

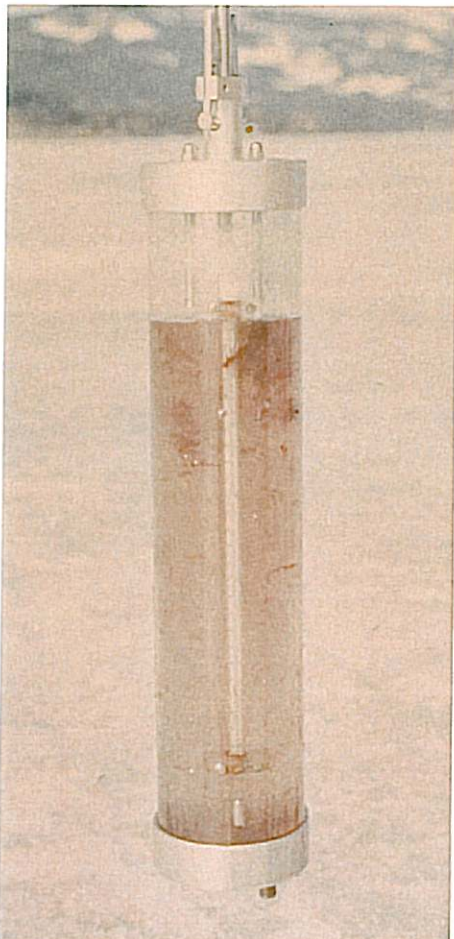
NIVA



RAPPORT LNR 3964-99

# Steinsfjorden - Toksinproduserende blågrønnalger

Observasjoner 1998



## Norsk institutt for vannforskning

# RAPPORT

### Hovedkontor

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

[www.niva.no](http://www.niva.no)

### Sørlandsavdelingen

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

### Østlandsavdelingen

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

### Vestlandsavdelingen

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

### Akvaplan-NIVA A/S

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

Tittel Steinsfjorden - Toksinproduserende blågrønnalger. Observasjoner 1998.	Løpenr. (for bestilling) 3964-99	Dato 15.07.1999
	Prosjektnr. Undernr. O-97129	Sider Pris 57
Forfatter(e) Olav Skulberg	Fagområde Hydrobiologi	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Buskerud	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Fylkesmannen i Buskerud, Miljøvern avdelingen. Hole kommune. Ringerike kommune.	Oppdragsreferanse
---	-------------------

Sammendrag Undersøkelsen av blågrønnalgeutviklingen i Steinsfjorden i 1998 ble organisert av Fylkesmannen i Buskerud, Miljøvern avdelingen. NIVA har foretatt det faglige arbeidet med oppgaven. Problemstillinger angående cyanotoksiner ble behandlet i fellesskap med NVH og SIFF. De røde former av blågrønnalgeslekten <i>Planktothrix</i> - gitt den norske betegnelsen purpurtråd - omfattet i Steinsfjorden i 1998 artene <i>P. prolifica</i> og <i>P. rubescens</i> var. med fysiologiske stammer som produserer cyanotoksiner (hepatotoksiner - microcystiner, nevrotooksiner - anatoxiner). Den maksimale konsentrasjon av purpurtråd ble observert ultimo juli i dybdeintervallet 8-13 m med ca 100.000 trichomer/l. Under fullsirkulasjonen var blågrønnalgene relativt jevnt fordelt i Steinsfjordens vannmasser. I strandområdene ble det i badesesongen registrert beskjedne forekomster av blågrønnalger - <15000 trichomer/l - som ble bedømt ikke å ha praktisk betydning for rekreasjonsmessig bruk av vannet. De limnologiske forhold i Steinsfjorden 1998 er beskrevet, og vannkvalitet og trofigrad er karakterisert. Kvantitative sammenhenger mellom blågrønnalgemengder og giftighet/helserisiko trenger faglig avklaring, og dette vil inngå i det fortsatte prosjektarbeidet.
--

Fire norske emneord 1. Blågrønnalger (cyanobakterier) 2. Cyanotoksiner 3. <i>Planktothrix</i> - purpurtråd 4. Masseutvikling	Fire engelske emneord 1. Cyanophytes (Cyanobacteria) 2. Cyanotoxins 3. <i>Planktothrix</i> - red-coloured species 4. Mass development
--	---

*Olav Skulberg*  
Olav Skulberg  
Prosjektleder

*Anne Lyche Solheim*  
Anne Lyche Solheim  
Forskningsleder

*Nils Roar Sælthun*  
Nils Roar Sælthun  
Forskningsjef

ISBN 82-577-3558-2

**O-97129**

**STEINSFJORDEN**

**Undersøkelse av toksinproduserende  
blågrønnalger. Observasjoner 1998**

Oslo, 15. juli 1999

Olav Skulberg

## Forord

Undersøkelsen med overvåking av blågrønnalgeutviklingen i Steinsfjorden i 1998 ble organisert av Fylkesmannen i Buskerud, Miljøvern-avdelingen. Hole kommune og Ringerike kommune har deltatt i planleggingen og bistått med tilrettelegging og hjelp under feltarbeidet. Næringsmiddeltilsynet for Ringeriksregionen har foretatt analyser av badevannskvaliteten og gjort prøvebearbeiding for sestonanalyser.

Problemstillingene knyttet til cyanotoksiner produsert av populasjonene av purpurtråd (*Planktothrix* spp.) i Steinsfjorden har vært behandlet i fellesskap med Norges veterinærhøgskole og Statens institutt for folkehelse.

En faglig begivenhet i august 1998 var et forskerbesøk av professor Anthony E. Walsby, University of Bristol, England. Anledningen ble benyttet til felt- og laboratoriestudier av purpurtråd i Steinsfjorden/-Tyrifjorden. A.E. Walsby er blant de fremste internasjonale eksperter på denne gruppen av blågrønnalger.

Under arbeidene med Steinsfjorden i 1998 har det vært regelmessige møter med kontaktgruppen for innsjøundersøkelsen, koordinert av Åsmund Tysse, Miljøvern-avdelingen, Fylkesmannen i Buskerud.

Norsk institutt for vannforskning retter takk til våre samarbeidspartnere for all interesse og den positive medvirkning i gjennomføringen av arbeidet med blågrønnalgeundersøkelsen i 1998.

Oslo, 15. juli 1999  
*Olav Skulberg*

---



# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>7</b>
<b>Lake Steinsfjord - the arena of <i>Planktothrix</i></b>	<b>9</b>
<b>1. Bakgrunn</b>	<b>10</b>
<b>2. Problembeskrivelse og formål</b>	<b>11</b>
<b>3. Materiale og metoder</b>	<b>14</b>
<b>4. Miljøfaktorer og limnologiske forhold</b>	<b>15</b>
4.1. Meteorologiske betingelser	16
4.2. Hydrografisk bakgrunn	17
<b>5. Blågrønnalger og cyanotoksiner</b>	<b>30</b>
5.1. Purpurtråd - <i>Planktothrix</i> spp.	30
5.2. Populasjonsutvikling 1998	31
<b>6. Noen hovederfaringer</b>	<b>36</b>
<b>7. Referanser</b>	<b>38</b>
7.1. Henvisninger i rapporten	38
7.2. Oversikt over skrifter som behandler algevegetasjonen i Steinsfjorden	41
<b>8. Datasamling for 1998</b>	<b>43</b>

---

---

## Figuroversikt

Figur 1.	Kartskisser av Steinsfjorden og Tyrifjorden.	12
Plansje	Geologisk oversikt over Oslofeltet.	13
Figur 2.	Månedlige middeltemperaturer i 1997-1998 og normalen 1961-1990. Oslo-Blindern.	19
Figur 3.	Månedlige nedbørmengder i 1997-1998 og normalen 1961-1990. Oslo-Blindern.	20
Figur 4.	Vanntemperaturer. Observasjoner 1998.	21
Figur 5.	Beregnet vanntemperatur i 0-9 og 9-15 m dyp i 1997 og 1998.	22
Figur 6.	Vanntemperatur i juni og juli for årene 1997 og 1998.	23
Figur 7.	Lysforhold - strålingskvanta. Observasjoner 1998.	24
Figur 8.	Lysforhold i 9-15 m dyp og minimumsbehov for lys til <i>Planktothrix</i> .	25
Figur 9.	Oksygenkonsentrasjon. Observasjoner 1998.	26
Figur 10.	Konsentrasjoner av totalnitrogen 1998.	27
Figur 11.	Beregnet nitratkonsentrasjon i 0-9 og 9-15 m dyp i 1997 og 1998.	28
Figur 12.	Beregnet fosforkonsentrasjon i 0-9, 9-15 og 15-23 m dyp i 1997 og 1998.	29
Figur 13.	Purpurtråd. Blågrønnalgen <i>Planktothrix rubescens</i> var. som utvikler seg i Steinsfjorden.	34
Figur 14.	Forekomst av purpurtråd. Observasjoner 1998.	35

---

## Tabelloversikt

Tabell 1.	Morfologiske og hydrologiske forhold ved Tyrifjorden og Steinsfjorden.	15
Tabell 2.	Utvalgte fysiske/kjemiske faktorer for Tyrifjorden og Steinsfjorden.	16
Tabell 3.	Resultater av bearbeiding av sestonfiltre i 1998. Slettøya. Høyehallstranda. Grantopp. Hovedstasjon.	33
Tabell 4.	Vurdering av Steinsfjordens trofiske tilstand.	36
Tabell 5.	Dokumenterte observasjoner av siktedyp i Steinsfjorden 1930-1998.	37

---

## Sammendrag

- Som oppdrag for Fylkesmannen i Buskerud, Miljøvernavdelingen, ble det i 1998 foretatt en undersøkelse av blågrønnalger i Steinsfjorden for å få kunnskap om fremveksten av arter/populasjoner med toksinproduserende stammer. Hole kommune og Ringerike kommune medvirket i planleggingen og tilretteleggingen av arbeidet. Norges veterinærhøgskole og Statens institutt for folkehelse har samarbeidet med Norsk institutt for vannforskning i undersøkelsen av cyanotoksinene det gjelder.
- Et løpende tilsyn med forekomsten av blågrønnalger i Steinsfjorden ble gjennomført med hovedvekt på fremvekst av arter/populasjoner med toksinproduserende stammer. Resultatene har bidratt til:
  - å bedømme den rådende biologiske vannkvalitet med hensyn til forskjellige bruksformål
  - å forberede forholdsregler og informasjon som kan tas i bruk ved episoder med masseutvikling av blågrønnalger.
- Den praktiske utførelse av undersøkelsen ble gjort med en kombinasjon av feltobservasjoner og laboratorieanalyser. De anvendte fremgangsmåter og metoder var de samme som ved undersøkelsen av Steinsfjorden i 1997 (NIVA 1998).
- De meteorologiske betingelser i 1998 var preget av en våt og grå sommer, og av redusert solinnstråling gjennom vegetasjonsperioden. Kontrasten til sommeren 1997 - som var den varmeste på Østlandet siden 1837 - gir spesielt interessante forutsetninger for vurdering av klimaets betydning for fenomenene som studeres.
- Mens det var markerte forskjeller i vanntemperaturen i epilimnion i 1997 og 1998, var det relativt liten forskjell når det gjelder temperaturforholdene i metalimnion (dybdeintervallet 9-12 m). Situasjonen innebærer at det gjennomgående vil være stabile betingelser for purpurtråd i sommerstagnasjonen i Steinsfjorden, selv under år med varierende meteorologiske omstendigheter.
- Oksygenforholdene i Steinsfjorden i 1998 varierte, med verdier mellom 10-110% metning i vannmassene. Oksygenfordelingen i innsjøen var karakteristisk for en eutrof oksygensjiktning, med oksygenkonsentrasjoner i bunnvannlaget i september < 2 mg O<sub>2</sub>/l.
- Steinsfjordens innhold av totalnitrogen (TOT-N) var i gjennomsnitt 322 µg N/l. Konsentrasjonen av totalfosfor (TOT-P) var i gjennomsnitt 8,6 µg P/l. I henhold til SFTs klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann kan Steinsfjorden ut fra dette karakteriseres å være en innsjø av oligotrof-mesotrof type.



- Det er indikasjoner på betydelig grunnvannstilstrømning i deler av Steinsfjorden. Masseutvikling av jernbakterien *Leptothrix echinata* ble påvist i bunn-nære vannsjikt både i 1997 og 1998.
- De røde former av blågrønnalgeslekten *Planktothrix* (med den norske betegnelsen purpurtråd) omfatter i Steinsfjorden *P. prolifica* og *P. rubescens* var. I 1998 hadde *P. rubescens* var. den største mengdemessige betydningen.
- *Planktothrix rubescens* var. er sannsynligvis en endemisk art for Steinsfjorden.
- Purpurtråd er av NIVA bare påvist i et fåtall innsjøer i Norge. Steinsfjorden representerer en eksepsjonell lokalitet i Norge når det gjelder fenomenet med regelmessig stor utvikling av populasjoner av purpurtråd.
- Artene av *Planktothrix* i Steinsfjorden forekommer med fysiologiske stammer som produserer cyanotoksiner. Hittil er det dokumentert at desmethyl 3-microcystin-RR, microcystin-LR og anatoxin-a blir dannet av organismene det gjelder. Men også foreløpig ikke kjente cyanotoksiner er til stede. Det gjenstår å få disse stoffene kjemisk og toksikologisk karakterisert.
- Populasjonsutviklingen av purpurtråd i 1998 fulgte hovedsakelig det samme mønster som er beskrevet for 1997. I overgangen mai-juni ble blågrønnalgenes spesielle nisje i dybdeintervallet 8-13 m inntatt. Den maksimale konsentrasjon av purpurtråd ble registrert i slutten av juli med ca 100.000 trichomer/l i 10 m dyp. Under vannmassenes fullsirkulasjon var purpurtråd relativt jevnt fordelt i Steinsfjordens hovedbasseng.
- Observasjonene av blågrønnalger på badeplassene viste små forekomster (<1000 kolonier/l) av *Anabaena lemmermannii*. Når det gjelder purpurtråd varierte konsentrasjonene i området <15000 trichomer/l. Frem til midten av august var konsentrasjonen på badeplassene <6000 trichomer/l. Basert på foreliggende erfaringer ble forekomsten bedømt som praktisk ubetydelig for rekreasjonsmessig bruk av badeplassene.
- Forekomsten av purpurtråd i Steinsfjorden 1997-1998 synes hovedsakelig å tilsvare forholdene som ble beskrevet i 1960-årene. Bevaringen av populasjonen med purpurtråd i Steinsfjorden er et kriterium for stabile miljøforhold i hovedvannmassene av innsjøen.
- Som grunnlag for konkrete helsemessige vurderinger og i økotoksikologisk sammenheng er det behov for å foreta en risikoanalyse knyttet til blågrønnalgeutviklingen og produksjonen av cyanotoksiner. En viktig oppgave i det fortsatte prosjektarbeidet blir å fastlegge sammenhengen mellom blågrønnalgeforekomst og konsentrasjon av cyanotoksiner i Steinsfjorden til dette formålet.

## Lake Steinsfjord - the arena of *Planktothrix*

Title: Lake Steinsfjord. Survey of toxinproducing cyanophytes (cyanobacteria).

Year: 1998

Author: Olav Skulberg

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-3558-2.

The Lake Steinsfjord, Buskerud, Norway, is a prominent recreational lake and a habitat of rich biodiversity. A mass development of a toxinproducing population of *Planktothrix* spp. was observed in the late winter 1997. Three species were identified: *P. mougeotii*, *P. prolifica* and *P. rubescens* var. The dominating species during 1997 was *P. prolifica*, developing a conspicuous summer population in the metalimnic zone of the thermally stratified lake. Biotests and chemical analysis proved that the cyanotoxins desmethyl 3-microcystin-RR, microcystin-LR and anatoxin-a were produced by the cyanophytes in the Lake Steinsfjord.

During 1998 *P. rubescens* var. - possibly an endemic species for Lake Steinsfjord - was the major toxinproducing blue-green in the phytoplankton. The maximum concentration of the population was ca 100 000 trichomes per liter, observed at 10 m depth in the end of July. Seston samples from three bathing beaches demonstrated low levels of blue-greens without problematic consequences for the recreational use of the water.

The Lake Steinsfjord is among the limnologically best investigated localities in Norway. A comparison between results of observations concerning the development of *Planktothrix* populations has been made. The concentrations of the red-coloured species of *Planktothrix* were of the same magnitude in the period 1960-1970 as observed in 1997 and 1998. This preservation of the population of *P. rubescens* var. in the Lake Steinsfjord is a criterion for the rather stable environmental conditions in the main water body through the years.

# 1. Bakgrunn

Denne rapporten behandler forholdene i Steinsfjorden/Tyri-fjorden med hensyn til forekomsten av toksinproduserende blågrønnalger i 1998. Resultatene er tidligere fremlagt i aktuelle situasjonsbeskrivelser i løpet av vegetasjonsperioden mars-september i notater, og presentert i møter med prosjektgruppen (NIVA 1998). Det blir nå også foretatt en sammenlikning mellom hydrografiske og hydrobiologiske forhold i Steinsfjorden i 1997 og 1998.

Resultater og erfaringer fra undersøkelsen har blitt benyttet i skrifter som er utarbeidet knyttet til toksikologiske problemstillinger (kreps, fisk), og for spørsmålsstillinger i sammenheng med praktiske tiltak for å trygge vannkvaliteten i Steinsfjorden ("—åpning av veifyllingene, Kroksundet"). De nedenfor nevnte fire rapportene bør derfor studeres i forbindelse med erfaringene som nå er innvunnet om populasjonene av blågrønnalger i Steinsfjorden i 1998.

Aune, T.; Ramstad, H.; Skulberg, O.M.; Underdal, B.; Yndestad, M. & Østensvik, Ø. (1997): Cyanotoksiner og edelkreps - toksinproduserende blågrønnalger i Steinsfjorden sommeren 1997. Norges veterinærhøgskole, Institutt for farmakologi, mikrobiologi og næringsmiddelhygiene. Norsk institutt for vannforskning. Oslo, 15. september 1997. Rapport, 17 pp.

Skulberg, O.M. (1998): Steinsfjorden - Toksinproduserende blågrønnalger. Observasjoner 1997. Norsk institutt for vannforskning. ISBN 82-577-3488-8. Oslo. Rapport, 43 pp.

Underdal, B.; Hormazabal, V.; Skulberg, O.M.; Østensvik, Ø. & Aune, T. (1998): Cyanotoksiner og fisk - toksinproduserende blågrønnalger i Steinsfjorden. Norges veterinærhøgskole, Institutt for farmakologi, mikrobiologi og næringsmiddelhygiene. Norsk institutt for vannforskning. Oslo, 26. juni 1998. Rapport, 18 pp.

Bratli, J.L.; Tjomslund, T.; Brørs, B.,; Källqvist, T. & Skulberg, O.M. (1999): Vannutskifting Steinsfjorden. Mulige konsekvenser for vannutskifting, vannkvalitet og blågrønnalger ved åpning av veifyllingene. Norsk institutt for vannforskning, Oslo. Rapport, 70 pp.

En oversikt over skrifter som behandler algevegetasjon og beslektede fenomener i Steinsfjorden, er blitt laget.

## 2. Problembeskrivelse og formål

Toksinproduserende blågrønnalger (cyanobakterier) er gjenstand for økende oppmerksomhet i sammenheng med forvaltning av innsjøer og vannhygiene (WHO 1999). I de fleste tilfeller dreier det seg om problemer med blågrønnalger som danner vannblomst i overflatevann (f.eks. arter av slektene *Anabaena*, *Aphanizomenon* og *Microcystis*). Imidlertid er det også en annen gruppe av blågrønnalger som kan lage oppblomstringer nær temperaturspranget i innsjøer. Hit hører bl.a. arter av slekten *Planktothrix* som er dominerende i planktonet i Steinsfjorden. De omfatter fysiologiske raser med notorisk produksjon av cyanotoksiner. Da det er beskjedent med kunnskap om disse organismene og deres toksiner, er det fremkommet behov for spesielle undersøkelser av forholdene i Steinsfjorden.

En masseforekomst av blågrønnalger ble registrert i Steinsfjorden vinteren/våren 1997. Ved isløsningen ble f.eks. ansamlinger av blågrønnalger observert drivende i overflatevannet flere steder i innsjøen. Som et ledd i forskningssamarbeidet mellom Norsk institutt for vannforskning, Norges veterinærhøgskole og Statens institutt for folkehelse knyttet til cyanotoksiner i norske vannforekomster, ble materiale fra Steinsfjorden innsamlet til undersøkelse. Det viste seg at organismene som dannet masseforekomst tilhørte slekten *Planktothrix*, og at populasjonen var dominert av en toksinproduserende type.

