

Oppfølgende undersøkelser
av to innsjøer med tidligere vannblomst
og giftproduserende blågrønnalger
i Hordaland 2008





Rådgivende Biologer AS

RAPPORTENS TITTEL:

Oppfølgende undersøkelser av to innsjøer med tidligere vannblomst
og giftproduserende blågrønnalger i Hordaland 2008

FORFATTERE:

Geir Helge Johnsen

OPPDRAKSGIVER:

Fylkesmannen i Hordaland ved Kjell Hegna,
Hordaland Fylkeskommune ved Anne-Gro Ullaland,
Bømlo kommune ved Njål Gunnar Slettebø
Radøy kommune ved Asbjørn Nagell Toft.

OPPDRAGET GITT:

Juni 2008

ARBEIDET UTFØRT:

2008

RAPPORT DATO:

24. juli 2009

RAPPORT NR:

1221

ANTALL SIDER:

18

ISBN NR:

ISBN 978-82-7658-682-4

EMNEORD:

- Storavatnet, Bremnes
- Nesvatnet, Manger

RÅDGIVENDE BIOLOGER AS

Bredsgården, Bryggen, N-5003 Bergen

Foretaksnummer 843667082-MVA

Internett : www.radgivende-biologer.no

E-post: post@radgivende-biologer.no

Telefon: 55 31 02 78

Telefax: 55 31 62 75

Framsidedfoto: Alger i Storavatnet på Bømlo, 26. september 2006

FORORD

I forbindelse med fylkesmannens gjennomgang høsten 2005 av den utførte grovkarakteriseringen av vannforekomster i Hordaland, framkom en del spørsmål knyttet til dagens tilstand i enkelte innsjøer der det tidligere har vært rapportert om oppblomstring av gift-produserende blågrønnalger. Nasjonalt folkehelseinstitutt fikk i 1992 utarbeidet en sammenstilling over innsjøer i Hordaland med gjentakende oppblomstringer av giftige blågrønnalger (Utkilen mfl. 2001). Rådgivende Biologer har i 2008 undersøkt vannkvalitet, algesamfunn og algegiftproduksjon i to innsjøer i Bømlo og Radøy kommune. De samme innsjøene ble undersøkt i 2006 (Bjørklund & Johnsen 2007) og i 2007 (Johnsen & Eilertsen 2008).

Formålet med undersøkelsen, er å foreta en enkel oppdatering av situasjonen i noen av de mest belastede innsjøene i fylket. Dette vil utgjøre et nødvendig skritt i det videre arbeidet med EUs vanddirektiv i fylket, for å kunne avklare hvorvidt det i neste runde må gjennomføres mer omfattende undersøkelser for å vurdere årsaker og mulighet for gjennomføring av tiltak, fram mot utarbeidelsen av konkrete tiltaksplaner for de aktuelle vassdrag.

Rådgivende Biologer takker for lån av båter på de enkelte innsjøene; Salomon Stavland i Bømlo for båt på Storavatnet og Inge Mangersnes i Radøy for båt på Nesvatnet.

Rådgivende Biologer vil også takke følgende for oppdraget: Rådgiver Kjell Hegna ved Fylkesmannen i Hordaland, spesialrådgiver Anne-Gro Ullaland ved Hordaland Fylkeskommune, landbrukssjef Njål Gunnar Slettebø i Bømlo kommune og skogbrukssjef Asbjørn Nagell Toft i Radøy kommune.

Bergen, 24. juli 2009

INNHold

Forord.....	3
Innhold	3
Sammendrag.....	4
Innledning.....	5
Prøvetaking i 2008	8
Storavatnet på Bømlo	9
Nesvatnet på Radøy.....	12
Vedleggstabeller.....	15
Referanser.....	17

SAMMENDRAG

JOHNSEN, G.H. 2009.

Oppfølgende undersøkelser av to innsjøer med tidligere vannblomst og giftproduserende blågrønnalger i Hordaland 2008.

Rådgivende Biologer AS, rapport nr. 1221, 18 sider, ISBN 978-82-7658-682-4

Rådgivende Biologer AS har også sommeren 2008 fulgt opp tilstanden i innsjøer i Hordaland der det tidligere er registrert oppblomstring av giftproduserende blågrønnalger. I 2008 ble Storavatnet på Bremnes i Bømlo kommune og Nesvatnet i Radøy kommune undersøkt. Undersøkelsen beskriver algesamfunn, toksinproduksjon og enkel vannkjemi. Prøvene ble tatt ute på innsjøene ved det dypeste punktet.

Værforholdene i 2008 var preget av en tørr og varm mai måned, en noenlunde ”normal” juni og så en periodevis svært varm juli med strålende vær mot slutten og videre utover i august. Også september var relativt tørr og varmere enn normalt. Dette skulle gi gode forhold for algevekst på ettersommeren.

