

# Overvåking av Vestvannet og Borredalsdammen i Østfold, 2011



**Hovedkontor**

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

**Sørlandsavdelingen**

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

**Østlandsavdelingen**

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

**Vestlandsavdelingen**

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

**NIVA Midt-Norge**

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

|   |  |                     |
|---|--|---------------------|
| Tittel<br>Overvåking av Vestvannet og Borredalsdammen i Østfold, 2011 | Løpenr. (for bestilling)<br>6254-2011    | Dato<br>15.12.2011  |
|   | Prosjektnr. Undernr.<br>10224            | Sider Pris<br>25    |
| Forfatter(e)<br>Markus Lindholm                                       | Fagområde<br>Vannressurs-<br>forvaltning | Distribusjon<br>Fri |
|   | Geografisk område<br>Østfold             | Trykket<br>NIVA     |

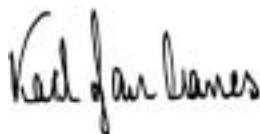
|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| Oppdragsgiver(e)<br>FREVAR KF, Fredrikstad | Oppdragsreferanse<br>René Karstensen |
|--|--------------------------------------|

|  |
|--|
| <p>Sammendrag</p> <p>Det er gjennomført en overvåking av vannkvaliteten i Vestvannet og Borredalsdammen ved Fredrikstad gjennom sommeren 2011. 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 viste at det ikke er noen tydelige endringer i konsentrasjonen av plantenæringsstoffer. Lengre tidsserier antyder en moderat reduksjon i fosforinnholdet for Vestvannet, og innholdet av klorofyll-a har også gått noe ned. Algebiomassen, som sist år var lavere enn forventet, var i 2011 på linje med det som har vært målt tidligere år. Det ble i 2011 bare registrert små mengder blågrønnalger i innsjøene, og algegiften mikrocystin ble ikke påvist.</p> |
|--|

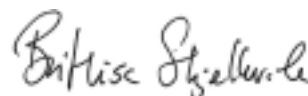
|   |   |
|---|---|
| <p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Overvåking av blågrønnalger</li> <li>2. Drikkevann</li> <li>3. Vestvannet</li> <li>4. Borredalsdammen</li> </ol> | <p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Monitoring of cyanobacteria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



Markus Lindholm  
Prosjektleder



Karl Jan Aanes  
Forskningsleder



Brit Lisa Skjelkvåle  
Forskningsdirektør

**Overvåking av Vestvannet og Borredalsdammen i  
Østfold, 2011**

## Forord

Rapporten redegjør for resultatene av NIVAs overvåking av Vestvannet og Borredalsdammen i 2011, med bakgrunnsdata fra tidligere år. Oppdragsgiver har vært FREVAR KF i Fredrikstad. Undersøkelsen er gjennomført i henhold til avtale av april 2011.

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 perioden 2007-2010, og data fra Fylkesmannen i Østfold (Østfoldprosjektet).

Ansvarlig for innsamling av prøver har vært Renè Karstensen, FREVAR KF. De har også vært ansvarlig for analysene av mikrocystin. Algeanalyser er utført på NIVA av Camilla C. Hagman. Kjemiske analyser er utført på NIVAs akkrediterte laboratorium i Oslo. Undertegnede har vært prosjektleder og har stått for bearbeiding av data og sammenstilling til rapport.

Oppdragsgiver og medarbeidere takkes for godt samarbeid.

Oslo 15.12.2011.

*Markus Lindholm*  
*Prosjektleder*

---

# Innhold

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Innledning</b>                         | <b>7</b>  |
| <b>2. Resultater og diskusjon</b>            | <b>9</b>  |
| 2.1 Fysisk-kjemiske egenskaper               | 9         |
| 2.1.1 Oksygen og temperatur                  | 9         |
| 2.1.2 Siktedyp                               | 10        |
| 2.1.3 Suspendert stoff                       | 11        |
| 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 og algetoksiner          | 20        |
| <b>3. Konklusjoner</b>                       | <b>21</b> |
| <b>4. Litteratur</b>                         | <b>22</b> |
| <b>5. Vedlegg</b>                            | <b>23</b> |

---

## Sammendrag

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) har gjennomført overvåking av vannkvaliteten i Vestvannet og Borredalsdammen ved Fredrikstad i 2011. Resultatene er sammenholdt med data fra tidligere år. I vurderingen av egnethet for drikkevann er NIVAs oppdaterte forslag (Solheim m.fl. 2008) tatt inn og benyttet 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 kan ha gått noe ned gjennom den perioden vi har data for, mens innholdet av silikat har vært forhøyet de siste fire år. Det meste av algesamfunnet utgjøres av arter som er vanlige i Østfolds innsjøer, og de er ikke giftproduserende. Algeinnholdet i innsjøene var i 2011 vesentlig høyere enn i 2010, og mer på linje med det som øvrige år i overvåkingsperioden har hatt. Forekomsten av blågrønnalger var beskjeden, og algetoxinet mikrocystin ble ikke funnet ved noen målinger.

## Summary

Norwegian Institute for Water Research (NIVA) has conducted a monitoring survey of the water quality in Lake Vestvannet and Lake Borredalsdammen in Fredrikstad in 2010, with focus on planktonic algae and cyanobacteria. The findings are compared to data from previous years. NIVAs new proposition for suitability criteria for drinking water (Solheim et al. 2008) is taken into consideration in the 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 algal community are common in the lakes of Østfold County, and are not toxic. The algae concentration in the two lakes was in line with the general trend from previous years. Occurrence of cyanobacteria was low, and microcystin was not detected in the water column in 2011.

Title: Monitoring of Lake Vestvannet and Lake Borredalsdammen in Østfold County, SE Norway, 2011.

Year: 2011

Author: Markus Lindholm

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: 978-82-577-5989-6

# 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, men med gjennomstrømming til Ågårdselva. Vann tilføres fra elva ved stigende vannføring i Glomma, men kan også strømme tilbake 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, lukket basseng, som næres av 14 bekker av varierende størrelse. Maksimalt dyp er i det midtre området og 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 drikkevannsreservoaret 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 m<sup>3</sup> vann pr døgn.

I 2006 ble det registrert sjenerende lukt i drikkevanskilden 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 tidligere overvåking er rapportert i Rohrlack og Lindholm (2007), Lindholm (2008) og Lindholm (2010, 2010). Denne overvåkingen ble videreført inneværende år.

Kriterier for egnethet til drikkevann har siden 1997 vært basert på NIVA og KLIFs 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 KLIF levert forslag til reviderte kriterier for drikkevannskvalitet (Solheim m.fl. 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 m.fl., 2008).

| <i>Parameter</i>          | <i>Benevning</i> | <i>Godt egnet</i> | <i>Egnet</i>    | <i>Mindre egnet</i> | <i>Ikke egnet</i> |
|---------------------------|------------------|-------------------|-----------------|---------------------|-------------------|
| <i>E. coli</i> *          | ant/100 ml       | 0 <sup>90</sup>   | 0 <sup>70</sup> | 0 <sup>60</sup>     | 0 <sup>50</sup>   |
| Intestinale enterokokker* | ant/100 ml       | 0 <sup>90</sup>   | 0 <sup>70</sup> | 0 <sup>60</sup>     | 0 <sup>50</sup>   |
| 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 ved 11 prøvetakinger i perioden mai til oktober 2011. Prøver ble innhentet den 10. mai, 31. mai, 14. juni, 5. juli, 19. juli, 2. august, 16. august, 29. august, 13. september, 27. september og 11. oktober.

Vurderingene er basert på følgende parametere:

- 1) Generell vannkjemi: Siktedyp, temperatur, oksygen, suspendert stoff (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, samt konsentrasjoner av mikrocystin.

I tillegg til årets overvåkingsdata er data fra 2007-2010 og data fra Fylkesmannen Østfold lagt til grunn for å avdekke eventuelle langtidstrender. Alle kjemiske enkeltdata finnes i vedlegget.

