

Overvåking av Lyseren 2010



Norsk institutt for vannforskning

RAPPORT

Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 2218 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Midt-Norge

Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Overvåking av Lyseren 2010	Løpenr. (for bestilling) 6068-2010	Dato: 30.11.2010
	Prosjektnr. Undernr. 29203	Sider Pris 27
Forfatter(e) Markus Lindholm	Fagområde Vannressurs- forvaltning	Distribusjon fri
	Geografisk område Østfold	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Spydeberg vannverk Hemnes, Hobøl vannverk BA og Lyseren/Hov vannverk	Oppdragsreferanse Synne Lømo
--	---------------------------------

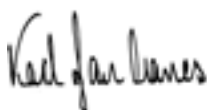
Sammendrag

Det er gjennom sommeren 2010 gjennomført en overvåkning av vannkvaliteten i innsjøen Lyseren, Spydeberg og Enebakk kommuner. Rapporten gir en oversikt over viktige funn og trender, med fokus på næringstilstand og trofigrad, algesammensetning samt innslag av blågrønnalger. Data fra tidligere år er satt opp mot årets funn. Det ble i år bare unntaksvis påvist mikrocystin i vannverkenes råvann, og i svært lave konsentrasjoner. Ingen algegift ble funnet i renset drikkevann. Også algemengden i Lyseren var lavere enn i før. Den tidligere observerte nedgangen i suspendert stoff fortsatte i 2010.


Fire norske emneord 1. overvåking av blågrønnalger 2. vannkvalitet 3. drikkevann 4. Lyseren	Fire engelske emneord 1. monitoring of cyanobacteria 2. water quality 3. drinking water 4. Lake Lyseren
---	---



Markus Lindholm
Prosjektleder



Karl Jan Aanes
Forskningsleder



Bjørn Faafeng
Seniorrådgiver

Overvåking av Lyseren
2010

Forord

Denne rapporten redegjør for resultatene av overvåking av Lyseren i 2010. I rapporten er det også tatt med bakgrunnsdata fra tidligere år. Oppdragsgivere for undersøkelsene har vært Spydeberg vannverk Hemnes, Hobøl vannverk BA og Lyseren/Hov vannverk. Arbeidet er gjennomført i henhold til avtale av april 2010.

Datamaterialet som ligger til grunn for rapporten er samlet inn av de tre oppdragsgiverne. I drøftelsene av resultatene er det brukt data innhentet fra Fylkesmannen i Østfold (Østfoldprosjektet) og fra tidligere studier av Lyseren.

Ansvarlig for innsamling av prøver har vært Darioush Alinejad, Spydeberg kommune. Algeanalyser er utført på NIVA av Pål Brettum og Bianka Pauly. Kjemiske analyser er utført på NIVA-lab av June Charlotte Ek. Thomas Rohrlack har kvalitetssikret arbeidet med blågrønnsalger og algetoksiner, og Dag Berge har kvalitetssikret øvrige kapitler. Undertegnede har vært prosjektleder og har stått for bearbeiding av data, vurdering og sammenstilling til rapport. Oppdragsgiver og medarbeidere takkes for godt samarbeid.

Oslo 30.11.2010

Markus Lindholm
Prosjektleder

Innhold

Konkluderende sammendrag	5
Summary	6
2. Innledning	7
2.1.1 Områdebeskrivelse	7
2.1.2 Bakgrunn for overvåkingen	8
2.1.3 Vurdering av drikkevannskvalitet	8
3. Resultater og diskusjon	10
3.1 Fysiske rammer	10
3.1.1 Siktedyp	10
3.1.2 Suspendert tørrstoff	11
3.1.3 Silikat	12
3.1.4 Næringssalter	13
3.2 Algesamfunnet	15
3.2.1 Algemengde og sammensetning	15
3.2.2 Blågrønnalger og forholdene i Lyseren	18
3.2.3 Blågrønnalger og helserisiko	20
4. Litteratur	22
5. Vedlegg.	23

Konkluderende sammendrag

Norsk Institutt for Vannforskning har i samarbeid med Spydeberg vannverk, Hemnes, Hobøl vannverk BA og Lyseren/Hov vannverk gjennomført overvåking av vannkvaliteten av Lyseren i 2010. Resultatene er sammenholdt med data fra tidligere år.

Hensikten med en slik overvåking er å påvise forandringer i vannkvaliteten, dels for å avdekke uheldige endringer og dels for å påvise forandringer som følge av tiltak. Alle målinger er beheftet med usikkerheter, dels fra prøvetakning og -behandling, dels fra selve målemetoden og dels fra tilfeldige variasjoner i innsjøen. Man trenger derfor alltid flere målinger for å kunne avgjøre hvorvidt en endring skyldes tilfeldigheter eller om de er knyttet til faktiske endringer i vannkvaliteten.

Lyseren er en forholdsvis grunn klarvannssjø, moderat påvirket av næringssalter fra avrenning. Dette gir svakt næringsrike (mesotrofe) forhold. Langtidsserier for totalt fosfor viser en mulig økning gjennom de siste 25 år. Andre parametere er imidlertid upåvirket av denne endringen. Algesamfunnet er i hovedtrekk det samme som for nær 50 år siden, også mht. innslag av blågrønnalger, men det er i de senere årene imidlertid kommet til en ny giftdannende blågrønnalge, fra slekten *Planktothrix*. Resultatene fra årets overvåking viste lav forekomst av giftige blågrønnalger, og også øvrige tettheter av alger var lavere enn i årene forut. Det ble bare sporadisk observert mikrocytin i vannverkens råvann. Rensesystemene fungerer etter hva man kan se tilfredsstillende, og i filtrert vann ble det ikke funnet målbare mengder algegift.

For øvrige parametre er det ingen signifikante endringer.

Summary

Lake Lyseren is a relatively shallow, mesotrophic clear water lake, moderately influenced by mineral nutrient load from the catchment area. Some signs suggest a gradually ongoing eutrophication. Long-term records showing a 35 % increase in total phosphorus seem to support this. Other variables, however, do not indicate this trend. Algae composition has in general been unaltered during the last 50 years, also in respect of cyanobacteria, but the potential toxic *Planktothrix* is a new occurring genus. In 2010, microcystin was only sporadically observed in Lake Lyseren, and cyanobacteria were low in occurrence, as well.

Title: A Monitoring Study of Lake Lyseren 2010

Year: 2010

Author: Markus Lindholm

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-5803-5

Report no. 6068-2010

2. Innledning

2.1.1 Områdebeskrivelse

Innsjøen Lyseren i Enebakk og Spydeberg kommuner, ligger i det sørøstnorske grunnfjellsområdet, under den marine grensa. Bergrunnen består av næringsfattig prekambrisk gneis, og høyde over havet er 161 m. Bassenget oppsto for om lag 9000 år siden, da innlandsisen trakk seg tilbake og etterlot en bred morene (Raet), som fungerte som demning for smeltevannet. Deler av sjøen og nedbørsfeltet er preget av underliggende leire, noe som på land (særlig nord og sør for innsjøen) har gitt opphav til fruktbar matjord og landbruk. Noe under 10 % av arealet er dyrket mark, mens skog og myr utgjør ellers hovedandelen (65 %). Topografien i området er uten store variasjoner, og innsjøen er forholdsvis grunn. Gjennomsnittlig dyp er 9 meter, og største dyp er 59 m (Hølvika). Lyseren dekker et areal på 7,5 km², men hele nedbørsfeltet er lite, bare 28,1 km². Ingen større vassdrag fører inn i sjøen, men bassenget næres av 8-9 bekker og fra grunnvannet. Det begrensede tilsiget gjør at vannet blir værende lenge i bassenget før det flyter ut gjennom Smalelva, som drenerer til Glomma: Teoretisk oppholdstid (retensjonstid) for Lyseren er beregnet til 5,3 år, noe som er relativt lenge. Dette forholdet gir vannet mye av sitt særpreg, med stabile forhold over tid og moderate korttidsendringer som følge av flom og årstid.

Det moderate dypet over store arealer av innsjøen bidrar til en variert vannvegetasjon (takrør, hornblad, tusenblad). Deler av strandsonen er tett beveget og artsrik, og bidrar til en høy diversitet av fugler. Det finnes seks ulike fiskearter i sjøen, der særlig gjedde og abbor er vanlig.

Lyseren er ikke smittet av krepspest. Innsjøen har en god bestand av edelkreps, men den har gått merkbart tilbake de siste årene. Minstemålet er hevet til 10 cm for å bedre reproduksjonsevnen i populasjonen, og i fjor vår ble det lagt ut en rekke steinhauger på grundt vann for å bedre forholdene for arten.

Det moderate dypet påvirker også innsjøen på en annen måte. Sjøer med større dyp etablerer en varig sommerstagnasjon der det næringsrike dypvannet holdes adskilt fra overflatevannet av termiske årsaker. Dette bidrar til at organisk materiale og algebiomasse felles ut og akkumulerer i bunnvannet. Grunne sjøer vil være mer utsatt for hurtigere resirkulering og oppvirvling av bunnvann, særlig i perioder med kaldt vær og vind. Dermed øker også tilbakeføringen av næringsstoffer til overflatelaget, med økt algevekst som mulig resultat. Generelt vil derfor grunne sjøer være noe mer utsatt for eutrofiering enn dype sjøer. Alger som er tilpasset lite lys og som dermed kan overleve i dypere vannlag, vil kunne utnytte dette. *Planktothrix* er en slik art.