Storavatnet på Bømlo

I 2008 var Storavatnet næringsfattig (SFT klasse II), den hadde et middels høyt innhold av organisk stoff (SFT klasse III) og et middels godt siktedyp (SFT klasse III). Algemengdene var middels høye, med et enda høyere innhold av klorofyll. Andelen blågrønnalger var i gjennomsnitt 20 %, med dominans av slektene *Anabaena* og *Microcystis*. Det ble ikke påvist algegifter prøvetakingene i 2008. I 2007 var det imidlertid betydelige mengder på høsten.

Storavatnet er undersøkt flere ganger tidligere, og det kan se ut som om både næringsinnholdet og algemengdene i innsjøen har avtatt betraktelig de siste 5 årene. Dette kan delvis være et utslag av færre prøvetakinger i 2008, men en effektiv kloakksanering rundt innsjøen kan også ha hatt stor effekt.

Nesvatnet på Radøy

Nesvatnet var i 2008 en næringsrik innsjø, med fosforinnhold tilsvarende SFT tilstandsklasse IV= ”dårlig”. Algemengdene var høye og tilsvarer det en forventer i en næringsrik innsjø. Ingen algegifter ble påvist i 2008, og heller ikke noen forekomst av blågrønnalger.

Både næringsinnhold og algemengder har variert betydelig i Nesvatnet mellom de ulike årene der det er utført undersøkelser (**figur 9**), slik at det er sannsynlig at nedbørfeltet bidrar med store og kanskje også periodiske tilførsler av næringsstoff. En nærmere vurdering av forholdene i denne innsjøen bør gjennomføres med et noe tettere oppfølgingsprogram enn det som tidligere er utført, med kun 2 prøvetakinger i 1998 (Johnsen 1999) og 4 prøvetakinger i 2006 (Bjørklund & Johnsen 2006) og 2007 (Johnsen & Eilertsen).

INNLEDNING

I forbindelse med fylkesmannens gjennomgang høsten 2005 av den utførte grovkarakteriseringen av vannforekomster i Hordaland, framkom en del spørsmål knyttet til dagens tilstand i enkelte innsjøer der det tidligere har vært rapportert om oppblomstring av gift-produserende blågrønnalger (Utkilen mfl. 2001). Formålet med denne undersøkelsen er å foreta en enkel oppdatering av kunnskapen om noen av de mest belastede innsjøene i fylket, der det tidligere er rapportert om gift-produserende blågrønnalger. Undersøkelse i 2007 er en oppfølging av undersøkelsene som ble gjennomført i de samme innsjøene i 2006 (Bjørklund & Johnsen 2007) og i 2007 (Johnsen & Eilertsen 2008).

NÆRINGSRIKE INNSJØER

I næringsrike og “gjødslete” innsjøer er forutsetningene til stede for økte algemengder med innslag av andre og mer næringskrevende algetyper som blant annet en del blågrønne alger (Brettum 1989; Faafeng m.fl. 1990). I særlig næringsrike situasjoner, der det også er store tilførsler av næring utover hele sommeren, kan en få ekstreme oppblomstringer av blågrønnalger. I stille vær kan disse algene flyte opp slik at innsjøene farges kraftig grønne. Dette er kjent som “algeblomst” fra det engelske uttrykket “algal bloom”.

Virkingen av næringstilførsler avhenger av mange lokale forhold, der vannutskiftingshyppigheten i innsjøene er en avgjørende faktor (Vollenweider 1976). Store vanntilførsler og dermed hyppig utskifting av innsjøens vannmasser, virker fortynnende på tilførslene. En innsjø med hyppig vannutskifting kan således tåle større næringstilførsler enn en tilsvarende innsjø med sjeldnere vannutskifting (Vollenweider 1976; Rognerud m.fl. 1979; Berge 1987).

Av de ulike næringsstoffene er det fosfor som oftest er begrensende for algevekst i våre innsjøer. Ulike typer tilførsler har hver sin spesifikke sammensetning av næringsstoffer, blant annet uttrykt ved forholdstallet mellom nitrogen og fosfor. Vanligvis venter en å finne et forholdstall på rundt 15 i lite påvirkete innsjøer, altså at en har 15 ganger så høye konsentrasjoner av nitrogen som fosfor. Dersom en finner betydelige avvik fra dette, tyder det på at en har dominans av enkelte tilførselskilder til denne aktuelle innsjøen. For eksempel vil avrenning fra fjell, myr og skog på Vestlandet kunne ha et høyt N:P-forholdstall, gjerne opp mot 70, mens både kloakkavløp fra boliger og tilførsler av for eksempel gjødsel fra kyr begge har et forholdstall på rundt 7. Særlig fosforrike utslipp er silosaft, med et forholdstall nede på 1,5 mens tilførsler fra fiskeoppdrett og for eksempel gjødsel fra gris også er fosforrike med et forholdstall på rundt 5 (Holtan & Åstebøl 1990).

