

**Overvåking av
Vestvannet/Borredals-
dammen i Østfold, 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 Vestvannet/Borredalsdammen i Østfold, 2008	Løpenr. (for bestilling) 5718-2008	Dato 19.12.2008
	Prosjektnr. Undernr. 27209	Sider Pris 23
Forfatter(e) Markus Lindholm	Fagområde Limnologi	Distribusjon Fri
	Geografisk område Østfold	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) FREVAR KF, Fredrikstad	Oppdragsreferanse René Karstensen
--	--------------------------------------

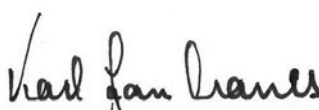
Sammendrag

Det er gjennomført en overvåking av vannkvalitative parametere i Vestvannet og Borredalsdammen ved Fredrikstad, gjennom sommeren 2008. Rapporten gir en oversikt over viktige funn og trender, med fokus på trofigrad, algesammensetning og blågrønnalger. Data fra tidligere år er satt opp mot årets funn. Resultatene viser at de fleste variabler har vært stabile over de siste 17 år. Lengre tidsserier viste en moderat reduksjon i fosforinnholdet for Vestvannet, og innholdet av klorofyll a har også gått ned. Det ble i 2008 bare sporadisk registrert blågrønnalger med mikrocyстин i innsjøene.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. overvåking av blågrønnalger	1. monitoring of cyanobacteria
2. drikkevann	2. drinking water
3. Vestvannet	3. Lake Vestvannet
4. Borredalsdammen	4. Lake Borredalsdammen



Markus Lindholm
Prosjektleder



Karl Jan Aanes
Forskningsleder



Jarle Nygard
Fag- og markedsdirektør

Overvåking av Vestvannet/Borredals- dammen i Østfold, 2008

Forord

Rapporten redegjør for resultatene av overvåking av Vestvannet og Borredalsdammen i 2008, med bakgrunnsdata fra tidligere år. Oppdragsgiver har vært FREVAR KF i Fredrikstad. Undersøkelsen er gjennomført i henhold til avtale av april 2008.

Datamaterialet som er lagt til grunn for rapporten er samlet inn gjennom et felles overvåkingsprogram mellom NIVA og FREVAR. I drøftelsene er det videre brukt data innhentet i 2007, og data fra Fylkesmannen i Østfold (Østfoldprosjektet).

Markus Lindholm har vært prosjektleder for undersøkelsen og har stått for bearbeidelse av data og sammenstilling til rapport. Algeanalyser er gjennomført på NIVA av Camilla Hedlund Corneliussen. Oppdragsgiver og medarbeidere takkes for godt samarbeid.

Oslo 21.12.2008

Markus Lindholm
Prosjektleder

Innhold

1. Innledning	7
2. Resultater og diskusjon	8
2.1 Fysiske rammer	8
2.1.1 Oksygen og temperatur	9
2.1.2 Siktedyb	9
2.1.3 Suspendert tørrstoff	10
2.1.4 Silikat	12
2.1.5 Næringssalter	13
2.2 Algesamfunnet	16
2.2.1 Klorofyll, algemengde og sammensetning	16
2.2.2 Blågrønnalger	20
3. Konklusjoner	21
4. Litteratur	21

Sammendrag

Norsk Institutt for Vannforskning/NIVA har gjennomført en overvåking av vannkvaliteten i Vestvannet og Borredalsdammen ved Fredrikstad i 2008, med særlig fokus på algeplankton og blågrønnalger. Resultatene er sammenholdt med data fra tidligere år. I vurderingen av egnethet for drikkevann er NIVAs oppdaterte forslag (Solheim et al. 2008) tatt inn som en del av grunnlaget.

Vestvannet og Borredalsdammen fremstår som svakt mesotrofe klarvannssjøer, med middels innhold av næringssalter. Innholdet av både totalt fosfor og klorofyll har gått noe ned gjennom den perioden vi har hatt data for. Det meste av algesamfunnet utgjøres av arter som er vanlige i Østfolds innsjøer, og er ikke giftproduserende. Generelt var algeinnholdet lavt i innsjøene, men noe høyere i Borredalsdammen, der det på ettersommeren, i likhet med året før, kom til en moderat oppblomstring av *Gonyostomum semen*. Forekomsten av blågrønnalger var beskjeden, men giftproduserende arter, som *Planktotrix*, ble påvist. Det ble påvist mikrocystin på ettersommeren, men i svært lave konsentrasjoner.

Summary

Norwegian Institute for Water Research/NIVA has conducted a monitoring survey of the water quality in Lake Vestvannet and Lake Borredalsdammen by Fredrikstad in 2008, with focus on planktonic algae and cyanobacteria. The findings are compared to data from previous years. NIVAs new proposition for suitability of drinking water (Solheim et al. 2008) is taken into consideration by discussions of the results.

Lake Vestvannet and Lake Borredalsdammen appear as weakly mesotrophic clear water lakes, with moderate contents of mineral nutrients. The values for total phosphorus and chlorophyll-a have slightly declined during the period our data cover, and most of the algae species which constitute the community are common in the lakes of Østfold, and are not toxic. The general algae content in the two lakes was low. We recorded - similar to 2007 - a moderate bloom of *Gonyostomum semen* in Borredalsdammen during late summer. Occurrence of cyanobacteria was low, but toxic species, as *Planktotrix*, were present. Microcystin was detectable during the end of the season, but in very low concentrations.

Title: Monitoring of Lake Vestvannet/Lake Borredalsdammen in Østfold, 2008.

Year: 2008

Author: Markus Lindholm

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: 978-82-577-5453-2

1. Innledning

Vestvannet og Borredalsdammen, ved Fredrikstad i Østfold, er i utgangspunktet svært ulike innsjøer. Begge bassengene befinner seg nær Oslofjorden, under den marine grense, og ligger på sure granittbergarter, lokalt overdekket med marin leire. For øvrig er de imidlertid forskjellige. Vestvannet ligger inntil Glommas vestre løp etter at elva deler seg ved Furuholmen, og er en "blindtarm" til Glomma, uten gjennomstrømming. Vann tilføres fra elva ved stigende vannføring og motsatt ved synkende vannføring. Vestvannet er slik sett sterkt påvirket av Glomma, og vil reflektere de skiftninger som store elver viser gjennom sesongen, med svingninger i biologisk produksjon, næringsstoffer og kjemiske parametere.

Borredalsdammen er et 1,5 km langt smalt, avlukket basseng, som næres av 14 bekker av varierende størrelse. Maksimalt dyp er anslått til 8 m, mens de to endene begge er grunne. Sjøen ligger i et friområde utenfor Fredrikstad. Nedbørsfeltet er forholdsvis lite, og består for en stor del av blandingsskog, med noe tilsig fra turtrafikk, ridning og friluftsliv. Dammen ble anlagt i 1912, og huser nær ti ulike fiskearter. Også dammusling er vanlig.

