

Overvåking av Lyseren 2008



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 2008	Løpenr. (for bestilling) 5719-2008	Dato: 30.12.2008
	Prosjektnr. Undernr. 27210	Sider Pris 19
Forfatter(e) Markus Lindholm	Fagområde Vannressurs- forvaltning	Distribusjon fri
	Geografisk område Østfold	Trykket NIVA

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

<p>Sammendrag</p> <p>Det er gjennom sommeren 2008 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 trofegrad, algesammensetning samt innslag av blågrønnalger. Data fra tidligere år er satt opp mot årets funn. Langtidstrendene indikerer et noe bedret siktedyp i Lyseren, men også en mulig økning i konsentrasjonen av fosfor og klorofyll a. Sammen med blågrønnalger utgjorde kiselalger, gullalger og svelgflagellater hovedbestanddelen av algesamfunnet i 2008. Det ble påvist forhøyet innhold av algegift (mikrocystin) i juni.</p>
--

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. overvåking av blågrønnalger 2. vannkvalitet 3. drikkevann 4. Lyseren 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. monitoring of cyanobacteria 2. water quality 3. drinking water 4. Lake Lyseren
---	---

Markus Lindholm

Prosjektleder
Markus Lindholm

Karl Jan Aanes

Forskningsleder
Karl Jan Aanes

Jarle Nygard

Fag- og markedsdirektør
Jarle Nygard

Overvåking av Lyseren

2008

Forord

Denne rapporten redegjør for resultatene av overvåking av Lyseren i 2008. I rapporten er det også tatt med bakgrunnsdata fra tidligere år. Oppdragsgivere for undersøkelsene har vært Hobøl vannverk BA og Lyseren/Hov vannverk. Arbeidet er gjennomført i henhold til avtale av april 2008.

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

Undertegnede har vært prosjektleder og har stått for bearbeiding av data, vurdering og sammenstilling til rapport. Algeanalyser er gjennomført på NIVA av Camilla Hedlund Corneliusen. Oppdragsgiver og medarbeidere takkes for godt samarbeid.

Oslo 30.12.2008

Markus Lindholm
Prosjektleder

Innhold

Oslo 30.12.2008	3
Sammendrag	5
Summary	6
2. Innledning	7
3. Resultater og diskusjon	9
3.1 Fysiske rammer	9
3.1.1 Oksygen og temperatur	9
3.1.2 Siktedyp	9
3.1.3 Suspendert tørrstoff	10
3.1.4 Silikat	12
3.1.5 Næringssalter	12
3.2 Algesamfunnet	15
3.2.1 Algemengde og sammensetning	15
3.2.2 Blågrønnalger	17
3.2.3 Blågrønnalger og helserisiko	18
4. Konklusjoner	18
5. Litteratur	19

Sammendrag

Norsk Institutt for Vannforskning har i samarbeid med Hobøl vannverk BA og Lyseren/Hov vannverk gjennomført en overvåking av vannkvaliteten av Lyseren i 2008, 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 aktivitetene rundt innsjøen. Dette gir i dag en tilstand som preges av svakt mesotrofe forhold. Enkelte tegn antyder at det foregår en gradvis eutrofiering. Langtidsserier for totalt fosfor, som viser en 35 % økning gjennom de siste 25 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 blågrønnalgen *Planktotrix* er kommet til. Det ble i 2008 påvist målbare verdier av algetoksiner (mikrocystin), men bare punktuelt over den anbefalte minimumsgrensen for drikkevann.

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.

Title: Monitoring Lake Lyseren 2008

Year: 2008

Author: Markus Lindholm

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: 978-82-577-5454-9

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 edelkreps.

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 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 den økte konsentrasjonen tiltok også innholdet av algegiften mikrocystin.

På bakgrunn av ovennevnte funn ble det besluttet å igangsette et overvåkingsprogram for Lyseren, med fokus på sesongdynamikken hos algetoksiner. Data for Lyseren i forbindelse med Østfold-prosjektet er føyd inn som vurderingsgrunnlag. Den foreliggende rapporten for overvåkinga i 2008 benytter i tillegg data fra undersøkelsene i 2005, 2006 og 2007 som bakgrunn for vurderingene.

Kriterier for drikkevannskvalitet har hittil vært basert på SFTs 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 SFT nå levert forslag til reviderte kriterier for drikkevannskvalitet (Solheim et al. 2008). Det er her enkelte endringer, bl.a. mht klorofyllmengder (**Tabell 1**). Det foreslås videre at mikrosystin-mengden ikke skal overskride 1 µg/L, som også er i henhold til WHO's anbefalinger. Implikasjoner av dette for Lyseren er tatt opp nedenfor.

