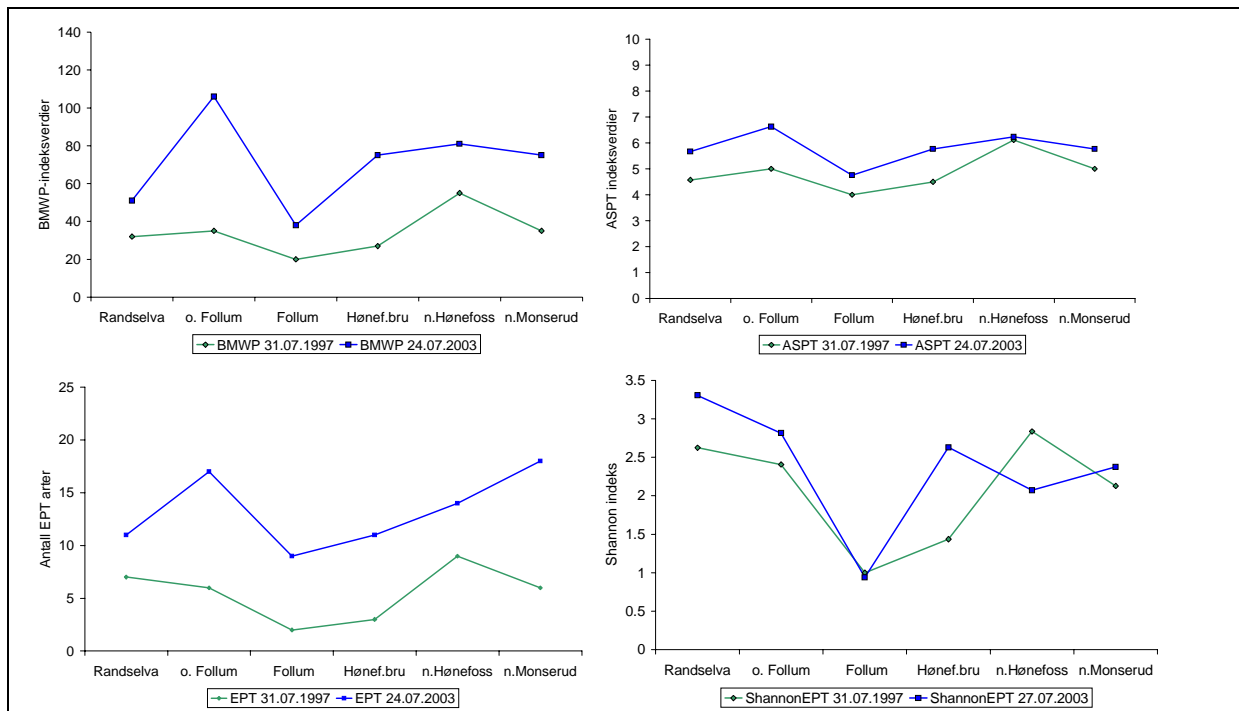
*Baetis rhodani* var den vanligste døgnfluearten i vinterprøvene 1998, men det var ingen klar dominans av noen art. I 1993-prøvene var dette en dominerende art. Også i sommerprøvene 1997 var denne arten vanlig, men da var *Ephemerella ignita* den vanligste arten. Også i sommerprøven fra 2003 var disse to artene de vanlige. Og så i høstprøvene var *Baetis rhodani* vanlig, men her var *Ephemerella mucronata* den klart dominerende arten. Det ble registrert én steinflueart i hver av prøvene fra denne stasjonen i 1993 og 1997/98. Mens *Isoperla* ble funnet i vinterprøvene, ble unge individer av *Taeniopteryx nebulosa* funnet i sommerprøvene. I 2003 var også *Isoperla sp* den eneste arten i vinterprøver. I sommerprøven var *Leuctra fusca* den vanligste arten blant tre. 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 *Mystacides azurea*. Også i 2003 var det arter fra slekten *Hydropsyche* som dominerte vårfluefaunaen. De vanligste påviste artene var *Hydropsyche siltalai* om sommeren og *Hydropsyche contubernalis* om høsten.

### **Monserud**

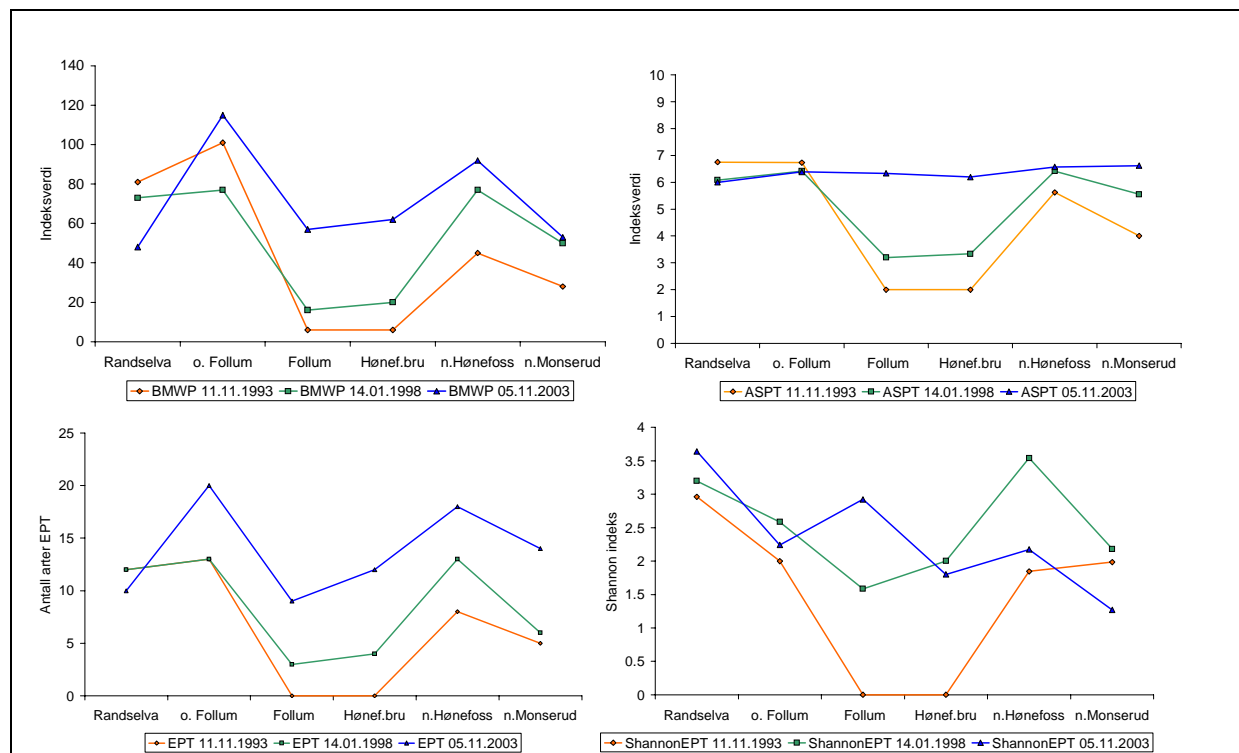
Nedstrøms Monserud renseanlegg indikerte bunndyrsamfunnet en økt forurensning i forhold til stasjonen ovenfor. 1993 forsvant enkelte grupper som steinfluer og biller, mens forekomsten av ferskvannsasellen økte. I vinterprøvene i 1998 var ikke disse endringene så markerte. I 2003 ble det registrert en ytterligere bedring i forholdene for bunndyr. Endringene ble registrert i indeksverdiene for EPT, BMWP og ASPT (**Figur 19** og **Figur 20**). Høst og sommersituasjonen viste noe av det samme bildet. Den prosentvise endringen i indeksverdiene har vært moderate, men positive (**Figur 21**). Det er trolig utslipp fra renseanlegget som forårsaker den tiltagende forurensningen på denne stasjonen.

I 1993 var *Baetis rhodani* den dominerende døgnfluearten her. I 1998 var *Ephemerella mucronata* vanligst. Det ble ikke funnet steinfluer noen av disse årene. Det ble funnet like mange vårfluearter i hver av bunndyrprøvene, men det var i stor grad ulike arter. I 2003 var *Ephemerella ignita* den vanligste sommerarten, mens *Ephemerella mucronata* dominerte høstprøven (6.Vedlegg A. ). Det ble heller ikke funnet steinfluer i 2003. Vårfluene besto av flere forskjellige arter. I sommerprøven var arter fra slekten *Hydropsyche* vanligst.

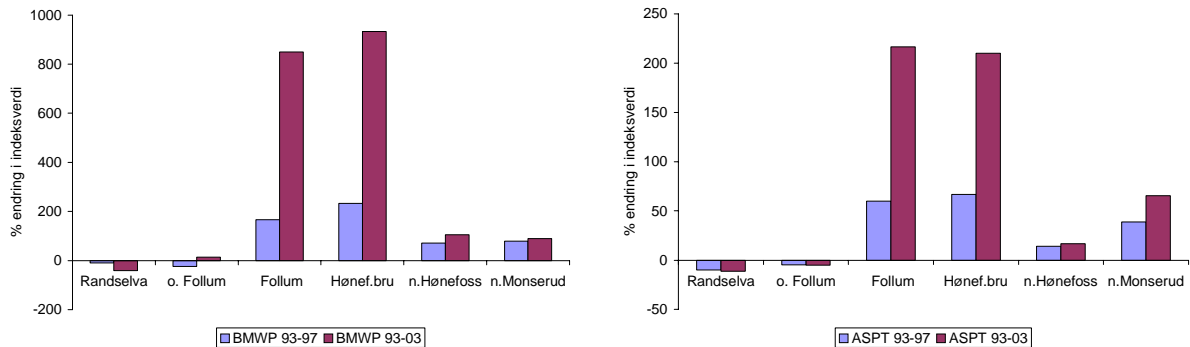
I sommerprøvene fra 1993 ble det funnet mange individer særlig av ferskvannsasellen (*Asellus aquaticus*) med deformert kropp. Det er mulig at disse var døde da de ble samlet inn. Trolig hadde dette sammenheng med utslippene fra renseanlegget. Dette ble ikke registrert i 2003.



**Figur 19.** Forurensningsindeksene BMWP og ASPT samt diversitetsindeksene EPT og Shannon brukt oppstrøms og nedstrøms Follum og i nederste del av Randselva. Høye verdier viser rentvannsfauna og/eller høy diversitet. Beregningene er basert på bunndyrprøver fra sommeren 1997 og 2003.



**Figur 20.** Forurensningsindeksene BMWP og ASPT samt diversitetsindeksene EPT og Shannon brukt oppstrøms og nedstrøms Follum og i nederste del av Randselva. Beregningene er basert på bunndyrprøver fra høst/vinter 1993, 1997/98 og 2003. Forklaring som figur 19.



Figur 21. Prosent endring i indeksverdier for BMWP og ASPT siden 1993. Gjelder høst/vinterprøver.

## 2.4 Begroingssamfunn

### 2.4.1 Bakgrunn og anvendelse

**Begroing (også kalt påvekst)** omfatter organismer innen gruppene alger, moser, bakterier, sopp og små dyr som sitter fast på eller lever i tilknytning til ulike typer underlag i vannet.

*Begroingsorganismene kan deles i grupper etter hvordan de skaffer seg næring og energi*

- *Primærprodusenter.* Fastsittende alger og vannmoser bygger opp organisk materiale ved hjelp av næringssalter og solenergi.
- *Nedbrytere og konsumenter.* De fleste bakterier og sopp er nedbrytere og får dekket energi- og næringsbehovet ved å bryte ned løst organisk materiale som andre organismer har bygget opp. Svamp, ciliater, amøber o.l. er konsumenter og fanger partikler av organisk materiale (bakterier, små alger, rester av større organismer) ved hjelp av flimmerhår, enkle svelg o.l.

Vanligvis utgjør primærprodusentene hovedsubstansen i begroingen. Av disse har algene den største mangfold og er vanligvis mest utbredt, men også vannmosene kan ha stor forekomst. På lokaliteter med stor organisk belastning kan nedbrytere og konsumenter få stor forekomst og dominere begroingen.

*Begroingssamfunnet har mange funksjonelt viktige roller*

- det står for en vesentlig del av primærproduksjonen (oppbygging av organisk materiale), især i rennende vann, der andre primærprodusenter som planteplankton og makrovegetasjon har liten forekomst
- det spiller en sentral rolle i næringsomsetningen og øker vannets resipientkapasitet ved å ta opp og omsette næringssalter
- det tjener som føde for organismer høyere opp i næringskjeden, denne funksjonen er spesielt viktig i vannforekomster med liten tilførsel av organisk materiale fra omgivelsene
- større begroingsorganismer fungerer som oppholdssted og beskyttelse mot mekanisk stress for bunnlevende dyr, som fester for diverse typer egg, og som skjul mot predatorer

*Begroing benyttes til å vurdere vannkvalitet og biologisk mangfold*

Begroingsorganismene er festet til elve-/innsjøbunnen og må forholde seg til miljøforholdene i vannet, slik disse er til enhver tid. De har ingen røtter og må i motsetning til mange vannplanter, som tar næringen fra sedimentene via røttene, ta næringen direkte fra vannet. Denne avhengigheten av næringstilgang og andre miljøforhold gjør at begroingssamfunnet på mange måter blir et speilbilde av

miljøet i vannet. Det er først de senere år dette har blitt allment kjent og begroing brukes nå i økende grad som indikator på miljøet i vannet. Når Vannramme-direktivet innføres fra 2006 vil undersøkelser av begroing inngå som en obligatorisk del av undersøkelsene i rennende vann.

## 2.4.2 Metode og materiale

Ved vannkvalitetsvurdering basert på begroing gjøres i hovedsak en kvalitativ undersøkelse av samfunnet. Metodikken er standardisert og kan deles i tre avsnitt:

### *Feltobservasjoner/innsamling av prøver.*

Det velges faste prøvetakingsstasjoner. Hvis mulig legges disse til strykpartier med strømhastighet over 25 cm/sek. Derved oppnås bl.a.: en og samme substrattypen (stein) hele året, liten utveksling av kjemiske stoffer mellom stein og begroing (i motsetning til f.eks. organisk substrat), det transporteres stadig "nytt" vann forbi begroingen. Dette forhindrer at det oppstår et lokalt kjemisk miljø rundt begroingen og sikrer høyt oksygeninnhold i vannet.

Begroing vokser ofte i synlige, visuelt ulike enheter. Begroingsenhetene samles hver for seg og dekningsprosent av hver enhet angis. Der forholdene tillater det, vurderes alle begroingselementer i hele elvas bredde. I praksis er ofte bare bunnarealet nær elvebredden mulig å observere. En elvestrekning på minst 10 m vurderes.

Til en undersøkelse av mikroskopiske alger, vesentlig kiselalger, børstes et areal på 8x8 cm av 10 tilfeldig valgte steiner rene for begroing. Belegget på steinene børstes ned i en plastbakke fylt med ca. 1 liter vann. Materialet blandes og en delprøve tas ut. Det innsamlede materialet fikseres i formalin og bringes til laboratoriet for analyse.

### *Laboratorieanalyse.*

Begroingsprøvene undersøkes først i lupe, så i mikroskop. Organismene identifiseres så langt mulig, fortrinnsvis til art og mengdemessig betydning bedømmes.

### *Tolking av resultatene.*

Begroingssamfunnet vurderes på grunnlag av artssammensetning, artsmangfold og mengde etter retningslinjer vist i **Tabell 5**.

**Tabell 5.** System for å vurdere virkninger av overgjødning på begroingssamfunnet. Tilstandsklasse i henhold til SFT (Bratli m. fl. 1997).

Klasse Tilstand	I Meget god	II God	III Mindre god	IV Dårlig	V Meget dårlig
<b>Begroingssamfunnet:</b>					
<b>Mangfold alger og moser (primærprodusenter)</b>	Som naturtilstand	Som naturtilstand (Gjelder både moderat påvirket og naturlig næringsrik lokalitet)	Noe redusert artsantall	Redusert artsantall	Få arter
<b>Artssammensetning alger og moser</b>	Vesentlig forurensnings- ømfintlige arter	Både forurens- ningsømfintlige og næringskrevende	Vesentlig nærings- krevende og forurens- nings-tolerante	Bare forurensnings- tolerante	Bare svært tolerante arter
<b>Mengde alger og moser</b>	Sjelden stor forekomst	Økende mengder, masseforekomst kan opptre	Masseforekomst vanlig	Masseforekomst vanlig	Masseforekomst vanlig
<b>Nedbrytere og konsumenter</b>	Liten nedbrytning av organisk stoff	Utgjør liten del av samfunnet	Utgjør markert del av samfunnet	Samfunnet preget av nedbrytere	Ofte masse- forekomst
<b>Næringsbalanse</b>	God	Overskudd av næringsstoffer	Stort overskudd av næringsstoffer	Stort overskudd av næringsstoffer	Oftest meget stort overskudd av næringsstoffer

## Materiale

Prøver av begroingssamfunnet ble samlet på fem stasjoner i Begnavassdraget den 19. august 2003 (Tabell 6). Med unntak av stasjonen i Randselva, st. F4, var stasjonsplasseringen som i 1997.

**Tabell 6.** Stasjoner for begroingsobservasjoner i Begnavassdraget 19. august 2003.

<b>F 1/Hofs foss</b>	<b>Begna:</b> oppstrøms Hofs fossen, ved bru over elva på østsiden, moderat strøm
<b>F 2/Follum, nedstr.</b>	<b>Begna:</b> like nedstrøms Follum
<b>F 3/Hønefossen</b>	<b>Begna:</b> nedstrøms Hønefossen før samløp Randselva, 100 m nedstrøms brukar til Hønefossbrua, på nordsiden, jevnt strømmende vann
<b>F 4/Hvalsmoen</b>	<b>Randselva:</b> før samløp Begna, ved bru over Randselva til Hvalsmoen
<b>F 5/Busund</b>	<b>Storelva:</b> Busund bru, ved brukar på østsiden av elva, moderat strøm

### 2.4.3 Resultater

Resultatene av begroingsobservasjonene er vist i vedlegg (6.Vedlegg B. ).

På grunnlag av begroingsobservasjoner på fem stasjoner i Begna-vassdraget i 1993, 1997 og 2003 er det gitt en vurdering av vannkvaliteten i henhold til SFTs fem tilstandsklasser for vannkvalitet (Bratli m. fl. 1997). På samtlige stasjoner bortsett fra referansestasjonen oppstrøms Follum fabrikk, st. F1, har det skjedd en gradvis bedring av vannkvaliteten. Bedringen ser ut til å være størst på stasjonen rett ved Follum. Her var tidligere massive ansamlinger av nedbrytere (lever av lett nedbrytbart organisk materiale) nå nesten forsvunnet. I følge observasjonene var tilstanden i 2003 noe bedre her enn lenger ned i elva ved Hofs fossen. På denne stasjonen var det bl.a. stor forekomst av jernbakterier. I Randselva før samløp Begna, st. F4, hadde det også skjedd en bedring. Her var det kommet inn enkelte begroingselementer siden 1997, som tilsier meget god vannkvalitet. I Storelva ved Busund, st. F5, hadde det også vært en viss bedring av tilstanden siden 1997, men det var, i likhet med st. F3, stor forekomst av jernoksyderende bakterier.