Der tilførslene av **fosfor** i tillegg domineres av oppløst **fosfat** vil dette ha en større effekt også fordi det kan bli nyttegjørt av algene direkte. Dette kalles **biotilgjengelighet** og varierer mellom de ulike tilførselskildene. Kommunalt avløpsvann har en biotilgjengelighet av fosforet på 65-70 %, mens avrenning fra landbruk har 30 % biotilgjengelighet.

Særlig mengde alger, men også algetyper, er altså begrenset av tilgang på tilgjengelig næring. Denne effekten kalles “**bottom-up**” og viser til virkningens retning i næringskjedene i innsjøen. Jo mer næringsstoff, desto mer algevekst, som igjen er grunnlag for biologisk produksjon av algespisende organismer som dyreplankton og etter hvert også fisk (Sommer mfl. 1986).

Dersom økosystemet i en innsjø er i noenlunde balanse, vil ikke algene kunne blomstre uhemmet, fordi det vil være effektive dyreplankton som kan kontrollere dem. Men dersom det også er store mengder planktonspisende fisk i en innsjø, vil disse effektivt fjerne dyreplanktonet, slik at algene ikke lenger kontrolleres (såkalt “**top-down**”-effekt). Det samme vil kunne skje dersom næringstilførslene og produksjonsgrunnlaget for algene er for stort. Da vil ikke dyreplanktonet greie å kontrollere algene,

som i tillegg vil kunne domineres av "uspiselige" alger som blågrønnalger. Et balansert økosystem er således i stand til å takle en større næringsbelastning og likevel opprettholde en akseptabel vannkvalitet, i motsetning til et ubalansert system som fort vil kunne bli dominert av store algeoppblomstringer med økende innslag av blågrønnalger (Sommer m.fl. 1986).

Også tilførsler av organisk materiale kan ha stor betydning for miljøkvaliteten i innsjøer. Slike tilførsler kan komme fra både naturlige og menneskeskapt eksterne kilder i nedbørsfeltet, eller fra innsjøens egen biologiske produksjon av alger og dyr (Holtan & Åstebøl 1990). Omfang av tilførsler av organisk stoff til innsjøer vil kunne måles i vannprøver fra overflatevannet, men det vil i hovedsak påvirke forholdene i det stabile dypvannet ved at store tilførsler medfører et høyere forbruk av oksygen som kan resultere i helt oksygenfrie forhold i dypvannet (Johnsen mfl. 1985).

Det største problemet knyttet til oksygenfritt dypvann i innsjøer er fenomenet "**indre gjødsling**". Når det har vært oksygenfritt vann over sedimentene en tid, vil forholdet mellom toverdig og treverdig jern endres slik at bindingen av fosfor i sedimentet opphører. Da vil betydelige mengder av det tidligere sedimenterte fosforet bli frigitt til vannmassene som biotilgjengelig fosfat, og konsentrasjonene av fosfor i dypvannet kan være både 10 og 100 ganger høyere enn i overflatevannet (Johnsen mfl. 1985). I slike innsjøer vil denne "indre gjødslingen" kunne utgjøre en vesentlig del av de samlede tilførsler av næring, og en kan komme inn i en ond sirkel med stadig økende næringsinnhold og algemengder.

Samspillet mellom alle de ulike typene påvirkning på innsjøsystemet, gjør det viktig ikke bare å fokusere på tilstand år for år eller utvikling i tilstand alene, men samtidig vurdere risiko for videre utvikling i den prosess som kalles "eutrofiering", eller økning i næringsrikhet og algemengde. Et slikt "eutrofieringsforløp" i innsjøer kan beskrives med tre faser ettersom økosystemet responderer på økende fosforbelastning:

1) Begynnende eutrofiering

Kjennetegnes ved middels næringsrike forhold (SFT=III), med økt produktivitet i alle ledd i innsjøens næringspyramide grunnet økte næringstilførsler (positiv "bottom-up"-effekt). Den økende algemengden holdes noenlunde under kontroll av den samtidig økende dyreplanktonmengden (negativ "top-down"-effekt), slik at algemengdene bare øker sakte under økologisk likevekt.

2) Fare på ferde

Kjennetegnes med næringsrike forhold (SFT=IV-V), der algetyper som ikke er spiselige av dyreplanktonet begynner å dominere, og algemengdene øker derfor raskere. Større mengder alger synker til bunns og råtner under forbruk av oksygen, og oksygenfrie forhold med indre gjødsling kan begynne.

3) Kritisk fase

Kjennetegnes av meget næringsrike forhold (SFT=V). Råttent bunnvann med omfattende indre gjødsling gir store algemengder, der algeoppblomstringer med giftige blågrønnalger kan dominere.