## 2. Resultater og diskusjon

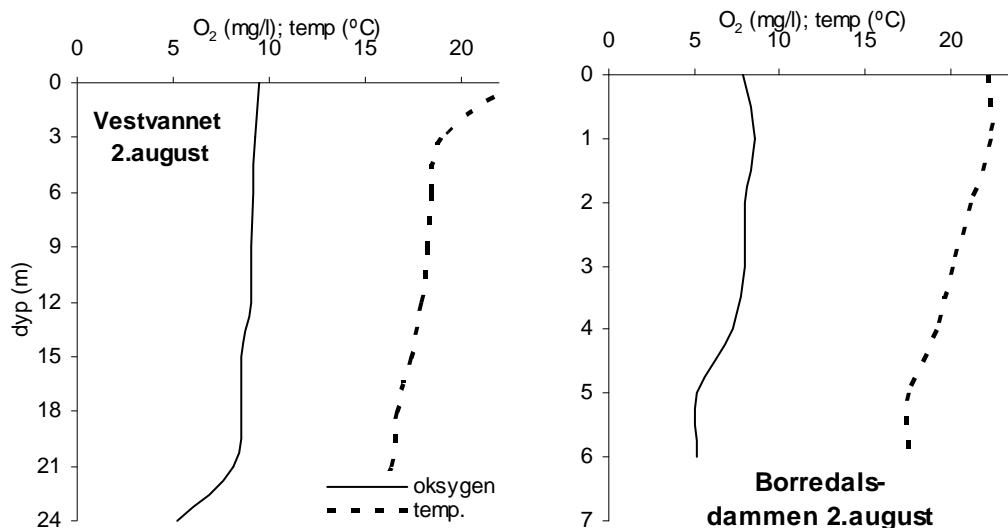
I det følgende gis en gjennomgang av de ulike parametrene som ble overvåket, med drøftelser av årsaker og sammenligninger med tidligere data.

### 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 stoff) 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 2.august. Temperaturen i overflatevannet var ca 22 °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, særlig i Borredalen (henholdsvis gjennom innstrømmende vann fra Glomma og innpumping fra Vestvannet og overføring til ledningsnettet). Som det fremgår av figuren inneholdt også dypvannet i Vestvannet rikelig med oksygen, noe som er viktig ikke bare for organismene, men også for hvordan plantenæringsstoffer (nitrogen og fosfor) oppfører seg og hvordan organisk stoff brytes ned. Mønsteret her tilsier at autotrofe prosesser dominerer over heterotrofe (dvs nedbrytende, bakterielle og respirative), noe som er gunstig i forvaltningsøyemed. I Borredalsdammen har det enkelte år vært tendes til en viss sjiktning, men den fuktige og kjølige sommeren bidro trolig at slik strukturering ikke utviklet seg i 2011.



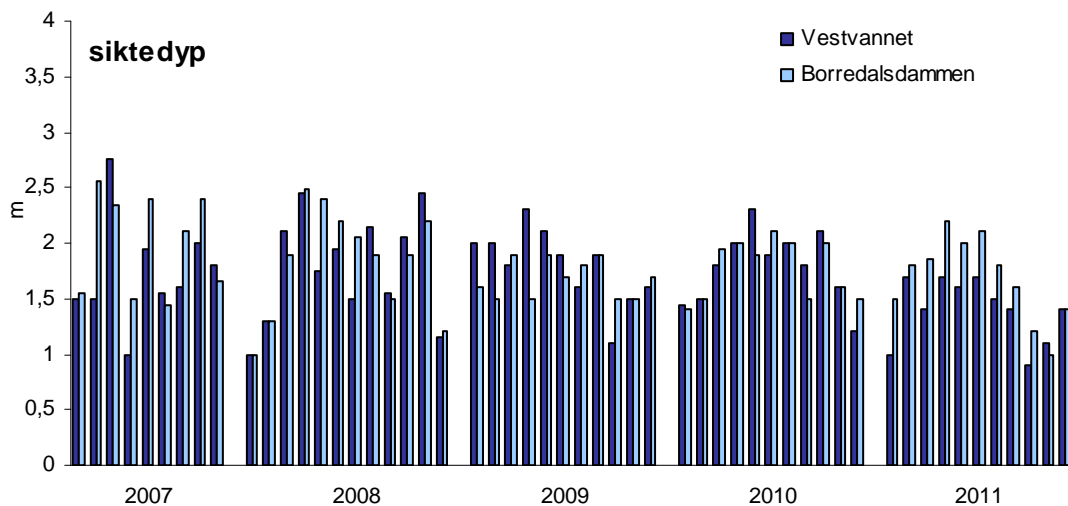
**Figur 1.** Vertikal fordeling for oksygeninnhold (mg/L) og temperatur (°C) for Vestvannet (venstre) og Borredalsdammen (høyre), 2.august 2011. Den dårlige sjiktningen er typisk for gjennomstrømningsinnsjøer. Bunnvannet i Borredalsdammen var forholdsvis godt oksygenert gjennom hele sommeren.

### 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 og grunnleggende informasjon om mengden partikler i vannet og vannets egenfarge. 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 2011. Det er ingen vesentlige forskjeller mellom de fem årene, men vannet var noe mer klart i Borredalen enn i Vestvannet i 2011. Den fuktige sommeren vi har hatt har trolig bidratt til en viss økning av leirpartikler, som imidlertid til en viss grad synker ut og sedimenterer i Vestvannet, før vannet pumpes over til Borredalen. Middelverdien av leirfraksjonen (STS) i Vestvannet var i 2011 3,3 mg/L, mens den i Borredalen kun var 2, noe som bekrefter dette. Forskjellene er imidlertid marginale.

Vanligvis regner man 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.