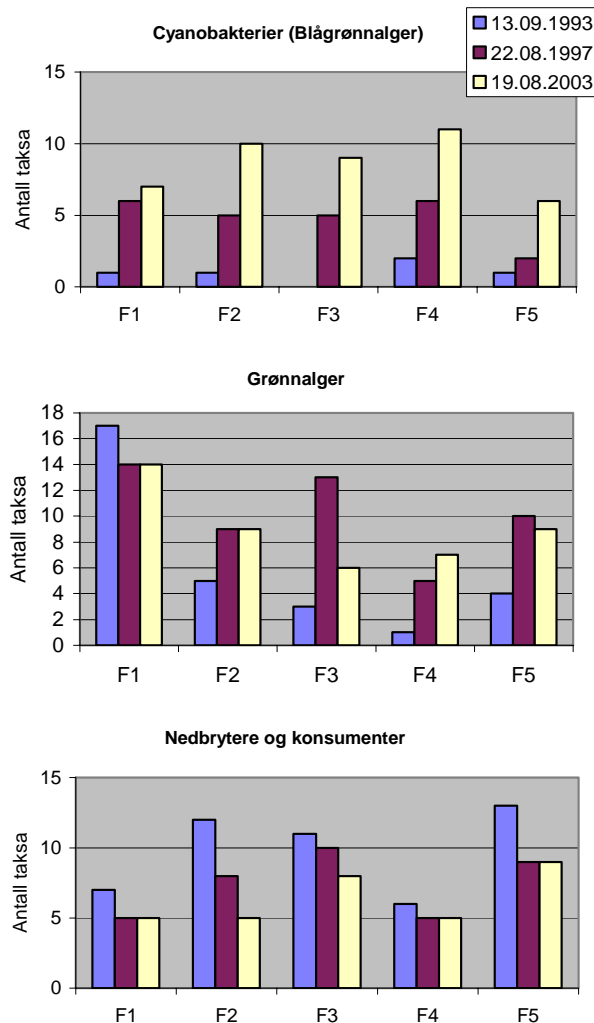
**Tabell 7.** Vannkvalitet vurdert på grunnlag av begroingssamfunnet på fem lokaliteter i Begnavassdraget 13. september 1993, 22. august 1997 og 19. august 2003.

Stasjon	Tilstandsklasse			Vannkvalitet 2003
	1993	1997	2003	
<b>F1.</b> Begna oppstrøms Hofs fossen	II	II	II	God
<b>F2.</b> Begna ved Follum nedstrøms	V	III-IV	II-III	God til mindre god
<b>F3.</b> Begna oppstrøms kraftverksdam	V	III-IV	III-IV	Mindre god til dårlig
<b>F4.</b> Randselva før samløp Begna	III	II	I-II	God
<b>F5.</b> Storelva ved Busund	IV	IV	III	Mindre god

### Artsmangfold

**Figur 22** viser mangfold av cyanobakterier (blågrønnalger), grønnalger og antall grupper av nedbrytere/konsumenter i august/september 1993, 1997 og 2003. Siden 1997 har det vært en markert økning i antall cyanobakterier på stasjonene nedstrøms Follum fabrikk (st. F2, F3 og F5) og i Randselva (st. F4). Det tyder på at det er frigitt plass for cyanobakterier til å etablere seg etter at de massive bakterie- og soppforekomstene har forsvunnet. Det tyder også på en generell bedring av vannkvaliteten med mulighet for etablering av flere og mer forurensingsfølsomme alger. Grønnalgesamfunnet hadde omlag samme mangfold som i 1997. Reduksjonen i antall grupper av nedbrytere og konsumenter hadde fortsatt på de to stasjonene nedstrøms Follum fabrikk, st. F2 og F3, i 2003.

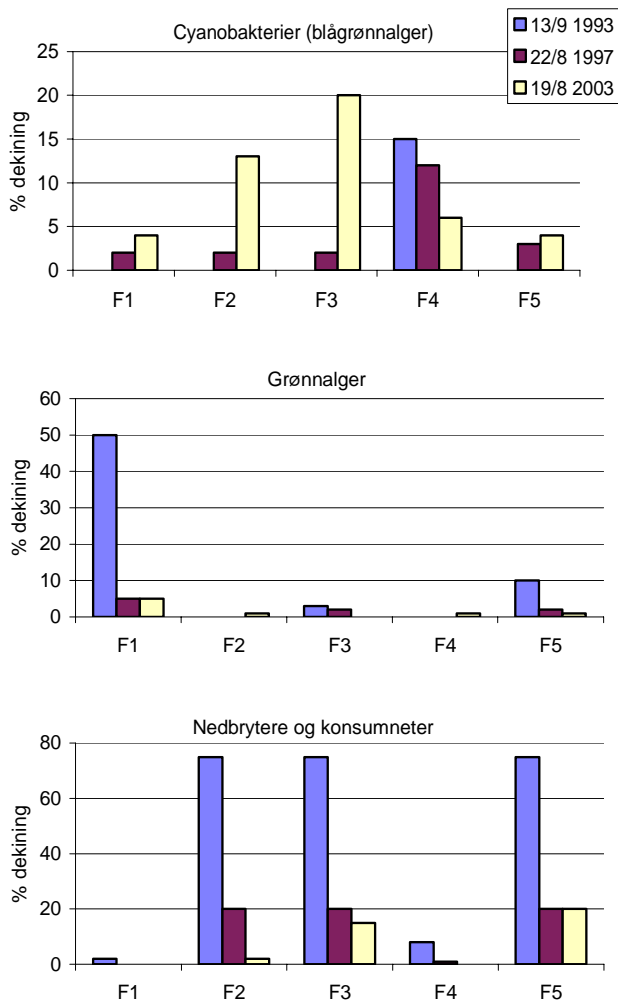




**Figur 22.** Antall taksa av cyanobakterier (tidligere kalt blågrønnalger) og grønnalger, samt antall grupper av nedbrytere og konsumenter. Begnavassdraget 13/9 1993, 22/8 1997 og 19/8 2003.

### Mengdemessinge forhold

**Figur 23** viser dekningsprosent av cyanobakterier, grønnalger og nedbrytere/konsumenter. Begroingen hadde jevnt over liten forekomst og dannet et tynt overtrek på alle stasjoner. Dette overtrekket, som vesentlig bestod av cyanobakterier, var mest utpreget nedstrøms Hofsfossen, st. F3. Her var det dessuten nærmest heldekkende vekst av rødalgen *Batrachospermum* fra ca 0,5 m dyp og dypere. Grønnalgene hadde overraskende liten forekomst og dannet bare i få tilfeller små synlige forekomster. Bortsett fra et mørkt belegg på st. F3 Hofsfossen og st. F5 Busund, som viste seg å være jernoksyderende bakterier, var det ikke makroskopisk synlig vekst av nedbrytere og konsumenter på noen stasjon i 2003.



**Figur 23.** Elvebunnens dekning av cyanobakterier, grønnalger og nedbrytere/konsumenter. Begnavassdraget 13/9 1993, 22/8 1997 og 19/8 2003.

### Artssammensetning og generell vurdering

Da begroingssamfunnet på de fem stasjonene er svært forskjellig omtales hver stasjon for seg:

**St. F1.** Prøvene ble, som i 1997, tatt på østsiden av elva. Det ble ikke observert store endringer i begroingssamfunnet og dette var som tidligere preget av organismer som trives i noe næringsrikt, men ikke egentlig forurensningspåvirket vann. Begroingen hadde jevnt over liten forekomst. Det skyldes trolig at det finpartikulære materialet i elvebunnen er i bevegelse i perioder og hindrer akkumulering av begroing.

**St. F2.** Siden 1997 har det skjedd ytterligere forbedringer av vannkvaliteten i Begna nedstrøms Follum fabrikk. Dette vistes ved økt mangfold av cyanobakterier (blågrønnalger) og ved nye innslag av noe forurensningsømfintlige alger så som cyanobakterien *Clastidium setigerum* og flere representanter for grønnalgeslektene *Bulbochaete*, *Mougeotia* og *Oedogonium*. Det var også klart mindre innslag av nedbrytere og konsumenter enn ved undersøkelsen i 1997, og dramatisk mindre enn i 1993. Begroingen er fremdeles noe preget av høy næringsalttilførsel.

**St. F3.** Endringene var ikke like tydelige nedstrøms Hofsfossen. Her var innslaget av ulike typer jernoksyderende bakterier fremdeles svært høyt og klart høyere enn i prøver samlet på st. F2. Rødalgen *Batrachospermum*, som dannet et nærmest heldekkende teppe fra ca 0,5 og dypere, ble observert for første gang på denne stasjonen. For øvrig bestod samfunnet av alger som tåler noe næringsbelastning.

**St. F4.** Mangfold av cyanobakterier hadde økt og det ble registrert nye forurensingsømfintlige arter. I den forbindelse nevnes cyanobakteriene *Tolypothrix distorta*, *Rivularia biasoletiana*, *Chamaesiphon minutus* og *Calothrix ramenskii*, samt flere representanter for grønnalgeslektene *Bulbochaete*, *Mougeotia* og *Oedogonium*. Det var fremdeles mindre innslag i begroingen av nedbrytere/-konsumenter, men dette elementet hadde klart mindre forekomst enn i 1997. I 1993 og 1997 hadde kiselalgen *Didymosphenia geminata* makroskopisk synlige forekomster på denne lokaliteten. Den ble ikke observert i 2003. *D. geminata* viser ofte store svingninger i forekomst fra år til år. Derfor behøver ikke fravær av denne i 2003 bety noe spesielt.

**St. F5.** Denne stasjonen viste liten endring siden 1997. Artssammensetningen var om lag som tidligere med innslag av forurensingstolerante så vel som mer følsomme arter. Karakteristisk for denne lokaliteten er innslag i begroingen av chrysophyceen *Hydrurus foetidus* og av ferskvannssvamp. Jernoksyderende bakterier hadde fremdeles markert forekomst.

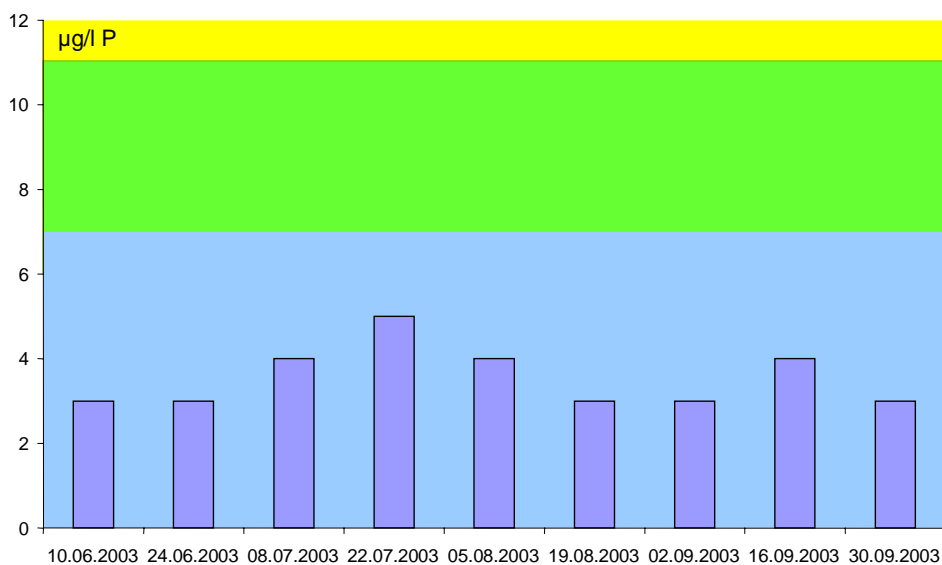
## 3. Tyrifjorden

### 3.1 Vannkvalitet

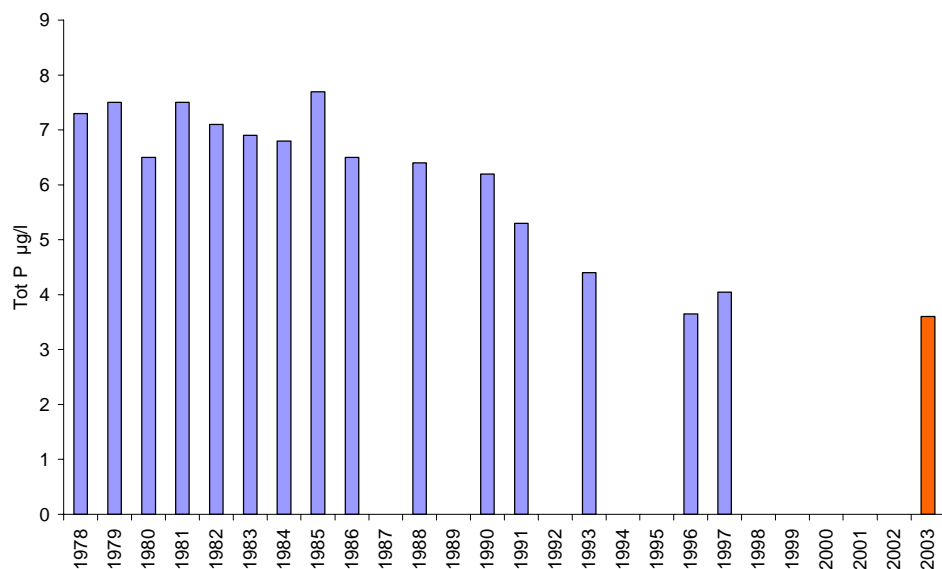
#### 3.1.1 Fosfor

Konsentrasjonen av totalt fosfor (Tot P) i Tyrifjorden i løpet sommersesongen 2003 lå mellom 3 og 5  $\mu\text{g/l}$  (**Figur 24**). Disse verdiene ligger godt under kriteriegrensene for vannkvalitetsklasse I ”meget god tilstand” i henhold til SFTs klassifisering.

Fosforkonsentrasjonene i Tyrifjorden er redusert vesentlig siden 1980 tallet (**Figur 25**). Gjennomsnittskonsentrasjonen i 2003 lå på samme nivå som i 1996 og 1997.



**Figur 24.** Konsentrasjonene av totalt fosfor i Tyrifjorden sommeresongen 2003. Fargeskalaen angir SFT vannkvalitetsklasser: blå-Meget god (I), grønn-God (II), gul-Mindre god (III).

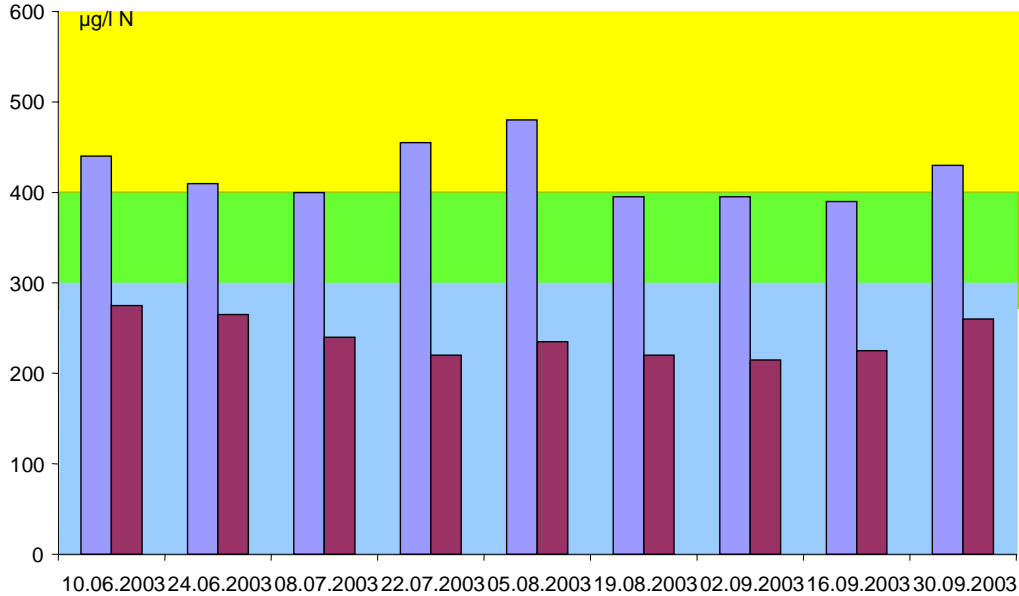


**Figur 25.** Gjennomsnittskonsentrasjon av total fosfor i 0-10m sjiktet i Tyrifjordens frie vannmasser i sommerhalvåret ved ulike år i perioden 1978-2003.

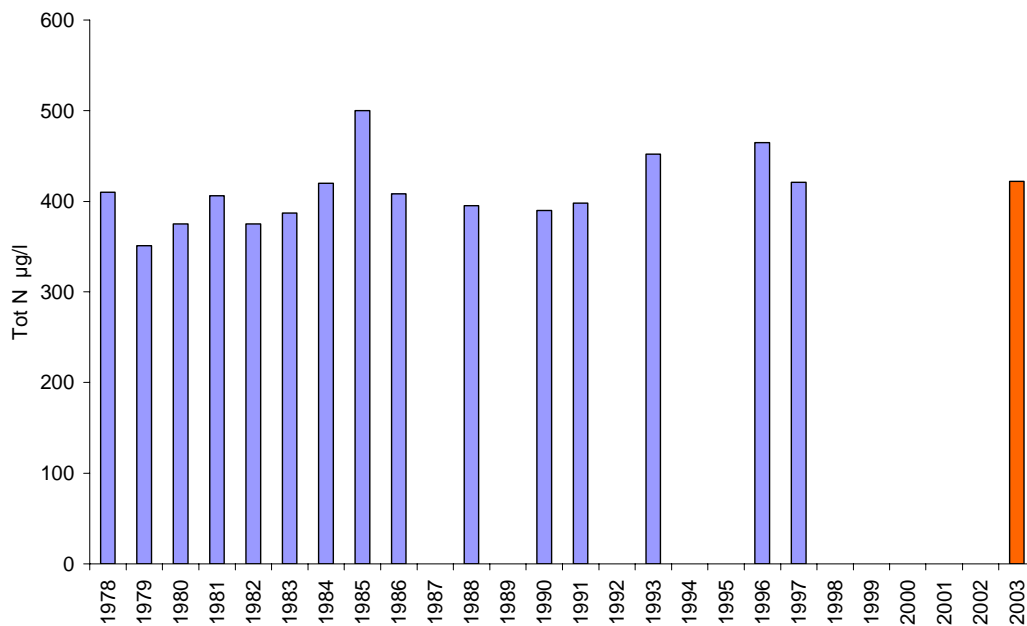
### 3.1.2 Nitrogen

Nitrogenkonsentrasjonene varierte mellom 390 og 455  $\mu\text{g/l}$  for totalt nitrogen og mellom 215 og 275  $\mu\text{g/l}$  for nitrat-nitrogen (**Figur 26**). Verdiene for total nitrogen tilsvarer vannkvalitetsklassen II og III, henholdsvis god tilstand og mindre god tilstand.

Konsentrasjonen av nitrogen viste ingen endring fra tidligere målinger på 1980 og 1990 – tallet (**Figur 27**).



**Figur 26.** Konsentrasjonene av totalt nitrogen (blå søyle) og nitrat-nitrogen i Tyrifjorden sommer-sesongen 2003. Fargeskalaen angir SFT vannkvalitetsklasser: blå-Meget god (I), grønn-God (II), gul-Mindre god (III).

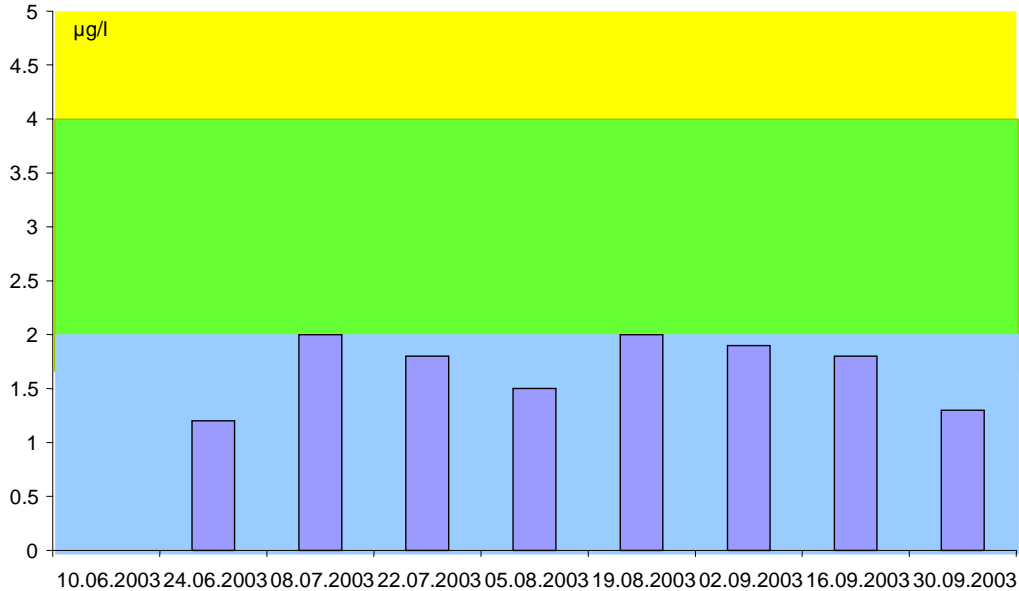


**Figur 27.** Midlere konsentrasjon av total nitrogen i 0-10m sjiktet i Tyrifjordens frie vannmasser i sommerhalvåret ved ulike år i perioden 1978-2003.

