

Overvåking av Vestvannet og Borredalsdammen i Østfold, 2009



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 og Borredalsdammen i Østfold, 2009 | Løpenr. (for bestilling) 5905-2010 | Dato 28.1.2010 |
| | Prosjektnr. Undernr. 29155 | Sider Pris 21 |
| Forfatter(e) Markus Lindholm | Fagområde Vannressurs- forvaltning | Distribusjon Fri |
| | Geografisk område Østfold | Trykket NIVA |

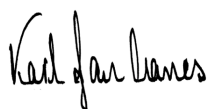
| | |
|--|--------------------------------------|
| Oppdragsgiver(e) FREVAR KF, Fredrikstad | Oppdragsreferanse René Karstensen |
|--|--------------------------------------|

| |
|--|
| <p>Sammendrag</p> <p>Det er gjennomført en overvåking av vannkvaliteten i Vestvannet og Borredalsdammen ved Fredrikstad gjennom sommeren 2009. 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 parametre holdt seg uendret i 2009. Lengre tidsserier antydnet en moderat reduksjon i fosforinnholdet for Vestvannet, og innholdet av klorofyll-a har også gått ned. Det ble i 2009 bare registrert moderate mengder blågrønnalger i innsjøene, og bare sporadiske funn av algegiften mikrocystin.</p> |
|--|

| | |
|---|---|
| <p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Overvåking av blågrønnalger 2. Drikkevann 3. Vestvannet 4. Borredalsdammen | <p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Monitoring of cyanobacteria 2. Drinking water 3. Lake Vestvannet 4. Lake Borredalsdammen |
|---|---|



Markus Lindholm
Prosjektleder



Karl Jan Aanes
Forskningsleder



Bjørn Faafeng
Seniorrådgiver

Overvåking av Vestvannet og Borredals- dammen i Østfold, 2009

Forord

Rapporten redegjør for resultatene av NIVAs overvåking av Vestvannet og Borredalsdammen i 2009, med bakgrunnsdata fra tidligere år. Oppdragsgiver har vært FREVAR KF i Fredrikstad. Undersøkelsen er gjennomført i henhold til avtale av april 2009.

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 2008, og data fra Fylkesmannen i Østfold (Østfoldprosjektet).

Ansvarlig for innsamling av prøver har vært Rene Karstensen, FREVAR KF. Algeanalyser er utført på NIVA av Camilla Hedlund Corneliussen og Bianka Pauly. Kjemiske analyser er utført på NIVA-lab av June Charlotte Ek. Thomas Rohrlack, NIVA, har kvalitetssikret arbeidet med blågrønnsalger og algetoksiner. Undertegnede har vært prosjektleder og har stått for bearbeiding av data, vurdering og sammenstilling til rapport.

Oppdragsgiver og medarbeidere takkes for godt samarbeid.

Oslo 28.1.2010.

Markus Lindholm
Prosjektleder

Innhold

| | |
|--|-----------|
| 1. Innledning | 7 |
| 2. Resultater og diskusjon | 9 |
| 2.1 Fysiske rammer | 9 |
| 2.1.1 Oksygen og temperatur | 9 |
| 2.1.2 Siktedyp | 10 |
| 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 | 18 |
| 3. Konklusjoner | 20 |
| 4. Litteratur | 21 |

Sammendrag

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) har gjennomført en overvåking av vannkvaliteten i Vestvannet og Borredalsdammen ved Fredrikstad i 2009, 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 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 i 2009, men det var noe høyere i Borredalsdammen. Forekomsten av blågrønnalger var beskjeden, men giftproduserende arter, som *Planktothrix*, ble påvist. Algetoxinet mikroscystin ble bare påvist to ganger og i 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 2009, 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 County, and are not toxic. The general algae content in the two lakes was low. Occurrence of cyanobacteria was low, but toxic species, such as *Planktothrix*, were present. Microcystin was detectable at two events solely, and in low concentrations.

Title: Monitoring of Lake Vestvannet and Lake Borredalsdammen in Østfold, 2009.

Year: 2009

Author: Markus Lindholm

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: 978-82-577-5640-6

1. Innledning

Vestvannet og Borredalsdammen utenfor Fredrikstad 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.

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. 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) og i 2008 av Lindholm (2008). Denne overvåkingen ble videreført i 2009.

Kriterier for egnethet til drikkevann har siden 1997 vært basert på NIVA og SFTs klassifiserings-system (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 mikrosystin-mengden ikke skal overskride 1 µg/L, noe 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 |

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

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

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

Datagrunnlaget for denne rapporten er innhentet ved 11 prøvetakinger i perioden mai til oktober 2009. Prøver ble innhentet den 19. mai, 9. juni, 23. juni, 7. juli, 21. juli, 4. august, 18. august, 1. september, 15. september, 29. september og 13. oktober.

Vurderingene er 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 samt innhold av blågrønnalger: Arter og mengde. mikrocystin.

I tillegg til årets overvåkingsdata er data fra 2007, 2008 og data fra Fylkesmannen Østfold lagt til grunn for å avdekke eventuelle langtidstrender.