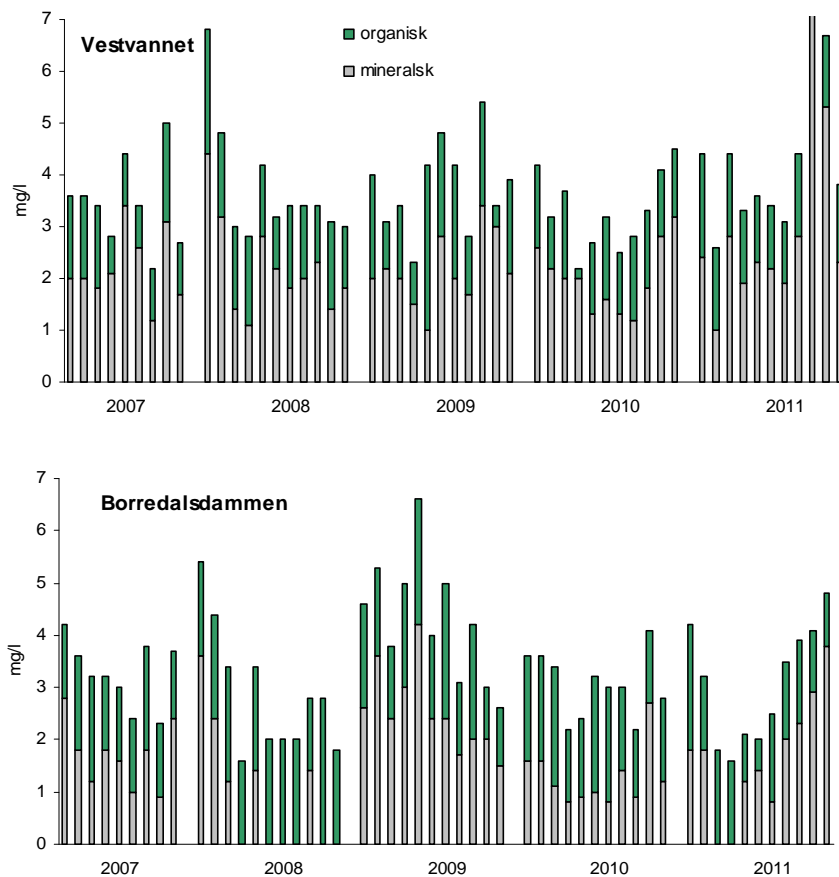


**Figur 2.** Siktedyp i Vestvannet og Borredalsdammen for årene 2007 - 2011.

### 2.1.3 Suspendert stoff

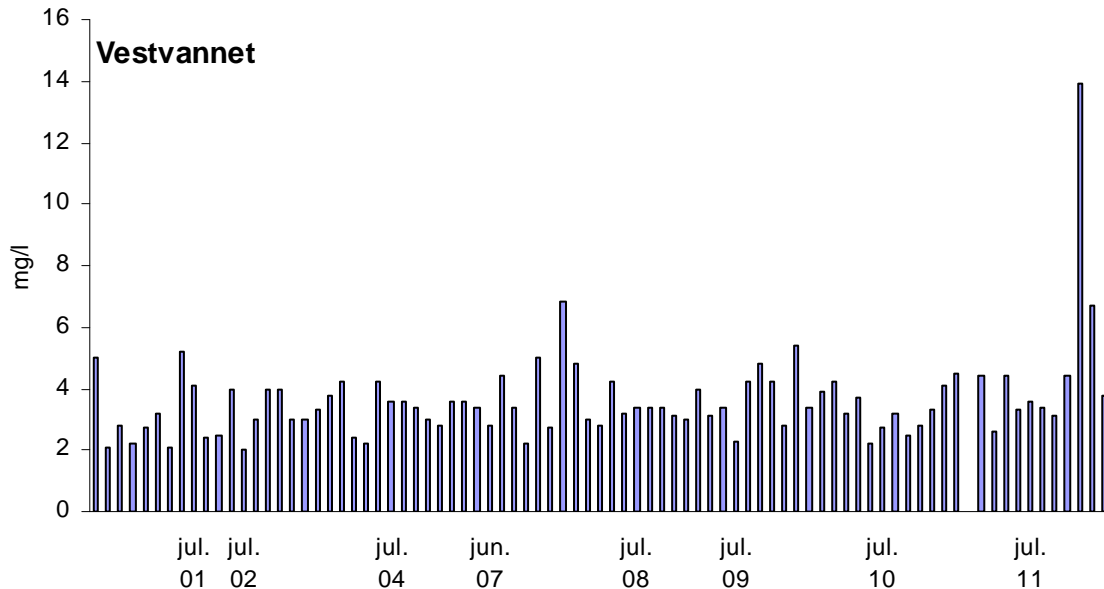
*Partikkelmengden i innsjøer kan mer presist måles ved å filtrere et vannvolum. Vekten av filtratet defineres som totalt suspendert stoff (STS), og måles i mg/L. Ved oppvarming til 550 °C fjernes den organiske fraksjonen, og tilbake blir den andelen som er mineralpartikler (særlig silt, til en viss grad også 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 fem siste årene, som totalt suspendert stoff (STS, mg/L). Generelt er innholdet av partikler moderat til lavt i begge bassenger. 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 skyldes fortrinnsvis et større innslag av mineralpartikler (leire), særlig i flomperioder (mai), slik det må forventes i elvepåvirkede sjøer. I 2010 har partikkelinnholdet i Vestvannet en viss dominans av mineralske partikler, dvs silt og leire, om våren og høsten, mens den organiske andelen er noe mindre. Om sommeren er imidlertid forholdet omvent, med noe forhøyet andel av organiske partikler og algeplankton. I Borredalsdammen er trenden gjennom sommeren mindre variabel, men generelt er innholdet av organiske partikler dominerende. Inneværende år viser et mønster som er på samme nivå som årene forut, men med en flomdominert prøve fra 13. september, da innholdet av suspendert stoff i Vestvannet var 13,9 mg/L. Dette besto imidlertid i stor grad av leire, og toppen var kortvarig, da noen tilsvarende høy verdi ikke ble observert samme dag i Borredalen (her var konsentrasjonen samme dag 3,9 mg/L).



**Figur 3.** Innholdet av suspendert stoff (mg/L) for 2007-2011 i Vestvannet og Borredalsdammen. Fraksjoner av organisk og mineralisk stoff er markert.

**Figur 4** viser innholdet av suspendert stoff i Vestvannet for 1991, for 2001-2004 og for 2007-2011 (basert på egne data og data fra Fylkesmannen i Østfold). Det er ingen klare endringer for perioden.



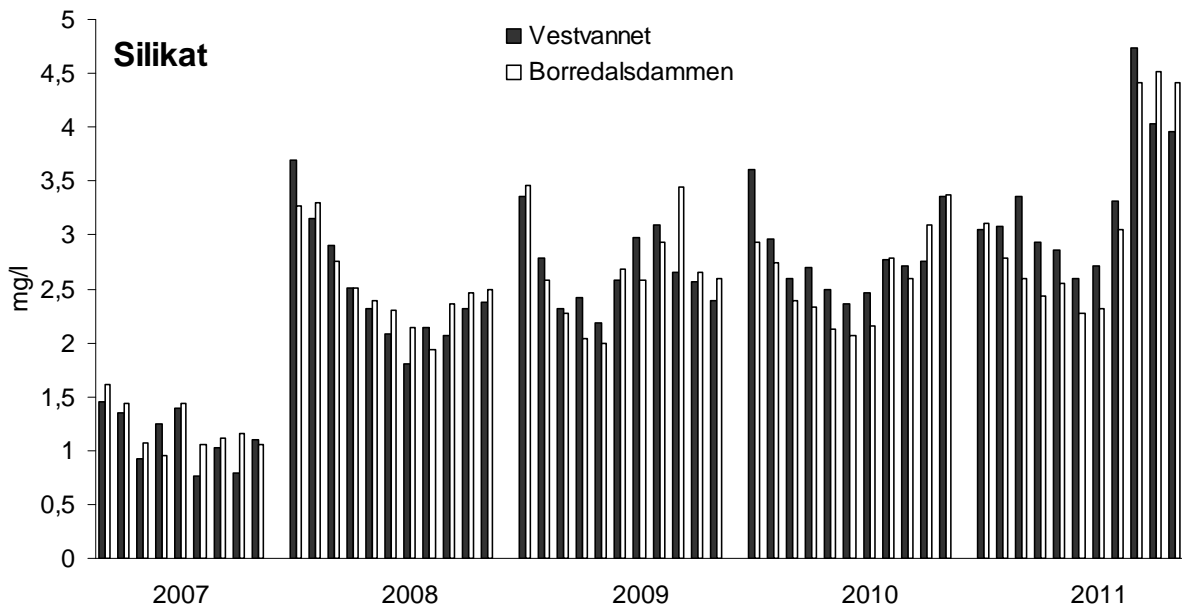
**Figur 4.** Innholdet av suspendert stoff i Vestvannet for utvalgte år (basert på egne data og data fra Fylkesmannen i Østfold).

#### 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. Bli 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) gjennom sommerhalvåret de fem siste år. Innholdet av silikat var lavt i 2007, og mer sammenlignbart med 1996, da middelveidien for sesongen var 0,9 mg/L. De siste fire årene har konsentrasjoner av silikat ligget høyere, med høyest middelveid i 2011 (3,33 mg/L). Mønsteret 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 viss 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.

Silikat er sannsynligvis ikke noe begrensende næringsstoff for kiselalgene i bassenget. Årsaken til at innholdet har vært høyere de fire siste årene er usikkert. Silikat påvirkes fortrinnsvis av forvittringsprosesser i nedbørsfeltet, og er etter hva man vet bare i liten grad influert av menneskelig aktivitet.



**Figur 5.** Innholdet av silikat (mg/L) i Vestvannet og Borredalsdammen gjennom sommerhalvåret 2007-2011.

### 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 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 m.fl. 2008) opprettholder disse grensene.