Statens forurensningstilsyn (SFT) har utviklet enkle system for vurdering av miljøkvalitet i ferskvann, der en klassifiserer tilstanden i innsjøer med hensyn på en del standard parametre (SFT 1997). Dette er utarbeidet med en generell tilnærming, slik at en ved undersøkelser av innsjøer i utgangspunktet skal søke å fange opp de fleste sannsynlige miljøpåvirkninger. Det gir miljøforvaltningen mulighet for en standardisert tilnærming til den aktuelle problematikken i innsjøer, og dette system og klassifisering er også benyttet i foreliggende overvåkingsrapport (**tabell 1**).

Tabell 1. Sammenheng mellom de "klassiske" betegnelser for næringsstatus, innhold av fosfor, observerte algemengder og SFTs tilstandsklassifisering, basert på SFT (1997) og Brettum (1989).

Tilstand	Ultra-oligotrof	Oligotrof	Oligo-mesotrof	Mesotrof	Eutrof	Poly-eutrof
Fosfor (µg/l)	< 2	2-7	7-11	11-20	20-50	> 50
Algemaks (mg/l)	< 0,2	0,2-0,7	0,7-1,2	1,2-3	3-5	> 5
Algesnitt (mg/l)	< 0,1	0,1-0,4	0,4-0,6	0,6-1,5	1,5-2,5	> 2,5
klorofyll a (µg/l)	<2		2-4	4-8	8-20	> 20
Tilstandsklasse	SFT = I		SFT = II	SFT = III	SFT = IV	SFT = V
Tilstand	meget næringsfattig		næringsfattig	middels næringsrik	næringsrik	meget næringsrik

ALGETOKSINER

Blågrønnbakterier eller Cyanobacteria (gr. *kyanos* - lasurstein, blå farge, *bakterion* - stav, stamme) finnes overalt (jord, vann, hav), også under ekstreme livsbetingelser (høy temperatur, høy saltholdighet). Det har lenge vært kjent at cyanobakterier representerer en helserisiko for mennesker og dyr. Den første forgiftningen av dyr ble beskrevet i Australia på slutten av 1800-tallet. I årene 1960-1980 ble det vist at cyanobakteriene produserer flere typer toksiner, og etter hvert har en utviklet nye og bedre metoder for undersøkelse av disse. Tidligere undersøkelser foregikk ved testing på forsøksmus og observasjoner av hvordan de reagerte på dette. Det ga ikke grunnlag for kvantifisering eller eksakt bestemmelse av type toksin. Etter hvert ble enkle kjemiske analyser tatt i bruk, men det er førts de siste par årene det er utviklet analysemetoder der en kan både kvalifisere og kvantifisere flere typer alggifter.

Toksinene deles inn i grupper etter virkemåte. De omfatter nervetoksiner (anatoksiner), levertoksiner (microcystiner), uspesifikke toksiner og hudirritanter (endotoksiner). Anatoksiner (eller nervetoksiner) har fått navn etter cyanobakterien *Anabaena*, som de først ble isolert fra. To anatoksiner er godt beskrevet: anatoksin-a og anatoksin-a(s) som begge kan, dersom eksponeringen er høy nok, føre til pustevansker, muskellammelser, kramper og eventuelt død. Microcystiner har fått navn etter cyanobakterien *Microcystis*, fordi de for første gang ble isolert fra denne. Det er siden vist at denne typen toksiner produseres av en rekke cyanobakterier innen slektene *Anabaena*, *Planktotrix* (tidligere kalt *Oscillatoria*), *Aphanizomenon* og *Gomphosphaeria*. Alle forekommer i norske vannforekomster og kan under visse betingelser danne vannblomst, dvs. en konsentrasjon av cyanobakterier i overflaten, som gir en sterk farge på vannet. Femtifire varianter av microcystin er kjent, og toksisiteten til de forskjellige varierer sterkt. I tillegg finnes flere andre typer toksiner.

Endotoksiner er en del av celleveggen hos gram-negative bakterier (som cyanobakteriene egentlig er). Endotoksinene kan være en årsak til kløe og hudutslett hos mennesker som bader i vann med store mengder blågrønnalger. Trolig er dette den alggiften som på verdensbasis har resultert i de fleste humane sykdomstilfellene, men disse har likevel fått liten oppmerksomhet. Endotoksiner er ikke undersøkt i denne rapporten.

På verdensbasis har det vist seg at ca 70 % av cyanobakterieoppblomstringene har produsert lever- eller nervetoksiner. Tilsvarende tall for Norge er i størrelsesorden 50 %. Mekanismene rundt giftproduksjon og blågrønnalger er ikke klarlagt, og man kjenner ikke til hva som initierer at enkelte "stammer" av blågrønnalger plutselig blir giftproduserende. Toksinproduksjon kan variere mye og raskt, og det kan også forekomme algeoppblomstringer helt uten giftproduksjon. Morforlogiske analyser kan ikke skille mellom toksinproduserende og ikke produserende stammer og det en i dag kjenner til av fysiologiske mekanismer kan heller ikke forutsi toksinproduksjon. Man kan også oppleve toksinproduserende alger jevnt fordelt i en innsjø eller kun i enkelte områder av innsjøen, da som oftest i et område der vind og strømminger har ført til en opphopning av alger.