De to sjøene utgjør til sammen drikkevannsreservoar for Fredrikstad, og forsyner industri og 65 000 mennesker med drikkevann. Vannet pumpes fra Vestvannet i Glomma via en pumpestasjon over til Borredalsdammen, som er råvannsreservoar. Anlegget har vært i drift siden 1950-tallet, og leverer i gjennomsnitt ca 42 000 m³ vann pr døgn.

I 2006 ble det registrert sjenerende lukt i drikkevannskilden for Fredrikstad. Analyser fra Vestvannet viste innhold av algetoksiner over den anbefalte grensen (2,8 og 0,3 µg mikrocytin pr liter). Prøvene fra Borredalsdammen ga ingen målbare verdier for mikrocytin. På bakgrunn av funnene ble det inngått avtale mellom FREVAR og NIVA om overvåking av Vestvannet og Borredalsdammen i 2007. Gjennom dette arbeidet skulle en få oversikt over mengde, sammensetning og sesongdynamikk for algesamfunnet i de to bassengene, med særlig fokus på blågrønnalger. Resultatene fra overvåkingen i 2007 er publisert i Rohrlack og Lindholm (2007). Denne overvåkingen er opprettholdt i 2008.

Kriterier for egnethet til drikkevann har siden 1997 vært basert på NIVA og SFTs klassifiseringssystem (Bratli 1997). Med implementeringen av EUs vanndirektiv har det vært behov for en viss justering og oppgradering også av disse kriteriene. NIVA har på oppdrag av SFT 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 mikrosystem-mengden ikke skal overskride 1 µg/L, som er i tråd med WHO's anbefalinger.

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 er innhentet i perioden mai til september. Vurderingene er hovedsakelig basert på følgende parametere:

- 1) Generell vannkjemi: siktedyp, temperatur, oksygen, suspendert tørrstoff (STS) og suspendert gløderest (mg/l);
- 2) Plantenæringsstoffer: silikat, totalt fosfor (tot P, µg/L), løst fosfat (µg/L), totalt nitrogen (tot N, µg/L), nitrat (µg/L);
- 3) Alger: klorofyll a, artssammensetning og mengde; Blågrønnalger: arter og mengde, mikrocystin.

I tillegg til årets overvåkningsdata er data fra 2007 og fra Fylkesmannen Østfold langt lagt til grunn, med sikte på å avdekke langtidstrender.

2. Resultater og diskusjon

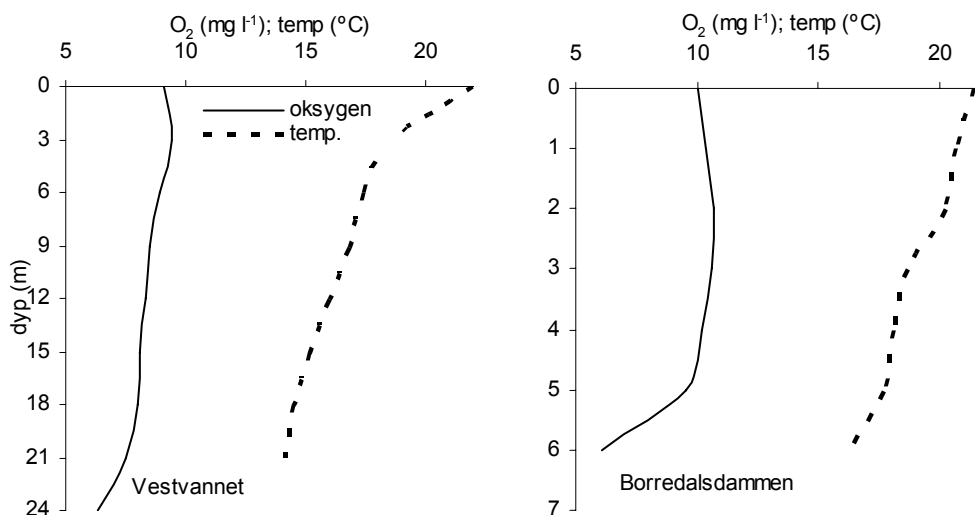
I det følgende gis en gjennomgang av de ulike parametrene som ble overvåket, med drøftelser av årsaker og sammenligninger med tidligere data.

2.1 Fysiske rammer

Både de fysiske-kjemiske faktorene og livet i en innsjø bestemmes i stor grad av variasjon i temperatur, siktedyp, turbiditet (målt som STS, suspendert svestoff) og oksygeninnhold. Vi skal her gå igjennom hver av disse parametrene, som setter rammen for hvordan livet i innsjøene utvikler seg.

2.1.1 Oksygen og temperatur

Figur 1 viser vertikal fordeling av oksygen (mg/L) og temperatur for 24.juli. Temperaturen i overflatevannet var over 20 °C i begge bassengene. I de fleste innsjøer vil det om sommeren være et tydelig temperaturfall på 3-6 meters dyp (sprangsjikt), før man kommer over i det tunge, kalde dypvannet (hypolimnion), som igjen har et mer homogent temperaturregime. Denne sjiktningen er imidlertid bare delvis til stede i Vestvannet og i Borredalen, trolig fordi vannet omrøres og har kort oppholdstid (henholdsvis gjennom innstrømmende vann fra Glomma og innpumping fra Vestvannet og overføring til ledningsnett). Som det fremgår av figuren inneholdt vannet rikelig oksygen også i dypet, noe som er viktig ikke bare for organismene, men også for hvordan plantenæringsstoffer – nitrogen og fosfor – oppfører seg. Faktisk er det en viss økning i oksygenmengden 2-3 meter under overflaten. I denne sonen er det fortsatt nok lys til å opprettholde fotosyntese og oksygenproduksjon. Men mens overflatevannet avgir overskuddet av oksygen til atmosfæren skjer dette i mindre grad leger nede i vannsøyla, med økt innhold av oksygen som resultat. Også i de dypeste delene av vannet er det nok oksygen. Dette tilsier at autotrofe prosesser dominerer over heterotrofe (dvs nedbrytende, bakterielle og respirative), noe som er gunstig i forvaltningsøyemed.