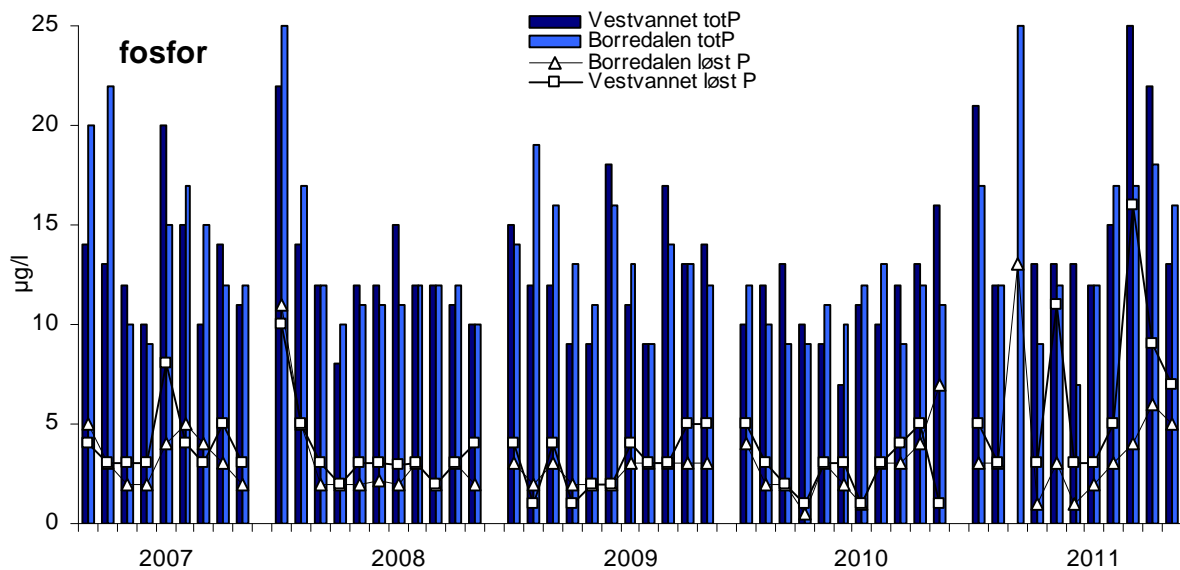
Innholdet av fosfor i de to bassengene, målt som totalt fosfor og løst fosfat, for sommersesongene 2007 til 2011 er vist på **Figur 6**. Det er ingen tydelige forskjeller mellom de fem måleseriene. Alle årene har et fosforinnhold som er noe forhøyet på forsommeren, noe som er rimelig med vårflom og tilhørende utvasking fra nedbørsfeltet, både av fosforrik leire og av løst fosfat fra menneskelig aktivitet. Borredalsdammen har enkelte år hatt noe høyere innhold av totalt fosfor enn Vestvannet om våren, men i 2011 var tendesen heller noe høyere verdier i Vestvannet. Én verdi for Vestvannet er ikke tatt med i figuren (se ellers vedlegg). Den stammer fra vannprøven fra 14.juni, og viste 3932 µg tot P/L og 123 µg løst fosfat/L. Prøven ble analysert to ganger, men med samme resultat. Vi har ingen god

forklaring på den ekstremt høye enkeltverdien, men også nitrogenverdien var forhøyet denne dagen, og også i Borredalen var det høyere konsentrasjoner enn normalt. Det var imidlertid ingen økning i STS, noe som gjerne skjer ved episodisk flom.

Generelt er imidlertid forskjellene små mellom de to bassengene. Årlig gjennomsnittskonsentrasjon av totalt fosfor i Borredalsdammen var henholdsvis 14,6, 13,0 13,6, 10,7 og 14,7  $\mu\text{g P/L}$  de fem siste år. Dette plasserer vannet i kategorien "Mindre egnet" i årene 2007 til 2009 og inneværende år, og i klassen "Egnet" i 2010, om man legger kriteriene nevnt ovenfor til grunn.

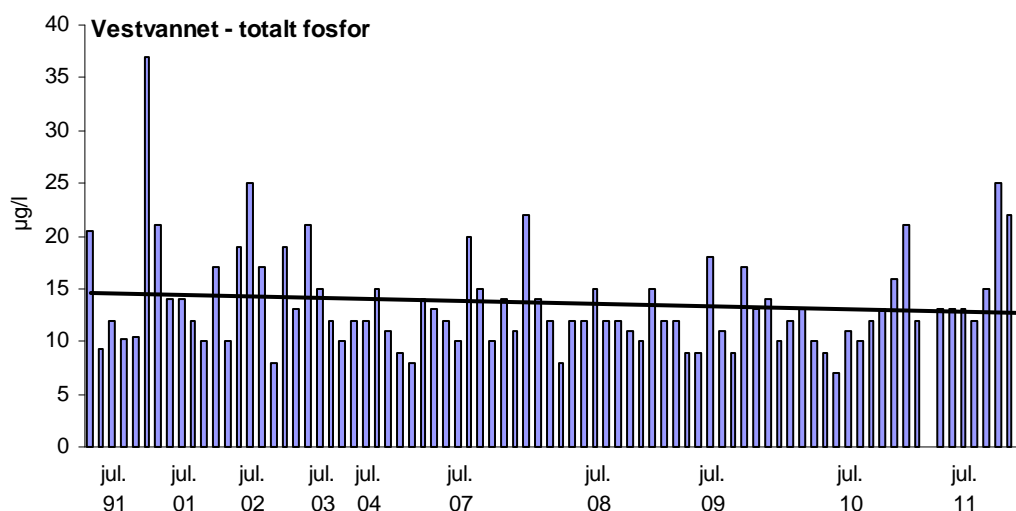
Fosfor er ofte begrensende næringsstoff for algeproduksjonen. Fosforinnhold er også medbestemmende for fastsettelse av trofegrad, og ut fra våre målinger kan begge innsjøene karakteriseres som svakt mesotrofe.

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. Man bør følgelig være spesielt oppmerksom på den andelen som foreligger som løst fosfat (linje på **Figur 6**). Fosfatinnholdet har vært ganske likt i de to vannene frem til 2011, men i år var variasjonen noe mer utpreget, med to tydelig forhøyete verdier (11 og 16  $\mu\text{g PO}_4/\text{L}$ ) i Vestvannet, men uten at noen tilsvarende økning ble målt i Borredalen samme dag.



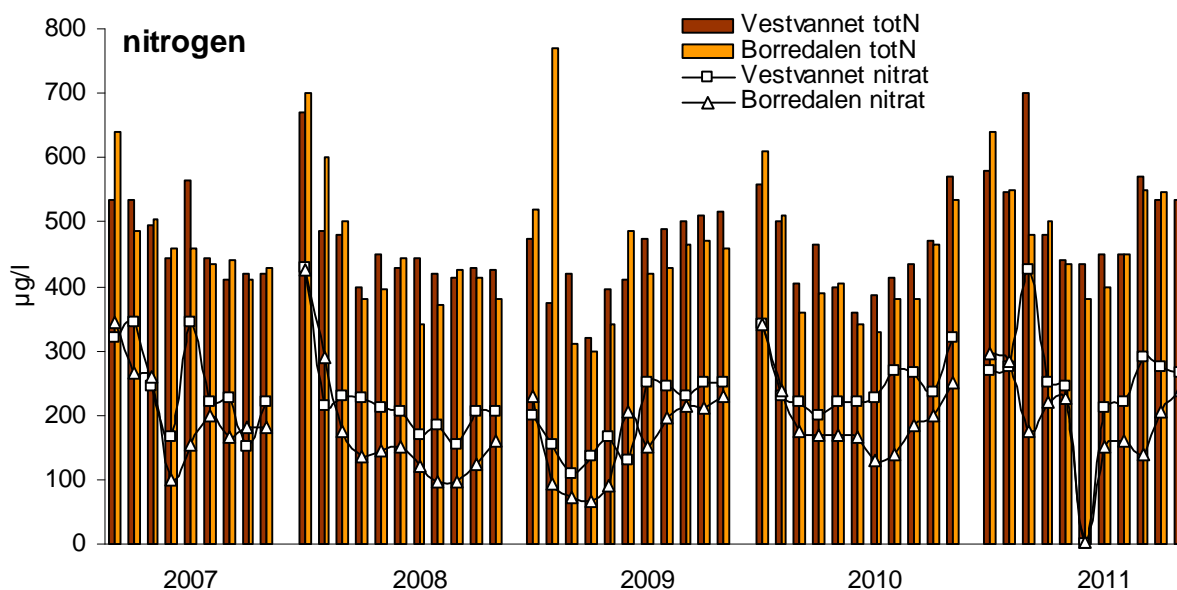
**Figur 6.** Konsentrasjoner av fosfor i overflatevannet (0-4 m) for sommersesongene 2007-2010. Søyler angir totalt fosfor, linjer angir løst fosfat.

Vi har også foretatt en sammenstilling av verdiene for totalt fosfor i Vestvannet for årene 1991, 2001-2004 og 2007-2011 (**Figur 7**). Det er ingen målbare trender for de årene som er lagt til grunn.