2. Resultater og diskusjon

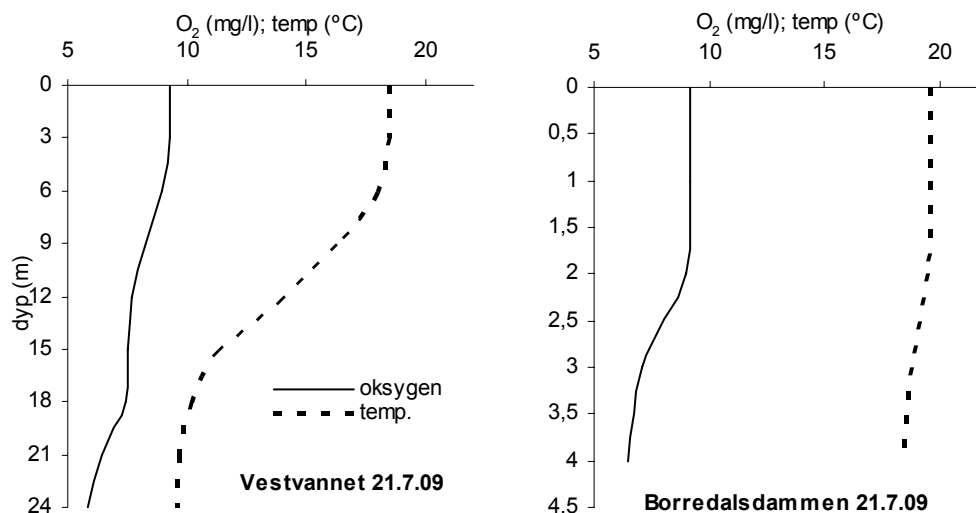
I det følgende gis en gjennomgang av de ulike parametrene som ble overvåket, med drøftelser av årsaker og sammenligninger med tidligere data.

2.1 Fysisk-kjemiske egenskaper

Både de fysisk-kjemiske faktorene og livet i en innsjø bestemmes i stor grad av variasjon i temperatur, siktedyp, turbiditet (målt som STS, suspendert svevstoff) 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

Oksygen og temperatur ble målt ved hjelp av en YSI- probe (600 OMS V2). **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 5-6 meters dyp (sprangsjikt), før man kommer over i det tunge, kalde dypvannet (hypolimnion). Dette er atskilt fra overflatevannet og har et separat, 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 figur 1 inneholdt vannet rikelig med oksygen også i dypet, noe som er viktig ikke bare for organismene, men også for hvordan plantenæringsstoffer (nitrogen og fosfor) oppfører seg. Faktisk registrerte vi en viss økning i oksygenmengden 2-3 meter under overflaten. I denne sonen er det fortsatt nok lys til å opprettholde fotosyntese og algenes produksjon av oksygen. Mens overflatevannet avgir overskuddet av oksygen til atmosfæren skjer dette i mindre grad leger nede i vannsøylen, 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.



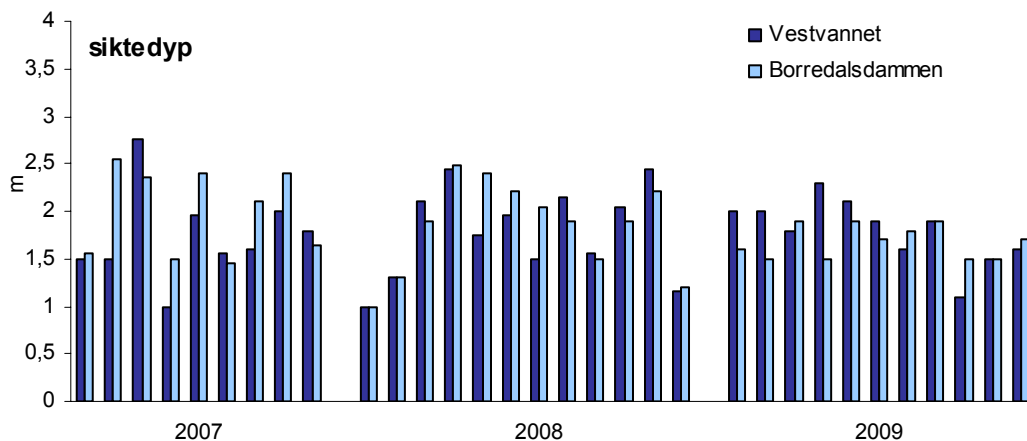
Figur 1. Vertikal fordeling for oksygeninnhold (mg/L) og temperatur (°C) for Vestvannet (venstre) og Borredalsdammen (høyre), 21. juli 2009. Det var bare små forskjeller mellom de to bassengene.

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 sommersesongene 2007 til 2009. Det er ingen vesentlige forskjeller mellom de tre årene, eller mellom de to innsjøene. Noe lavere siktedyp i Vestvannet gjennom enkelte perioder (for eksempel våren 2008) henger trolig sammen med innstrømming av flomvann fra Glomma, og økt tilførsel av leirpartikler. Andre perioder har Borredalsdammen muligens hatt noe mer redusert siktedyp (forsommeren 2009). Leirpartiklene sedimenterer utover forsommeren, men gjør at Vestvannet gjerne 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 1 til 2 x siktedypet, avhengig av vannets farge. Dette tilsier at det meste av fotosyntesen i vannet foregår i de øverste 3-4 meterne. Enkelte blågrønnalger er imidlertid i stand til å opprettholde fotosyntesen også ved noe svakere lys enn dette.



