



RAPPORT LNR 5523-2007

Overvåking av Lyseren 2007



Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

Televeien 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

Postboks 2026
5817 Bergen
Telefon (47) 2218 51 00
Telefax (47) 55 23 24 95

NIVA Midt-Norge

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


Tittel Overvåking av Lyseren 2007	Løpenr. (for bestilling) 5523-2007	Dato 20.12.07
	Prosjektnr. Undernr. 27210	Sider Pris 20
Forfatter(e) Thomas Rohrlack, Markus Lindholm	Fagområde Limnologi	Distribusjon fri
	Geografisk område Østfold	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Spydeberg kommune, Hobøl vannverk BA og Lyseren/Hov vannverk	Oppdragsreferanse Ole Håkon Heier
--	--------------------------------------

Sammendrag

Det er gjennomført en overvåking av vannkvalitative parametere i Lyseren, Spydeberg og Enebakk kommuner gjennom sommeren 2007. Rapporten gir en oversikt over viktige funn og trender, med fokus på trofegrad, algesammensetning og blågrønnalger. Data fra tidligere år er satt opp mot årets funn, og viser at de fleste variabler er stabile over de siste 24 år. Det påvises imidlertid en moderat økning av totalt fosfor i vannet. Nye arter av giftproduserende blågrønnalger (*Planktotrix*) kan sees i sammenheng med dette.

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



Thomas Rohrlack
Prosjektleder



Jarle Nygard
Fag- og markedsdirektør

Overvåking av Lyseren 2007

Forord

Rapporten redegjør for resultatene av overvåking av Lyseren i 2007, men med bakgrunnsdata også fra tidligere år. Oppdragsgiver har vært Spydeberg kommune, Hobøl vannverk BA og Lyseren/Hov vannverk. Undersøkelsen er gjennomført i henhold til avtale av april 2007.

Datamaterialet som ligger til grunn for rapporten er samlet inn gjennom et felles overvåkingsprogram mellom NIVA og oppdragsgiverne. I drøftelsene er det videre brukt data innhentet fra Fylkesmannen i Østfold (Østfoldprosjektet) og fra tidligere studier av Lyseren, som oppgitt i teksten.

Thomas Rohrlack har vært prosjektleder for undersøkelsen og Markus Lindholm har stått for bearbeiding av data og sammenstilling til rapport. Oppdragsgiver og medarbeidere takkes for godt samarbeid.

Oslo 30.11.2007

Thomas Rohrlack
Prosjektleder

Innhold

1 Sammendrag	5
2 Innledning	7
3 Resultater og diskusjon	8
3.1 Fysiske rammer	8
3.1.1 Oksygen, temperatur, pH	8
3.1.2 Siktedyp	9
3.1.3 Suspendert tørrstoff	10
3.1.4 Silikat	11
3.1.5 Næringssalter	12
3.2 Algesamfunnet	14
3.2.1 Algemengde og sammensetning	14
3.2.2 Blågrønnalger	17
3.2.3 Blågrønnalger og helserisiko	18
4 Konklusjoner	19
5 Referanser	20

Sammendrag

Norsk Institutt for Vannforskning har i samarbeid med Spydeberg kommune, Hobøl vannverk BA og Lyseren/Hov vannverk gjennomført en overvåking av vannkvaliteten av Lyseren i 2007, med særlig fokus på algetoksiner og blågrønnalger. Resultatene er sammenholdt med tidligere data.

Lyseren er en forholdsvis grunn klarvannssjø, og er moderat påvirket av næringssalter fra avrenning. Dette gir svakt mesotrofe forhold. Enkelte tegn antyder at det foregår en gradvis eutrofiering. Langtidsserier for totalt fosfor, som viser en 35 % økning gjennom de siste 24 år, synes å indikere dette. Andre variabler er imidlertid lite påvirket av denne endringen. Algesammensetningen er i hovedtrekk den samme som for nær 50 år siden, også mht blågrønnalger, men den potensielt giftproduserende *Planktotrix* er kommet til. Det ble påvist målbare verdier av algetoksiner (microcystin), men bare punktuelt over minimumsgrensen for drikkevann anbefalt av WHO.

I kraft av drikkevannskilde for Spydeberg og Hobøl er det trolig viktig å opprettholde overvåkingen av Lyseren, både med hensyn til en mulig økning i fosforinnhold, og med tanke på utbrudd av blågrønnalger med tilhørende forekomst av toksiner.

Summary

Lake Lyseren is a relatively shallow, mesotrophic clearwater lake, moderate influenced from mineral nutrients from the catchment area. Some signs suggest a gradual ongoing eutrophication. Long-term records showing a 35 % increase in total phosphorus seems 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 *Planctotrix* is a new occurring species. We recorded detectable concentrations of microcystin, but only punctual above the minimum limit recommended by WHO.

It is important to continue the water monitoring of Lake Lyseren, due to its function as drinking water reservoir for Spydeberg and Hobøl, especially with regard to the possible increase in phosphorus content and the potential for future toxic algal blooms.

Title: Monitoring Lake Lyseren 2007

Year: 2007

Author: Thomas Rohrlack, Markus Lindholm

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-5258-3

2. Innledning

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. 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 bidrar til en variert vannvegetasjon (takrør, hornblad, tusenblad). Deler av strandsonen er tett bevokst og artsrik, og bidrar til en høy diversitet av fugler. Det finnes seks ulike fiskearter i sjøen, særlig er gjedde og abbor vanlig. Sjøen har dessuten en god bestand av edelkrepser.

Det moderate dypet påvirker også forholdene 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.

Det er om lag 750 hytter og 85 boliger i Lyserens nedslagsfelt, men det finnes ingen oversikt over hvordan avløpsvann og kloakk håndteres. Det pågår for tiden et utredningsarbeid i regi av kommunene Spydeberg og Enebakk med tanke på oppgradering av eksisterende avløpsløsninger for både fastboende og fritidsboliger. Det skal gjennomføres en helhetlig vurdering for nedbørsfeltet der mulige løsninger blir tatt opp til vurdering i prosessen.

Lyseren er drikkevannskilde for kommunene Spydeberg og Hobøl, og forsyner nær 8000 mennesker med drikkevann, gjennom Hobøl vannverk BA, med inntak i Lystadvika i nordøstre del av sjøen, og Spydeberg Vannverk, med inntak i Rudsvika.