Tabell 1. NIVAs forslag til nytt system for klassifisering av overflatevannkilders egnethet som råvann til drikkevannsforsyning (fra Solheim et.al 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
Mikrocystin***	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

*Eksponenter 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 <1µg/L microcystin for drikkevann.

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

- 1) Generell vannkjemi: Temperatur, 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 phycocyanin og mikrosystin.

3. Resultater og diskusjon

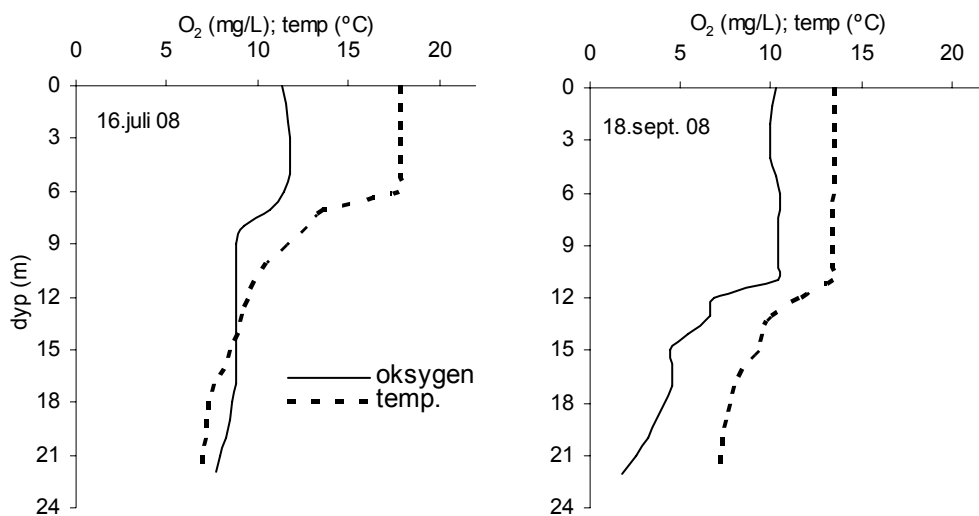
I det følgende gis en gjennomgang av de ulike parametrene som ble overvåket, med drøftelser av mulige sammenhenger og sammenligninger med tidligere data.

3.1 Fysiske rammer

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

3.1.1 Oksygen og temperatur

Figur 1 viser vertikal fordeling av oksygen (mg/L) og temperatur (°C) for høysommer og tidlig høst 2008. Temperaturen i dypvannet er betraktelig lavere enn på overflaten, som følge av oppvarmingen og tiltagende akkumulering av strålingsenergi. Begge dager kommer det til et brått temperaturskifte i vannsøylen, der temperaturen faller flere grader i løpet av etpar meter. I juli lå dette sprangskjiktet på 6 meters dyp, mens det i september hadde forflyttet seg ned til 12 meter. Dette impliserer tetthetsforskjeller som hindrer omrøring av vannmassene, og utvikling av et separat overflatelag (epilimnion), som ikke blandes med det kalde bunnvannet (hypolimnion). Dette har blant annet konsekvenser for oksygenfordelingen. Som man ser er det rikelig oksygen i det øvre, mer oppvarmede vannet, mens de dypere lagene, særlig i september, hadde et betydelig underskudd på oksygen. Både temperaturfordeling og oksygeninnhold er slik det vanligvis er for norske innsjøer.



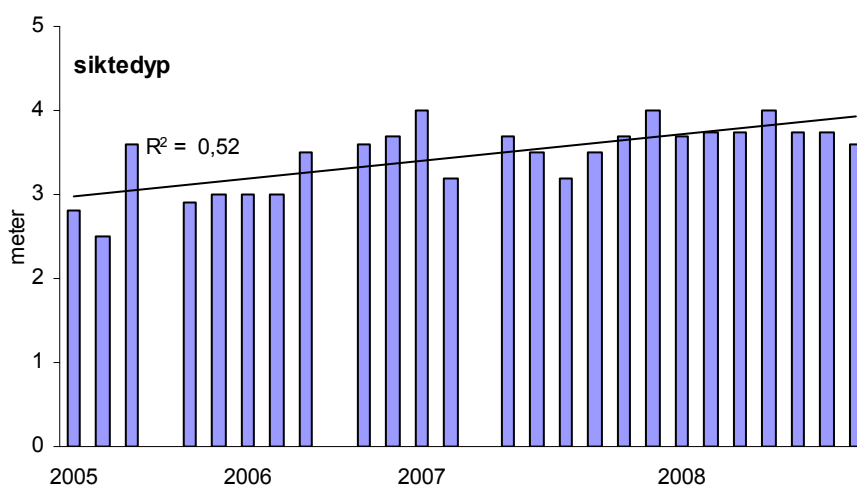
Figur 1. Vertikal fordeling for oksygeninnhold (mg/L) og temperatur (°C) i Lyseren den 16. juli og 18. september 2008.

