

RAPPORT LNR 3662-97

**Vannkvalitetsovervåking
i Tyrifjorden, Steinsfjorden
og tilløpselvene Storelva
og Sogna, 1996**

Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00

Sørlandsavdelingen

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

Østlandsavdelingen

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

Vestlandsavdelingen

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

Akvaplan-NIVA A/S

Søndre Tollbugate 3
9000 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Vannkvalitetsovervåking i Tyrifjorden, Steinsfjorden og tilløpselvene Sogna og Storelva, 1996.	Løpenr. (for bestilling) 3662-97	Dato 15. februar 1997
	Prosjektnr. Undernr. O-96166	Sider Pris 36
Forfatter(e) Pål Brettum	Fagområde Vassdrag	Distribusjon
	Geografisk område Buskerud	Trykket NIVA

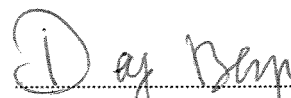
Oppdragsgiver(e) Fylkesmannen i Buskerud	Oppdragsreferanse
---------------------------------------------	-------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Ut fra analyseresultater for 1996 synes den bedringen av vannkvaliteten som en har registrert i Tyrifjorden de senere årene å fortsette. Gjennomsnittlig fosforinnhold var 3.8 µg/l P og gjennomsnittlig algeinnhold var bare 1.6 µg/l Chl-a. Siktedypet varierte i hovedsak mellom 7.5 og 8 m. Det ble bare registrert termotabile kolif.bakterier (44°C) i et par prøver, og da kun med 1 og 2 pr.100 ml, noe som er bedre enn tidligere. Bedringen skyldes bedre vannkvalitet i Storelva, som på grunn mer effektiv rensing av kommunale utslipp ved Monserud rensesanlegg og nytt rensesanlegg ved Follum fabrikker, har ført til redusert innhold og dermed transport av fosfor og organisk materiale. En viss økning av TOC utover høsten og svært høyt bakterieinnhold i elvevannet ved et par tilfelle, henger sannsynligvis sammen med raskt økende nedbør og utvasking til elven fra nedbørfeltet etter lengre tørkeperiode. I Steinsfjorden var det i 1996 et moderat innhold av planktonalger gjennom vekstsesongen, men en økning skjedde utover høsten. Middelverdien for klorofyll var 4.5 µg/l Chl-a (maks 11 µg/l) og algevolumet 520 mm³/m³ (maks 963 mm³/m³). Dette er lavere enn i 1995 og viser middels næringsrike, mesotrofe, vannmasser. (Kvantitativ planteplanktonprøve fra november, da klorofyllverdien var høyest, ble ikke samlet inn. Planteplanktonvolumet fra dette tidspunktet ville ha økt både middelverdien og maksimumsverdien for algevolum noe, men ikke endret konklusjonene). Middelverdien for fosfor lå på 9.7 µg/l P, nitrogen på 275 µg/l N og siktedypet varierte mellom 3 og 6.5 m. Selv om registreringene i 1996 viser noe bedre forhold enn i 1995, viser utviklingen gjennom årene ingen tydelig bedringstrend så langt i Steinsfjorden. Forholdene i Sogna viser ingen store endringer sammenlignet med forholdene i 1990-91. Fortsatt er bakterieinnholdet til tider stort.</p>

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Vassdragsovervåking Eutrofiering Tyrifjorden Steinsfjorden 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Water pollution monitoring Eutrophication Lake Tyrifjorden Lake Steinsfjorden
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------


Prosjektleder

ISBN 82-577-3224-9


Forskningsjef

O-96166

**Vannkvalitetsovervåking i Tyrifjorden,
Steinsfjorden og tilløpselvene Storelva og Sogna,
1996**

Forord

Denne rapporten gir en sammenstilling av forurensningsbeskrivende analyseresultater samlet inn fra Tyrifjorden, Steinsfjorden og de viktigste tilløpselvene, Storelva og Sogna, i 1996. Undersøkelsene ble finansiert av Ringerike kommune, Hole kommune, Norske Skog (Follum fabrikk) og Fylkesmannen i Buskerud.

Som basis for analysene ble det samlet inn prøver jevnt fordelt gjennom vekstsesongen mai-november i innsjøene, og i perioden april-desember i tilløpselvene. Analyseresultatene for 1996 er sammenlignet med tidligere relevante data fra de samme lokaliteter. Innsamling av vannprøver for kjemiske og bakteriologiske analyser er utført av personell fra Ringerike og Hole kommuner, som også gjorde feltobservasjonene.

De kjemiske analysene er utført ved Buskerud Vann- og Avløpscenter A/S (BUVA), mens de bakteriologiske analysene er utført ved Næringsmiddeltilsynet for Ringeriksregionen.

De innsamlete kvantitative planteplanktonprøvene er analysert med hensyn på algemengde- og sammensetning, av Pål Brettum. Han har også utformet og står ansvarlig for denne rapporten.

Oslo, 15. februar 1997

Pål Brettum

Innhold

Sammendrag	5
Tyrifjorden	5
Steinsfjorden	5
Tilløpselvene	6
Sogna	6
Storelva	7
Fargeplansje tilstand	8
Fargeplansje egnethet	9
Innledning	10
Bakgrunn	10
Nedbørfelt	10
Geologi	10
Klimatiske forhold	12
Befolkningen	12
Forurensningskilder	12
Innsjø morfometri og hydrologi	12
Materiale og metoder ved undersøkelsene i 1996	13
Resultater og diskusjon	15
Temperatur og nedbør	15
Vannføring	15
Eutrofirelaterte parametre i Tyrifjorden	18
Eutrofirelaterte parametre i Steinsfjorden	20
Planteplanktonet i Steinsfjorden i 1996	20
De bakteriologiske forhold i Tyrifjorden og Steinsfjorden	23
Variasjoner i en del parametre fra elvestasjonene	23
Partikulært materiale	23
Turbiditet	24
Totalt organisk karbon (TOC)	24
Total fosfor	24
Total nitrogen	27
Bakterieinnholdet i Sogna og Storelva	27
Fosforkonsentrasjon og transport i Storelva ulike år	27
Vannkvalitetsklassifisering	29
Litteratur	32
Vedlegg	33

Sammendrag

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) har, etter oppdrag fra Fylkesmannen i Buskerud, sammenstilt analyseresultater av vannprøver samlet for 1996 i Tyrifjorden, Steinsfjorden, Storelva (ved Busund) og Sogna (ved Ask bru), og sammenlignet disse med resultater fra tidligere år. De kjemiske analysene er utført av Buskerud Vann og Avløpssenter A/S (BUVA), bakterieanalysene av Næringsmiddeltilsynet for Ringeriksregionen og planteplanktonanalysene av NIVA.

Feltobservasjonene og prøvetaking er utført av personell ved Hole og Ringerike kommuner.

Denne undersøkelsen er en overvåking av vannkvaliteten i Tyrifjorden, Steinsfjorden og de viktigste tilløpselvene Storelva og Sogna for å beskrive forurensningssituasjonen nå og utviklingen gjennom de senere årene.

Hensikten har bl.a. vært å se om den gunstige utviklingen som en har registrert med hensyn til fosfor og algemengde i Tyrifjorden har stabilisert seg på et akseptabelt nivå, og å se på utviklingen i Steinsfjorden i lys av tiltak i nedbørfeltet for å redusere forurensningstilførslene.

1996 var et forholdsvis tørt år, med lite nedbør på ettervinteren og tidlig vår. Det var også fint vær i sommermånedene juni og juli. I mai og august kom det noe mer nedbør enn normalt, mens september var relativt tørr. Lite snø i fjellet vinteren 1995-96 ga liten avrenning til elvene om våren, og vårfloppen uteble. Dette førte til mindre transport av erosjonspartikler til elvene og mindre avrenning fra jordbruksområder samt lekkasje og overløp fra kloakksystemer.

Tyrifjorden

Vannkvaliteten i Tyrifjordens frie vannmasser var god i 1996, med resultater for fosfor og klorofyll (et mål for algebiomasse) og siktedyp i underkant av resultatene for 1990-91 og tidligere år. Middelerdien for totalfosfor lå på 3.8 µg/l P og for klorofyll på 1.6 µg/l Chl-a. Siktedypet varierte i hovedsak mellom 7.5 og 8 m, også dette gjennomgående bedre enn målingene fra tidligere år.

Selv om det ved et par prøvetakingstidspunkter ble registrert termotolerante koliforme bakterier (44°C) (1 og 2 pr. 100 ml) i de bakteriologiske prøvene, er dette likevel en bedring sammenlignet med resultatene i 1990. Mengden av fosfor fra Storelva til Tyrifjorden er markert redusert gjennom 90-årene som vel i hovedsak skyldes nytt renseanlegg ved Follum fabrikker og bedre forhold med hensyn til tilknytning og rensing av sanitære avløp til kommunale renseanlegg. Resultatene for nitrogeninnholdet i Tyrifjorden viste ikke den samme tendensen. Disse har de siste årene vist en liten økning. Som helhet viser tilstandsvurderinger for Tyrifjordens vannmasser tilstandsklasse I(-II), det vil si mellom beste og nest beste, eller "god" og "mindre god" men nærmere "god", tilstandsklasse ifølge SFT's "Klassifisering av miljøkvalitet" (Holtan og Rosland 1992).

Steinsfjorden

I Steinsfjorden ble det, ved siden av de kjemiske og bakteriologiske parametre, også analysert på innsamlete kvantitative planteplanktonprøver. Disse viste ikke spesielt store algebiomasser (volumer), med et registrert maksimum i oktober på i underkant av 1000 mm³/m³ og et gjennomsnitt for vekstsesongen på ca 520 mm³/m³. Dessverre ble det ikke samlet inn prøve for kvantitativ planteplanktonanalyse i november, da klorofyllinnholdet i vannmassene viste maksimum. En slik prøve ville ha økt gjennomsnittet, men ikke endret på konklusjonene. Kiselalgene (Bacillariophyceae) var den dominerende gruppen sesongen sett under ett, mens blågrønnalgene (Cyanophyceae) hadde en større andel av det samlede planteplankton om våren og høsten. I november, da klorofyllverdien viste maksimum, viser utviklingen utover høsten at andelen blågrønnalger på dette tidspunktet antagelig

dominerte planteplanktonsamfunnet. Gullalger (Chrysophyceae) utgjorde en viktig, men ikke dominerende andel av planktonet.

De registrert algemengder, gruppesammensetning og dominerende arter viser middels næringsrike, mesotrofe vannmasser i Steinsfjorden. Variasjonene i klorofyll fulgte svært godt variasjonen i registrert algevolum gjennom vekstsesongen, med et forhold klorofyll/algevolum for hvert prøvetakingstidspunkt som virker riktig ut fra erfaring. (Ut fra klorofyllverdien kan en anta at algevolumet ved prøvetakingstidspunktet i november, da prøve for kvantitativ analyse av planteplankton ikke ble samlet inn, lå omkring 1200 - 1300 mm³/m³).

Som gjennomsnitt for vekstsesongen lå klorofyllmengden i 1996 i Steinsfjorden på 4.5 µg/l Chl-a. Dette er lavere enn i 1995, men det er tydelig at algemengden varierer en del i Steinsfjorden fra år til år, noe som også resultatene fra 1990 og 1991 viste. Klorofyllmengden som middelverdier har variert tildels mye gjennom perioden 1972-96.

Også i Steinsfjorden var middelverdien for fosfor for sesongen 1996 lavere enn foregående år og blant de laveste for alle registreringsårene 1978-96. Middelverdien var på 9.7 µg/l P. Gjennomsnittet for totalnitrogen var på 275 µg/l N omtrent som i 1995 og betydelig lavere enn i Tyrifjorden, noe som viser at det er liten utveksling av vann mellom Tyrifjorden og Steinsfjorden. Verdiene er noe høyere enn i 1990-91, og viser ingen nedgang ser en perioden 1981-96 under ett.

Siktedypet i Steinsfjorden varierte mellom 3 og 6.5 m med et snitt på 4.7 m som viser gjennomgående noe klarere vann enn i 1995. Det ble ikke registrert termostabile koliforme bakterier (44°C) i prøvene fra Steinsfjorden i 1996. Som helhet viser tilstandsvurderingen for Steinsfjorden tilstandsklasse II(-III), det vil si "mindre god" med en tendens mot "nokså dårlig" tilstand.

Tilløpselvene

Sogna

På grunn av lite snø i fjellet vinteren 1995-96 og relativt lite nedbør utover våren, uteble vårfloppen i elvene. Dette førte til mindre partikkeltransport i form av erosjonspartikler. Tidlig på våren, mens partikkelinnholdet var stort, var det i alt vesentlig uorganiske partikler, erosjonspartikler. Utover sommeren ble det mer organisk materiale i partiklene. Turbiditetsverdiene viser på samme måte som partikulært stoff en topp i april-mai og deretter lave verdier det meste av sesongen men med en økning igjen sent på høsten. Totalt organisk karbon (TOC) viser også en jevn nedgang til et minimum i august-september og deretter en økning igjen utover høsten. Verdiene samlet er forholdsvis høye. De viser et betydelig innhold av humustoffer i vannet og at det meste av det organiske materialet foreligger løst i vannmassene og ikke bundet til partikler.