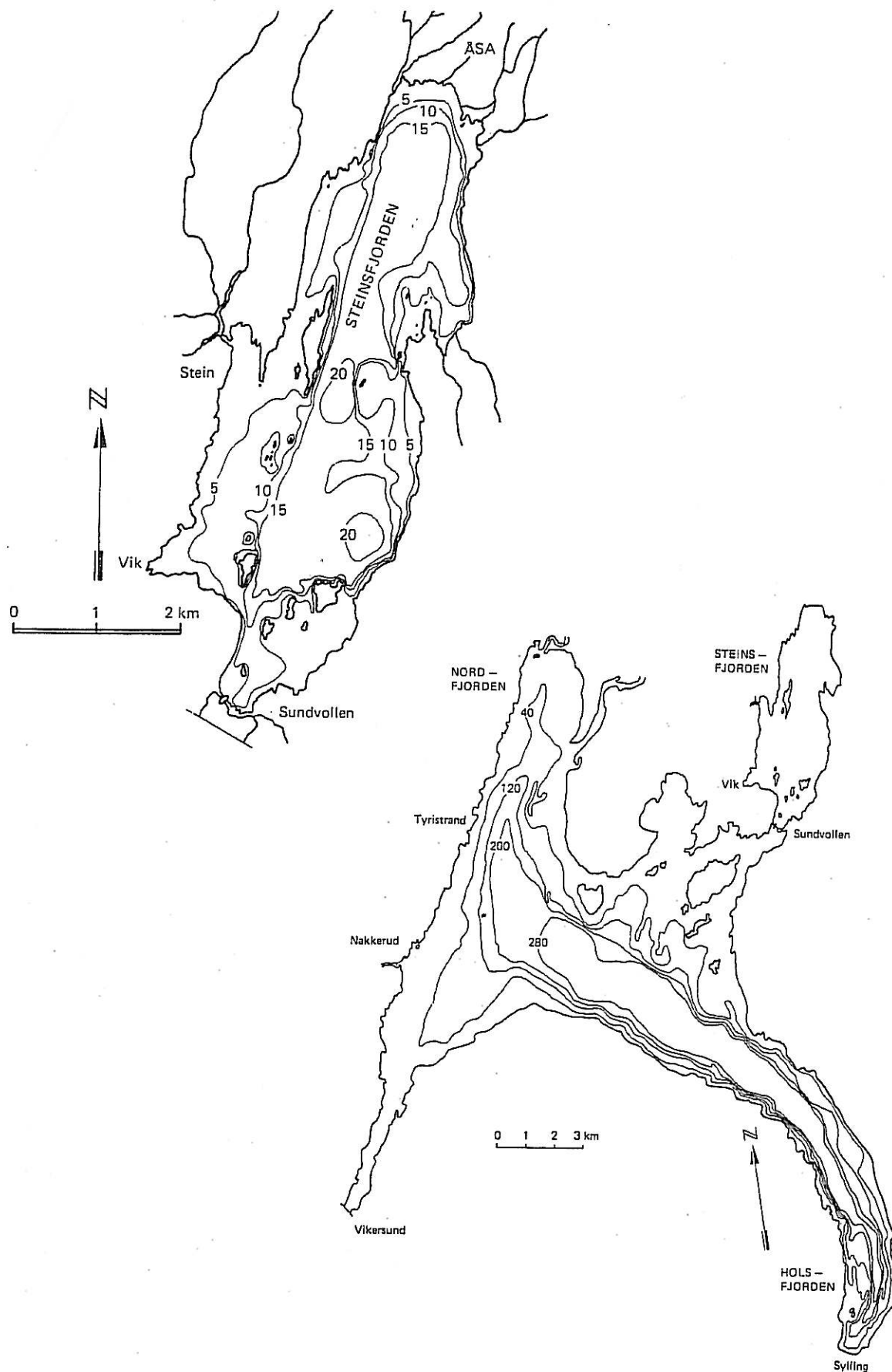
Steinsfjorden har et spesielt blågrønnalgesamfunn preget av røde former av slekten *Planktothrix* (Skulberg 1964). Dette er organismer - gitt den norske betegnelsen purpurtråd - som kan danne masseforekomst også under relativt næringsfattige miljøbetingelser. De er samtidig kjent for sine fysiologiske raser med produksjon av cyanotoksiner. Ved masseutvikling av organismer med slike egenskaper vil det kunne oppstå helsemessig forbundet med bruk av vannet og biologiske produkter fra innsjøen. Samtidig kan organismelivet i innsjøen for øvrig bli negativt påvirket (Skulberg 1996).

Steinsfjordens store naturverdi, dens allsidige bruk og omfattende rekreasjonsmessige betydning (Berge 1983a) gjør det nødvendig for forvaltningsmyndighetene å ha løpende tilgang til informasjon om forekomsten av toksinproduserende mikroorganismer i innsjøen. Slik kunnskap er bl.a. en forutsetning for å kunne sikre helsemessig trygghet/trivsel for brukerne av innsjøen, og for å gjøre riktige praktiske disposisjoner.

Hovedhensikten med prosjektet er å foreta et løpende tilsyn med forekomsten av blågrønnalger i Steinsfjorden og få kunnskap om fremvekst av arter/populasjoner med toksinproduserende stammer. Resultatene skal bl.a. kunne bidra til:

- å bedømme den rådende biologiske vannkvalitet med hensyn til forskjellige bruksformål
- å forberede forholdsregler og informasjon som kan tas i bruk ved episoder med masseutvikling av blågrønnalger.

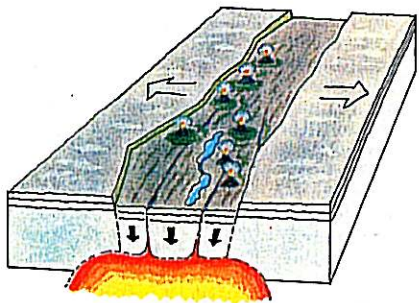




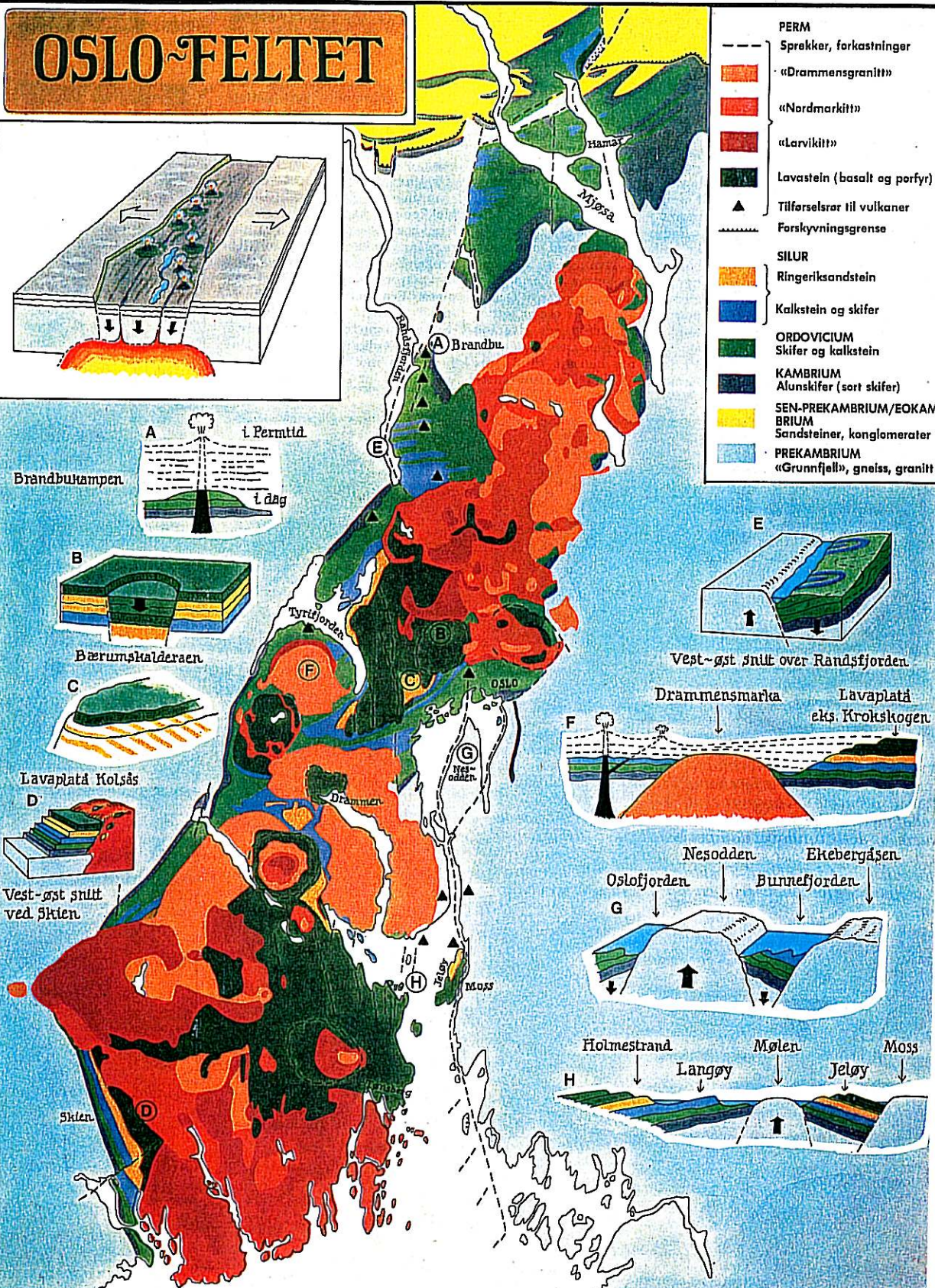
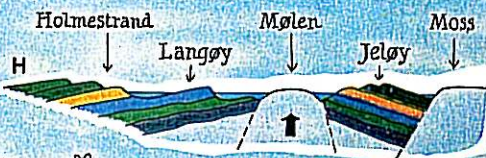
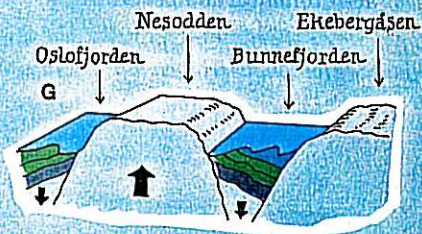
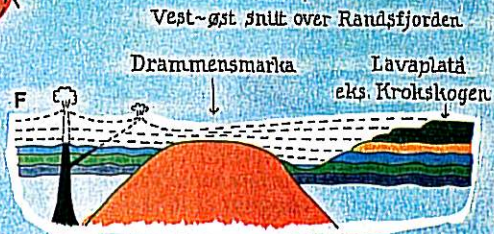
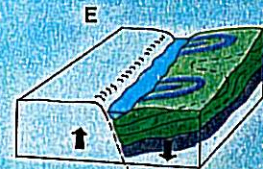
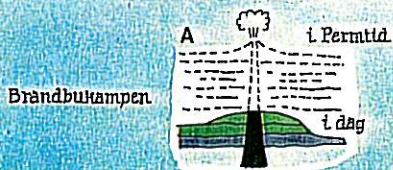
FIGUR 1. Kartskisser av Steinsfjorden og Tyrifjorden.