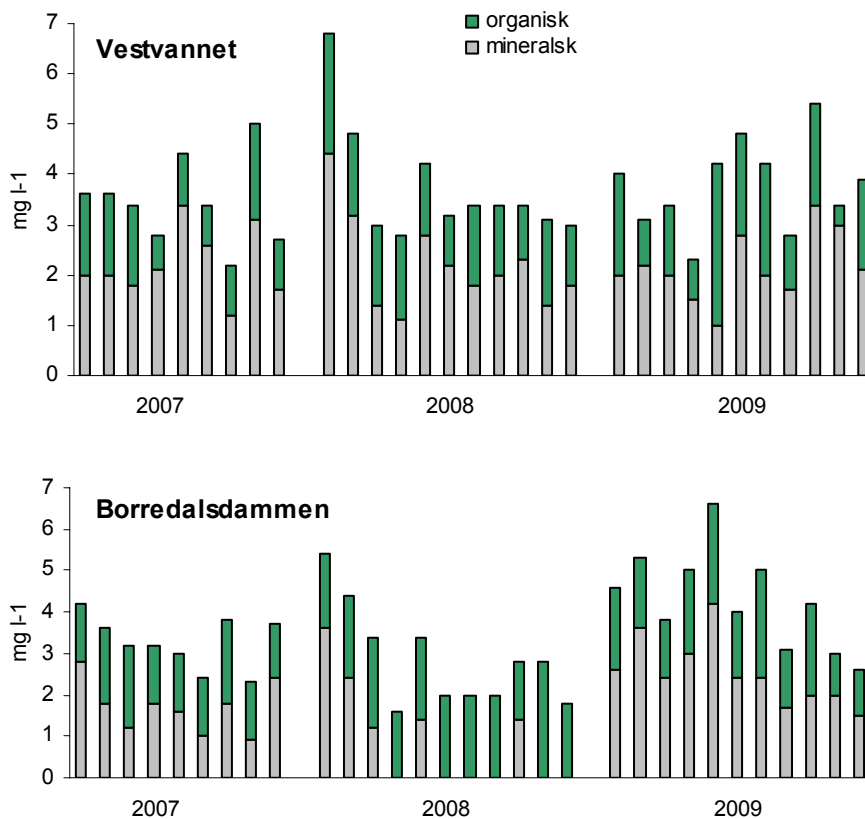
Figur 2. Målinger av siktedyp i Vestvannet og Borredalsdammen for årene 2007 - 2009.

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.

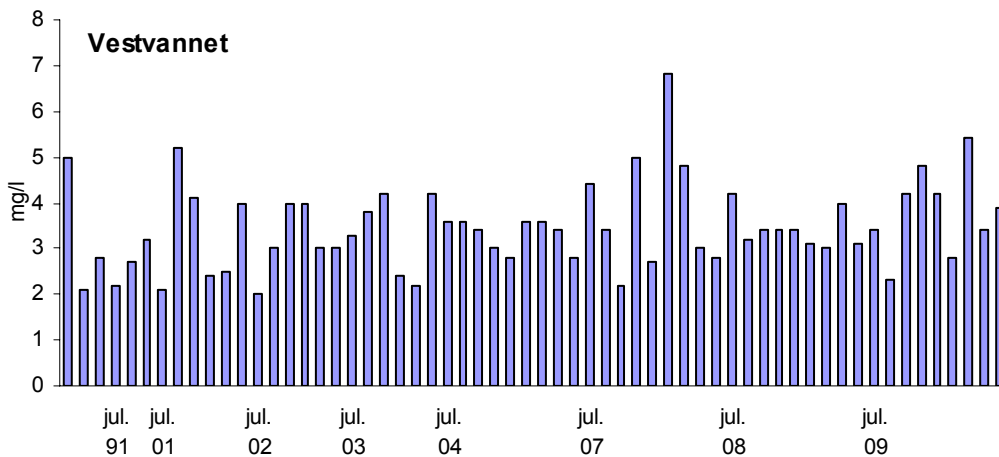
Figur 3 viser partikkelmengden i Vestvannet og Borredalsdammen for de tre siste år, som totalt suspendert tørrstoff (STS, mg/L). De ulike fraksjonene for mineralisk (grå) og organisk stoff (grønn) er markert. Mønsteret som kommer frem passer godt med de målingene av siktedypet antyder.

Vestvannet hadde et noe høyere innhold av STS i 2007 og 2008. Dette merbidraget skyldes fortrinnsvis et større innslag av mineralpartikler (leire), særlig i flomperioder (mai), slik det må forventes i slike elvepåvirkede sjøer. I 2009 var innholdet av mineralske partikler i Borredalsdammen høyere enn årene før, særlig på forsommeren, da den også var noe høyere enn i Vestvannet. Resultatene for de tre siste årene viser at det ikke var noen klare endringer i partikkelmengden i Vestvannet. I Borredalsdammen var middelverdien for suspendert tørrstoff i 2009 signifikant høyere (4,29 mg/l) enn årene før (2007: 3,27 og 2008: 2,96 mg/l), og den var også høyere enn middelverdien for Vestvannet 2009 (3,77 mg/l). Økningen er knyttet til den mineralske andelen, og kan tenkes å være forårsaket av endret prøvetaking: Grunnet lav vannstand i bassenget i 2009 ble vannprøvene tatt med stang fra demningen. Dette har trolig forårsaket et ekstra tilskudd av leirpartikler til prøvene fra demningsveggen.