Det er om lag 750 hytter og 85 boliger i Lyserens nedbørsfelt. Det har lenge pågått et utredningsarbeid i regi av kommunene Spydeberg og Enebakk med tanke på oppgradering av eksisterende avløpsløsninger for både fastboende og fritidsboliger, og det ble ifjor gjennomført en vurdering av nedbørsfeltet der mulige løsninger ble drøftet. Dette førte frem til et vedtak i Spydeberg i april om å igangsette kloakkering av hyttefeltene rundt innsjøen, basert på trykkavløp.

Lyseren er drikkevannskilde for kommunene Spydeberg og Hobøl, og forsyner nær 8000 mennesker med drikkevann, gjennom Hobøl vannverk BA, med inntak på 8 meters dyp i Lystadvika, og Spydeberg Vannverk, med inntak på 15 meters dyp i Rudsvika. Lyseren/Hov Vannverk forsyner også lokale oppsittere.

2.1.2 Bakgrunn for overvåkingen

De eldste rapportene fra NIVA om vannkvalitet i Lyseren er nær 50 år gamle, og er knyttet til vurdering av drikkevannskvaliteten. Allerede i 1964 rapporterte NIVA om algeblomst og forekomst av blågrønnalger (Holtan 1964). Nye undersøkelser ble gjennomført på 1970-tallet, med sikte på å bedre overvåkingen av drikkevannskilden (Skulberg 1977). En studie fra 1985 drøftet innholdet av blågrønnalger og sannsynligheten for økning i mengden blågrønnalger (Bjørndalen m.fl. 1985). Blågrønnalger som mulig helserisiko ble her i landet aktualisert gjennom en NIVA-forskers artikkel i Tidsskrift for den norske Lægeforening i (Skulberg 1972). Frem til 2005, da det ble lagt frem forslag om grenseverdier for algetoksiner i drikkevann, var imidlertid spørsmålet underlagt Folkehelsa.

I forbindelse med overvåking av vannforekomstene i Østfold 2006 i regi av Fylkesmannen i fylket, ble det i samråd med Spydeberg Vannverk foretatt to vertikalmålinger i Lyseren med en algesonde (fluoroprobe). Bakgrunnen for dette var at algegiften mikrocystin var påvist ved prøvetaking tidligere på sommeren. Den første fluorprobe-målingen avdekket en økning av blågrønnalger ned mot 8 meters dyp. Med dette økte også innholdet av mikrocystin.

På bakgrunn av ovennevnte funn ble det besluttet å igangsette et overvåkingsprogram for Lyseren, med fokus på sesongdynamikken hos algetoksiner. Den foreliggende rapporten for overvåkinga i 2010 benytter i tillegg data fra undersøkelsene i 2005-2009 som bakgrunn for vurderingene.

2.1.3 Vurdering av drikkevannskvalitet

Kriterier for egnethet til drikkevann har etter at råvannsnormer ble tatt ut av drikkevannsforskriften, vært basert på KLIFs (SFT) definerte verdier og system for klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann, slik disse ble utviklet av NIVA på 1990-tallet (SFT 1997). Med implementeringen av EUs vanddirektiv har det vært behov for en viss justering og oppgradering også av disse kriteriene. NIVA har på oppdrag av KLIF nå levert forslag til reviderte kriterier for drikkevannskvalitet (Solheim m.fl. 2008). Det er her enkelte endringer, bl.a. mht vurdering av råvannskvalitet og klorofyllmengder (**Tabell 1**). Det foreslås videre at mikrocystin-mengden ikke skal overskride 1 µg/L, som også er i henhold til WHO's anbefalinger. Mulige implikasjoner av dette for Lyseren er tatt opp nedenfor. Drikkevannsforskriften og EUs drikkevannsdirektiv stiller nå kun krav til rentvannet, men det anbefales sterkt å sikre råvannskilden slik at kravene til rensing blir mindre omfattende og kostbare.

Tabell 1. NIVAs forslag til nytt system for klassifisering av overflatevannkilders egnethet som råvann til drikkevannsforsyning (fra Solheim m.fl. 2008).

<i>Parameter</i>	<i>Benevning</i>	<i>Godt egnet</i>	<i>Egnet</i>	<i>Mindre egnet</i>	<i>Ikke egnet</i>
<i>E. coli</i> *	ant/100 ml	0 ⁹⁰	0 ⁷⁰	0 ⁶⁰	0 ⁵⁰
Intestinale enterokokker*	ant/100 ml	0 ⁹⁰	0 ⁷⁰	0 ⁶⁰	0 ⁵⁰
Koliforme bakterier 37 °C	ant/100 ml	<10	10-30		>30
Kimtall 22 °C	ant/100 ml	20	20-50	50-100	>100
pH	pH-enhet	6.5-8.5	6-6.5/8.5-9	5-6 / 9-10	<5 / >10
Kond	mS/cm	<50	50-200	200-300	>300
Turb	FNU	<1	1-4	4-8	>8
Farge	mg Pt/l	<10	10-20		>20
Oksygen	metning %	>90%	70-90%	50-70%	<50%
Tot-P**	µg P/l	<7	7-11	11-20	>20
Klorofyll a**	µg/l	<3	3-5	5-10	>10
Microcystin***	µg/l	<0.1	0.1-0.5	0.5-1	>1
Jern	µg/l	<100	100-300	300-600	>600
Mangan	µg/l	<50	50-100	100-300	>300
Aluminium	µg/l	<50	50-200	200-400	>400

*Eksposter betyr persentil. Der det ikke er ført opp noen potenser er det 50-persentilen (dvs medianverdien) som gjelder.

** Klassegrenser er i tråd med nye klassegrenser for kalkfattige, klare, grunne lavlandssjøer (LN2a), se kap. 2.

*** WHO anbefaler <1 µg/L microcystin for drikkevann.

Datagrunnlaget for denne rapporten har vesentlig vært innhentet i perioden april-oktober hvert år, i form av 10-12 prøvetakinger. Inneværende år ble antallet prøver redusert til seks. Prøver ble tatt 7. juni, 29. juni, 20. juli, 10. august, 31. august og 21. september 2010.

Vurderingene er hovedsakelig basert på følgende parametre som beskriver:

- 1) Fysiske og vannkjemiske parametre: Siktedyp, suspendert tørrstoff (STS), suspendert gløderest (mg/L),
- 2) Eutrofiering: Algesammensetning og mengde, samt konsentrasjonen av klorofyll a, totalt fosfor (tot P, µg/L), løst fosfat (µg/L), totalt nitrogen (tot N, µg/L) og nitrat (µg/L)
- 3) Blågrønnalger: Artssammensetning og mengde samt innhold av det blågrønnalge-spesifikke fargestoffet (akksessorisk fotosyntesepigment) phycocyanin og giftstoffet microcystin.

3. Resultater og diskusjon

I det følgende gis en gjennomgang av de ulike parametrene som ble overvåket, med drøftelser av mulige sammenhenger og sammenligninger med tidligere data.

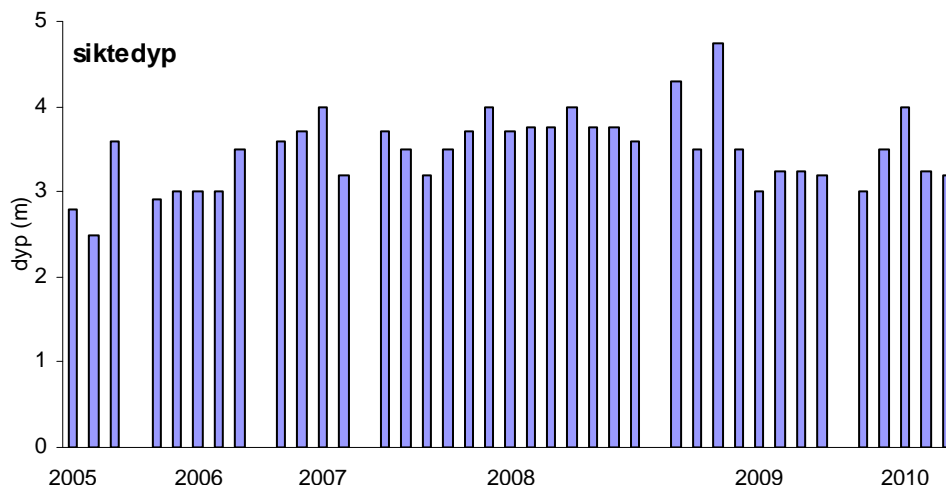
3.1 Fysiske rammer

3.1.1 Siktedyp

Siktedypet måles ved at man senker en hvit skive (Secciskive) ned i vannet til den ikke lenger er synlig. Så trekkes den opp til den kommer til syne igjen. Denne avstanden fra overflaten er siktedypet. Metoden gir på en enkel måte informasjon om mengden partikler og løste fargede stoffer (humus) i vannet. Partiklene kan være dels algeplankton, og dels silt og leire. I mange sjøer reflekterer siktedypet i noen grad trofigraden.

Figur 2 viser målinger av siktedypet for Lyseren gjennom de seks siste år. Siktedypet varierte mellom 2,5 og 4 m. Siktedypet er som det kan forventes ut fra innholdet av klorofyll i en svakt mesotrof innsjø, og indikerer at hoveddelen av det partikulære materialet består av algeplankton. Data fra midten av 1980-årene (Bjørndalen m.fl. 1985) viste at siktedypet den gang lå mellom 2,9 og 3,7 meter, altså om lag på samme nivå, eller noe lavere. Tilsvarende dyp var typiske også på 1990-tallet. For de seks siste årene var siktedypet noe høyere i perioden 2007-2009 (3,6 m), mens middelverdien i 2010 var noe lavere igjen (3,3 m).