3.1.2 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 i vannet. Partiklene kan være dels algeplankton, og dels leire. I mange sjøer reflekterer siktedypet i noen grad trofigraden.

Figur 2 viser målinger for siktedypet for Lyseren gjennom de fire siste år. Siktedypet varierte mellom 2,5 og 4 m, og trendlinjen ($R^2=0,52$) indikerer at det har skjedd en moderat bedring i perioden. 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 et.al. 1985) viste at siktedypet den gang lå mellom 2,9 og 3,7 meter, altså noe lavere. Tilsvarende dyp var typiske også på 1990-tallet. Det er for tidlig å si om den svake bedringen de siste årene er forbigående eller deler av en trend.

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 i Lyseren. Enkelte blågrønnalger (bl.a. *Planktotrix*) er imidlertid i stand til å opprettholde fotosyntesen også ved svakere lys enn dette.

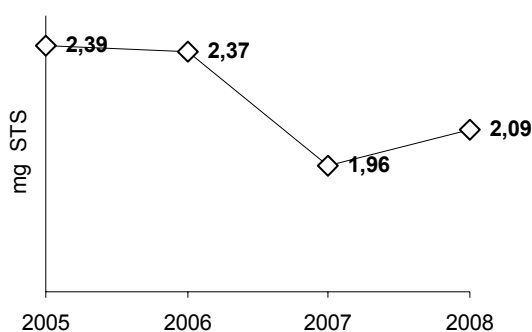


Figur 2. Siktedyp i Lyseren for 2005-2008. Trendlinjen indikerer et noe bedret siktedyp for perioden.

3.1.3 Suspendert tørrstoff

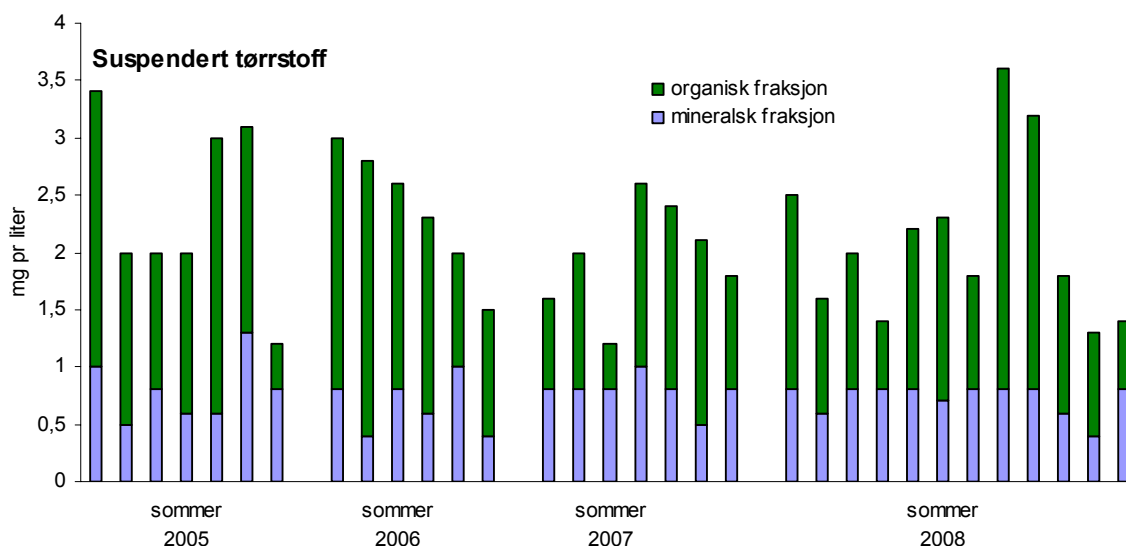
Partikkelmengden i innsjøer kan mer presist måles ved å filtrere et bestemt vannvolum. Vekten av filtratet etter tørking defineres som totalt suspendert tørrstoff. Ved oppvarming til 550 °C fjernes den organiske fraksjonen, og tilbake blir gløderesten, den andelen, som består av mineralpartikler (særlig 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 3 viser gjennomsnittlig innhold av totalt suspendert tørrstoff (STS) for perioden 2005-2008. Figuren antyder en moderat reduksjon i partikkelinnholdet for de siste to årene. Mønsteret bekrefter økningen i siktedyp, som ble vist ovenfor, men det er for tidlig å si om endringen er tilfeldig eller del av en trend. 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 årlig (blandprøve fra overflatelaget), og det har holdt seg frem til 2006 på mellom 2 og 3 mg/L.