Totalfosfor har i hovedsak samme utvikling gjennom sesongen som TOC, turbiditet og partikulært materiale med maksimum om våren før vegetasjonen binder opp fosfatet. Også totalnitrogen viste maksimum i perioden da det biologiske opptaket fra jorder, skog og mark var lite. Minimum i elvevannet ble registrert i juli-august da dette opptaket var maksimalt. Innholdet av termotolerante koliforme tarmbakterier (44°C) varierte, men var til tider forholdsvis høyt. 180 pr. 100 ml var det høyeste registrerte, og dette viser en betydelig bakteriologisk forurensning som antagelig skyldes utslipp fra tettstedene Sokna og Veme og hus langs elven med mer eller mindre direkte utslipp av kloakk til elvevannet.

Basert på analyseresultatene samlet for 1996 ligger Sogna i tilstandsklasse III "nokså dårlig" med en tendens mot klasse IV "dårlig".

Storelva

Fosfortransporten i Storelva, basert på beregning av vannføringen ved stasjon Busund og gjennomsnittet av fosforinnholdet gjennom sesongen, viser et lavere nivå gjennom 90-årene sammenlignet med tidligere, og resultatene både for middelerdi totalfosfor i 1996, som var på 7.9 µg/l P, og beregnet transport på drøyt 30 tonn pr. år, føyer seg positivt til de andre registreringene i 90-årene. Dette viser at tiltak med mer effektiv rensing av utslipp til elven ovenfor stasjonen, i første rekke fra Monserud rensanlegg og rensanlegget ved Follum fabrikk, har gitt resultater. Redusert fosfortilførsel i Storelva registrerte en også ved markert nedgang i fosforinnholdet i vannmassene i Tyrifjorden i samme periode.

Totalt organisk karbon (TOC) økte utover ettersommeren og høsten fra 3.7 mg/l C i juli til 7.4 mg/l C i oktober, for deretter å avta igjen. Dette må skyldes økt nedbør og avrenning med tilførsler av humusstoffer til elvevannet etter den tørre sommeren.

Hadde en registrert økningen i TOC i perioder med liten vannføring og/eller lite nedbør kunne en mistenke at årsaken var økte utslipp, men det var ikke tilfelle.

Liten vannføring i august-september, samtidig med økende nedbøraktivitet og utvasking fra nedbørfeltet etter lengre tørkeperiode, er sannsynligvis også årsaken til den økningen en registrerte i innholdet av fosfor og nitrogen i august-september.

Innholdet av termostabile koliforme bakterier (44°C) varierte svært på denne stasjonen. Ved et par tidspunkter ble det registrert hele 1700 pr.100 ml prøve, og mer. Dette var på tidspunkter med raskt økende nedbørsintensitet og avrenning etter lengre perioder med lite nedbør. Under slike forhold vil en få en del lekkasje og overløp fra kloakksystemet slik at ikke alt når rensanlegget.

Basert på en vurdering av analyseresultatene samlet for 1996 må en sette tilstanden i Storelva til tilstandsklasse III, "nokså dårlig" med en tendens mot klasse IV "dårlig", i første rekke basert på bakterieinnholdet.

Vannkvalitetens egnethet for ulike formål

Tyrifjorden

Bruksform	Fosfor	Nitrogen	Klorofyll	Siktedyp	Bakterier	Samlet
Drikkevann Jordvann, bær og grønnsaker						
Jordvanning (åker og eng)						
Friluftsbad og rekreasjon						

Steinsfjorden

Bruksform	Fosfor	Nitrogen	Klorofyll	Siktedyp	Bakterier	Samlet
Drikkevann Jordvann, bær og grønnsaker						
Jordvanning (åker og eng)						
Friluftsbad og rekreasjon						

Sogna (Ask bru)

Bruksform	Fosfor	Nitrogen	TOC	Turbiditet	Susp.st.	Bakterier	Samlet
Drikkevann Jordvann, bær og grønnsaker							
Jordvanning (åker og eng)							
Friluftsbad og rekreasjon							





Storelva (Busund)

Bruksform	Fosfor	Nitrogen	TOC	Turbiditet	Susp.st.	Bakterier	Samlet
Drikkevann Jordvann, bær og grønnsaker							
Jordvanning (åker og eng)							
Friluftsbad og rekreasjon							







Godt egnet Eget Mindre egnet Ikke egnet

Klassifisering av tilstand








Tyrifjorden

Fosfor	Nitrogen	Klorofyll	Siktedyp	Bakterier	Samlet
					








Steinsfjorden






Fosfor	Nitrogen	Klorofyll	Siktedyp	Bakterier	Samlet
					

Sogna (Ask bru)

Fosfor	Nitrogen	TOC	Turbiditet	Susp.st.	Bakterier	Samlet
						

Storelva (Busund)

Fosfor	Nitrogen	TOC	Turbiditet	Susp.st.	Bakterier	Samlet
						

"God" klasse I  "Mindre god" klasse II  "Nokså dårlig" klasse III 
 "Dårlig" klasse IV  "Meget dårlig" klasse V 

Tilstanden er i hovedsak basert på medianverdier (fosfor og nitrogen) og gjennomsnittsverdier.

Innledning

Bakgrunn

I arbeidet med gjennomføring av Vannbruksplanen for Tyrifjorden er det viktig å følge med forurensningssituasjonen og eventuelle endringer i denne både for Tyrifjorden, Steinsfjorden og de viktigste tilløpselvene, Storelva og Sogna.

På oppdrag fra Fylkesmannen i Buskerud har NIVA påtatt seg å sammenstille analysedata skaffet til veie av Fylkesmannen fra de ovenfor nevnte vannlokalitetene i 1996, og gi en uttalelse om forurensningssituasjonen. I første rekke er det vannkvaliteten i Steinsfjorden som volder de største problemene i forhold til brukerinteressene og som en derfor har ønsket å legge mest innsats inn på å bedre.

For å se om de tiltak en setter inn mot forurensningstilførsler til vannmassene har den ønskete virkning er det foreslått en årlig overvåking av forurensningssituasjonen både i Tyrifjorden, Steinsfjorden og de viktigste tilløpselvene, Storelva og Sogna. Dette gjør det mulig å følge med utviklingen over tid, noe som er nødvendig for å se om tiltak har de ønskete effekter på vannkvaliteten.

Nedbørfelt

Tyrifjorden har et samlet nedbørfelt på 9808 km² og omfatter store elvesystemer og innsjøer. Utspringet er høyfjellsområder i Jotunheimen, Fillefjell og Valdres opp til 200 km nord-vest for Tyrifjorden. I øst grenser nedbørfeltet mot Mjøsas nedbørfelt, og mot vest til Hallingdalen. Fig. 1 viser en kartskisse over området med de viktigste elver og innsjøer.

Nedbørfeltet omfattes i det alt vesentlige av dalførene Valdres-Begnadalen og Etnedal-Land-Hadeland. Den viktigste tilløpselven til Tyrifjorden er Storelva som er samløpet mellom Begna (Ådalselva) fra Sperillen og Randselva fra Randsfjorden, ved Hønefoss. Storelva renner ut i Tyrifjordens nordvestre del, Nordfjorden. Begnavassdraget omfatter 4875 km² og Randselva 3717 km². Til sammen utgjør dette nær 90% av hele Tyrifjordens nedbørfelt. I den nordvestre delen av Tyrifjorden renner også en mindre elv, Sogna, inn. Denne elvens nedbørfelt er på 624 km².

Steinsfjorden er forbundet med Tyrifjorden via Kroksundet. I flomperioder stiger vannstanden i Tyrifjorden raskere enn i Steinsfjorden, noe som fører til at vann kan strømme inn i Steinsfjorden fra Tyrifjorden. Steinsfjordens nedbørfelt er på 64 km².

Geologi

Tyrifjorden ligger i den vestre delen av Oslofeltet. Øst og nordøst for innsjøen består berggrunnen av kambrosiluriske skifre og kalksteinsformasjoner, ved siden av sandstein og lavbergarter. Også mot syd er det kambrosiluriske bergarter. I vest og nordvest er det vesentlig grunnfjell. Oppover i nedbørfeltet kommer først et område med grunnfjell i de midtre områdene, mens en lenger nord og vestover får en mer blandet geologi, i hovedsak bestående av kvartssandstein, Valdresparagmitt og sterkt omdannede kambrosiluriske bergarter. I nordlige deler av nedbørfeltet er det et tynt lag av løsavsetninger, for det meste morenegrus, mens det i den søndre delen er store innslag av marin leire med ansamlinger av glaci-fluvialt materiale i form av sand og grus.

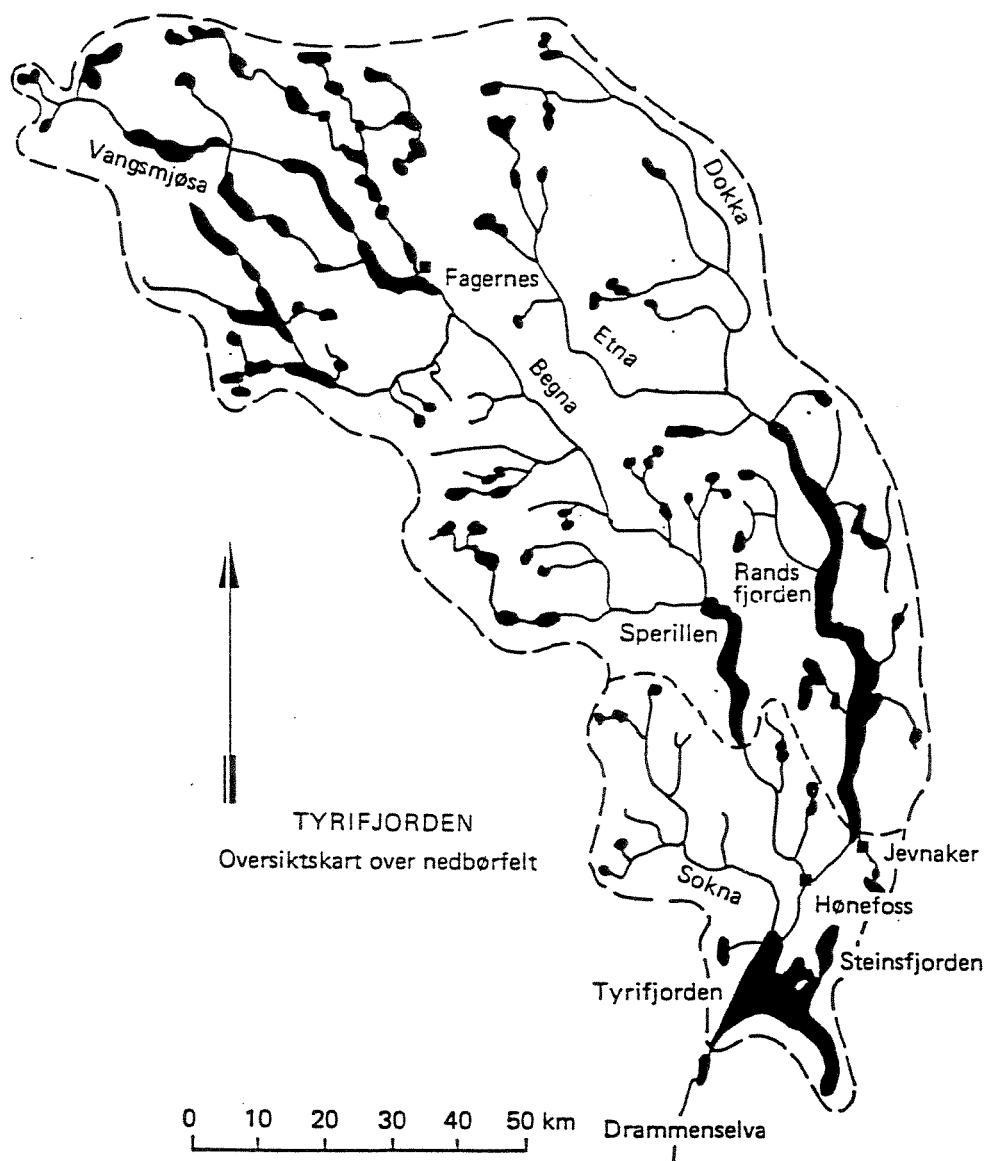


Fig. 1 Skisse over Tyrifjordens nedbørfelt

Rundt Steinsfjorden er det mye kalkrike bergarter. I vest og nordvest og på øyene består berggrunnen for det meste av kambrosiluriske bergarter. I øst og sørøst er disse dekket av sandstein som er avsatt i ferskvann. På bergtoppene øst for Steinsfjorden er det lavabergarter.

Klimatiske forhold

Tyrifjorden (og Steinsfjorden) ligger bare 63 m o.h., men har et typisk innlandsklima med kalde vintre og varme somre. Det er lite nedbør i området, særlig rundt Steinsfjorden, med en middelnedbør der på ca 400 mm pr. år. Det meste av nedbøren kommer om sommeren. Typisk for området ved Steinsfjorden er svært lite snø om vinteren, selv om det i nedbørområdet kan være mye snø både nord, vest og øst for innsjøen. På vestsiden av Tyrifjorden er middelnedbøren ca 600 mm pr. år. På målestasjonen 20250 Hole varierer årsnedbøren i hovedsak mellom 500 og 600 mm pr. år.