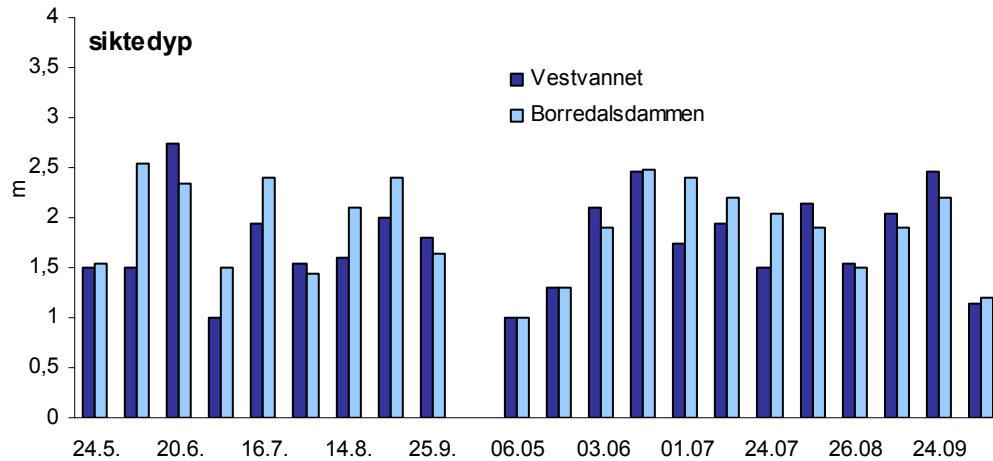
Figur 1. Vertikal fordeling for oksygeninnhold (mg l^{-1}) og temperatur ($^{\circ}\text{C}$) for Vestvannet (venstre) og Borredalsdammen (høyre), 24.juli 2008. Det var bare små forskjeller mellom de to bassengene.

2.1.2 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. Denne enkle metoden gir viktig grunnleggende informasjon om mengden partikler i vannet. Partiklene kan være dels algeplankton, dels humusstoffer og leire fra nedbørsfeltet. I mange sjøer reflekterer siktedypet i noen grad trofigraden.

Figur 2 viser målinger for siktedypet i Vestvannet og Borredalsdammen gjennom sommeren 2007 og 2008. Det er ingen tydelige forskjeller mellom de to årene, eller mellom de to innsjøene. Lave verdier våren siste år henger sammen med flomvann fra Glomma, og skyldes rimeligvis primært leirpartikler (se også **Figur 3**). Dette felles ut utover forsommeren, og gjør at Vestvannet har et noe dårligere siktedyp enn Borredalen først på sommeren. Senere påvirkes verdiene mer av algeplankton, som det er noe mer av i Borredalsdammen (se nedenfor). Dette ser man også ved at siktedypet er noe lavere i sistnevnte innsjø i denne perioden.

Vanligvis regner vi med at alger kan opprettholde fotosyntesen ned til et dyp som tilsvarer om lag 1,5 x siktedypet. Dette tilsier at det meste av fotosyntesen i vannet foregår i de øverste 4 meterne. Enkelte blågrønnalger er imidlertid i stand til å opprettholde fotosyntesen også ved svakere lys enn dette.



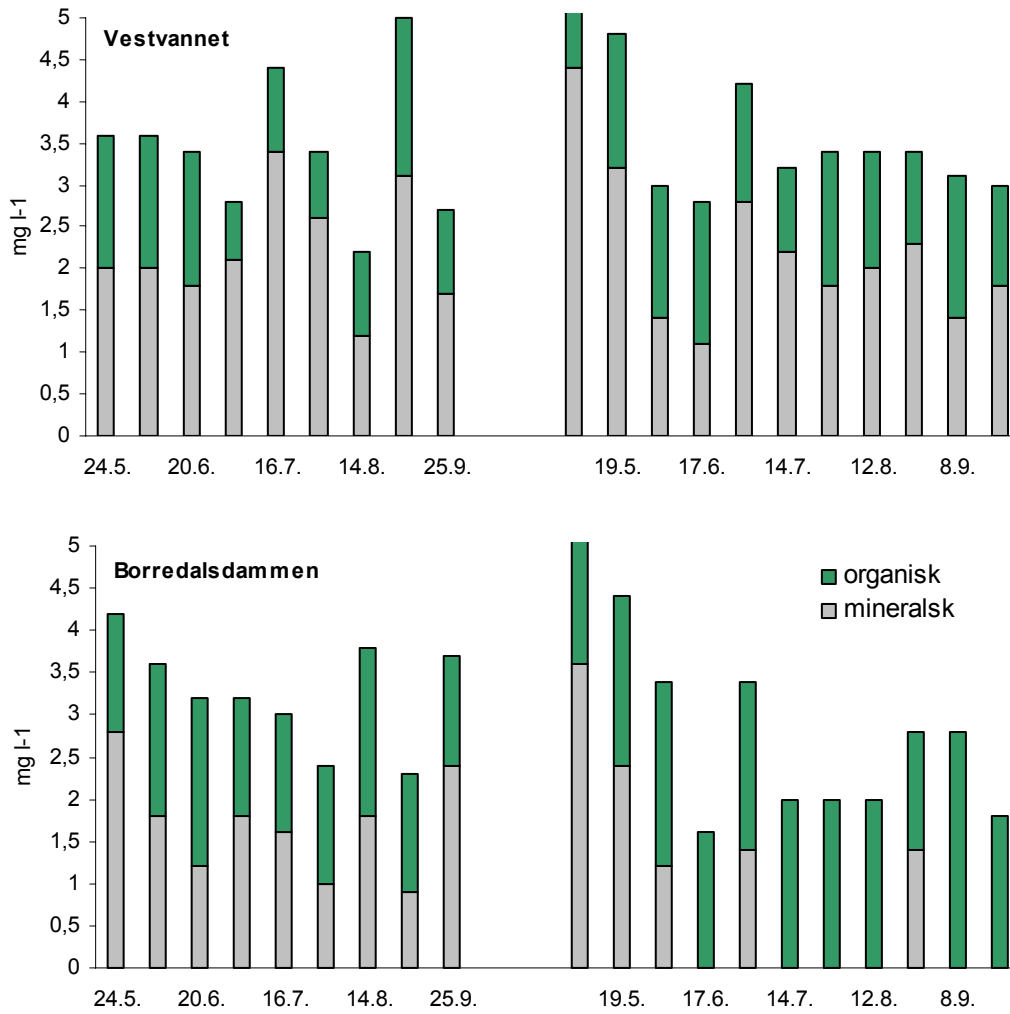
Figur 2. Siktedyp for 2007 (venstre) og 2008 (høyre).

2.1.3 Suspensert tørrstoff

Partikkelmengden i innsjøer kan mer presist måles ved å filtrere et vannvolum. Vekten av filtratet defineres som totalt suspendert tørrstoff, og måles i mg/L¹. Ved oppvarming til 550 °C fjernes den organiske fraksjonen, og tilbake blir den andelen som er mineralpartikler (særlig leire).