Vanligvis regner vi med at algene kan opprettholde fotosyntesen ned til et dyp som tilsvarer 2,5 x siktedypet. Dette tilsier at det meste av fotosyntesen i 2010 foregikk i de øverste 6-8 meterne i Lyseren. Som forklart nedenfor kan imidlertid enkelte arter opprettholde fotosyntesen også ved svakere lys enn dette.

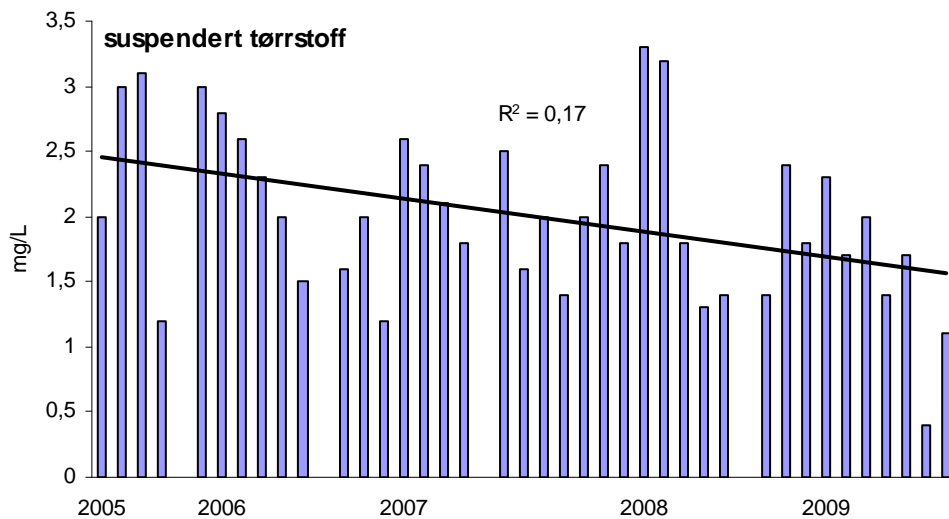


Figur 1. Siktedyp i Lyseren for 2005-2010.

3.1.2 Suspendert tørrstoff

Partikkelmengden i innsjøer kan mer presist måles ved å filtrere et bestemt vannvolum. Vekten av filtratet etter tørking defineres som totalt suspendert tørrstoff. Ved oppvarming til 550 °C fjernes den organiske fraksjonen, og tilbake blir gløderesten, den uorganiske andelen, som består av mineralpartikler (erosjonsmateriale som silt og leire). Partikkelmengden i vannet bestemmes av tilførsel av organisk og uorganisk materiale fra bekker, diffus avrenning (særlig fra dyrket mark), mengden algeplankton i vannet, og resuspensjon (utvasking og oppvirvling) fra bølgeslag mot strender og grunne sedimenter.

Figur 2 viser innhold av totalt suspendert tørrstoff (STS, mg/L) for de siste seks årene. Diagrammet antyder en moderat reduksjon i partikkelinnholdet for perioden. NIVA-data fra Lyseren fra 1980- og 1990-tallet viser at innholdet av suspendert tørrstoff var i underkant av 2 mg/L. Etter år 2000 har STS vært målt regelmessig (blandprøve fra overflatelaget), og det har holdt seg frem til 2006 på mellom 2 og 3 mg/L. De siste fire årene har innholdet vært lavere, og middelveiden for inneværende år var 1,67 mg/L (n=6). Den organiske fraksjonen dominerte over leireinnholdet også i 2010, og andelen leire var under deteksjonsgrensen hele sesongen.



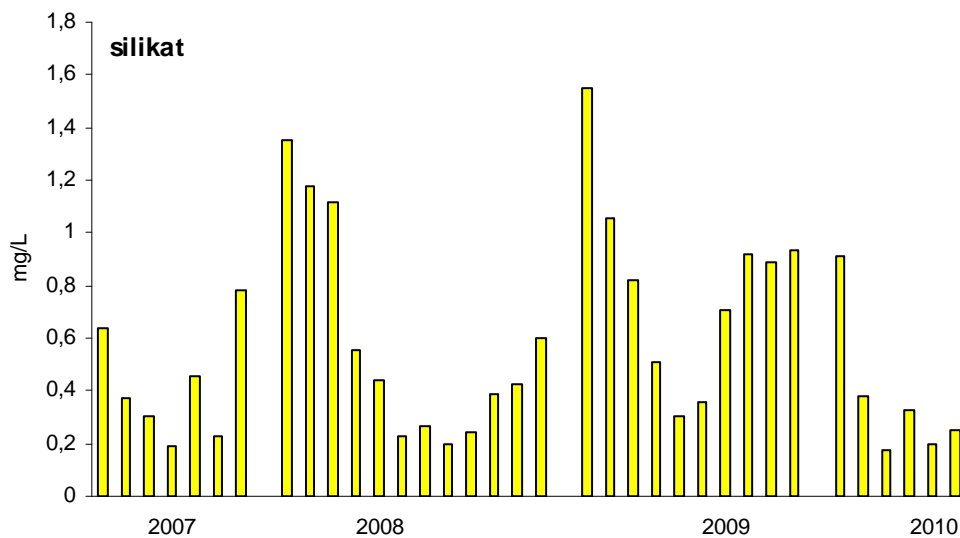
Figur 2. Innholdet av suspendert tørrstoff i vannet (mg/L) i Lyseren vist for årene 2005 – 2010. Trendlinjen antyder en mulig moderat reduksjon for perioden.

3.1.3 Silikat

Silikat er et nødvendig næringsstoff for en viktig algegruppe, kiselalgene. Disse algene danner sjeldent giftstoffer, og har ofte en stabiliserende effekt, ved at de hindrer oppkomsten av problem-alger. Som hovedregel kan vi si at kiselalgene trenger minst 0,1 mg Si/L i vannet. Blir det mindre øker dermed sjansene for oppblomstring av giftalger.- Silikat tilføres vannet fra berggrunnen, og skydes i liten grad menneskelig påvirkning

Figur 3 viser innholdet av silikat gjennom de fire siste somrene. Mønsteret som kommer frem er typisk for silikatdynamikken i nordiske innsjøer. Verdiene er gjerne høyest tidlig på våren, men faller utover sommeren, ettersom silikat forbrukes av kiselalgene. Når sommerstagnasjonen setter inn synker kiselalgene ut av overflatevannet og sedimenterer på bunnen, og forårsaker dermed en utarming av silikat i overflatelaget. Etter sommerperioden stiger vanligvis silikatinnholdet igjen om høsten. Inneværende år hadde en noe lavere konsentrasjon enn årene før, men det er vanskelig å si noe om årsaken til dette. Generelt er avrenningen av silikat lite påvirket av menneskelig aktivitet i nedbørsfeltet.

I Lyseren var det i alle disse årene tilstrekkelig silikat i vannmassene til å opprettholde produksjonen av kiselalger gjennom hele vekstsesongen.



Figur 3. Innholdet av silikat i vannprøver fra Lyseren for de siste fire årene (mg/L) (blandprøver 0-4 m dyp).

3.1.4 Næringsalter

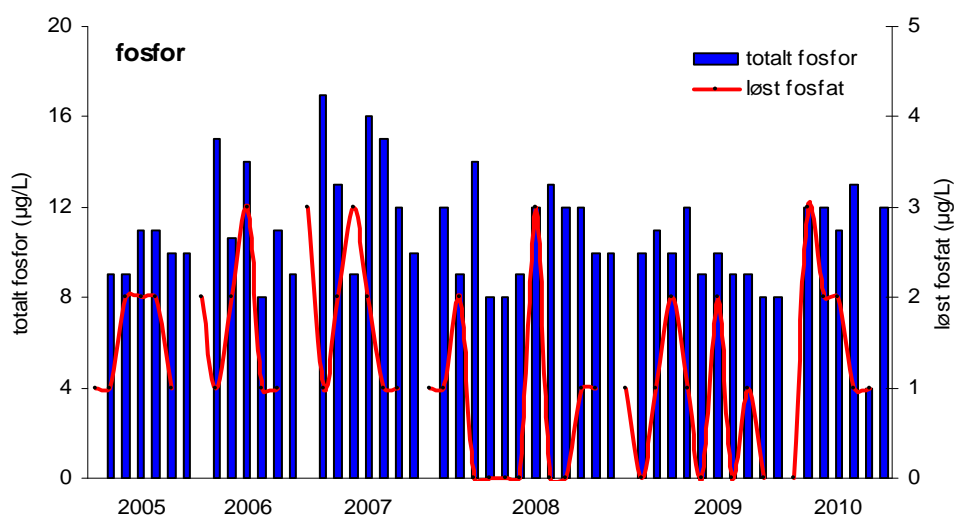
Fosfor og nitrogen er sentrale næringsstoffer for planteplanktonet. Særlig innholdet av fosfor er ofte utslagsgivende for hvor mye alger som dannes i vannet. Mange giftalger og blågrønnalger er knyttet til forhøyete verdier av næringsalter (eutrofiering), eller har en tendens til å oppstå om mengdeforholdet mellom nitrogen og fosfor forskyves. Betegnelsene totalt fosfor og totalt nitrogen omfatter alle fraksjoner, både i løst form og det som er bundet til partikler. Mye av fosforet er bundet til partikler, og utilgjengelig for alger. Det er derfor viktig å se også på fraksjonen av næringsstoffer som er oppløst og biotilgjengelig (i form av nitrat og løst fosfat).