Figur 3. Innholdet av suspendert tørrstoff (mg/L) for 2007-2009 i Vestvannet og Borredalsdammen. 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 tre siste år (basert på egne data og data fra Fylkesmannen i Østfold). Det er en svak, ikke-signifikant økning i innholdet av STS for perioden.



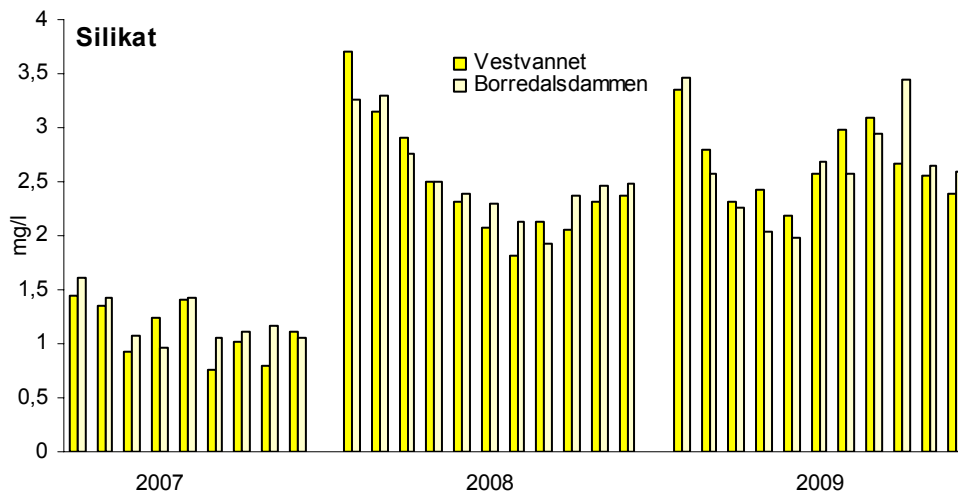
Figur 4. Innholdet av suspendert svevstoff i Vestvannet for utvalgte år (basert på egne data og data fra Fylkesmannen i Østfold).

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 tre siste år. Innholdet av silikat har ligget signifikant høyere de to siste år enn 2007. Mønsteret for 2008 og 2009 er ellers typisk for silikatdynamikken i nordiske sjøer. Verdiene er fallende fra våren og utover sommeren, ettersom silikat forbrukes av kiselalgene. Den sterke blandingen av vannmassene i Vestvannet bidrar trolig til en resirkulering av silikat fra bunnvannet også gjennom sommeren, da innsjøer ordinært stagnerer, og hindrer utarming av dette nøkkelstoffet fra overflatevannet. Innholdet av silikat var hele tiden tilstrekkelig til å opprettholde en dominans av kiselalger i algesamfunnet.

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 har vært høyere i 2008 og 2009 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 gjennom sommerhalvåret 2007-2009.

2.1.5 Næringsalter

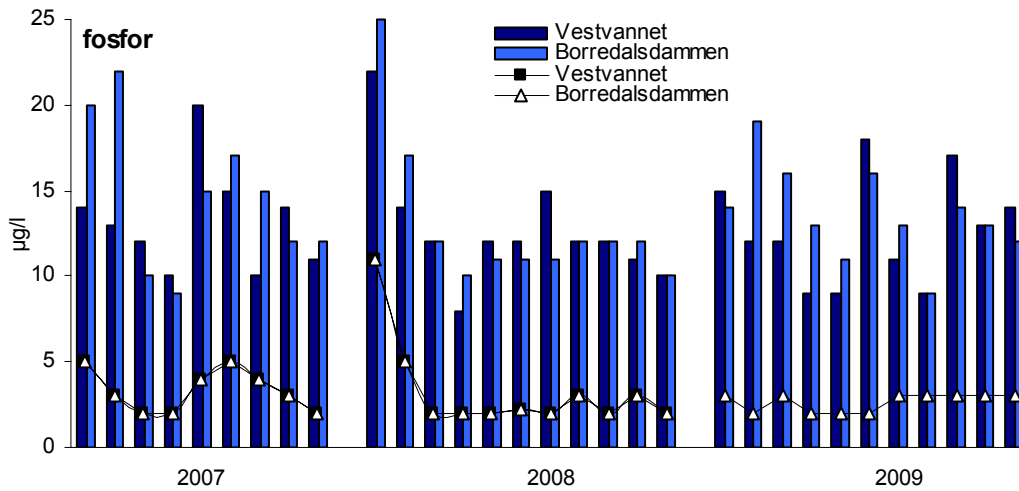
Fosfor og nitrogen er sentrale næringsstoffer for planteplanktonet. Særlig innholdet av fosfor er ofte utslagsgivende for hvor mye alger som dannes. Mange giftalger og blågrønnalger er knyttet til forhøyete verdier av næringsalter (eutrofiering), eller har en tendens til å oppstå om mengdeforholdet mellom nitrogen og fosfor forskyves. Betegnelsene totalt fosfor og totalt nitrogen omfatter alle fraksjoner, både det som er 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 ha informasjon om den 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, målt som totalt fosfor og løst fosfat, for sommersesongene 2007, 2008 og 2009 er vist på **Figur 6**. Det er ingen tydelige forskjeller mellom de tre måleseriene. Alle årene har et fosforinnhold som er noe forhøyet på forsommeren, noe som er rimelig med vårflokk og tilhørende utvasking fra nedbørsfeltet, både av fosforrik leire og av løst fosfat. Borredalsdammen har noe høyere innhold av totalt fosfor enn Vestvannet om våren. 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, 13 og 13,6 µg P/L de tre siste år. Dette plasserer vannet i kategorien ”Mindre egnet” etter egnethetsvurderingene nevnt ovenfor.