PRØVETAKING I 2008

I løpet av perioden fulgt med om det skulle være situasjoner som skulle tilsi algeoppblomstringer, og det ble gjennomført to prøvetakinger hhv. 21. august og 16. og 17. september fra de to innsjøene Storavatnet i Bømlo kommune og Nesvatnet i Radøy kommune (**tabell 2**).

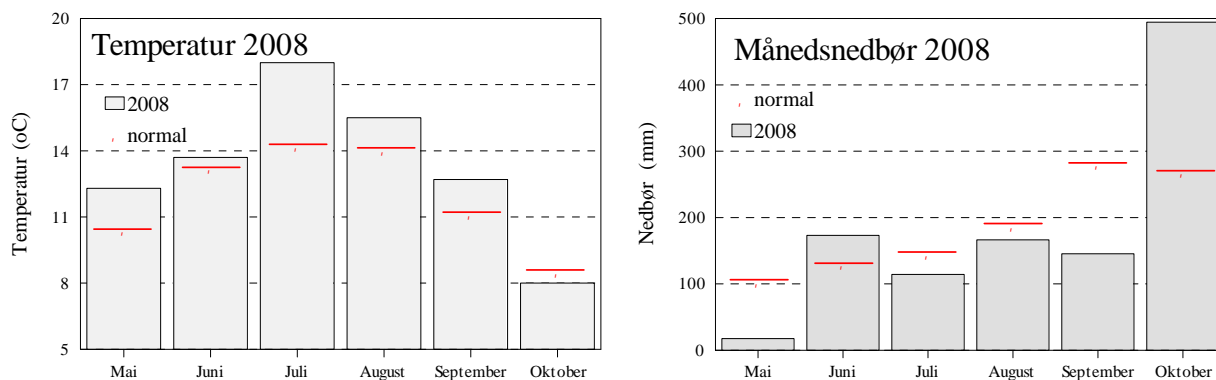
Tabell 2. De undersøkte innsjøene i 2008.

Innsjø	Innsjønr.	Kommune	Vassdragsnr.	Hoh (m)	Areal (km ²)
Storavatnet	22224	Bømlo	043.3	7	0,5741
Nesvatnet	26358	Radøy	066.4	4	0,6452

Alle prøvene ble tatt fra båt ute på innsjøene ved innsjøens dypeste punkt. Temperatur- og oksygenprofiler ble målt i september og siktedyp ble målt begge gangene. Vannprøver ble tatt som blandeprøver fra null til seks meters dyp. Disse ble analysert for næringsstoffene fosfor og nitrogen samt innhold av organisk stoff (TOC).

I disse blandeprøvene ble også algearter og – mengder bestemt etter fiksering med Lugols løsning og mikroskopering i omvendt mikroskop. Prøvene ble også undersøkt med hensyn på konsentrasjon av algetoksiner. For analyse av microcystin er metoden som ble benyttet basert på immunoassay for microcystin (ELISA-kit, Biosense – Bergen, Norge). I tillegg ble prøvene analysert for anatoxin a og cylindrospermopsin (LC-MS/MS). Analysene av algetoksiner er utført ved NIVA i Oslo.