Fosfor

I kommunedelplanen for Spydeberg er 10 µg totalt fosfor pr liter satt som miljømålet for Lyseren. I NIVAs nye forslag til egnethetskriterier for drikkevann er grensen for ”godt egnet” mht fosfor satt til 7 µg Tot-P/L, mens tilsvarende grense for ”mindre egnet” er satt til 20 µg/L.

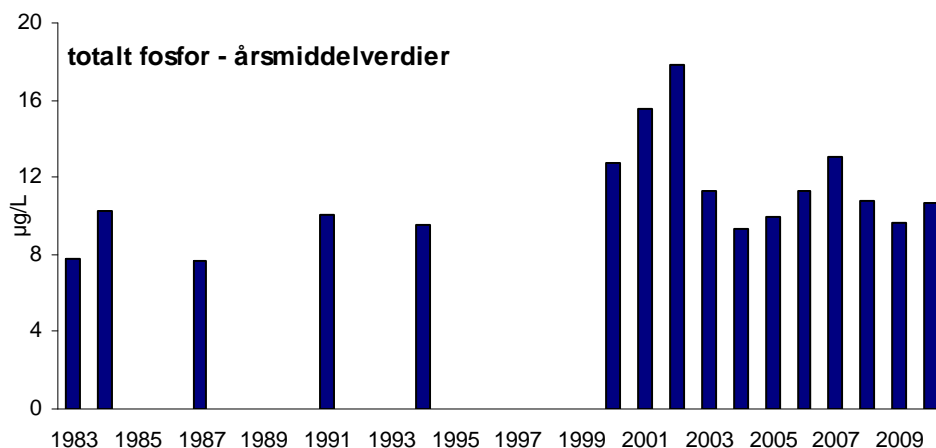
Fosforinnholdet i overflatevannet (0-4m) for Lyseren gjennom de seks siste årene er vist i **Figur 4**. I 2005 var det et forholdsvis stabilt innhold av fosfor, med 10 µg/L som snittverdi. Året etter var variasjonene noe større, med relativt høye maksverdier, og en svak økning målt som årsgjennomsnitt (11,3 µg/L, se for øvrig **Figur 5**). I 2007 ble det i enkeltprøver målt opptil 20 µg totalt fosfor pr liter. Igjen var svingingene store, men gjennomsnitt for sommeren viste nok en gang en liten økning, nå til 13,1 µg/L. Dette tilsier periodevis nærmest eutrofe forhold i Lyseren. De høye enkeltverdiene kan ha hatt sammenheng med intensiv nedbør med tilhørende utspyling fra nedbørsfeltet. 2008 hadde nokså stabile verdier, og årsgjennomsnittet for totalt fosfor var på 10,7 µg/L. 2009 viste en ytterligere reduksjon, med bare moderate svingninger i innholdet av totalt fosfor, og 9,6 µg som middelverdi. Inneværende år var om lag som årene forut, med 10,7 µg/L fosfor som middelverdi (**Figur 5**).

På **Figur 4** er innholdet av løst fosfat (ortofosfat) markert med rød linje. Det er ingen klare endringer for måleperioden. Etter en forholdsvis høy middelverdi (1,86 µg/L) i 2007 falt innholdet i 2008 og 2009. I 2010 var det en svak økning, med 1,8 µg/L som årsmiddel (n=6). Det er imidlertid for tidlig å si om dette er tilfeldige variasjoner eller en begynnende trend. Vann upåvirket av menneskelig aktivitet vil normalt ikke inneholde løst fosfat i sommersesongen, og denne variabelen kan slik brukes som en grov indikator på graden av menneskelig påvirkning, først og fremst fra landbruk og kloakk. Den forutsette kloakkeringen av bebyggelsen langs Lyseren vil trolig etter hvert vise seg i reduksjoner av løst fosfat.



Figur 4. Konsentrasjon av total (blå søyler) og løst (rød linje) fosfor (µg/L) i overflatevannet (0-4 m) i Lyseren. Resultater for perioden 2005-2010.

Figur 5 antyder mulige endringer i totalt fosfor for de siste 26 år. Dataserien er langt fra komplett, men med dette forbehold ser det ut til at Lyseren gjennom denne perioden har fått et svakt økt innhold av fosfor, fra i overkant av 8 µg i 1983 til 17,8 µg/L tot-P i 2002, som er den høyest registrerte årsverdien. I 2010 var middelverdien 10,7 µg/L (n=6). Årets middelverdi er den samme som for de siste åtte år, og gjennom denne perioden har det bare vært små svingninger.



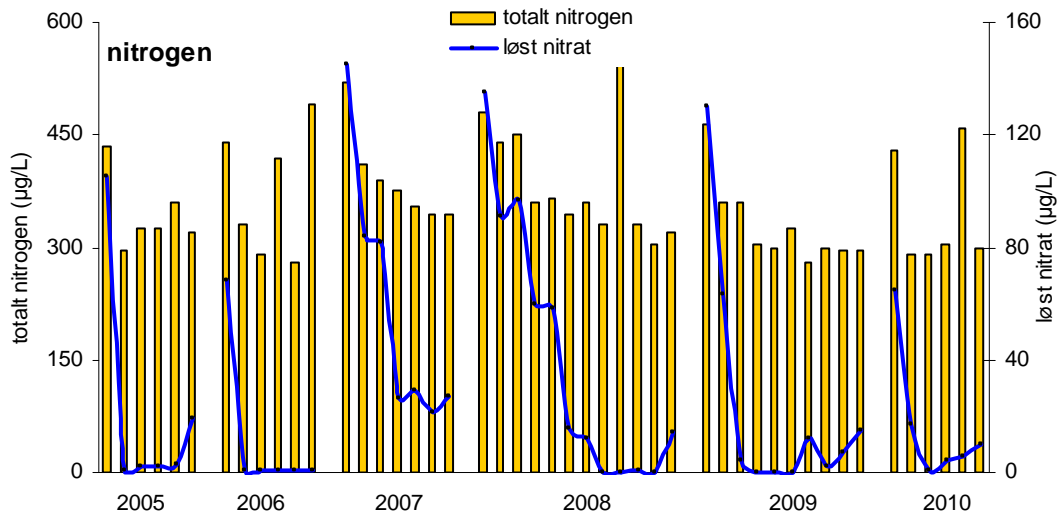
Figur 5. Endringer i midlere konsentrasjon av totalt fosfor (µg/L) i overflatelagene i Lyseren for perioden 1983-2010 (data fra Fylkesmannen i Østfold og fra NIVA).

Nitrogen

Innholdet av totalt nitrogen og nitrat gjennom de seks siste årene viser et mønster som samsvarer bra med fosforverdiene (**Figur 6**). Innholdet av totalt nitrogen er relativt lavt og viser at innsjøen er lite påvirket av landbruksavrenning. Data fra 1983 og frem til 2004 er innsamlet med forholdsvis jevne mellomrom, og verdiene har hele tiden holdt seg mellom 350 og 400 µg/L (ikke vist grafisk). De årlige middelverdiene for de siste seks årene holdt om lag samme nivå, med 2009 som lavest (328 µg/L). I 2010 var middelverdien 346 µg/L.

Den løste, biotilgjengelige andelen av nitrogen (nitrat) varierte mer, og viser en sesongtrend som er potensielt viktig for dynamikken i toksinproduserende blågrønnalger. Som man ser av **Figur 6** (blå linje) faller nitratinnholdet vanligvis gjennom våren og holder seg nær eller under deteksjonsgrensen på sommeren. I noen grad er dette trolig en effekt av opptak av nitrat fra vegetasjonsdekket i nedbørsfeltet. Om vinteren og tidlig om våren tar ikke landplanter opp løst nitrat fra sigevann og grunnvann, men straks vekstsesongen begynner tas mer av nitraten opp før det når ut i Lyseren. I vannmassene fortsetter det selektive opptaket, som utover våren fører til økende utarming i overflatevannet. - Svært lave nitratverdier ble målt i 2006, da innholdet lenge lå på deteksjonsgrensen. På samme tid var innholdet av løst fosfor forholdsvis høyt. Det samme gjentok seg i 2010 på forsommeren, da innholdet av nitrat var om lag halvparten av hva de hadde vært de tre forutgående årene, før det falt mot lave verdier utover sommeren. Under slike forhold blir nitrat gjerne det næringsstoffet som begrenser algeveksten. Mange blågrønnalger kan utnytte dette, fordi de kan fikserer nitrat direkte fra vannet. Den relative mangelen på nitrat i forhold til løst fosfat kan dermed berede grunnen for en økning i konsentrasjonen av uønskede blågrønnalger. I Lyseren er imidlertid *Planktothrix* den mest aktuelle problemarten, og denne mangler evnen til egen nitrogenfiksering. I Lyseren tilfelle kan derfor lave vår-konsentrasjoner av nitrat tas som et godt tegn, og er gjerne koblet til lave konsentrasjoner av *Planktothrix* utover gjennom sommeren. Slik var det også i 2010.