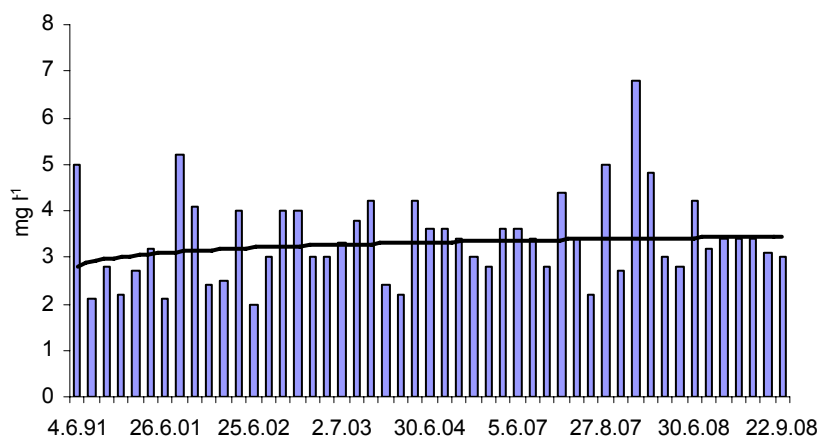
Partikkelmengden i vannet bestemmes av tilførsel fra bekker, diffus avrenning (særlig fra dyrket mark), mengden algeplankton i vannet, og resuspensjon (utvasking og oppvirvling) fra bølgeslag mot strender og grunne sedimenter.

Figur 3 viser partikkelmengden i Vestvannet og Borredalsdammen for de to siste år, som totalt suspendert tørrstoff (STS, mg/L). De ulike fraksjonene for mineralisk (grå) og organisk stoff (grønn) er markert. Mønsteret som kommer frem passer godt med de målingene av siktedypet antyder. Vestvannet har et noe høyere innhold av STS, men merbidraget skyldes fortrinnsvis et større innslag av mineralpartikler (leire), særlig i mai, slik det må forventes i elvepåvirkede sjøer. Prøver fra Borredalsdammen på den annen side, hadde et noe lavere innhold av leire, mens den organiske fraksjonen var noe høyere. Men også i Borredalen er innslaget av flomvann om våren synlig, i form av forhøyet innhold av leire. Sommeren 2008 var leirinnholdet her likevel flere ganger under deteksjonsgrensen. Til sammen var det ingen vesentlige forskjeller i STS for de to bassengene.



Figur 3. Innholdet av suspendert tørrstoff (mg/L) for 2007 (venstre del) og 2008 (høyre del). Fraksjoner av organisk og mineralisk stoff er markert.

Figur 4 viser innholdet av suspendert tørrstoff i Vestvannet for 1991, for 2001-2004 og for de to siste år, med trend markert (basert på egne data og data fra Fylkesmannen i Østfold). Trendlinjen reflekterer ingen klare endringer for denne sekstenårs-perioden.



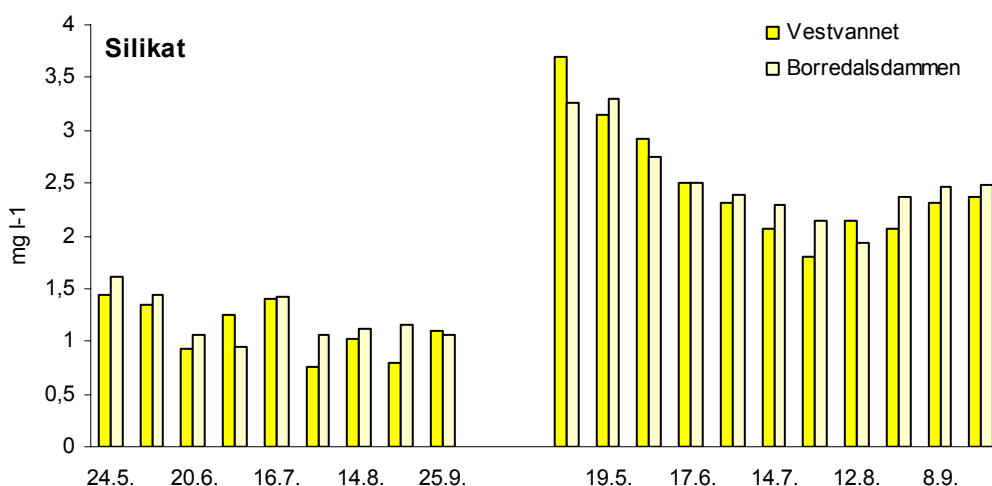
Figur 4. Innholdet av suspendert svevstoff i Vestvannet for utvalgte år. Trendlinje markert (basert på egne data og data fra Fylkesmannen i Østfold).

2.1.4 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 trenger kiselalgene minst 0,1 mg silikat i vannet. Blir det mindre øker også sjansene for oppblomstring av giftalger. - Silikat tilføres vannet fra berggrunnen, og påvirkes i liten grad av menneskelige aktiviteter.

Figur 5 viser innholdet av silikat (mg/L) ved ulike dager gjennom sommerhalvåret de to siste år. Innholdet av silikat var dobbelt så høyt sist år i forhold til 2007. Mønsteret for 2008 er ellers typisk for silikattedynamikken i nordiske sjøer. Verdiene er fallende fra våren og utover sommeren, ettersom silikat forbrukes av kiselalgene. Den sterke blandingen av vannet, dels grunnet innstrømmende vann fra Glomma, og dels grunnet Vannverkets aktivitet i Borredalen, bidrar trolig til en aktiv resirkulering av silikat fra bunnvannet, og hindrer utarming av dette nøkkelstoffet fra overflatevannet. Innholdet var hele tiden godt over grenseverdiene for å opprettholde dominans av kiselalger.

Eldre målinger fra Vestvannet (1991; Fylkesmannen i Østfold) viste 0,9 mg silikat pr liter som gjennomsnitt for sommersesongen (ikke vist). Silikat er dermed trolig ikke noe begrensende næringsstoff for kiselalgene i bassenget. Årsaken til at innholdet var høyere i 2008 er uvisst. Silikat påvirkes fortrinnsvis av forvitningsprosesser i nedbørsfeltet, og er bare i liten grad influert av menneskelig aktivitet.



Figur 5. Innholdet av silikat (mg/L) i Vestvannet og Borredalsdammen for ulike dager sommerhalvåret 2007 (venstre) og 2008 (høyre).