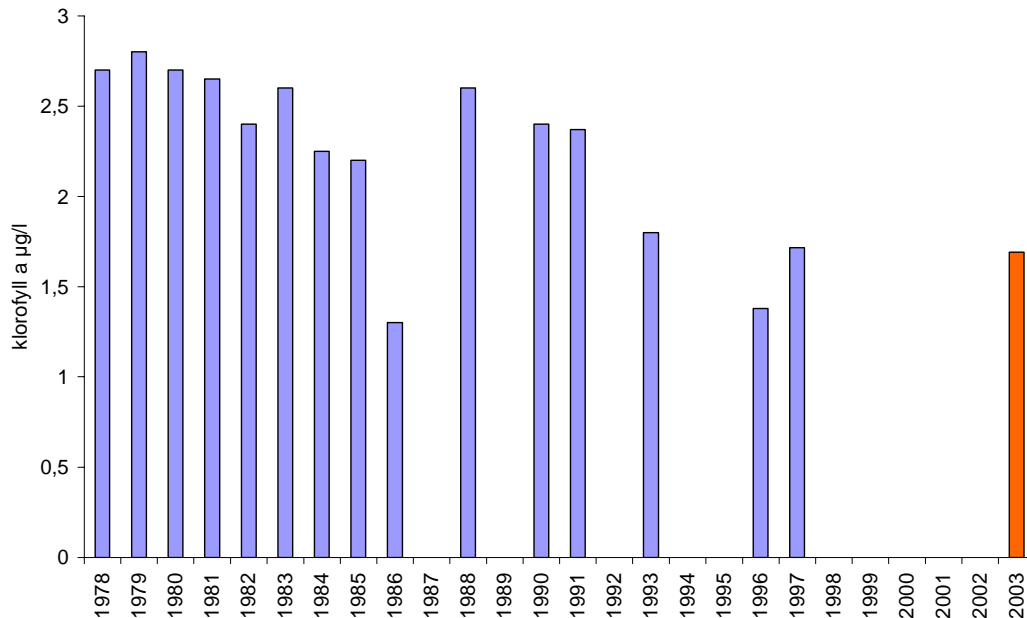
### 3.1.3 Klorofyll a

Konsentrasjonene av klorofyll a var lave med verdier mellom 1,2 og 2,0 mg/l (**Figur 28**). Verdiene lå innenfor vannkvalitetsklasse I, "Meget god" tilstand. Det innebærer næringsfattige (oligotrofe) forhold og liten algevekst i innsjøen.

Sett i forhold til tidligere målinger på 1980 og 1990 – tallet, har det vært en reduksjon i algemengden tilsvarende reduksjonen i fosfor (**Figur 29**).



**Figur 28.** Konsentrasjonene av klorofyll a i Tyrifjorden sommersesongen 2003. Fargeskalaen angir SFT vannkvalitetsklasser: blå-Meget god (I), grønn-God (II), gul-Mindre god (III).



**Figur 29.** Gjennomsnittskonsentrasjon av algemengden gitt som klorofyll a i 0-10m sjiktet i Tyrifjordens frie vannmasser i sommerhalvåret ved ulike år i perioden 1978-2003.

## 4. BAT karakterisering av avløp fra renseanlegg og kjøleanlegg.

### 4.1 Konsentrasjoner og avløpsmengder

#### 4.1.1 Renseavløp

pH i avløpsvannet viste svakt sure forhold med verdier mellom fra ca 6,4 til 6,7 (**Tabell 8**). Innholdet av ioniske forbindelser var relativt høyt reflektert ved høy konduktivitet. Konsentrasjonen av fosfor og nitrogen lå mellom henholdsvis 0,1 og 0,2 mg/l og 6 og 12,2 mg/l. Totalt organisk karbon (TOC) lå mellom 250 og 267 mg/l. Lett nedbrytbart organisk stoff målt som oksygenforbruk ved biologisk nedbrytning over en 5 dagers periode (BOF5) lå mellom 232 og 279 mgO/l. Kjemisk oksygenforbruk ved tilnærmet total nedbrytning av det organiske materialet (KOF-Cr) lå mellom 696 og 747 mgO/l. Innholdet av cyanider (CN) ble målt ved to datoer og lå på henholdsvis 600 og 330 µg/l. Dette er forholdsvis høye verdier. Konsentrasjoner av DTPA har i prøver fra 2002 og 2003 ligget mellom ca 14 og 44 mg/l (**Tabell 11**).

Konsentrasjonene av total aluminium var forholdsvis høye og lå mellom ca 1500 og 2600 µg/l (**Tabell 9**). Den labile andelen aluminium lå mellom ca 500 og 200 µg/l. De høye konsentrasjonene reflekterer anvendelsen av aluminium i fellingsprosessen i renseanlegget. Utfellingen av aluminiumsulfat er optimal ved pH mellom ca 5,6 og 6,3. Dette er noe lavere verdier enn observert i stikkprøvene fra avløpsvannet (6,4-6,7). De noe høye konsentrasjonene kan derfor skyldes suboptimale fellingsbetingelser. Tilstedeværelse av chelateringsforbindelsen DTPA i relativt høye konsentrasjoner vil trolig også medføre at noe tilgjengelig aluminium bindes til DTPA, og derved unngår fellingsprosessen. Det er også en mulighet for at det overdoseres aluminium.

De fleste tungmetallene ble funnet i forhøyede konsentrasjoner i forhold til upåvirket vann (**Tabell 10**). Jern og mangan lå relativt sett høyest. Ingen av metallene ble funnet i ekstreme konsentrasjoner. Tungmetallene kan komme fra metallholdig produksjonsutstyr og/eller tilsetningsstoffer, men også fra naturlig bakgrunnsinnhold av tungmetaller i råstoffet (trevirke). Halogenerte organiske stoffer (AOX) ble heller ikke funnet i særlig høye konsentrasjoner, men noe over forventet naturlig bakgrunn. Det ble ikke funnet pesticider i avløpsvannet (6.Vedlegg O. ).

Fordeling av døgnverdier for total avløpsmengde samt avløpsmengder og konsentrasjoner av fosfor (Tot-P), organiske materiale (KOF-Cr) og suspendert tørrstoff (STS) i renseavløp er vist i **Figur 30** **Figur 31** og **Figur 32**. Verdiene gjelder perioden 04.03. – 30.04.2003 med unntak av lørdager, søndager og påskeferie. Prøvene er tatt av Follum fabrikk og analysert ved BUVA.

Gjennomsnittverdien for utslipp av fosfor for denne perioden var 5,5 kg/døgn med standardavvik på 5,4 kg/døgn. Utslippsmengden ligger derfor godt under konsesjonskravet som ligger på 12 kg/døgn og 10 kg/døgn gitt for henholdsvis månedsmiddel og halvårsmiddel (**Tabell 12**). Den midlere konsentrasjonen i disse prøvene lå godt over det som ble registrert ved NIVAs stikkprøver i samme periode. Totale utslippsmengder for 2003 beregnet fra avløp og ut fra vannkjemi i elva oppstrøms og nedstrøms Follum, viste tilnærmet samme resultat, ca 5 tonn/år (**Tabell 13**).

Gjennomsnittverdien for utslipp av suspendert tørrstoff (STS) denne perioden var 0,8 tonn/døgn, og med standardavvik på 0,6 tonn/døgn. Denne utslippsmengden ligger godt under konsesjonskravet på 3,5 tonn/døgn og 2,5 tonn/døgn gitt for henholdsvis månedsmiddel og halvårsmiddel. Totale utslippsmengder for 2003 beregnet fra avløp og fra vannkjemi i elva, var henholdsvis 445 og 972 tonn/år. Den høyere verdien ved beregninger fra resipienten kan skyldes tilfeldige variasjoner i datamaterialet. Det kan imidlertid også tenkes at det i perioder foregår en resuspensjon av tidligere sedimentert organisk

eller uorganisk materiale i elva nedstrøms Follum. Det forventes lite uorganisk materiale i avløpet fra Follum. Ser en på den organiske fraksjonen av STS i elva, så er det beregnede bidraget langt lavere med 588 kg/år (**Tabell 13**).

Gjennomsnittverdien for utslipp av organisk materiale (KOF-Cr) denne perioden var 19,2 tonn/døgn, og med standardavvik på 6,9 t/døgn. Denne utslippsmengden ligger godt under konsesjonskravet på 26,5 t/døgn og 22 t/døgn gitt for henholdsvis månedsmiddel og halvårsmiddel. Den midlere konsentrasjonen i disse prøvene lå i samme område som det som ble registrert ved NIVAs stikkprøver samme perioden. Totale utslippsmengder for 2003 beregnet fra avløp og ut fra vannkjemi i elva, oppstrøms og nedstrøms Follum, var ikke direkte sammenlignbare grunnet ulik metodikk. Bruker man en overgangsfaktor mellom KOF-Cr og KOF-Mn på mellom 2,5 og 3 (KOF-Cr/TOC tilnærmet 3:1 i stikkprøver fra avløpet, KOF-Mn/TOC tilnærmet 1:0,8 ved Hønefossen), er også utslippene ved disse metodene i samme størrelsesorden (**Tabell 13**).

**Tabell 8.** Konsentrasjon av næringssalter og organiske forbindelser samt pH, konduktivitet og cyanider i avløpsvann og kjølevann fra Follum ved ulike tidspunkt i 2003.

	pH	KOND mS/m	Tot-P mg/l	Tot-N mg/l N	TOC mg/l C	BOF5 Mg O/l	KOF/Cr mg O/l	CN µg/l
Follum Avløp 17.03.03	6.37	154	0.1	7.8	250	232	696	600
Follum Avløp 24.03.03	6.5	187	0.2	12.2	267	279	746	
Follum Avløp 31.03.03	6.67	158	0.1	6	258	247	717	330
Kjølevann 17.03.03	6.87	4.42	0.008	0.35	6.4	5	33	20

**Tabell 9.** Konsentrasjon av aluminiumsfraksjoner i avløpsvann fra renseanlegg og kjølesystem fra Follum ved ulike tidspunkt i 2003.

	Al/A µg/l	Al/R µg/l	Al/II µg/l	Al/I µg/l
Follum Avløp 17.03.03	1504	837	356	481
Follum Avløp 24.03.03	2608	481	263	218
Follum Avløp 31.03.03	1504	481	276	205
Kjølevann 17.03.03	94	19	11	8

**Tabell 10.** Konsentrasjon av metaller og halogenerte organiske forbindelser i avløpsvann og kjølevann fra Follum ved ulike tidspunkt i 2003.

	As µg/l	Cd µg/l	Co µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Fe µg/l	Hg ng/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	Zn µg/l	AOX mg/l
Follum Avløp 17.03.03	<0.5	0.2	4.75	m	5.95	8670	<10	4260	7.4	0.65	158	0.016
Follum Avløp 31.03.03	s1.2	0.249	3.95	0.7	4.03	4200	10	3340	5.63	0.718	129	0.071
Kjølevann 17.03.03	0.1	0.009	0.031	s<1	2.63	58	<1.0	17.4	0.33	0.19	3.27	0.074

**Tabell 11.** Konsentrasjoner av DTPA (mg/l) i renseavløpsvann ved to uker i 2002 og 2003.

	33/2002	44/2002	13/2003	39/2003
Avløp	14,4	28,5	19,6	44,2



**Tabell 12.** KONSEJSGRENSER for organisk materiale (som KOF-Cr), suspendert tørrstoff (STS) og fosfor (P) i avløp til Begna. Angitt som månedsmiddel og halvårsmiddel av utslippsmengde per døgn.

Parameter	Månedsmiddel	Halvårsmiddel
KOF	26,5 tonn/døgn	22 tonn/døgn
STS	3,5 tonn/døgn	2,5 tonn/døgn
P	12 kg/døgn	10 kg/døgn

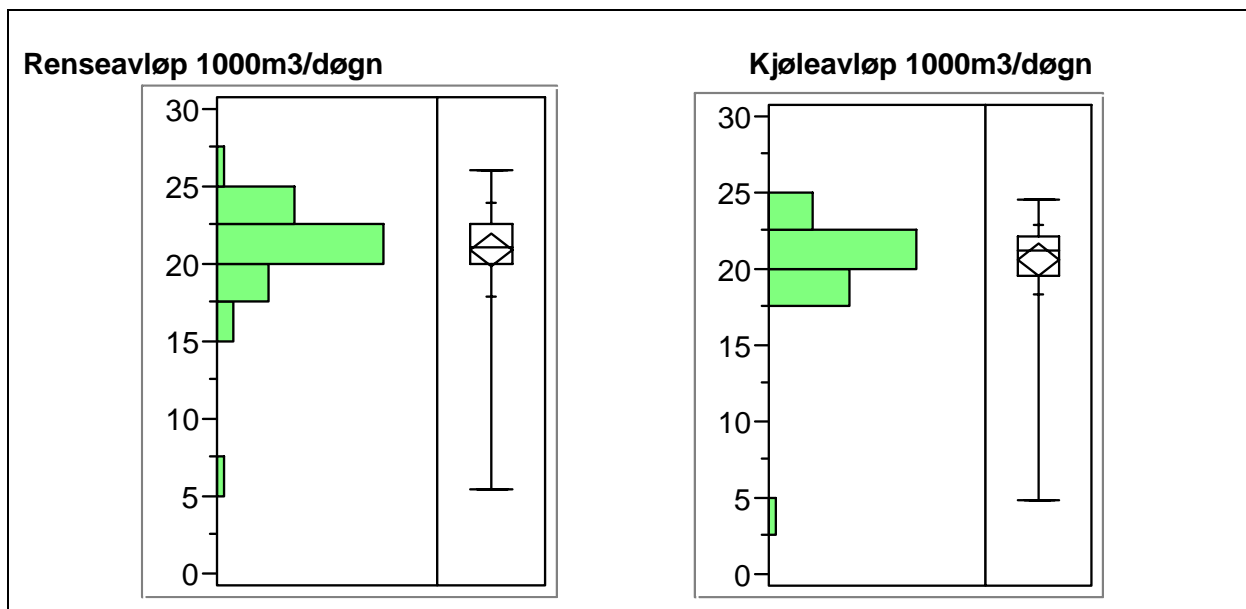
**Tabell 13.** Utslippsmengder fra renseavløp beregnet fra 1) ukegjennomsnitt for hele 2003 (Follum/-BUVA) 2) døgnprøver mars-april 2003 (Follum/BUVA) 3) differanse mellom oppstrøms og nedstrøms Follum i Begna (Hofsossen og Hønefossen).

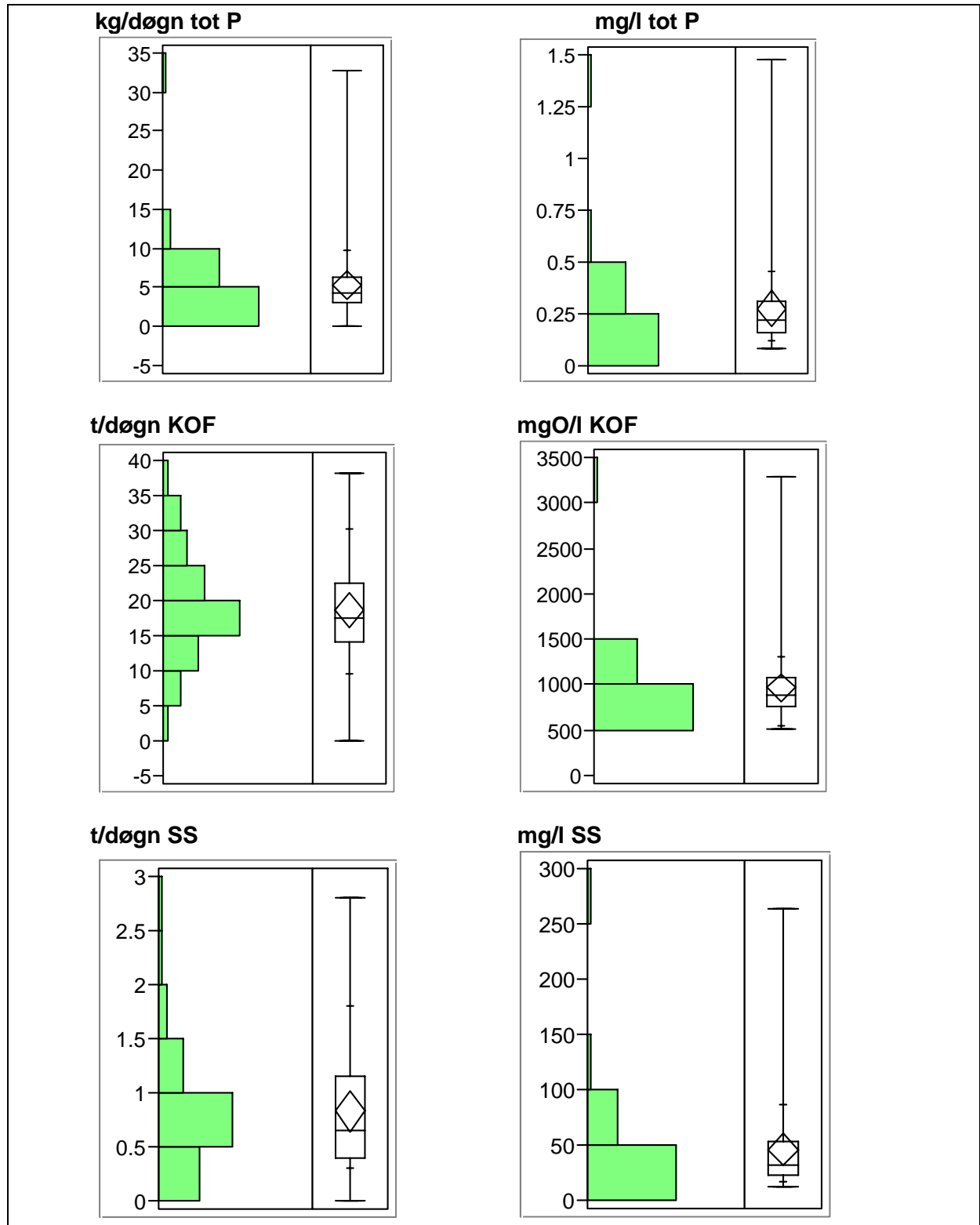
		1) Follum 2003	2) Follum mars-april 2003	3) NIVA resipient
STS	tonn/år	445	310	972/588***
KOF-Cr/Mn	tonn/år	4888*	6995*	2370**
Tot P	kg/år	2251	1992	
Tot P bypass bioanlegg	kg/år	3153	?	
SUM P	kg/år	5404		5306

\* gjelder KOF-Cr, \*\* gjelder KOF-Mn. \*\*\* total STS/organisk STS.