Befolkningen

I Tyrifjordens nedbørfelt bor det 80.000-90.000 mennesker (Berge 1992). Nedenfor Sperillen og Randsfjorden bor det 32.000 mennesker, hvorav vel halvparten bor i Hønefoss og omland. Innenfor Steinsfjordens lokale nedbørfelt bor det ca 2000 mennesker. Det meste av avløpene fra tettstedene er tilkoblet kloakkrenseanlegg.

Ved siden av de fastboende er det en del turisme i tilknytning til Tyrifjorden og Steinsfjorden, med 1700 hytter i nærområdet, av disse 600 bare rundt Steinsfjorden. Det er også flere campingplasser og hoteller.

Forurensningskilder

Forurensninger til Tyrifjorden-Steinsfjorden kommer både fra jordbruk, industri og kommunal kloakk og mye arbeid er lagt ned i å få kontroll over utslippene til elvene av kommunal kloakk og industriutslipp fra treforedlingsindustrien, gjennom utbyggingen av nye renseanlegg. Det meste av den kommunale kloakken kommer fra Hønefossområdet, men utslippene derfra og fra tettstedene er nå tilkoblet det kommunale renseanlegget ved Monserud. Renseeffekten ser ut til å være meget god med hensyn til fosforfjerning. Utslippene fra Follum fabrikker av fosfor og partikulært materiale er sterkt redusert gjennom driften av den nye renseanlegget der.

Innsjø morfometri og hydrologi

I tabell 1 er gitt de viktigste morfometriske og hydrologiske data for Tyrifjorden og Steinsfjorden. Mens Tyrifjorden er en dyp (maksimum dyp 295 m, middeldyp 114 m) og stor innsjø arealmessig med 121.3 km², er Steinsfjorden en relativt grunn innsjø med maks dyp på bare 24 m og middeldyp på 10.2 m og et overflateareal på 13.9 km². Det meste av Tyrifjordens basseng er i den sørøstre armen kalt Holsfjordbassenget.

Tabell 1 Morfometriske og hydrologiske data for Tyrifjorden og Steinsfjorden

Parameter	Enhet	Tyrifjorden	Steinsfjorden
Høyde over havet	m	63	63
Areal nedbørfelt	km ²	9808	63.7
Areal innsjøoverflate (eks. øyer)	km ²	121.3	13.9
Areal øyer	km ²	2.74	0.52
Største lengde	km	30	7.9
Største bredde	km	11	2.6
Største dyp	m	295	24
Midlere dyp	m	114	10.2
Vannstandsvariasjoner	m	1-2	1-2
Volum	x 10 ⁶ m ³	13830	142
Midlere avløp	m ³ /s	170	1
Årlig avløp	x 10 ⁶ m ³	5000	31.5
Teoretisk oppholdstid	år	2.7	4.6

Tyrifjorden utgjør et vannvolum på hele 13830 x 10⁶m³, mens Steinsfjorden har et volum på bare 142 x 10⁶m³. Den teoretiske oppholdstid i Tyrifjorden er på 2.7 år, mens den i Steinsfjorden er på 4.6 år. Det er nettopp denne relativt lange oppholdstiden i Steinsfjorden som er noe av problemet og som en eventuelt vil søke å løse ved å øke vannutskiftningen mellom Steinsfjorden og Tyrifjorden (Berge og Tjomsland 1992, Berge 1996).

Materiale og metoder ved undersøkelsene i 1996

Det ble samlet inn prøver for analyse av vannkjemien fra innsjøenes sentrale deler gjennom sesongen april-oktober (november i Steinsfjorden) 1996, ca 1 gang pr. måned. Tilsvarende prøver ble samlet inn fra en stasjon i Sogna ved Ask bru og i Storelva ved Busund i perioden april-desember. Samtidig ble det samlet inn prøver for analyser av innholdet av termotabile koliforme bakterier (44 °C). Disse analyser er gjennomført ved Næringsmiddeltilsynet for Ringeriksregionen på Hønefoss. Siktedyp og temperatur ble målt på innsjøstasjonene ved hvert prøvetakingstidspunkt. Fra Steinsfjorden ble det samtidig med prøver for analyse av vannkjemien samlet inn kvantitative prøver for analyse av planteplanktoninnholdet i perioden mai-oktober. Dette var integrerte prøver fra overflaten til 6 m dyp, det samme som vannkjemiprøvene. Fra vannkjemiprøvene ble det tatt ut delprøver til analyse av klorofyllinnholdet. Av kjemiske analyseparametre ble valgt de eutrofirelaterte parametrene totalfosfor (Tot-P) og totalnitrogen (Tot-N) i innsjøene, mens vannprøvene fra elvestasjonene i tillegg ble analysert på turbiditet (Turb), total organisk karbon (TOC), innholdet av partikulært materiale eller suspendert tørrstoff (Part. matr.) og partikulært uorganisk materiale eller suspendert gløderest (PUM). Differansen mellom disse to siste parametre gir så partikulært organisk materiale eller suspendert glødetap (POM). Analysene er utført etter Norsk Standard (NS) av Buskerud Vann- og Avløpssenter A/S, BUVA.

De meteorologiske data er hentet fra Meteorologisk institutt (DNMI) og er fra nedbørstasjonen på Hole (20250) for nedbøren. Her måles ikke temperatur, så variasjonene i lufttemperaturen er gitt fra målestasjon 28370 Kongsberg IV som ble funnet å være mest representativ for de klimatiske forhold ved Tyrifjorden.

I fig.2 nedenfor er plottet inn prøvetakingsstasjonene i innsjøene og elvestasjonene samt målestasjonene for vannføring i Begna og Randselva.

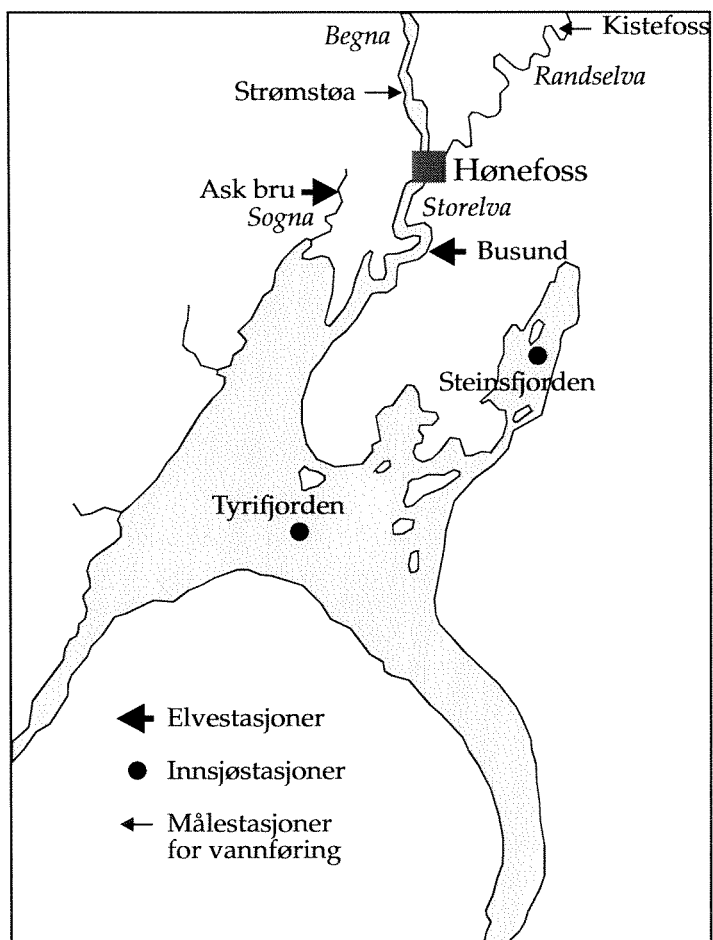


Fig.2 Prøvetakingsstasjoner som har inngått i overvåkingsprogrammet, og målestasjonene for vannføring.

Resultater og diskusjon

Temperatur og nedbør

I fig.3 er vist månedsmiddel for temperatur og nedbør i 1996 sammenstilt med tilsvarende normalverdier beregnet for perioden 1961-90.

Temperaturregistreringen viser at temperaturen på klimastasjonen i stor grad fulgte normalen i perioden april-oktober, selv om den var noe lavere i mai og september, og litt høyere i august og oktober.

Ser en på nedbørsmengden fra måned til måned i 1996 viser figuren svært lite nedbør på ettervinteren og tidlig vår. Det var i det hele tatt lite snø vinteren 1995-96. Den snøfattige vinteren ga lite smeltevann til elvene. Først i mai kom det nedbør over det normale. I juni og juli derimot var nedbørsmengden betydelig under det normale, det var en tørr forsommer. På ettersommeren, i august, kom det nedbør som normalt, mens det i september igjen var relativt tørt vær og lite nedbør. Utover høsten var det nedbør over det normale.

Figuren viser at nedbørsmengden i 1996, både registrert for hele året og for vekstsesongen mai-september, var ganske lav selv om den ikke var så lav som i 1990-91, da det var svært tørre år med spesielt lite nedbør i vekstsesongen

Vannføring

For Sogna var det ikke gjennomført vannføringsmålinger så vannføringen der er en avskåret fra å kommentere. I fig.4 er sammenstilt vannføringen i Begna (Ådalselva) ved st. Strømstøa og Randselva ved st. Kistefoss.

Fra Storelva er det ikke egne vannføringsmålinger, men summen av vannføringene i Begna og Randselva skulle gi tilnærmet vannføringen her. Figuren fremstiller månedsmiddel. I tillegg er fremstilt årsmiddel for Storelva, som summen Begna og Randselva gjennom perioden 1978-1996.

Årsmiddelet viser at vannføringen i Storelva var liten i 1996 sammenlignet med de andre årene, med bare 107 m³/s som middelvannføring. Bare i 1991 var den mindre, med 100 m³/s. Den snøfattige vinteren, også i fjellområdene, ga lite smeltevann til elvene og selv om det var noe over normal nedbør i mai ble det ingen flom på det tidspunktet. Figuren viser at det var en forholdsvis kald vår. Avsmeltingen av den snøen som var i høyfjellet kom derfor litt senere og førte til noe høyere vannføring i Begna (Ådalselva) og Randselva i juni og juli, selv om nedbøren i nærområdet til disse elvene var liten i denne perioden. Vannføringen i august var svært liten, særlig i Begna. Den nedbøren som kom i august var tydeligvis ikke nok til å kompensere for den tørre perioden i juni-juli etter at snøsmeltingen i høyfjellet var over. Utover høsten økte så vannføringen igjen ettersom nedbørsmengdene økte.

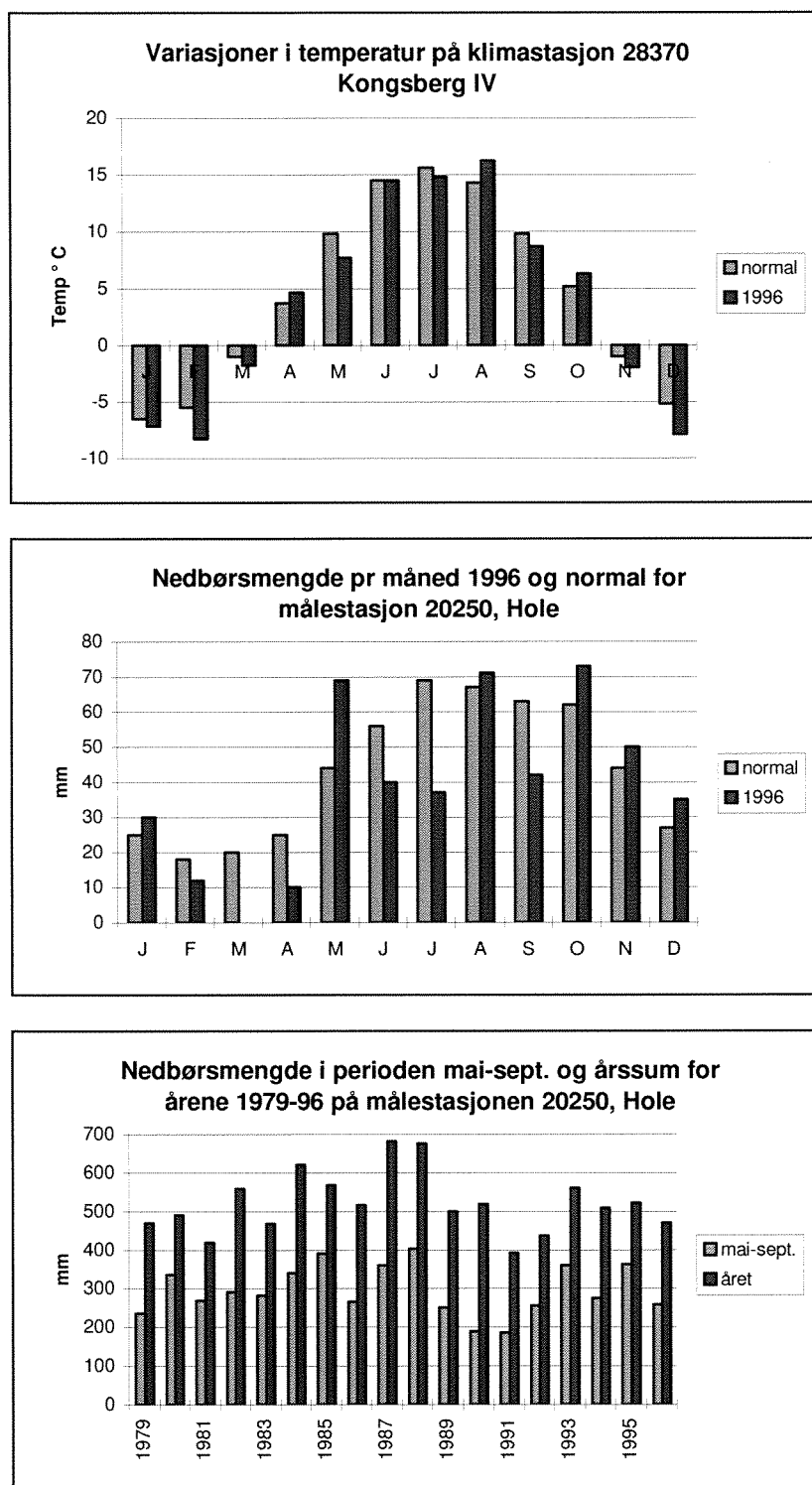


Fig. 3 Variasjoner i temperatur og nedbør. Temperaturmålingene er fra klimastasjon 28370 Kongsberg IV, registreringene av nedbør fra nedbørstasjon 20250 Hole. Normalene er fra perioden 1961-90.