Figur 3. Gjennomsnittlig innhold av suspendert stoff i Lyseren for perioden 2005 til 2008. Figuren antyder en moderat reduksjon i innholdet av partikler.

Figur 4 viser enkeltverdiene for den samme tidsperioden, samt fordelingen av partikler på organisk og uorganiske fraksjoner. Innholdet av uorganisk stoff (dvs leire) later til å være uendret, og reduksjonen i STS er dermed konsentrert på organiske partikler, som i hovedsak utgjøres av planteplankton. At innholdet av leirpartikler er forholdsvis konstant er trolig knyttet til Lyserens geografiske plassering, under den marine grense. I slike områder er det avsatt mye leire, som tilføres innsjøer med tilløpsbekker og ved 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.

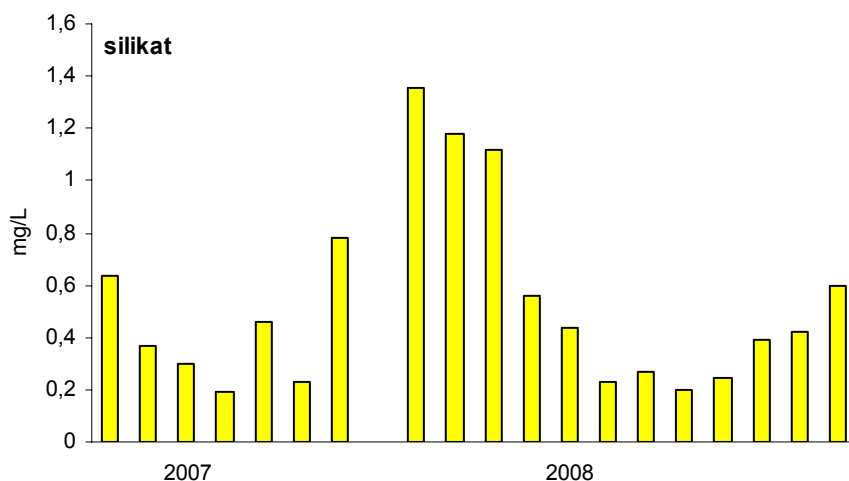


Figur 4. Innholdet av suspendert tørrstoff i vannet (mg/L) i Lyseren vist for de fire årene 2005 - 2008. Fraksjoner av organisk og mineralsk stoff er markert.

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 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 5 viser innholdet av silikat ved prøvetakingene i 2007 og 2008. Mønsteret som kommer frem er typisk for silikatdynamikken i nordiske innsjøer. Verdiene er fallende fra våren og utover sommeren, ettersom silikat forbrukes av kiselalgene. Ettersom sommerstagnasjonen setter inn sedimenteres kiselalgene ut av overflatevannet, og forårsaker slik en utarming av silikat. Etter en periode om sommeren stiger vanligvis silikat-innholdet igjen om høsten. I Lyseren var det i begge disse årene tilstrekkelig silikat til å opprettholde produksjonen av kiselalger (se nedenfor).



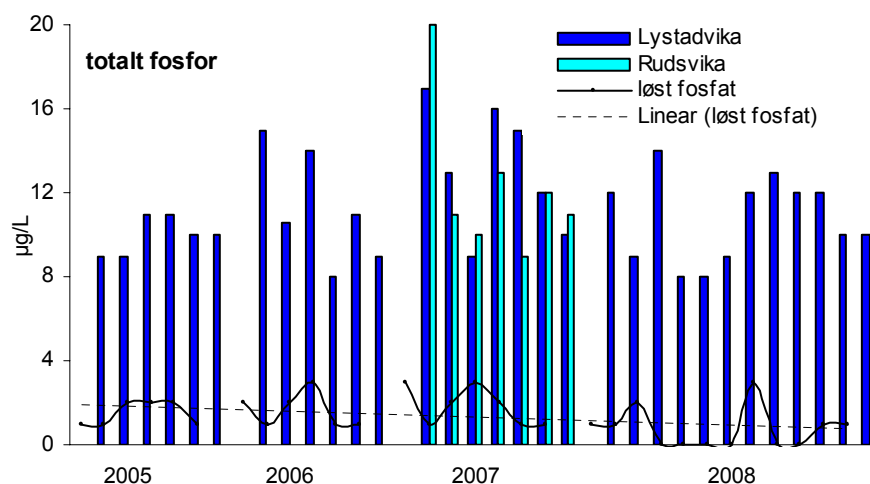
Figur 5. Innholdet av silikat i vannprøver fra Lyseren for 2007 og 2008 (mg/L) (blandprøver 0-4 m dyp).