De eldste rapportene fra Norsk Institutt for Vannforskning om vannkvalitet i Lyseren er nær 50 år gamle, og særlig på 1970-tallet ble flere undersøkelser gjennomført, med sikte på å bedre overvåkingen av drikkevannskilden (Holtan 1964; Skulberg 1977).

I forbindelse med overvåking av vannforekomstene i Østfold 2006 i regi av Fylkesmannen i fylket, ble det 4.juli og 8.august i samråd med Spydeberg Vannverk foretatt to vertikalmålinger i Lyseren med algesonde (fluoroprobe). Bakgrunnen for dette var at algegiften microcystin var påvist ved prøvetaking tidligere på sommeren. Den første fluoroprobe-målingen avdekket en økning av blågrønnalger ned mot 8 meters dyp. Med den økte konsentrasjonen tiltok også innholdet av algetoksinet microcystin, fra 0,3 µg l⁻¹ i overflatevannet til 0,8 µg l⁻¹ på 8 meters dyp (tabell 1, se også fig 3.9).

Tabell 1. Konsentrasjon av klorofyll-a og microcystin i Lyseren den 4. juli 2006

dyp (m)	klorofyll a (µg l ⁻¹)	microcystin (µg l ⁻¹)
0-4 m	6,6	0,3
8 m	7,7	0,8

8. august ble det foretatt en ny vertikalmåling, både i bassenget ved inntaket til Hobøl vannverk (Lystadvika) og i bassenget ved inntaket til Spydeberg vannverk (Rudsvika). Det ble nå benyttet ekkolodd slik at algesonden kunne senkes ned til maksimalt dyp i begge bassengene. Det ble denne gangen ikke påvist noen økning av alger mot dypere vannlag. Algemengden i overflatevannet (målt som klorofyll-a) viste nå $7,6 \mu\text{g l}^{-1}$ i Lystadvika og $7,5 \mu\text{g l}^{-1}$ i Rudsvika.

Funnene indikerte imidlertid at blågrønnalgene i perioder kan ligge på de dyp der Spydeberg og Hobøl vannverk henter sitt råvann i Lyseren. Det ble også tidligere på sommeren (6.juni 2006) påvist relativt høye microcystinverdier i overflatevannet ($1,8 \mu\text{g l}^{-1}$), og konsentrasjonen ved de aktuelle inntaksdyp kan således ha vært høyere.

På bakgrunn av ovennevnte funn ble det besluttet å igangsette et overvåkingsprogram for Lyseren gjennom sommersesongen 2007, med fokus på sesongdynamikken hos algetoksiner. Data for Lyseren i forbindelse med Østfoldprosjektet er slik flettet inn som vurderingsgrunnlag, slik at data fra tre år – 2005, 2006 og 2007 – er flettet sammen.

Datagrunnlaget har vesentlig vært innhentet i perioden april-oktober hvert år. Vurderingene er hovedsakelig basert på følgende parametere:

- 1) Generell vannkjemi: temperatur, siktedyp, suspendert tørrstoff (STS), suspendert gløderest (mg l^{-1}),
- 2) Eutrofiering: algemengde som arter og mengde, som klorofyll-a, totalt fosfor (tot P, $\mu\text{g l}^{-1}$), løst fosfat ($\mu\text{g l}^{-1}$), totalt nitrogen (tot N, $\mu\text{g l}^{-1}$), nitrat ($\mu\text{g l}^{-1}$)
- 3) Blågrønnalger: arter og mengde, phycocyanin, 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

Både de fysiske-kjemiske faktorene og livet i en innsjø bestemmes i stor grad av variasjon i temperatur, pH, turbiditet, lysmengde og oksygeninnhold. Vi skal her kort gå igjennom hver av disse parametrene, som setter rammen for hvordan livet i sjøen tar seg ut.

3.1.1 Oksygen, temperatur og pH

Fig. 1 viser vertikal fordeling av pH, oksygen (mg l^{-1}) og temperatur ($^{\circ}\text{C}$) for to utvalgte datoer. Verdiene er fra Rudsvika, men det var kun marginale ulikheter mellom de to stasjonene for de angitte parametrene. Oksygenkurven viser at vannmassene er godt oksygenanrikt begge dager. pH er som forventet i denne typen sjøer, og viste ingen betydelig endringer som følge av dyp. Temperaturen i dypvannet er noe lavere enn på overflaten i juni, som følge av oppvarmingen om våren. Denne forskjellen er utlignet i september, da temperaturen var homogen gjennom hele vannsøyla.

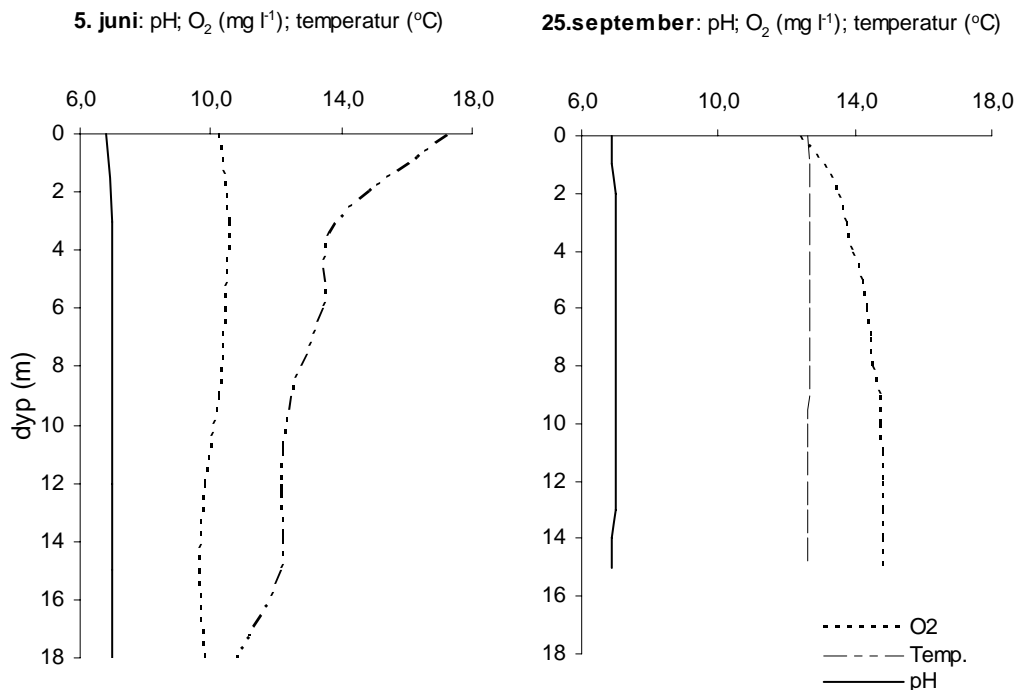


Fig. 1. Vertikal fordeling for pH, oksygeninnhold (mg l^{-1}) og temperatur ($^{\circ}\text{C}$) for Rudsvika, 5.juni og 25.september. Det var bare marginale forskjeller mellom de to stasjonene for de angitte parametere.