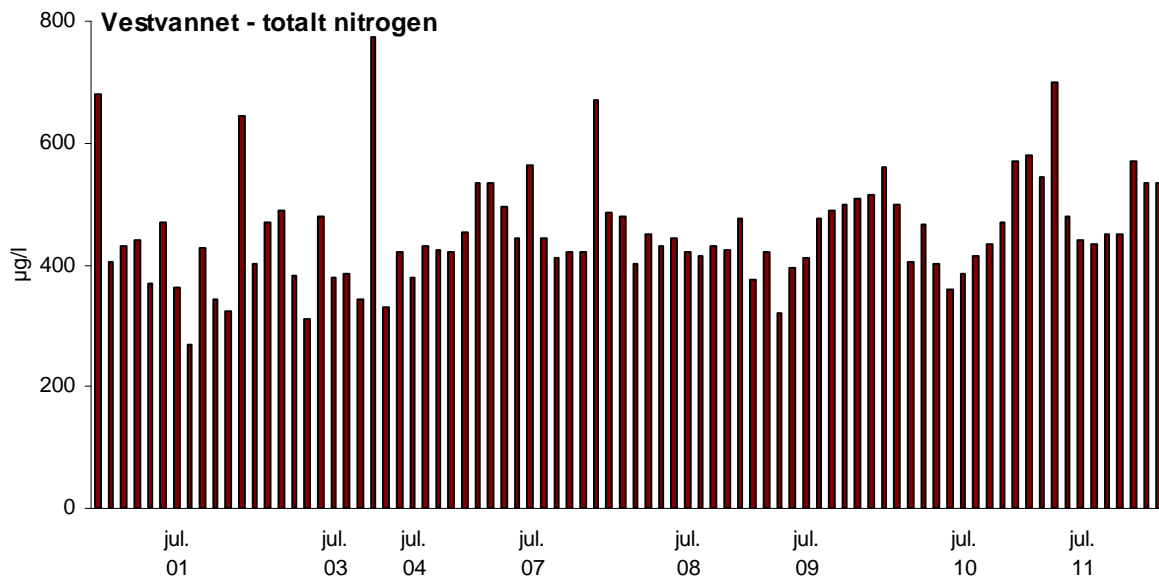
**Figur 7.** Innholdet av totalt fosfor i Vestvannet for de år det finnes data for (basert på egne data og data fra Fylkesmannen i Østfold).

Innholdet av totalt nitrogen og nitrat viser et lignende mønster for de to innsjøene, men med noe høyere innhold av både totalt nitrogen og nitrat i Vestvannet (**Figur 8**). Sammenligner man med siktedyp for de periodene da nitratinnholdet 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 2007-2011. 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).

Innholdet av av totalt nitrogen i Vestvannet for utvalgte år etter 1991 er vist i **Figur 9**. Det er ingen klare trender for perioden.

## 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 også få mer detaljert kunnskap om problemalger, som for eksempel blågrønnalger. - Innholdet av algegifter, særlig microcystin, måles ved kjemisk analyse av vannprøver.*

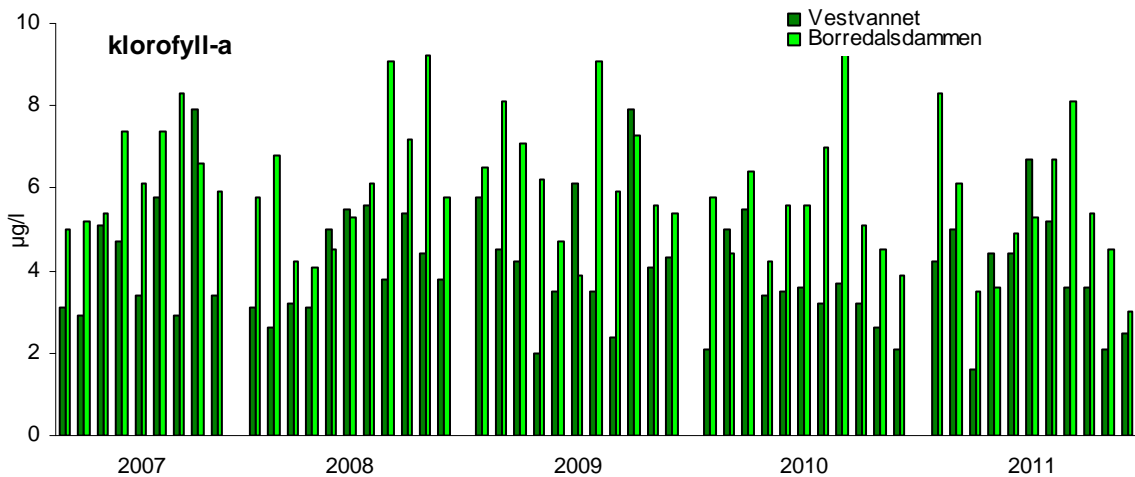
I SFTs klassifikasjonssystem for drikkevann var klorofyllmengden ikke en sentral parameter. Grunnen er at klorofyllinnholdet påvirkes av faktorer som ikke nødvendigvis er direkte knyttet til drikkevannskvalitet. Blant annet påvirkes mengden av hvor mye beitende zooplankton som finnes i vannet, noe som 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 m.fl. 2008).

Mengden klorofyll-a i overflatevannet over sommersesongene 2007-2011 er vist i **Figur 10**.

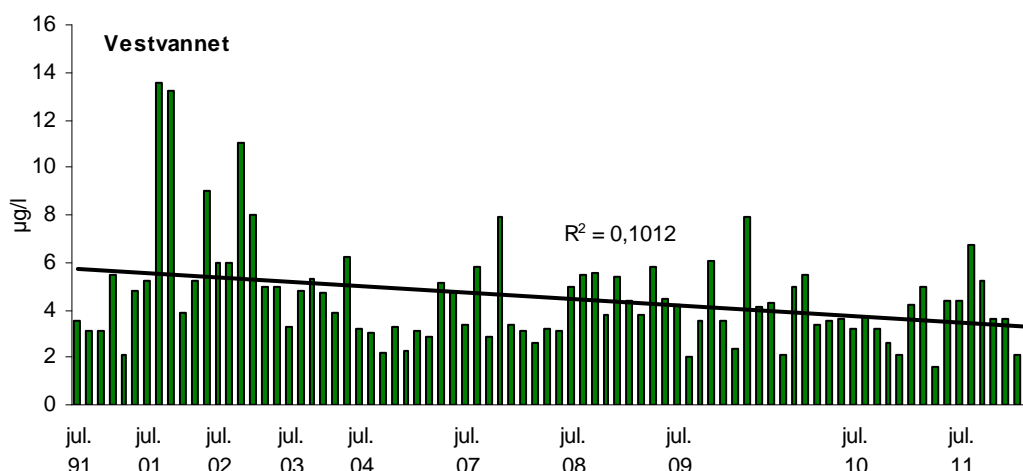
Borredalsdammen har generelt et noe høyere klorofyllnivå enn Vestvannet. Høyeste konsentrasjoner her i 2011 var 8,3 µg/L, mens tilsvarende verdi for Vestvannet var 6,7 µg/L. De høye enkeltverdiene henger trolig først og fremst sammen med meteorologiske forhold, men klorofyllmengden påvirkes også noe av vanntemperaturen, som generelt er noe høyere i Borredalen.

Tallene viser at 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 siste årene ligger nær denne grensen, særlig på ettersommeren. Den forholdsvis kjølige værtypen i 2011 bidro kanskje til at det ikke ble gjort noen slike observasjoner i år. Midlere klorofyllnivå i Borredalen var i år 5,4 µg/L, og plasserer vannet så vidt under grensen til "Egnet" for drikkevann, om man skal følge de nye egnethetskriteriene som er foreslått.



**Figur 10.** Algemengde i Vestvannet og Borredalsdammen gitt som konsentrasjon av klorofyll-a (µg/L) for perioden 2007-2011.