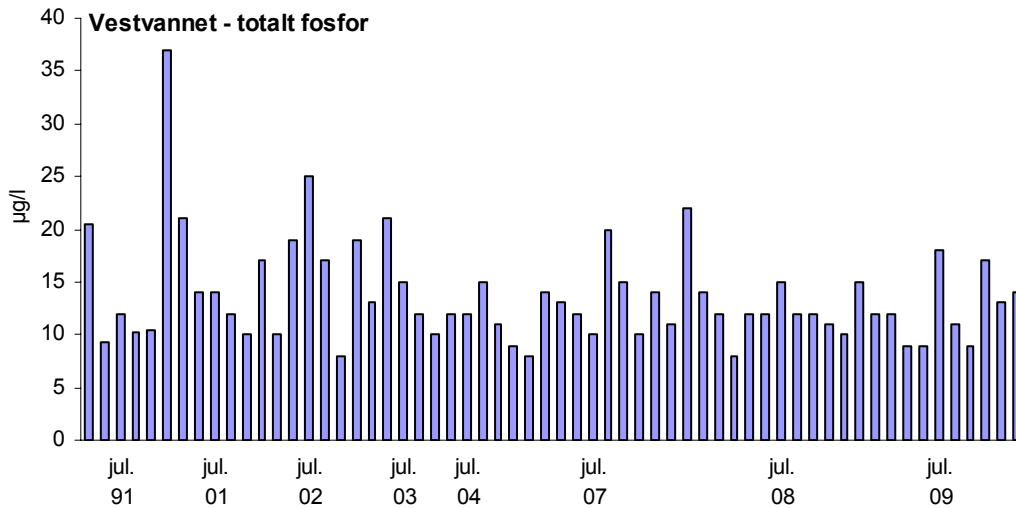
Fosfor er ofte begrensende næringsstoff for algeproduksjonen. Fosforinnhold er også medbestemmende for fastsettelse av trofegrad, og ut fra våre målinger kan begge innsjøene karakteriseres som svakt mesotrofe.

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 følge 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 tre 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 sommersesongene 2007-2009. Søylar angir totalt fosfor, linjer angir løst fosfat.

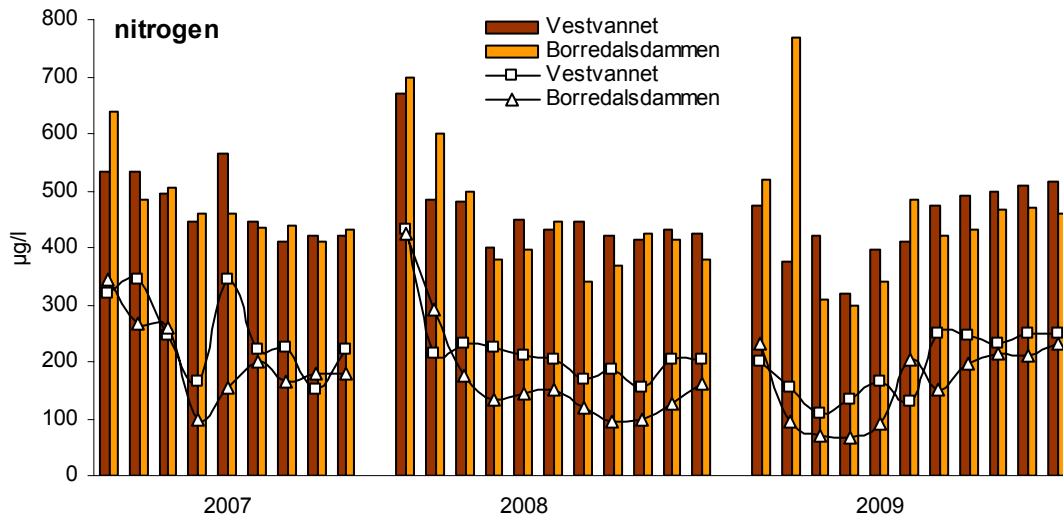
Vi har også foretatt en sammenstilling av verdiene for totalt fosfor i Vestvannet for årene 1991, 2001-2004 og 2007-2009. Med forbehold om at data fra flere år ikke er tatt med, antyder trendlinjen en svak nedgang i fosforinnholdet i løpet av denne attenårsperioden (**Figur 7**). En del av denne endringen er imidlertid forårsaket av et lite antall høye enkeltverdier i 2001-2003. Slike høye fosforkonsentrasjoner er knyttet til episodiske flomsituasjoner, og gir en viss skjevhet i datasettet.