3.1.2 Siktedyp

Siktedypet måles ved at man senker en hvit skive (Secciskive) ned i vannet til den forsvinner. Så trekkes den opp til den kommer til syne igjen. Dette nivået er siktedypet. Metoden gir på en enkel måte informasjon om mengden partikler i vannet. Partiklene kan være dels algeplankton, og dels leire. I mange sjøer reflekterer siktedypet i noen grad trofigraden.

Fig. 2 viser målinger for siktedypet for Lyseren gjennom de tre siste år. Siktedypet varierte mellom 2,5 og 4 m, og det er ingen tydelige trender over tid, verken innen de ulike sesongene eller mellom de ulike årene. Siktedypet er som det kan forventes ut fra innholdet av klorofyll (se nedenfor) i en svakt mesotrof innsjø, og indikerer at en betydelig del av det partikulære materialet er organisk, i form av algeplankton. Mønsteret de siste tre år faller godt sammen med funn fra 25 år tilbake. Bjørndalen et al. (1985) rapporterte da om siktedyp på mellom 2,9 og 3,7 meter. Flere målinger fra 1990-tallet og etter år 2000 viser heller ingen endringer. Siktedypet har dermed etter alt å dømme holdt seg uforandret gjennom de siste 25 år.

Vanligvis regner vi med at algene kan opprettholde fotosyntesen ned til et dyp som tilsvarer 1,5 x siktedypet. Dette tilsier at det meste av fotosyntesen i vannet foregår i de øverste 5 meterne. Enkelte blågrønnalger er imidlertid i stand til å opprettholde fotosyntesen også ved svakere lys enn dette.

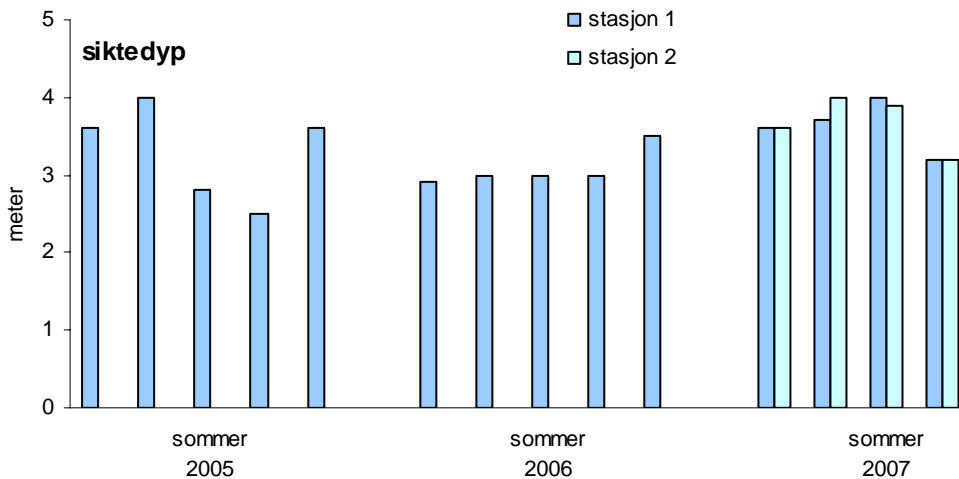


Fig. 2. Siktedyp i Lyseren for 2005-2007.

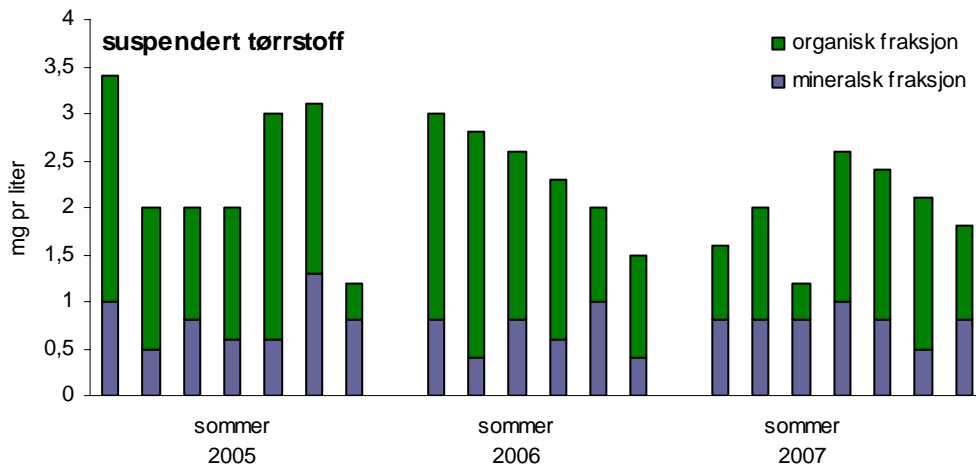
3.1.3 Suspendert tørrstoff

Partikkelmengden i innsjøer kan mer presist måles ved å filtrere et vannvolum. Vekten av filtratet defineres som totalt suspendert tørrstoff. Ved oppvarming til 550 °C fjernes den organiske fraksjonen, og tilbake blir den andelen som er mineralpartikler (særlig leire). Partikkelmengden i vannet bestemmes av tilførsel 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 3 viser partikkelmengden i Lyseren for de tre siste år. Det er bare mindre endringer å spore mellom de enkelte år, og mønsteret korrelerer slik godt med det siktedypet indikerte. Det totale innhold av partikler var noe lavere i 2007 enn de to forutgående år. Dette skyldes imidlertid fortrinnsvis et noe lavere innhold av organisk stoff. Innholdet av mineralsk stoff, dvs leirpartikler, viste ingen signifikante endringer. Innholdet er forholdsvis konstant, og er sikkert knyttet til Lyserens lokalisering under den marine grense. I slike områder ble det avsatt betydelige mengder leire ved slutten av siste istid. Denne leira kan komme inn i vannet ad to veier: som avrenning fra landbruk eller som resuspensjon fra bunnen. Trolig er begge faktorer av betydning i vårt tilfelle. Deler av Lyseren er forholdsvis grunn, og i perioder med vind vil bølgeslag kunne påvirke bunnsedimentene og bidra til oppvirvling. I tillegg består deler av nedbørsfeltet av dyrket mark, og i nedbørsperioder vil avrenning herfra også gi økt innhold av mineralpartikler i vannet.