2.1.5 Næringssalter

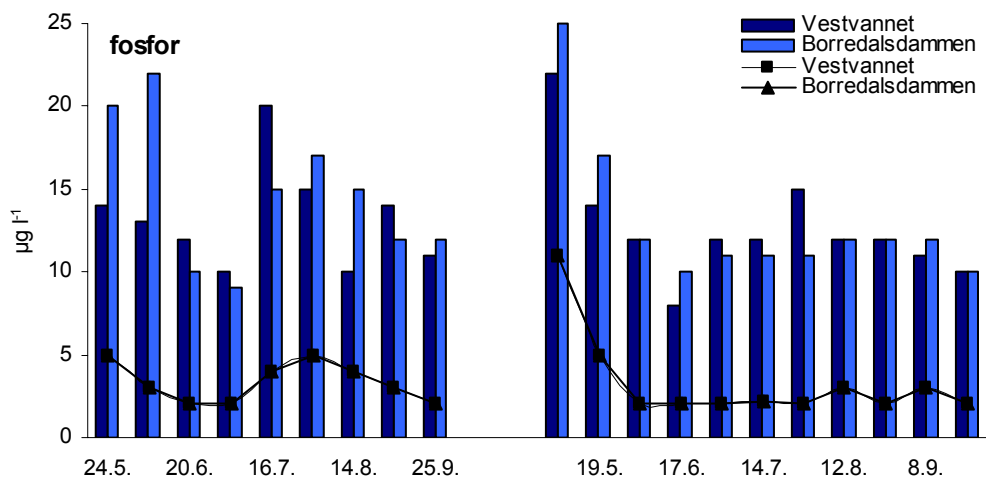
Fosfor og nitrogen er sentrale næringsstoffer for planteplanktonet. Særlig innholdet av fosfor er ofte utslagsgivende for hvor mye alger som dannes. Mange giftalger og blågrønnalger er knyttet til forhøyete verdier av næringssalter (eutrofiering), eller har en tendens til å oppstå om mengdeforholdet 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 µg/L, mens øvre grense for ”mindre egnet” er angitt som 20 µg/L. De nye egnethetsvurderingene fra NIVA (Solheim et al 2008) opprettholder disse grensene.

Innholdet av fosfor i de to bassengene for 2007 og 2008 er vist på **Figur 6**. Det er ingen tydelige forskjeller mellom de to seriene. Begge år er fosforinnholdet høyest i mai, noe som er rimelig med vårflom av høy utvasking fra nedbørsfeltet, både av fosforrike leire og av løst fosfat. Begge år har Borredalsdammen noe høyere innhold av totalt fosfor enn Vestvannet i vårsesongen. Senere gjennom sesongen forsvinner denne forskjellen, og de to systemene følger hverandre i stor grad. Gjennomsnittlig konsentrasjon av totalt fosfor varierte lite i de to bassengene, og var i Borredalsdammen henholdsvis 14,6 og 13 µg/L (12,7 - 15 µg/L). Dette plasserer vannet i kategorien ”Mindre egnet” etter egnethetsvurderingene nevnt ovenfor.

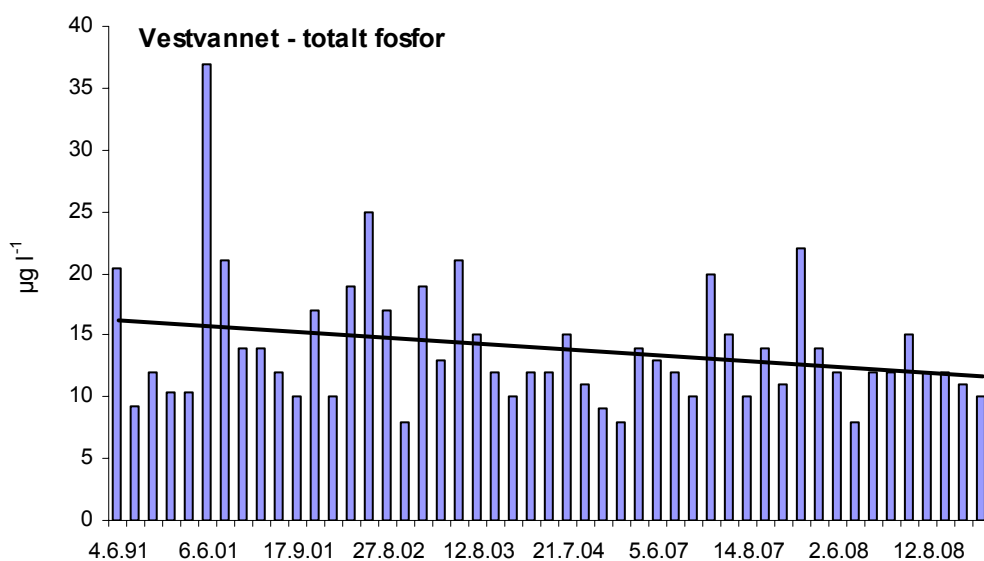
Fosfor er ofte begrensende næringsstoff for algeproduksjonen, og det er derfor viktig å overvåke denne variabelen. Fosforinnhold er også medbestemmende for fastsettelse av trofegrad, og ut fra våre målinger kan begge innsjøene karakteriseres som svakt mesotrofe.

En betydelig fraksjon av den totale fosformengden er vanligvis bundet til leirpartikler eller humus, og kan derfor ikke nyttes som plantenæring, slik tilfellet er med løst fosfat. Særlig oppmerksom bør man følgelig være på den andelen som foreligger i løst form (løst fosfat; linje på **Figur 6**). Fosfatinnholdet var nærmest identisk i de to vannene, og det var ingen signifikante forskjeller mellom de to årene. Også verdiene for løst fosfat indikerer at vannene skal klassifiseres som svakt mesotrofe.



Figur 6. Konsentrasjoner av fosfor i overflatevannet (0-4 m) for 2007 (venstre) og 2008 (høyre). Søyler angir totalt fosfor, linjer angir løst fosfat.

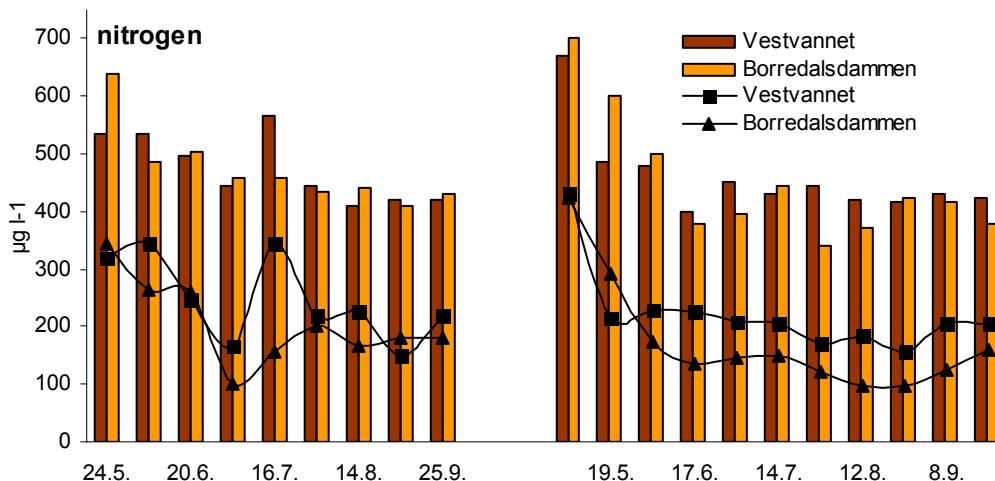
Vi har også foretatt en sammenstilling av verdiene for totalt fosfor i Vestvannet for årene 1991, 2001-2004 og 2007-08. Med forbehold om at data fra flere år ikke er tatt med, antyder trendlinjen en svak nedgang i fosforinnholdet i løpet av denne syttenårsperioden (**Figur 7**). En del av endringen er imidlertid forårsaket av et lite antall svært høye enkeltverdier. Slike høye fosforkonsentrasjoner er knyttet til episodiske flomsituasjoner, som gir en viss skjevhet i datasettet.