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 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 av næringsstoffer som er oppløst og biotilgjengelig (i form av nitrat og ortofosfat).

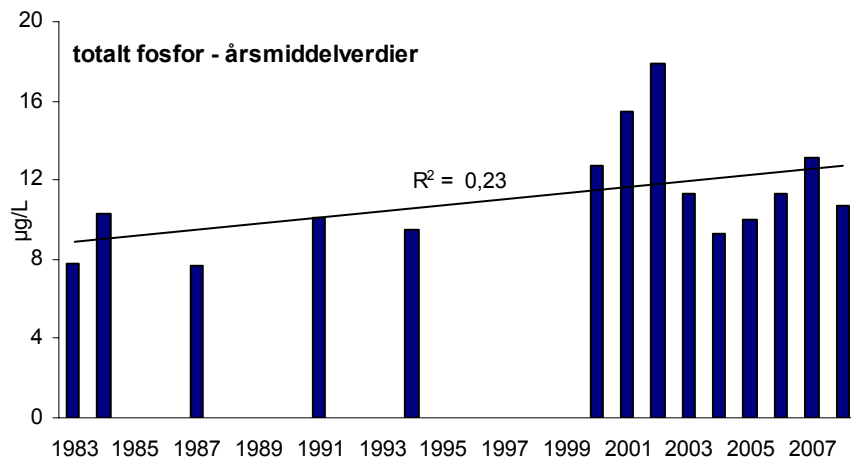
I NIVAs nye forslag til egnethetskriterier for drikkevann er grensen for ”godt egnet” mht fosfor satt til 7 µg Tot-P/L, mens tilsvarende grense for ”mindre egnet” er satt til 20 µg/L.

Innholdet av fosfor i overflatevannet (0-4m) for Lyseren gjennom de fire siste årene er vist på **Figur 6**. Gjennom sommeren 2005 var det et forholdsvis stabilt innhold av fosfor, med 10 µg Tot-P/L som snittverdi. Året etter var variasjonene noe større, med relativt høye maksverdier, og en svak økning målt som årsgjennomsnitt (11,3 µg/L). 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 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. Året 2008 hadde forholdsvis stabile verdier, og årsgjennomsnittet for totalt fosfor var på 10,7 µg/L. – På figuren er innholdet av løst fosfat (ortofosfat) markert med en heltrukken linje, og tilsvarende er det vist en trendlinje for perioden 2005 til 2008 (punkttert). Trendlinjen antyder en mulig svak reduksjon i plantetilgjengelig fosfor i 2007 og 2008. Det er imidlertid for tidlig å si om dette er tilfeldige variasjoner eller en begynnende trend.



Figur 6. Konsentrasjon av total fosfor (µg/L) i overflatevannet (0-4 m) i Lyseren. Resultater for somrene 2005-2008. Andelen løst fosfat (ortofosfat) som heltrukken linje. Den svakt fallende trendlinjen for løst fosfor er markert (punkttert).

Figur 7 viser endringer i totalt fosfor for de siste 25 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 µg Tot-P/L i 1983 til 13,1 µg i 2007 og 10,7 µg/L i 2008.

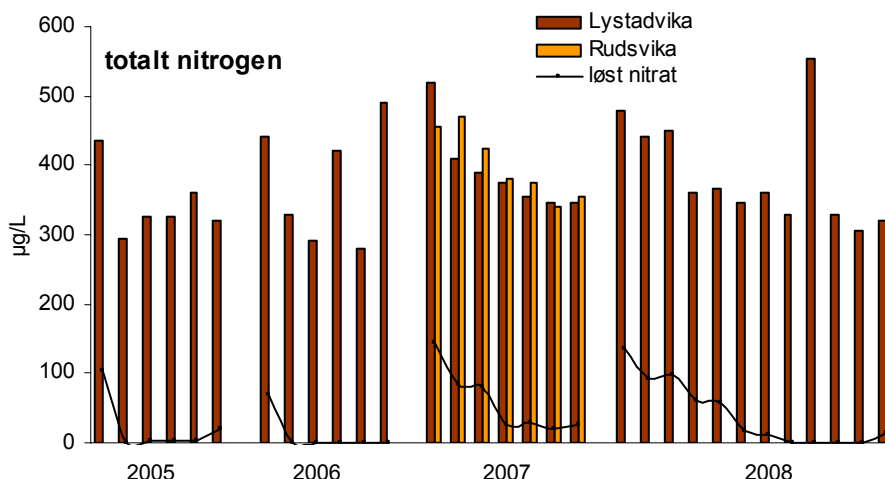


Figur 7. Endringer i totalt fosfor ($\mu\text{g/L}$) i Lyseren for perioden 1983-2008. Trendlinje angitt (data fra Fylkesmannen i Østfold og fra NIVA).