Resultatene antyder et noe lavere innhold av organiske partikler i 2007, til tross for en nedbørrik sommer, med kraftig avrenning fra nedbørsfeltet. Dersom de målte mengdene organisk stoff stammet fra utvasking fra skog og vegetasjon i nedbørsfeltet (allochtont detritus), burde vi forvente en økning av innholdet relativt til årene før. Siden mengden organisk svevstoff i 2007 altså var noe redusert, utgjør trolig algeplankton hovedandelen. Det noe lavere innhold av alger siste år stemmer godt med den kjølige sommeren og de store nedbørsmengdene, som ga dårligere vekstvilkår enn årene forut.

De målte verdiene viser en svak økning fra målinger på 80- og 1990-tallet, da innholdet suspendert tørrstoff lå på i underkant av 2 mg l⁻¹. Etter år 2000 har STS vært målt årlig, og har holdt seg mellom 2 og 3 mg l⁻¹.



Figur 3. Innholdet av suspendert tørrstoff i vannet (mg l^{-1}) for de tre siste år. Fraksjoner av organisk og mineralsk stoff er markert.

3.1.4 Silikat

Silikat er et næringsstoff som en viktig algegruppe – kiselalgene er avhengige av. Disse algene danner sjeldent giftstoffer, og har ofte en stabiliserende effekt, ved at de hindrer oppkomsten av problemalger. Som hovedregel kan vi si at kiselalgene trenger minst $0,1 \text{ mg}^{-1}$ i vannet. Blir det mindre øker dermed sjansene for oppblomstring av giftalger.

Silikat tilføres vannet fra berggrunnen, og ikke i noen utstrekning fra menneskelig påvirkning.

Figur 4 viser innholdet av silikat ved ulike dager gjennom sommeren 2007. Mønsteret som kommer frem er typisk for silikatdynamikken i nordiske innsjøer. Verdiene er fallende fra våren og utover sommeren, ettersom silikat forbrukes av kiselalgene. Etter en periode om sommeren med lite silikat stiger så konsentrasjonen igjen om høsten.

I Lyseren var det dette året hele tiden tilstrekkelig silikat til å opprettholde bestanden av kiselalger (se nedenfor).

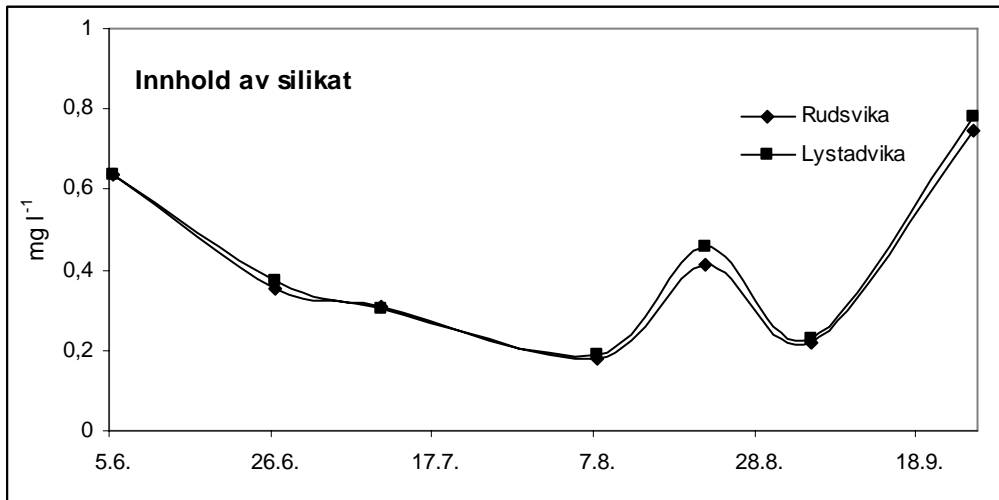


Fig. 4. Innholdet av silikat for 2007.

3.1.5 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 slike i løst form og det som er bundet til partikler. Mye av fosforet er bundet til leirepartikler, og utilgjengelig for alger. Det er derfor også viktig å se på fraksjonen som er oppløst og biotilgjengelig (i form av nitrat og ortofosfat).

SFT angir totalt fosfor som støtteparameter for klassifisering av drikkevannskvalitet. For å være ”godt egnet” må innholdet av totalt fosfor ikke overskride $7 \mu\text{g l}^{-1}$, mens øvre grense for ”mindre egnet” er angitt som $20 \mu\text{g l}^{-1}$.

Innholdet av fosfor i overflatevannet (0-4m) for Lyseren gjennom de tre årene er vist på figur 5. 2005 hadde et forholdsvis stabilt innhold av fosfor gjennom sommeren, med $10 \mu\text{g l}^{-1}$ som snittverdi. Året etter var variasjonene gjennom sommeren noe større, med relativt høye maksverdier, og en svak økning målt som årsgjennomsnitt ($11,3 \mu\text{g l}^{-1}$). 2007 ble det punktuelt målt opptil $20 \mu\text{g l}^{-1}$ totalt fosfor. Igjen var svingingene store, men gjennomsnitt for sommeren viste nok en gang økning, nå til $13,1 \mu\text{g l}^{-1}$, noe som punktuelt tilsier nærmest eutrofe forhold i vannet. De høye fosforverdiene sist sommer kan henge sammen med de store nedbørmengdene, som forårsaket økt utspyling fra lokale kilder i nedbørsfeltet.

Ser vi på innholdet av løst fosfat (ortofosfat) er det imidlertid ingen endringer for de tre årene. Dette indikerer at den svake økningen i totalt fosfor sist år fortrinnsvis var knyttet til leirpartikler, uten særlig relevans for faktisk trofegrad. Hvorfor en slik økning ikke viste seg i dataene for STS er imidlertid uklart.