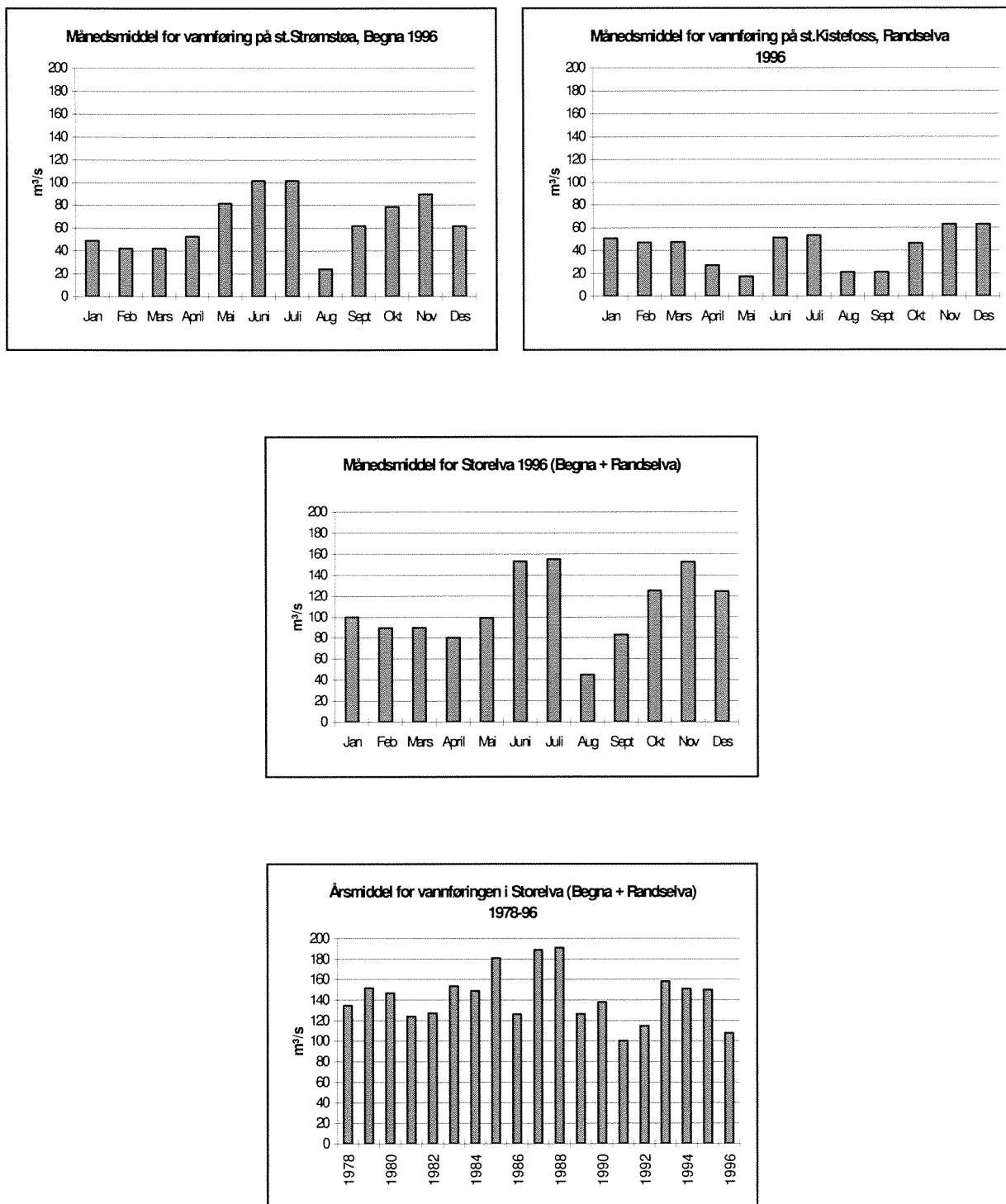


Fig. 4 Vannføringen i Begna (st. Strømstøa), Randselva (st. Kistefoss) og Storelva (gitt som summen av Begna + Randselva) i 1996. Årsmiddelvannføringen i Storelva i perioden 1978-96 er gitt nederst.

Eutrofirelaterte parametre i Tyrifjorden

(Enkeltresultatene fra 1996 er sammenstilt i tabell 1 i vedlegget).

Fig.5 viser variasjonene for analyserte parametre fra de innsamlete vannprøvene i Tyrifjorden gjennom 1996. Dette er de eutrofirelaterte parametrene totalfosfor, totalnitrogen, klorofyll (som er et mål på algemengde) og siktedyp. Tyrifjorden hadde gjennom hele vekstsesongen (mai-oktober) en god vannkvalitet med meget lave verdier for total fosfor (3.8 $\mu\text{g/l}$ P som middelvei). Figuren viser at middelveien for fosfor i 1996 lå lavere enn de tilgjengelige verdier en har fra tidligere år, og at det har vært en jevn nedgang i total fosfor gjennom flere år.

Tyrifjordutvalgets målsetning om en totalfosforverdi som middelvei for vekstsesongen på under 7 $\mu\text{g/l}$ P ser ut til å være nådd med meget god margin.

Totalnitrogen var som middel gjennom vekstsesongen på 457 $\mu\text{g/l}$ N. Dette er litt høyere enn gjennomsnittet for de tidligere år. Totalnitrogen har vist en svak økende tendens i de fleste vassdrag i Sør-Norge.

Da det i Tyrifjorden, som i de fleste norske innsjøer, er fosfor som er det begrensende næringsstoff for algevekst, gir økningen i nitrogen ikke utslag i mer planteplanktonbiomasse så lenge fosforkonsentrasjonen i vannmassene ikke øker.

Som det fremgår av siktedypsvariasjonene var det gjennomgående et siktedyp mellom 7 og 8 m med unntak av i begynnelsen av juni da det var på 6 m. Dette viser klart vann med lite partikkelinnhold.

Klorofyllkonsentrasjonen varierte gjennom vekstsesongen fra 0.3 $\mu\text{g/l}$ Chl-a i mai til et maksimum på 2.5 $\mu\text{g/l}$ Chl-a i august-september, med et gjennomsnitt på 1.6 $\mu\text{g/l}$ Chl-a for sesongen. Da klorofyllmengden er et mål på planteplanktonbiomassen i vannmassene viser dette lite innhold av planktonalger.

Ser en på utviklingen med hensyn til algeinnholdet (målt som klorofyll) i vannmassene som middelveier gjennom perioden 1972-96 har det vært en markant nedgang i planteplanktoninnholdet gjennom flere år. Tyrifjordutvalgets målsetning fra 1983 på å komme under en verdi på 2 $\mu\text{g/l}$ Chl-a som middelvei for vekstsesongen synes å være oppnådd.

Sammenlignet med forholdene i 1990-91 (Berge 1992) var, som nevnt, maksimum klorofyll i 1996 betydelig lavere, bare 2.5 $\mu\text{g/l}$ Chl-a mot 5 $\mu\text{g/l}$ Chl-a i 1990-91. I 1993 var maks 2.6 og middel 1.8 $\mu\text{g/l}$ Chl-a (Berge et al. 1994).

Resultatene fra Tyrifjorden viser en god vannkvalitet, og en vannkvalitet som synes å ha blitt stadig bedre gjennom 90-årene, noe som lavere innhold av totalfosfor, planteplanktonmengde og økt siktedyp viser.

Det ble i forbindelse med innsamlingen av vannprøver også samlet inn kvantitative planteplanktonprøver som integrerte prøver fra 0-10 m dyp. Disse ble ikke analysert. Klorofyllmengden gir imidlertid en god pekepinn på hvorledes algemengden varierte gjennom vekstsesongen, og det registrerte maksimum på 2.5 $\mu\text{g/l}$ Chl-a tilsvarer erfaringsmessig et planteplanktonvolum på ca 200-300 mm^3/m^3 som viser oligotrofe, næringsfattige vannmasser (Brettum 1989).

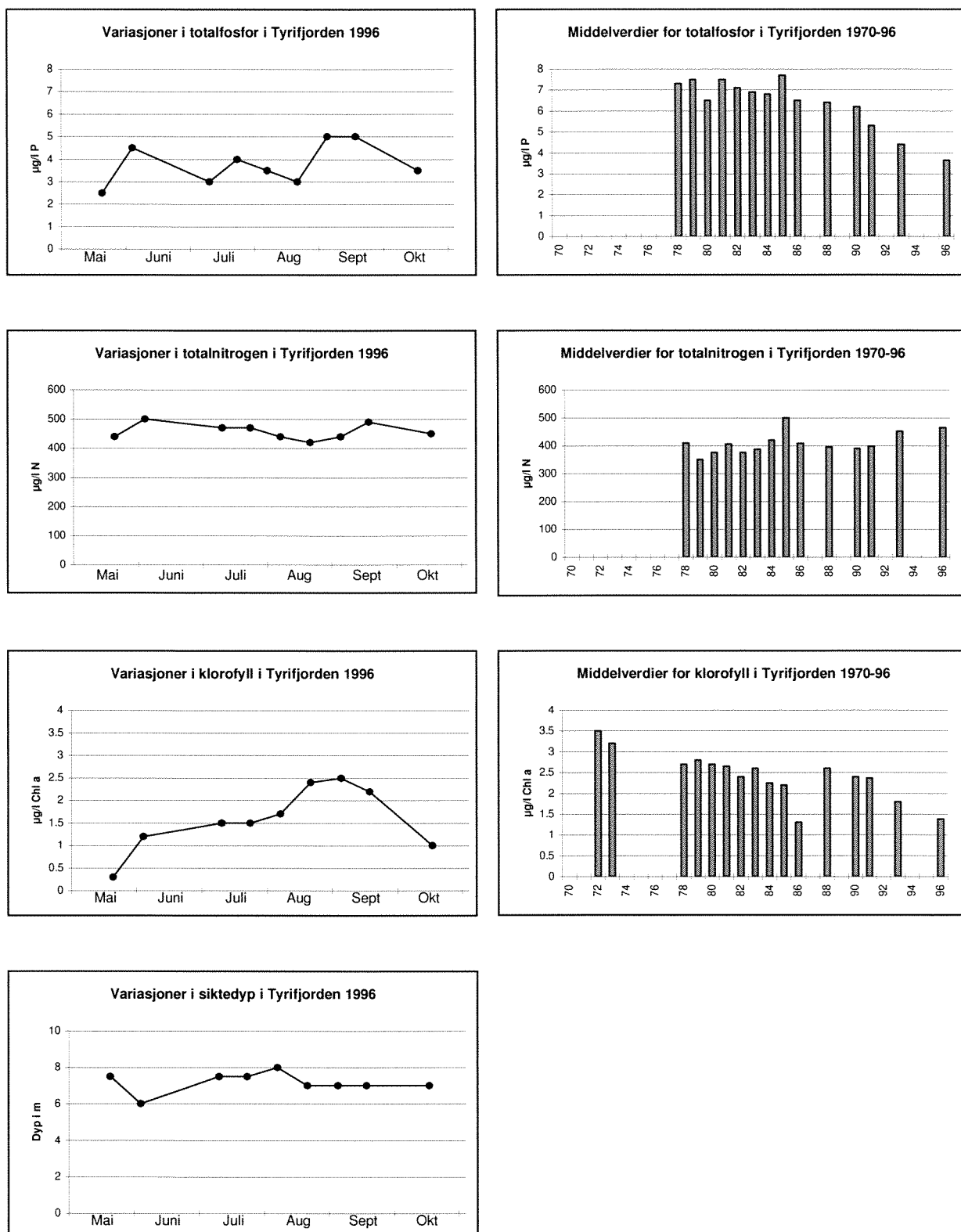


Fig. 5 Variasjoner i eutrofirelaterte parametre i Tyrifjorden gjennom året 1996 og som middelverdier for perioden 1970-96.