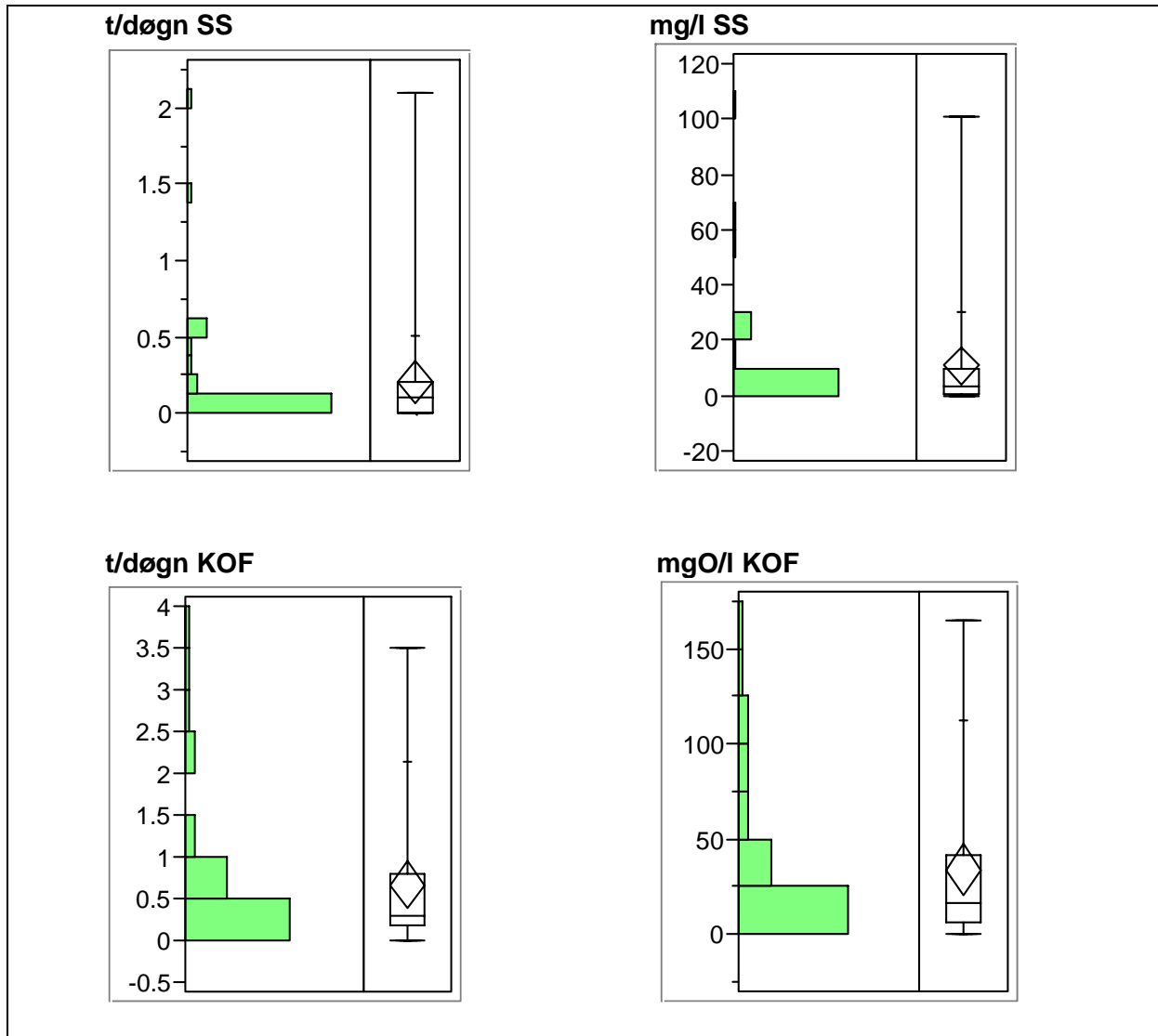
#### 4.1.2 Kjølevannsavløp.

Den kjemiske sammensetningen i kjølevannet viste ingen forhøyede konsentrasjoner i forhold til resipienten det hentes fra (Begna)(**Tabell 8, Tabell 9, Tabell 10**). Et mulig unntak er innholdet av halogenerte organiske forbindelser. Det ble ikke funnet pesticider i avløpsvannet (6.Vedlegg O. ). I forbindelse med negative utslag på toksisitetstester ble det testet for fritt klor. Analyser etter en uke på lukket flaske i kjølerom viste 1,4 mg/l. Fordi klor damper av må en regne med at den opprinnelige konsentrasjonen i denne prøven var høyere. Ved neste prøve ble det bare funnet lave verdier. Mye tyder derfor på at kloreringen av kjølevann var ujevn og at dette medførte at kjølevannsavløpet i perioder hadde høye og giftige konsentrasjoner av fritt klor (se kap. 4.2.2).

**Figur 30.** Avløpsmengde fra renseanlegget og kjøleanlegget. Boksplottet angir maksimum og minimumsverdier, 90 og 10 persentiler samt 75, 50 og 25 persentiler (boks). Gjennomsnittverdi med konfidensintervall (0.95) er angitt med diamantform.



**Figur 31.** Fordeling av utslippsmengder og konsentrasjon er per døgn fra rensanlegg i perioden 04.03.2003 – 30.04.2003. Boksplottet angir maksimum og minimumsverdier, 90 og 10 percentiler samt 75, 50 og 25 percentiler (boks). Gjennomsnittverdi med konfidensintervall (0.95) er angitt med diamantform.



**Figur 32.** Fordeling av utslippsmengder og konsentrasjon er per døgn fra kjøleanlegg i perioden 04.03.2003 – 30.04.2003. Boksplottet angir maksimum og minimumsverdier, 90 og 10 persentiler samt 75, 50 og 25 persentiler (boks). Gjennomsnittverdi med konfidensintervall (0.95) er angitt med diamantform.

## 4.2 Toksisitet

Det ble utført standard OECD toksisitetstester på avløpsvann og kjølevann. Giftigvirkning i vannet ble testet i forhold til alger (*Selenastrum capricornutum*), krepsdyr (*Daphnia magna*) og fisk (ørret, *Salmo trutta*). Giftvirkningen er angitt som den konsentrasjonen som gir en bestemt virkning på den aktuelle testorganismen.  $EC_{50}$  angir den konsentrasjon som gir 50 % reduksjon av testparameteren i forhold til kontrollkulturer. NOEC angir høyeste testede konsentrasjon uten signifikant effekt.

### 4.2.1 Renseavløp

Avløpsvannet fra 17.03. og 31.03.03 hadde ingen påviselig gifteffekt på krepsdyret *Daphnia magna* eller ørret. For algen *Selenastrum capricornutum* ble det imidlertid registrert en svak veksthemming ved høyeste konsentrasjon den 17.03.03. Dette ble påvist for alle konsentrasjoner den 31.03.03.. De

høyeste konsentrasjonene uten påviselig effekt (NOEC) var henholdsvis på 56 % og <10 %. Det er ikke mulig å fastslå sikkert hvilke stoffer som er viktigst for veksthemmingen. Konsentrasjonene av aluminium, også labilt aluminium, samt cyanider var imidlertid høye i avløpsvannet, og kan være mulige årsaker.

#### 4.2.2 Kjølevannsavløp

Kjølevann fra 17.03.03 var meget giftig for alle organismene. Det ble observert en kraftig redusert vekst i algepopulasjonen allerede ved største fortykning av kjølevannet (10 % kjølevann i testløsningen). Effektkonsentrasjonen EC<sub>50</sub> og NOEC var lavere enn 10 % kjølevannsløsning. Tilsvarende virkning av kjølevannet ble påvist på *Daphnia magna* med effektkonsentrasjonen EC<sub>50</sub> angitt til <13 % kjølevannsløsning. For ørret døde 7 av 10 fisker i løpet av første døgn i 100 % løsning. Resten var døde innen 2 døgn. Denne testen ble avsluttet her.

Ingen av de kjemiske standardparameterene viste opplagt giftige konsentrasjoner (**Tabell 8, Tabell 9, Tabell 10**). En måling av klor viste imidlertid høye konsentrasjoner. Det er derfor antatt at klor-doseringen til kjølevannet er årsaken til gifteffekten.

Kjølevannstesten ble gjentatt for vann hentet 07.04.03. Det ble ikke registrert giftvirkninger på *Daphnia* og ørret, men noe redusert vekst for algene ved uforynnet løsning. Det ga en NOEC verdi på 56 %. Det ble bare funnet forholdsvis lave verdier av klor i denne prøven. Det må likevel antas at det er klor som gir effekten på algene.

**Tabell 14.** Resultater av test på giftvirkning av kjølevann og avløpsvann fra Follum på alger (*Selenastrum capricornutum*), krepsdyr (*Daphnia magna*) og ørret (*Salmo trutta*). >100 % angir ingen effekt. \* bare testet i 100 % løsning, alle døde. Ytterligere testinformasjon i vedlegg.

	<i>Selenastrum capricornutum</i>	<i>Daphnia magna</i>	<i>Salmo Trutta</i>
<b>Kjøleanlegg</b>			
17.03.2003			
LC <sub>50</sub>			<100%*
EC <sub>50</sub>	<10%	13%	
NOEC	<10%		
07.04.2003			
LC <sub>50</sub>			>100%
EC <sub>50</sub>	>100%	>100%	
NOEC	56%		>100%
<b>Renseanlegg</b>			
17.03.2003			
LC <sub>50</sub>			>100%
EC <sub>50</sub>	>100%	>100%	
NOEC	56%	>100%	>100%
31.03.2003			
LC <sub>50</sub>			>100%
EC <sub>50</sub>	>100%	>100%	
NOEC	<10%	>100%	>100%

## 5. Litteratur

**Litteraturlisten inneholder referanser fra rapporten samt annen relevant litteratur.**

Armitage, P.D., Moss, D., Wright, J.F. & Furse, M.T. 1983. The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. - *Wat.Res.* 17:333-347.

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.fl. 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 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.

Bratli, J. L., Berge, D., Lindstrøm, E.-A., Bækken, T., Kjellberg, G. 1998. Resipientundersøkelse av Begna, Storelva og Nordfjorden i 1997 ved Norske Skogindustrier ASA – Follum. NIVA-rapport nr 3872-98.

- 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 bibliotekjsten, Mat. Nat. Fak., Univ. Oslo, 114 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., 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.
- 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.
- Aanes, K.J. & Bækken, T. 1989. Bruk av vassdragets bunnfauna i vannkvalitetsklassifisering. Nr.1. Generell del. - NIVA Rapport 2278.
- Aagaard, K., Bækken, T. & Jonsson, B. (red.) 2002a. Virkning av forurensning på biologisk mangfold: Vann og vassdrag i by og tettstedsnære områder. Sluttrapport 1997-2001. – NINA temahefte 19/ NIVA rapport 4539-2002.
- Aagaard, K., Bækken, T. & Jonsson, B. (red.) 2002b. Biologisk mangfold i ferskvann. Regional vurdering av sjeldne dyr og planter. – NINA temahefte 21/NIVA-rapport 4590-2002.

## 6. Vedlegg

### Vedlegg A. Bunndyrtabeller

#### Arter

	24.07.2003	24.07.2003	24.07.2003	24.07.2003	24.07.2003	24.07.2003
	Randselva	o. Follum	Follum	Hønef.bru	n.Hønefoss	n.Monserud
Baetis sp	4	24			24	5
Baetis digitatus						7
Baetis muticus						
Baetis niger	2	8		6		
Baetis scambus/fuscatus						
Baetis rhodani	6	12		13	40	9
Centroptilum luteolum	2		18			1
Procloeon bifidum		112	192	34		16
Heptagenia sp		8		5	3	2
Heptagenia dalecarlica				2		
Heptagenia fuscogrisea						
Heptagenia sulphurea				1	8	6
Leptophlebia vespertina						
Ephemerella mucronata						
Ephemerella ignita	6	152	1	36	52	124
Caenis horaria						
Isoperla sp.		4			1	
Isoperla difformis						
Siphonoperla burmeisteri						
Taeniopteryx nebulosa					1	
Nemoura avicularis						
Leuctra sp		4				
Leuctra digitata						
Leuctra fusca		24			11	
Rhyacophila nubila						
Agapetus ochripes					1	
Hydroptila sp.	2					
Ithytrichia lamellaris		4				
Oxyethira sp.		4				
Neureclipsis bimaculata		8		1		1
Plectrocnemia conspersa						
Hydropsyche sp.		4		21	280	60
Hydropsyche contubernalis					3	1
Hydropsyche siltalai					21	1
Ceratopsyche nevae					4	
Lepidostoma hirtum	4	4		1		1

Limnephilidae indet.	2		1			2
Leptoceridae	2		4			
Athripsodes sp.	6	36	1	4	8	7
Athripsodes cinereus		4				2
Ceraclea sp	3					2
Ceraclea dissimilis			1			
Mystasides azurea			8			1
Sericostoma personatum		4				
Tinodes waeneri			1			

	05.11.2003	05.11.2003	05.11.2003	05.11.2003	05.11.2003	05.11.2003
	o. Follum	Follum	Hønef.bru	Randselva	n.Hønefoss	n.Monserud
Baetis sp			2		3	
Baetis digitatus	44		3	24	116	14
Baetis muticus				2	56	
Baetis niger				2		
Baetis scambus/fuscatus						
Baetis rhodani			2		40	2
Centroptilum luteolum	8	8		68		
Procloeon bifidum						
Heptagenia sp	4				72	4
Heptagenia dalearlica					96	10
Heptagenia fuscogrisea		6		2		
Heptagenia sulphurea	18		2		72	12
Leptophlebia sp	24	2	2			
Leptophlebia vespertina						
Ephemerella aurivillii						
Ephemerella mucronata	4		2	108	1424	320
Ephemerella ignita						
Caenis horaria						
Isoperla sp					36	
Isoperla difformis						
Siphonoperla burmeisteri						
Taeniopteryx nebulosa	2					
Amphinemura sp	2					
Nemoura avicularis						
Leuctra sp						
Leuctra digitata						
Leuctra fusca						
Rhyacophila nubila					3	
Agapetus ochripes					24	2
Hydroptila sp		8	2			
Ithytrichia lamellaris	48				4	
Oxyethira sp	12					
Neureclipsis bimaculata	20		1			
Plectrocnemia conspersa						
Polycentropodidae	12					
Hydropsyche sp	6		11		248	



Hydropsyche contubernalis				2	48	4
Hydropsyche siltalai					2	
Ceratopsyche nevae						
Lepidostoma hirtum	14				12	4
Limnephilidae indet		4	2			4
Leptoceridae						
Athripsodes sp	2				24	6
Athripsodes aterrimus	2	7				6
Athripsodes cinereus	2					
Ceraclea sp						2
Ceraclea annulicornis	6					
Ceraclea dissimilis						
Mystacides sp	4			2		
Mystasides azurea		52		4		
Oecetis testacea	6					
Sericostoma personatum						
Tinodes waeneri		10	12			

## Hovedgrupper

	24.07.2003 o. Follum	24.07.2003 Follum	24.07.2003 Hønef. bru	24.07.2003 Randselva	24.07.2003 n.Hønefoss	24.07.2003 n.Monserud
Turbellaria	4	6	4	32	2	20
Fåbørstemark	28	216	64	136	204	40
Igler	4	5		10	1	1
Snegler	12	33	12		3	3
Muslinger	60	24		8	14	64
Ferskvannsasell	22	1160	352	88	6	56
Vannmidd	32	2	8	8	6	24
Odonata	2					
Døgnfluer	316	211	97	20	127	170
Steinfluer	32	0			12	
Billelarver	38	1	1	20	77	42
voksne	4	28			1	2
Vårfluer	76	16	27	19	319	78
Knottlarver			2		6	32
Fjærmygglarver	192	912	128	432	140	312
pupper	12		2			8
Andre diptera	2			4		
<b>Sum</b>	<b>836</b>	<b>2614</b>	<b>697</b>	<b>777</b>	<b>918</b>	<b>852</b>

	05.11.2003 o. Follum	05.11.2003 Follum	05.11.2003 Hønef. bru	05.11.2003 Randselva	05.11.2003 n.Hønefoss	05.11.2003 n.Monserud
Turbellaria	20	4	6	32	32	
Fåbørstemark	60	56	160	80	192	112
Igler	4	10	4		2	6
Snegler	2			6	4	4
Muslinger	22	2			24	10
Ferskvannsasell	32	344	416	12	32	112
Vannmidd	4		4	2		2

Odonata						
Døgnfluer	102	16	13	206	1882	364
Steinfluer	4				36	
Billelarver	58				220	74
Voksne				1	16	2
Vårfluer	138	85	30	16	165	30
Knottlarver	8					
Fjærmygglarver	176	144	448	224	272	432
pupper		2				
Andre diptera	16		6			
<b>Sum</b>	<b>646</b>	<b>663</b>	<b>1087</b>	<b>579</b>	<b>2877</b>	<b>1148</b>

## Vedlegg B. Begroingstabeller

FAK FO2 = Begna, oppstr. Follum

FAK F02 = Begna, m\_ jernb\_bru og krv\_dam

FAK F03 = Begna, n\_ Hønefossen o\_ Rands\_

FAK F04 = Randselva f\_ saml\_ Begna

FAK F05 = Storelva v\_ Busund bru

FAK	FAK	FAK	FAK	FAK
FO1	F02	F03	F04	F05
2003	2003	2003	2003	2003
19.08	19.08	19.08	19.08	19.08

### Cyanobakterier (Cyanophyceae)

Aphanacapsae cf. fonticola	xx			x	
Calothrix ramenskii					
Calothrix spp.	xx				xx
Caposira brebisonii		3			
Chamaesiphon fuscus			xx	1	
Chamaesiphon minutus				x	
Chroococcus spp.		x			x
Clastidium setigerum	xx	xx			
Coleodesmium sagarmathae	1	x	x	2	
Gloeocapsae spp.				xx	
Hammatoidea normanni			x		
Homoeothrix spp.			x		
Leptolyngbya spp.	x	xx	2	xx	
Merismopedia punctata				x	xx
Merismopedia spp.				x	
Oscillatoria acutissima		xx			
Oscillatoria spp.				x	
Phormidium sp1 (3-4u,l/b<1)		xxx			
Phormidium spp.	xx	10	20		xx
Pleurocapsa minor		3			
Pleurocapsae spp.				xxx	
Rivularia biasolettiana	xx			3	
Uidentifiserte coccale blågrønnalger		xx	x	xx	x
Uidentifiserte trichale blågrønnalger	x	x	2	xx	x
Antall taksa - Cyanobakterier	8	11	8	13	6

### Grønnalger (Chlorophyceae)

Bulbochaete spp.	1	x		xx	
Cosmarium spp.	xx	xx		x	x
Draparnaldia glomerata					1

Euastrum spp.	xx				
Mougeotia a (6 -12u)	xx		x	xx	x
Mougeotia a/b (10-18u)	xx		x		
Mougeotia d (25-30u)		xx		xx	
Mougeotia e (30-40u)				x	
Mougotia a2 (3-7u)	x		x		
Oedogonium a (5-11u)	xx	x		x	xx
Oedogonium b (13-18u)	xx	x	x		
Oedogonium c (23-28u)	10	1		5	
Oedogonium d (29-32u)					xx
Penium	x				x
Scenedemus spp.	xx			x	
Spirogyra sp. (1K,L,18μ)	x				
Teilingia excavatum	x		x		
Uidentifiserte coccale grønnalger	x	xxx	x		
Antall taksa - Grønnalger	14	7	6	8	6
<b>Gullalger (Chrysophyceae )</b>					
Chrysoxys maior	1				x
Epiphyxis spp.					xx
Hydrurus foetidus					xx
Antall taksa - Gullalger	1	0	0	0	3
<b>Kiselalger (Bacillariophyceae )</b>					
Achnanthes microcephala				xx	
Achnanthes minutissima	xxx	x			
Achnanthes spp.			x		x
Anomoeoneis vitrea	xx			x	
Aulacoseira spp.	x			x	
Cymatopleura solea			x		
Cymbella affinis				xx	
Cymbella cesatii			x		
Cymbella spp.	xx		xx	x	
Cymbella ventricosa	x			xx	x
Diatoma tenue			x		
Diatoma vulgare				x	
Eunotia spp.	xx		x		
Fragilaria spp.	x	x			x
Fragilaria ulna	x	xx	xx	x	xx
Frustulia rhomboides var. saxonica	xx		x		x
Gomphonema acuminatum var. coronata	x		x	x	
Gomphonema constrictum	x	xx	xx	xxx	
Gomphonema spp.	x	x			x
Navicula cryptocephala	x	xx			xx
Navicula spp.	x	xx	x	x	xx
Nitzschia spp.				xx	
Pinnularia spp.	x	x			x
Synedra rumpens	xx	xx		xx	
Tabellaria fenestrata	xxx	xx		a	
Tabellaria flocculosa		xx	xx	xx	x
Antall taksa - Kiselalger	17	11	12	15	10
<b>Nedbrytere (Saprophyta )</b>					
Bakterier, trådformede		x	xx		xx
Ciliater, uidentifiserte	x	x	x	x	1
Flagellater, fargeløse	x	x		x	xx
Jern/mangan bakterier, aggregater	xx	x	xx		xx
Jern/mangan bakterier, trådformede	x		20		20
Svamp					3
Vorticella spp	x	x			
Antall taksa - Nedbrytere	5	5	4	2	6

# Vedlegg C. Testrapport *Selenastrum capricornutum* - renseavløp 17.03.03

## TESTRAPPORT

Alger, veksthemmingstest  
*Selenastrum capricornutum*  
NIVA metode K4



Norsk  
Institutt  
for  
Vannforskning

Postboks 173 Kjelsås  
0411 Oslo  
Tel: 22 18 51 00  
Fax: 22 18 52 00

**Teststoff:** Follum, avløpsvann  
**Kunde:** Follum  
**Adresse:**

**Lab. kode:** B416/1  
Prøve mottatt: 17.03.2003

**Testmetode:** ISO 8692: Alga growth inhibition test  
**Organisme:** *Selenastrum capricornutum* NIVA CHL1  
**Testparameter:** Veksthastighet fra start til 72 timer  
**Stamkultur:** Semi-kontinuerlig i 10% Z8 vekstmedium (Staub 1961)  
**Start dato:** 18.03.2003  
**Konsentrasjoner:** 10, 18, 32, 56, 100 %  
**Test medium:** ISO 8692  
**Inkuberingsutstyr:** Gyngebord  
**Dyrkingsflasker:** 100 ml ståkolber med 50 ml medium  
**Lys:** Ca. 75 mE m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>, kontinuerlig fra dagslys-type lysstoffrør  
**Temperatur:** 20,6 – 21,0°C  
**pH i kontroll** Start : 8,1 Slutt: 8,0  
**pH i høyeste konsentrasjon** Start : 7,2 Slutt: 8,2  
**Vekstmåling:** Partikkeltelling med Coulter Multisizer  
**Beregning av EC<sub>50</sub> \*** Probit transformering og lineær regresjon av probit verdier mot log. konsentrasjon  
**Beregning av NOEC \*\*** t-test (p < 0.01)

**Resultater:** Celletetthet på hvert målepunkt, det beregnede areal under vekstkurve og veksthastighet i hver kolbe er vist på vedlagt skjema. Gjennomsnittverdier for kontroller og ulike konsentrasjoner av teststoff er listet lengst ned på skjemaet. Vekstkurver for hver konsentrasjon av teststoffet er vist i figur 1.