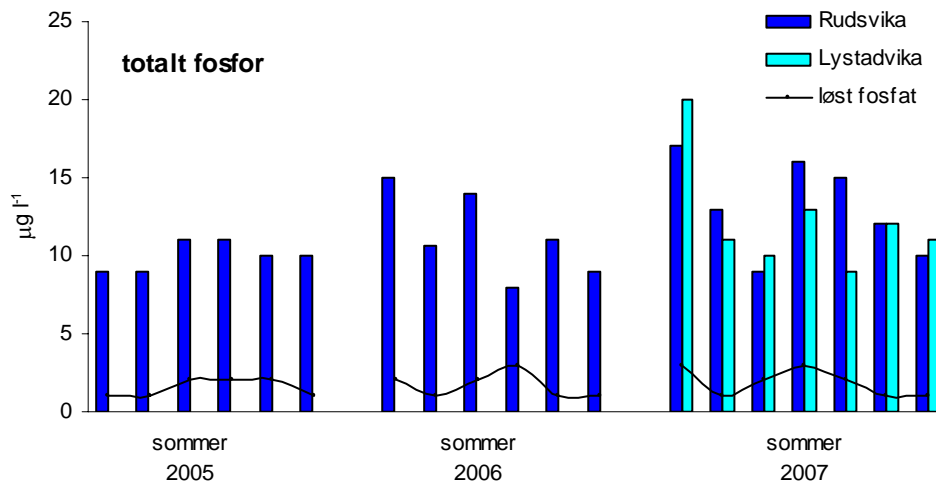


Fig. 5. Konsentrasjon av total fosfor i overflatevannet (0-4 m) for somrene 2005-2007. Andelen løst fosfat (ortofosfat) markert.

Fig. 6 viser endringer i totalt fosfor for de siste 24 år i Lyseren. Dataserien er langt fra komplett, men med dette forbehold ser det ut til at Lyseren gjennom denne perioden har fått et økt innhold av fosfor, fra i overkant av $8 \mu\text{g l}^{-1}$ i 1983 til $13,1 \mu\text{g l}^{-1}$ i 2007, dvs en økning på om lag 35 %.

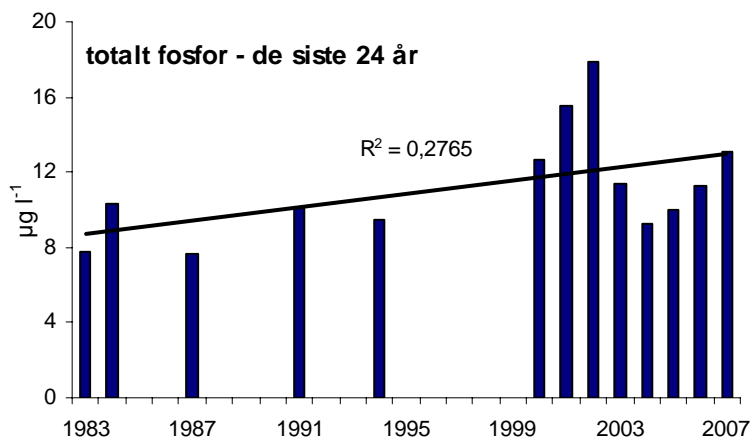


Fig. 6. Endringer i totalt fosfor (l^{-1}) for perioden 1983-2007. Trendlinje angitt.

Innholdet av totalt nitrogen og nitrat gjennom de tre siste år viser et mønster som samsvarer godt med det som ble angitt for fosfor (fig. 7). Forklaringen er trolig den samme. Med hensyn til konsentrasjon av total nitrogen, er innholdet forholdsvis høyt. Etter SFTs normer veksler innsjøen mellom vannkvalitetsklasse III (Mindre god) og IV (dårlig). Data fra 1983 og frem til 2004 er innsamlet med forholdsvis jevne mellomrom, og verdiene har hele tiden holdt seg mellom 350 og $400 \mu\text{g l}^{-1}$. De passer slik godt med mønsteret for de tre siste år, og det er ingen slik klar trend som den beskrevet for fosfor.

Den løste, biotilgjengelige andelen av nitrogen (nitrat) varierte også mye. Svært lave verdier ble målt i 2006, da innholdet av løst nitrat lenge lå på om lag $1 \mu\text{g l}^{-1}$. På den samme tid var innholdet av løst fosfor forholdsvis høyt. Under slike forhold blir nitrat gjerne det stoffet som begrenser algeveksten. Mange blågrønnalger kan under slike forhold få et fortrinn, fordi de er i stand til å fikse nitrat selv direkte fra vannet. Den relative mangelen på nitrat i forhold til løst fosfat kan dermed berede grunnen for økning i konsentrasjonen av uønskede blågrønnalger.

De eldste målingene for nitrat i Lyseren utført av NIVA er fra 1963 og -64 (Holtan 1964). Den gang var det 44-45 $\mu\text{g nitrat pr l}^{-1}$, noe som er i samme størrelsesorden som de siste års verdier.

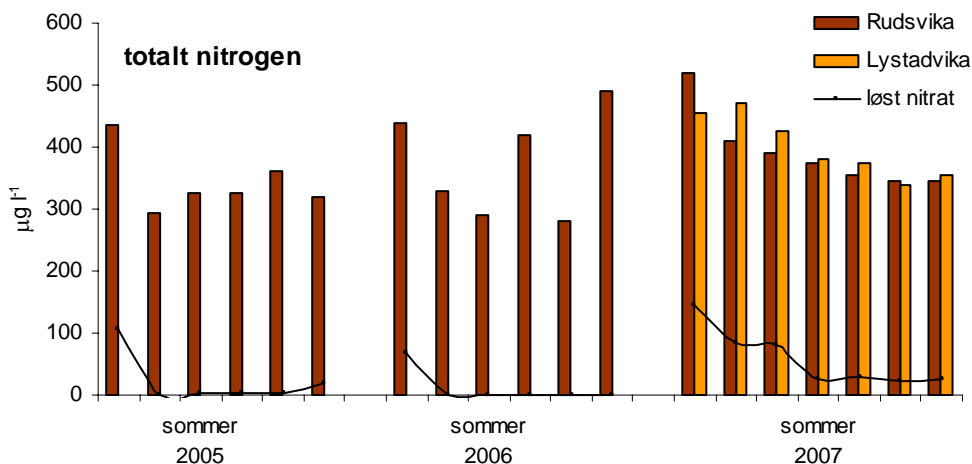


Fig. 7. Total nitrogen i overflatevannet (0-4 m) for somrene 2005-2007. Andelen av løst nitrat er markert.

3.2 Algesamfunnet

3.2.1 Algemengde og sammensetning

Produksjonen av organisk stoff i vannet 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.