Eutrofirelaterte parametre i Steinsfjorden

(Enkeltresultatene fra 1996 er sammenstilt i tabell 2 i vedlegget)

Variasjonene av de eutrofirelaterte parametrene fra vannprøver tatt i Steinsfjorden gjennom sommerhalvåret 1996 er vist i fig.6. Som det fremgår av figuren varierte totalfosfor gjennom sesongen fra et minimum på 7.5 µg/l P i juli til et maksimum på 14 µg/l P i november. Gjennomsnittet for vekstsesongen var på 9.7 µg/l P. Ser en på middelverdiene for totalfosfor gjennom perioden 1978-96 er verdien for 1996 av de laveste registrerte, og betydelig lavere enn verdiene for de nærmeste årene med registreringer, 1990, 1991 og 1995, da middelverdiene lå godt over 12 µg/l P.

Verdiene for totalnitrogen varierte mellom et maksimum i juli på 390 µg/l N til et minimum i august-september på 220-240 µg/l N. Dette gir et gjennomsnitt for vekstsesongen på 275 µg/l N som er litt lavere enn i 1995. Ut fra middelverdiene gjennom perioden 1981-96 (fig.6) viser middelverdien for totalnitrogen i 1996 ikke noen nedgang sammenlignet med tidligere, snarere en status quo eller svak økning gjennom 90-årene, selv om forskjellene er små og verdiene ikke særlig høye. At verdiene er betydelig lavere enn i Tyrifjordens vannmasser viser også at det er liten tilførsel og utveksling av vann mellom de to innsjøbassengene (Berge og Tjomsland 1992).

Klorofyllverdiene varierte gjennom vekstsesongen 1996 fra relativt høye verdier i månedsskiftet mai-juni med 5.7 µg/l Chl-a, via et minimum i august med 1.6 µg/l Chl-a, til et maksimum i oktober-november med henholdsvis 8.2 og 11 µg/l Chl-a. Dette er i god overensstemmelse med variasjonene i planteplanktonvolum som er omtalt nedenfor. Klorofyllverdiene gir et mål på algebiomassen i vannmassene. (Dessverre ble det ikke samlet inn og analysert prøve for kvantitativ planteplanktonanalyse i november, da maksimum klorofyll ble registrert).

Gjennomsnittsverdien for klorofyll var på 4.5 µg/l Chl-a. Dette er noe lavere enn i 1995, men det er tydelig at algebiomassen varierer en del i Steinsfjorden fra år til år. Som det fremgår av fig.6 varierte gjennomsnittet for de to årene 1990 og 1991 betydelig, med en antatt algebiomasse i 1990 som var omtrent den dobbelte av den i 1991 (Berge 1992).

Siktedypet i Steinsfjorden varierte i 1996 fra 3 m i mai og 3.5 m i oktober, til 6.5 m til tider i juli-august. De lavere verdiene i begynnelsen og slutten av vekstsesongen skyldes større planteplanktonbiomasse på disse tidspunktene, men også at det kom mest nedbør da, noe som sannsynligvis førte til noe større tilførsler av suspendert materiale til vannmassene fra omgivelsene. Som gjennomsnitt for sesongen var middelverdien for siktedypsmålingene 4.7 m. Dette tyder på klarere vann enn i 1995 da gjennomsnittsverdien var 4 m (Wivestad 1995).

Innholdet som middelverdier både for totalfosfor og klorofyll og det noe større siktedyp i 1996 er noe bedre enn i 1995. Utviklingen gjennom en årrekke, slik den er vist i fig.6 viser imidlertid ingen tydelig trend så langt, slik en registrerer det i Tyrifjordens vannmasser.

Planteplanktonet i Steinsfjorden i 1996

De innsamlede kvantitative planteplanktonprøvene fra Steinsfjorden i 1996 er analysert for mengde og sammensetning. Analyseresultatene er gitt i tabell 5 i vedlegget og fremstilt i fig.7 nedenfor. Prøvene var integrerte prøver eller blandprøver fra 0-6 m dyp. Figuren (og tabellen) viser, på samme måte som klorofyllanalysene, at det høyeste planteplanktonvolum ble registrert i oktober med 963 mm³/m³, og at det i begynnelsen av vekstsesongen var et mindre maksimum med 638 mm³/m³.

Av fordelingen av de ulike algegruppene, som prosentandel av totalvolumet, ser en at det var kiselalgene (Bacillariophyceae) som var den mest fremtredende gruppen, vekstsesongen sett under ett. De viktigste artene innen denne gruppen var ulike arter innen slekten *Aulacoseira*, særlig *A. italica* og *A. italica v. tenuissima*, samt *Cyclotella radiososa* og *Tabellaria fenestrata*.

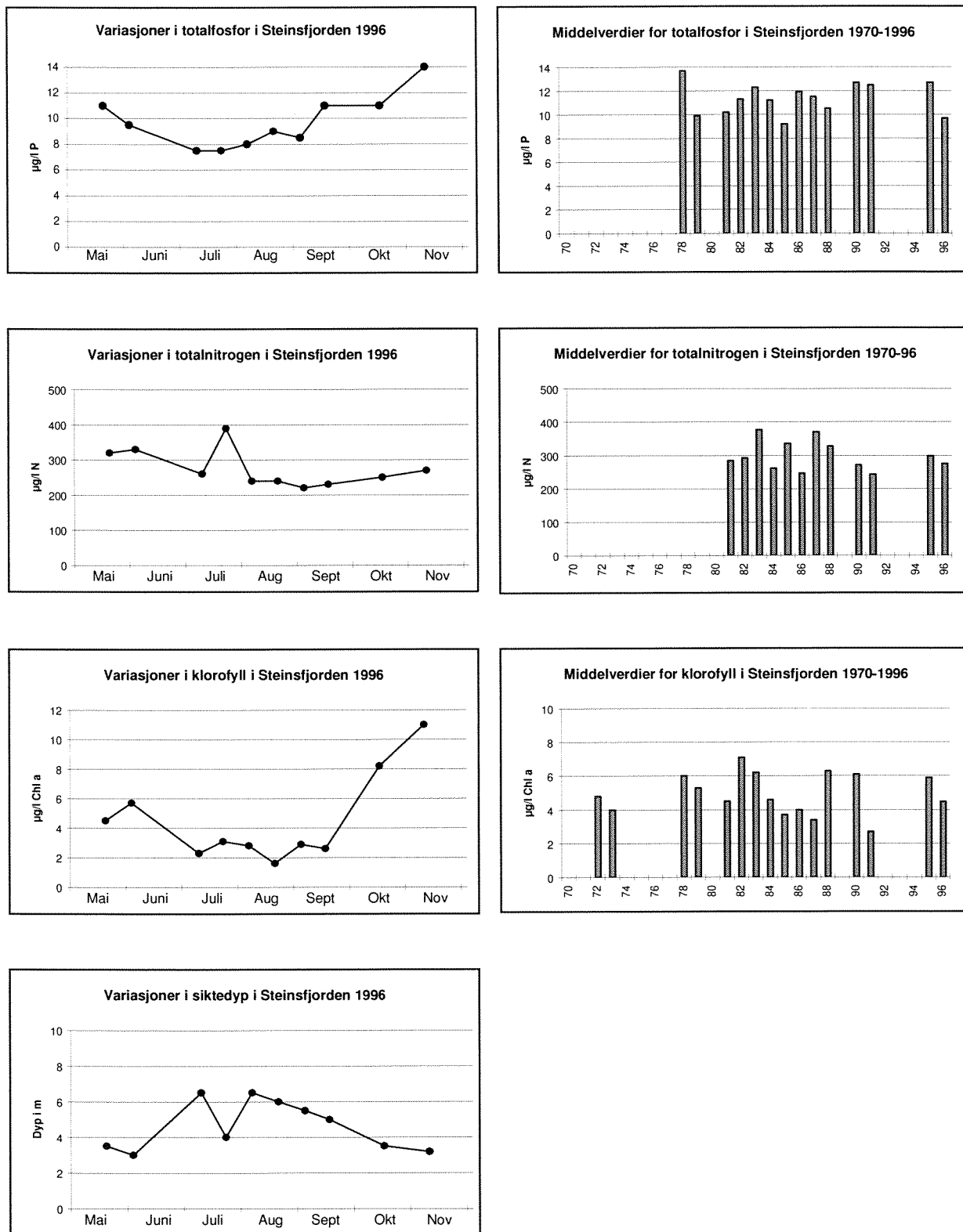


Fig. 6 Variasjoner i eutrofi-relaterte parametre i Steinsfjorden gjennom året 1996 og som middelverdier for perioden 1970-96.

Blågrønnalgene (Cyanophyceae) utgjorde en betydelig del av algevolumet ved maksimum om våren og høsten, men dominerte ikke like mye i planktonet gjennom hele sesongen som i 1995 (Wivestad 1995). Viktigste art innen denne gruppen var en art innen slekten *Planktothrix*, antagelig *Planktothrix agardhii* (= *Oscillatoria agardhii*). Gruppen gullalger (Chrysophyceae) utgjorde ca 25% av det samlede planteplankton på det meste, med arten *Urolena americana* som den viktigste da.

Som nevnt ble det ikke samlet inn prøve for kvantitativ planteplanktonanalyse i november, men et klorofyllinnhold på 11 µg/l Chl-a tilsvarer i grove trekk ca 1200-1300 mm³/m³. Da andelen blågrønnalger økte utover høsten, er det sannsynlig at det var denne gruppen som dominerte planteplanktonet ved maksimum i november.

De planteplanktonmengder og den sammensetning som ble registrert i 1996 indikerer middels næringsrike, mesotrofe vannmasser, men med arter i algesamfunnet som en vanligvis forbinder med mer næringsrike, eutrofe vannmasser. Særlig gjelder dette flere av kiselalgeartene og blågrønnalgen *Planktothrix agardhii* (Brettum 1989).

Utviklingen av planteplankton i 1991 (Berge 1992), både med hensyn til mengde og sammensetning, var på mange måter lik den i 1996 og det var også da relativt god overensstemmelse mellom klorofyllmengde og algevolum på de fleste prøvetakingstidspunktene. Størst uoverensstemmelse mellom algevolum og klorofyll er det vanligvis når kiselagene dominerer. Disse formene har relativt sett mindre klorofyll pr. volumenhet enn andre planktonalger. Det kraftige kiselalgemaksimum som ble registrert i planteplanktonet 24 juli 1995 (Wivestad 1995) viser liten overensstemmelse med klorofyllmengde på samme tidspunkt. Det gjelder i stor grad også for flere av de andre tidspunktene. Selv om det var kiselalgeoppblomstring i juli 1995 synes det ikke rimelig at klorofyllmengden i juni og juli var nesten lik, mens planteplanktonvolumet i juli var 3-4 ganger så stort. Det burde være større overensstemmelse mellom klorofyllmengde og beregnet algevolum.

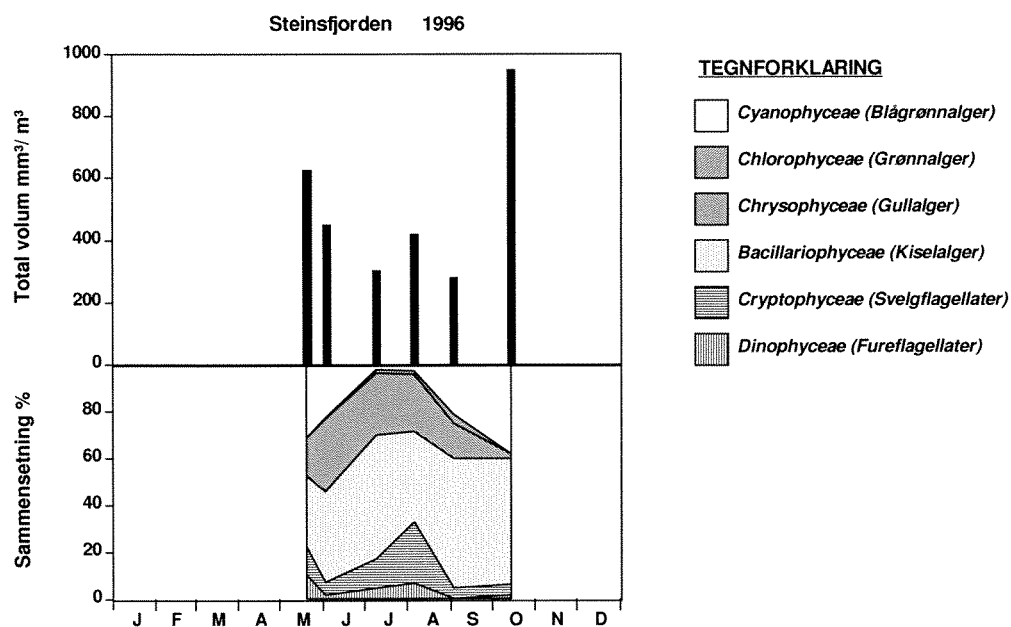


Fig. 7 Variasjon i totalvolum og sammensetning av planteplankton i Steinsfjorden 1996. Totalvolum gitt i mm³/m³ = mg/m³ våtvekt.