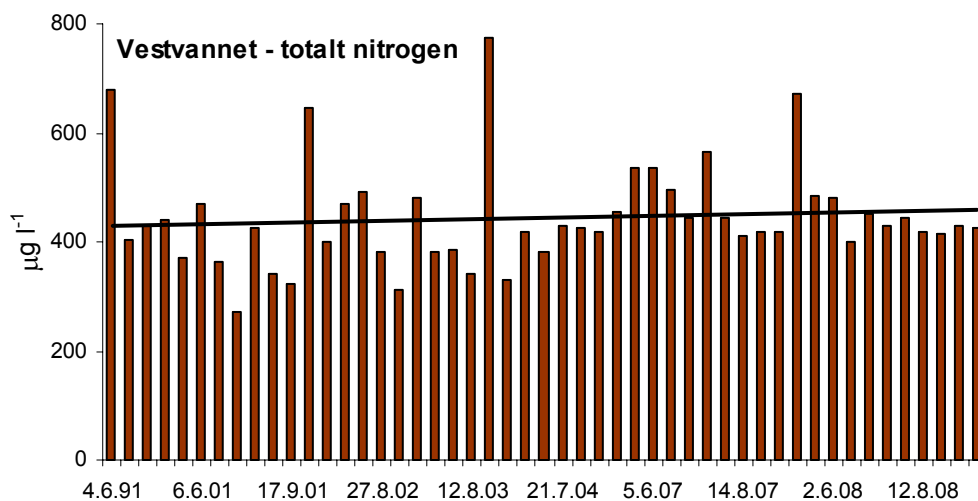
Figur 7. Innholdet av totalt fosfor i Vestvannet for utvalgte år (basert på egne data og data fra Fylkesmannen i Østfold). Trendlinjen markerer langtidse endringer for perioden.

Innholdet av totalt nitrogen og nitrat viser begge år et nesten identisk mønster for de to innsjøene (**Figur 8**), og det er heller ingen betydelige sesongsvingninger i innholdet av totalt nitrogen. Den løste, biotilgjengelige andelen av nitrogen (nitrat) er noe ulik i de to bassengene, med noe lavere verdier i Borredalen. Sammenligner vi med siktedyp for de to periodene da nitratinnholdet var særlig høyt, ser vi at siktedypet var tilsvarende lavt på disse datoene. Dette kan tyde på at de forhøyete nitratverdiene i

Vestvannet er koblet til flomepisoder i Glomma, med økt lokal avrenning av nitrat fra diffuse kilder oppstrøms, som har flommet inn i Vestvannet.



Figur 8. Nitrogen i overflatevannet (0-4 m) for 2007 (venstre) og 2008 (høyre). Søylar angir totalt nitrogen, og linjer angir løst nitrat.



Figur 9. Innholdet av totalt nitrogen i Vestvannet for utvalgte år (basert på egne data og data fra Fylkesmannen i Østfold). Trendlinjen markerer langtids endringer for perioden.

Om vi ser på innholdet av totalt nitrogen for den samme langtidsperioden som angitt for totalt fosfor (og med de samme forbehold), finner vi ikke den samme nedgangen som vi så for fosforinnhold (**Figur 9**). Årsakene til differansen mellom de to variablene er trolig å finne i nedbørsfeltet oppstrøms, uten at vi kan si noe sikkert om dette. At de to næringsstoffene ikke endrer seg simultant over de siste sytten år indikerer at kildene ikke er menneskelige utslipp. Fosforreduksjonen skyldes dermed trolig heller redusert innhold av leirepartikler (dvs fosfor kjemisk bundet til leire). Endrete driftsformer i landbruket, for eksempel mindre høstpløying, kan være medvirkende årsak til den ensidige svake reduksjonen i fosfor.

2.2 Algesamfunnet

2.2.1 Klorofyll, 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 man får et estimat 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, men dette er et mer tidkrevende arbeid. På grunnlag av dette kan man imidlertid også få mer detaljert kunnskap om problemalger, som for eksempel blågrønnalger. - Innholdet av algegifter, særlig microcystin, måles ved kjemisk analyse av vannprøver.

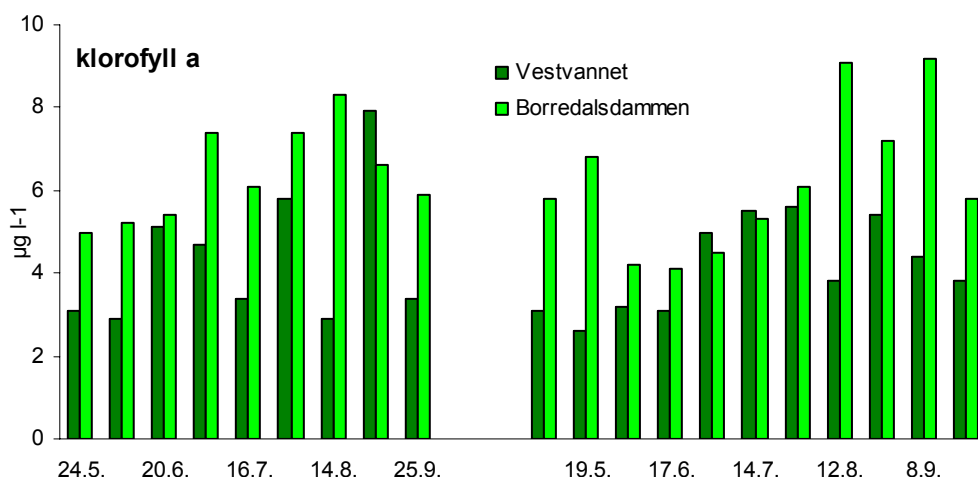
I SFTs klassifikasjonssystem for drikkevann var klorofyllmengden ikke en sentral parameter. Grunnen er at klorofyllinnholdet påvirkes av faktorer som ikke nødvendigvis er direkte knyttet til drikkevannskvalitet. Blant annet påvirkes mengden av hvor mye beitende zooplankton som finnes i vannet, noe som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

I NIVAs nye forslag til egnethet som drikkevann er det foretatt en justering, der grensen for ”godt egnet” mht klorofyll er satt til 3 µg/L, og nedre grense for ”mindre egnet” er satt til 10 µg/L (**Tabell 1**; Solheim et al 2008).

Mengden klorofyll a i overflatevannet over sommerhalvåret 2007 og 2008 er vist i **Figur 10**.