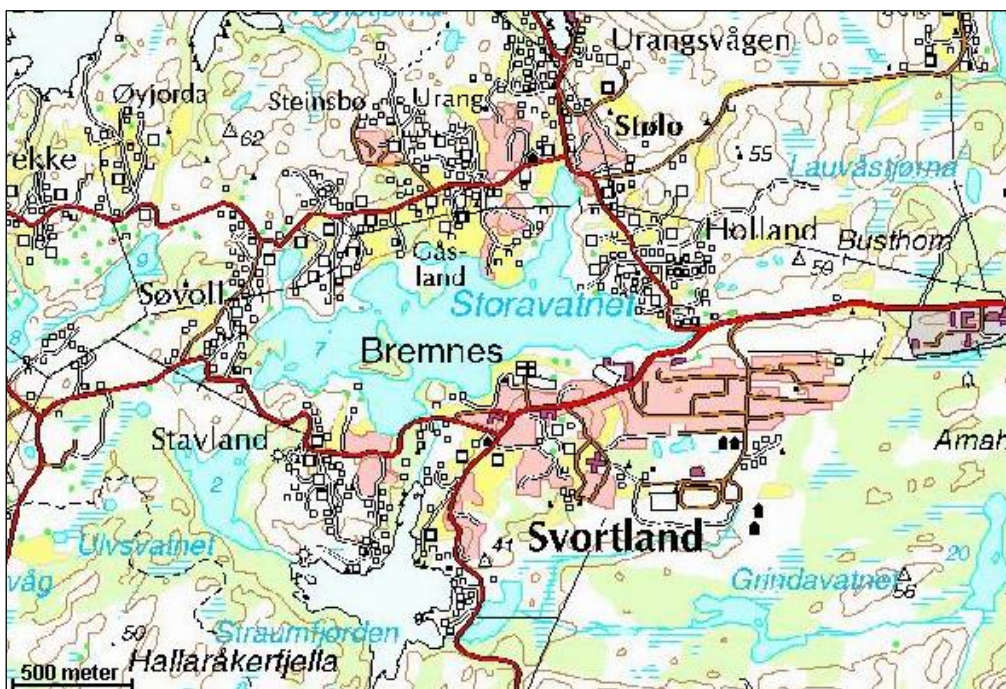
Værforholdene i 2008 var preget av en tørr og varm mai måned, en noenlunde "normal" juni og så en periodevis svært varm juli med strålende vær mot slutten og videre utover i august. Også september var relativt tørr og varmere enn normalt (**figur 1**). Dette skulle gi gode forhold for algevekst på ettersommeren. Oktober vær svært nedbørrik med opp mot 500 med mer nedbør.



Figur 1. Klimatiske forhold ved 2008, der årets verdier er vist som grå søyler og normalen som rød strek, for henholdsvis månedstemperatur (**venstre**) og månedsnedbør (**høyre**). Alle data er fra målestasjon Bergen Florida.

STORAVATNET PÅ BØMLO

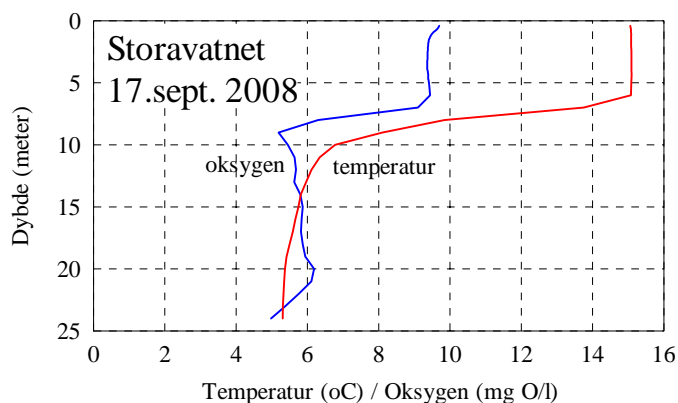
Storavatnet (NVE-nr. 22224, **figur 2**) ligger 7 moh., har et nedslagsfelt på 2,9 km², et overflateareal på 0,57 km², et snittdyp på 7,5 m og et maksimaldyp på 38 m. Volumet er 4,12 mill. m³. I nedslagsfeltet drives det noe jordbruk og husdyrhold. Det meste av nedslagsfeltet er imidlertid tettstedsareal, mens øvrige områder er mer spredt bebygget.



Figur 2. Storavatnet i Bømlo kommune.

Temperatur og oksygen

Temperatur og oksygenprofiler ble kun undersøkt ved prøvetakingen i september. Sjøttet lå grunt rundt 7 meters dyp (**figur 3**). Temperaturen i overflaten var 15 grader, mens dypvannet holdt seg rundt 5 grader. Det var et relativt stort oksygenforbruk i Storavatnet, og ved undersøkelsen 17. september var det omtrent 6 mg O/l i dypvannet (**figur 3**). Et markert oksygenvinn like over temperatursprangsjiktet skyldes et stort oksygenforbruk når alger fra overflatevannet synker mot bunnen og akkumulerer midlertidig akkurat i sjiktet.



Figur 3. Temperatur- og oksygenprofil i Storavatnet i Bømlo, 17. september i 2008. Målingen er utført med en STD/CTD nedsenkbar sonde, modell SD 204.

Næringsrikhet 2008

Innholdet av næringsstoffer i Storavatnet (**tabell 3**) var relativt lavt. Med en gjennomsnittlig konsentrasjon av totalfosfor på 10 $\mu\text{g/l}$ og av totalnitrogen på 302 $\mu\text{g/l}$ ligger innsjøen på tilstandsklasse II = "god" for fosfor og for nitrogen er det på grensen mellom I = "meget god" og II = "god". Innholdet av organisk karbon (TOC) i overflatevannet var middels høyt (**tabell 3**), og med en gjennomsnittlig verdi på 5,45 mg C/l, klassifiseres Storavatnet i tilstandsklasse III = "mindre god". Siktedypet var lavest i august da det kun var på 2,4 meter. En gjennomsnittsverdi på 2,7 m tilsvarer tilstandsklasse III = "mindre god" i SFT sitt klassifiseringssystem. Innholdet av organisk stoff og algemengder samvarierer med siktedypet.