De bakteriologiske forhold i Tyrifjorden og Steinsfjorden

I tabell 1 og 2 er også tatt med analyseresultatene for innholdet av termostabile koliforme bakterier (44°C). Innholdet av slike bakterier er et mål på ekte tarmbakterier som stammer fra mennesker eller varmblodige dyr. I begge innsjøene er prøvene tatt fra 6 m dyp.

Til Tyrifjordens hovedvannmasser tilføres det bakterieforurenset vann via Storelva. Dette må være årsaken til at termostabile koliforme bakterier ble registrert på to tidspunkter i Tyrifjorden i august-september med henholdsvis 1 og 2 pr. 100 ml prøve. Dette er imidlertid mindre enn hva som ble registrert i 1990 på samme stasjon (Berge 1992), da det var opptil 5 pr. 100 ml ved ett tidspunkt, og slike bakterier ble registret i 4 av 6 prøver.

I Steinsfjorden ble det i 1996 ikke funnet termostabile koliforme bakterier (44 °C) i noen av de analyserte prøvene, mens det i denne innsjøen i 1990 (Berge 1992) var slike bakterier i halvparten av de analyserte prøvene, i en av prøvene med 4 pr. 100 ml. Om de bedre resultatene både i Tyrifjorden og Steinsfjorden er tilfeldig eller at det viser permanent bedre forhold i vannmassene med hensyn til bakterieinnholdet gjenstår å se, men analyseresultatene for 1996 kan tyde på bedring.

Variasjoner i en del parametre fra elvestasjonene

Resultatene av vannprøveanalysene fra elvestasjonene, Ask bru i Sogna og Storelva ved Busund, er gitt i tabell 3 og 4 i vedlegget. Det er analysert på turbiditet, totalfosfor, totalnitrogen, totalt organisk karbon (TOC), partikulært materiale (suspendert gløderest). Partikulært organisk materiale (POM) er så beregnet som partikulært materiale minus partikulært uorganisk materiale (PUM). I tillegg ble det samlet inn og analysert prøver med hensyn på innholdet av termostabile koliforme bakterier (44°C).

Partikulært materiale

Variasjonene i partikulært materiale samt partikulært uorganisk materiale (PUM) og partikulært organisk materiale (POM) er fremstilt i fig.8. I Sogna var det et relativt stort innhold av partikulært materiale i april med ca 13 mg/l, hvorav det meste, ca 11 mg/l var uorganisk materiale (PUM), noe som viser erosjonspartikler fra jorder og elveleie. Avrenningen fra jorder er normalt stor på denne tiden før vegetasjonen binder materialet bedre. Det var imidlertid mindre partikulært innhold i Sogna i april 1996 enn på samme tidspunkt i 1991 da mengdene var 51 mg/l (Berge 1992).

Utover sommeren var partikkelinnholdet i Sogna lite, i hovedsak mellom 1 og 2 mg/l, med et noe større innhold av organisk partikulært materiale (POM) midt på sommeren enn uorganisk materiale (PUM). De lave verdiene gjenspeiler den relativt tørre sommeren med liten avrenning fra elvens nærrområder. Utover senhøsten økte avrenningen og dermed partikkelinnholdet igjen.

I Storelva ved Busund lå innholdet av partikulært materiale for det meste mellom 1.5 og 3 mg/l, som også var tilfelle i 1995. At det ikke var en kraftig økning i mengden i april slik som i Sogna henger sammen med at mye av det partikulære materialet sedimenterer i innsjøene og i de stilleflytende partiene i elven. Det synes også i 1996 som om det har vært liten tilførsel til Storelva fra Monserud rensesanlegg, som renses kloakken fra Hønefoss, av partikulært materiale. De ulike fraksjonene av partikulært materiale var i store trekk de samme i Storelva i 1996 som i 1990/91.

Turbiditet

Variasjonene i turbiditet gjennom sesongen 1996 for de to elvestasjonene er vist i fig.9. Turbiditeten er et annet mål på partikkelinnholdet i vannmassene. Det forholdsvis høye partikkelinnholdet i Sogna i april og til en viss grad i mai og økningen igjen i november-desember, vises også i turbiditetsverdiene. De viser et maksimum i april på 6 FTU, mens verdiene for det meste av sommeren lå mellom 0.5 og 1.5 FTU men så økte igjen i desember til 3 FTU.

I Storelva følger også turbiditetsverdiene i store trekk variasjonene i partikulært materiale som vist i fig.8. Verdiene lå hele tiden under 2 FTU, med gjennomgående lave verdier på under 1 FTU store deler av sommeren. Sammenlignet med måleresultatene for turbiditet i Storelva (stasjon Sandsætra) i 1994 (Fylkesmannen i Buskerud 1995) var verdien ved Busund gjennomgående litt høyere. Verdien for Storelva i 1994 lå omkring 0.5 FTU med noe høyere verdier i april og september, som i 1996.

Totalt organisk karbon (TOC)

TOC er et mål på det totale innhold av organisk stoff i vannmassene uttrykt som karboninnhold.

I Sogna viser verdiene for TOC en synkende utvikling gjennom sesongen fra 7.6 mg/l C om våren mot 4 mg/l C i september for så å øke igjen til 7.2 og 7.4 mg/l C i november-desember. Verdiene er forholdsvis høye og viser at det var et betydelig innhold av humusstoffer i vannet og at det meste av det organiske materialet foreligger løst i vannmassene og ikke bundet til partikler.

I Storelva lå innholdet av TOC på rundt 3.5-4 mg/l C til midtsommers, da det ble registrert en jevn økning utover sensommeren og høsten til et maksimum i oktober på 7.4 mg/l C og deretter en nedgang til 4.3 og 4.2 i november-desember. Grunnivået på 3.5-4 mg/l C er omtrent som ved tidligere undersøkelser (Berge 1992, Berge et al 1994, Wivestad 1995). Økningen utover sensommeren og høsten skyldes sannsynligvis økte tilførsler av humusstoffer til elven på grunn av økende nedbørintensitet og utvasking etter en lengre periode om sommeren med tørt vær og lite nedbør.

Total fosfor

Variasjonene i totalfosfor for de to elvestasjonene er gitt i fig.9. For Sogna viser totalfosfor samme variasjonen som TOC, turbiditet og partikulært materiale, med et maksimum i april-mai på 15 µg/l P, da tilførselene av erosjonspartikler fra jordene og elveleiet var størst på grunn av avsmelting og en del nedbør, og før vegetasjonen bandt opp en del av fosforet. Utover sommeren og høsten ble det mindre avrenning og mye av fosforet er da bundet opp i vegetasjonen. I september-oktober var innholdet i vannmassene av totalfosfor på 5-6 µg/l P. Senere økte innholdet igjen med økende utvasking og mindre binding til vegetasjonen.

I Storelva ved Busund lå verdiene for totalfosfor fra 7-10 µg/l P største delen av våren og sommeren, men i september (prøven ble samlet 2/9) økte den til et maksimum på 16 µg/l P. Da var det maksimum eller høye verdier på denne stasjonen både i partikulært materiale, TOC og partikulært organisk materiale. Liten vannføring på denne tiden sammen med utvasking fra nedbørområdet på grunn av økt nedbørintensitet i august er sannsynligvis årsaken til at konsentrasjonen økte.

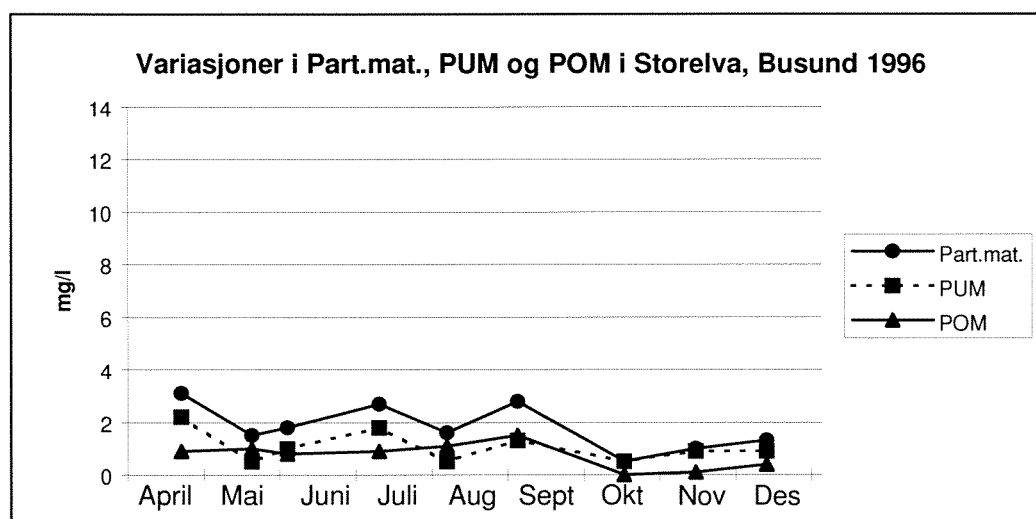
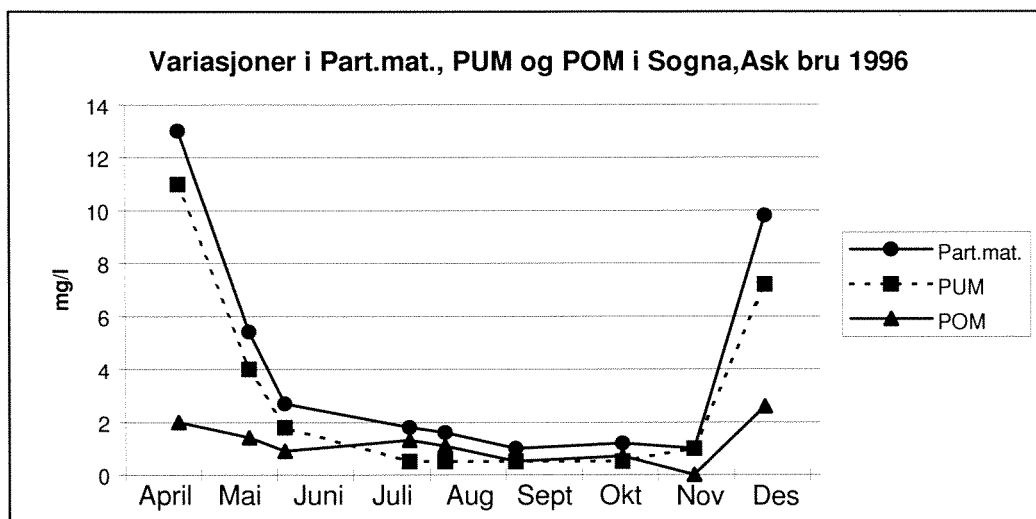


Fig. 8 Variasjoner i partikulært materiale, PUM (partikulært uorg. mat.) og POM (partikulært org. mat.) i Sogna (st. Ask bru) og Storelva (st. Busund) i 1996.

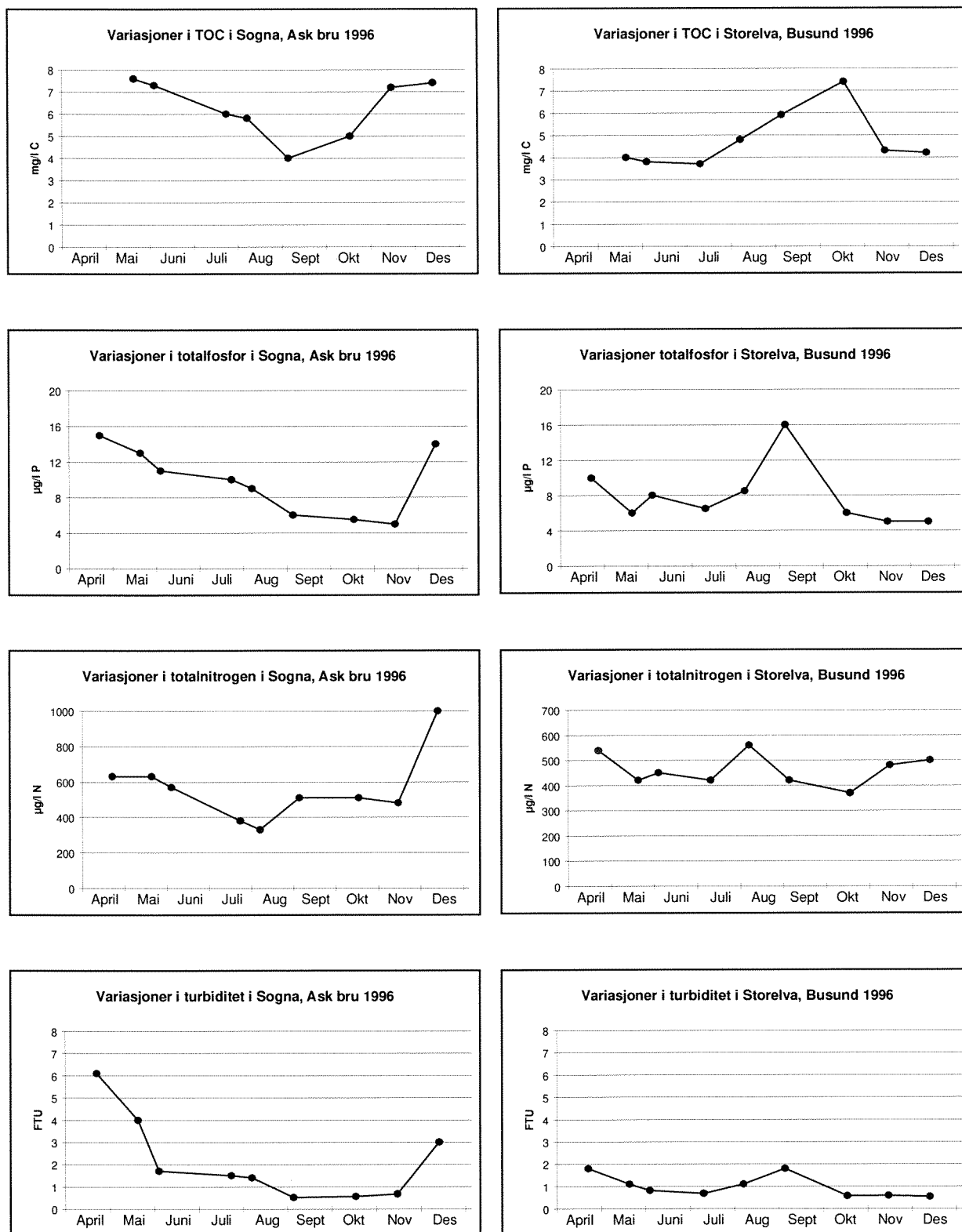


Fig. 9 Variasjoner i totalfosfor, totalnitrogen, TOC (totalt organisk karbon) og turbiditet i Sogna (st. Ask bru) og Storelva (st. Busund) i 1996.