# OSLO-FELTET



- PERM**
- Sprekker, forkastninger
- «Drammensgranitt»
- «Nordmarkitt»
- «Larvikitt»
- Lavastein (basalt og porfyr)
- ▲ Tilførselsrør til vulkaner
- ~~~~ Forskyvningsgrense
- SILUR**
- Ringeriksandstein
- Kalkstein og skifer
- ORDOVICIUM**
- Skifer og kalkstein
- KAMBRIUM**
- Alunskifer (sort skifer)
- SEN-PREKAMBRIUM/EOKAMBRIUM**
- Sandsteiner, konglomerater
- PREKAMBRIUM**
- «Grunnfjell», gneiss, granitt





### 3. Materiale og metoder

Undersøkelsen i 1998 tok praktisk utgangspunkt i observasjoner og prøvetaking i Steinsfjorden og Tyrifjorden<sup>1</sup>. Dette arbeidet ble foretatt etter rutinemessig opplegg og med standard fremgangsmåte (Vennerød 1984, NIVA 1993). Det ble i felt gjort målinger av fysiske faktorer (temperatur, siktedyp, oksygenkonsentrasjon og lys) og innsamlet prøver til kjemiske og biologiske analyser. Vannprøvene ble transportert til NIVAs laboratorier i Oslo for analysering. Laboratoriebearbeiding av prøvene begynte med måling av turbiditet, pH og filtrering for bestemmelse av seston (Skulberg 1978a). Metodene som ble anvendt var de rutinemessige for undersøkelser av kjemisk og biologisk vannkvalitet (NIVA 1993). Identifikasjon og kvalitative undersøkelser av alger ble foretatt med optisk mikroskop.

Prøvetakingen var konsentrert om hovedstasjonen i det dypeste området av Steinsfjorden og i nærområdet utenfor Kroksundet. Det praktiske feltarbeidet ble gjort i samarbeid mellom Norsk institutt for vannforskning, Hole kommune og Ringerike kommune. Næringsmiddeltilsynet for Ringeriksregionen og miljøvernetaten i Ringerike kommune og Hole kommune bisto med prøvetaking og forbehandling av prøver knyttet til undersøkelsen av badevannskvalitet (sestonprøver).

Månedlige tokt ble gjennomført av NIVA for intensivundersøkelse av hydrobiologiske forhold. Det ble foretatt feltobservasjoner og registreringer av limnologisk viktige miljøfaktorer. Biologisk materiale til mikroskopisk analyse, organismeisolering og kulturforsøk ble innsamlet.

Prøvetakinger ble gjennomført i utvalgte perioder for å følge utviklingen til blågrønnalgene. Dette arbeidet omfattet innsamling av en vannprøve fra overflate (dyp 10 cm), og en blandprøve fra 0-6 m dyp (slangeprøvetaker). Samtidig ble temperaturen målt og siktedyp registrert med Secchi-skive. Planktonprøve ble innsamlet med håvtrekk (planteplankton-håv, 25 µm). Materialet ble transportert til NIVAs laboratorier i Oslo for bearbeidelse.

Laboratoriebestemmelsene omfattet analyse av klorofyll, turbiditet, farge, fosfor- og nitrogenforbindelser, tørrvekt og gløderest etter rutinemessige metoder (NIVA 1993). Det biologiske materialet ble spesielt undersøkt med hensyn til forekomst av blågrønnalger. Kulturstudier, biotester og toksinanalyser ble utført for karakterisering av arter og innhold av cyanotoksiner (Skulberg 1996).

Når det gjelder biotester for bestemmelse av akutt toksisitet og kjemisk karakterisering av cyanotoksiner, ble disse utført ved Institutt for farmakologi, mikrobiologi og næringsmiddelhygiene, Norges veterinærhøgskole. Metodene som ble benyttet er tidligere beskrevet (Berg et al. 1987, Underdal et. al 1998).

Det ble i 1998 gitt løpende informasjon til Fylkesmannen i Buskerud, Miljøvernavdelingen, Hole kommune og Ringerike kommune om resultater fra feltobservasjonene og laboratorieanalysene (Skulberg 1998). Ukentlige situasjonsbeskrivelser ble utarbeidet i perioden juli-september. Hensikten med dette var bl.a. å gi aktuelle underlag for forvaltningsmyndighetenes vurderinger av vannhygieniske forhold knyttet til drikkevann og badevann i Steinsfjorden.

---

<sup>1</sup> Resultater fra observasjoner i Kroksundområdet og Tyrifjorden vil bli behandlet i en egen rapport.

## 4. Miljøfaktorer og limnologiske forhold

Som miljø for mikroalger karakteriseres en innsjø ut fra sin geografiske beliggenhet (geologi, topografi, hydrologi og klima), de hydrografiske betingelser (fysiske og kjemiske relasjoner) og biotiske forhold (innflytelsen organismene imellom). Den stadige variasjon i ytre miljøfaktorer er bestemmende for innsjøens algeutvikling.

Kartskisser av Steinsfjorden og Tyrifjorden er fremstilt i FIGUR 1. Noen sentrale data for innsjøene er sammenstilt i TABELL 1 og TABELL 2 (Berge 1983a). De hydrologiske forhold - inkludert vannmassenes oppholdstider og vannstandsvekslinger - er viktige forutsetninger for å forstå de hydrobiologiske utviklingsforløp (Bratli et al. 1999).

TABELL 1. Morfologiske og hydrologiske forhold ved Tyrifjorden og Steinsfjorden.

Faktor	Benevning	Tyrifjorden	Steinsfjorden
Høyde over havet	m	63	63
Areal nedbørfelt	km <sup>2</sup>	9808	63,7
Areal innsjø, uten øyer	km <sup>2</sup>	121,3	13,9
Areal øyer	km <sup>2</sup>	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	m <sup>3</sup>	13830·10 <sup>6</sup>	142·10 <sup>6</sup>
Midlere avløp	m <sup>3</sup> /s	170	1
Årlig avløp	m <sup>3</sup>	5000 ·10 <sup>6</sup>	31,5·10 <sup>6</sup>
Teoretisk oppholdstid (vannutskiftning)	år	2,7	4,6

\* Sylling - Soknas munning

\*\* Nakkerud - Utvik



TABELL 2. Utvalgte fysiske/kjemiske faktorer for Tyrifjorden og Steinsfjorden. Eksempler fra overflatelagene sentralt i innsjøene, målt i sommerhalvåret.

Faktor	Benevning	Tyrifjorden	Steinsfjorden
Siktedyp	m	6,5	4,5
Surhetsgrad	pH	6,8	7,2
Konduktivitet	µS/cm (20°)	32	86-92
Farge	mg Pt/l	10	10
Turbiditet	FTU	0,4	0,9
Kalsium	mg Ca/l	4,3	12-13
Magnesium	mg Mg/l	0,9	1,6
Natrium	mg Na/l	0,9	4,0
Kalium	mg K/l	0,4	0,7
Bikarbonat	mekv/l	0,18	0,61
Sulfat	mg SO <sub>4</sub> /l	4,5	9,0
Klorid	mg Cl/l	1,2	4,0
Nitrat	µg N/l	220	0-150
Totalnitrogen	µg N/l	400	200-300
Totalfosfor	µg P/l	7	8,6
Silisium	mg SiO <sub>2</sub> /l	2	2,3

#### 4.1. Meteorologiske betingelser

De anvendte observasjonsdata er innhentet fra Det norske meteorologiske institutt. Målestasjonen Oslo-Blindern er benyttet. Denne stasjonen er ikke direkte representativ for Steinsfjord-Tyrifjord-området, men er den nærmeste hvor det foreligger fullstendige målinger. I de grafiske fremstillingene FIGUR 2 og FIGUR 3 er månedlige middeltemperaturer og nedbørsmengder i 1997 og 1998 gjengitt sammen med normalverdiene for perioden 1961-1990.

Sommeren 1998 var den første siden 1862 hvor det ikke ble registrert én eller flere dager med maksimumstemperatur over 25°C. Middeltemperaturen lå opptil én grad lavere enn normalen i juni og juli, mens temperaturen i august var ganske vanlig etter årstiden. Samtidig var sommeren den minst solrike på 45 år, og kan karakteriseres som våt og grå, med 306 millimeter nedbør i juni, juli og august.

I kontrast til forholdene i 1998 står det eksepsjonelt gode sommerværet i 1997, som var det varmeste på Østlandet siden 1837. Disse to så meteorologisk forskjellige årene gir spesielt interessante forutsetninger for vurderinger av den klimatiske betydning for fenomenene som studeres.

## 4.2. Hydrografisk bakgrunn

Når det gjelder toksinproduserende blågrønnalger i Steinsfjorden, er det i første rekke utviklingen i de frie vannmassene som har interesse. Fremstillingen nedenfor konsentrerer seg om forholdene i innsjøens hovedbasseng.

Temperatur. Vannmassenes lagdeling har avgjørende betydning for kjemiske og biologiske prosesser i en innsjø. Dermed er også utviklingen av blågrønnalger i planktonet direkte influert av lagdelingens mektighet og varighet. Spesielt vil dette gjelde arter av slekten *Planktothrix*, som har sitt primære tilholdssted knyttet til sprangsjiktet i Steinsfjorden.

Resultatene av observasjonene av vanntemperaturen i 1998 fremgår av FIGUR 4. Isløsningen ble fulgt av en periode med fullsirkulasjon av vannmassene. I løpet av mai bygde det seg opp et sprangsjikt. Dette var beliggende i dybdeintervallet 4-10 m under overflaten. Gjennomgående er det i Steinsfjorden i sommerhalvåret en markert tredeling av vannmassene i vertikal retning (Holtan 1970, Skulberg 1998). Et forholdsvis varmt overflatevann (epilimnion) følges av et underliggende sprangsjikt (metalimnion) over dypvannmasser med kjølig preg (hypolimnion).

Den høyeste vanntemperaturen i 1998 ble registrert i juli, da det i overflatevannet ble målt 18,5°C. I august ble det en gradvis avkjøling av vannmassene, et forhold som medførte at spranglaget forflyttet seg mot en dypere posisjon (partialsirkulasjon). Ved prøvetakingen 21. september var f.eks. sprangsjiktets beliggenhet i dybdeintervallet 13-16 m under overflaten. Med den videre avkjølingen om høsten kom hele vannmassen i sirkulasjon, noe som varte frem til Steinsfjordens islegging.

Sammenliknes observasjonene av vanntemperaturen i Steinsfjorden i juni og juli for årene 1997 og 1998, fremkommer det hvordan 1997 oppviste spesielt varme sommerdøgn. I FIGUR 5 er det gjort sammenstillinger av vanntemperatur i epilimnion (0-9 m dyp) og metalimnion (9-15 m dyp) for å vise relasjonene. Samtidig fremgår en annen viktig erfaring. Mens det var markerte forskjeller i temperaturbetingelser de to årene i epilimnion, var det relativt liten forskjell i vanntemperaturen målt i metalimnion. Altså i det vertikale innsjøavsnittet i Steinsfjorden hvor *Planktothrix*-populasjonen har sitt fremste tilholdssted (dybdeintervallet 9-12 m) er det relativt de samme, stabile temperaturbetingelser i år så vel med "varme" som "kjølige" somre på Ringerike. FIGUR 6 gir en illustrasjon av dette forholdet (observasjoner fra 1999 er også innarbeidet).

Lysklima. For å bedømme lysforholdene i Steinsfjorden i vegetasjonsperioden 1998 ble det foretatt målinger. Den grafiske fremstillingen i FIGUR 7 gjengir noen av resultatene. Kurvene beskriver - logaritmisk skala - den vertikale lysfordelingen fra vannoverflaten og ned til 15 m dyp.

Purpurtråd - de røde artene av *Planktothrix* - er spesialisert på utnyttelse av lave lysintensiteter (Muur et al. 1999). Disse organismene utvikler bl.a. lyshøstende pigmenter - phycobiliner - som kan absorbere bølgelengder i lysspekteret, 400-700 nm, ut over området for klorofyll (Klaveness & Skulberg 1982). Det røde fargestoffet phycoerythrin i purpurtråd gjør det da mulig for disse blågrønnalgene å utføre fotosyntese i det dempede lyset som rekker ned mot bunnområdet av Steinsfjorden.