Tabell 3. Vannkjemiske resultater, siktedyp og algemengder i Storavatnet ved to tidspunkt høsten 2008. Alle prøvene er analysert ved det akkrediterte laboratoriet Chemlab Services AS.

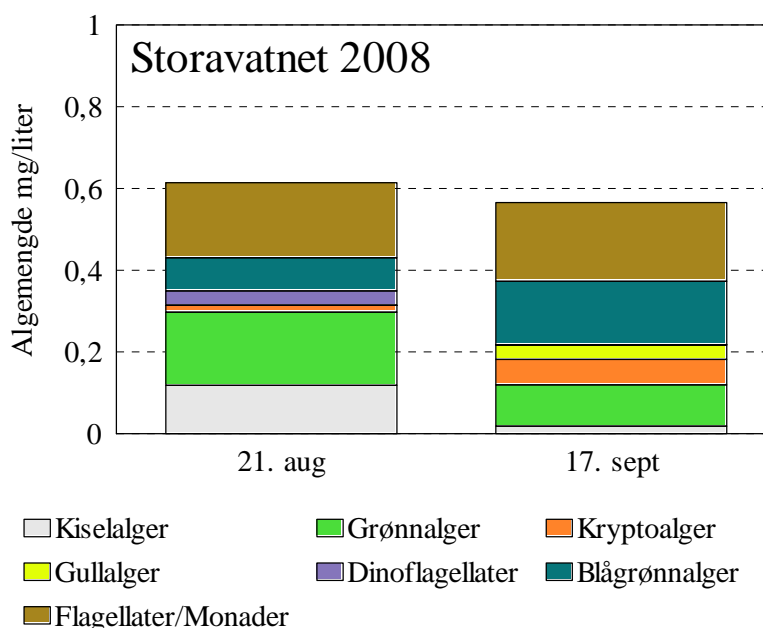
Parameter	21. august	17. september	Gjennomsnitt
Tot. P ($\mu\text{g/l}$)	7	13	10
Tot. N ($\mu\text{g/l}$)	354	251	302
TOC (mg/l)	5,6	5,3	5,45
Siktedyp (m)	2,4	3,0	2,7
Klorofyll a ($\mu\text{g/l}$)	7,5	12,0	9,8
Algemengde (mg/l)	0,57	0,61	0,59

Alger og algemengder

Algemengdene i Storavatnet var lav ved de to tidspunktene i 2008, mens innholdet av klorofyll tilsvarte SFT tilstand IV = "dårlig" med et gjennomsnittlig innhold av klorofyll a på 9,8 $\mu\text{g/l}$. Med et gjennomsnittlig algevolum på 0,59 mg/l klassifiseres innsjøen som mesotrof, eller på grensen mellom SFTs tilstand II = "god" og III = "mindre god"

Algesamfunnet i Storavatnet var relativt divers. Flagellater og monader og blågrønnalger dominerte i september, mens kiselalger og grønnalger også var dominerende i august (**figur 4**). Kryptoalger og gullalger utgjorde en mindre andel av algebiomassen i 2008.

Figur 4. Algevolum og -slekter i Storavatnet ved to tidspunkt høsten 2008 (**vedleggstabell 1**). Prøvene er tatt som blandeprøver fra de seks øverste meterne og sprangsjiktet, -ved innsjøens dypeste punkt.