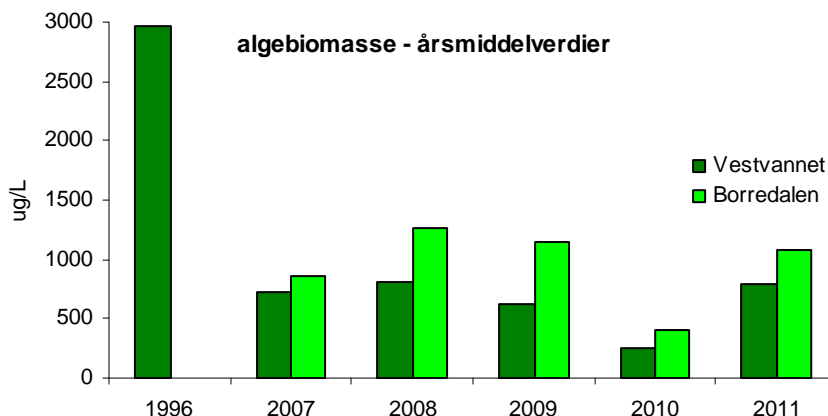
En sammenstilling av klorofyll-a for utvalgte år (1991, 2001-2004 og 2007-11; **Figur 11**) antyder at den svake tilbakegangen i klorofyll som har blitt observert de senere år, kan se ut til å fortsette. Og om vi begrenser analysen til årene etter år 2000, er klorofyllkonsentrasjonen blitt tydelig lavere (ikke vist grafisk). Mye av reduksjonen skyldes imidlertid et lite antall høye enkeltmålinger i 2001 og 2002, som trekker opp middelverdien disse årene.



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

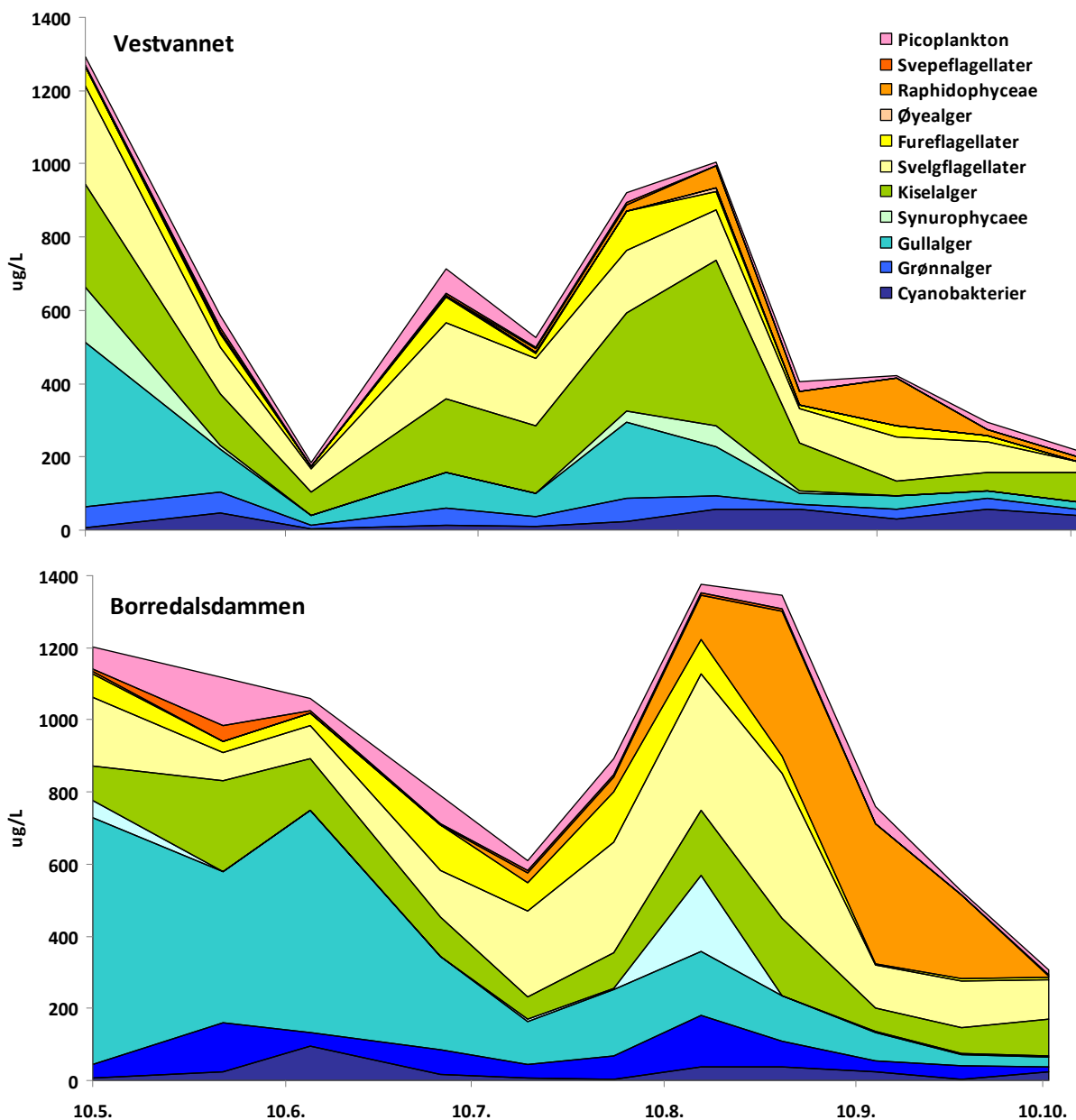
For å undersøke sammensetningen av alger i vannet ble prøver analysert til art, og deres relative bidrag til total algebiomasse ble beregnet ( $\text{mg våtvekt pr. m}^3$ ). Slike undersøkelser gir nyttig informasjon, fordi de ulike algegruppene har ulik funksjon og økologi, som på forskjellig vis også påvirker vannets egnethet som drikkevann. 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 ganske likt i de to bassengene i 2011, både i artssammensetning og mengde. Målt som biomasse var det i fjor betydelig mindre alger i begge innsjøene enn det vi har funnet i de foregående årene, og konsentrasjonene i 2011 var på linje med årene 2007-2009 (**Figur 12**). Som gjennomgående mønster er det mer alger i Borredalsdammen enn i Vestvannet, men artssammensetningen er i hovedsak lik begge steder. NIVA har data fra Vestvannet også for ett tidligere år (1996), da det ble tatt prøver av algeplankton 4 ganger i løpet av sommersesongen. Middelerdien for det året var med snaut  $3000 \mu\text{g/L}$  svært mye høyere enn det som har vært målt de siste årene.



**Figur 12.** Algebiomasse ( $\mu\text{g/L}$ ) i Vestvannet (mørk grønn) og Borredalen (lys grønn) – årsmiddelerdien for de fem siste årene, samt for 1996 (kun Vestvannet).

I begge innsjøene gikk algesamfunnet i 2011 gjennom to topper, i henholdsvis mai og august (**Figur 13**). Toppene var særlig forårsaket av kiselalger og gullalger. Den lave verdien i Vestvannet 14.juni beror trolig på en feil, knyttet til lite fikseringsvæske. Gullalgene besto hovedsakelig av små former. Men også enkelte større, 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 som ifjor også i 2011 dominert av slekter som *Fragilaria* og *Tabellaria*.