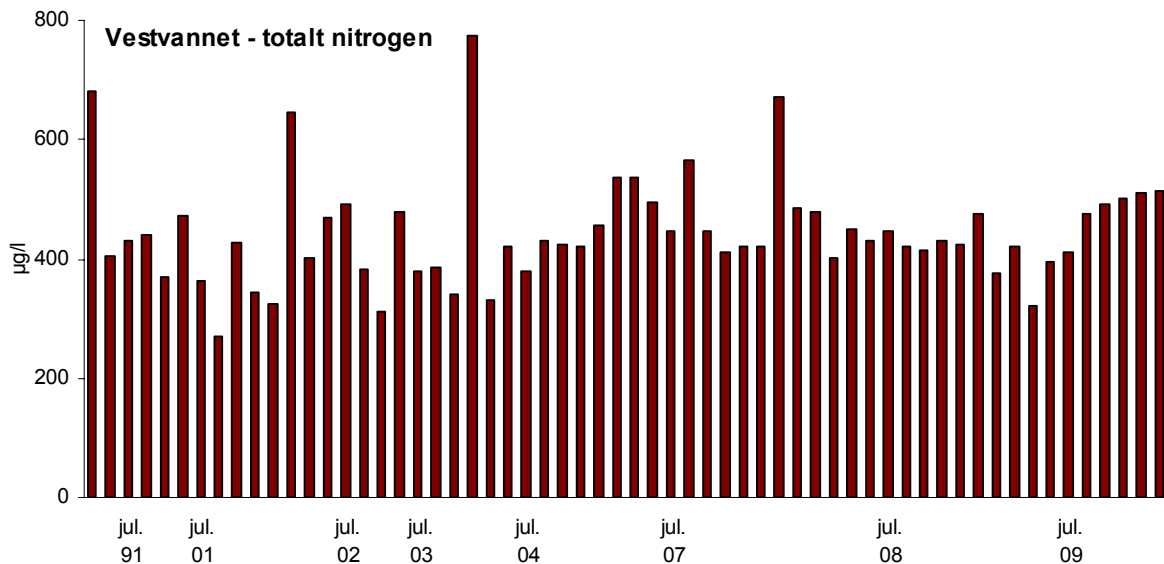
Figur 7. Innholdet av totalt fosfor i Vestvannet for utvalgte år (basert på egne data og data fra Fylkesmannen i Østfold).

Innholdet av totalt nitrogen og nitrat viser generelt et forholdsvis likt mønster for de to innsjøene (**Figur 8**), og det er heller ingen betydelige sesongsvingninger i innholdet av totalt nitrogen. En enkeltmåling fra Borredalsdammen innhentet 9.juni 2009 viste hele 770 µg totalt nitrogen/L. Årsaken er uklar, men kan være knyttet til måten prøvene ble tatt på (se ovenfor). Den løste, biotilgjengelige andelen av nitrogen (nitrat) er noe ulik i de to bassengene, med noe lavere verdier i Borredalen. Sammenligner man med siktedyp for de periodene da nitratinholdet var særlig høyt, ser man at

siktedypet ofte var noe forhøyet på disse datoene. Dette indikerer 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 perioden 2007-2009. Søyler 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).

Figur 9 viser innholdet av totalt nitrogen i Vestvannet for utvalgte år etter 1991. Det er ingen klare trender for perioden, men antydningvis kan det tenkes å ha skjedd en svak økning av nitrogeninnholdet. At fosfor og nitrogen ikke har endret seg simultant over de siste sytten år indikerer at kildene ikke primært er menneskelige utslipp. Fosforreduksjonen skyldes dermed trolig heller redusert innhold av leirepartikler (dvs fosfor kjemisk bundet til leire). Også 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

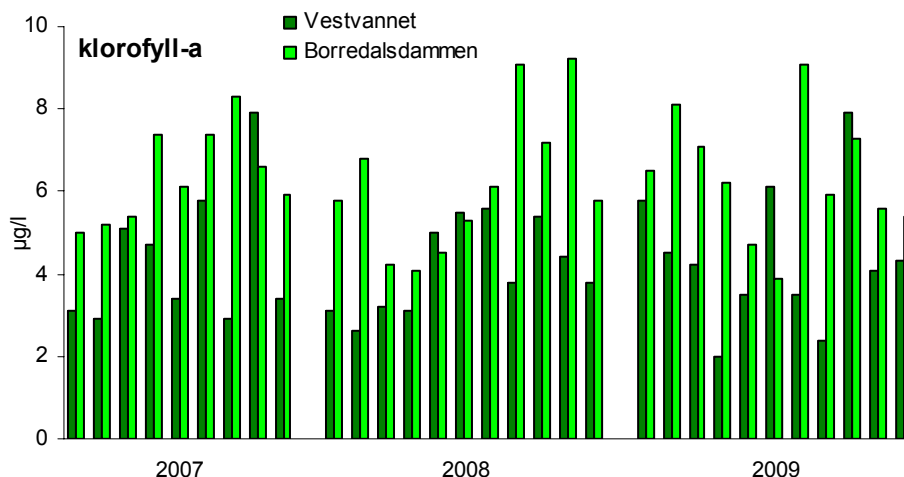
Produksjonen av organisk stoff i vannet bestemmes av den totale mengden alger som produseres til enhver tid. Mengden bestemmes i stor grad av innholdet av nitrogen og fosfor. Å beregne den faktiske mengden alger i vannet kan være vanskelig, men man får et estimat ved å analysere mengden klorofyll. – 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).