Innholdet av totalt nitrogen og nitrat gjennom de fire siste år viser et mønster som samsvarer godt med fosforverdiene (**Figur 8**). Med hensyn til total nitrogen er innholdet forholdsvis høyt. Data fra 1983 og frem til 2004 er innsamlet med forholdsvis jevne mellomrom, og verdiene har hele tiden holdt seg mellom 350 og 400 $\mu\text{g/L}$.

Den løste, biotilgjengelige andelen av nitrogen (nitrat) varierte også mye. Som man ser av figuren faller nitratinnholdet vanligvis gjennom våren og holder seg lavt på sommeren. Dette er særlig en effekt av opptak av nitrat fra vegetasjonsdekket i nedbørsfeltet. Om vinteren og tidlig vår tar ikke landplanter opp løst nitrat fra sigevann og grunnvann, men straks vekstsesongen begynner tas det meste av nitraten opp før det når ut i Lyseren. - Svært lave nitratverdier ble målt i 2006, da innholdet lenge lå på deteksjonsgrensen. På samme tid var innholdet av løst fosfor forholdsvis høyt. Under slike forhold blir nitrat gjerne det næringsstoffet som begrenser algeveksten. Mange blågrønnalger kan under slike forhold få et fortrinn, fordi de kan fikserer nitrat 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 μg nitrat pr liter, noe som er i samme størrelsesorden som de siste års verdier.



Figur 8. Totalt nitrogen ($\mu\text{g/L}$) i overflatevannet (0-4 m) i Lyseren. Data for somrene 2005-2008. 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.

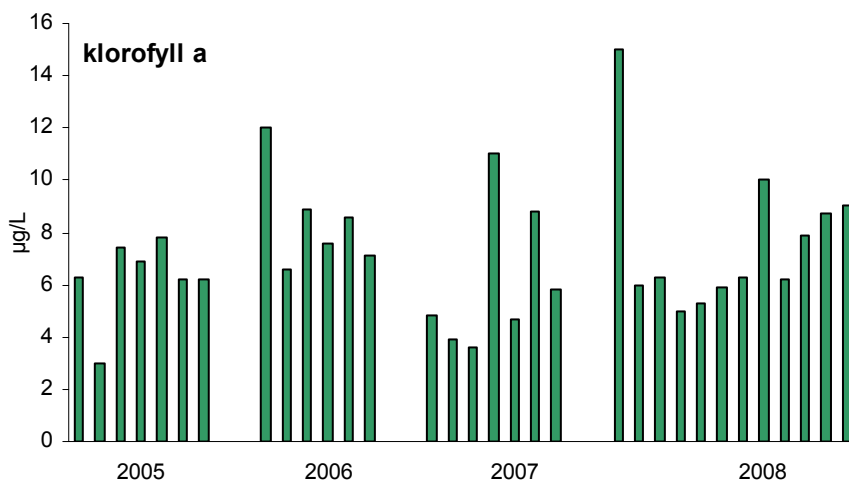
Forekomsten av blågrønnalger på ulike dyp kan måles ved å senke en sonde (fluorprobe) gjennom vannsøylen som registrerer innholdet av et pigment, phycocyanin, som er karakteristisk for denne gruppen. Og sist, men ikke minst kan innholdet av alggifter, for eksempel microcystin, måles ved kjemisk analyse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

Klorofyll a er ikke en sentral parameter for å vurdere egnethet som råvann for drikkevann. Grunnen er at mengden påvirkes av faktorer som ikke nødvendigvis er knyttet direkte til drikkevannskvalitet. Blant annet påvirkes mengden av klorofyll av hvor mye beitende zooplankton som finnes i vannet, noe som i sin tur påvirkes av hvor mye og hva slags fisk som forekommer i innsjøen osv.