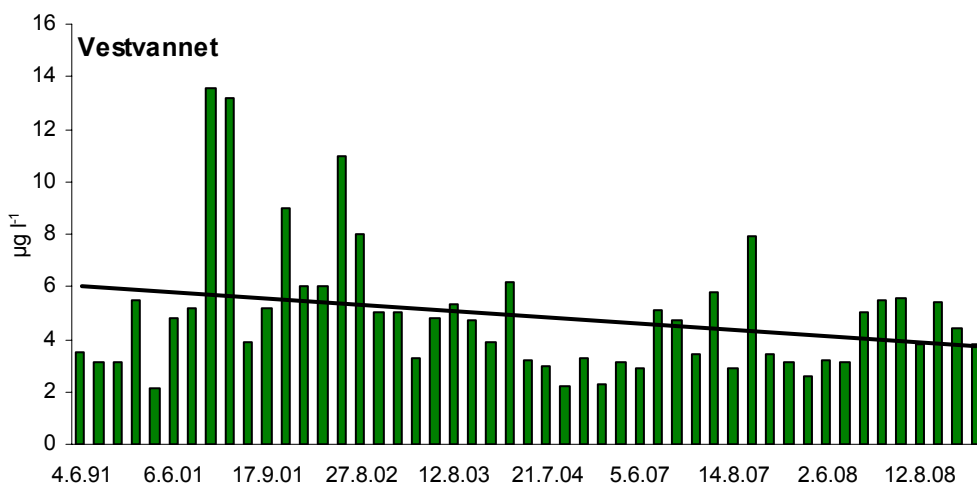
Borredalsdammen har et noe høyere klorofyllnivå enn Vestvannet, særlig i 2008. Høyeste konsentrasjoner her var 9,2 µg/L, mens tilsvarende verdi for Vestvannet var 5,6 µg/L. De høye enkeltverdiene henger trolig først og fremst sammen med meteorologiske forhold (varm værtype). Det er ingen entydige forskjeller mellom de to årene. Midlere klorofyllinnhold i 2008 var 4,1 (Vestvannet) og 6,2 µg/L (Borredalen).

Klorofyllverdiene er høyere enn det som er ønskelig. I henhold til de nye foreslåtte grenseverdiene for drikkevann er grensen for ”godt egnet” satt til <3 µg/L, som er klart under nivået i Borredalen idag. Klorofyllmengder >10 µg/L indikerer på den annen side at vannet er uegnet som drikkevann. Enkelte observasjoner i august ligger nær denne grensen. Et midlere klorofyllnivå på 6,2 µg/L indikerer at vannet er ”mindre egnet” for drikkevann, om man skal følge NIVAs nye egnethetskriterier.



Figur 10. Algemengde gitt som konsentrasjon av klorofyll a ($\mu\text{g/L}$) for 2007 (venstre) og 2008 (høyre).

En sammenstilling av klorofyll a for utvalgte år (1991, 2001-2004 og 2007-08; **Figur 11**) antyder en svak nedgang gjennom perioden (trendlinje **Figur 11**). Og om vi begrenser analysen til årene etter år 2000, er klorofyllkonsentrasjonen faktisk mer enn halvert (ikke vist grafisk). Mye av ulikheten genereres imidlertid av et lite antall høye enkeltmålinger i 2001 og 2002.



Figur 11. Innholdet av klorofyll a i Vestvannet ($\mu\text{g/L}$) for utvalgte år (basert på egne data og data fra Fylkesmannen i Østfold). Trendlinjen markerer langtids endringer for perioden.

For å undersøke sammensetningen av alger i vannet ble prøver analysert til art, og deres relative bidrag til total algebiomasse ble beregnet (μg våtvekt pr.liter, **Figur 13**). 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 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 algefloraen i både Vestvannet og Borredalsdammen.

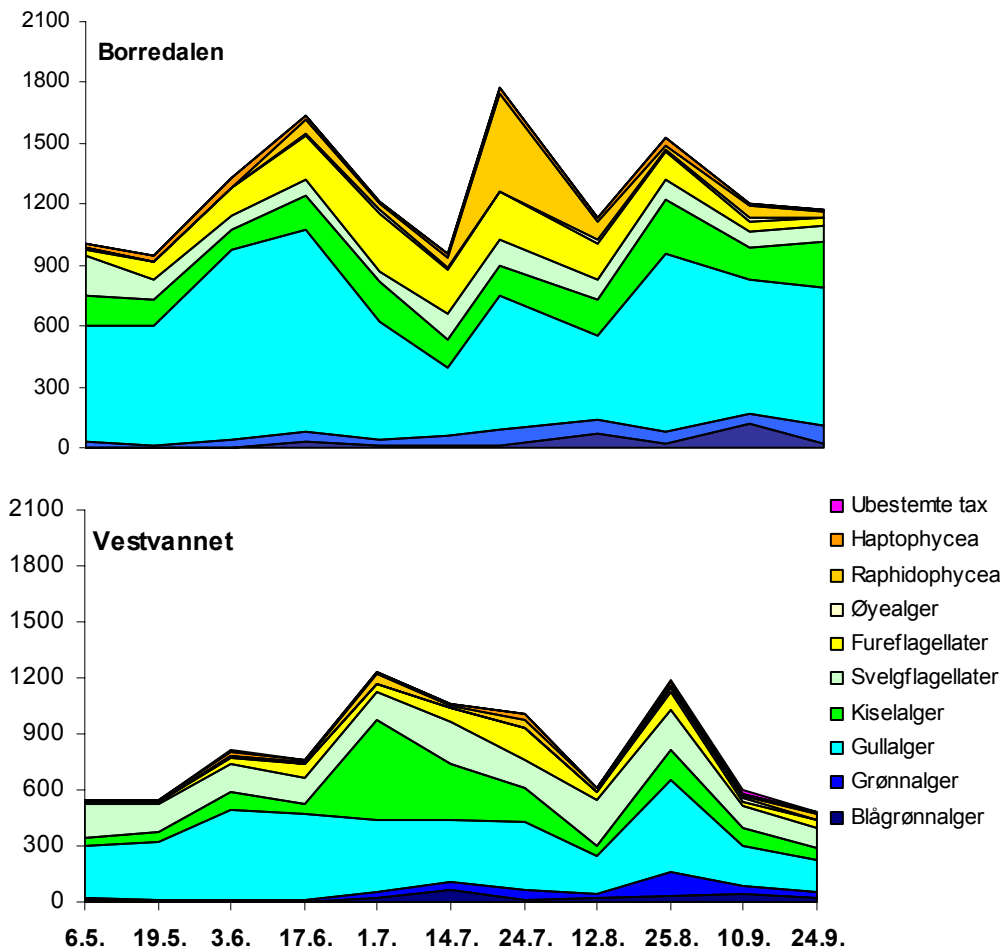
Algesamfunnet var noe ulikt i det to innsjøene, både i mengde og i sammensetning. Generelt var algemengden tydelig lavere i Vestvannet (**Figur 13**, nederst). De tre dominerende gruppene her var gullalger, svelgflagellater og kiselalger. Gullalgene besto hovedsakelig av små former som bare delvis

kunne artsbestemmes. Men også kjente former, som *Dinobryon* og *Mallomonas*, var representert med flere arter. Dette er alger som kan gi vannet en særegen (fisk- eller jordlignede) lukt hvis konsentrasjonene blir høye. Stoffene de skiller ut (særlig geosmin) kan under gitte forhold også gi sjenerende smak på vannet, men det har aldri vært rapportert om forgiftninger. *Dinobryon* har tidligere bidratt til luktproblemer i drikkevannet ulike steder i Østfold, og rapporter om sjenerende lukt i Vestvannet 2006 kan ha vært knyttet til høye forekomster av gullalger.