Parameter	Enhet	EC <sub>50</sub>	95% konf. int.	EC <sub>10</sub>	95% konf. int.	NOEC
Veksthastighet	%	> 100	-	96	92 - 99	56

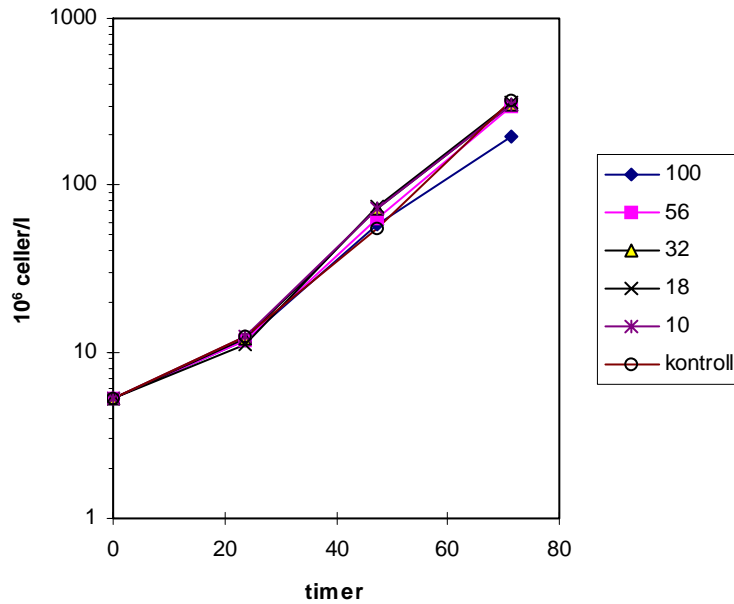
\* EC<sub>50</sub> = Den konsentrasjon som gir 50% reduksjon av testparameteren i forhold til kontrollkulturer

\*\* NOEC = Høyeste testede konsentrasjon uten signifikant effekt

Oslo, 19.06.2003

Utført av: Randi Romstad Testansvarlig:

Torsten Källqvist

Fig. 1. Vekstkurver for *Selenastrum capricornutum* i ulike konsentrasjoner av avløpsvann.**Referanser:**

ISO/DIS 8692 : Water quality - Algal growth inhibition test

OECD 1984: Guidelines for testing of chemicals, no. 201; Alga, growth inhibition test. OECD, Paris

Staub, R. (1961): Ernährungsphysiologische Untersuchungen an der planktischen Blaualge *Oscillatoria rubescens* D.C. Schweiz. Z. Hydrol. 23: 82-198.

TEST: K4

Date: 18.3.03

COMPOUND: Follum, avløpsvann

Lab. code: B416/1

TEST ALGA: *Selenastrum capricornutum*

Medium: ISO

INOCULUM: 5,20 mill. cells/l

		Day 1	Day 2	Day 3	Area	Area %	G. rate	G. rate %
Conc.	Hours: %	23,5 mill/l	47,5 mill/l	71,5 mill./l				
100	"	12	68	198	3982	77	1,22	88
100	"	11	67	194	3887	75	1,21	88
100	"	12	39	198	3286	63	1,22	88
56	"	12	63	299	5074	98	1,36	98
56	"	11	61	298	4991	96	1,36	98
56	"	12	65	290	5014	97	1,35	98
32	"	12	78	298	5422	105	1,36	98
32	"	12	70	315	5434	105	1,38	100
32	"	12	69	312	5374	104	1,37	99
18	"	11	74	325	5627	109	1,39	100
18	"	11	71	300	5255	101	1,36	98
18	"	11	77	317	5603	108	1,38	100
10	"	11	71	291	5147	99	1,35	98
10	"	13	75	318	5614	108	1,38	100
10	"	13	74	307	5458	105	1,37	99
Control		13	52	284	4654	90	1,34	97
		12	53	328	5182	100	1,39	100
		11	50	311	4883	94	1,37	99
		13	61	374	5950	115	1,44	104
		12	54	311	5002	97	1,37	99
		14	61	327	5410	104	1,39	100

## MEAN VALUES

%

100 Mv:		11,67	58,00	196,67	3718	71,78	1,22	88,09
St. d.		0,58	16,46	2,31	377	7,28	0,00	0,29
56 Mv.		11,67	63,00	295,67	5026	97,03	1,36	97,98
St. d.		0,58	2,00	4,93	43	0,83	0,01	0,41
32 Mv.		12,00	72,33	308,33	5410	104,44	1,37	98,99
St. d.		0,00	4,93	9,07	32	0,61	0,01	0,72
18 Mv.		11,00	74,00	314,00	5495	106,07	1,38	99,42
St. d.		0,00	3,00	12,77	208	4,02	0,01	0,99
10 Mv.		12,33	73,33	305,33	5406	104,36	1,37	98,74
St. d.		1,15	2,08	13,58	238	4,59	0,01	1,08
Control	Mv.	12,50	55,17	322,50	5180	100,00	1,38	100,00
	St. d.	1,05	4,71	29,83	457	8,81	0,03	2,20
	Coefficient of variation in controls (%):				8,81		2,20	

## Vedlegg D. Testrapport *Daphnia magna* - renseavløp 17.03.03

### Testrapport *Daphnia magna*

**Teststoff:** Follum, avløpsvann  
**Kunde:**  
**Adresse:**

**Lab. kode:** B416/1  
**Prøve mottatt:** 17.03.03

**Testmetode** ISO 6341, "Water Quality – Determination of the inhibition of the motility of *Daphnia magna*" Metoden er i samsvar med OECD Guideline 202; "Daphnia sp. acute immobilization test"

**Testorganisme** *Daphnia magna*, stamme A. Vedlikeholdt i Elendt M7 og foret med *Selenastrum capricornutum* som er dyrket i 10% Z8 nærings saltløsning. Alder ved teststart < 24 timer.

**Testperiode** 18.03 – 20.03.2003

**Forbehandling av prøve** Tilsatt ISO løsninger

**Fortynningsmedium** ISO

**Testkonsentrasjoner** 5.6, 10, 18, 32, 56, 100%

**Antall enheter** 4 kar for hver konsentrasjon, med 5-7 dyr pr. kar.

**Testbeholdere** 50 ml polystyren begere med ca. 40 ml medium

**Temperatur** 19.9 – 20.0°C

**pH i kontroll** Start: 7.9 Slutt: 7.9

**pH i høyeste kons.** Start: 7.7 Slutt: 8.2

**Oksygenmetning, 48 t** Kontroll: 8.95 ppm 100%: 6.89 ppm

**Beregning av EC<sub>50</sub> \***

Referankestoff: Kaliumdikromat: 24t EC<sub>50</sub> = 0.93 mg/l

#### Resultater:

Parameter	Enhet	24 timer			48 timer		
		EC <sub>50</sub>	95% konf. int.	EC <sub>10</sub>	EC <sub>50</sub>	95% konf. int.	EC <sub>10</sub>
Immobilisering	%	>100	-	>100	>100	-	>100

\*EC<sub>50</sub> = Den konsentrasjon som gir 50% immobilisering av forsøksdyrene.

Konsentrasjon	Antall dyr	Immobiliserte 24 tim.	Immobiliserte 48 tim.
10 %	21	0	0
18 %	20	0	1
32 %	20	0	0
56 %	21	0	0
100 %	20	0	0
Kontroll	22	0	0

Observervert immobiliserte *Daphnia magna* etter 24 og 48 timer i kontroller og ulike konsentrasjoner av avløpsvann.

Oslo, 24.03.03

Utført av: Randi Romstad      Testansvarlig:

\_\_\_\_\_  
Torsten Källqvist

Baird, D. J. et al, 1991, *A Comparative Study of Genotype Sensitivity to Acute Toxic Stress Using Clones of Daphnia magna Strauss*, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 21, 257 - 265.

taub, R., 1961, *Ernährungsphysiologische Untersuchungen an der planktischen Blaualge Oscillatoria rubescens*, D. C., Schweiz, Z., *Hydrobiol*, 23, 82-198.

Elendt, B.-P. 1990, *Selenium deficiency in Crustacea; An ultrastructural approach to antennal damage in Daphnia magna Strauss*. *Protoplasma*, 154, 25-33.



# Vedlegg E. Testrapport *Salmo trutta* - renseavløp 17.03.03

## TESTRAPPORT

Akutt toksisitet - fisk

*Salmo trutta*

NIVA metode K15

Norsk  
Institutt  
for  
Vannforskning

Postboks 173 Kjelsås  
0411 Oslo  
Tel: 22 18 51 00  
Fax: 22 18 52 00

**Teststoff:** Follum Avløp renseanlegg  
**Kunde:** Norske Skog, Follum  
Postboks 220  
3501 Hønefoss

**Lab. kode:** B416/1  
**Motatt:** 17.03.03

### Testmetode

Testen er utført i overensstemmelse med "OECD Guidelines for testing of chemicals" (No. 203; Fish, acute toxicity test) og en noe modifisert Norsk Standard, NS 4717; "Bestemmelse av kjemiske produkters og avløpsvanns akutte toksisitet for ferskvannsfisk - semistatisk metode". Forholdet fiskevekt/vannvolum var (2 g/l) og er altså høyere en den foreslåtte fiskebelastning på <1.0 g/l anbefalt i OECD 203. Da denne anbefaling skal sikre at oksygenmetning ikke skal gå under 60 % metning blir dette kompensert i dette tilfelle med lufting av mediet.

### Testorganisme

Årsyngel (0+) av ørret (*Salmo trutta*), med middelvekt 5,6 g og middellengde 7,5 cm. Fisken var hentet fra OFAs oppdrettsanlegg i Sørkedalen 2 uker før testoppstart. Fisk ble ikke foret innen 1 døgn før teststart. Testen ble utført ved 3 konsentrasjoner 10, 30 og 100 % avløpsvann. Lufting ble benyttet

### Test detaljer

Test organisme: Bekkeørret (*Salmo trutta*)  
Test parameter: Mortalitet observert hver dag i 4 dager.  
Opprinnelse av fisk: Oslo Fiskeadministrasjon Oppdrettsanlegg i Sørkedalen  
Inntak av fisk: Fisk ankom Solbergstrand 4 mars 2003  
Dato for oppstart: 17 mars 2003  
Test konsentrasjoner: 10, 30 og 100 % avløpsvann  
Tillagning av løsninger: Test avløpsvannet ble målt opp i målesylinder og fortynnet med brønnvann  
Test Medium: Brønnvann på Solbergstrand  
Test system: 36 l glass akvarier fylt med 20 l testløsning

### Test betingelser

Lys: 16 timer lys 8 timer mørke  
Temperatur: Målt daglig i kontroll akvariet. Maksimum temperatur var 12,2 °C og minimum var 11,8 °C.  
pH: Målt før og etter vannskift hver dag. Høyeste konsentrasjon start 7,5 slutt 7,8. Kontroll hadde på dag 3; 7,5 før og 7,5 etter.

Oksygen: Målt til å være >90 % fordi alle kar ble luftet kontinuerlig.  
 Beregning av LC50 Kumulativ prosent mortalitet er plottet mot logaritmen til konsentrasjonen. LC50 er grafisk bestemt.  
 NOEC Høyeste konsentrasjon uten toksiske effekter.

#### Utførelse

Forsøket ble utført i glassakvarier med 20 l vann og 7 fisk i hver konsentrasjon av avløpsvann. Konsentrasjoner testet var 10, 30 og 100 % av avløpsvannet som hadde et grumset utseende, med karakteristisk treforedlings lukt. Det var mye partikler i vannet. Avløpsvannet ble målt opp i målesylinder og fortynnet med brønnvann til ønsket konsentrasjon. Testfiskene ble overført til ny løsning hvert døgn (semistatisk metode) og forsøket pågikk i 4 døgn. Fisken ble observert hvert døgn med hensyn til toksiske symptomer og død fisk ble notert og fjernet. Temperaturen under forsøkene var 11,8-12,2 °C.

#### Resultater

I tabell 1 er oppført dødeligheten i hver konsentrasjon av avløpsvann. Det ble ikke observert død fisk eller toksiske symptomer ved 100 %. NOEC er basert på høyeste konsentrasjon uten observerbare toksiske effekter. Et sammendrag av resultatene er gjengitt i tabell 3.

#### Avvik fra protokoll

Det var ingen avvik fra protokollen.

Tabell 1. Kumulativt antall døde fisk (% i parentes) ved forskjellig eksponeringstid og konsentrasjon av "Avløpsvann fra Follum". LC50 og NOEC ved ulike tidspunkt er angitt nederst i tabellen.

Konsentrasjon %	Timer			
	24	48	72	96
10	0	0	0	0
30	0	0	0	0
100	0	0	0	0
LC50	>100 %	>100 %	>100 %	>100 %
NOEC	>100 %	>100 %	>100 %	>100 %

#### Konklusjon

Testresultatene for "Avløpsvann fra Follum" er summert opp i tabell 2.

Tabell 2. Sammendrag av resultater for toksisitetstest med "Avløpsvann fra Follum" på fisk (*Salmo trutta*).

	Observasjons tidspunkt			
	24 timer	48 timer	72 timer	96 timer
LC50 (%)	>100	>100	>100	>100
NOEC (%)	>100	>100	>100	>100

Testen utført av: August Tobiesen

Testansvarlig:

August Tobiesen

# Vedlegg F. Testrapport *Selenastrum capricornutum* - kjølevannavløp 17.03.03

## TESTRAPPORT

Alger, veksthemmingstest  
*Selenastrum capricornutum*  
NIVA metode K4



Norsk  
Institutt  
for  
Vannforskning

Postboks 173 Kjelsås  
0411 Oslo  
Tel: 22 18 51 00  
Fax: 22 18 52 00

**Teststoff:** Follum, kjølevann  
**Kunde:** Follum  
**Adresse:**

**Lab. kode:** B416/2  
Prøve mottatt: 17.03.2003

**Testmetode:** ISO 8692: Alga growth inhibition test  
**Organisme:** *Selenastrum capricornutum* NIVA CHL1  
**Testparameter:** Veksthastighet fra start til 72 timer  
**Stamkultur:** Semi-kontinuerlig i 10% Z8 vekstmedium (Staub 1961)  
**Start dato:** 18.03.2003  
**Konsentrasjoner:** 10, 18, 32, 56, 100 %  
**Test medium:** ISO 8692  
**Inkuberingsutstyr:** Gyngebord  
**Dyrkingsflasker:** 100 ml ståkolber med 50 ml medium  
**Lys:** Ca. 75 mE m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>, kontinuerlig fra dagslys-type lysstoffrør  
**Temperatur:** 20,6 – 21,0°C  
**pH i kontroll** Start : 8,1 Slutt: 8,0  
**pH i høyeste konsentrasjon** Start : 8,1 Slutt: 7,9  
**Vekstmåling:** Partikkeltelling med Coulter Multisizer  
**Beregning av EC<sub>50</sub> \*** Probit transformering og lineær regresjon av probit verdier mot log. konsentrasjon  
**Beregning av NOEC \*\*** t-test (p < 0.01)

**Resultater:** Celletetthet på hvert målepunkt, det beregnede areal under vekstkurve og veksthastighet i hver kolbe er vist på vedlagt skjema. Gjennomsnittverdier for kontroller og ulike konsentrasjoner av teststoff er listet lengst ned på skjemaet. Vekstkurver for hver konsentrasjon av teststoffet er vist i figur 1.

Parameter	Enhet	EC <sub>50</sub>	95% konf. int.	EC <sub>10</sub>	95% konf. int.	NOEC
Veksthastighet	%	< 10	-	< 10		< 10

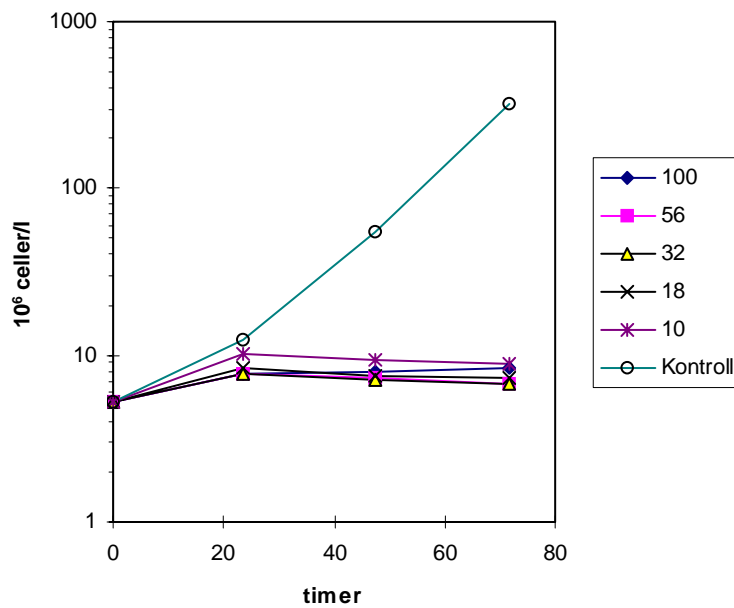
\* EC<sub>50</sub> = Den konsentrasjon som gir 50% reduksjon av testparameteren i forhold til kontrollkulturer

\*\* NOEC = Høyeste testede konsentrasjon uten signifikant effekt

Oslo, 19.06.2003

Utført av: Randi Romstad Testansvarlig:

Torsten Källqvist

Fig. 1. Vekstkurver for *Selenastrum capricornutum* i ulike konsentrasjoner av kjølevann.**Referanser:**

ISO/DIS 8692 : Water quality - Algal growth inhibition test

OECD 1984: Guidelines for testing of chemicals, no. 201; Alga, growth inhibition test. OECD, Paris

Staub, R. (1961): Ernährungsphysiologische Untersuchungen an der planktischen Blaualge *Oscillatoria rubescens* D.C. Schweiz. Z. Hydrol. 23: 82-198.