Forekomsten av blågrønnalger på ulike dyp kan måles ved å senke en sonde (fluorprobe) gjennom vannsøylen som registrerer innholdet av et pigment, phycocyanin, som er karakteristisk for denne gruppen. Og sist men ikke minst kan innholdet av alggifter, for eksempel microcystin, måles ved kjemisk analyse av vannprøver.

I SFTs klassifikasjonssystem for drikkevann er klorofyllmengde ikke en sentral parameter. Grunnen er at klorofyllinnholdet påvirkes av faktorer som ikke nødvendigvis er direkte knyttet til drikkevannskvalitet. Blant annet påvirkes mengden av hvor mye beitende zooplankton som finnes i vannet, noe som i sin tur influeres av hvor mye og hva slags fisk som forekommer i innsjøen osv. Klorofyllmengden er derfor gitt status som støtteparameter.

Algemengden i vannmassene, her definert som mengden klorofyll-a (l^{-1}) i overflatelagene (0-10m) over sommerhalvåret (mai-september) er vist i fig.8. Klorofyllinnholdet har ikke vist noen tydelige endringer gjennom de tre årene målinger har pågått. I 2007 var innholdet av klorofyll faktisk noe lavere enn de foregående årene, selv om det var betydelige svingninger mellom de ulike tidspunktene. Høyeste verdi, $11 \mu\text{g l}^{-1}$, ble målt forholdsvis sent, 7.august. På bakgrunn av fosformengdene i vannet denne sommeren kunne man imidlertid ha forventet at algeveksten var enda kraftigere. Også dette misforholdet indikerer at en vesentlig andel av fosforet var mineralsk bundet og ikke biotilgjengelig. Den fuktige og kjølig værtypen som preget Østlandet denne sommeren, med svekket lysregime og lavere sommertemperatur enn årene før, dempet sannsynligvis også algeproduksjonen noe. For eksempel var gjennomsnittlig temperatur i overflatevannet i år nær 4°C lavere enn det som ble målt 2006. Hadde sommeren vært varmere ville trolig klorofyllmengdene vært høyere.

Klorofyllmengden er likevel høyere enn det som er ønskelig. Det har tilsynelatende vært en svak økning i klorofyll-a-innholdet siden målingene for 30 år siden, da vi fant $2,8 \mu\text{g}$ pr liter i slutten av juni (Skulberg 1978). I henhold til SFT er grenseverdien for drikkevann i forhold til "godt egnet" satt til $<2 \mu\text{g}$ pr liter, og så lave verdier forekommer ikke i våre data. Klorofyllmengder $>8 \mu\text{g}$ pr liter indikerer på den annen side, i henhold til SFT, at vannet er uegnet som drikkevann. 2006 var gjennomsnittlig verdi over denne grensa, og også 2007 hadde punktuelt klart høyere klorofyllinnhold enn dette.

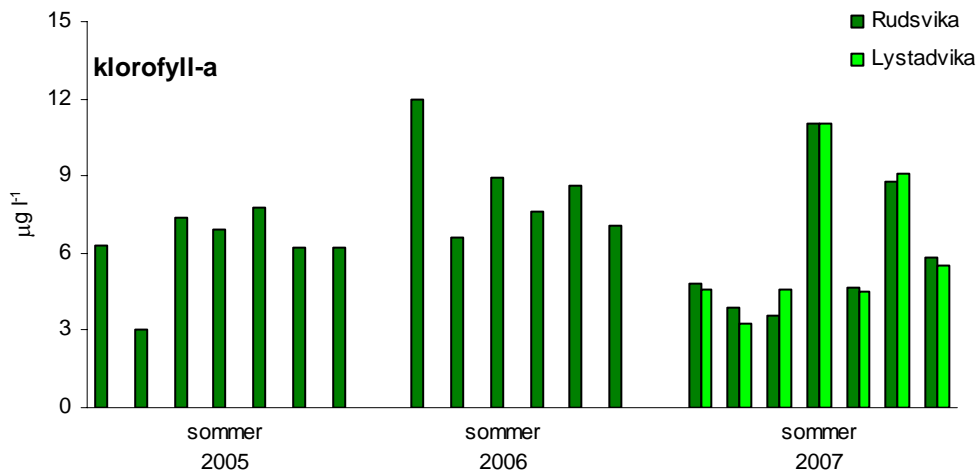


Fig. 8. Algemengde gitt som konsentrasjon av klorofyll-a. Sesongvariasjoner for de siste tre års sommerperioder, målt fra overflatelagene i Lyseren.

For å undersøke sammensetningen av alger i vannet ble prøver analysert til art gjennom sommersesongen 2007, og deres relative bidrag til total algebiomasse ble beregnet (μg våtvekt l^{-1} , fig. 9). Våtvekt vil alltid gi betydelig høyere verdier for alger enn rene klorofyllmålinger. Grunnen er først og fremst at alger består av mye vann, som ikke inngår i målingene av klorofyll-a. Mengden klorofyll-a vil videre reduseres ved innslag av blågrønnalger, som inneholder mindre av dette pigmentet. I tillegg er klorofyllinnholdet lavt i enkelte av gruppene som ble påvist, bl.a. svelgflagellater, som utgjorde en substansiell andel av algefloreaen i Lyseren.

Den totale mengden alger er som forventet i en middel næringsrik innsjø. Det var særlig tre grupper som dominerte algesamfunnet: Blågrønnalger, svelgflagellater og kiselalger. Om høsten kom det i tillegg til en viss oppblomstring av gullalger og grønnalger. Det var noe høyere algebiomasse i

Rudsvika gjennom det meste av sesongen, med maksverdier på om lag $1200 \mu\text{g l}^{-1}$, men bortsett fra dette følger de to målepunktene samme mønster¹. Innholdet av kiselalger og svelgflagellater viste bare moderate endringer gjennom sesongen. Innholdet av silikat holdt seg forholdsvis høyt gjennom hele sesongen, og bidro trolig til å opprettholde en god bestand av kiselalger.

Økningen av gullalger om høsten besto i stor grad av slekten *Dinobryon* sp. Dette er en algegruppe som folk har kunnet stifte bekjentskap med, da den har en tendens til å gi vannet en fiskelignende lukt. Stoffene *Dinobryon* skiller ut 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).