De eldste målingene for nitrat i Lyseren utført av NIVA er fra 1963 og -64 (Holtan 1964). Den gang lå middelverdiene på 44-45 µg nitrat pr liter, noe som er i samme størrelsesorden som de siste års verdier.



Figur 6. Totalt nitrogen (µg/L, orange søyler) og løst nitrat (µg/L, blå linje) i overflatevannet (0-4 m) i Lyseren. Data for somrene 2005-2010.

3.2 Algesamfunnet

3.2.1 Algemengde og sammensetning

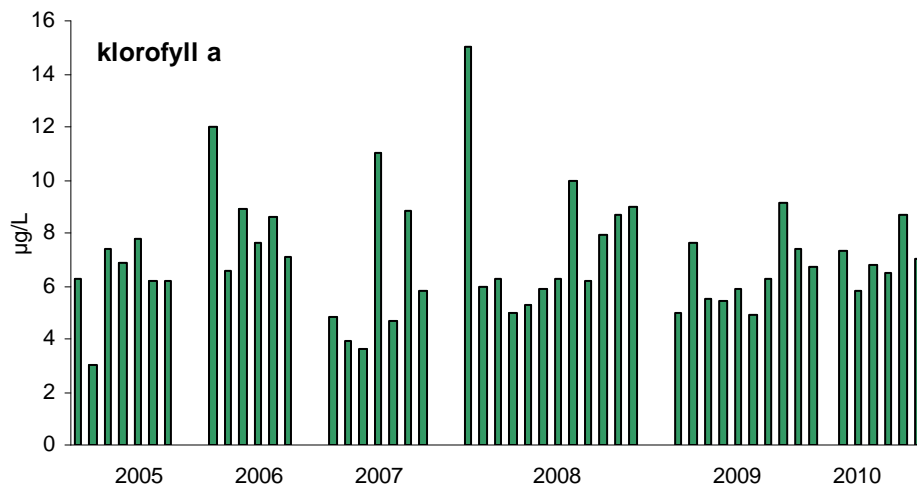
Produksjonen av organisk stoff i de frie vannmassene bestemmes av den totale mengden alger som produseres til enhver tid. Mengden bestemmes i stor grad av innholdet av nitrogen og fosfor. Å beregne den faktiske mengden alger i vannet kan være vanskelig, men et grovt mål får man ved å analysere mengden klorofyll. – Man får vite adskillig mer om man bestemmer artene som finnes i vannet, måler størrelsen og dermed beregner biomassen (som våtvekt) for de ulike gruppene. På grunnlag av dette kan man også få mer detaljert kunnskap om problemalger, som for eksempel blågrønnalger.

Et relativt mengdemessig uttrykk for forekomsten av blågrønnalger på ulike dyp kan måles ved å senke en sonde ned gjennom vannsøylen som registrerer innholdet av et pigment, phycocyanin. Dette er karakteristisk for denne algegruppen. Og sist, men ikke minst kan innholdet av alggifter, fortrinnsvis microcystin, måles ved kjemisk analyse av vannprøver.

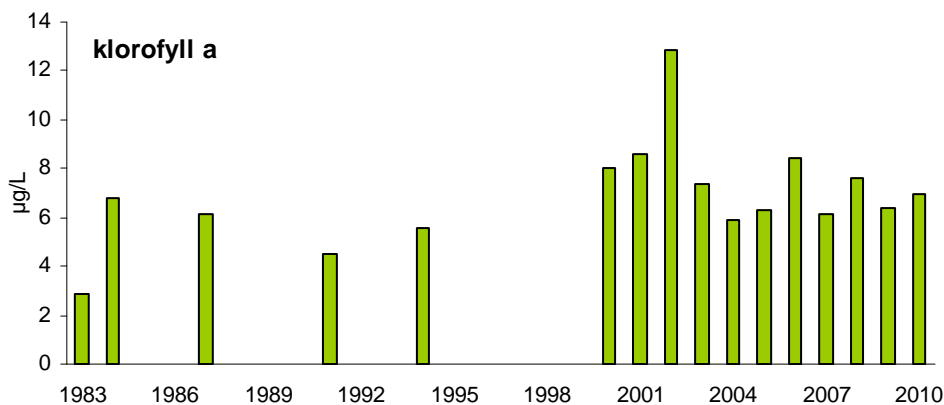
Mengden klorofyll *a* i overflatelagene (0-4 m) for de siste seks årene er vist i **Figur 7**.

Klorofyllinnholdet har ikke vist noen klare trender for denne perioden. I 2007 var innholdet noe lavere enn de foregående årene. Den fuktige og kjølige værtypen den sommeren dempet sannsynligvis algeproduksjonen noe. De tre siste årene har klorofyllmengden vært om lag på langtidsgjennomsnittet.

Klorofyllmengden i Lyseren er noe høyere enn det som er ønskelig for drikkevannskilder. **Figur 8** viser klorofyllmengde for de siste elleve årene, samt for enkelte år tilbake til 1983. I henhold til de nye egnethetskriteriene (Solheim m.fl. 2008) for drikkevann er grenseverdien for ”godt egnet” satt til <3 μg klorofyll a/L, og så lave verdier forekommer knapt i datasettet fra Lyseren. Høyeste middelverdi vi kjenner til er fra 2002, da det var > 12 $\mu\text{g}/\text{L}$. Samme år hadde Lyseren også en uvanlig høy middelverdi for totalt fosfor, som vist ovenfor. - Klorofyllmengder >10 μg indikerer at vannet er uegnet som drikkevann (**Tabell 1**). Både i 2006, 2007 og 2008 ble det tatt enkeltmålinger med høyere klorofyllinnhold enn dette. De to siste årene har klorofyllmengden imidlertid holdt seg under denne grensen, og i 2010 var høyeste observerte verdi 8,7 $\mu\text{g}/\text{L}$.



Figur 7. Algemengde i Lyseren gitt som konsentrasjon av klorofyll a ($\mu\text{g}/\text{L}$). Sesongvariasjoner for de siste seks års sommerperioder, målt fra overflatelagene (0-4 m).



Figur 8. Gjennomsnittlig årlig klorofyllkonsentrasjon i overflatelagene i sommerhalvåret i Lyseren for et utvalg år før 2000, og for perioden 2000 til 2010. Det er ingen signifikante endringer i verdiene.

For å undersøke sammensetningen av alger gjennom sommersesongen ble prøver fra overflatevannet (0-4 m) analysert til art, og deres relative bidrag til den totale algebiomassen ble beregnet (μg våtvekt

pr. liter, **Figur 9**. Komplet artsliste, se Vedlegg). Våtvekt gir rimeligvis høyere verdier for alger enn rene klorofyllmålinger, bl.a. fordi alger inneholder mye vann, som ikke inngår i målingene av mengden klorofyll *a*. Klorofyllverdien vil videre ofte falle noe ved innslag av blågrønnalger, fordi mange av disse inneholder mindre av det pigmentet. I tillegg er klorofyllinnholdet lavt i enkelte av gruppene som ble påvist, bl.a. svelgflagellater, som er vanlige i Lyseren.

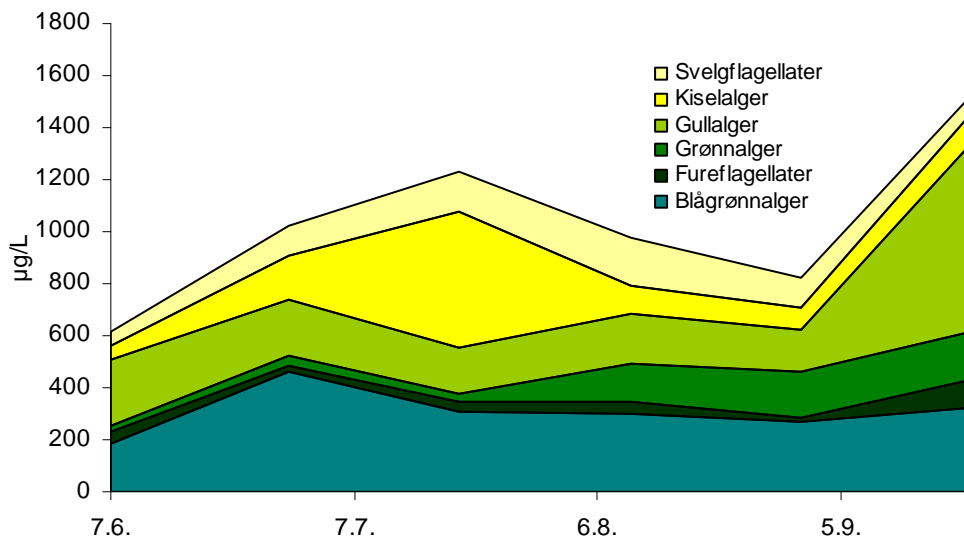
De totale mengdene av planteplankton i 2010 var markert mindre enn det en har registrert i de senere år, for eksempel sammenlignet med 2008. Dette skyldtes i første rekke den kraftige våroppblomstringen av gullalger med arter som *Dinobryon bavaricum* og *Ochromonas* spp.. En slik utvikling ble ikke registrert i analyse materialet i 2010.

Ut over den registrerte økningen av gullalger i deler av vekstsesongen 2008, samsvarte artssammensetningen i år godt med analyseresultatene fra tidligere år, selv om det var større bestander av gullalger både i 1993, 1996 og 2000. **Tabell 2** viser år til år variasjoner i algebiomasse for et utvalg år i Lyseren.