TEST: K4

Date: 18.3.03

COMPOUND: Kjøllevann, Follum

Lab. code: B416/2

TEST ALGA: *Selenastrum capricornutum*

Medium: ISO

INOCULUM: 5,20 mill. cells/l

		Day 1	Day 2	Day 3	Area	Area %	G. rate	G. rate %
Conc.	Hours: %	23,5 mill/l	47,5 mill/l	71,5 mill./l				
100	"	7,8	8,0	9,5	181	3	0,20	15
100	"	7,9	7,5	8,7	161	3	0,17	12
100	"	7,3	8,1	6,9	140	3	0,09	7
56	"	8,3	7,4	7,3	152	3	0,11	8
56	"	7,3	7,7	6,6	127	2	0,08	6
56	"	7,3	6,9	6,5	106	2	0,07	5
32	"	7,9	7,4	7,0	139	3	0,10	7
32	"	7,8	6,9	6,5	118	2	0,07	5
32	"	7,4	7,0	6,9	116	2	0,09	7
18	"	8,7	7,9	7,4	174	3	0,12	9
18	"	8,7	7,5	7,1	161	3	0,10	8
18	"	8,0	7,2	7,6	143	3	0,13	9
10	"	9,8	9,6	8,9	259	5	0,18	13
10	"	10,0	9,0	8,5	245	5	0,16	12
10	"	11,0	9,6	9,0	289	6	0,18	13
Control		13,0	52	284	4654	90	1,34	97
		12,0	53	328	5182	100	1,39	100
		11,0	50	311	4883	94	1,37	99
		13,0	61	374	5950	115	1,44	104
		12,0	54	311	5002	97	1,37	99
		14,0	61	327	5410	104	1,39	100

## MEAN VALUES

%

100 Mv.		7,67	7,87	8,37	161	3,10	0,16	11,32
St. d.		0,32	0,32	1,33	20	0,39	0,06	4,01
56 Mv.		7,63	7,33	6,80	128	2,47	0,09	6,47
St. d.		0,58	0,40	0,44	23	0,44	0,02	1,53
32 Mv.		7,70	7,10	6,80	124	2,40	0,09	6,49
St. d.		0,26	0,26	0,26	12	0,24	0,01	0,95
18 Mv.		8,47	7,53	7,37	160	3,08	0,12	8,44
St. d.		0,40	0,35	0,25	16	0,30	0,01	0,83
10 Mv.		10,27	9,40	8,80	264	5,10	0,18	12,75
St. d.		0,64	0,35	0,26	23	0,43	0,01	0,73
Control	Mv.	12,50	55,17	322,50	5180	100,00	1,38	100,00
	St. d.	1,05	4,71	29,83	457	8,81	0,03	2,20
	Coefficient of variation in controls (%):				8,81		2,20	

# Vedlegg G. Testrapport *Daphnia magna* - kjølevannsavløp 17.03.03

## Testrapport *Daphnia magna*

**Teststoff:** Follum, kjølevann

**Lab. kode:** B416/2

**Kunde:**

Prøve mottatt: 17.03.03

**Adresse:**

**Testmetode** ISO 6341, "Water Quality - Determination of the inhibition of the motility of *Daphnia magna*" Metoden er i samsvar med OECD Guideline 202; "Daphnia sp. acute immobilization test"

**Testorganisme** *Daphnia magna*, stamme A. Vedlikeholdt i Elendt M7 og foret med *Selenastrum capricornutum* som er dyrket i 10% Z8 næringssaltløsning. Alder ved teststart < 24 timer.

**Testperiode** 18.03 – 20.03.2003

**Forbehandling av prøve** Tilsatt ISO løsninger

**Fortynningsmedium** ISO

**Testkonsentrasjoner** 5.6, 10, 18, 32, 56, 100%

**Antall enheter** 4 kar for hver konsentrasjon, med 5-7 dyr pr. kar.

**Testbeholdere** 50 ml polystyren begere med ca. 40 ml medium

**Temperatur** 19.9 – 20.0°C

**pH i kontroll** Start: 7.9 Slutt: 7.9

**pH i høyeste kons.** Start: 7.6 Slutt: 7.9

**Oksygenmetning, 48 t** Kontroll: 8.95 ppm 32%: 9.35 ppm

**Beregning av EC<sub>50</sub> \*** Probit-analyse (SNV-probit)

Referankestoff: Kaliumdikromat: 24t EC<sub>50</sub> = 0.93 mg/l

### Resultater:

Parameter	Enhet	24 timer			48 timer		
		EC <sub>50</sub>	95% konf. int.	EC <sub>10</sub>	EC <sub>50</sub>	95% konf. int.	EC <sub>10</sub>
Immobilisering	%	15	13 - 16	10	13	12 - 16	7,8

\*EC<sub>50</sub> = Den konsentrasjon som gir 50% immobilisering av forsøksdyrene.

Konsentrasjon	Antall dyr	Immobiliserte 24 tim.	Immobiliserte 48 tim.
5.6 %	21	0	1
10 %	20	2	4
18 %	20	17	17
32 %	22	22	22
56 %	20	20	20
100 %	20	20	20
Kontroll	22	0	0

Observerte immobiliserte *Daphnia magna* etter 24 og 48 timer i kontroller og ulike konsentrasjoner av kjølevann.

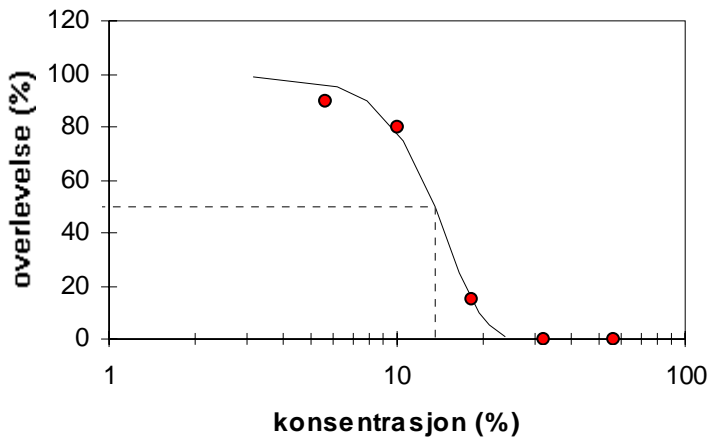


Fig. 1. Effekt av kjølevann på overlevelse av *Daphnia magna* etter 48 timer.

Oslo, 24.03.03

Utført av: Randi Romstad      Testansvarlig:

Torsten Källqvist

Baird, D. J. et al, 1991, A Comparative Study of Genotype Sensitivity to Acute Toxic Stress Using Clones of *Daphnia magna* Strauss, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 21, 257 - 265.  
 Staub, R., 1961, *Ernährungsphysiologische Untersuchungen an der planktischen Blaualge Oscillatoria rubescens*, D. C., Schweiz, Z., *Hydrol*, 23, 82-198.  
 Elendt, B.-P. 1990, *Selenium deficiency in Crustacea; An ultrastructural approach to antennal damage in Daphnia magna* Strauss. *Protoplasma*, 154, 25-33.

## Vedlegg H. Testrapport *Salmo trutta* - kjølevannsavløp 17.03.03

# TESTRAPPORT

Norsk  
Institutt  
for  
Vannforskning

Postboks 173 Kjelsås  
0411 Oslo  
Tel: 22 18 51 00  
Fax: 22 18 52 00

Akutt toksisitet - fisk

*Salmo trutta*

NIVA metode K15

**Teststoff:** Follum Kjølevann  
**Kunde:** Norske Skog, Follum  
Postboks 220  
3501 Hønefoss

**Lab. kode:** B416/2  
**Motatt:** 17.03.03

### Testmetode

Testen er utført i overensstemmelse med "OECD Guidelines for testing of chemicals" (No. 203; Fish, acute toxicity test) og en noe modifisert Norsk Standard, NS 4717; "Bestemmelse av kjemiske produkters og avløpsvanns akutte toksisitet for ferskvannsfisk - semistatisk metode". Forholdet fiskevekt/vannvolum var (2 g/l) og er altså høyere en den foreslåtte fiskebelastning på <1.0 g/l anbefalt i OECD 203. Da denne anbefaling skal sikre at oksygenmetning ikke skal gå under 60 % metning blir dette kompensert i dette tilfelle med lufting av mediet.

### Testorganisme

Årsyngel (0+) av ørret (*Salmo trutta*), med middelvekt 5,7 g og middellengde 7,7 cm. Fisken var hentet fra OFAs oppdrettsanlegg i Sørkedalen 2 uker før testoppstart. Fisk ble ikke foret innen 1 døgn før teststart. Testen ble utført som limit test (kun 100 % testet) da det ble antatt at vannet ikke inneholdt toksiske stoffer

### Test detaljer

Test organisme: Bekkeørret (*Salmo trutta*)  
Test parameter: Mortalitet observert hver dag i 4 dager.  
Opprinnelse av fisk: Oslo Fiskeadministrasjon Oppdrettsanlegg i Sørkedalen  
Inntak av fisk: Fisk ankom Solbergstrand 4 mars 2003  
Dato for oppstart: 17 mars 2003  
Test konsentrasjoner: 100 % kjølevann  
Tillagning av løsninger: 20L kjølevann ble benyttet  
Test Medium: ingen  
Test system: 36 l glass akvarier fylt med 20 l testløsning

### Test betingelser

Lys: 16 timer lys 8 timer mørke  
Temperatur: Målt daglig i kontroll akvariet. Maksimum temperatur var 12.2 °C og



pH:	minimum var 11,8 °C. Målt før og etter vannskift hver dag. Høyeste konsentrasjon start 7,6 slutt 7,3, kontroll hadde 7,4 start og 7,8 slutt
Oksygen:	Målt til å være >90 % fordi alle kar ble luftet kontinuerlig.
Beregning av LC50	Kumulativ prosent mortalitet er plottet mot logaritmen til konsentrasjonen. LC50 er grafisk bestemt.
NOEC	Høyeste konsentrasjon uten toksiske effekter.

#### Utførelse

Forsøket ble utført i glassakvarier med 20 l vann og 10 fisk i hvert kar. Konsentrasjon testet var 100 % av kjølevann som var klar og uten lukt. Testfiskene ble overført til ny løsning hvert døgn (semistatisk metode) og forsøket pågikk i 4 døgn. Fisken ble observert hvert døgn med hensyn til toksiske symptomer og død fisk ble notert og fjernet. Temperaturen under forsøkene var 11,8-12,2 °C.

#### Resultater

I tabell 1 er oppført dødeligheten i hver konsentrasjon av kjølevann. Alle fisk var døde innen 2 døgn ved 100 %. NOEC er basert på høyeste konsentrasjon uten observerbare toksiske effekter. Et sammendrag av resultatene er gjengitt i tabell 3.

#### Avvik fra protokoll

Det var ingen avvik fra protokollen.

Tabell 1. Kumulativt antall døde fisk (% i parentes) ved forskjellig eksponeringstid og konsentrasjon av "Kjølevann fra Follum". LC50 og NOEC ved ulike tidspunkt er angitt nederst i tabellen.

Konsentrasjon %	Timer			
	24	48	72	96
100	7	10	0	0
LC50	<100 %	<100 %	<100 %	<100 %
NOEC	<100 %	<100 %	<100 %	<100 %

#### Konklusjon

Testresultatene for "Kjølevann fra Follum" er summert opp i tabell 2. Da alle fisk døde i denne "limit test", må det en oppfølgende studie for å bestemme en eventuell LC50 verdi.

Tabell 2. Sammendrag av resultater for toksisitetstest ("limit test") med "Kjølevann fra Follum" på fisk (*Salmo trutta*).

	Observasjons tidspunkt			
	24 timer	48 timer	72 timer	96 timer
LC50 (%)	<100	<100	<100	<100
NOEC (%)	<100	<100	<100	<100

Testen utført av: August Tobiesen

Testansvarlig:

August Tobiesen

# Vedlegg I. Testrapport *Selenastrum capricornutum* - renseavløp 31.03.03

## TESTRAPPORT

Alger, veksthemmingstest  
*Selenastrum capricornutum*  
NIVA metode K4



Norsk  
Institutt  
for  
Vannforskning

Postboks 173 Kjelsås  
0411 Oslo  
Tel: 22 18 51 00  
Fax: 22 18 52 00

**Teststoff:** Follum, avløpsvann  
**Kunde:** Follum  
**Adresse:**

**Lab. kode:** B416/3  
**Prøve mottatt:** 31.03.2003

**Testmetode:** ISO 8692: Alga growth inhibition test  
**Organisme:** *Selenastrum capricornutum* NIVA CHL1  
**Testparameter:** Veksthastighet fra start til 72 timer  
**Stamkultur:** Semi-kontinuerlig i 10% Z8 vekstmedium (Staub 1961)  
**Start dato:** 31.03.2003  
**Konsentrasjoner:** 10, 18, 32, 56, 100 %  
**Test medium:** ISO 8692  
**Inkuberingsutstyr:** Gyngebord  
**Dyrkingsflasker:** 100 ml ståkolber med 50 ml medium  
**Lys:** Ca. 75 mE m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>, kontinuerlig fra dagslys-type lysstoffrør  
**Temperatur:** 20,0 – 20,8°C  
**pH i kontroll** Start : 8,2 Slutt: 8,1  
**pH i høyeste konsentrasjon** Start : 7,3 Slutt: 8,3  
**Vekstmåling:** Partikkeltelling med Coulter Multisizer  
**Beregning av EC<sub>50</sub> \*** Probit transformering og lineær regresjon av probit verdier mot log. konsentrasjon  
**Beregning av NOEC \*\*** t-test (p < 0.01)

**Resultater:** Celletetthet på hvert målepunkt, det beregnede areal under vekstkurve og veksthastighet i hver kolbe er vist på vedlagt skjema. Gjennomsnittverdier for kontroller og ulike konsentrasjoner av teststoff er listet lengst ned på skjemaet. Vekstkurver for hver konsentrasjon av teststoffet er vist i figur 1.

Parameter	Enhet	EC <sub>50</sub>	95% konf. int.	EC <sub>10</sub>	95% konf. int.	NOEC
Veksthastighet	%	> 100	-	33	27 - 40	< 10

\* EC<sub>50</sub> = Den konsentrasjon som gir 50% reduksjon av testparameteren i forhold til kontrollkulturer

\*\* NOEC = Høyeste testede konsentrasjon uten signifikant effekt

Oslo, 19.06.2003

Utført av: Randi Romstad Testansvarlig:

Torsten Källqvist

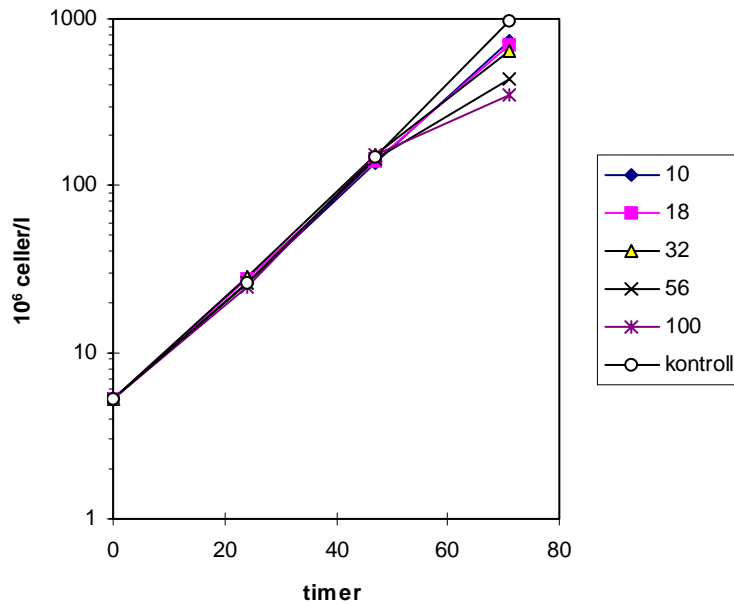


Fig. 1. Vekstkurver for *Selenastrum capricornutum* i ulike konsentrasjoner av avløpsvann.

### Referanser:

ISO/DIS 8692 : Water quality - Algal growth inhibition test

OECD 1984: Guidelines for testing of chemicals, no. 201; Alga, growth inhibition test. OECD, Paris

Staub. R. (1961): Ernährungsphysiologische Untersuchungen an der planktischen Blaualge *Oscillatoria rubescens* D.C. Schweiz. Z. Hydrol. 23: 82-198.

TEST: K4

Date: 31.3.03

COMPOUND: Follum, avløpsvann

Lab. code: B416/3

TEST ALGA: *Selenastrum capricornutum*

Medium: ISO

INOCULUM: 5,30 mill. cells/l

		Day 1	Day 2	Day 3	Area	Area %	G. rate	G. rate %
Conc.	Hours: %	24 mill/l	47 mill/l	71 mill./l				
10	"	27,0	140	729	12360	80	1,66	94
10	"	27,0	132	751	12436	80	1,67	95
10	"	25,0	140	713	12121	78	1,66	94
18	"	27,0	135	670	11534	74	1,64	93
18	"	27,0	136	695	11858	76	1,65	94
18	"	28,0	147	711	12332	80	1,66	94
32	"	28,0	158	642	11762	76	1,62	92
32	"	28,0	146	662	11720	76	1,63	93
32	"	28,0	155	598	11164	72	1,60	91
56	"	27,0	145	419	8757	56	1,48	84
56	"	26,0	150	458	9319	60	1,51	86
56	"	26,0	144	434	8890	57	1,49	85
100	"	25	151	334	7831	51	1,40	79
100	"	25	143	329	7583	49	1,40	79
100	"	25	165	390	8832	57	1,45	82
Control		24,0	152	1045	16363	106	1,79	101
		28,0	152	1031	16289	105	1,78	101
		27,0	160	956	15554	100	1,76	100
		28,0	152	1028	16253	105	1,78	101
		26,0	144	987	15526	100	1,77	100
		22,0	130	814	13027	84	1,70	97

## MEAN VALUES

%

10 Mv:		26,33	137,33	731,00	12305	79,38	1,67	94,50
St. d.		1,15	4,62	19,08	164,38	1,06	0,01	0,50
18 Mv.		27,33	139,33	692,00	11908	76,81	1,65	93,45
St. d.		0,58	6,66	20,66	401,11	2,59	0,01	0,57
32 Mv.		28,00	153,00	634,00	11549	74,50	1,62	91,76
St. d.		0,00	6,24	32,74	334,08	2,16	0,02	1,00
56 Mv.		26,33	146,33	437,00	8989	57,99	1,49	84,62
St. d.		0,58	3,21	19,67	293,70	1,89	0,02	0,86
100 Mv.		25,00	153,00	351,00	8082	52,14	1,42	80,38
St. d.		0,00	11,14	33,87	661,25	4,27	0,03	1,81
Control	Mv.	25,83	148,33	976,83	15502	100,00	1,76	100,00
	St. d.	2,40	10,31	86,31	1269,14	8,19	0,03	1,80
	Coefficient of variation in controls (%):				8,19		1,80	



Konsentrasjon	Antall dyr	Immobiliserte 24 tim.	Immobiliserte 48 tim.
10 %	21	0	0
18 %	20	0	0
32 %	20	1	1
56 %	20	0	0
100 %	20	0	0
Kontroll	20	0	0

Observerert immobiliserte *Daphnia magna* etter 24 og 48 timer i kontroller og ulike konsentrasjoner av avløpsvann.