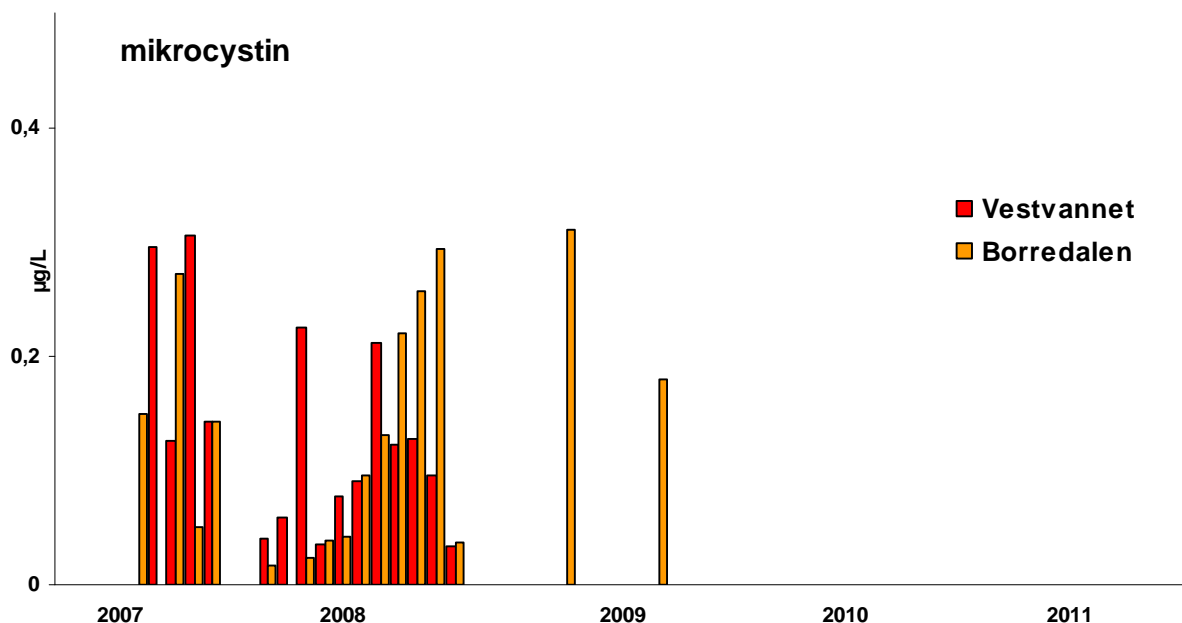
**Figur 13.** Fordeling av ulike algegrupper ( $\mu\text{g}$  våtvekt/L) i overflatevannet for Vestvannet (øverst) og Borredalsdammen (nederst) for 2011.

## 2.2.2 Blågrønnalger og algetoksiner

Innholdet av blågrønnalger var både i 2010 og i 2011 betydelig lavere enn i forutgående år. Av identifiserte slekter dominerte *Jaaginema sp.* og *Planktothrix sp.*, forbigående også *Microcystis sp.* og *Aphanocapsa sp.*. Blant de påviste artene er algegifter særlig assosiert med oppblomstringer av slekten *Planktothrix*, men da ved større tettheter enn dem vi har målt i Vestvannet og Borredalsdammen. For en nærmere redegjørelse av økologien til *Planktothrix* viser vi til overvåkingsrapporten for 2010.

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 (fordrøyet effekt i museforsøk). WHO's anbefalte grenseverdi for mikrocystin i drikkevann er 1 µg/L, mens bading frarådes ved konsentrasjoner >10 µg/L.

Punktmålinger høsten 2006 hadde vist et innhold av mikrocystin på 2,8 µg/L, noe som var medvirkende til at overvåking ble satt i gang året etter. Resultatet for overvåkingen av mikrocystin for 2007-2011 er vist i **Figur 14**. 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 ble det bare registrert mikrocystin i vannprøvene ved to anledninger. I begge tilfellene var det prøver fra Borredalen, og innholdet var lavt (0,31 og 0,18 µg/L). I 2010 og 2011 ble det ikke ved noen tilfeller påvist mikrocystin over deteksjonsgrensen (0,15 µg/L). Mikrocystinmålingene ble i år foretatt av FREVAR.



**Figur 14.** Innhold av mikrocystin (µg/L) i overflatevann (0-4 m) fra Vestvannet og Borredalsdammen for perioden 2007-2011. I 2009 ble det bare punktuelt målt mikrocystin i systemet (i Borredalen), og etter det er det ikke påvist målbare konsentrasjoner i systemet.

### 3. Konklusjoner

NIVA har i samarbeid med FREVAR overvåket vannkvaliteten i Vestvannet og Borredalsdammen ved Fredrikstad i 2011, 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 data for, og det meste av algesamfunnet utgjøres av arter som er vanlige i Østfolds innsjøer, og som ikke er giftproduserende. Den kjølige værtypen med rikelig nedbør som preget store deler av sommersesongen 2011, ga høy vannføring i Glomma. Dette bidro til betydelig omrøring/gjennomstrømning i Vestvannet, og ingen utpreget sommerstagnasjon. Algemengden var i 2011 om lag på linje med tidligere år, og middelkonsentrasjonen var i Vestvannet 790 og i Borredalen 1073 µg/L. Forekomsten av blågrønnalger var beskjeden, og det ble ikke registrert mikrocystin i noen av prøvene.

## 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.

Lindholm, M. 2010. Overvåking av Vestvannet/Borredalsdammen i Østfold, 2009. NIVA-rapport 5905-2010.

Lindholm, M. 2010. Overvåking av Vestvannet/Borredalsdammen i Østfold, 2010. NIVA-rapport 6067-2010.

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

## 5. Vedlegg

### Fysiske data Vestvannet og Borredalsdammen 2011

| SIKTEDYP (METER) |        |         |
|------------------|--------|---------|
| Dato             | Vestv. | Borred. |
| 10.5.            | 1,00   | 1,50    |
| 31.5.            | 1,70   | 1,80    |
| 14.6.            | 1,40   | 1,85    |
| 5.7.             | 1,70   | 2,20    |
| 20.7.            | 1,60   | 2,00    |
| 2.8.             | 1,70   | 2,10    |
| 16.8.            | 1,50   | 1,80    |
| 30.8.            | 1,40   | 1,60    |
| 14.9.            | 0,90   | 1,20    |
| 27.9.            | 1,10   | 1,00    |
| 11.10.           | 1,40   | 1,40    |
|                  |        |         |

| TEMPERATUR VESTVANNET |         |         |         |         |          |          |          |          |          |
|-----------------------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|
| DATO                  | 0 meter | 3 meter | 6 meter | 9 meter | 12 meter | 15 meter | 18 meter | 21 meter | 24 meter |
| 10.5.                 | 13,7    | 10,7    | 8,7     | 8,1     | 7,3      | 6,7      | 6,2      | 5,9      | 5,9      |
| 31.5.                 | 12,0    | 11,9    | 11,8    | 11,7    | 11,6     | 11,6     | 11,1     | 9,6      | 7,5      |
| 14.6.                 | 14,3    | 14,2    | 14,0    | 13,9    | 13,8     | 13,7     | 13,6     | 13,6     | 13,5     |
| 5.7.                  | 19,1    | 17,4    | 17,0    | 16,9    | 16,6     | 16,3     | 15,2     | 14,5     | 13,8     |
| 20.7.                 | 18,0    | 17,4    | 16,9    | 16,8    | 16,6     | 16,4     | 16,3     | 15,7     | 14,4     |
| 2.8.                  | 22,7    | 19,0    | 18,5    | 18,2    | 17,9     | 17,4     | 16,7     | 16,4     | 14,9     |
| 16.8.                 | 17,6    | 17,4    | 17,2    | 17,1    | 17,0     | 16,9     | 16,8     | 16,7     | 16,6     |
| 30.8.                 | 16,1    | 16,1    | 16,1    | 16,1    | 16,1     | 16,2     | 16,2     | 16,2     |          |
| 14.9.                 | 14,0    | 13,6    | 13,5    | 13,5    | 13,5     | 13,5     | 13,5     | 13,4     | 13,4     |
| 27.9.                 | 12,2    | 12,2    | 12,2    | 12,2    | 12,2     | 12,2     | 12,2     | 12,2     | 12,2     |
| 11.10.                | 11,4    | 11,4    | 11,5    | 11,5    | 11,5     | 11,4     | 11,3     | 11,2     | 11,1     |
|                       |         |         |         |         |          |          |          |          |          |