Total nitrogen

I fig.9 er fremstilt variasjonene i totalnitrogen for de to elvestasjonene. Også her var det høye verdier i Sogna i april-mai med 630 $\mu\text{g/l N}$ når det biologiske opptaket fra jordene og vegetasjonen i skog og mark var liten. Etterhvert som vegetasjonen økte utover våren og sommeren avtok innholdet av totalnitrogen raskt og hadde et minimum i august med 330 $\mu\text{g/l N}$. Deretter steg den igjen når vekstintensiteten avtok og utvaskingen økte. Et maksimum på hele 1000 $\mu\text{g/l N}$ ble registrert i desember.

Konsentrasjonen av totalnitrogen i Storelva ved Busund var ganske jevn gjennom sesongen med verdier omkring 400-450 $\mu\text{g/l N}$, noe mer tidlig på våren. Et maksimum i august med 560 $\mu\text{g/l N}$ ble registrert. Den økte nedbøren i august etter lite nedbør i juni og juli ga økte tilførsel fra jorder og skogsområder på en tid da vannføringen i elven ennå var liten. At det på denne tiden var en utvasking viser økningen i turbiditet.

Bakterieinnholdet i Sogna og Storelva

På samme måte som i Tyrifjorden og Steinsfjorden ble det samlet inn og analysert bakteriologiske prøver fra elvestasjonene i Sogna og Storelva. Analyseresultatene er gitt i tabell 3 og 4 i vedlegget. I Sogna lå verdiene for termotolerante koliforme bakterier (44 °C) i de analyserte prøvene mellom 17 og 180 pr. 100 ml prøve. Dette er en betydelig bakteriologisk forurensning og skyldes antagelig utslipp fra tettstedene Sokna og Veme og enkelthus langs elva som har mer eller mindre direkte kloakkutslipp.

I Storelva varierte innholdet av termostabile koliforme bakterier (44°C) svært. I et par prøver ble det registrert hele 1700 pr.100 ml, og mer. Dette var på tidspunkter med raskt økende nedbørsintensitet og avrenning etter lengre perioder med lite nedbør. Under slike forhold vil en få en del lekkasje og overløp fra kloakksystemet slik at ikke alt når renseanlegget. I følge personellet på renseanlegget var det ikke driftsproblemer på de aktuelle tidspunktene.

Fosforkonsentrasjon og transport i Storelva ulike år

I fig.10 er fremstilt middelkonsentrasjoner av total fosfor i Storelva ved Busund for ulike år som det foreligger data fra. På bakgrunn av dette og beregnet midlere vannføring disse årene (se under avsnittet om vannføring tidligere) har en så beregnet fosfortransporten i Storelva for de samme årene i perioden 1978-96.

Ut fra figuren ser det ut som om fosfortransporten gjennom 90-årene har sunket til et lavere nivå enn i 70 og 80 årene. Mens årstransporten av fosfor i 70 og 80 årene i hovedsak lå omkring 50 tonn P pr. år har den i 90 årene gjennomgående ligget på omkring 30 tonn/år.

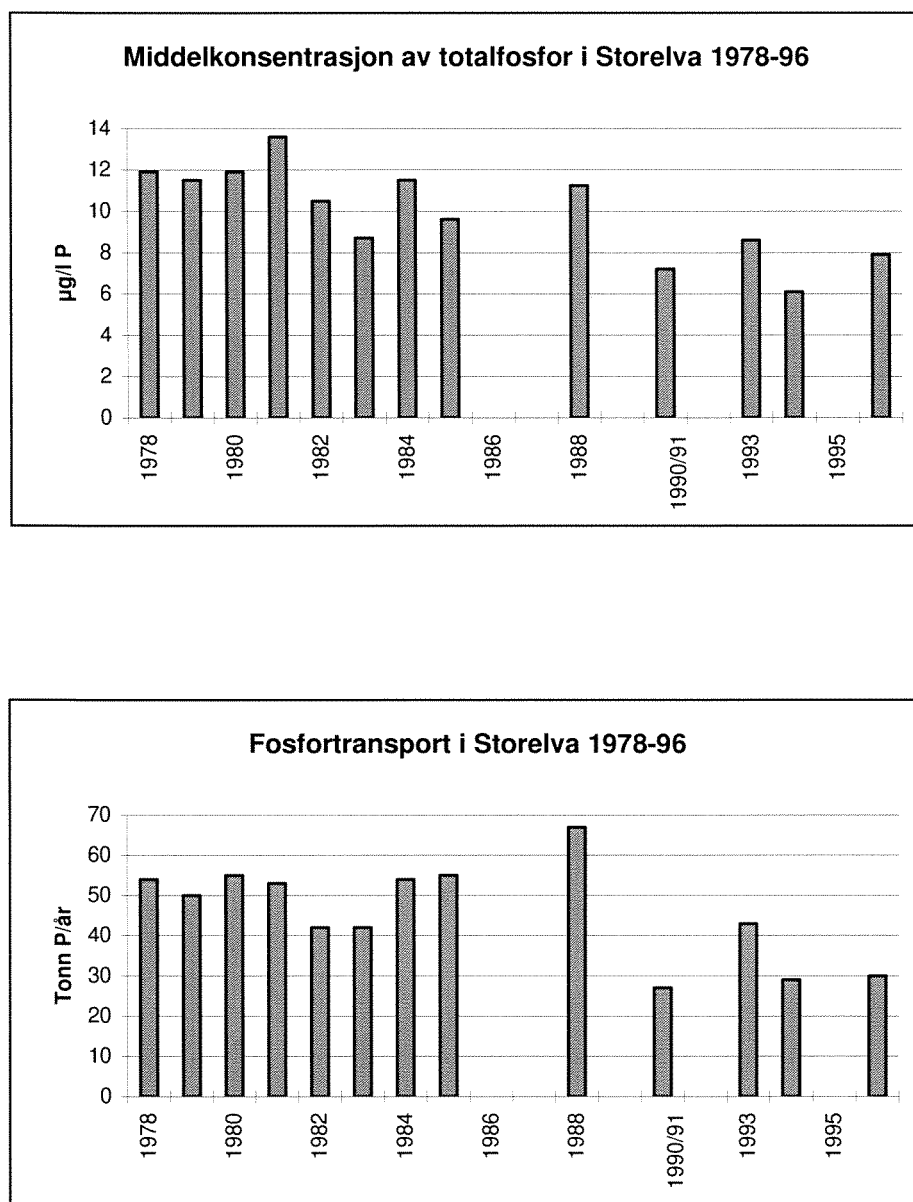


Fig. 10 Middelkonsentrasjonen og årstransporten av totalfosfor i Storelva i perioden 1978-96 der data foreligger.

Vannkvalitetsklassifisering

Klassifiseringen av tilstand og egnethet for de ulike vannforekomstene basert på analyseresultatene for 1996 er utført med SFT's klassifiseringssystem (Holtan og Rosland 1992) som basis.

Tilstandsklasser. Nedenfor er grenseverdiene for de ulike tilstandsklassene for forskjellige parametre gitt i SFT's klassifiseringssystem.

	Best. verdi	Kl. I God	Kl. II Mindre god	Kl. III Nokså dårlig	Kl. IV Dårlig	Kl. V Meget dårlig
Totalfosfor Tot-P (µg/l P)	Median	< 7	7-11	11-20	20-50	> 50
Totalnitrogen Tot-N (µg/l N)	Median	< 250	250-400	400-550	550-800	> 800
Totalt org.karbon TOC (mg/l C)	Maks.	< 2.5	2.5-3.5	3.5-6.5	6.5-15	> 15
Turbiditet (FTU)	Maks.	< 0.5	0.5-1	1-2	2-5	> 5
Susp. tørrstoff (mg/l)	Maks.	< 1.5	1.5-3	3-5	5-10	> 10
Siktedyp (m)	Min.	> 7	4-7	2-4	1-2	< 1
Termst.kol.bakt. ant. pr.100 ml	Maks.	< 5	5-50	50-200	200-1000	> 1000

Ut fra disse klasseinndelingene kan en sette opp følgende for vannkvalitetstilstanden på de undersøkte stasjonene:

Tilstandsklasse

Parameter		Tyrifjorden	Steinsfjorden	Sogna (Ask bru)	Storelva (Busund)
Totalfosfor	Maks.	I	III	III	III
	Median	I	II	II	II
Totalnitrogen	Maks.	III	II	V	IV
	Median	III	II	III	III
TOC	Maks.			IV	IV
	Gj.snitt			III	III
Turbiditet	Maks.			V	III
	Gj.snitt			IV	II
Klorofyll	Maks.	II	IV		
	Gj.snitt	I	II		
Susp.materiale	Maks.			V	III
	Gj.snitt			III	II
Siktedyp	Min.	I	III		
	Gj.snitt	I	II		
Term.kol.bakt (44° C)	Maks.	I	I	III	V
	Gj.snitt	I	I	III	IV
Helhetsvurdering av Tilstandsklasse		I(-II)	II(-III)	III(-IV)	III(-IV)

Egnehetsklasser. SFT's klassifiseringssystem har også en klasseinndeling med hensyn til vannmassenes egnethet for ulike bruksformål. Disse klassene er.

Klasse 1. "Godt egnet"

Klasse 2. "Egnet"

Klasse 3. "Mindre egnet"

Klasse 4. "Ikke egnet"

Dette gir følgende tabell for egnethet til ulike bruksformål basert på vannmassenes kvalitet på de fire prøvetakingsstasjonene.

Egnehetsklasse.