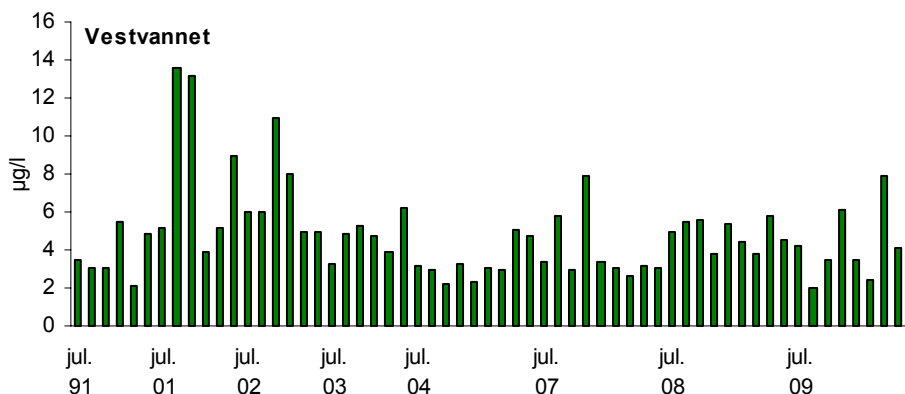
Mengden klorofyll-a i overflatevannet over sommersesongene 2007-2009 er vist i **Figur 10**. Borredalsdammen har et noe høyere klorofyllnivå enn Vestvannet. Høyeste konsentrasjoner her i 2009 var 9,1 µg/L, mens tilsvarende verdi for Vestvannet var 7,9 µg/L. De høye enkeltverdiene henger trolig først og fremst sammen med meteorologiske forhold (varm værtype). Det er ingen entydige forskjeller mellom de tre årene. Midlere klorofyllinnhold i 2009 var 4,4 (Vestvannet) og 6,3 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 for de tre siste årene ligger nær denne grensen, særlig på ettersommeren. Et midlere klorofyllnivå på 6,3 µg/L, slik det altså var tilfelle i Borredalen i 2009, indikerer at vannet er ”mindre egnet” for drikkevann, om man skal følge NIVAs nye egnethetskriterier.



Figur 10. Algemengde i Vestvannet og Borredalsdammen gitt som konsentrasjon av klorofyll-a ($\mu\text{g/L}$) for perioden 2007-2009.

En sammenstilling av klorofyll-a for utvalgte år (1991, 2001-2004 og 2007-09; **Figur 11**) antyder en svak nedgang gjennom perioden. Og om vi begrenser analysen til årene etter år 2000, er klorofyllkonsentrasjonen blitt tydelig lavere (ikke vist grafisk). Mye av reduksjonen skyldes imidlertid et lite antall høye enkeltmålinger i 2001 og 2002.



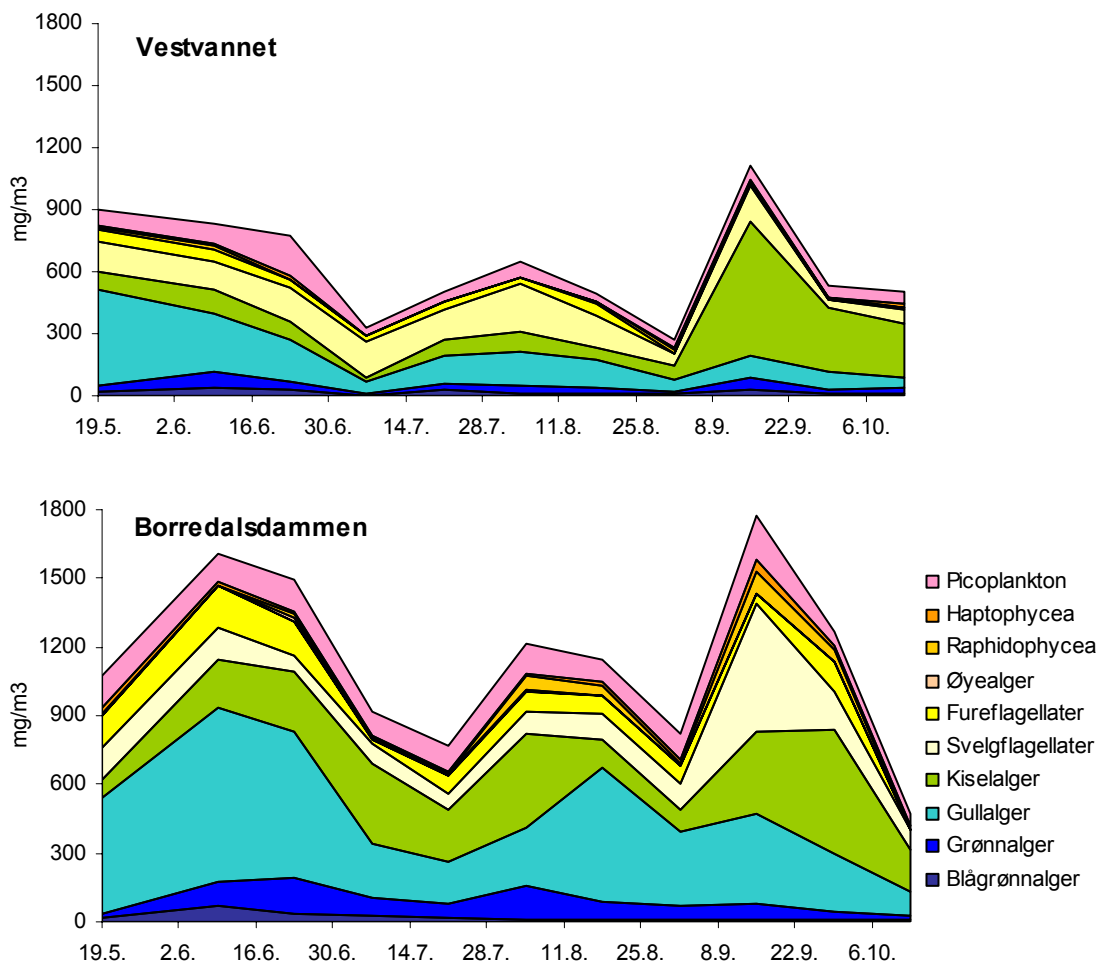
Figur 11. Innholdet av klorofyll-a i Vestvannet ($\mu\text{g/L}$) for utvalgte år (basert på egne data og data fra Fylkesmannen i Østfold).