| TEMPERATUR BORREDALEN |         |         |         |         |         |         |         |
|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| DATO                  | 0 meter | 1 meter | 2 meter | 3 meter | 4 meter | 5 meter | 6 meter |
| 10.5.                 | 14,0    | 13,7    | 12,7    | 12,0    | 10,5    | 10,0    | 9,8     |
| 31.5.                 | 14,0    | 13,6    | 13,6    | 13,5    | 13,5    | 13,2    | 12,7    |
| 14.6.                 | 17,4    | 17,2    | 17,0    | 16,8    | 16,1    | 14,9    | 13,1    |
| 5.7.                  | 20,8    | 20,5    | 19,9    | 18,8    | 17,7    | 16,3    | 14,7    |
| 20.7.                 | 18,5    | 18,5    | 18,4    | 18,6    | 18,1    | 17,4    | 15,4    |
| 2.8.                  | 22,3    | 22,4    | 21,2    | 20,1    | 19,2    | 17,6    | 17,6    |
| 16.8.                 | 18,2    | 18,1    | 18,1    | 18,1    | 17,9    | 17,6    | 16,9    |
| 30.8.                 | 16,8    | 16,8    | 16,8    | 16,8    | 16,8    | 16,8    | 16,6    |
| 14.9.                 | 15,5    | 14,8    | 14,8    | 14,8    | 14,7    | 14,7    | 14,7    |
| 27.9.                 | 13,5    | 13,1    | 12,9    | 12,8    | 12,8    | 12,7    | 12,7    |
| 11.10.                | 10,5    | 10,5    | 10,3    | 10,3    | 10,2    | 10,2    | 10,2    |

| OKSYGEN VESTVANNET (mg/l) |         |         |         |         |          |          |          |          |          |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|
| DATO                      | 0 meter | 3 meter | 6 meter | 9 meter | 12 meter | 15 meter | 18 meter | 21 meter | 24 meter |
| 10.5.                     | 11,5    | 11,6    | 11,5    | 11,4    | 11,3     | 11,3     | 11,2     | 11,0     | 4,5      |
| 31.5.                     | 10,4    | 10,4    | 10,4    | 10,3    | 10,4     | 10,3     | 10,1     | 9,8      | 0,6      |
| 14.6.                     | 9,9     | 9,9     | 9,9     | 10,0    | 10,1     | 10,0     | 10,0     | 10,0     | 10,0     |
| 5.7.                      | 9,8     | 9,7     | 9,8     | 9,8     | 9,7      | 9,6      | 9,6      | 9,6      | 8,2      |
| 20.7.                     | 8,9     | 9,2     | 9,1     | 9,2     | 9,1      | 9,0      | 8,9      | 8,4      | 5,8      |
| 2.8.                      | 9,5     | 9,3     | 9,2     | 9,1     | 9,1      | 8,6      | 8,5      | 8,1      | 5,2      |
| 16.8.                     | 9,0     | 9,0     | 9,0     | 9,0     | 9,0      | 9,1      | 9,1      | 9,0      | 8,9      |
| 30.8.                     | 9,6     | 9,6     | 9,6     | 9,5     | 9,5      | 9,5      | 9,5      | 9,5      |          |
| 14.9.                     | 10,1    | 10,3    | 10,5    | 10,6    | 10,5     | 10,6     | 10,6     | 10,6     | 10,6     |
| 27.9.                     | 10,9    | 10,9    | 10,9    | 10,9    | 10,9     | 10,9     | 10,8     | 10,8     | 10,8     |
| 11.10.                    | 10,2    | 10,2    | 10,2    | 10,2    | 10,1     | 10,1     | 10,1     | 10,1     | 1,2      |

| OKSYGEN BORREDALEN (mg/l) |         |         |         |         |         |         |         |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| DATO                      | 0 meter | 1 meter | 2 meter | 3 meter | 4 meter | 5 meter | 6 meter |
| 10.5.                     | 11,3    | 11,4    | 11,2    | 10,4    | 10,1    | 10,0    | 9,8     |
| 31.5.                     | 9,5     | 9,8     | 9,6     | 9,9     | 9,9     | 9,7     | 9,4     |
| 14.6.                     | 8,9     | 9,0     | 9,0     | 8,9     | 8,2     | 6,7     | 1,4     |
| 5.7.                      | 8,6     | 8,6     | 8,4     | 8,1     | 7,1     | 6,3     | 2,0     |
| 20.7.                     | 6,9     | 7,5     | 7,8     | 7,6     | 7,5     | 6,3     | 1,3     |
| 2.8.                      | 7,9     | 8,5     | 8,0     | 8,0     | 7,3     | 5,1     | 5,1     |
| 16.8.                     | 7,8     | 7,8     | 8,0     | 8,1     | 7,9     | 6,6     | 1,7     |
| 30.8.                     | 7,7     | 8,0     | 8,0     | 8,1     | 8,1     | 8,1     | 5,6     |
| 14.9.                     | 8,3     | 8,6     | 8,6     | 8,6     | 8,7     | 8,7     | 8,7     |
| 27.9.                     | 8,3     | 8,5     | 8,8     | 9,0     | 9,0     | 9,1     | 9,1     |
| 11.10.                    | 9,1     | 9,2     | 9,4     | 9,5     | 9,5     | 9,4     | 9,5     |

**Kjemiske analyseresultater 2011**

|            | Dato     | STS  | SGR  | Tot-P/L | PO <sub>4</sub> -P | Tot-N/L | NO <sub>3</sub> -N | SiO <sub>2</sub>       | KI-a |
|------------|----------|------|------|---------|--------------------|---------|--------------------|------------------------|------|
|            |          | mg/l | mg/l | µg P/l  | µg P/l             | µg N/l  | µg N/l             | µg SiO <sub>2</sub> /l | µg/l |
| Borredalen | 10.5.11  | 4,2  | 1,8  | 17      | 3                  | 640     | 295                | 3102                   | 8,3  |
| Borredalen | 31.5.11  | 3,2  | 1,8  | 12      | 3                  | 550     | 285                | 2786                   | 6,1  |
| Borredalen | 14.6.11  | 1,8  | <0.8 | 25      | 13                 | 480     | 175                | 2602                   | 3,5  |
| Borredalen | 5.7.11   | 1,6  | <0.8 | 9       | 1                  | 500     | 220                | 2440                   | 3,6  |
| Borredalen | 19.7.11  | 2,1  | 1,2  | 12      | 3                  | 435     | 225                | 2555                   | 4,9  |
| Borredalen | 2.8.11   | 2    | 1,4  | 7       | 1                  | 380     | 4                  | 2275                   | 5,27 |
| Borredalen | 16.8.11  | 2,5  | 0,8  | 12      | 2                  | 400     | 150                | 2315                   | 6,7  |
| Borredalen | 29.8.11  | 3,5  | 2    | 17      | 3                  | 450     | 160                | 3043                   | 8,1  |
| Borredalen | 13.9.11  | 3,9  | 2,3  | 17      | 4                  | 550     | 140                | 4408                   | 5,4  |
| Borredalen | 27.9.11  | 4,1  | 2,9  | 18      | 6                  | 545     | 205                | 4523                   | 4,5  |
| Borredalen | 11.10.11 | 4,8  | 3,8  | 16      | 5                  | 540     | 240                | 4409                   | 3    |
|            |          |      |      |         |                    |         |                    |                        |      |
| Vestvannet | 10.5.11  | 4,4  | 2,4  | 21      | 5                  | 580     | 270                | 3056                   | 4,2  |
| Vestvannet | 31.5.11  | 2,6  | 1    | 12      | 3                  | 545     | 275                | 3086                   | 5    |
| Vestvannet | 14.6.11  | 4,4  | 2,8  | 3932    | 123                | 700     | 425                | 3358                   | 1,6  |
| Vestvannet | 5.7.11   | 3,3  | 1,9  | 13      | 3                  | 480     | 250                | 2937                   | 4,4  |
| Vestvannet | 19.7.11  | 3,6  | 2,3  | 13      | 11                 | 440     | 245                | 2857                   | 4,4  |
| Vestvannet | 2.8.11   | 3,4  | 2,2  | 13      | 3                  | 435     | <1                 | 2598                   | 6,7  |
| Vestvannet | 16.8.11  | 3,1  | 1,9  | 12      | 3                  | 450     | 210                | 2716                   | 5,2  |
| Vestvannet | 29.8.11  | 4,4  | 2,8  | 15      | 5                  | 450     | 220                | 3311                   | 3,6  |
| Vestvannet | 13.9.11  | 13,9 | 11,9 | 25      | 16                 | 570     | 290                | 4737                   | 3,6  |
| Vestvannet | 27.9.11  | 6,7  | 5,3  | 22      | 9                  | 535     | 275                | 4035                   | 2,1  |
| Vestvannet | 11.10.11 | 3,8  | 2,3  | 13      | 7                  | 535     | 265                | 3966                   | 2,5  |

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](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)