I FIGUR 8 er det gjort en fremstilling av maksimum-, minimum- og middelveidier av lysintensiteten innen bølgeområdet for aktiv fotosyntese - PAR - målt som mikroeinstein  $m^{-2}s^{-1}$  (1 mikroeinstein = 1  $\mu E$ , tilsvarer  $6,02 \times 10^{17}$  fotoner). Det er dybdeintervallet 9-15 m som har oppmerksomhet, hvor *Planktothrix* spp. har sin spesielle nisje i Steinsfjorden. Verdiene av lysintensitet som fysiologisk vurdert er minimumsbehovet for disse blågrønnalgene, er også avmerket (3-5  $\mu E m^{-2}s^{-1}$ ). Det fremkommer hvordan dybdeintervallet med stor forekomst av purpurtråd har lysbetingelser som tillater vekst og utvikling av denne blågrønnalgepopulasjonen over utstrakte perioder gjennom året.

Oksygeninnhold. Variasjoner av oksygeninnhold hører til de faktorer i vannmassene som gir gode informasjoner om de biologiske stoffskifteprosessene i en innsjø. I FIGUR 9 er resultatene av oksygenmålingene i 1998 fremstilt. I hovedbassenget ble det målt verdier for konsentrasjoner som varierte mellom 10-110% metning av vannmassene under de rådende temperaturbetingelser. Det aktuelle innholdet av oksygen er bestemt av samspillet mellom flere miljøfaktorer i innsjøen. Vannmassenes lagdeling gjenspeiles f.eks. tydelig i kurveforløpet. Under sommerstagnasjonen i Steinsfjorden inneholder overflatevannlaget >8 mg O/l, det er raskt avtakende konsentrasjoner gjennom temperaturspranglaget, og i bunnvannlaget er det lave oksygenkonsentrasjoner (i september <2 mg O/l). En slik fordeling av oksygen i en innsjø betegnes for eutrof oksygensjiktning (klinograd kurveforløp, Ruttner 1962).

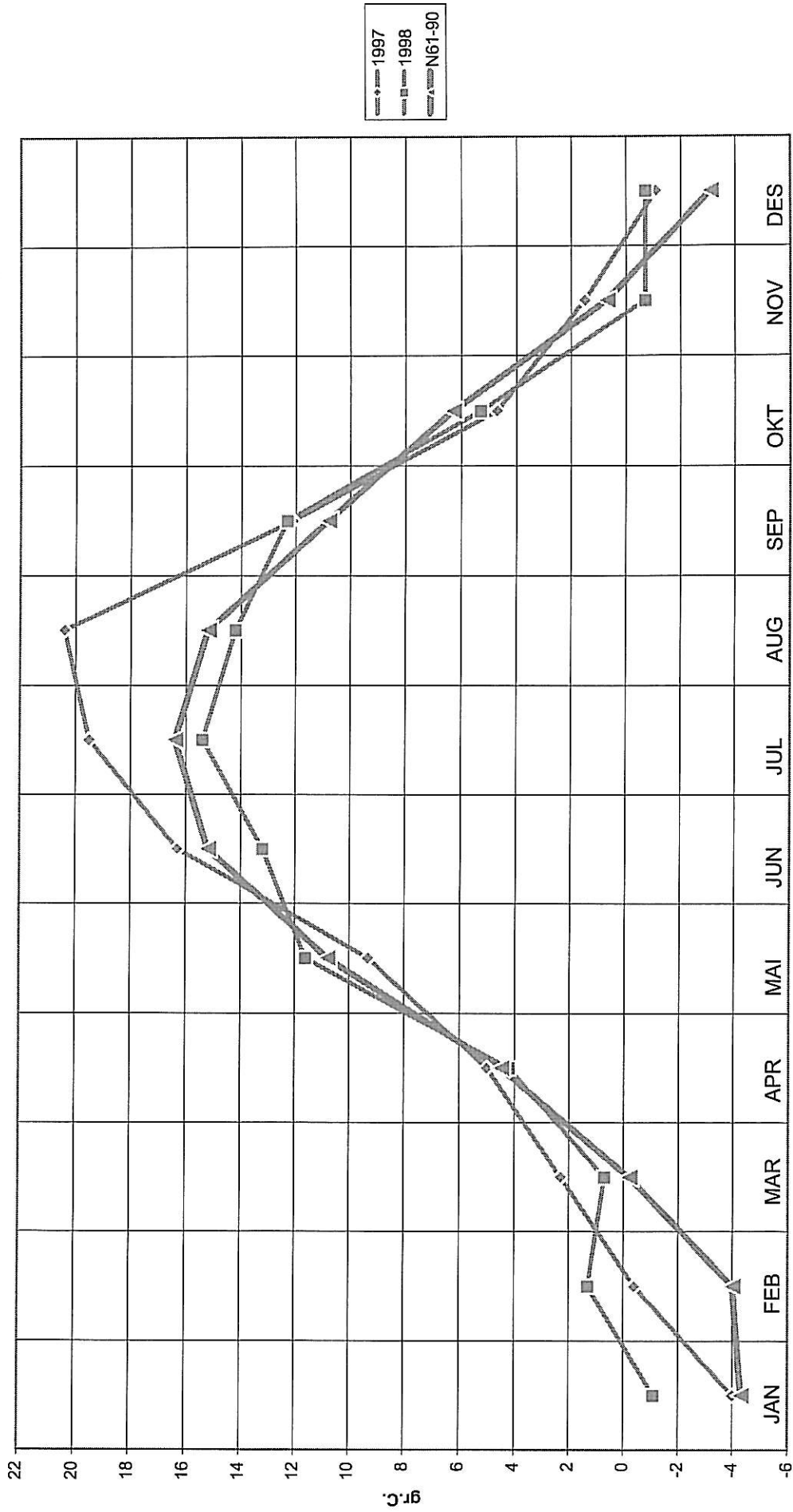
Plantenæringsstoffer. Avgjørende betydning for planktonalgeutviklingen i en innsjø har vannmassenes innhold av plantenæringsstoffer. En hovedrolle inntar fosfor- og nitrogenforbindelser som på flere måter er bestemmende for så vel kvalitative som kvantitative sider ved algeutviklingen (Rodhe 1948).

Resultatene fra kjemiske analyser av totalnitrogen i 1998 er fremstilt grafisk i FIGUR 10. Det gjorde seg gjeldende relativt små forandringer gjennom vegetasjonsperioden, stort sett varierte Steinsfjordens innhold av totalnitrogen i konsentrasjonsområdet 300-400 µg N/l. Dette er regionalt vurdert lave verdier for totalnitrogen i innsjøer (oligotrof-mesotrof type, Faafeng et al. 1992).

I FIGUR 11 er det laget en grafisk fremstilling av nitratkonsentrasjoner, hvor forholdene i epilimnion (0-9 m dyp) og metalimnion (9-15 m dyp) er sammenliknet. Noen observasjoner fra 1997 er også inkludert. Her fremgår det bl.a. hvordan nitrat viser avtakende konsentrasjoner i epilimnion gjennom sommermånedene - ned til begrensende verdier for mikroalger (28.07.1998) - mens det samtidig er reserver av nitrat i det dypere liggende vannsjiktet. Dette forhold viser hvordan purpurtråd finner gode næringsmuligheter med hensyn til nitrogenforbindelser i området i og under metalimnion.

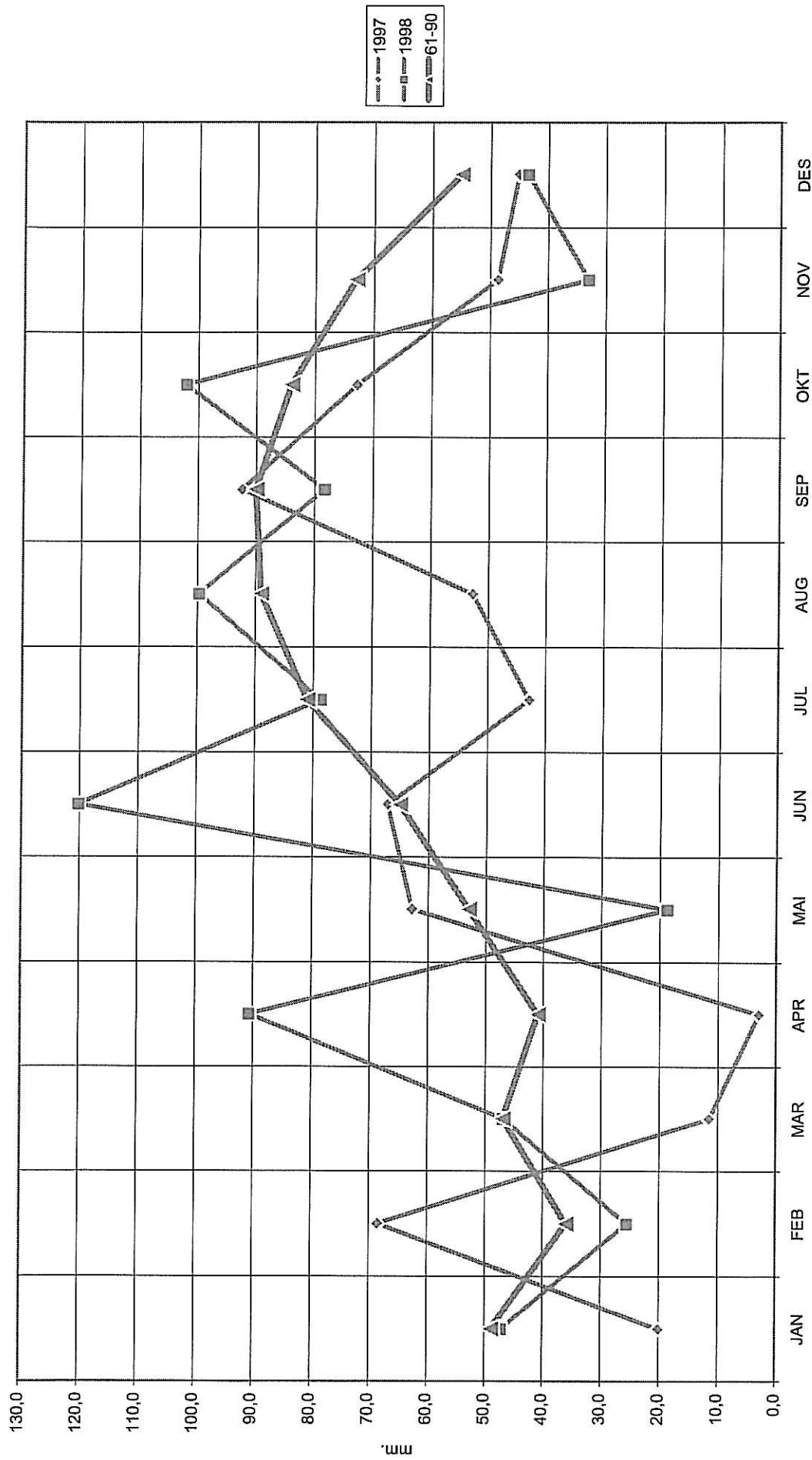
Når det gjelder fosfor-forbindelser ligger verdiene for vannmassenes konsentrasjoner av totalfosfor fra noen få til opp mot 13,5 µg P/l (maksimumsverdi i bunnvannsjiktet, 17.09.1997). Middelerdien 8,6 µg P/l er karakteristisk for Steinsfjordens hovedvannmasser. Dette er et konsentrasjonsnivå som regionalt preger oligotrofe innsjøtyper (Faafeng et al. 1992). Betraktes fordelingen av totalfosfor mellom de ulike vannsjiktene i Steinsfjorden (FIGUR 12), er det interessant å fastslå at det gjennomgående er tiltakende verdier fra epilimnion, gjennom metalimnion og til hypolimnion. Dette forhold har sammenheng med utviklingen av planteplankton i den eufotiske sonen, og en nedsynkning av organismer og detritus mot bunnen av innsjøen.

En erfaring som hittil har fått beskjedne oppmerksomhet er indikasjonene - bl.a. masseutvikling av jernbakterien *Leptothrix echinata* Beger - på betydelig grunnvannstilstrømming i deler av Steinsfjorden. Dette påvirker vannkvaliteten i bunn-nære vannsjikt, når det gjelder innhold av f.eks. jernforbindelser. Betydningen av grunnvannet for Steinsfjordens stoffskifte blir en viktig limnologisk problemstilling fremover.

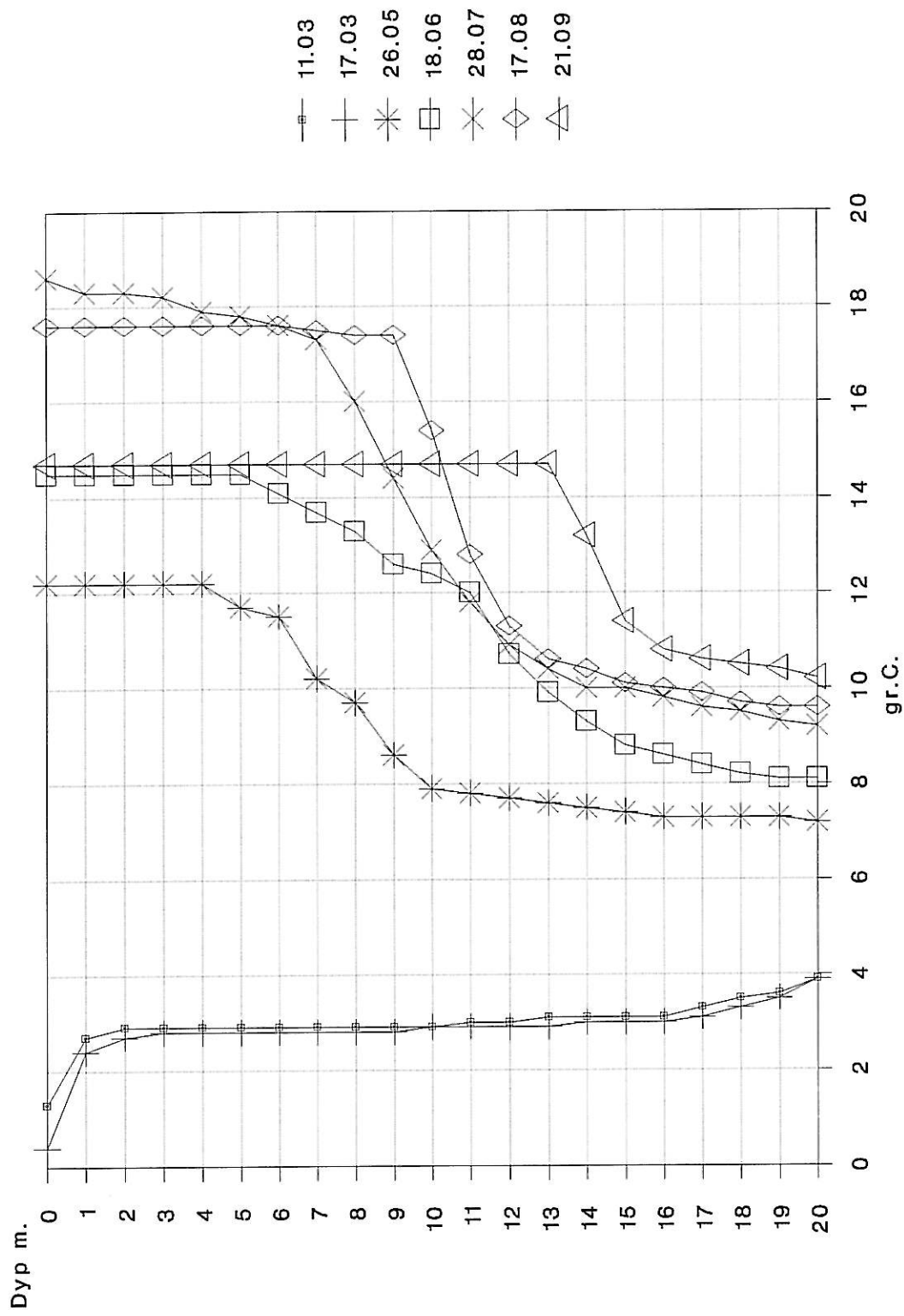


FIGUR 2. Månedlige middeltemperaturer i 1997-1998 og normalen 1961-1990. Oslo-Blindern.

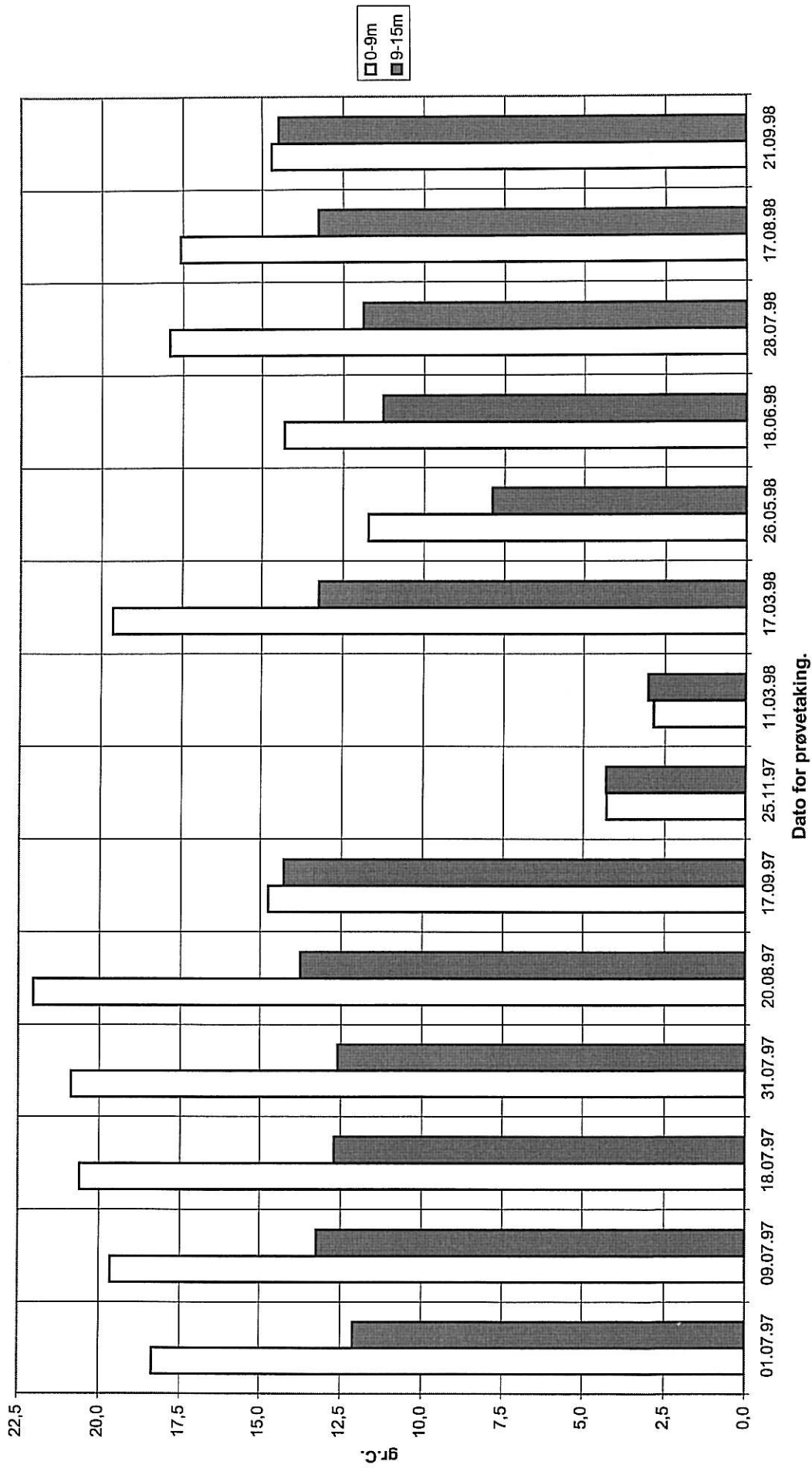




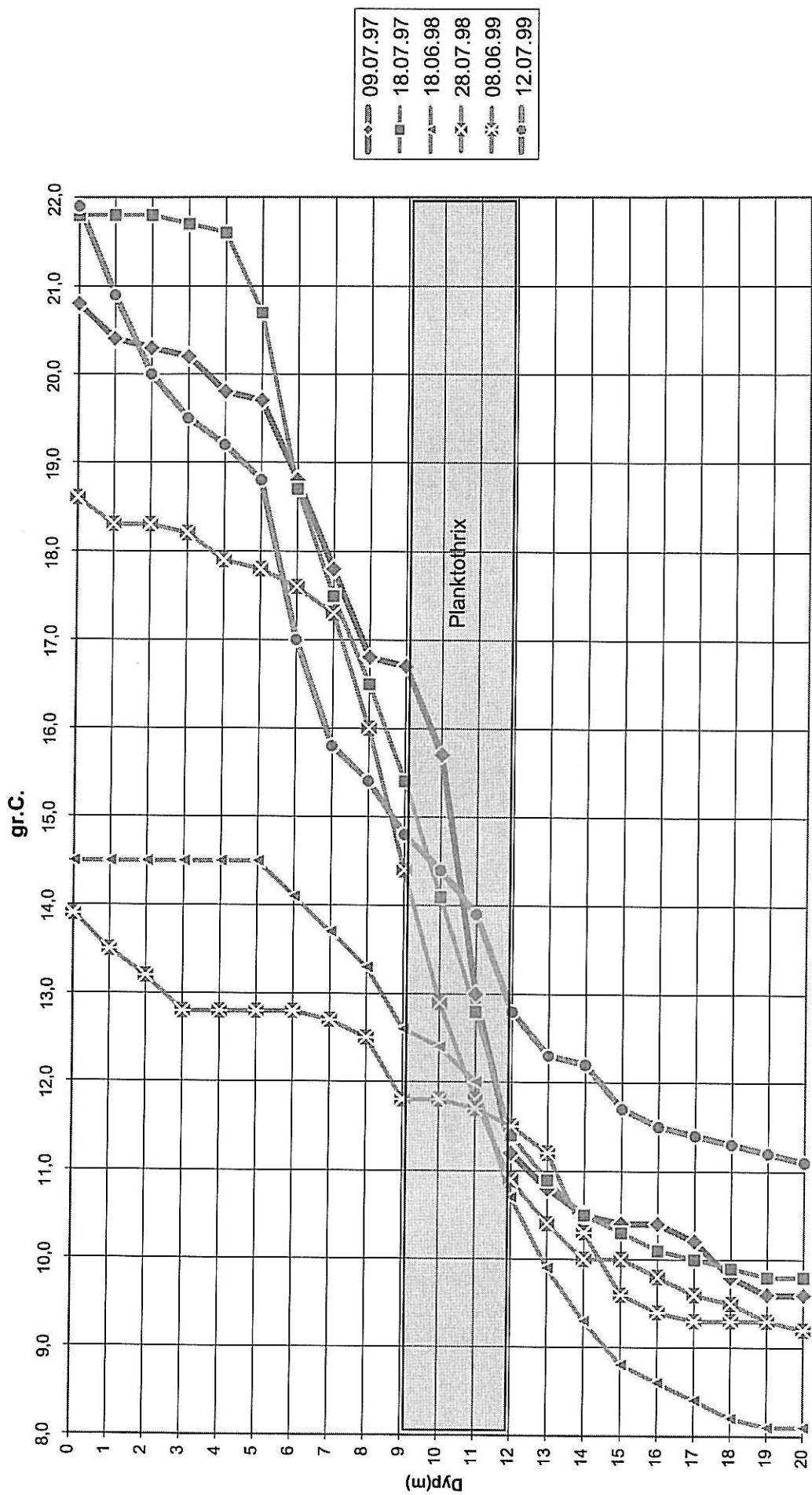
FIGUR 3. Månedlige nedbørsmengder i 1997-1998 og normalen 1961-1990. Oslo-Blindern.



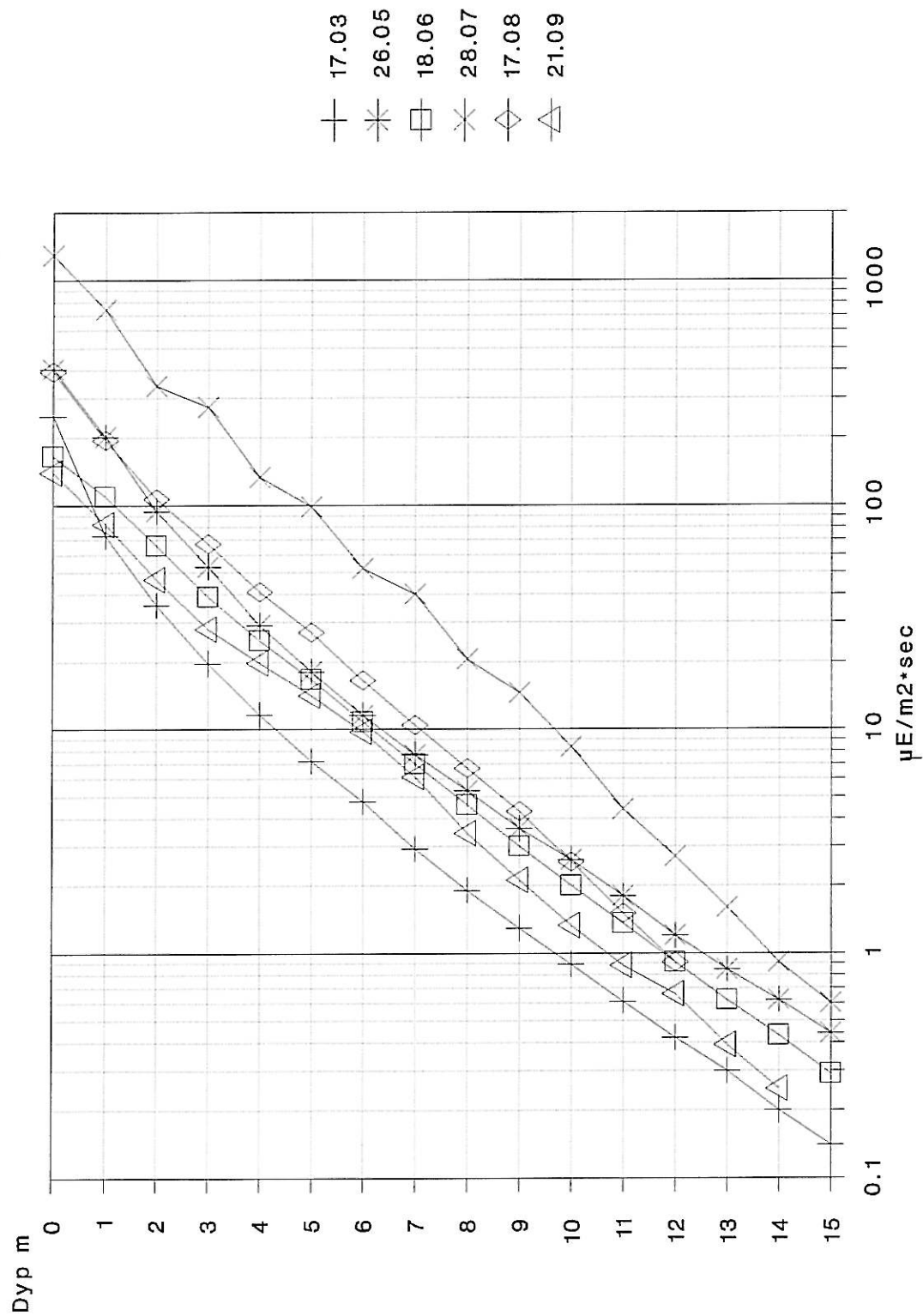
FIGUR 4. Vanntemperaturer. Observasjoner 1998.



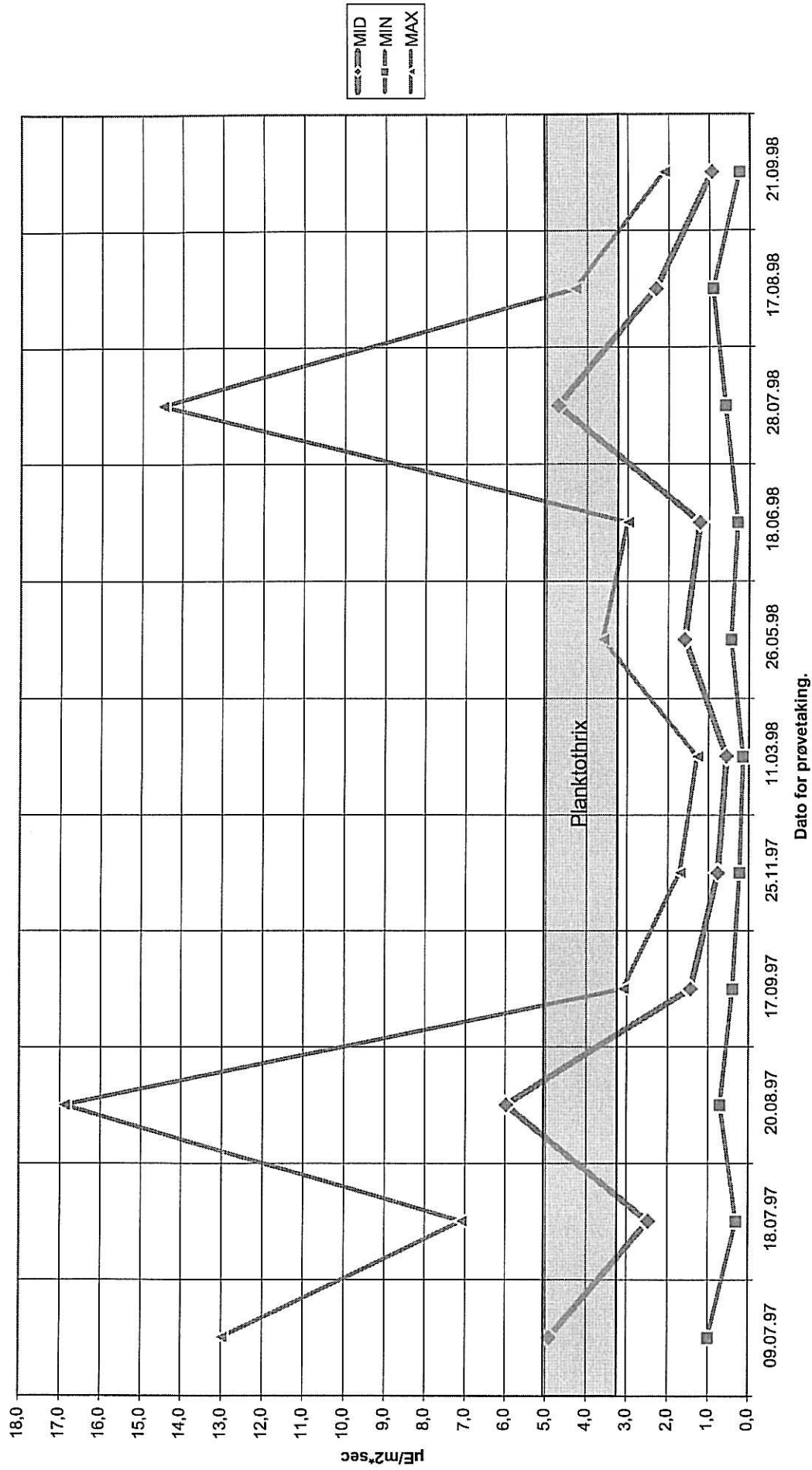
FIGUR 5. Beregnet vanntemperatur i 0-9 og 9-15 m dyp i 1997 og 1998.



FIGUR 6. Vanntemperatur i juni og juli for årene 1997 og 1998.

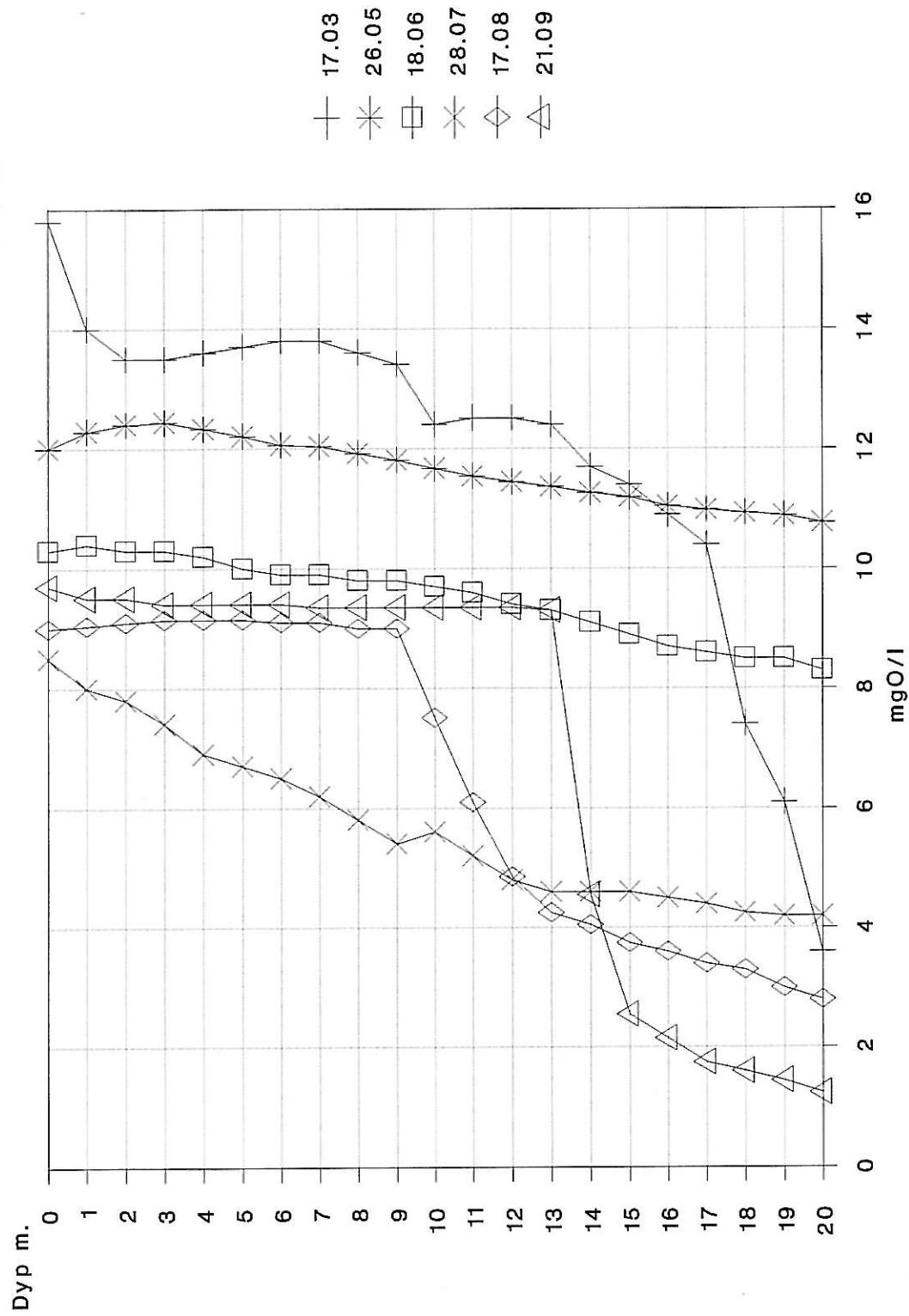


FIGUR 7. Lysforhold - strålingskvanta. Observasjoner 1998.

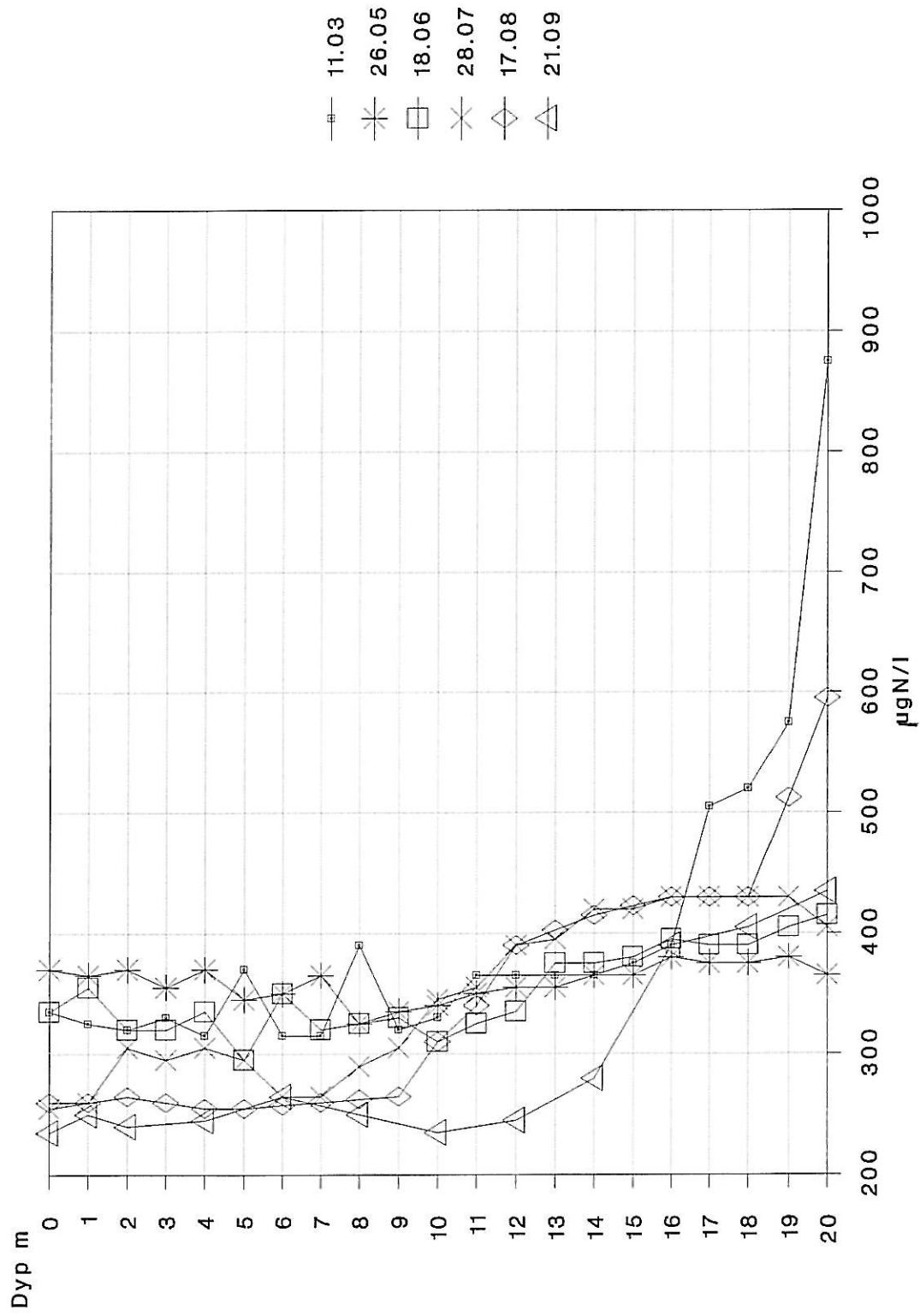


FIGUR 8. Lysforhold i 9-15 m dyp og minimumsbehov for lys til *Planktothrix*.

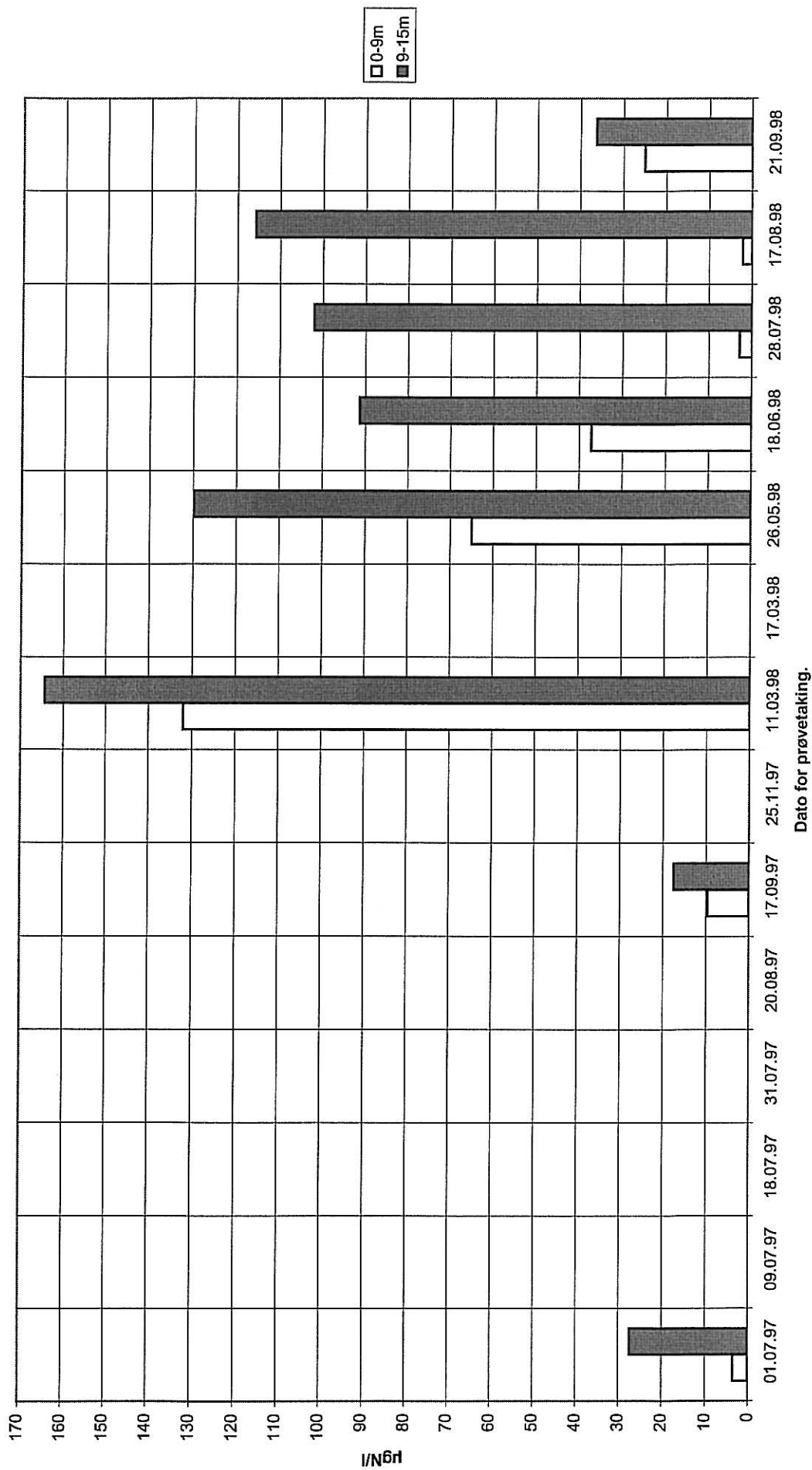




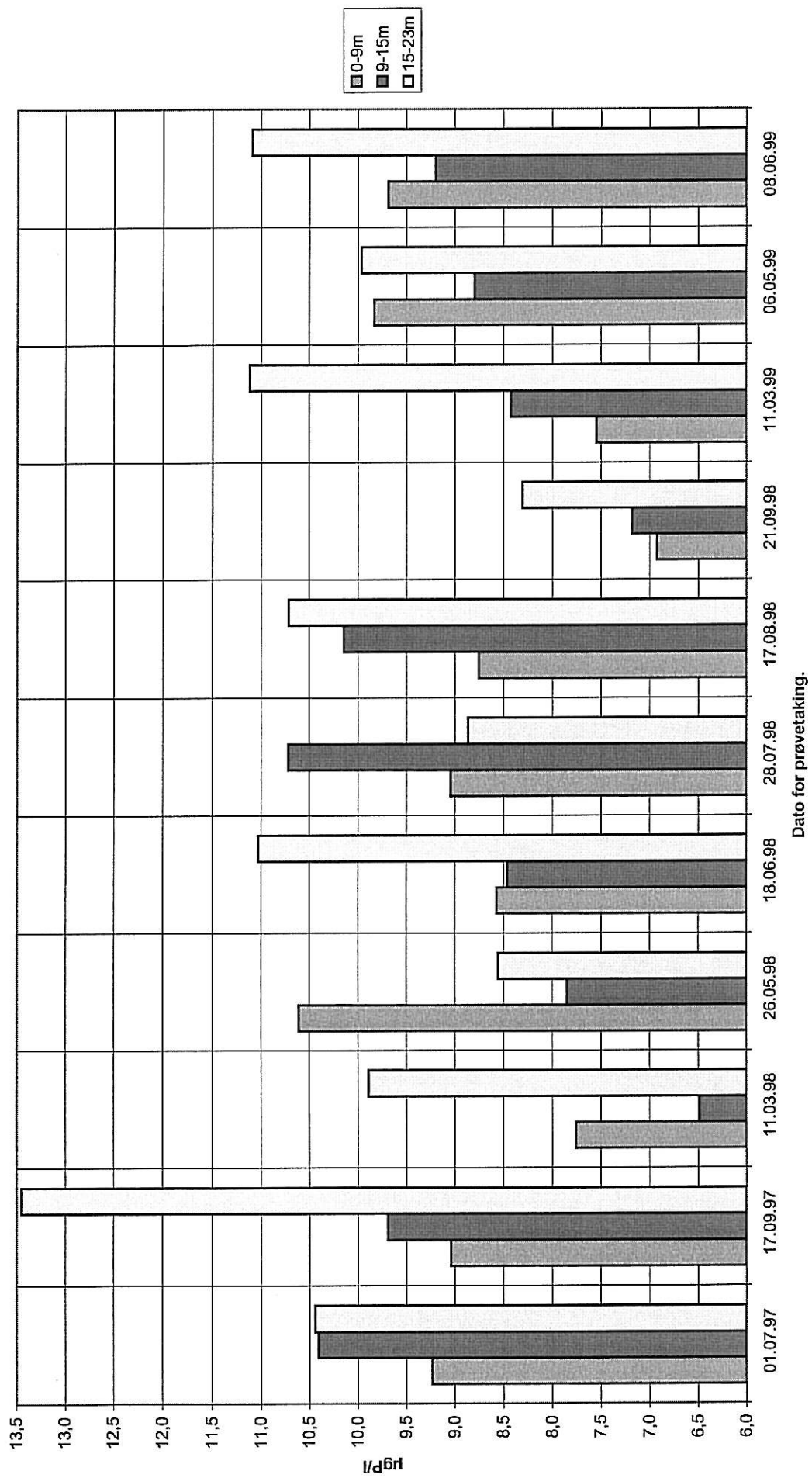
FIGUR 9. Oksygenkonsentrasjon. Observasjoner 1998.



FIGUR 10. Konsentrasjoner av totalnitrogen 1998.



FIGUR 11. Beregnet nitratkonsentrasjon i 0-9 og 9-15 m dyp i 1997 og 1998.



FIGUR 12. Beregnet fosforkonsentrasjon i 0-9, 9-15 og 15-23 m dyp i 1997 og 1998.

## 5. Blågrønnalger og cyanotoksiner

### 5.1. Purpurtråd - *Planktothrix* spp.

Organismene. Blågrønnalger av slekten *Planktothrix* med dokumentert produksjon av cyanotoksiner, og som er påvist i norske vannforekomster, omfatter:

<u>Arter</u>	<u>Toksiner</u>
- <i>Planktothrix agardhii</i> (Gom.) Anagn. et Kom.	microcystiner, anatoxin
- <i>Planktothrix mougeotii</i> (Bory ex Gom.) Anagn. et Kom.	microcystiner
- <i>Planktothrix rubescens</i> (DC. ex Gom.) Anagn. et Kom.	microcystiner
- <i>Planktothrix prolifica</i> (Gom.) Anagn. et Kom.	microcystiner

Disse artene ble tidligere innordnet i den systematiske gruppen *Oscillatoria agardhii/rubescens* (Skulberg & Skulberg 1985).

Røde former av *Planktothrix* spp. inneholder fargestoffet phycoerythrin - et phycobilin - med fysiologisk funksjon som et antennepigment. Disse røde formene av *Planktothrix* spp. - gitt den norske betegnelsen purpurtråd - omfatter altså i Steinsfjorden:

*Planktothrix prolifica*  
*Planktothrix rubescens* var.

I vegetasjonsperioden 1997 dominerte arten *Planktothrix prolifica*, mens i 1998 overtok *Planktothrix rubescens* var. med størst mengdemessig betydning (FIGUR 13).

Forekomst i Norge. Arter av slekten *Planktothrix* har utvikling i mange innsjøer i Norge. De kan ha en tilbaketrukket plass i planktonet, men også i noen lokaliteter danne masseutvikling (vannblomst, Skulberg 1965).

Med hensyn til de røde *Planktothrix*-formene, er disse regionalt av NIVA bare påvist i et fåtall innsjøer i Norge i løpet av perioden 1960-1998. Dette gjelder f.eks.:

Steinsfjorden, Buskerud	Helgetjernet, Østfold
Gjersjøen, Akershus	Kalvsjøtjernet, Oppland
Kolbotnvatnet, Akershus	Stovivatnet, Akershus

I disse innsjøene er det også forekomst av grønne former av *Planktothrix*, som periodisk har dannet vannblomst. Det er derfor mulig at det i innsjøer hvor NIVA bare har observasjoner av grønne former av denne slekten, kan være innslag av røde former. Ved mikroskopisk undersøkelse av konserverte prøver er det f.eks. vanskelig å bedømme fargen på trichomene (Klaveness & Skulberg 1982). Røde former av *Planktothrix* blir derfor først registrert når de opptrer som vannblomst, eller i noen tilfeller kommer i vekst ved anrikning/isoleringsforsøk av grønne former (f.eks. Kalvsjøtjernet).

Steinsfjorden representerer en eksepsjonell lokalitet i Norge når det gjelder fenomenet med regelmessig stor utvikling av populasjoner av purpurtråd. Samtidig er Steinsfjorden best undersøkt i limnologisk sammenheng (Strøm 1932, Skulberg 1964, Holtan 1970, Berge et al. 1983). Det kan dessuten nevnes at *Planktothrix rubescens* var. sannsynligvis er en endemisk art (bare med forekomst i Steinsfjorden).



### Utbredelse i andre geografiske områder.

NIVA har arbeidet med oppblomstringer av røde former av *Planktothrix* fra en del europeiske innsjøer, først og fremst i Norden. Erfaringene fra Sverige, Finland og Danmark er i overensstemmelse med hva som er observert her i landet. Arter av *Planktothrix* påvises sedvanlig med grønne og røde former i samme lokalitet.

Med hensyn til den globale forekomst av *Planktothrix* kan det vises til litteratur (Fogg et al. 1973, Anagnostidis & Komárek 1988). Slekten har kosmopolitisk utbredelse med utvikling hovedsakelig i ferskvann og brakkevann. De røde former av *Planktothrix* er i første rekke rapportert fra lokaliteter i den nordlige tempererte sone. I Europa har spesielt forskningen om purpurtråd i Zürichsee, Sveits, gitt en kunnskapsbakgrunn av stor faglig betydning (Staub 1961, Micheletti et al. 1998).

Purpurtråd og cyanotoksiner. Blågrønnalger av slekten *Planktothrix* hører til de velkjente produsenter av cyanotoksiner (Sivonen & Jones 1999). Giftstoffene som blir dannet omfatter hovedsakelig cykliske peptider, alkaloider og lipopolysakkarider. Stor praktisk betydning har levergiftene (microcystiner) og nervegiftene (anatoxiner) som har forårsaket forgiftningsepisoder i flere geografiske områder. Når det gjelder purpurtråd, kan det være grunn til å understreke at disse formene er kjent for å høre til blågrønnalgene med den høyeste produksjon og det største innholdet av cyanotoksiner (Fastner et al. 1998).

I populasjonene av purpurtråd i Steinsfjorden er det påvist både hepatotoksiner og nevrotoksiner (Skulberg 1998). De utførte undersøkelser - basert på biotester og kjemiske analyser - har hittil resultert i å fastslå at de tre cyanotoksinene desmethyl 3-microcystin-RR, microcystin-LR og anatoxin-a, blir dannet av organismene det gjelder. Men også foreløpig ikke kjente cyanotoksiner er til stede, og det foregår et grunnleggende arbeid ved NIVA, Norges veterinærhøgskole og Statens institutt for folkehelse for å avklare de kjemiske og toksikologiske forhold til disse stoffene.

## **5.2. Populasjonsutvikling 1998**

Blågrønnalgeforekomsten i planktonet i Steinsfjorden omfatter, foruten de nevnte arter av *Planktothrix*, også følgende vanlig forekommende slekter og arter:

*Snowella lacustris* (Chod.) Kom. et Hind.  
*Woronichinia naegeliana* (Unger) Elenk.  
*Anabaena circinalis* Rabenhorst  
*Anabaena curva* Hill  
*Anabaena lemmermannii* P. Richt.  
*Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs

Det kan dessuten nevnes at det er til stede blågrønnalger i Steinsfjorden med cellediameter 0,2-1 µm (pikoplankton) tilhørende bl.a. slekten *Aphanothece*. I 1998 hadde denne komponenten en betydelig biomasse i epilimnion i sommermånedene. I det følgende konsentreres fremstillingen imidlertid om utviklingen av purpurtråd.