Tabell 2. Algebiomasse (μg våtvekt pr liter) i Lyseren; maksimum og gjennomsnittlig verdi for ulike år, samt antall prøver tatt.

År	Max	Gjennomsnitt	Ant.prøver
1993	1499	760	8
1996	1269	741	4
2000	1623	1211	4
2008	2595	1433	11
2010	1115	656	6

Algesamfunnet viste en tydelig suksessjon, med en oppblomstring av kiselalger i juni, først og fremst med *Tabellaria fenestrata* og *Cyclotella comta*. I september kom det til en tilsvarende dominans av gullalger. Dette mønsteret er det samme som hva vi observerte i fjor. Gullalger er en algegruppe som folk har kunnet stifte bekjentskap med, da den har en tendens til å gi vannet en fiskelignende lukt, særlig om arter av slekten *Dinobryon* er til stede. Stoffene de skiller ut (særlig geosmin) kan også gi sjenerende smak på vannet dersom de forekommer i høye tettheter, men det har aldri vært rapportert om forgiftninger. *Dinobryon* har tidligere bidratt til luktproblemer i drikkevannet også i Lyseren (Skulberg 1975). Algemengden var høyest i september. Innholdet av blågrønnalger i de øvre vannlaget var for øvrig stabilt gjennom hele perioden, men middelverdien for 2010 ($106 \mu\text{g/L}$) var under halvparten av hva den var ifjor ($272 \mu\text{g/L}$).



Figur 9. Innholdet av de ulike algegruppene i Lyseren (μg våtvekt pr liter) gjennom sommeren 2010. Resultater fra prøver tatt i overflatevannet (0-4 m).

3.2.2 Blågrønnalger og forholdene i Lyseren

Blågrønnalger (cyanobakterier) inneholder et eget fotosyntetisk pigment, phycocyanin, som ikke finnes i andre typer alger og som dermed kan brukes for å bestemme den relative mengden av blågrønnalger i vannet. Innholdet av phycocyanin i vannet kan måles ved hjelp av fluorescens. Ved å senke en sonde (fluoroprobe) gjennom vannsøylen kan man måle fluorescens fra phycocyanin ved ulike dyp, som så omregnes til μg phycocyanin pr liter. Metoden gir en god indikasjon på konsentrasjonen av blågrønnalger, og kan enkelt gi data for hvordan denne endrer seg vertikalt gjennom vannet. – I 2010 ble det ikke målt pigmenter i Lyseren på denne måten, da konsentrasjonene av mikrocytin i vannmassene hele tiden var så vidt lave.

Blågrønnalger er vanlige i Lyseren, og det finnes flere arter. I 2010 var særlig slektene *Planktothrix*, *Anabaena* og *Woronichinia* vanlige, men konsentrasjonene var lave hele tiden. Fordi årssyklusen og økologien til denne organismegruppen er særlig viktig for drikkevannskvaliteten i Lyseren, tar vi også i år med fjorårets redegjørelse om blågrønnalger, og særlig da den mikrocytin-produserende slekten *Planktothrix*.

Om vinteren, når innsjøen er frosset, er vannmassene i ro. Bunnvannet, som er tyngst, holder $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$, mens det rett under isen finnes vann som er noe kaldere og derfor lettere (gjerne $+1$ til $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$). Når isen smelter om våren kommer det en periode da hele innsjøen holder samme temperatur ($+4\text{ }^{\circ}\text{C}$). I denne fasen er vannmassene svært labile, og svak vind er nok til at det settes i gang en full omrøring – det man kaller fullsirkulasjon - av hele bassenget. På denne måten fordeles også oksygen og næringssalter (fosfor og nitrogen) jevnt i vannet.

Etter noen uker, avhengig av innstråling og værforhold, blir overflatelaget varmere. Gradvis danner det seg to ulike "etasjer" i innsjøen – et øvre, varmere vannlag (epilimnion), som er atskilt fra det kalde dypvannet i hypolimnion. Denne sjiktningen opprettholdes gjennom hele sommeren, og den

smale overgangssonen mellom de to – sprangsjiktet (metalimnion) – kjennetegnes ved raske temperaturendringer. Hypolimnion er ofte uten lyspåvirkning og uten algevekst. Til gjengjeld akkumuleres det her gjerne næringsstoffer, og det forbrukes mer oksygen enn det som tilføres. I det øvre lyspåvirkete epilimnion, derimot, vil det være mer algeplankton så lenge det finnes næringsstoffer. Det siste er også årsaken til at det ofte kommer til en utarming av plantenæringsstoffer i de øvre vannlagene om sommeren. – Om høsten kjøles epilimnion ned igjen, og i oktober/november får på ny hele bassenget lik temperatur, og det kommer til en ny fullsirkulasjon, med ny blanding av næringsstoffer, før isen legger seg.

Algeplanktonet har vanligvis ulike former for hvilestadier når forholdene er ugunstige. Eksempelvis overvintrer de gjerne i sedimentlaget på bunnen, mens de har sin aktive vekstperiode om sommeren. *Planktothrix* er annerledes. Den danner ikke hvilestadier i det hele tatt, men overlever vinteren direkte i selve vannet som levende celler, som har form av lange tynne hår. Om våren begynner de cellene som har overlevd å vokse og dele seg. Arten har nå en viktig vekstperiode i løpet av noen korte våruker, og på ny om høsten, når vannmassene sirkulerer igjen. I år hvor oppvarmingen har vært hurtig og sjiktningen etableres raskt finner vi erfaringsmessig derfor lavere konsentrasjoner av *Planktothrix* senere på sommeren.

Vår og høst er også næringsstoffer spredt gjennom hele vannsøylen, og *Planktothrix* er tilpasset disse forholdene, blant annet ved at de kan overleve ved lite lys. Veksten er forholdsvis langsom, og vanligvis observeres bare moderate konsentrasjoner i disse periodene, også fordi algen da er spredt gjennom hele vannsøylen. Man tenker gjerne at blomstrende blågrønnalger viser seg som grønt slam på vannoverflaten. Men *Planktothrix* er ofte spredt over store vannmasser og dermed vesentlig vanskeligere å observere vår og høst, eller konsentreres på dyp utenfor menneskets synsvidde.

Planktothrix er heller ikke assosiert med kraftig eutrofiering, slik ofte andre blågrønnalger er. Arten må faktisk heller betegnes som en rentvannsindikator, og den har trolig vært i Lyseren siden istiden. Veksten er imidlertid avhengig av løst nitrat. Faller konsentrasjonen av dette under ca 50-70 µg/L, slutter cellene å dele seg. Som man ser av **Figur 6** har Lyseren om våren rikelige mengder nitrat, som så forsvinner i løpet av den første våroppblomstringen (blå linje). Nitratnivået frem gjennom våren kan til en viss grad dermed brukes som indikasjon på forventet mengde *Planktothrix* i sommervannet.

For de cellene som har utviklet seg om våren dør ikke. Når sjiktningen setter inn vil de individene som befinner seg dypt ha en tendens til å stige opp mot de øvre vannlagene, der det er bedre lysforhold (den fotiske sonen, der det er nok lys til å opprettholde fotosyntesen). Dette området omfatter som allerede nevnt om lag 2,5 x siktedypet (**Figur 1**), noe som for Lyserens vedkommende betyr ned til 7-8 meters dyp. *Planktothrix*-celler i det øvre, mest lyseksponeerte området vil omvent ha en tendens til å synke. Årsaken er at cellene blir tyngre fordi de opprettholder en høy fotosyntetisk aktivitet, og derfor lagrer så mye stivelse at de mister oppdriften. Lenger nede, og ofte i eller i nærheten av sprangsjiktet, der lyset er svakt og fotosyntesen mindre effektiv, vil det gradvis innstille seg en balanse mellom fotosyntese og forbrenning. Tetthetsforskjellene er store over korte avstander, og her vil *Planktothrix*-cellene samle seg. I dette området er det akkurat nok lys til å overleve, samtidig som de får tilgang til noe næringsstoffer fra dypvannet under seg. Dette laget av *Planktothrix*-celler kan gjerne bli så tynt som ned mot noen cm, der imidlertid konsentrasjonene kan være svært høye.

Dette er altså årsaken til at man i Lyseren har et lag med toksinproduserende blågrønnalger som ikke nødvendigvis oppdages om man bare undersøker vannoverflaten.

Det finnes eksempler på innsjøer der *Planktothrix* har forsvunnet. I Kolbotnvatnet later den til å ha blitt borte. Om innsjøen har en god bestand av annet algeplankton vil disse gjerne skygge ut for *Planktothrix*, som befinner seg dypere ned, og gradvis svekke bestanden. Veksten stopper også opp sommer og vinter. Lang vinter og sommer, og hurtig oppvarming om våren og nedkjøling om høsten vil også svekke populasjonen.