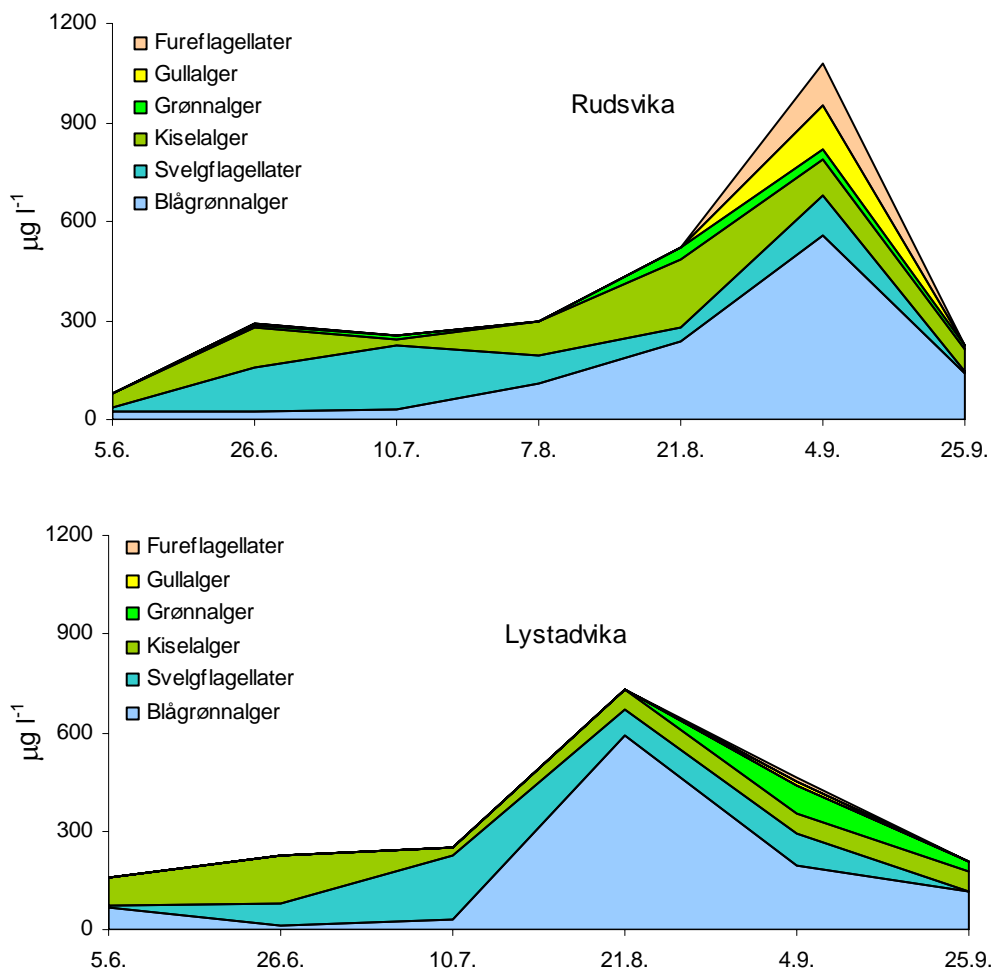


Fig. 9. Innholdet av ulike algegrupper ($\mu\text{g l}^{-1}$) i overflatevannet for Rudsvika (øverst) og Lystadvika (nederst) for 2007. Rudsvika hadde et noe høyere innhold av alger enn Lystadvika, men trendene er ellers svært like (prøven fra Lystadvika 7.august er utelatt. Dette er grunnen til en noe annen diagramform).

¹ Algeprøven fra Lystadvika for 7.august er utelatt grunnet feil ved prøvetaking. Dette gir diagrammet en noe annen form. Forskjellen er likevel bare tilsynelatende.

3.2.2 Blågrønnalger

Andelen blågrønnalger (Cyanobakterier) viste en markant økning på ettersommeren, både i Lystadvika og i Rudsvika. Tre slekter dominerte: *Anabaena*, *Woronichinia* og *Planktotrix*. Det er visse økologiske forskjeller mellom dem. *Planktotrix* kan opprettholde fotosyntesen også ved svakt lys, og har en tendens til å samle seg i sprangsjiktet gjennom sommeren dersom vannet er forholdsvis klart, slik det er i Lyseren. *Anabaena* og *Woronichinia* har vanligvis en noe sterkere vekstperiode om høsten, og den markerte økningen av blågrønnalger i august skyldtes fortrinnsvis de to siste slektene.

Hvis vi sammenligner forekomsten av ulike alger med et tidligere år, ser vi at sammensetning av arter og mengde er forholdsvis lik (Fig. 10). Den noe varmere sommeren 2004 er trolig årsaken til de noe høyere algemengdene. De dominerende artene overlappet bare delvis med årets funn, og særlig bidro *Oscillatoria* til algemengden det året. Det var dette året ingen tegn til økning i forekomsten av blågrønnalger om høsten. 2004 hadde også en sommeroppblomstring av fureflagellater, med dominans av *Peridinium* og *Gymnodinium*. For øvrig var imidlertid algemengdene ikke ulik det som ble målt siste år.

En sammenligning med verdier målt på 1960 og 1970-tallet viser at mønsteret i all hovedsak er det samme. Skulberg (1975) rapporterte om samme algesamfunn som årets funn avdekket, både mht blågrønnalger, kiselalger og gullalger. I den første rapporten om Lyseren fra NIVA (Holtan 1964) er det også flere av de samme algene som dominerer. Av blågrønnalger ble *Anabaena* og *Oscillatoria* påvist, mens *Asterionella formosa* og *Tabellaria teilingi* dominerte kiselalgene. Den potensielt giftdannende blågrønnalgen *Planktotrix* er imidlertid ikke observert tidligere, og kan tolkes som indikasjon på en noe forsterket dominans av blågrønnalger.

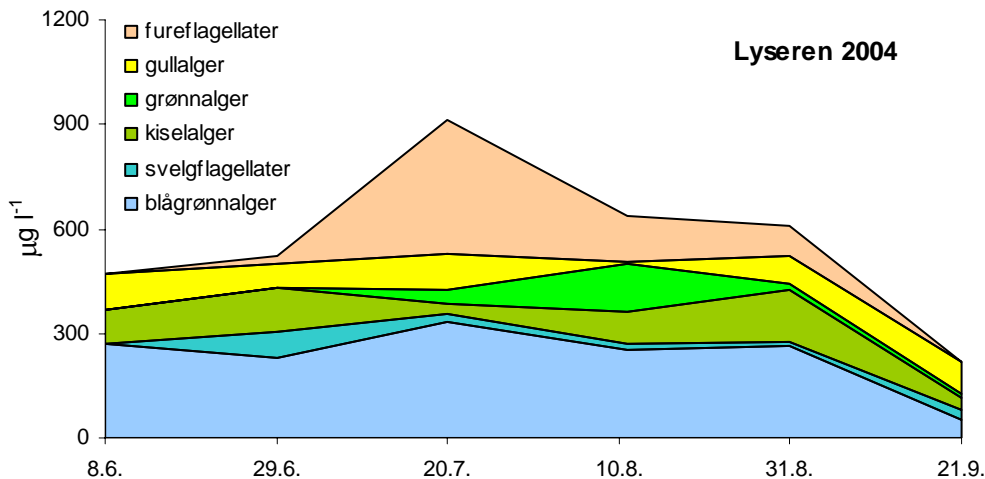


Fig. 10. Sammensetningen av algesamfunnet gjennom sommeren 2004, målt som våtvekt ($\mu\text{g l}^{-1}$).