Bruksformål	Parameter	Tyrifjorden	Steinsfjorden	Sogna (Ask bru)	Storelva (Busund)	
Drikkevann (Råvann)	Tot-P (µg/l P)	1	2	2	2	
	Tot-N (µg/l N)	3	2	3	3	
	Jordvanning (Produkter som spises rå)	TOC (mg/l C)			3	3
		Klorofyll (µg/l Chl a)	1	3		
		Turbiditet (FTU)			3	2 (-3)
		Susp.stoff (mg/l)			3	3
		Siktedyp (m)	1	2		
Term.st.bakt. (ant.100 ml)	2	1	3	4		
Samlet vurdering		1 (-2)	2 (-3)	3	3	
JordVanning (Åker og eng)	Tot-P (µg/l P)	1	1	1	1	
	Tot-N (µg/l N)	2	1	2	2	
	TOC (mg/l C)			1	1	
	Klorofyll (µg/l Chl a)	1	2			
	Turbiditet (FTU)			1(-2)	1	
	Susp.stoff (mg/l)			1	1	
	Siktedyp (m)	1	1			
Term.st.bakt. (ant.100 ml)	1	1	2	3(-4)		
Samlet vurdering		1	1	1(-2)	1-2	
Friluftsbad og rekreasjon	Tot-P (µg/l P)	1	2	2	2	
	Tot-N (µg/l N)	3	2	3	3	
	TOC (mg/l C)			2	2	
	Klorofyll (µg/l Chl a)	1	3			
	Turbiditet (FTU)			2(-3)	2	
	Susp.stoff (mg/l)			2	2	
	Siktedyp (m)	1	1			
Term.st.bakt. (ant.100 ml)	1	1	2	3-4		
Samlet vurdering		1	2	2	2-3	

Litteratur

- Berge, D. 1983 (red.). TYRIFJORDEN - Tyrifjordundersøkelsen 1978-1981. Sammenfattende sluttrapport. Tyrifjordutvalget, Fylkeshuset, Drammen. 156 s.
- Berge, D. 1992. Vannbruksplan for Tyrifjorden: Delutredning om forurensningssituasjonen i Tyrifjorden og Steinsfjorden, samt de viktigste tilløpselvene. NIVA-rapport O-90096 (l.nr. 2731). 72 s.
- Berge, D. 1996. Pumping av vann fra Tyrifjorden inn i Steinsfjorden som tiltak for å bedre vannkvaliteten i Steinsfjorden. NIVA-rapport O-95297 (l.nr. 3396-96). 15 s.
- Berge, D. og T. Tjomsland 1992. Vannbruksplan for Tyrifjorden - Delutredning om: Muligheter for vannkvalitetsforbedring i Steinsfjorden gjennom økning av vannutskiftningen. NIVA-rapport O-92001 (l.nr. 2735). 38 s.
- Berge, D., E.-A. Lindstrøm, G. Kjellberg og T. Bækken 1994. Resipientundersøkelse av Begna, Storelva og Nordfjorden ved Norske Skogindustrier A/S Follum Fabrikker. NIVA-rapport O-93024 (l.nr. 3051). 45 s.
- Brettum, P. 1989. Alger som indikator på vannkvalitet i norske innsjøer. Planteplankton. NIVA-rapport O-86116 (l.nr. 2344). 111 s.
- Holtan, H. og D.S. Rosland 1992. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Kortversjon. SFT-veiledning nr. 92:06.
- Løvstad, Ø. 1995. Vassdragsovervåking i Begna og Storelva 1994. Rapport nr. 9: 1995 fra Fylkesmannen i Buskerud, Miljøvernavdelingen. 19 s.
- Semb, R. 1992: Vassdragsundersøkelser i Begna, Storelva og Sokna i 1989. Rapport 2: 1992 fra Fylkesmannen i Buskerud, Miljøvernavdelingen. 26 s.
- Wivestad, T.M. 1995. Overvåking av Steinsfjorden 1995. Rapport utgitt av Fylkesmannen i Buskerud, Fylkeskommunen i Buskerud, Hole og Ringerike kommuner. 19 s.

Vedlegg

Tabell 1 Analyseresultater for Tyrifjorden 1996

Dato	Temp °C	Siktedyp m	TotP µg/l P	TotN µg/l N	Klorofyll µg/l Chl a	Term.st.bakt. Ant.pr.100 ml
20 05 96	4.6	7.5	2.5	440	0.3	
03 06 96	7.8	6.0	4.5	500	1.2	
09 07 96	14.5	7.5	3	470	1.5	0
22 07 96	15.0	7.5	4	470	1.5	0
05 08 96	15.5	8.0	3.5	440	1.7	0
19 08 96	18.0	7.0	3	420	2.4	1
02 09 96	14.0	7.0	5	440	2.5	2
15 09 96	13.7	7.0	5	490	2.2	0
14 10 96	7.1	7.0	3.5	450	1	

Tabell 2 Analyseresultater for Steinsfjorden 1996

Dato	Temp °C	Siktedyp m	Tot P µg/l P	Tot N µg/l N	Klorofyll µg/l Chl a	Term.st.bakt. Ant.pr.100 ml
20 05 96	5.8	3.5	11	320	4.5	
03 06 96	11.5	3.0	9.5	330	5.7	
09 07 96	17.0	6.5	7.5	260	2.3	0
22 07 96	18.2	4.0	7.5	390	3.1	0
05 08 96	18.4	6.5	8	240	2.8	0
19 08 96	19.7	6.0	9	240	1.6	0
02 09 96	16.5	5.5	8.5	220	2.9	0
15 09 96	14.2	5.0	11	230	2.6	0
14 10 96	8.3	3.5	11	250	8.2	
07 11 96	6.3	3.2	14	270	11	

Tabell 3 Analyseresultater fra Sogna, Ask bru 1996

Dato	Turb FTU	TotP µg/l P	TotN µg/l N	TOC mg/l C	Part.mat. mg/l	PUM mg/l	POM mg/l	Term.st.bakt. Ant.pr.100 ml
22 04 96	6.10	15.0	630		13.0	11.0	2.0	180
20 05 96	4.00	13.0	630	7.6	5.4	4.0	1.4	
03 06 96	1.70	11.0	570	7.3	2.7	1.8	0.9	
22 07 96	1.50	10.0	380	6.0	1.8	0.5	1.3	
05 08 96	1.40	9.0	330	5.8	1.6	0.5	1.1	17
02 09 96	0.52	6.0	510	4.0	1.0	0.5	0.5	165
14 10 96	0.56	5.5	510	5.0	1.2	0.5	0.7	50
11 11 96	0.67	5.0	480	7.2	< 1	< 1	0	58
09 12 96	3.00	14.0	1000	7.4	9.8	7.2	2.6	88

Tabell 4 Analyseresultater fra Storelva, Busund 1996

Dato	Turb FTU	TotP µg/l P	TotN µg/l N	TOC mg/l C	Part.mat. mg/l	PUM mg/l	POM mg/l	Term.st.bakt. Ant.pr 100 ml
22 04 96	1.8	10.0	540		3.1	2.2	0.9	1700
20 05 96	1.1	6.0	420	4.0	1.5	0.5	1.0	
03 06 96	0.82	8.0	450	3.8	1.8	1.0	0.8	
22 07 96	0.69	6.5	420	3.7	2.7	1.8	0.9	55
05 08 96	1.1	8.5	560	4.8	1.6	0.5	1.1	1750
02 09 96	1.8	16.0	420	5.9	2.8	1.3	1.5	38
14 10 96	0.56	6.0	370	7.4	0.5	0.5	0	
11 11 96	0.58	5.0	480	4.3	1.0	< 1	> 0	34
09 12 96	0.54	5.0	500	4.2	1.3	< 1	> 0.3	50

Kvantitative planteplankton analyser: S t e i n s f j o r d e n

Tabell 5

Dato ⇒	960520	960603	960709	960805	960902	961014
Gruppe	Volum	Volum	Volum	Volum	Volum	Volum
Arter						
Cyanophyceae (blågrønnalger)						
Anabaena lemmermannii	.	.	.	.	2.1	.
Aphanocapsa elachista	.	.	.	.	.	0.4
Aphanothece sp.	.	.	.	3.2	10.3	.
Planktothrix agardhii	194.0	101.7	7.3	7.5	40.2	361.1
Snowella lacustris	.	.	.	0.9	6.2	.
Sum	194.0	101.7	7.3	11.6	58.8	361.5
Chlorophyceae (grønnalger)						
Chlamydomonas sp. (l=12)	.	.	.	4.8	.	.
Chlamydomonas sp. (l=8)	.	.	.	0.5	.	.
Cosmarium depressum	.	.	.	0.5	.	0.5
Cosmarium pygmaeum	0.6	0.7	.	.	.	.
Elakatothrix gelatinosa (genevensis)	.	.	.	0.6	0.1	.
Eudorina elegans	.	.	.	0.4	4.4	.
Fusola viridis	.	.	0.1	.	.	.
Gyromitus cordiformis	.	.	.	.	.	0.3
Koliella sp.	.	.	.	0.1	0.3	.
Monoraphidium dybowskii	.	.	0.6	.	.	.
Mougeotia sp. (b=10-12)	.	.	0.6	.	.	.
Oocystis submarina v.variabilis	.	.	.	0.3	.	.
Sphaerocystis schroeteri	.	.	3.5	.	.	.
Tetraedron minimum v.tetralobulatum	0.1	0.5	.	.	.	.
Ubest.cocc.gr.alge (Chlorella sp.?)	.	.	.	.	6.9	.
Sum	0.7	1.2	4.7	7.1	11.7	0.8
Chrysophyceae (gullalger)						
Bitrichia chodatii	.	.	.	0.3	.	.
Chrysochromulina parva	5.1	0.5	8.2	12.3	20.5	1.4
Craspedomonader	.	.	0.5	2.6	1.2	0.3
Cyster av chrysophyceer	2.0	.	.	.	.	0.8
Dinobryon bavaricum	1.2	6.8	.	.	.	.
Dinobryon crenulatum	0.4	.	.	.	.	.
Dinobryon divergens	2.4	12.6	.	0.4	.	0.7
Dinobryon sertularia	0.1	.	.	.	.	.
Dinobryon sociale	0.5	18.4	.	0.1	.	.
Dinobryon sociale v.americanum	0.4	.	.	.	.	.
Løse celler Dinobryon spp.	0.9	9.0	.	.	.	.
Mallomonas caudata	.	.	33.5	.	.	2.8
Mallomonas elongata	.	.	4.0	.	.	.
Ochromonas sp. (d=3.5-4)	4.4	2.1	5.2	2.2	1.4	2.2
Små chrysomonader (<7)	25.0	11.4	7.8	10.3	12.3	3.1
Store chrysomonader (>7)	25.8	12.9	3.4	7.8	6.0	6.9
Synura sp. (l=9-11 b=8-9)	1.9	.	.	.	.	.
Ubest.chrysomonade (Ochromonas sp.?)	.	.	.	.	0.3	.
Ubest.chrysophyce	.	.	.	.	0.3	.
Ubest.chrysophyce (l=8-9)	.	.	13.1	0.4	.	.
Uroglena americana	28.9	68.1	3.5	64.0	.	.
Sum	98.8	141.8	79.2	100.4	42.0	18.2
Bacillariophyceae (kiselalger)						
Asterionella formosa	29.2	13.1	7.4	1.5	34.4	23.2
Aulacoseira ambigua	.	.	.	.	.	4.4
Aulacoseira distans	.	2.7	.	.	.	.
Aulacoseira granulata v.angustissima	47.0	31.8	.	.	.	13.9
Aulacoseira italica	2.4	20.3	.	.	.	175.7
Aulacoseira italica v.tenuissima	32.9	22.3	.	0.2	0.5	199.4
Cocconeis placentula	1.2	.	.	.	.	.
Cyclotella cf.pseudostelligera	8.0	1.6	0.5	.	.	.
Cyclotella radiosa	.	.	1.6	123.7	86.1	55.0
Cyclotella sp. (d=8-12 h=5-7)	1.3	1.9	3.2	.	3.2	8.0
Diatoma tenuis	8.7	8.0	0.8	.	.	.
Fragilaria acus (morfortyp"angustissima")	.	14.3	1.1	.	.	6.1
Fragilaria crotonensis	1.1	1.7	15.4	16.5	31.9	26.4
Fragilaria sp. (l=30-40)	.	0.6	.	.	.	.
Fragilaria ulna (morfortyp"angustissima")	8.3	.	.	.	.	.
Fragilaria ulna (morfortyp"ulna")	.	1.6	.	.	.	.
Nitzschia sp. (l=40-50)	.	1.9	.	.	.	.
Stephanodiscus hantzschii	11.9	14.4	21.5	.	.	.
Tabellaria fenestrata	40.5	37.3	108.9	23.7	.	3.9
Sum	192.4	173.1	160.3	165.6	156.1	515.9
Cryptophyceae						
Cryptomonas erosa	8.7	2.9	2.8	10.1	.	12.2
Cryptomonas erosa v.reflexa (Cr.refl.?)	2.6	0.5	0.5	21.9	0.9	4.2
Cryptomonas marssonii	1.3	.	0.5	4.0	0.3	0.2
Cryptomonas sp. (l=15-18)	.	.	.	.	1.9	.
Cryptomonas sp. (l=20-22)	.	.	.	19.1	0.7	.
Cryptomonas spp. (l=24-28)	12.4	0.8	2.4	26.0	0.4	.
Katablepharis ovalis	1.2	1.2	0.9	2.1	2.4	2.6
Rhodomonas lacustris (+v.nannoplanctica)	49.6	21.9	26.8	18.6	6.9	18.9
Ubest.cryptomonade (Chroomonas sp.?)	2.4	.	4.2	6.5	0.6	4.2
Sum	78.2	27.4	38.2	108.2	14.0	42.3
Dinophyceae (fureflagellater)						
Ceratium hirundinella	.	.	16.2	12.0	.	.
Gymnodinium cf.lacustre	2.8	.	.	2.1	.	.
Gymnodinium cf.uberrimum	.	.	.	4.8	.	.
Gymnodinium helveticum	52.2	3.6	.	1.6	.	16.0

Steinsfjorden forts.

Dato ⇒	960520	960603	960709	960805	960902	961014
Gruppe	Volum	Volum	Volum	Volum	Volum	Volum
Arter						
Gymnodinium sp. (32*25)	3.4	.	.	.	.	.
Gymnodinium sp. (l=14-16)	.	.	.	.	0.5	.
Peridinium (palustre) raciborskii	.	.	.	8.0	.	.
Peridinium sp. (l=15-17)	4.4	4.4	.	1.3	.	.
Peridinium umbonatum (P.inconspicuum)	.	.	.	0.6	.	.
Ubest.dinoflagellat	1.2	.	.	.	.	.
Sum	63.9	8.0	16.2	30.4	0.5	16.0
My - alger						
My-alger	10.1	10.5	8.8	10.8	7.7	8.4
Total sum (mm³/m³ = mg våtvekt/m³)	638.2	463.7	314.7	434.2	290.8	963.0