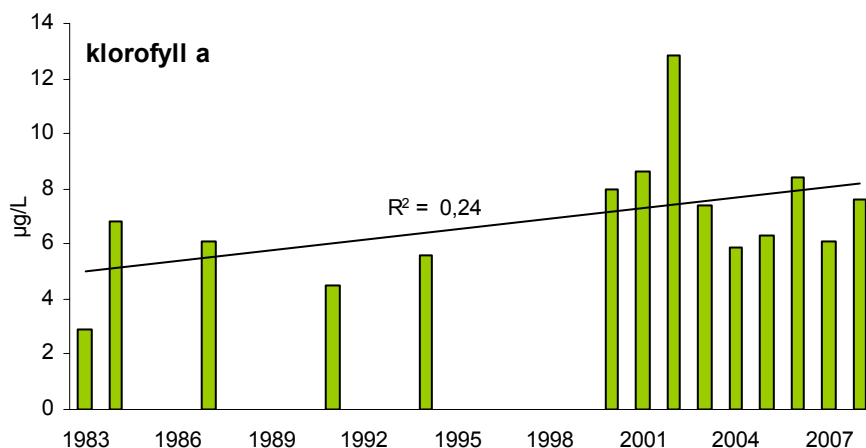
Mengden klorofyll a i overflatelagene (0-4 m) for de siste fire årene er vist i **Figur 9**.

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 algproduksjonen noe. Inneværende år har klorofyllmengden vært om lag som i 2005 og 2006.

Klorofyllmengden er høyere enn det som er ønskelig. **Figur 10** viser klorofyllmengde for de siste tjuefem år. Med forbehold om at dataserien er ufullstendig, viser trendlinjen en økning i klorofyllmengde for perioden (se også Skulberg 1978). I henhold til de nye egnethetskriteriene (Solheim et al 2008) for drikkevann er grenseverdien for "godt egnet" satt til $<3 \mu\text{g}$ klorofyll a/L, og så lave verdier forekommer knapt i våre data. Klorofyllmengder $>10 \mu\text{g}$ indikerer på den annen side at vannet er uegnet som drikkevann (**Tabell 1**). Både i 2006, 2007 og 2008 ble det punktuelt målt høyere klorofyllinnhold enn dette.



Figur 9. Algemengde i Lyseren gitt som konsentrasjon av klorofyll a ($\mu\text{g/L}$). Sesongvariasjoner for de siste fire års sommerperioder, målt fra overflatelagene (0-4 m).



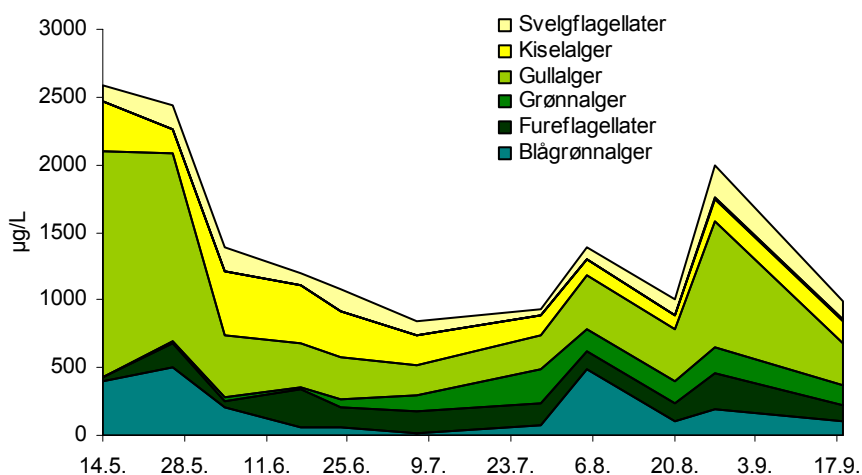
Figur 10. Gjennomsnittlig årlig klorofyllmengde i Lyseren for et utvalg år før 2000, og for perioden 2000 til 2008. Trendlinjen viser en økning for perioden.

For å undersøke sammensetningen av alger gjennom sommersesongen ble prøver analysert til art, og deres relative bidrag til den totale algebiomassen ble beregnet (μg våtvekt pr. liter, **Figur 11**). Våtvekt gir høyere verdier for alger enn rene klorofyllmålinger, bl.a. fordi alger inneholder mye vann, som ikke inngår i målingene av klorofyll a. Klorofyllmengden vil videre reduseres ved innslag av

blågrønnalger, som inneholder mindre av det pigmentet. I tillegg er klorofyllinnholdet lavt i enkelte av gruppene som ble påvist, bl.a. svelgflagellater, som var vanlige i Lyseren i 2008.

Den totale mengden alger er som forventet i en middels næringsrik innsjø. Algesamfunnet viste en tydelig suksessjon gjennom sommeren. Våren begynte med en kraftig oppblomstring av gullalger, som avtok i slutten av mai. Gjennom sommerstagnasjonen var algeinnholdet lavt, og kiselalger og svelgflagellater dominerte, sammen med andre algegrupper. I september kom det til en ny oppblomstring av gullalger. Det var bare moderate mengder blågrønnalger i vannet i 2008, og de viste to topper gjennom sesongen: i mai og august.