Oslo, 04.04.03

Utført av: Randi Romstad

Testansvarlig:

\_\_\_\_\_  
Torsten Källqvist

Baird, D. J. et al, 1991, *A Comparative Study of Genotype Sensitivity to Acute Toxic Stress Using Clones of Daphnia magna Strauss*, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 21, 257 - 265.

Staub, R., 1961, *Ernährungsphysiologische Untersuchungen an der planktischen Blaualge Oscillatoria rubescens*, *D. C., Schweiz, Z., Hydrol*, 23, 82-198.

Elendt, B.-P. 1990, *Selenium deficiency in Crustacea; An ultrastructural approach to antennal damage in Daphnia magna Strauss*. *Protoplasma*, 154, 25-33.

# Vedlegg K. Testrapport *Salmo trutta* - renseavløp 31.03.03

## TESTRAPPORT

Akutt toksisitet - fisk

*Salmo trutta*

NIVA metode K15

Norsk  
Institutt  
for  
Vannforskning

Postboks 173 Kjelsås  
0411 Oslo  
Tel: 22 18 51 00  
Fax: 22 18 52 00

Teststoff: Follum Avløp renseanlegg  
Kunde: Norske Skog, Follum  
Postboks 220  
3501 Hønefoss

Lab. kode: B416/3  
Motatt: 31.03.03

### Testmetode

Testen er utført i overensstemmelse med "OECD Guidelines for testing of chemicals" (No. 203; Fish, acute toxicity test) og en noe modifisert Norsk Standard, NS 4717; "Bestemmelse av kjemiske produkters og avløpsvanns akutte toksisitet for ferskvannsfisk - semistatisk metode". Forholdet fiskevekt/vannvolum var (2 g/l) og er altså høyere en den foreslåtte fiskebelastning på <1.0 g/l anbefalt i OECD 203. Da denne anbefaling skal sikre at oksygenmetning ikke skal gå under 60 % metning blir dette kompensert i dette tilfelle med lufting av mediet.

### Testorganisme

Årsyngel (0+) av ørret (*Salmo trutta*), med middelvekt 5,6 g og middellengde 7,5 cm. Fisken var hentet fra OFAs oppdrettsanlegg i Sørkedalen 3 uker før testoppstart. Fisk ble ikke foret innen 1 døgn før teststart. Testen ble utført ved 3 konsentrasjoner 10, 35 og 100 % avløpsvann. Lufting ble benyttet

### Test detaljer

Test organisme: Bekkeørret (*Salmo trutta*)  
Test parameter: Mortalitet observert hver dag i 4 dager.  
Opprinnelse av fisk: Oslo Fiskeadministrasjon Oppdrettsanlegg i Sørkedalen  
Inntak av fisk: Fisk ankom Solbergstrand 4 mars 2003  
Dato for oppstart: 17 mars 2003  
Test konsentrasjoner: 10, 35 og 100 % avløpsvann  
Tillagning av løsninger: Test avløpsvannet ble målt opp i målesylinder og fortynnet med brønnvann  
Test Medium: Brønnvann på Solbergstrand  
Test system: 36 l glass akvarier fylt med 20 l testløsning

### Test betingelser

Lys: 16 timer lys 8 timer mørke  
Temperatur: Målt daglig i kontroll akvariet. Maksimum temperatur var 12 °C og minimum var 11,2 °C.  
pH: Målt før og etter vannskift hver dag. Høyeste konsentrasjon start 8,1 slutt 8,0. Kontroll hadde på dag 3; 7,6 før og 7,7 etter.  
Oksygen: Målt til å være mellom 56,5 % og 92,4 %.

Beregning av LC50 Kumulativ prosent mortalitet er plottet mot logaritmen til konsentrasjonen. LC50 er grafisk bestemt.

NOEC Høyeste konsentrasjon uten toksiske effekter.

#### Utførelse

Forsøket ble utført i glassakvarier med 20 l vann og 7 fisk i hver konsentrasjon av avløpsvann. Konsentrasjoner testet var 10, 35 og 100 % av avløpsvannet som hadde et grumset utseende, med karakteristisk treforedlings lukt. Det var mye partikler i vannet. Avløpsvannet ble målt opp i målesylinder og fortynnet med brønnvann til ønsket konsentrasjon. Testfiskene ble overført til ny løsning hvert døgn (semistatisk metode) og forsøket pågikk i 4 døgn. Fisken ble observert hvert døgn med hensyn til toksiske symptomer og død fisk ble notert og fjernet. Temperaturen under forsøkene var 11,2-12,0 °C.

#### Resultater

I tabell 1 er oppført dødeligheten i hver konsentrasjon av avløpsvann. Det ble ikke observert død fisk eller toksiske symptomer ved 100 %. NOEC er basert på høyeste konsentrasjon uten observerbare toksiske effekter. Et sammendrag av resultatene er gjengitt i tabell 3.

#### Avvik fra protokoll

Det var ingen avvik fra protokollen.

Tabell 1. Kumulativt antall døde fisk (% i parentes) ved forskjellig eksponeringstid og konsentrasjon av "Avløpsvann fra Follum". LC50 og NOEC ved ulike tidspunkt er angitt nederst i tabellen.

Konsentrasjon %	Timer			
	24	48	72	96
10	0	0	0	0
35	0	0	0	0
100	0	0	0	0
LC50	>100 %	>100 %	>100 %	>100 %
NOEC	>100 %	>100 %	>100 %	>100 %

#### Konklusjon

Testresultatene for "Avløpsvann fra Follum" er summert opp i tabell 2.

Tabell 2. Sammendrag av resultater for toksisitetstest med "Avløpsvann fra Follum" på fisk (*Salmo trutta*).

	Observasjons tidspunkt			
	24 timer	48 timer	72 timer	96 timer
LC50 (%)	>100	>100	>100	>100
NOEC (%)	>100	>100	>100	>100

Testen utført av: August Tobiesen

Testansvarlig:

August Tobiesen



# Vedlegg L. Testrapport *Selenastrum capricornutum* - kjølevannsavløp 07.04.03

## TESTRAPPORT

### Alger, veksthemmingstest *Selenastrum capricornutum*

NIVA metode K4



Norsk  
Institutt  
for  
Vannforskning

Postboks 173 Kjelsås  
0411 Oslo  
Tel: 22 18 51 00  
Fax: 22 18 52 00

**Teststoff:** Follum, kjølevann  
**Kunde:** Follum  
**Adresse:**

**Lab. kode:** B416/4  
**Prøve mottatt:** 07.04.2003

**Testmetode:** ISO 8692: Alga growth inhibition test  
**Organisme:** *Selenastrum capricornutum* NIVA CHL1  
**Testparameter:** Veksthastighet fra start til 72 timer  
**Stamkultur:** Semi-kontinuerlig i 10% Z8 vekstmedium (Staub 1961)  
**Start dato:** 08.04.2003  
**Konsentrasjoner:** 3,2, 5,6, 10, 18, 32, 56, 100 %  
**Test medium:** ISO 8692  
**Inkuberingsutstyr:** Gyngebord  
**Dyrkingsflasker:** 100 ml ståkolber med 50 ml medium  
**Lys:** Ca. 75 mE m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>, kontinuerlig fra dagslys-type lysstoffrør  
**Temperatur:** 20,1 – 20,9°C  
**pH i kontroll** Start : 8,1 Slutt: 8,0  
**pH i høyeste konsentrasjon** Start : 8,1 Slutt: 7,9  
**Vekstmåling:** Partikkeltelling med Coulter Multisizer  
**Beregning av EC<sub>50</sub> \*** Probit transformering og lineær regresjon av probit verdier mot log. konsentrasjon  
**Beregning av NOEC \*\*** t-test (p < 0.01)

**Resultater:** Celletetthet på hvert målepunkt, det beregnede areal under vekstkurve og veksthastighet i hver kolbe er vist på vedlagt skjema. Gjennomsnittverdier for kontroller og ulike konsentrasjoner av teststoff er listet lengst ned på skjemaet. Vekstkurver for hver konsentrasjon av teststoffet er vist i figur 1.

Parameter	Enhet	EC <sub>50</sub>	95% konf. int.	EC <sub>10</sub>	95% konf. int.	NOEC
Veksthastighet	%	> 100	-	> 100	-	56

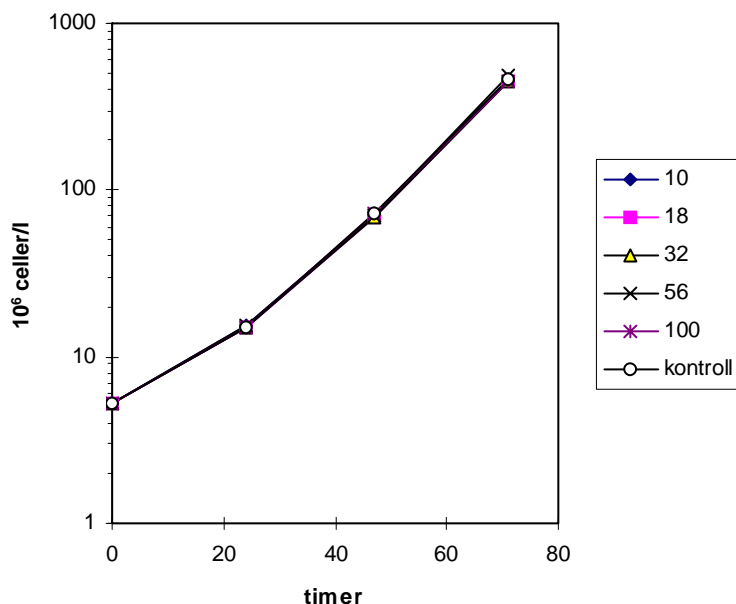
\* EC<sub>50</sub> = Den konsentrasjon som gir 50% reduksjon av testparameteren i forhold til kontrollkulturer

\*\* NOEC = Høyeste testede konsentrasjon uten signifikant effekt

Oslo, 19.06.2003

Utført av: Randi Romstad Testansvarlig:

Torsten Källqvist

Fig. 1. Vekstkurver for *Selenastrum capricornutum* i ulike konsentrasjoner av kjølevann.**Referanser:**

ISO/DIS 8692 : Water quality - Algal growth inhibition test

OECD 1984: Guidelines for testing of chemicals, no. 201; Alga, growth inhibition test. OECD, Paris

Staub, R. (1961): Ernährungsphysiologische Untersuchungen an der planktischen Blaualge *Oscillatoria rubescens* D.C. Schweiz. Z. Hydrol. 23: 82-198.**TEST:** K4**Date:** 8.4.03**COMPOUND:** Follum, kjølevann**Lab. code:** B416/4**TEST ALGA:** *Selenastrum capricornutum***Medium:** ISO**INOCULUM:** 5,20 mill. cells/l

Conc.	Hours: %	Day 1	Day 2	Day 3	Area	Area %	G. rate	G. rate %
		24 mill/l	47 mill/l	71 mill./l				
3,2	"	16,0	70	473	7390	102	1,52	101
3,2	"	15,0	71	481	7486	103	1,53	101
3,2	"	15,0	70	421	6743	93	1,49	98
5,6	"	16,0	71	457	7222	99	1,51	100
5,6	"	15,0	69	430	6827	94	1,49	99
5,6	"	14,0	68	445	6960	96	1,50	99
10	"	16,0	70	480	7474	103	1,53	101
10	"	15,0	70	454	7139	98	1,51	100
10	"	14,0	68	421	6672	92	1,49	98

18 "	16,0	70	483	7510	103	1,53	101
18 "	16,0	72	500	7761	107	1,54	102
18 "	14,0	69	470	7284	100	1,52	101
32 "	14,0	70	460	7187	99	1,52	100
32 "	16,0	74	464	7376	101	1,52	100
32 "	15,0	71	421	6766	93	1,49	98
56 "	15,0	75	468	7424	102	1,52	100
56 "	14,0	71	430	6851	94	1,49	99
56 "	13,0	68	397	6361	87	1,47	97
100 "	16,0	71	358	6034	83	1,43	94
100 "	17,0	75	394	6583	90	1,46	97
100 "	14,0	70	374	6155	85	1,45	95
Control	15,0	72	487	7582	104	1,53	101
	15,0	75	493	7724	106	1,54	102
	14,0	69	391	6336	87	1,46	96
	16,0	74	480	7568	104	1,53	101
	16,0	75	461	7364	101	1,52	100
	15,0	72	446	7090	97	1,50	99

**MEAN VALUES**

3,2% Mv:	15,33	70,33	458,33	7206	99,03	1,51	99,96
St. d.	0,58	0,58	32,58	404,41	5,56	0,02	1,62
5,6% Mv.	15,00	69,33	444,00	7003	96,23	1,50	99,29
St. d.	1,00	1,53	13,53	200,71	2,76	0,01	0,68
10% Mv.	15,00	69,33	451,67	7095	97,50	1,51	99,64
St. d.	1,00	1,15	29,57	402,78	5,53	0,02	1,47
18% Mv.	15,33	70,33	484,33	7518	103,31	1,53	101,23
St. d.	1,15	1,53	15,04	238,85	3,28	0,01	0,69
32% Mv.	15,00	71,67	448,33	7110	97,70	1,51	99,49
St. d.	1,00	2,08	23,76	312,27	4,29	0,02	1,20
56% Mv.	14,00	71,33	431,67	6879	94,52	1,49	98,61
St. d.	1,00	3,51	35,53	532,30	7,31	0,03	1,84
100% Mv.	15,67	72,00	375,33	6257	85,99	1,45	95,52
St. d.	1,53	2,65	18,04	288,65	3,97	0,02	1,07
Control Mv.	15,17	72,83	459,67	7277	100,00	1,51	100,00
St. d.	0,75	2,32	37,88	511,13	7,02	0,03	1,92
Coefficient of variation in controls (%):				7,02		1,92	

# Vedlegg M. Testrapport *Daphnia magna* - kjølevannsavløp 17.03.03

## Testrapport *Daphnia magna*

**Teststoff:** Follum, kjølevann

**Lab. kode:** B416/4

**Kunde:**

**Prøve mottatt:** 07.04.03

**Adresse:**

**Testmetode** ISO 6341, "Water Quality - Determination of the inhibition of the motility of *Daphnia magna*" Metoden er i samsvar med OECD Guideline 202; "Daphnia sp. acute immobilization test"

**Testorganisme** *Daphnia magna*, stamme A. Vedlikeholdt i Elendt M7 og foret med *Selenastrum capricornutum* som er dyrket i 10% Z8 nærings saltløsning. Alder ved teststart < 24 timer.

**Testperiode** 08.04 – 10.04.2003

**Forbehandling av prøve** Tilsatt ISO løsninger

**Fortynningsmedium** ISO

**Testkonsentrasjoner** 10, 18, 32, 56, 100%

**Antall enheter** 4 kar for hver konsentrasjon, med 5-7 dyr pr. kar.

**Testbeholdere** 50 ml polystyren begere med ca. 40 ml medium

**Temperatur** 19.9 – 20.1°C

**pH i kontroll** Start: 7.9 Slutt: 7.9

**pH i høyeste kons.** Start: 7.8 Slutt: 7.8

**Oksygenmetning, 48 t** Kontroll: 8.77 ppm 100 %: 8.09 ppm

**Beregning av EC<sub>50</sub> \*** Probit-analyse (SNV-probit)

### Resultater:

Parameter	Enhet	24 timer			48 timer		
		EC <sub>50</sub>	95% konf. int.	EC <sub>10</sub>	EC <sub>50</sub>	95% konf. int.	EC <sub>10</sub>
Immobilisering	%	>100	-	100	>100	-	100

\*EC<sub>50</sub> = Den konsentrasjon som gir 50% immobilisering av forsøksdyrene.

Konsentrasjon	Antall dyr	Immobiliserte 24 tim.	Immobiliserte 48 tim.
10 %	21	0	0
18 %	20	0	0
32 %	21	0	0
56 %	20	1	1
100 %	20	2	2
Kontroll	21	0	0

Observerert immobiliserte *Daphnia magna* etter 24 og 48 timer i kontroller og ulike konsentrasjoner av kjølevann.

Oslo, 11.04.03

Utført av: Randi Romstad

Testansvarlig:

\_\_\_\_\_  
Torsten Källqvist

Baird, D. J. et al, 1991, *A Comparative Study of Genotype Sensitivity to Acute Toxic Stress Using Clones of Daphnia magna Strauss*, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 21, 257 - 265.

Staub, R., 1961, *Ernährungsphysiologische Untersuchungen an der planktischen Blaualge Oscillatoria rubescens*, *D. C., Schweiz, Z., Hydrol*, 23, 82-198.

Elendt, B.-P. 1990, *Selenium deficiency in Crustacea; An ultrastructural approach to antennal damage in Daphnia magna Strauss*. *Protoplasma*, 154, 25-33.

# Vedlegg N. Testrapport *Salmo trutta* - kjølevannsavløp 07.04.03

## TESTRAPPORT

Norsk  
Institutt  
for  
Vannforskning

Postboks 173 Kjelsås  
0411 Oslo  
Tel: 22 18 51 00  
Fax: 22 18 52 00

Akutt toksisitet - fisk

*Salmo trutta*

NIVA metode K15

**Teststoff:** Follum Kjølevann  
**Kunde:** Norske Skog, Follum  
Postboks 220  
3501 Hønefoss

**Lab. kode:** B416/4  
**Motatt:** 6.04.03

### Testmetode

Testen er utført i overensstemmelse med "OECD Guidelines for testing of chemicals" (No. 203; Fish, acute toxicity test) og en noe modifisert Norsk Standard, NS 4717; "Bestemmelse av kjemiske produkters og avløpsvanns akutte toksisitet for ferskvannsfisk - semistatisk metode". Forholdet fiskevekt/vannvolum var (2 g/l) og er altså høyere en den foreslåtte fiskebelastning på <1.0 g/l anbefalt i OECD 203. Da denne anbefaling skal sikre at oksygenmetning ikke skal gå under 60 % metning blir dette kompensert i dette tilfelle med lufting av mediet.

### Testorganisme

Årsyngel (0+) av ørret (*Salmo trutta*), med middelvekt 5,7 g og middellengde 7,7 cm. Fisken var hentet fra OFAs oppdrettsanlegg i Sørkedalen 2 uker før testoppstart. Fisk ble ikke foret innen 1 døgn før teststart. Testen ble utført ved 5 konsentrasjoner da det i tidligere forsøk med dette kjølevannet ble funnet til å være toksisk.

### Test detaljer

Test organisme: Bekkeørret (*Salmo trutta*)  
Test parameter: Mortalitet observert hver dag i 4 dager.  
Opprinnelse av fisk: Oslo Fiskeadministrasjon Oppdrettsanlegg i Sørkedalen  
Inntak av fisk: Fisk ankom Solbergstrand 4 mars 2003  
Dato for oppstart: 7 April 2003  
Test konsentrasjoner: 3, 10, 18, 35 og 90 % kjølevann  
Tillagning av løsninger: 20L kjølevann ble benyttet  
Test Medium: ingen  
Test system: 36 l glass akvarier fylt med 20 l testløsning

### Test betingelser

Lys: 16 timer lys 8 timer mørke  
Temperatur: Målt daglig i kontroll akvariet. Maksimum temperatur var 12.2 °C og minimum var 11,2 °C.

pH:	Målt før og etter vannskift hver dag. Høyeste konsentrasjon start 7,8 slutt 7,9, kontroll hadde 7,9 start og 7,8 slutt
Oksygen:	Målt til å være >70 % fordi alle kar ble luftet kontinuerlig.
Beregning av LC50	Kumulativ prosent mortalitet er plottet mot logaritmen til konsentrasjonen. LC50 er grafisk bestemt.
NOEC	Høyeste konsentrasjon uten toksiske effekter.

#### Utførelse

Forsøket ble utført i glassakvarier med 20 l vann og 7 fisk i hvert kar. Konsentrasjoner testet var 3, 10, 18, 35 og 90 % av kjølevann som var klar og uten lukt. Testfiskene ble overført til ny løsning hvert døgn (semistatisk metode) og forsøket pågikk i 4 døgn. Fisken ble observert hvert døgn med hensyn til toksiske symptomer og død fisk ble notert og fjernet. Temperaturen under forsøkene var 11,2-12,2 °C.