Allerede ved prøvetakingen i Steinsfjorden i mars 1998 var det tydelig at den brede formen *Planktothrix rubescens* var. hadde dominerende plass i planktonsamfunnet. Og denne arten skulle prege utviklingen av blågrønnalger gjennom hele vegetasjonsperioden (FIGUR 14).

I hovedtrekk fulgte utviklingen av purpurtråd det mønsteret som ble beskrevet i 1997 (Skulberg 1998). Under fullsirkulasjonen etter isløsning fant det sted en fordeling av trichomene i hele Steinsfjordens vannmasser. I overgangen mai-juni, da spranlaget i innsjøen ble etablert, inntok populasjonen sin spesielle nisje i dybdeintervallet 8-13 m. Biomassen av blågrønnalger tiltok raskt gjennom sommermånedene. Den maksimale konsentrasjon av purpurtråd ble registrert i slutten av juli med ca 100.000 trichomer/l i 10 m dyp ved hovedstasjonen. I august ble partialsirkulasjonen av vannmassene virksom, og gradvis ble purpurtråd trukket ned og transportert opp i epilimnion (observasjoner 17.08).

Dette medførte de høyeste konsentrasjoner i 1998 av purpurtråd - ca 15000 trichomer/l - i overflatevannet av Steinsfjorden. Situasjonen med fullsirkulasjon innebar etterhvert en utjevning av purpurtråd-populasjonen i hele innsjøens vannmasser.

Det ble foretatt observasjoner av forekomsten av blågrønnalger på badeplassene Grantopp, Høyenhallstranda og Slettøya, samt i overflatevann og blandprøve 0-6 m dyp på hovedstasjonen. Metoden besto i bruk av sestonfiltre (Skulberg 1978a). Resultatene er sammenstilt i TABELL 3, og omfatter blågrønnalgene *Anabaena lemmermannii* og *Planktothrix* spp.

Konsentrasjonen av *A. lemmermannii* var av beskjedne størrelsesorden på alle badeplassene, varierende mellom 10-850 kolonier/liter.

Når det gjelder purpurtråd, varierte konsentrasjonen i området 30-14800 trichomer/l. Gjennomgående var det lave konsentrasjoner i badevannet i perioden med markert sommerstagnasjon i Steinsfjorden. Slettøya fremhevet seg med i regelen å ha større forekomst av purpurtråd sammenliknet med badeplassene ved Høyenhallstranda og Grantopp. De observerte konsentrasjonene av purpurtråd ble benyttet til helsemessig vurdering av badevannskvaliteten. Dette ble foretatt av de lokale helsemyndighetene. Forekomsten ble bedømt som praktisk ubetydelig for rekreasjonsmessig bruk av badeplassene basert på foreliggende erfaringer (Martin 1994, Chorus 1996).

Det blir en viktig oppgave i det fortsatte prosjektarbeidet å fastlegge sammenhengen mellom blågrønnalgeforekomst og konsentrasjon av cyanotoksiner i Steinsfjorden for konkret vurdering av helserisiko forbundet med innsjøens bruk.

TABELL 3. Resultater av bearbeiding av sestonfiltre i 1998.  
Antall kolonier av *Anabaena* og trichomer av *Planktothrix* per liter.

#### Slettøya

Antall trichomer/kolonier per liter overflateprøve

Dato	15.06	22.06	29.06	06.07	13.07	20.07	27.07
<i>Planktothrix</i> spp.	5700	1100	370	400	400	700	1500
<i>Anabaena lemmermannii</i>	20	30	80	310	300	10	20

Dato	03.08	10.08	17.08	24.08	01.09	08.09
<i>Planktothrix</i> spp.	110	3400	14800	4300	590	170
<i>Anabaena lemmermannii</i>	10	40	50	850	10	10

#### Høyhallstranda

Antall trichomer/kolonier per liter overflateprøve

Dato	15.06	22.06	29.06	06.07	13.07	20.07	27.07
<i>Planktothrix</i> spp.	1900	650	150	270	90	270	650
<i>Anabaena lemmermannii</i>	50	80	210	330	190	20	30

Dato	03.08	10.08	17.08	24.08	01.09	08.09
<i>Planktothrix</i> spp.	30	760	2300	1800	840	340
<i>Anabaena lemmermannii</i>	30	40	50	20	<10	<10

#### Grantopp

Antall trichomer/kolonier per liter overflateprøve

Dato	15.06	22.06	29.06	06.07	13.07	20.07	27.07
<i>Planktothrix</i> spp.	4300	1700	540	130	410	210	320
<i>Anabaena lemmermannii</i>	110	140	290	340	360	730	90

Dato	03.08	10.08	17.08	24.08	01.09	08.09
<i>Planktothrix</i> spp.	70	3000	9300	3200	3000	4000
<i>Anabaena lemmermannii</i>	20	200	230	80	30	20

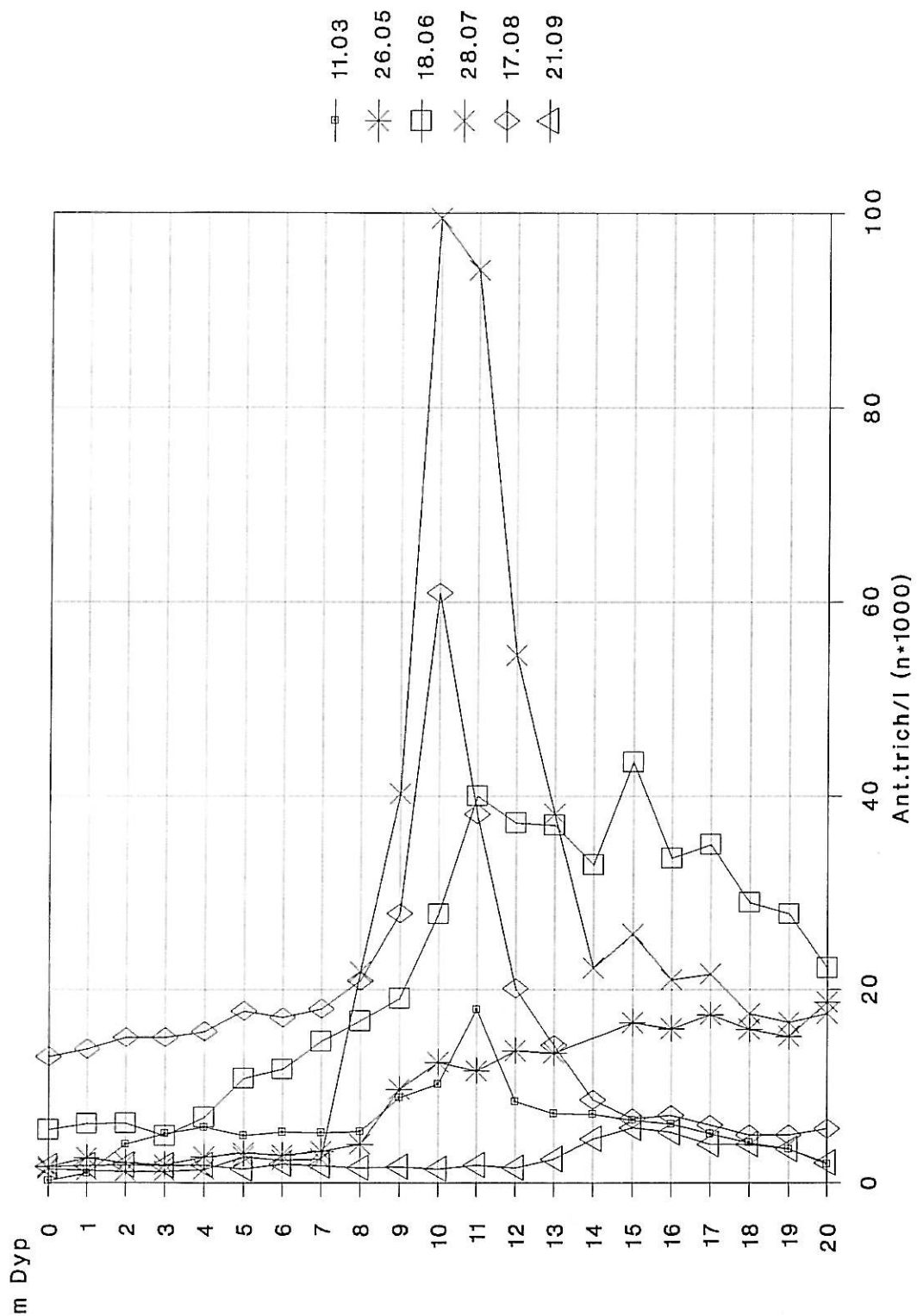
#### Hovedstasjon

Antall trichomer/kolonier per liter overflateprøve

Dato	29.06	13.07	27.07	10.08	24.08	08.09
<i>Planktothrix</i> spp.	670	580	910	2000	3600	2500
<i>Anabaena lemmermannii</i>	60	110	<10	60	10	10

Antall trichomer/kolonier per liter blandprøve (0-6 m dyp)

Dato	29.06	13.07	27.07	10.08	24.08	08.09
<i>Planktothrix</i> spp.	1300	850	1100	2200	3300	2700
<i>Anabaena lemmermannii</i>	70	150	40	30	20	10



FIGUR 14. Forekomst av purpurtråd. Observasjoner 1998.

## 6. Noen hovederfaringer

Steinsfjordens naturforhold og utviklingshistorie (geologisk, hydrologisk, topografisk, økologisk etc.) gjør det vanskelig å innordne lokaliteten helhetlig innenfor skjemaer for generell innsjøklassifisering. Forståelsen av Steinsfjordens egenart når det gjelder bl.a. organismeliv og stoffomsetning er en nødvendig forutsetning for en rasjonell ressursforvaltning.

Med bakgrunn i ulike vurderingssystemer for innsjøers trofiske tilstand viser de resultatene som er fremkommet 1997-1998 at Steinsfjorden kan klassifiseres som tilhørende den oligotrofe-mesotrofe typen, basert på forholdene i de frie vannmassene (TABELL 4). Resultatene av klorofyllmålingene viser at innsjøen har større forekomst av planktonalger i forhold til nivået av plantenæringsstoffer enn det som er vanlig i norske innsjøer. Steinsfjordens spesielle hydrologiske og morfologiske forhold hører til de vesentlige forklaringer på dette (Strøm 1932).

TABELL 4. Vurdering av Steinsfjordens trofiske tilstand.

Faktor	Grenseverdier (Faafeng et al. 1992)			Tilstandsklasser (SFT 1997)				
	Oligotrof	Mesotrof	Eutrof	I	II	III	IV	V
Tot. fosfor    µg P/l	<10	10-20	>20	<7	7-11	11-20	20-50	>50
Klorofyll-a    µg/l	<4	4-12	>12	<2	2-4	4-8	8-20	>20
Tot.nitrogen    µg N/l	<375	375-625	>625	<300	300-400	400-600	600-1200	>1200
Siktedyp        m	>3,5	2,2-3,5	<2,2	>6	4-6	2-4	1-2	<1
<b>Steinsfjorden 1997</b>								
Tot. fosfor    µg P/l	9,4				9,4			
Klorofyll-a    µg/l		4,0			4,0			
Tot.nitrogen    µg N/l	266			266				
Siktedyp        m	6,4			6,4				
<b>Steinsfjorden 1998</b>								
Tot. fosfor    µg P/l	8,6				8,6			
Klorofyll-a    µg/l		4,5				4,5		
Tot.nitrogen    µg N/l	322				322			
Siktedyp        m	5,1				5,1			



Steinsfjorden har i tidsrommet for målinger (1930-1998) oppvist vannmasser med gjennomgående samme klarhet (TABELL 5):

TABELL 5. Dokumenterte observasjoner av siktedyp i Steinsfjorden 1930-1998.

År	Referanse	Dato for observasjon	Siktedyp bestemt med Secchi-skive
1930	Strøm 1932	26. juni	5 m
		22. august	6 m
1936	Baardseth 1943	23. august	6 m
1979	Lyche 1984	26. juli	5,7 m
1981	Berge 1983b	16. august	6,5 m
1997	Skulberg 1998 a	22. august	7,0 m
1998	Denne rapporten	17. august	5,6 m

Steinsfjorden er en utpreget gruntvannsinnsjø, har vannmasser med lang oppholdstid og en vannkvalitet karakterisert av sin spesielle - geologisk betinget - elektrolyttsammensetning. De største forandringer i Steinsfjordens hydrobiologiske situasjon i dette hundreåret er knyttet til utviklingen i de benthiske organismsamfunn (Baardseth 1943, Rørslett 1983). Foruten påvirkningen fra nedbørfeltet er innvandringen av nye arter - spesielt vasspest (*Elodea canadensis*) - og de ledsagende miljøendringer i littoralsonen en vesentlig årsak til den pågående eutrofieringsutviklingen (Bratli et al. 1999).

Forekomsten av purpurtråd i Steinsfjorden 1997-1998 synes hovedsakelig å tilsvare forholdene som ble beskrevet i 1960-årene (Skulberg 1964, 1978b).

Blågrønnalgen *Planktothrix rubescens* var. er sannsynligvis en endemisk art for Steinsfjorden. Den er spesialisert på utnyttelse av lave lysintensiteter.

F flere typer cyanotoksiner blir dannet av populasjonen med purpurtråd i Steinsfjorden. De aktuelle cyanotoksiner omfatter både hepatotoksiner og nevrotoksiner:

- desmethyl 3-microcystin RR (molekylvekt, 1023)
- microcystin LR (molekylvekt, 994)
- anatoxin-a (molekylvekt, 165)

Men også hittil ikke kjente toksiske forbindelser er påvist å være til stede. Det gjenstår et betydelig arbeid med å få disse stoffene kjemisk og toksikologisk karakterisert.

Bevaringen av populasjonen med purpurtråd i Steinsfjorden er et kriterium for stabile miljøforhold i hovedvannmassene av innsjøen. Et hovedspørsmål er imidlertid i hvilken utstrekning og av hvilken farlighetsgrad (risiko) er blågrønnalgens toksinproduksjon, vurdert i sammenheng med innsjøens bruk og de helsemessige konsekvenser. Svar på dette bør bl.a. foreligge som grunnlag for beslutninger om tiltak for å verne Steinsfjordens vannkvalitet, biologiske ressurser og egenverdier. Dette forutsetter at cyanotoksinene som produseres av algevegetasjonen blir fullverdig klarlagt, og at en risikoanalyse og vurdering kan gjennomføres som planlagt (Skulberg 1998).

## 7. Referanser

### 7.1. Henvisninger i rapporten

- Anagnostidis, K. & Komárek, J. 1988. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 3-Oscillatoriales. Arch. Hydrobiol./Suppl. 80(1-4), Algological Studies 50/53: 327-472.
- Aune, T., Ramstad, H., Skulberg, O.M., Underdal, B., Yndestad, M. & Østensvik, Ø. 1997. Cyanotoksiner og edelkreps - toksinproduserende blågrønnalger i Steinsfjorden sommeren 1997. Norges veterinærhøgskole, Institutt for farmakologi, mikrobiologi og næringsmiddelhygiene. Norsk institutt for vannforskning. Oslo, 15. september 1997. Rapport, 17 pp.
- Berg, K., Carmichael, W.W., Skulberg, O.M., Benestad, Chr. & Underdal, B. 1987. Investigation of a toxic water bloom of *Microcystis aeruginosa* (CYANOPHYCEAE) in Lake Akersvatn, Norway. Hydrobiologia 144: 97-103.
- Berge, D. (red.) 1983a. Tyrifjorden. Tyrifjordundersøkelsen 1978-1981. Sammenfattende sluttrapport. Tyrifjordutvalget. ISBN 82-90356-31-5. 156 pp.
- Berge, D. 1983b: Overvåkingsundersøkelser i Tyrifjorden og Steinsfjorden 1982. Norsk institutt for vannforskning, Oslo. ISBN 82-577-0728-7. 47 pp.
- Bratli, J.L., Tjomsland, T., Brørs, B., Källqvist, T. & Skulberg, O.M. 1999. Vannutskifting Steinsfjorden. Mulige konsekvenser for vannutskifting, vannkvalitet og blågrønnalger ved åpning av veifyllingene. Rapport. Norsk institutt for vannforskning, Oslo. 70 pp.
- Baardseth, E. 1943. A study of the vegetation of Steinsfjord, Ringerike. Nytt Mag. Naturv. 83: 9-47.
- Chorus, I. 1996. Health impacts of freshwater algae. Guidelines for recreational water and bathing beach quality. Umweltbundesamt - Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene. Fachgebiet V2.2. Berlin. 18 pp.