Blågrønnalger inneholder et spesielt pigment, phycocyanin, som kan måles ved hjelp av sin spesifikke fluorescens. Ved å senke en sonde (fluoroprobe) gjennom vannsøylen kan man måle innholdet av phycocyanin ved ulike dyp, og slik få en indikasjon på den vertikale fordelingen av blågrønnalger. Tabell 2 viser innholdet av phycocyanin for Rudsvika og Lystadvika ved tre dager sommeren 2007. Alle målingene ga lave verdier. 21. august fantes det phycocyanin i målbare mengder også ned mot 10 meters dyp, men innholdet var lavt.

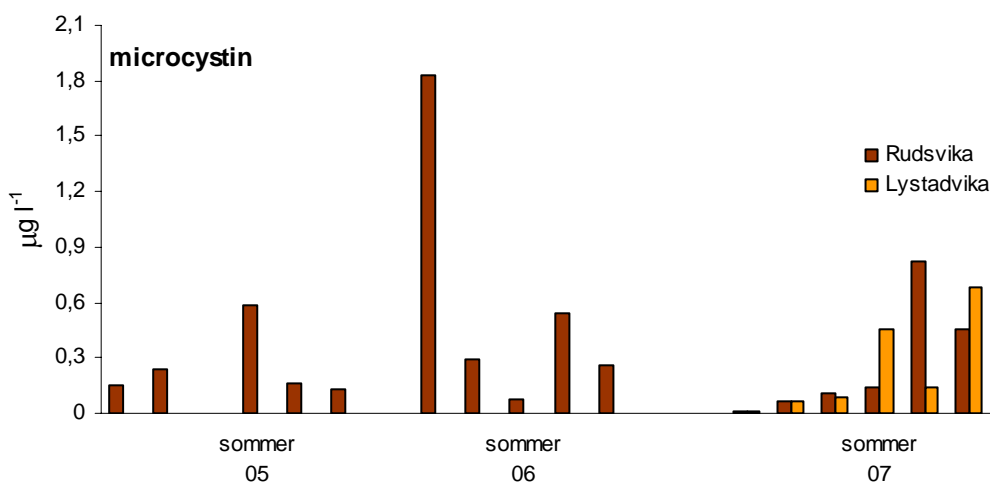
Tabell 2. Innholdet av phycocyanin ($\mu\text{g l}^{-1}$) ved ulike dyp i Lyseren for tre utvalgte dager 2007.

dyp (m)	Rudsvika	Lystadvika	Rudsvika	Lystadvika	Rudsvika	Lystadvika
	5.6.07	5.6.07	21.8.07	21.8.07	25.9.07	25.9.07
0	0	0	1,23	2,35	0,33	0
1	0,01	0	1,71	2,5	0,28	0,02
2	0	0	1,8	2,7	0,25	0,01
3	0	0	2,11	3,2	0,19	0
4	0	0	2	3,3	0,02	0,01
5	0	0	1,98	3,1	0,1	0,01
6	0	0	2,3	3,2	0,01	0,01
7	0	0	1,55	2,4	0,09	0
8	0	0	1,8	2,4	0,01	0,01
9	0	0	2,4	2,1	0,01	0,01
10	0	0	0	0,7	0,12	0
11	0	0	0	0,8	0	0
12	0	0	0	0	0	0

3.2.3 Blågrønnalger og helserisiko

Microcystin er den algegiften som vanligvis volder størst besvær for drikkevannskilder. Microcystin dannes av en del blågrønnalger, bl.a. *Microcystis*, *Planktotrix* 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 microcystin i drikkevann er $1 \mu\text{g l}^{-1}$, mens bading frarådes ved konsentrasjoner $>10 \mu\text{g l}^{-1}$.

Figur 11 viser innholdet av microcystin for de tre siste sommersesonger. Verdiene varierer betydelig, i 2007 også faktisk mellom de to målepunktene. I juni 2006 kom det til forbigående høye konsentrasjoner ($1,8 \mu\text{g l}^{-1}$). I år var verdiene lavere, men på ettersommeren kom det til en viss økning i innholdet av microcystin.

Fig. 11. Innhold av microcystin ($\mu\text{g l}^{-1}$) i overflatevannet for de tre siste år.

4. Konklusjoner

Norsk Institutt for Vannforskning har i samarbeid med Spydeberg kommune, Hobøl vannverk BA og Lyseren/Hov vannverk gjennomført en overvåking av vannkvaliteten av Lyseren i 2007, med særlig fokus på algetoksiner og blågrønnalger. Resultatene er sammenholdt med data fra tidligere år.

Hensikten med en slik overvåking er å påvise forandringer i vannkvalitetsparametere, 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 virkelige fluktuasjoner.

Lyseren er en forholdsvis grunn klarvannssjø, moderat påvirket av næringssalter fra avrenning. Dette gir svakt mesotrofe forhold. Enkelte tegn indikerer at det foregår en gradvis eutrofiering. Langtidsserier for totalt fosfor, som viser en 35 % økning gjennom de siste 24 år, synes å indikere dette. Andre parametere er imidlertid upåvirket av denne endringen. Algesamfunnet er i hovedtrekk det samme som for nær 50 år siden, også mht blågrønnalger. De senere år er imidlertid en ny giftdannende blågrønnalge, *Planktotrix*, kommet til.

Det ble påvist microcystin, men i lave konsentrasjoner, og bare punktuelt over minimumsgrensen for drikkevann angitt av WHO.

I kraft av drikkevannskilde for Spydeberg og Hobøl er det av betydning at overvåkingen av Lyseren opprettholdes, både med hensyn til en mulig økning i fosfor-innhold, og med tanke på utbrudd av blågrønnalger med produksjon av toksiner.

5. Referanser

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.

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.