#### Resultater

I tabell 1 er oppført dødeligheten i hver konsentrasjon av kjølevann. Det var ingen fisk som døde i forsøksperioden. NOEC er basert på høyeste konsentrasjon uten observerbare toksiske effekter. Et sammendrag av resultatene er gjengitt i tabell 2.

#### Avvik fra protokoll

Det var ingen avvik fra protokollen.

Tabell 1. Kumulativt antall døde fisk (% i parentes) ved forskjellig eksponeringstid og konsentrasjon av "Kjølevann fra Follum". LC50 og NOEC ved ulike tidspunkt er angitt nederst i tabellen.

Konsentrasjon %	Timer			
	24	48	72	96
3	0	0	0	0
10	0	0	0	0
18	0	0	0	0
35	0	0	0	0
100	0	0	0	0
LC50	>100 %	>100 %	>100 %	>100 %
NOEC	>100 %	>100 %	>100 %	>100 %

## Konklusjon

Testresultatene for "Kjølevann fra Follum" er summert opp i tabell 2. Det ble ikke observert noen mortalitet i testen og LC50 >100 % og NOEC  $\geq$ 100 %

Tabell 2. Sammendrag av resultater for toksisitetstest med "Kjølevann fra Follum" på fisk (*Salmo trutta*).

	Observasjons tidspunkt			
	24 timer	48 timer	72 timer	96 timer
LC50 (%)	>100	>100	>100	>100
NOEC (%)	$\geq$ 100	$\geq$ 100	$\geq$ 100	$\geq$ 100

Testen utført av: August Tobiesen

Testansvarlig:

\_\_\_\_\_  
August Tobiesen



## **Vedlegg O. Pesticidanalyser**



Pesticidlaboratoriet

Utskriftsdato: 280403  
Prøvenr: 2003-186

NIVA  
Postboks 173 Kjelsås  
0411 OSLO  
Attn: Torleif Bekken

Prosjektnavn: Diverse miljøprøver

Gjelder: NIVA  
0411 OSLO

**ANALYSERAPPORT**

Mottatt dato: 020403

**Prøvenr: 03/186-1 Vann**

Prøveid: 587.1

Uttaksdato: 170303

Metode/ stoff	Metode	Svar	Enhet	Grenseverdi	Best.grense
GC-MULTI VANN	03	Ikke påvist			

**Prøvenr: 03/186-2 Vann**

Prøveid: 587.2

Uttaksdato: 170303

Metode/ stoff	Metode	Svar	Enhet	Grenseverdi	Best.grense
GC-MULTI VANN	03	Ikke påvist			

Kommentar til prøve 2003-186

For opplysninger om søkespekter og bestemmelsesgrenser: se  
"Søkespekter for vannprøver (M03 og M15)", datert 28.03.2003.

Prøvningsresultatene gjelder utelukkende de prøvede objekter.

Opplysninger om målesikkerhet kan fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten kan ikke gjengis i utdrag uten skriftlig godkjenning fra Planteforsk Pesticidlaboratoriet.

Prøven(e) kastes tre måneder etter at analyserapporten er sendt dersom ikke annet er avtalt med oppdragsgiver.

For Planteforsk Pesticidlaboratoriet

Børge Holen  
laboratoriesjef

Side: 1

Adresse: Osloveien 1  
1420 Ås

Telefon: 64 94 95 70

Telefaks: 64 94 95 79



Pesticidlaboratoriet

Utskriftsdato: 280403  
Prøvenr: 2003-187

NIVA  
Postboks 173 Kjelsås  
0411 OSLO  
Attn: Torleif Bekken

Prosjektnavn: Diverse miljøprøver

Gjelder: NIVA  
0411 OSLO

**ANALYSERAPPORT**

Mottatt dato: 020403

**Prøvenr: 03/187-1 Vann**

Uttaksdato: 310303

Prøveid: 674-1

Metode/ stoff	Metode	Svar	Enhet	Grenseverdi	Best.grense
GC-MULTI VANN	03	Ikke påvist			

Kommentar til prøve 2003-187

For opplysninger om søkespekter og bestemmelsesgrenser: se  
"Søkespekter for vannprøver (M03 og M15)", datert 28.03.2003.

Prøvningsresultatene gjelder utelukkende de prøvede objekter.

Opplysninger om måleusikkerhet kan fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten kan ikke gjengis i utdrag uten skriftlig godkjenning fra Planteforsk Pesticidlaboratoriet.

Prøven(e) kastes tre måneder etter at analyserapporten er sendt dersom ikke annet er avtalt med oppdragsgiver.

For Planteforsk Pesticidlaboratoriet

Børge Holen  
laboratoriesjef

Side:

Adresse: Osloveien 1

Telefon: 64 94 95 70

Telefaks: 64 94 95 70



## SØKESPEKTER FOR VANNPRØVER (M03 OG M15)

<u>Pesticid</u>	<u>Gruppe</u>	<u>Bestemmelses- grense <math>\Phi</math></u>	<u>Metode</u>
Aklonifen	Ugrasmiddel	0,02 $\mu\text{g/l}$	GC-MULTI M03
Alfacypermetrin	Insektmiddel	0,05 "	"
Atrazin	Ugrasmiddel	0,02 "	"
Atrazin-desetyl *	Metabolitt	0,02 "	"
Atrazin-desisopropyl	Metabolitt	0,02 "	"
Azinfosmetyl	Insektmiddel	0,05 "	"
Cyprodinil	Soppmiddel	0,02 "	"
Cyprokonazol	Soppmiddel	0,02 "	"
DDD- p,p'	Metabolitt	0,02 "	"
DDE- p,p'	Metabolitt	0,02 "	"
DDT- o,p'	Insektmiddel	0,02 "	"
DDT- p,p'	Insektmiddel	0,02 "	"
Diazinon	Insektmiddel	0,02 "	"
2,6-diklorbenzamid (BAM)	Metabolitt	0,05 "	"
Dimetoat	Insektmiddel	0,02 "	"
Endosulfan-alfa	Insektmiddel	0,02 "	"
Endosulfan-beta	Insektmiddel	0,02 "	"
Endosulfan sulfat	Metabolitt	0,02 "	"
Esfenvalerat	Insektmiddel	0,05 "	"
Fenitrotrion	Insektmiddel	0,02 "	"
Fenpropimorf	Soppmiddel	0,02 "	"
Fenvalerat	Insektmiddel	0,05 "	"
Fluazinam	Soppmiddel	0,02 "	"
Imazalil	Soppmiddel	0,1 "	"
Iprodion	Soppmiddel	0,02 "	"
Klorfenvinfos	Insektmiddel	0,02 "	"
Klorprofam	Ugrasmiddel	0,05 "	"
Lambdaacyhalotrin	Insektmiddel	0,05 "	"
Lindan	Insektmiddel	0,02 "	"
Linuron	Ugrasmiddel	0,05 "	"
Metalaksyl	Soppmiddel	0,05 "	"
Metamitron *	Ugrasmiddel	0,05 "	"
Metribuzin	Ugrasmiddel	0,02 "	"
Penkonazol	Soppmiddel	0,02 "	"
Permetrin	Insektmiddel	0,05 "	"
Pirimikarb	Insektmiddel	0,02 "	"
Prokloraz	Soppmiddel	0,05 "	"
Propaklor	Ugrasmiddel	0,02 "	"
Propikonazol	Soppmiddel	0,05 "	"
Pyrimetamil	Soppmiddel	0,02 "	"
Simazin	Ugrasmiddel	0,02 "	"
Tebukonazol	Soppmiddel	0,05 "	"
Terbutylazin	Ugrasmiddel	0,02 "	"
Tiabendazol	Soppmiddel	0,05 "	"
Vinklozolin	Soppmiddel	0,02 "	"
Bentazon	Ugrasmiddel	0,02 "	GC/MS-MULTI M15
2,4-D	Ugrasmiddel	0,02 "	"
Dikamba	Ugrasmiddel	0,02 "	"
Diklorprop	Ugrasmiddel	0,02 "	"
Flamprop	Ugrasmiddel	0,1 "	"
Fluroksypyr	Ugrasmiddel	0,1 "	"
Klopyralid	Ugrasmiddel	0,1 "	"
Kresoksim	Metabolitt	0,05 "	"
MCPA	Ugrasmiddel	0,02 "	"
Mekoprop	Ugrasmiddel	0,02 "	"

For flere opplysninger om bestemmelsesgrenser og metoder: se baksiden av arket.

## **Vedlegg P. Kjemidata**

Merket	Prøve		pH	KOND mS/m	TURB860 FNU	STS/L mg/l	SGR/L mg/l	FARG mg Pt/l	Tot-P/L µg/l P	Tot-N/H mg/l N	Tot-N/L µg/l N	NO3-N µg/l N
	Tatt	Type										
			A 1	A 2	A 4-2	B 2	B 2	A 5	D 2-1	D 6-2	D 6-1	C 4-3
1 Hofsfoss	20030318	fersk	6,96	2,21	0,87	0,6	<0.4	13,2	3		265	
2 Hønefoss Kraft st.	20030318	fersk	6,92	3,52	1,3	1	<0.4	15,5	4		350	
4 Busund	20030318	fersk	7,18	4,31	0,96	0,6	<0.4	16,6	3		450	
Randselva	20030318	fersk	7,34	4,93	0,55	<0.4	<0.4	20,1	5		510	
Avløp	20030317	fersk	6,37	154						7,8		
Kjølevann	20030317	avløp	6,87	4,42					8		350	
Follum mix		avløp										
Follum Avløp	20030331	avløp	6,67	158						6		
Follum Avløp	20030324	avløp	6,5	187						12,2		
Storelva v/Busund		fersk	6,92	3,15	0,8	1,8	0,9	16,6	7		410	
Begna v/utl Hønefoss kr st		fersk	6,74	2,45	0,7	1,4	0,5	17	12		320	
Randselva v/Hvalsmoen		fersk	7,36	5,82	0,75	0,7	0,5	22,8	4		625	
Begna v/Hofrfoss		fersk	6,79	2,12	0,9	0,8	0,8	17,8	3		305	
Storelva v/Busund	20030522	fersk	7,04	3,14	0,9	1,9	1,4	18,2	3		385	
Begna v/utløp Hønefoss Kr.	20030522	fersk	6,86	2,21	0,71	0,9	0,4	15,9	3		305	
Randelva v/Hvalsmoen	20030522	fersk	7,35	4,94	0,72	0,6	0,2	20,9	3		550	
Begna v/Hofrfoss	20030522	fersk	6,89	2	0,68	0,8	0,3	15,9	3		280	
Storelva v/Busund	20030618	fersk	7,07	3,38	0,9	1,4	1	20,5	5		400	
Begna v/utløp Hønefoss	20030618	fersk	6,84	2,46	0,78	1,2	0,6	19,4	4		295	
Randselva v/Hvalsmoen	20030618	fersk	7,38	4,82	0,54	0,8	0,4	20,9	10		535	
Begna v/Hofnfoss	20030618	fersk	6,87	1,94	0,93	1,1	0,7	19,4	3		315	
Tyrifjorden umerket		fersk							3		440	275
Tyrifjorden	20030624	fersk							3		410	265
Tyrifjorden	20030708	fersk							4		400	240
Tyrifjorden	20030722	fersk							5		455	220
Storelva v/Busund	20030722	fersk	7,25	3,96	1,02	1,1	0,5		5		395	
Begna v/utløp Hønefoss	20030722	fersk	6,99	3,24	0,92	1,37	0,56		5		300	
Randselva v/Hvalsmoen	20030722	fersk	7,36	4,57	0,56	0,85	0,47		4		495	
Begna v/Hofsfoss	20030722	fersk	6,95	2,18	0,68	0,96	0,32		3		295	
Tyrifjorden	20030805	fersk							4		480	235
Storelva v/Busund	20030819	fersk	6,99	3,4	0,88	0,85	0,3		4		360	
Begna v/utløp Hønefoss	20030819	fersk	6,89	2,51	1,2	1,1	0,3		4		250	

Randselva v/Hvalsmoen	20030819	fersk	7,24	4,46	0,67	0,7	0,5	4	460	
Begna v/Hofsfooss	20030819	fersk	6,89	2,1	0,95	0,9	0,5	3	250	
Tyrifjorden	20030819	fersk						3	395	220
Tyrifjorden	20030902	fersk						3	395	215
Tyrifjorden	20030916	fersk						4	390	225
Storelva Busund	20030924	fersk	7	4,28	14,5	12,4	10,8	12	530	
Begna Hønefoss	20030924	fersk	6,86	3,27	4,28	4	3,4	7	410	
Begna Hofsfoss	20030924	fersk	6,66	2,24	0,87	<0,8	<0,8	3	255	
Randselva Hvalsmoen	20030924	fersk	7,1	5,29	13,9	17,2	15,8	19	625	
Tyrifjorden	20030930	fersk						3	430	260
Randselva v/Hvalsmoen	20031021	fersk	7,23	4,59	0,41	<0,8	<0,8	2	505	
Storelva v/Busund	20031021	fersk	7,13	4,03	0,58	<0,8	<0,8	4	455	
Begna v/utl. Hønefoss Kraftst.	20031021	fersk	7,02	3,03	0,72	<0,8	<0,8	6	320	
Begna v/Hofsfooss	20031021	fersk	6,91	2,08	0,57	<0,8	<0,8	2	285	
Busund Storelva	20031125	fersk	7,03	4	0,81	1	<0,4	7	460	
Begna Hønefoss	20031125	fersk	6,7	3,33	0,6	0,8	<0,4	4	345	
Randselva Hvalsmoen	20031125	fersk	7,21	4,93	1,5	1,3	1	4	520	
Begna Hofsfoss	20031125	fersk	6,8	2,12	0,49	0,6	<0,4	2	285	
Storelva Busund	20031216	fersk	7,09	3,97	1	0,8	0,4	4	460	
Begna Hønefoss	20031216	fersk	6,82	3,17	1,2	1,2	0,2	4	340	
Randselva Hvalsmoen	20031216	fersk	7,27	4,73	0,91	1	0,2	2	495	
Begna Hofsfoss	20031216	fersk	6,82	2,11	1,4	1,2	0,6	3	280	
Begna Hønefoss	20040120	fersk	6,81	3,09	0,55	0,6	<0,4	4	325	
Begna Hofsfoss	20040120	fersk	6,8	2,15	0,33	0,4	<0,4	2	295	
Storelva Busund	20040120	fersk	7,07	4,04	0,53	0,7	<0,4	3	450	
Randselva Hvalsmoen	20040120	fersk	7,27	4,76	0,5	0,4	<0,4	3	510	
Begna Hønefoss	20040218	fersk	6,78	2,79	0,67	1,1	0,4	3	295	
Begna Hofsfoss	20040218	fersk	6,77	2,13	0,47	<0,4	<0,4	2	275	
Randselva Hvalsmoen	20040218	fersk	7,16	4,52	0,34	<0,4	<0,4	2	485	
Storelva Busund	20040218	fersk	7,03	3,72	0,43	0,5	<0,4	3	410	

Merket	Prøve		TOC	TOC/DC	CN/T	BOD5	COD/Cr	COD/Mn	Al/A	Al/R	Al/II
	Tatt	Type	mg/l C G 4-2	mg/l C G 5-4	µg/l Ekstern	mg O/l Intern*	mg O/l G 2	mg O/l Ekstern	µg/l E 3-1	µg/l E 3-2	µg/l E 3-2
1 Hofsfoss	20030318	fersk	2,3					3	17	15	11
2 Hønefoss Kraft st.	20030318	fersk	4,2					5	31	25	16
4 Busund	20030318	fersk	3,8					5	26	16	7
Randselva	20030318	fersk	3,6					4	21	16	7
Avløp	20030317	fersk		250	600	232	696		1504	837	356
Kjølevann	20030317	avløp	6,4		20	5	33		94	19	11
Follum mix		avløp					542		1168	321	184
Follum Avløp	20030331	avløp		258	330	247	717		1504	481	276
Follum Avløp	20030324	avløp		267		279	746		2608	481	263
Storelva v/Busund		fersk	3,3					4	51	9	8
Begna v/utl Hønefoss kr st		fersk	3,4					5	84	25	22
Randselva v/Hvalsmoen		fersk	3,9					6	41	18	12
Begna v/Hofrfoss		fersk	3					6	44	23	21
Storelva v/Busund	20030522	fersk	3,2					4	46	13	8
Begna v/utløp Hønefoss Kr.	20030522	fersk	2,7					4	46	16	10
Randelva v/Hvalsmoen	20030522	fersk	3,6					5	30	17	9
Begna v/Hofrfoss	20030522	fersk	2,4					4	39	12	10
Storelva v/Busund	20030618	fersk	3,6					5	55	21	14
Begna v/utløp Hønefoss	20030618	fersk	3,5					5	66	20	16
Randselva v/Hvalsmoen	20030618	fersk	3,9					5	41	23	14
Begna v/Hofnfoss	20030618	fersk	3,2					4	55	15	9
Tyrifjorden umerket		fersk									
Tyrifjorden	20030624	fersk									
Tyrifjorden	20030708	fersk									
Tyrifjorden	20030722	fersk									
Storelva v/Busund	20030722	fersk	3,6					4	60	25	17
Begna v/utløp Hønefoss	20030722	fersk	3,5					5	101	32	24
Randselva v/Hvalsmoen	20030722	fersk	3,6					5	27	16	9
Begna v/Hofsfoss	20030722	fersk	2,9					4	31	11	8
Tyrifjorden	20030805	fersk									
Storelva v/Busund	20030819	fersk	3,4					4	31	12	8
Begna v/utløp Hønefoss	20030819	fersk	3,7					5	58	17	11



Randselva v/Hvalsmoen	20030819	fersk	3,6	5	23	12	<5
Begna v/Hofsfooss	20030819	fersk	2,8	4	25	9	<5
Tyrifjorden	20030819	fersk					
Tyrifjorden	20030902	fersk					
Tyrifjorden	20030916	fersk					
Storelva Busund	20030924	fersk	3,4	4	206	22	15
Begna Hønefoss	20030924	fersk	3,8	4	118	18	12
Begna Hofsfoss	20030924	fersk	2,7	3	30	11	6
Randselva Hvalsmoen	20030924	fersk	4,2	5	270	18	13
Tyrifjorden	20030930	fersk					
Randselva v/Hvalsmoen	20031021	fersk	3,5	5	36	15	11
Storelva v/Busund	20031021	fersk	3,6	5	57	23	12
Begna v/utl. Hønefoss							
Kraftst.	20031021	fersk	3,5	5	99	43	22
Begna v/Hofsfooss	20031021	fersk	2,7	4	40	16	11
Busund Storelva	20031125	fersk	3,4	4	79	26	15
Begna Hønefoss	20031125	fersk	5	5	91	35	21
Randselva Hvalsmoen	20031125	fersk	3,5	4	50	16	6
Begna Hofsfoss	20031125	fersk	2,6	3	42	16	10
Storelva Busund	20031216	fersk	3,4	5	65	26	18
Begna Hønefoss	20031216	fersk	5,1	6	95	37	28
Randselva Hvalsmoen	20031216	fersk	3,3	4	33	18	11
Begna Hofsfoss	20031216	fersk	2,7	4	57	20	15
Begna Hønefoss	20040120	fersk	3,1	4	100	38	26
Begna Hofsfoss	20040120	fersk	2,5	3	31	16	13
Storelva Busund	20040120	fersk	3,4	4	55	21	14
Randselva Hvalsmoen	20040120	fersk	3,8	4	30	9	7
Begna Hønefoss	20040218	fersk	2,7	3	70	28	17
Begna Hofsfoss	20040218	fersk	2,2	3	27	17	11
Randselva Hvalsmoen	20040218	fersk	3,6	5	23	18	9
Storelva Busund	20040218	fersk	3,1	4	42	21	11