- Fastner, J., Neumann, U. & Erhard, M. 1998. Patterns of different microcystins in field samples dominated by different species of cyanobacteria. In: Cyanotoxins - occurrence, effects, controlling factors (ed. I. Chorus). Springer Verlag.
- Fogg, G.E., Stewart, W.D.F., Fay, P. & Walsby, A.E. (eds.) 1973. The Blue-green Algae. Academic Press, London. 459 pp.
- Faafeng, B., Hessen, D.O. & Brettum, P. 1992. Eutrofiering av innsjøer i Norge. Statens forurensningstilsyn. ISBN 82-577-2034-8. 37 pp.
- Holtan, H. 1970. Tyrifjorden. En limnologisk undersøkelse 1967-1968. Rapport. Norsk institutt for vannforskning. O-15/64. 166 pp.
- Lyche, A. 1984. Plankton i innsjøer langs en trofigradient. En regional undersøkelse av samfunnsstrukturen i fytoplankton og zooplankton i 20 innsjøer i Oslo-området. Cand.real. oppgave i limnologi, Universitetet i Oslo. 259 pp.

- Klaveness, D. & Skulberg, O.M. 1982. The major pigment composition of different strains of *Oscillatoria* (CYANOPHYTA) recorded in vivo by a modified Shibata technique. *Nordic Journal of Botany* 2(1):91-95.
- Martin, P.R. 1994. Blågrønnalger som årsak til helseskader hos mennesker. *Tidsskr. Nor. Lægeforen.* 114: 1531-1533.
- Micheletti, S., Schanz, F. & Walsby, A.E. 1998. The daily integral of photosynthesis by *Planktothrix rubescens* during summer stratification and autumnal mixing in Lake Zürich. *New Phytol.* 139:233-246.
- Muur, L.R., Skulberg, O.M. & Utkilen, H. 1999. Cyanobacteria in the environment. In: Toxic cyanobacteria in water (eds. I. Chorus & J. Bartram), p. 15-40. World Health Organization 1999. E & FN Spon, London.
- Norsk institutt for vannforskning 1993. Anvendelse og prinsipp for de kjemiske analysemetodene som benyttes ved NIVA. ISBN 82-577-2360-6.
- Norsk institutt for vannforskning 1998. Situasjonsbeskrivelse for tilstanden i Steinsfjorden. Månedlige notater, juni-september 1998. O-97129. Oslo.
- Rodhe, W. 1948. Environmental requirements of fresh-water plankton algae. Experimental studies in the ecology of phytoplankton. *Symb. Bot. Upsal.* 10(1): 1-149.
- Ruttner, F. 1962. Grundriss der Limnologie. Walter de Gruyter & Co., Berlin. 332 pp.
- Rørslett, B. 1983. Tyrifjord og Steinsfjord. Undersøkelse av vannvegetasjonen 1977-82. Fagrapport nr. 24 fra Tyrifjordundersøkelsen. Tyrifjordutvalget, Fylkeshuset Drammen. 283 pp.
- Sivonen, K. & Jones, G. 1999. Cyanobacterial toxins.. In: Toxic cyanobacteria in water. A guide to their public health consequences, monitoring and management (eds. I. Chorus & J. Bartram), p. 41-111. E & FN Spon, London.
- Skulberg, O.M., 1964. Algal problems related to the eutrophication of European water supplies. In: *Algae and Man* (ed. D.F. Jackson), p. 262-299. Plenum Press, New York.
- Skulberg, O.M. 1965. Vannblomstdannende blågrønnalger i Norge og deres betydning ved studiet av vannforekomstenes kulturpåvirkning. *Nord. Jordbr. Forsk.* 47(3): 180-190.
- Skulberg, O.M. 1978a. Sestonobservasjoner ved vassdragsundersøkelser. *Fauna* 31:48-54.
- Skulberg, O.M. 1978b. Some observations on red-coloured species of *Oscillatoria* (Cyanophyceae) in nutrient-enriched lakes of southern Norway. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 20: 776-787.
- Skulberg, O.M. 1996. Toxins produced by cyanophytes in Norwegian inland waters - health and environment. In: *Chemical data as a basis of geomedical investigations.* (ed. J. Låg), p. 197-216. The Norwegian Academy of Science and Letters, Oslo.
- Skulberg, O.M. 1998. Steinsfjorden - Toksinproduserende blågrønnalger. Observasjoner 1997. Rapport. Norsk institutt for vannforskning. ISBN 82-577-3488-8. Oslo. 43 pp.
- Skulberg, O.M. & Skulberg, R. 1985. Planktic species of *Oscillatoria* (CYANOPHYCEAE) from Norway - characterization and classification. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 71(1/2):157-174.

- Statens forurensningstilsyn (SFT) 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. SFT-veiledning nr.97:4. ISBN 82-7655-368-0. 31 pp.
- Staub, R. 1961. Ernährungsphysiologisch - autökologische Untersuchungen an der planktischen Blaualge *Oscillatoria rubescens* DC. Schweiz. Z. Hydrol. 23(1):82-198.
- Strøm, K.M. 1932. Tyrifjord. A limnological study. Norske Vid. Ak., Oslo. Skrifter. I Mat., Nat. Kl. 1932(3). 84 pp.
- Underdal, B., Hormazabal, V., Skulberg, O.M., Østensvik, Ø. & Aune, T. 1998. Cyanotoksiner og fisk - toksinproduserende blågrønnalger i Steinsfjorden. Rapport. Norges veterinærhøgskole og Norsk institutt for vannforskning, Oslo, 26. juni 1998. 18 pp.
- Vennerød, K. (red.) 1984. Vassdragsundersøkelser. En metodebok i limnologi. Universitetsforlaget, Oslo. 283 pp.
- World Health Organization (WHO) 1999. Toxic cyanobacteria in water. A guide to their public health consequences, monitoring and management. Eds. I. Chours & J. Bartram. E. & FN Spon, London. 416 pp.

## 7.2. Oversikt over skrifter som behandler algevegetasjonen i Steinsfjorden

- Aune, T., Ramstad H., Skulberg, O.M., Underdal, B., Yndestad, M. & Østensvik, Ø. 1997. Cyanotoksiner og edelkreps - toksinproduserende blågrønnalger i Steinsfjorden sommeren 1997. Norges veterinærhøgskole, Institutt for farmakologi, mikrobiologi og næringsmiddelhygiene. Norsk institutt for vannforskning. Oslo, 15. september 1997. Rapport, 17 pp.
- Berge, D. (red.) 1983. Tyrifjorden. Tyrifjordundersøkelsen 1978-1981. Sammenfattende sluttrapport. Tyrifjordutvalget. ISBN 82-90356-31-5. 156 pp.
- Berge, D. 1983. Overvåkingsundersøkelse i Tyrifjorden og Steinsfjorden 1982. Norsk institutt for vannforskning, Oslo. ISBN 82-577-0728-7. 47 pp.
- Braarud, T., Føyn, B. & Gran, H.H. 1928. Biologische Untersuchungen in einigen Seen des östlichen Norwegens August/September 1927. Avh. Norske Videnskaps-Akademi, Oslo. I Matem., Naturvid.Kl. 1928(2). 37 pp.
- Baardseth, E. 1943. A study of the vegetation of Steinsfjord, Ringerike. Nytt Mag. Naturv. 83 : 9-47.
- Holtan, H. 1967. Beskrivelser og undersøkelser av vannforekomster. Mjøsa. Hurdalsjøen. Øyeren. Randsfjorden. Tyrifjorden. Norsjø. Vannforsyning og avløpsforhold i østlandsfylkene. Utredning for Østlandskomiteén 1967. Norsk institutt for vannforskning, Oslo. 194 pp.
- Klaveness, D. & Skulberg, O.M. 1982. The major pigment composition of different strains of *Oscillatoria* (CYANOPHYTA) recorded in vivo by a modified Shibata technique. Nordic Journal of Botany 2(1):91-95.
- Lyche, A. 1984. Plankton i innsjøer langs en trofigradient. En regional undersøkelse av samfunnsstrukturen i fytoplankton og zooplankton i 20 innsjøer i Oslo-området. Cand.real. oppgave i limnologi, Universitetet i Oslo. 259 pp.
- Muur, L.R., Skulberg, O.M. & Utkilen, H. 1999. Cyanobacteria in the environment. In: Toxic cyanobacteria in water (eds. I. Chorus & J. Bartram), p. 15-40. World Health Organization 1999. E & FN Spon, London.
- Norsk institutt for vannforskning 1983. Overvåkingsundersøkelser i Tyrifjorden og Steinsfjorden 1982. Rapport. L.nr. 1577, ISBN 82-577-0728-7. 47 pp.
- Norsk institutt for vannforskning 1984. Overvåkingsundersøkelser i Tyrifjorden og Steinsfjorden 1983. Rapport. L.nr. 1646, ISBN 82-577-0813-5. 55 pp.
- Norsk institutt for vannforskning 1984. Vasspest i Steinsfjorden, Ringerike. Innvirkning på vannkvalitet i 1978-83 og behov for tiltak. Rapport. L.nr. 1582, ISBN 82-577-0733-3. 52 pp.
- Norsk institutt for vannforskning 1985. Tyrifjordsundersøkelsen 1978-81. Limnologiske undersøkelser i de frie vannmasser i Tyrifjorden og Steinsfjorden. Datarapport. L.nr. 1777, ISBN 82-577-0972-7. 249 pp.
- Norsk institutt for vannforskning 1992. Vannbruksplan for Tyrifjorden - Delutredning om: Muligheter for vannkvalitetsforbedring i Steinsfjorden gjennom økning av vannutskiftningen. Rapport. L.nr. 2735, ISBN 82-577-2105-0. 38 pp.



- Norsk institutt for vannforskning 1992. Vannbruksplan for Tyrifjorden: Delutredning om forurensningssituasjonen i Tyrifjorden og Steinsfjorden, samt i de viktigste tilløpselvene. Rapport. L.nr. 2731, ISBN 82-577-2098-4. 72 pp.
- Norsk institutt for vannforskning 1996. Pumping av vann fra Tyrifjorden inn i Steinsfjorden som tiltak for å bedre vannkvaliteten i Steinsfjorden. Rapport. L.nr. 3396, ISBN 82-577-2927-2. 15 pp.
- Norsk institutt for vannforskning 1997. Vannkvalitetsovervåking i Tyrifjorden, Steinsfjorden og tilløpselvene Sogna og Storelva. Rapport. L.nr. 3662, ISBN 82-577-3224-9. 36 pp.
- Norsk institutt for vannforskning 1998. Steinsfjorden - Toksinproduserende blågrønnalger. Observasjoner 1997. Rapport. L.nr. 3901, ISBN 82-577-3488-8. 43 pp.
- Skogheim, O. 1975. Steinsfjorden. En undersøkelse av hydrografi, sedimenter, fytoplankton og primærproduksjon i 1972-73. Hovedfagsoppgave i limnologi ved Universitetet i Oslo. 148 pp.
- Skulberg, O.M. 1964. Algal problems related to the eutrophication of European water supplies. In: *Algae and Man* (ed. D.F. Jackson), pp. 262-299. Plenum Press, New York.
- Skulberg, O.M. 1965. Arter av slekten *Oscillatoria* med masseforekomst i norske innsjøer. Notat. Norsk institutt for vannforskning. 12 pp.
- Skulberg, O.M. 1978. Some observations on red-coloured species of *Oscillatoria* (CYANOPHYCEAE) in nutrient-enriched lakes of southern Norway. *Verh.Internat.Verein. Limnol.* 20:776-787.
- Skulberg, O.M. 1980. Blue-green algae in Lake Mjøsa and other Norwegian lakes. *Progress in Water Technology* 21(2):121-141.
- Skulberg, O.M. 1988. Blågrønnalger – vannkvalitet. Toksiner. Lukt- og smaksstoffer. Nitrogenbinding. Rapport O-87006. Norsk institutt for vannforskning, Oslo. 121 pp.
- Skulberg, O.M. & Skulberg, R. 1985. Planktic species of *Oscillatoria* (CYANOPHYCEAE) from Norway – characterization and classification. *Arch.Hydrobiol. Suppl.* 71(1/2):157-174.
- Strøm, K. 1930. Limnological observations on Norwegian lakes. *Arch. Hydrobiol.* 21 : 97-124.
- Strøm, K.M. 1932. Tyrifjord. A limnological study. *Norske Vid.Ak., Oslo. Skrifter. I Mat., Nat. Kl.* 1932(3). 84 pp.
- Underdal, B., Hormazabal, V., Skulberg, O.M., Østensvik, Ø. & Aune, T. 1998. Cyanotoksiner og fisk – toksinproduserende blågrønnalger i Steinsfjorden. Rapport. Norges veterinærhøgskole og Norsk institutt for vannforskning, Oslo, 26. juni 1998. 18 pp.

## 8. Datasamling for 1998

Innsjøtokt til hovedstasjonen ble gjennomført:

11. mars  
17. mars  
26. mai  
18. juni  
28. juli  
17. august  
(18. august - flere stasjoner)<sup>1)</sup>  
21. september  
(21. september - flere stasjoner)<sup>1)</sup>

Forklaring til betegnelser:

Kond	elektrolytisk ledningsevne
Turb.	turbiditet
TP	totalfosfor
PO <sub>4</sub>	ortofosfat
P-P	totalfosfor minus ortofosfat
TN	totalnitrogen