Våroppblomstringen av gullalger 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 fiskeliknende lukt. Stoffene *Dinobryon* skiller ut (særlig kerosin) 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).



Figur 11. Innholdet av de ulike algegruppene i Lyseren (μg våtvekt pr liter) gjennom sommeren 2008. Resultater fra prøver tatt i overflatevannet (0-4 m) Etter en vårbloomstring i mai med dominans av gullalger falt algemengden betraktelig, og ble erstattet av kiselalger. I september kom det til en ny oppblomstring av gullalger. Innholdet av blågrønnalger var moderat.

3.2.2 Blågrønnalger

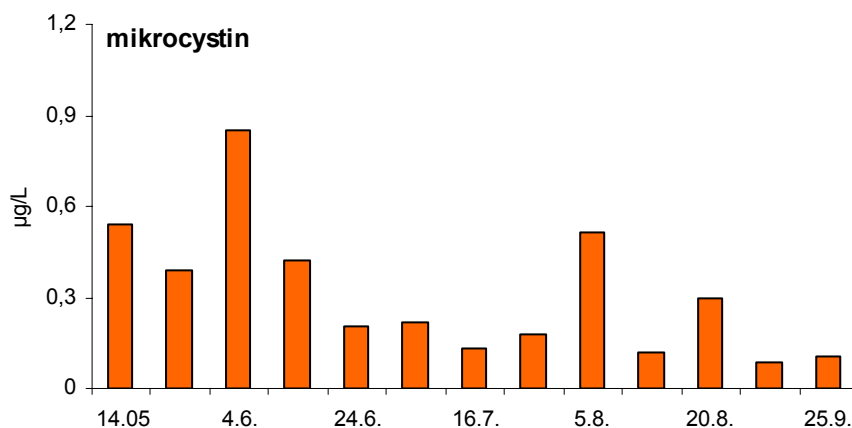
Andelen blågrønnalger (Cyanobakterier) viste to topper, først en i mai, og en neste i august. I mai var særlig slekten *Planktotrix* vanlig, mens *Anabaena* dominerte i august. Begge disse slektene produserer algegiften mikrocystin (se nedenfor).

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. Som et ledd i overvåkingen ble phycocyanin-innholdet målt ved ulike dyp fire ganger: 14.mai, 4.juni, 16.juli og 18.september. Ikke ved noen av målingene ble det funnet phycocyanin i sikkert målbare mengder.

3.2.3 Blågrønnalger og helserisiko

Mikrocystin 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 mikrocystin 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 12 viser innholdet av mikrocystin i overflatevannet, for sommersesongen 2008. Som man ser holdt konsentrasjonen seg hele tiden under de angitte grenseverdiene. Høyeste konsentrasjoner ble målt i begynnelsen av juni, hvorefter verdiene falt til knapt målbare nivåer for resten av sommeren. En punktprøve av råvann fra drikkevannsinntaket 16.juli viste imidlertid 2,6 µg mikrocystin pr. liter, i en periode da andelen blågrønnalger var lav. De høye måleverdiene var imidlertid forbigående, og ved neste måling var mikrocystininnholdet igjen godt under grenseverdien.



Figur 12. Innhold av mikrocystin (µg/L) i prøver fra overflatevannet (0-4 m) i Lyseren. Resultater fra 2008.

4. Konklusjoner

Norsk Institutt for Vannforskning har i samarbeid med Hobøl vannverk BA og Lyseren/Hov vannverk gjennomført en overvåking av vannkvaliteten av Lyseren i 2008. 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 endringer i vannkvaliteten.

Lyseren er en forholdsvis grunn klarvannssjø, moderat påvirket av næringsalter fra avrenning. Dette gir svakt mesotrofe forhold. Enkelte tegn i datasettene indikerer at det foregår en gradvis eutrofiering. Langtidsserier for totalt fosfor, som viser en økning gjennom de siste 25 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 innslag av blågrønnalger, men det er i de senere årene imidlertid kommet til en ny giftdannende blågrønnalge, fra slekten *Planktotrix*.

Det ble påvist mikocystin i 2008, men i lave konsentrasjoner, og bare punktuelt over den minimumsgrensen for drikkevann som er angitt av WHO.

I kraft av å være en drikkevannskilde for Spydeberg og Hobøl er det av betydning at overvåkingen av vannkvaliteten i Lyseren opprettholdes. Dette er viktig både med hensyn til å få verifisert en mulig økning i fosfor-innhold, men også med tanke på å overvåke utbrudd av blågrønnalger og faren dette medfører for produksjon av algegifter (toksiner).

5. Litteratur

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.

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.

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