For å undersøke sammensetningen av alger i vannet ble prøver analysert til art, og deres relative bidrag til total algebiomasse ble beregnet (mg våtvekt pr.m^3). 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. I begge innsjøene gikk algesamfunnet igjennom tre tydelige topper, på henholdsvis forsommeren, i slutten av juli og i september (**Figur 12**). Generelt var algemengden tydelig lavere i Vestvannet. De tre dominerende gruppene var i begge bassengene gullalger, svelgflagellater og kiselalger. Gullalgene besto

hovedsakelig av små former som bare delvis kunne artsbestemmes. Men også kjente former, særlig *Dinobryon*, 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. Kiselalgene var dominert av slekter som *Fragilaria* og *Tabellaria*.

Algemengde og artssammensetning i de to innsjøene viste om lag samme trender og nivå i 2009 som i de to forutgående årene.



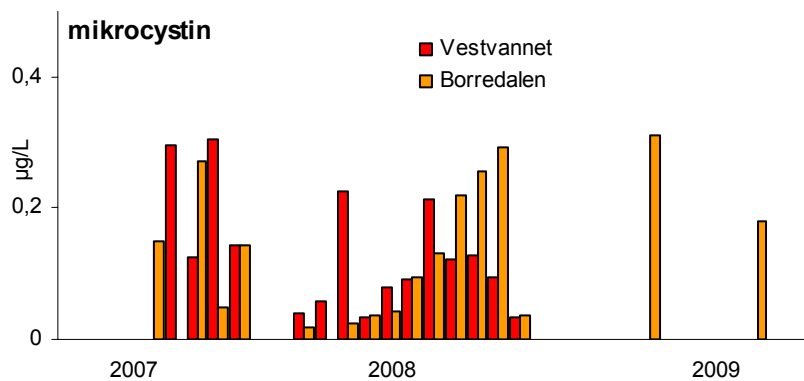
Figur 12. Fordeling av ulike algegrupper (mg våtvekt/m³) i overflatevannet for Vestvannet (øverst) og Borredalsdammen (nederst) for 2009.

2.2.2 Blågrønnalger

Innholdet av blågrønnalger var moderat i begge bassengene. Av identifiserte slekter dominerte *Jaaginema sp.* og *Planktothrix sp.*. Blant de påviste artene er algegifter særlig assosiert med oppblomstringer av *Planktothrix*, 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 protrauert giftvirkning (fordroyet effekt i museforsøk). WHO's anbefalte grenseverdi for mikrocystin i drikkevann er $1\text{ }\mu\text{g/L}$, mens bading frarådes ved konsentrasjoner $>10\text{ }\mu\text{g/L}$.

Punktmålinger høsten 2006 hadde vist et innhold av mikrocystin på $2,8\text{ }\mu\text{g/L}$, noe som var medvirkende til at overvåking ble satt i gang året etter. Resultatet for overvåkingen av mikrocystin for de tre siste år er vist i **Figur 13**. I 2007 kom det til moderat produksjon av mikrocystin i begge bassenger på ettersommeren, og også i 2008 ble det påvist små mengder toxin over det meste av prøveperioden. Innholdet var imidlertid lavt, og godt under den anbefalte grenseverdien. I 2009 har det bare registrert mikrocystin i vannprøvene ved to anledninger. I begge tilfellene var det prøver fra Borredalen, og innholdet har vært lavt ($0,31$ og $0,18\text{ }\mu\text{g/L}$).



Figur 13. Innhold av mikrocystin ($\mu\text{g/L}$) i overflatevann (0-4 m) fra Vestvannet og Borredalsdammen.

3. Konklusjoner

NIVA har i samarbeid med FREVAR overvåket vannkvaliteten i Vestvannet og Borredalsdammen ved Fredrikstad i 2009, med særlig fokus på algeplankton 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 prøvetaking og prøvebehandling, 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 2008 og 2009 har det vært noe mer alger i Borredalen enn i Vestvannet. Forekomsten av blågrønnalger var beskjeden, men giftproduserende arter, som *Planktothrix*, ble påvist.

Mikrocystin ble bare påvist ved to anledninger, begge ganger i Borredalsdammen, men i lave konsentrasjoner.

4. Litteratur

Bratli, J.L. (red.). 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. SFT veiledning 97:04.

Lindholm, M. 2008. Overvåking av Vestvannet/Borredalsdammen i Østfold, 2008. NIVA-rapport 5718-2008.

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