NO <sub>3</sub>	nitrat
N-N	totalnitrogen minus nitrat
Klor.a.	klorofyll a
Org.m.	organisk materiale
Trich	trichomer
IVF	<i>in vivo</i> fluorescens
Fe	jern
SiO <sub>2</sub>	silikat
Cl	klorid

<sup>1)</sup> Observasjonene fra Tyrifjorden vil bli behandlet i en egen rapport.

Steinsfjord. NIVA-tokt. 1998.

Hovedstasjon v. bøye. 11.03.98. Istykkelse:30cm																			
Dyp m	Temp. gr.C.	Oksygen. mgO/l	%metn.	Surhgr pH	Kond mS/m 25grC	Farge mgP/l	Turb FTU	TP µgP/l	PO4 µgP/l	P-P µgP/l	TN µgN/l	NO3 µgN/l	N-N µgN/l	Klor.a. µgChl/l	Org.m. mg/l	Trich Tri/l	IVF 530nm	Fe µgFe/l	SiO2 mg/l
0	1,3				10,3			10	2,0	8	335	121	214	7,4	0,7	210	1254	30	2,4
1	2,7				11,0			8	2,0	6	325	120	205	4,6	0,5	1030	856	14	2,6
2	2,9				11,1			8	0,5	8	320	125	195	4,2	0,5	4025	805	11	2,6
3	2,9				11,2			7	0,5	7	330	125	205	4,0	0,5	5085	881	10	2,6
4	2,9				11,2			6	1,0	5	315	124	191	3,8	0,5	5774	1025	12	2,6
5	2,9				11,2			6	0,5	6	370	124	246	3,5	0,4	4926	1164	11	2,6
6	2,9				11,2			6	2,0	4	315	124	191	3,5	0,5	5297	1017	13	2,6
7	2,9				11,2			6	0,5	6	315	119	196	3,3	0,5	5226	851	10	2,6
8	2,9				11,3			6	0,5	6	390	123	267	3,2	0,5	5350	784	13	2,6
9	2,9				11,3			7	0,5	7	320	128	192	3,1	0,5	8846	697	10	2,6
10	2,9				11,6			6	1,0	5	330	150	180	2,9	0,4	10276	1056	12	2,7
11	3,0				11,8			6	1,0	5	365	180	185	2,0	0,4	17956	1504	17	2,8
12	3,0				11,9			6	1,0	5	365	180	185	1,6	0,2	8422	678	20	2,9
13	3,1				11,9			7	2,0	5	365	170	195	1,7	0,4	7203	619	26	2,8
14	3,1				12,1			7	2,0	5	365	190	175	1,3	0,3	7133	511	29	2,9
15	3,1				12,2			9	3,0	6	375	190	185	1,2	0,3	6515	855	29	3,0
16	3,1				12,5			8	3,0	5	390	215	175	1,0	0,4	6144	602	31	3,0
17	3,3				12,8			10	6,0	4	505	280	225	0,9	0,2	5085	305	35	3,0
18	3,5				13,7			11	7,0	4	520	350	170	0,8	0,2	4202	358	32	3,0
19	3,6				14,9			14	9,0	5	575	400	175	0,6	0,2	3496	235	41	3,0
20	3,9				18,0			15	11,0	4	875	710	165	0,6	0,2	1990	146	36	3,0

rap98.xls

Steinsford, NIVA-tokt 1998.

Hovedstasjon.17.03.98. Siktedyp: 4.0m.					
Dyp m	Temp. gr.C.	Oksygen. mgO/l	%metn.	Kond mS/m 25grC	
0	0,4	15,8	109	9,3	
1	2,4	14,0	102	10,7	
2	2,7	13,5	99	10,7	
3	2,8	13,5	100	10,8	
4	2,8	13,6	100	10,8	
5	2,8	13,7	101	10,8	
6	2,8	13,8	102	10,8	
7	2,8	13,8	102	10,8	
8	2,8	13,6	100	10,8	
9	2,8	13,4	99	10,8	
10	2,9	12,4	92	10,9	
11	2,9	12,5	93	11,3	
12	2,9	12,5	93	11,3	
13	2,9	12,4	92	11,3	
14	3,0	11,7	87	11,3	
15	3,0	11,4	85	11,6	
16	3,0	10,9	81	11,8	
17	3,1	10,4	77	12,0	
18	3,3	7,4	55	12,8	
19	3,5	6,1	46	13,8	
20	3,9	3,6	27	16,1	
21	9,6	3,4	30	12,0	

Hoved.st. 17.03.98. Lysforhold.					
Dyp m	S.D. m	µE/m2.sec Luft	Vann	% av overfl.	
	4,0				
0		814	249	31	
1		792	73	9	
2		705	36	5	
3		800	20	2	
4		789	12	1	
5		795	7	0,91	
6		802	5	0,59	
7		809	3	0,36	
8		770	2	0,25	
9		745	1	0,17	
10		732	0,89	0,12	
11		733	0,61	0,08	
12		726	0,42	0,06	
13		729	0,30	0,04	
14		659	0,20	0,03	
15		663	0,14	0,02	

Steinsfjord. NIVA-tokt 1998.

Hovedstasjon v. bøye. 26.05.98. Siktedyp:3,1m

Dyp m	Temp. gr.C.	Oksygen. mgO/l	%metn.	Kond mS/m 25grC	Farge	Turb FTU	TP µgP/l	PO4 µgP/l	P-P µgP/l	TN µgN/l	NO3 µgN/l	N-N µgN/l	Klor.a. µgChl/l	Org.m. mg/l	Trich Tri/l	IVF 530nm	Fe µgFe/l	SiO2 mg/l
0	12,2	12,0	112	10,0			11	0,5	10,5	370	63	307	13,4	2,1	1700	1306	19	2,1
1	12,2	12,3	115	10,0			10	1	9,0	365	63	302	12,1	2,2	2600	1282	18	2,1
2	12,2	12,4	116	10,0			12	1	11,0	370	63	307	14,7	2,2	2100	1199	17	2,1
3	12,2	12,4	116	10,0			13	1	12,0	355	65	290	13,9	2,1	1900	1102	16	2,1
4	12,2	12,3	115	10,0			10	1	9,0	370	63	307	12,4	2,4	2700	1223	17	2,1
5	11,7	12,2	112	10,1			10	2	8,0	345	65	280	11,4	2,0	3100	1410	28	2,1
6	11,5	12,1	111	10,1			10	1	9,0	350	65	285	8,9	2,0	2900	1189	18	2,1
7	10,2	12,0	107	10,2			9	1	8,0	365	69	296	7,7	1,4	3300	1090	19	2,1
8	9,7	11,9	105	10,2			9	1	8,0	325	74	251	5,2	1,1	4000	1042	20	2,1
9	8,6	11,8	101	10,2			8	1	7,0	335	106	229	4,3	1,0	9700	976	18	2,3
10	7,9	11,7	98	10,3			8	0,5	7,5	340	120	220	3,5	0,8	12500	1104	14	2,3
11	7,8	11,5	97	10,3			8	0,5	7,5	350	130	220	3,2	0,9	11600	1154	13	2,4
12	7,7	11,5	96	10,3			8	1	7,0	355	139	216	3,1	0,8	13700	861	13	2,4
13	7,6	11,4	95	10,3			7	0,5	6,5	355	144	211	3,3	0,9	13500	1062	14	2,4
14	7,5	11,3	94	10,3			8	0,5	7,5	365	149	216	2,9	0,8	15050	863	14	2,4
15	7,4	11,2	93	10,4			8	0,5	7,5	365	150	215	3,0	0,8	16600	1137	14	2,4
16	7,3	11,1	92	10,4			8	1	7,0	380	155	225	3,2	0,8	16000	1201	17	2,5
17	7,3	11,0	91	10,3			9	0,5	8,5	375	160	215	3,0	0,7	17400	1295	16	2,5
18	7,3	10,9	91	10,4			8	1	7,0	375	160	215	2,9	0,8	15900	891	15	2,5
19	7,3	10,9	90	10,4			12	0,5	11,5	380	160	220	2,9	0,8	15200	1184	14	2,5
20	7,2	10,8	89	10,4			8	1	7,0	365	160	205	2,9	0,8	18700	1038	16	2,6

NIVA 3964-99

Steinsfjord, NIVA-tokt 1998.

Hovedstasjon v. bøye. 18.06.98. Siktedyp:5,4m																		
Dyp m	Temp. gr.C.	Oksygen. mgO/l	%metn.	Kond mS/m 25grC	Farge mgP/l	Turb FTU	TP µgP/l	PO4 µgP/l	P-P µgP/l	TN µgN/l	NO3 µgN/l	N-N µgN/l	Klor.a. µgChl/l	Org.m. mg/l	Trich Tri/l	IVF 530nm	Fe µgFe/l	SiO2 mg/l
0	14,5	10,3	101	10,1			8	1	7,0	335	33	302	3,4	1,2	5500	1247	19	1,7
1	14,5	10,4	102	10,2			8			355	33	322	3,5	1,2	6100	1150		
2	14,5	10,3	101	10,2			9	2	7,0	320	33	287	3,6	1,2	6200	1038	18	1,7
3	14,5	10,3	101	10,2			9			320	33	287	3,2	1,1	4900	1034		
4	14,5	10,2	100	10,2			11	1	10,5	335	33	302	3,2	1,0	6800	842	19	1,7
5	14,5	10,0	98	10,2			8			295	37	258	3,4	1,0	10800	1484		
6	14,1	9,9	96	10,2			7	1	6,5	350	42	308	3,4	1,1	11800	1453	20	1,8
7	13,7	9,9	96	10,2			9			320	49	271	3,4	1,0	14700	1334		
8	13,3	9,8	94	10,3			8	1	7,5	325	54	271	3,6	1,1	16800	1535	17	1,9
9	12,6	9,8	92	10,3			8			330	64	266	3,5	1,0	19100	1448		
10	12,4	9,7	91	10,3			8	1	7,5	310	68	242	3,6	1,0	27800	1602	20	2,0
11	12,0	9,6	89	10,3			8			325	84	241	3,3	0,9	40000	1460		
12	10,7	9,4	85	10,4			9	1	8,0	335	96	239	3,2	0,9	37200	1313	14	2,2
13	9,9	9,3	82	10,4			10			375	119	256	3,1	1,0	37000	1545		
14	9,3	9,1	79	10,5			8	1	7,0	375	133	242	2,8	0,8	32900	1353	14	2,5
15	8,8	8,9	77	10,5			11			380	142	238	2,4	0,6	43500	1350		
16	8,6	8,7	74	10,5			9	1	8,0	395	147	248	2,3	0,8	33600	1267	16	2,7
17	8,4	8,6	73	10,5			11	3	8,0	390	152	238	2,4	0,8	35000	1147		
18	8,2	8,5	72	10,6			11	2	9,0	390	152	238	2,4	0,8	29000	1105	13	2,8
19	8,1	8,5	72	10,6			14	5	9,0	405	152	253	2,1	0,7	27800	1152	17	2,8
20	8,1	8,3	70	10,6			13	3	10,0	415	155	260	1,9	0,7	22200	1129	21	2,8



Steinsford. NIVA-tokt. 1998.

NIVA 3964-99

Dyp m	Temp. gr.C.	Oksygen. mgO/l	%metn.	Kond mS/m 25grC	Farge mgP/l	Turb FTU	TP µgP/l	PO4 µgP/l	P-P µgP/l	TN µgN/l	NO3 µgN/l	N-N µgN/l	Klor.a. µgCh/l	Org.m. mg/l	Trich Tri/l	IVF* 530nm	IVF 530nm	Fe µgFe/l	SiO2 mg/l
0	18,6	8,5	91	10,8			7	0,5	7	255	2	253	2,9	1,3	1500	17	1420	12	0,1
1	18,3	8,0	85	10,6			7	0,5	7	260	2	258	2,6	1,3	1300	14	1189	11	0,1
2	18,3	7,8	83	10,9			9	3	6	305	2	303	2,6	1,3	1200	15	1295	14	0,1
3	18,2	7,4	79	11,1			9	2	7	295	2	293	2,7	1,5	1200	12	1406	13	0,1
4	17,9	6,9	73	11,1			9	2	7	305	3	302	3,5	1,3	1400	22	1467	14	0,1
5	17,8	6,7	71	11,2			12	0,5	12	295	3	292	3,9	1,3	2700	32	2038	18	0,1
6	17,6	6,5	68	10,8			10	0,5	10	265	3	262	3,8	1,5	2400	28	1762	16	0,2
7	17,3	6,2	65	11,0			8	0,5	8	265	3	262	4,3	1,5	2500	26	1814	18	0,2
8	16,0	5,8	59	11,1			13	1	12	290	8	282	9,8	1,7	21800	43	1975	18	0,7
9	14,4	5,4	53	11,1			11	2	9	305	30	275	10,8	1,6	40200	55	2139	11	1,2
10	12,9	5,6	53	11,1			11	1	10	345	57	288	10,8	1,4	99400	78	3219	9	1,9
11	11,8	5,2	48	10,7			12	1	11	355	75	280	11,6	1,5	94100	94	3563	10	2,0
12	10,9	4,8	43	11,6			10	1	9	390	133	257	10,1	1,5	54500	86	3067	12	2,6
13	10,4	4,6	41	11,3			10	1	9	395	165	230	7,6	1,0	38100	58	2093	9	2,8
14	10,0	4,6	41	10,6			10	1	9	420	190	230	5,0	0,8	22200	33	1298	11	3,0
15	10,0	4,6	41	11,7			8	1	7	420	210	210	3,4	0,7	25700	21	1405	11	3,1
16	9,8	4,5	40	11,5			8	1	7	430	210	220	3,3	0,7	21000	24	1164	17	3,1
17	9,6	4,4	39	11,6			8	1	7	430	215	215	3,4	0,8	21600	34	1103	15	3,2
18	9,5	4,3	37	11,6			10	1	9	430	225	205	2,5	0,7	17500	20	852	18	3,3
19	9,3	4,2	37	11,4			9	2	7	430	220	210	2,3	0,6	16600	15	837	20	3,3
20	9,2	4,2	37	11,4			13	3	10	405	230	175	2,7	0,6	17500	19	837	28	3,5

\* Mått i 2ml-brønn

rap98.xls

Steinsford. NIVA-tokt 1998.

Hoved.st. 26.05.98. Lysforhold.					
Dyp m	S.D. m	µE/m <sup>2</sup> .sec		% av overfl.	
		Luft	Vann	Luft	Vann
	3,1				
0		523	404	77	
1		524	202	39	
2		525	94	18	
3		510	53	10	
4		512	29	6	
5		498	18	3,61	
6		495	12	2,32	
7		480	8	1,60	
8		470	5	1,13	
9		470	4	0,77	
10		477	3	0,55	
11		450	2	0,40	
12		455	1	0,26	
13		448	0,85	0,19	
14		462	0,62	0,13	
15		468	0,44	0,09	

Hoved.st. 18.06.98. Lysforhold.					
Dyp m	S.D. m	µE/m <sup>2</sup> .sec		% av overfl.	
		Luft	Vann	Luft	Vann
	5,4				
0		218	166	76	
1		218	109	50	
2		218	66	30	
3		218	39	18	
4		218	25	11	
5		217	17	8	
6		217	11	5	
7		216	7	3	
8		215	5	2	
9		214	3	1	
10		214	2	0,93	
11		214	1	0,64	
12		214	0,91	0,43	
13		214	0,62	0,29	
14		212	0,43	0,20	
15		213	0,29	0,14	
16		213	0,20	0,1	

Hoved.st. 28.07.98. Lysforhold.					
Dyp m	S.D. m	µE/m <sup>2</sup> .sec		% av overfl.	
		Luft	Vann	Luft	Vann
	6,0				
0		1290	1290	100	
1		1268	740	58	
2		1268	340	27	
3		1273	273	21	
4		1255	133	11	
5		1248	98	8	
6		1242	52	4	
7		1262	40	3	
8		1250	20,5	2	
9		1240	14,5	1	
10		1292	8,3	0,64	
11		1308	4,4	0,34	
12		1309	2,7	0,21	
13		1302	1,6	0,12	
14		1307	0,91	0,07	
15		1308	0,6	0,05	
16		1301	0,36	0,03	
17		1312	0,22	0,02	

Steinsfjord. NIVA-tokt 1998.

NIVA 3964-99

Hovedstasjon v. bøye. 17.08.98. Siktedyp:5,5m																			
Dyp m	Temp. gr.C.	Oksygen. mgO/l	%meth. %	Kond mS/m 25grC	Farge mgP/l	Turb FTU	TP µgP/l	PO4 µgP/l	P-P µgP/l	TN µgN/l	NO3 µgN/l	N-N µgN/l	Klor.a. µgCh/l	Org.m. mg/l	Trich Tri/l	IVF* 530nm	IVF 530nm	Fe µgFe/l	SiO2 mg/l
0	17,6	9,0	94	10,6	12,5	0,6	8			260	11	249	3,5	1,4	13100	21,9	2464	13	0,5
1	17,6	9,1	95	10,6	11,9	0,6	9			260	0,5	260	3,1	1,4	13900	11,6	2206	13	0,5
2	17,6	9,1	95	10,6	11,5	0,6	9			265	0,5	265	4,0	1,5	15100	7,3	2181	13	0,5
3	17,6	9,2	96	10,6	11,5	0,6	12			260	0,5	260	3,7	1,5	15100	11,0	2050	14	0,5
4	17,6	9,2	96	10,6	11,9	0,6	8			255	0,5	255	3,5	1,4	15700	12,7	1759	14	0,5
5	17,6	9,2	96	10,6	11,9	0,8	8			255	0,5	255	3,7	1,5	17800	30,5	2691	14	0,5
6	17,6	9,1	95	10,6	10,6	0,6	8						4,0	1,5	17100	33,0	2307	14	0,5
7	17,5	9,1	95	10,7	10,9	0,6	8			260	1	259	3,9	1,4	18000	31,1	2288	14	0,5
8	17,4	9,0	94	10,6	10,9	0,6	8						4,1	1,3	20900	33,6	2367	16	0,5
9	17,4	9,0	94	10,6	11,9	0,6	8			265	1	264	4,9	1,5	27900	46,4	2393	17	0,5
10	15,4	7,5	75	10,8	12,9	0,9	12			310	34	276	10,6	1,7	60900	98,1	3487	14	1,3
11	12,8	6,1	58	11,0	14,4	0,8	11			340	113	227	6,5	1,4	38100	73,2	2406	12	2,2
12	11,3	4,9	44	11,1	12,7	0,5	10			390	180	210	3,3	1,1	20100	26,3	1304	15	2,9