I juli kom det til en oppblomstring av kiselalger, med *Tabellaria* og *Asterionella* som dominerende slekter. Dette vurderes som et godt tegn, da kiselalger gjerne legger beslag på tilgjengelige næringsstoffer, og slik hemmer etableringen av potensielt giftdannende blågrønnalger.



Figur 12. To vanlige alger fra Vestvannet og Borredalen: Gullalgen *Dinobryon sp* (venstre; copyright Wim van Egmond) og *Asterionella fenestrata* (høyre; copyright cyclot.hp.infoseek.co.jp/).



Figur 13. Fordeling av ulike algegrupper (μg våtvekt/L) i overflatevannet for Borredalen (øverst) og Vestvannet (nederst) for 2008.

I Borredalsdammen kom det i august, på samme måte som året før, til en oppblomstring av *Gonyostomum semen* (markert som Raphidophyceae på figuren, se også **Figur 14**). Denne algen har trolig flyttet seg nordover gjennom Skandinavia etter krigen, og ble første gang påvist i Norge så sent som i 1989 (i Østfold). Den har senere blitt dominerende i en del innsjøer med innhold av humus, særlig på ettersommeren, når vannet er varmest. Algen er lite lyskrevende, og i sjøer med humusinnhold og mindre lys kan den bli sterkt dominerende. Ikke minst i Sverige har *Gonyostomum* skapt problemer. Ved oppblomstringer kan den produsere slim og forårsake hud-irritasjoner ved bading. Mer alvorlige plager har imidlertid ikke vært påvist.

Algemengde og artssammensetning i de to innsjøene viste i 2008 om lag samme trender og nivå som ifjor.



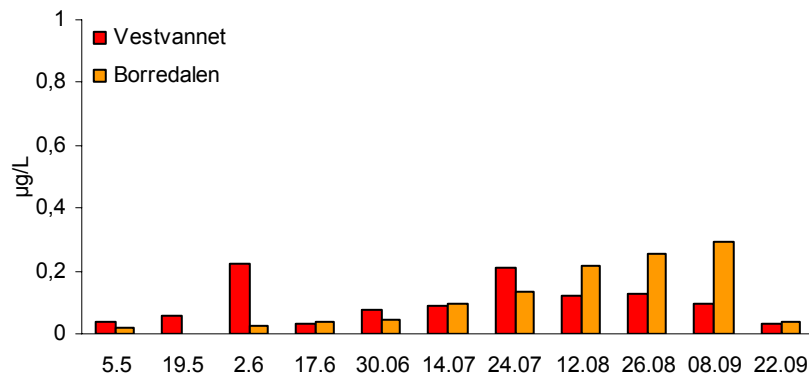
Figur 14. *Gonyostomum semen*. Algen måler ca 50 μm . (kilde: www.nhm.ac.uk).

2.2.2 Blågrønnalger

Innholdet av blågrønnalger var moderat i begge bassengene. Av identifiserte slekter dominerte *Aphanizomenon* og *Planktotrix sp.*. Blant de påviste artene er algegifter særlig assosiert med oppblomstringer av *Planktotrix*, men da ved større tettheter enn dem vi har målt i Vestvannet og Borredalsdammen.

Mikrocystin er den algegiften som erfaringsmessig kan forårsake redusert drikkevannskvalitet. Mikrocystin dannes av mange ulike blågrønnalger, og registreres ved om lag halvparten av alle algeoppblomstringer. Giften er levertoksisk, og vanlige symptomer er synsforstyrrelser, kvalme, diaré og leverskader. I større konsentrasjoner er giften dødelig. Enkelte blågrønnalger kan også produsere ukjente giftstoffer med protrahert giftvirkning (fordøyet effekt i museforsøk). WHO's anbefalte grenseverdi for mikrocystin i drikkevann er $1\mu\text{g/L}$, mens bading frarådes ved konsentrasjoner $>10\mu\text{g/L}$.

Punktmålinger høsten 2006 hadde vist et innhold av mikrocystin på $2,8\mu\text{g/L}$, noe som var medvirkende til at overvåking ble satt i gang året etter. Det året viste imidlertid bare svært lave konsentrasjoner. Resultatet for overvåkingen av mikrocystin er vist i **Figur 15**. Det var en moderat økende mengde mikrosystin i vannmassene ut over sommeren, men innholdet var som i 2007 lavt, og godt under den anbefalte grenseverdien.



Figur 15. Innhold av mikrocystin ($\mu\text{g/L}$) i overflatevann fra Vestvannet og Borredalsdammen.

3. Konklusjoner

NIVA har i samarbeid med FREVAR overvåket vannkvaliteten i Vestvannet og Borredalsdammen ved Fredrikstad i 2008, med særlig fokus på algeplankton og blågrønnalger. Resultatene er sammenholdt med data fra 2007 og 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 prøvetaking og – behandling, dels fra selve målemetoden og dels fra naturlige variasjoner i innsjøen. Man trenger derfor alltid flere målinger for å kunne avgjøre hvorvidt en endring skyldes naturlige variasjoner eller nye menneskelige påvirkninger.

Vestvannet og Borredalsdammen fremstår fra naturens side som to ganske ulike innsjøer, der man skulle forvente tydelige forskjeller i flere parametere. Den høye blandingen av vannmassene som oppstår ved pumping av vann over til Borredalen er trolig årsak til at vannkvaliteten i de to bassengene er så lik som den er.

Innsjøene fremstår som svakt mesotrofe klarvannssjøer, med middels innhold av næringssalter. Innholdet av både totalt fosfor og klorofyll-a har tilsynelatende gått ned gjennom den perioden vi har hatt data for, og det meste av algesamfunnet utgjøres av arter som er vanlige i Østfolds innsjøer, og som ikke er giftproduserende. Generelt var algeinnholdet lavt i innsjøene, men i år noe høyere i Borredalen enn i Vestvannet. Forekomsten av blågrønnalger var beskjeden, men giftproduserende arter, som *Planktotrix*, ble påvist.

Det ble påvist microcystin på ettersommeren, men i lave konsentrasjoner.

4. Litteratur

- Bratli, J.L. (red.). 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. SFT veiledning 97:04.
- Rohrlack, T. og M. Lindholm. 2007. Overvåking av vestvannet/Borredalsdammen i Østfold, 2007. NIVA rapport 5527-2008.
- 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