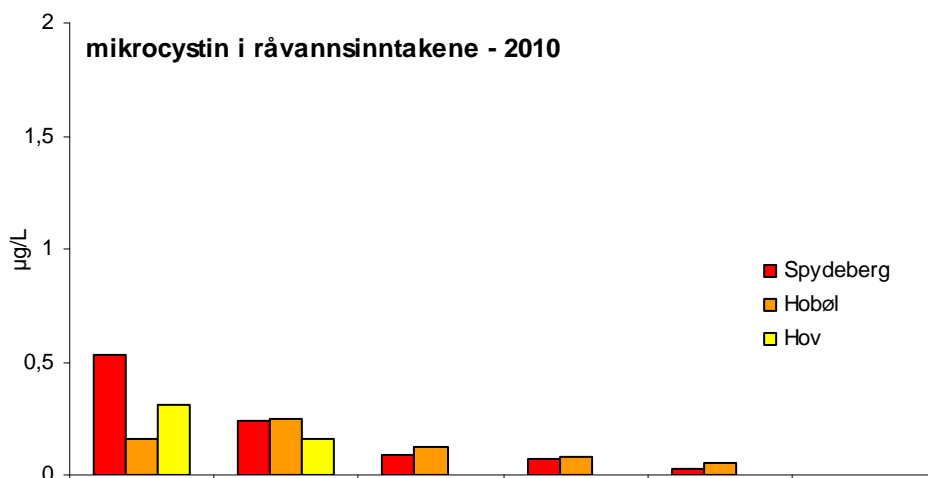
Algegiften, mikrocytin, skilles ikke ut fra cellene, men befinner seg kun inne i cellene. Giften, som altså er produsert om våren, fjernes ikke ved koking. - *Planktothrix* fjernes sikrest fra drikkevann ved flokkulering, som binder cellene og lar dem felle ut. Erfaringsmessig er sandfilter ingen sikker metode, fordi de tynne cellehårene kan slippe igjennom filtermassene. Private vannbrukere bør bruke osmosefiltere, som også fjerner bakterier. Mye kan også gjøres om man unngår å hente drikkevann fra de dypene der *Planktothrix* oppkonsentreres, for Lysereis vedkommende altså fra 5-8 meters dyp. En videre sikkerhetsforanstaltning er å overvåke sprangssjiktet gjennom sommermånedene, gjennom målinger av phycocyanin. Om man foretar en bred undersøkelse av 6-8 dybdemålinger på forsommeren vil man få et bilde både av hvilket dyp *Planktothrix*-laget befinner seg på, og hvilke konsentrasjoner som kan forventes det angjeldende året.

Grenseverdien for drikkevann med mikrocytin i rentvann er satt til 1 µg/L, forutsatt kronisk eksponering og relatert til en kroppsmasse på 60 kg. Ved episodisk eksponering, som ved bading, er grenseverdien satt til 10 µg/L, dvs langt over de verdiene NIVA har observert i Lyseren.

3.2.3 Blågrønnalger og helserisiko

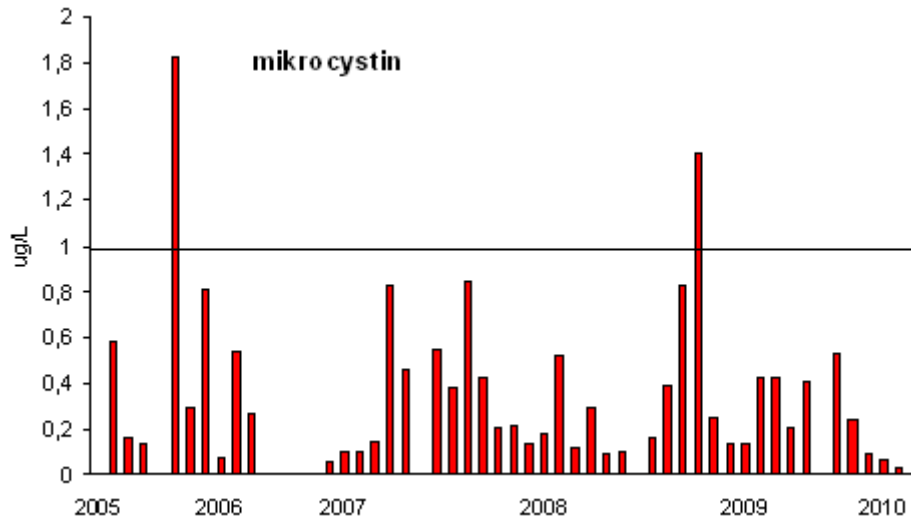
Mikrocytin er den algegiften som vanligvis volder størst besvær for drikkevannskilder. Mikrocytin dannes av en del blågrønnalger, bl.a. *Microcystis*, *Planktothrix* og *Anabaena*, og registreres ved om lag halvparten av alle oppblomstringer av blågrønnalger. Giften er levertoksisk, og vanlige symptomer er synsforstyrrelser, kvalme, diaré og leverskader. I større konsentrasjoner er giften dødelig, både for mennesker og pattedyr. Enkelte blågrønnalger kan også produsere ukjente giftstoffer med protrauert giftvirkning (fordrøyet effekt i museforsøk). WHO's anbefalte grenseverdi for mikrocytin i drikkevann er 1 µg/L, mens bading frarådes ved konsentrasjoner >10 µg/L. NIVAs nye egnethetskriterier for drikkevann foreslår å benytte de samme grenseverdiene.

Figur 10 viser innholdet av mikrocytin i råvannet fra de tre vannverkene som henter vann fra Lyseren – Spydeberg Vannverk (med inntak i Rudsvika), Hobøl vannverk (med inntak i Lystadvika) og Hov Vannverk. Det ble bare målt små mengder av mikrocytin i 2010, og etter rensing ble det ikke funnet målbare mengder av algegift i noen av de innleverte prøvene.



Figur 10. Innholdet av mikrocytin (µg/L) fra råvannsinntakene for de tre vannverkene som henter vann fra Lyseren: Spydeberg (i Rudsvika), Hobøl (i Lystadvika) og Hov Vannverk. Det ble bare registrert små mengder algegift i råvannet og ingen ting i rentvannet etter vannbehandlingen.

Figur 11 viser innholdet av mikrocyстин i overflatevannet (0-4 m) i Lyseren gjennom de siste seks år. Det er ingen betydelige forskjeller fra år til år, men det er en tendens til at maksverdiene kommer på forsommeren. Bare to ganger er det observert verdier høyere enn den foreslåtte grensen for råvann brukt til drikkevann.



Figur 11. Innhold av mikrocyстин ($\mu\text{g/L}$) i prøver fra overflatevannet (0-4 m) i Lyseren for perioden 2005 til 2010. Linjen markerer anbefalt grenseverdi for mikrocyстин i råvann brukt til drikkevann (se for øvrig **Tabell 1**).

4. Litteratur

- Bjørndalen, K., T. Hauger, P. Vallner & L. Wiik. 1985. Lyseren 1983-1985. En vannfaglig vurdering. Rapport nr 6/85. Fylkesmannen i Østfold – Miljøvernavdelingen.
- Drikkevannsforskriften 2002. FOR 2001-12-04 nr 1372: Forskrift om vannforsyning og drikkevann (Drikkevannsforskriften).
- EUs drikkevannsdirektiv: Council directive 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption. Brussels, 3 November 1998.
- SFT 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann., SFT-veiledning 97:04., 31 sider.
- Sosial- og Helsedepartementet 1995: Forskrift om vannforsyning og drikkevann m.m., Sosial og Helsedep., Forskrift no 68, I-9/95.
- Holtan, H. 1964. Undersøkelse av Lyseren ved inntaksstedet for Spydeberg Vannforsyning. NIVA-rapport 23/62.
- Skuldberg, O. 1972. Blågrønnalger i norske vannforekomster, mulige konsekvenser av sunnhetsmessig betydning for mennesker og dyr. Tidsskr. Norske Lægeforn. 92:851-854.
- Skulberg, O. 1977. Biologisk bedømmelse av vannkvaliteten i Lyseren. NIVA-rapport 25/75.
- Skulberg, O. 1978. Orienterende observasjoner av hydrografiske forhold i Lyseren 1978. NIVA-rapport 23/78.
- Solheim, A.L., D. Berge, T. Tjomsland, F. Kroglund, I. Tryland, A.K. Schartau, T. Hesthagen, H. Borch, E. Skarbøvik, H.O. Eggestad og A. Engebretsen. 2008. Forslag til miljømål og klassegrenser for fysisk-kjemiske parametere i innsjøer og elver, inkludert leirvassdrag og egnethet for brukerinteresser. Supplement til Veileder i økologisk klassifisering. NIVA-rapport 5708-2008.

5. Vedlegg.

Vannkjemiske data for overvåking 2010.