13	10,6	4,3	38	11,2	12,3	0,6	10						2,4	1,1	14300	20,6	1039	17	3,1
14	10,4	4,1	36	11,2	11,5	0,6	10			415	220	195	1,8	0,8	8600	14,7	735	19	3,2
15	10,1	3,8	33	11,2	12,5	0,6	10						1,7	0,8	6700	16,1	649	23	3,3
16	10,0	3,6	32	11,3	10,9	0,6	10			430	230	200	1,5	0,9	7000	11,1	830	26	3,4
17	9,9	3,4	30	11,3	12,3	0,7	11						1,4	1,1	6000	16,3	710	29	3,5
18	9,7	3,3	29	11,3	12,7	0,8	11			430	240	190	1,1	1,1	5000	13,6	458	31	3,6
19	9,6	3,0	26	11,3	13,8	0,73	12						1,1	0,7	5000	8,6	496	35	3,7
20	9,6	2,8	25	11,4	13,4	0,75	13			595	245	350	1,2	0,7	5600	11,2	452	38	3,7

\* Målt i 2ml-brønn

Steinsfjord. NIVA-tokt. 1998.

Tyrfjord. 3600m f.b.18.08.98. Sikted.:6,9m.																		
Dyp m	Temp. gr.C.	Oksygen. mgO/l	%metn.	Kond mS/m 25grC	Farge	Turb FTU	TP µgP/l	PO4 µgP/l	P-P µgP/l	TN µgN/l	NO3 µgN/l	N-N µgN/l	Klor.a. µgChl/l	Org.m. mg/l	Trich Trifl	IVF* 530nm	Fe µgFe/l	SiO2 mg/l
0	15,9	9,6	97,2	4,4	16	0,3	3,0			430	260	170	1,9		360	6,4		
1	15,9	9,6	97,2	4,4	16	0,3	3,0			425	250	175	1,9		520	0,3		
2	15,9	9,6	97,2	4,4	16	0,3	4,0			440	260	180	1,8		260	0,5		
3	15,9	9,6	97,2	4,4	16	0,3	3,0			425	260	165	2,0		340	1,5		
4	15,8	9,6	97,0	4,4	15	0,3	3,0			430	260	170	1,9		250	0,8		
5	15,5	9,6	96,3	4,3	16	0,3	3,0			425	265	160	1,8		270	4,6		
6	15,4	9,6	96,1	4,2	15	0,3							1,8		130	4,2		
7	15,4	9,6	96,1	4,2	15	0,3							1,9		210	1,7		
8	15,3	9,6	95,9	4,2	16	0,3	3,0			430	270	160	1,8		80	-5		
9	15,3	9,6	95,9	4,2	16	0,3							1,8		100	-2,3		
10	15,2	9,6	95,7	4,2	17	0,3							1,8		110	-3,3		
11	15,1	9,7	96,5	4,2	16	0,3	4,0			440	270	170	1,8		40	3,9		
12	14,2	9,8	95,6	4,2	16	0,3							1,5		40	6,5		
13	14,2	10,0	93,6	4,2	16	0,3							1,4		50	4,5		
14	7,7	10,3	86,4	4,3	16	0,3	2,0			440	290	150	1,4		40	2,9		
15	7,3	10,8	89,7	4,3	16	0,2							1,2		80	2,6		
16	6,6	10,9	88,9	4,3	15	0,3							0,9		90	4,9		
17	6,3	10,9	88,3	4,3	14	0,3	3,0			460	340	120	0,5		20	7,5		
18	6,0	11,0	88,4	4,4	14	0,2							0,5		30	0,2		
19	5,9	11,1	88,9	4,4	14	0,2	3,0			465	350	115	0,5		30	-2,0		
20	5,9	11,1	88,9	4,4														

\* Målt i 2ml-brønn

Steinsfjord. NIVA-tokt · 1998.

Tyrifjord. 1400m f.b.18.08.98. Sikted.:6,3m.																		
Dyp m	Temp. gr.C.	Oksygen. mgO/l	%metn.	Kond mS/m 25grC	Farge mgP/l	Turb FTU	TP µgP/l	PO4 µgP/l	P-P µgP/l	TN µgN/l	NO3 µgN/l	N-N µgN/l	Klor.a. µgCh/l	Org.m. mg/l	Trich Tri/l	IVF* 530nm	Fe µgFe/l	SiO2 mg/l
0	16,0	9,8	99,4	4,1	15,6	0,3	3			430	265	165	1,7		80	0,9		
1	16,0	9,6	97,4	4,1	15,7	0,3	4			425	265	160	1,8		70	4,7		
2	16,0	9,6	97,4	4,1	15,4	0,3	3			420	265	155	1,7		20	5,9		
3	16,0	9,6	97,4	4,1	15,4	0,4	3			490	265	225	1,7		30	8,7		
4	16,0	9,5	96,3	4,1	15,7	0,3	3			440	265	175	1,7		60	7,2		
5	15,9	9,5	97,2	4,2	15,7	0,3	3			415	265	150	1,7		50	5,8		
6	15,9	9,4	95,1	4,1														

\* Målt i 2ml-brønn

NIVA 3964-99

Tyrifjord. 140m f.b.18.08.98. Sikted.:6,1m.																		
Dyp m	Temp. gr.C.	Oksygen. mgO/l	%metn.	Kond mS/m 25grC	Farge mgP/l	Turb FTU	TP µgP/l	PO4 µgP/l	P-P µgP/l	TN µgN/l	NO3 µgN/l	N-N µgN/l	Klor.a. µgCh/l	Org.m. mg/l	Trich Tri/l	IVF* 530nm	Fe µgFe/l	SiO2 mg/l
0	16,6	9,8	100,7	4,9	15,7	0,4	4			400	220	180	1,9		1510	10,6		
1	16,5	9,6	98,5	4,9	16,1	0,5	4			420	220	200	1,9		1240	8,1		
2	16,5	9,5	97,4	5,0	15,7	0,4	4			430	220	210	2,0		2110	10,3		
3	16,4	9,4	96,1	5,1	15,4	0,4	4			400	220	180	2,3		1400	12,8		
4	16,3	9,3	94,9	5,1	15,0	0,4	4			410	225	185	2,1		1660	10,5		
5	16,3	9,3	94,9	5,2	16,9	0,3	4			410	225	185	2,1		1400	9,2		
6	16,2	9,3	94,7	5,2														

\* Målt i 2ml-brønn

Steinsfjord. NIVA-tokt 1998.

Steinsfjord. 20m f.b. 18.08.98. Sikted.:4,7m.																		
Dyp m	Temp. gr.C	Oksygen. mgO/l	%mejn.	Kond mS/m 25grC	Farge mgP/l	Turb FTU	TP µgP/l	PO4 µgP/l	P-P µgP/l	TN µgN/l	NO3 µgN/l	N-N µgN/l	Klor.a. µgChl/l	Org.m. mg/l	Trich Tri/l	IVF* 530nm	Fe µgFe/l	SiO2 mg/l
0	16,6	9,5	97,6	9,5	13,1	0,6	7			240	66	174	3		14200	28,2		
1	16,6	9,4	96,6	9,7	12,1	0,6	8			295	55	240	4		20300	27,5		
2	16,6	9,3	95,6	9,5	14,4	0,6	9			290	50	240	4		19700	31,7		
3	16,4	9,2	94,1	9,8	14,8	0,7	8			305	49	256	4		20900	39,4		
4	16,4	9,2	94,1	9,9	13,6	0,8	9			320	49	271	4		20400	40,5		
5	16,2	9,1	92,7	8,9	13,8	0,7	8			320	83	237	4		16400	28,4		
6	15,7	8,7	87,7	8,7	13,4	0,7	8			330	105	225	3		15400	23,8		
7	13,5	6,9	66,3	9,9	13,6	1,0	8			375	131	244	3		20300	28,8		
8	12,0	5,4	50,1	10,9	12,9	0,7	13			410	165	245	3		15800	33,3		
9	11,7	4,8	44,2	11,0														

\* Målt i 2ml-brønn

Hoved.st. 17.08.98. Lysforhold.					
Dyp m	S.D. m	µE/m2.sec Luft	Vann	% av overfl.	
0	5,5				
1		442	392	89	
2		435	195	45	
3		428	107	25	
4		418	67	16	
5		412	41	10	
6		403	27	7	
7		400	16,5	4	
8		397	10,4	3	
9		398	6,7	2	
10		400	4,3	1,08	
11		406	2,55	0,63	
12		412	1,5	0,36	
		422	0,91	0,22	

Tyrifjord 3600m. 18.08.98. Lysforhold.					
Dyp m	S.D. m	µE/m2.sec Luft	Vann	% av overfl.	
0	6,9				
1		1290	800	62	
2		1225	607	50	
3		1290	317	25	
4		1224	125	10	
5		1260	80	6	
6		1250	46	4	
7		1213	29	2	
8		1290	17	1	
9		1214	11	0,91	
10		1230	6,8	0,55	
11		1230	2,9	0,24	
12		1230	2,2	0,18	
		1210	1,2	0,10	



Steinsfjord. NIVA-tokt 1998.

Hovedstasjon v. bøye. 21.09.98. Siktedyp:6,8m																			
Dyp m	Temp. gr.C.	Oksygen. mgO/l	%metn.	Kond mS/m 25grC	Farge mgPt/l	Turb FTU	TP µgP/l	PO4 µgP/l	IVF 530nm	TN µgN/l	NO3 µgN/l	N-N µgN/l	Klor.a. µgChl/l	Org.m. mg/l	Trich Tri/l	IVF* 530nm	Cl mg/l	Fe µgFe/l	SiO2 mg/l
0	14,7	9,7	96	10,3	8,3	0,5	6	1	1552	235	26	209	3,3	0,8	1700	18,4	5,1	12	1,2
1	14,7	9,5	94	10,3	8,5	0,6	7	2	1378	250	26	224	3,3	0,8	1800	14,3	5,1	12	1,1
2	14,7	9,5	94	10,3	8,2	0,5	8	1	1202	240	26	214	3,2	0,9	1900	13,2	5,1	13	1,1
3	14,7	9,4	93	10,3	7,9	0,6			1119				3,2	0,8	1800	10,7			
4	14,7	9,4	93	10,3	8,5	0,5	7	1	990	245	26	219	3,1	0,9	1900	17,6		12	1,1
5	14,7	9,4	93	10,3	8,3	0,5			1301				3,1	1,0	1500	22,8			
6	14,7	9,4	93	10,3	7,8	0,6	7	1	1142	265	23	242	3,1	1,9	2000	17,3		11	1,1
7	14,7	9,4	92	10,3	8,5	0,6			1081				3,2	0,5	1800	13,8			
8	14,7	9,4	92	10,3	8,3	0,6	6	1	1030	250	23	227	3,1	1,2	1600	14,0		11	1,1
9	14,7	9,4	92	10,3	8,6	0,5			964				3,1	1,1	1700	15,3			
10	14,7	9,4	92	10,3	8,5	0,4	6	2	1163	235	24	211	3,1	0,9	1500	12,5	5,1	11	1,1
11	14,7	9,4	92	10,3	9,4	0,5			1137				3,2	0,9	1900	22,1			
12	14,7	9,4	92	10,3	8,5	0,6	9	1	1067	245	27	218	3,1	0,8	1600	22,3	5,1	12	1,1
13	14,7	9,3	92	10,3	9,0	0,8			958				2,8	0,9	2500	21,9			
14	13,2	4,6	43	10,7	9,0	0,7	7	1	757	280	77	203	2,6	0,9	4600	20,7	5,2	17	1,9
15	11,4	2,6	23	11,0	9,8	0,9			833				1,8	0,9	5700	14,0			
16	10,8	2,2	19	11,1	9,8	1,0	8	2	512	390	205	185	1,5	0,9	5300	10,4	5,6	29	3,7
17	10,6	1,8	16	11,1	10,0	1,0			361				1,3	0,9	4000	13,5			
18	10,5	1,6	14	11,2	11,7	1,0	8	2	417	405	220	185	1,3	0,7	4000	12,9	5,6	44	3,9
19	10,4	1,5	13	11,2	12,5	1,0			296				1,0	0,8	3500	4,1			
20	10,2	1,3	11	11,3	12,9	1,0	11	4	296	435	245	190	1,1	0,6	2100	4,7	5,6	97	4,3

\* Malt | 2ml-brønn

Steinsfjord. NIVA-tokt 1998.

1660m syd for bøye. 21.09.98. Siktedy:6,3m																				
Dyp m	Temp. gr.C.	Oksygen. mgO/l	%meth. 25grC	Kond mS/m	Farge mgP/l	Turb FTU	TP µgP/l	PO4 µgP/l	P-P µgP/l	TN µgN/l	NO3 µgN/l	N-N µgN/l	Klor.a. µgCh/l	Org.m. mg/l	Trich Tri/l	IVF* 530nm	Cl mg/l	Fe µgFe/l	SiO2 mg/l	
0	15,1	9,8	97,5	10,6	8,06	0,57	6	0,5	6	250	22	228	3,0	0,9	800	13,7	5	12	1,1	
1	15,0	9,8	97,3	10,7																
2	15,0	9,7	96,3	10,7																
3	15,0	9,7	96,3	10,7	8,06	0,68	9	2	7	275	22	253	2,7	1,1	550	15,2	5	9	1,1	
4	15,0	9,7	96,3	10,7																
5	15,0	9,6	95,3	10,7																
6	15,0	9,6	95,3	10,7																
7	14,9	9,6	94,6	10,6	8,26	0,62	7	1	6	265	22	243	3,1	0,9	800	19,1	5	12	1,1	
8	14,9	9,5	93,7	10,6																
9	14,9	9,4	93,2	10,6																
10	14,9	9,4	92,7	10,6	8,64	0,7	6	1	5	245	26	219	2,6	1	1200	12,3		14	1,1	
11	14,8	9,3	91,5	10,4	8,45	0,57	6	0,5	6	250	30	220	2,7	0,9	1100	13,9		14	1,1	
12	14,6	8,5	83,7	10,6	10,2	0,76	7	1	6	290	72	218	2,4	0,8	2700	12,7		17	1,4	
13	13,6	6,7	64,5	10,8	10,9	0,92	8	2	6	335	112	223	2,4	0,9	5600	14,0		20	1,8	
14	12,9	4,9	46,4	10,9																
15	11,1	2,1	18,6	11,2																
16	10,4	1,5	13,4	11,3																
17	10,3	1,4	12,5	11,3	12,7	1,1	11	4	7	420	230	190	1,5	0,9	3200	12,7		94	4,2	
18	9,9	1,0	8,8	11,8																

\* Målt i 2ml-brønn

Steinsfjord. NIVA-tokt 1998.

1990m nord for bøye. 21.09.98. Siktedyp:6,2m																				
Dyp m	Temp. gr.C.	Oksygen. mgO/l	%methn. %	Kond mS/m 25grC	Farge mgP/l	Turb FTU	TP µgP/l	PO4 µgP/l	P-P µgP/l	TN µgN/l	NO3 µgN/l	N-N µgN/l	Klor.a. µgChl/l	Org.m. mg/l	Trich Tri/l	IVF* 530nm	Cl mg/l	Fe µgFe/l	SiO2 mg/l	
0	15,5	9,8	98,3	10,5	8,3	0,6	6	0,5	6	220	8	212	2,6	0,7	750	20,3	5	10	1,0	
1	15,3	9,9	98,9	10,5																
2	15,2	9,8	97,7	10,5	8,3	0,6	8	1	7	265	11	254	2,98	0,6	850	18,5	5	11	1,0	
3	15,1	9,8	97,5	10,5																
4	15,1	9,7	96,5	10,5	8,5	0,5	7	0,5	7	255	11	244	3,35	0,9	600	21,1		13	1,0	
5	15,1	9,7	96,5	10,5																
6	15,1	9,7	96,5	10,5	9,0	0,6	7	2	5	240	11	229	2,9	0,8	750	17,5		12	1,0	
7	15,0	9,7	96,3	10,6																
8	15,0	9,7	96,3	10,5	8,8	0,5	6	0,5	6	230	11	219	2,57	0,7	950	18,2		16	1,1	
9	14,9	9,5	94,2	10,6																
10	14,8	9,1	90,0	10,6	11,7	0,7	7	0,5	7	255	32	223	2,42	0,7	2200	18,1		16	1,3	
11	14,6	8,7	85,6	10,6	11,1	0,7	7	1	6	270	44	226	2,42	0,8	3300	17,6		19	1,4	
12	14,4	8,5	83,3	10,7	12,1	0,7	7	0,5	7	275	56	219	2,31	0,8	3700	14,8	5	24	1,6	
13	13,1	5,3	50,4	10,8	10,4	0,7	7	1	6	325	113	212	2,21	0,8	6000	14,7	5	24	2,5	
14	11,6	3,4	31,3	11,1	13,6	1,1	9	2	7	355	155	200	1,85	0,9	4000	14,1	5	38	3,0	
15	11,3	3,0	27,4	11,1																

\* Målt i 2ml-brønn

rap98.xls

Steinsfjord. NIVA-tokt 1998.

Hoved.st. 21.09.98. Lysforhold.					
Dyp m	S.D. m	µE/m2.sec		% av overfl.	
		Luft	Vann	Luft	Vann
	6,8				
0		190	140	74	
1		187	82	44	
2		187	47	25	
3		186	28	15	
4		191	20	10	
5		200	14	7	
6		202	10	5	
7		191	6	3	
8		161	3	2	
9		146	2	1	
10		135	1	0,99	
11		130	0,88	0,68	
12		127	0,66	0,52	
13		125	0,39	0,31	
14		122	0,25	0,20	

1660m syd fb. 21.09.98. Lysforhold.					
Dyp m	S.D. m	µE/m2.sec		% av overfl.	
		Luft	Vann	Luft	Vann
	6,3				
0		844	684	81	
1		823	380	46	
2		817	235	29	
3		814	160	20	
4		844	106	13	
5		880	63	7	
6		861	45	5	
7		886	28	3	
8		875	19	2	
9		880	12	1	
10		854	8	0,94	
11		881	5	0,59	
12		900	3	0,36	
13		936	2	0,21	
14		907	1	0,14	
15		888	1	0,07	

1990m nord fb. 21.09.98. Lysforhold.					
Dyp m	S.D. m	µE/m2.sec		% av overfl.	
		Luft	Vann	Luft	Vann
	6,2				
0		1167	730	63	
1		1172	439	37	
2		1177	278	24	
3		1188	142	12	
4		1190	81	7	
5		1173	62	5	
6		1187	42	4	
7		1186	28	2	
8		1180	16	1	
9		1180	12	0,98	
10		1177	8	0,65	
11		1167	5	0,39	
12		1142	2	0,22	
13		1137	2	0,14	