	STS	SGR	Tot-P/L	PO4-P	Tot-N/L	NO3-N	SiO2	Klf a
prøvetatt	mg/l	mg/l	µg l	µg l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
07.06.2010	1,4	<0,8	12	<1	430	65	914	7,3
29.06.2010	1,5	<0,6	12	3	290	17	377	5,8
20.07.2010	2,3	<0,8	11	2	290	1	171	6,8
10.08.2010	1,4	<0,8	13	2	305	4	329	6,5
31.08.2010	1,8	<0,8	4	1	460	6	201	8,7
21.09.2010	1,6	<0,6	12	1	300	10	249	7

Artsliste alger i Lyseren 2010

	7.6.2010	29.6.2010	20.7.2010	10.8.2010	31.8.2010	21.9.2010
Cyanophyceae (Blågrønnalger)						
Anabaena lemmermannii	.	4,4	.	22,6	.	.
Anabaena planctonica	.	28,1	2,0	7,4	6,7	6,7
Anabaena sp.	10,1	8,8	13,3	3,3	13,6	13,1
Anabaena spiroides	.	.	.	.	3,6	1,5
Aphanocapsa elachista	.	.	3,7	.	.	0,3
Chroococcus minutus	.	.	3,8	1,9	1,6	22,9
Planktothrix cf. agardhii	16,0	31,2	20,8	32,8	24,3	35,3
Planktothrix cf. prolifica	7,9	.	.	.	.	.
Planktothrix mougeotii	.	2,3	.	3,1	.	.
Snowella lacustris	.	0,5	4,0	6,0	7,7	0,5
Ubestemte akineter	.	5,8	.	.	.	.
Woronichinia compacta	.	.	5,3	0,6	2,4	.
Woronichinia naegelianae	19,2	94,4	28,8	33,6	65,6	9,6
Sum - Blågrønnalger	53,2	175,5	81,7	111,2	125,5	89,7
Chlorophyceae (Grønnalger)						
Ankistrodesmus fusiforme	.	0,3	.	0,1	.	.
Botryococcus braunii	2,1	4,2	3,5	11,2	9,1	9,8
Chlamydomonas sp. (l=10)	.	.	.	.	0,3	2,8
Chlamydomonas sp. (l=12)	.	1,6	.	.	.	.
Chlamydomonas sp. (l=8)	.	.	0,7	.	.	.
Coelastrum sphaericum	.	.	.	0,5	.	.
Cosmarium contractum	.	.	.	1,7	.	.
Cosmarium depressum	.	.	5,4	.	.	.
Cosmarium sp. (l=8 b=8)	.	0,5	.	0,8	.	.
Cosmarium sp. (b=18-20)	.	.	.	0,6	.	0,1
Crucigenia quadrata	.	.	.	0,4	0,7	.
Crucigeniella rectangularis	.	.	.	1,4	.	.
Dictyosphaerium pulchellum	.	.	.	1,4	.	.

Elakatothrix biplex	.	.	1,0	.	.	.
Elakatothrix gelatinosa (genevensis)	.	0,4	.	1,0	0,3	0,5
Gloeotila sp.	4,0	35,0	85,5	6,4	38,2	15,9
Monoraphidium dybowskii	.	0,7	.	1,3	0,3	0,7
Mougeotia sp.	.	.	.	0,8	.	.
Nephrocytium lunatum	.	.	2,1	2,1	2,2	.
Oocystis marssonii	.	2,1	2,3	.	.	.
Oocystis parva	0,3	4,9	1,1	1,1	1,5	0,8
Paulschulzia pseudovolvox	.	.	.	1,9	3,8	0,6
Pediastrum privum	.	0,7	.	.	2,2	1,3
Planctosphaeria gelatinosa	.	.	.	.	.	0,6
Quadrigula closterioides	.	.	4,2	.	2,1	0,3
Scenedesmus ecornis	.	0,1	.	.	1,6	1,6
Spondylosium planum	.	3,1	.	.	.	.
Staurastrum gracile	.	.	.	.	3,2	.
Staurastrum longipes	.	.	8,0	1,8	.	.
Staurastrum lunatum	1,6	4,8	.	9,6	12,8	16,0
Staurastrum paradoxum	.	.	2,1	1,4	2,1	4,9
Staurastrum smithii	.	.	.	5,3	.	.
Staurodesmus cuspidatus v.curvatus	.	.	16,0	18,6	.	1,2
Staurodesmus mamillatus v.maximus	.	.	8,0	.	.	.
Teilingia granulata	.	.	3,4	.	.	.
Ubest. kuleformet gr.alge (d=5)	0,9	0,7	1,7	3,3	2,8	.
Ubest. kuleformet gr.alge (d=9)	.	.	.	.	2,0	.
Ubest.ellipsoidisk gr.alge	.	.	0,6	1,1	0,6	.
Xanthidium antilopaeum	.	.	.	.	.	3,0
Sum - Grønnalger	8,8	59,1	145,4	73,5	85,6	60,1
Chrysophyceae (Gullalger)						
Bitrichia chodatii	.	.	.	0,3	.	.
Chromulina sp. (Chr.pseudonebulosa ?)	.	0,1	.	0,2	0,2	.
Chrysolykos planktonicus	0,1	.	.	.	.	.
Craspedomonader	.	1,3	.	2,7	0,3	.
Cyster av chrysophyceer	1,1	.	0,4	1,2	1,3	0,7
Dinobryon bavaricum	2,4	.	.	1,1	15,4	1,2
Dinobryon bavaricum v.vanhoeffenii	.	.	2,0	.	.	.
Dinobryon borgei	.	.	0,1	.	.	.
Dinobryon crenulatum	8,3	0,4	0,4	0,4	.	.
Dinobryon divergens	2,1	1,1	7,0	0,1	1,2	5,3
Dinobryon sociale	.	.	.	0,9	.	.
Kephyrion sp.	0,2	0,1	.	.	.	.
Løse celler Dinobryon spp.	.	.	1,4	.	0,5	.
Mallomonas akrokomos (v.parvula)	8,6	4,6	.	.	3,3	0,7
Mallomonas caudata	51,0	13,0	19,5	21,6	49,8	15,6
Mallomonas punctifera (M.reginae)	2,5	.	.	.	.	.
Mallomonas spp.	6,8	2,3	6,8	22,5	2,3	2,3
Ochromonas sp. (d=3.5-4)	1,1	0,8	0,4	1,3	1,2	1,8
Pseudokephyrion sp.	0,5	.	.	.	.	.
Små chrysomonader (<7)	11,4	8,8	17,1	10,3	10,3	5,9
Spiniferomonas bourellyi	.	0,0	.	.	.	.

Spiniferomonas sp.	.	0,8	.	0,4	.	.
Stichogloea doederleinii	.	3,4	1,8	1,2	0,8	.
Store chrysomonader (>7)	18,1	6,0	8,3	4,3	5,2	5,2
Ubest.chrysomonade (Ochromonas sp.?)	.	.	.	0,3	.	.
Ubest.chrysofytce	0,1	.	.	.	0,1	0,1
Sum - Gullalger	114,4	42,7	65,2	68,9	91,9	38,6
Bacillariophyceae (Kiselalger)						
anabaena circinalis	.	.	6,7	4,0	65,7	3,4
Asterionella formosa	68,2	0,7	0,3	1,1	2,9	1,2
Aulacoseira italica v.tenuissima	.	0,6	10,6	0,3	0,5	.
Cyclotella comta v.oligactis	4,6	135,2	33,6	9,5	1,7	2,1
Cyclotella radiosa	.	1,0	.	.	.	.
Cyclotella sp. (d=8-12 h=5-7)	5,2	.	.	6,4	5,8	.
Fragilaria crotonensis	.	.	2,8	6,4	.	20,4
Fragilaria sp. (l=30-40)	1,1	.	.	.	.	.
Fragilaria sp. (l=40-70)	2,1	1,1	.	.	.	.
Fragilaria ulna (morfortyp"acus")	2,0	0,4	.	.	.	.
Rhizosolenia eriensis	.	.	.	0,5	.	.
Rhizosolenia longiseta	1,1	0,9	.	.	1,4	4,2
Tabellaria fenestrata	146,4	630,5	334,7	87,4	202,9	151,2
Tabellaria flocculosa	0,8	.	.	0,6	.	.
Sum - Kiselalger	231,5	770,3	388,7	116,2	280,8	182,4
Cryptophyceae (Svelgflagellater)						
Chroomonas sp.	.	3,2	.	.	.	.
Cryptomonas cf.erosa	36,7	10,6	44,5	10,8	7,4	.
Cryptomonas erosa v.reflexa (Cr.refl.?)	5,7	.	1,6	3,5	2,2	4,8
Cryptomonas marssonii	4,2	.	.	.	.	.
Cryptomonas sp. (l=15-18)	.	1,3	.	1,3	6,6	5,3
Cryptomonas spp. (l=24-30)	2,8	0,6	0,6	4,4	1,1	7,2
Katablepharis ovalis	1,4	1,0	1,1	0,2	.	1,4
Rhodomonas lacustris (+v.nannoplantctica)	17,9	10,2	24,6	5,0	7,6	6,3
Ubest.cryptomonade (Chroomonas sp.?)	2,3	1,2	3,4	3,2	4,8	4,0
Ubest.cryptomonade (l=6-8) Chro.acuta ?	1,0	1,4	.	0,2	0,7	.
Sum - Svelgflagellater	71,9	29,4	75,8	28,7	30,5	29,0
Dinophyceae (Fureflagellater)						
Ceratium hirundinella	7,5	8,0	24,0	.	.	.
Gymnodinium cf.lacustre	2,1	.	.	2,1	1,0	.
Gymnodinium fuscum	.	.	.	.	3,0	3,0
Gymnodinium helveticum	16,8	12,0	.	7,2	.	.
Gymnodinium sp.	.	.	.	.	4,4	.
Peridinium sp. (l=15-17)	0,7	1,0	13,1	2,0	.	0,3
Peridinium umbonatum (P.inconspicuum)	.	.	.	1,5	.	1,1
Sum - Fureflagellater	27,1	21,0	37,1	12,8	8,4	4,4
Euglenophyceae (Øyealger)						
Trachelomonas volvocinopsis	.	.	.	.	.	1,0
Sum - Øyealger	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0

Haptophyceae						
Chrysochromulina parva	1,4	3,0	0,4	0,3	0,9	0,6
Sum - Haptophyceae	1,4	3,0	0,4	0,3	0,9	0,6
My-alger						
My-alger	24,2	14,8	20,5	9,2	22,3	8,9
Sum - My-alge	24,2	14,8	20,5	9,2	22,3	8,9
Sum total :	532,5	1115,8	814,8	420,7	645,8	414,7

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no