Algetoksiner

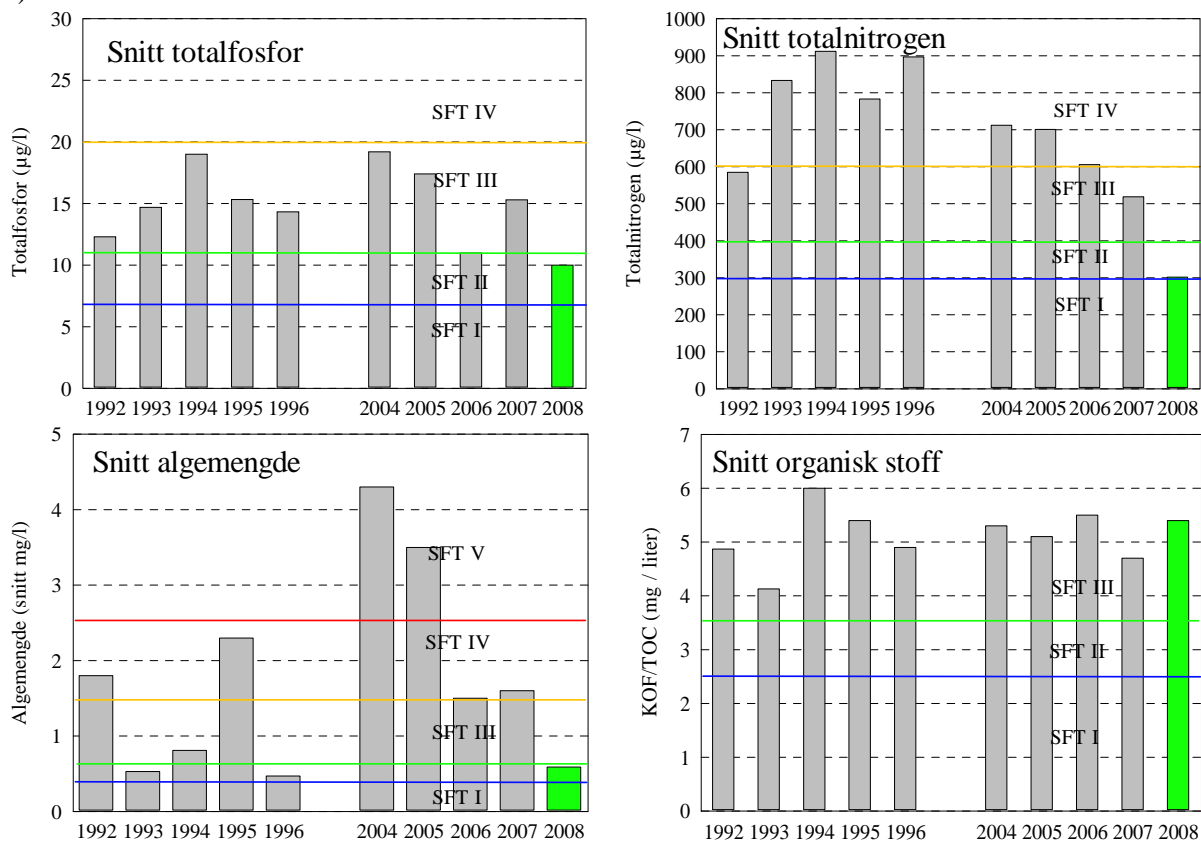
I 2008 ble det ikke påvist alggifter ved de to prøvetakingene i august og september. Der er ikke sannsynlig at alggifter har forekommet i andre deler av 2008 heller.

I 2000 og årlig fra 2003 er det også tatt prøver for å undersøke om det var toksinproduserende stammer av blågrønnalger tilstede. Disse undersøkelsene er delvis gjort av NIVA og delvis har Bømlo kommune tatt egne prøver for undersøkelse på microcystin. Det ble ikke påvist toksiner i 2000 eller i perioden 2004-2005. Resultatene fra 2006 viste lave konsentrasjoner av toksiner gjennom hele sesongen, mens siste påvisning av algetoksiner før det var fra høsten 2003. I 2007 ble det påvist små mengder av algetoksinet microcystin i juli, mens det i september og oktober ble det påvist større mengder, med henholdsvis 0,81 µg/l og 6,3 µg/l. Microcystin grenseverdien for drikkevann er 1 µg/l, for badevann er det 10 µg/l.

Oppsummering og utvikling i Storavatnet

I 2008 var Storavatnet næringsfattig (SFT klasse II), den hadde et middels høyt innhold av organisk stoff (SFT klasse III) og et middels godt siktedyp (SFT klasse III). Algemengdene var middels høye, med et enda høyere innhold av klorofyll. Andelen blågrønnalger var i gjennomsnitt 20 %, med dominans av slektene *Anabaena* og *Microcystis*. Det ble ikke påvist alggifter prøvetakingene i 2008. I 2007 var det imidlertid betydelige mengder på høsten.

Storavatnet er undersøkt flere ganger tidligere, og det kan se ut som om både næringsinnholdet og algmengdene i innsjøen har avtatt betraktelig de siste 5 årene. Dette kan delvis være et utslag av færre prøvetakinger i 2008, men en effektiv kloakksanering rundt innsjøen kan også ha hatt stor effekt (**figur 5**).



Figur 5. Gjennomsnittlig konsentrasjon av totalfosfor, totalnitrogen, algevolum og organisk stoff (TOC) i Storavatnet i tidligere undersøkelser, samt i 2008 (grønn). Grensene for SFTs tilstandsklasser er lagt inn.

NESVATNET PÅ RADØY

Nesvatnet (nr. 26358) er den lavestliggende innsjøen i Ulvatnvassdraget og ligger like før utløpet til sjøen (**figur 6**). Nesvatnet ligger 4 moh., er 46 m på det dypeste og har et areal på 0,65 km². Det er noe tettbebyggelse i nedbørfeltet (Manger sentrum) og det er en del landbruksområder. Både sau og hest beitet like ned mot innsjøen i prøvetakingsperioden. Det ligger også en badeplass i nordøstre delen av innsjøen.

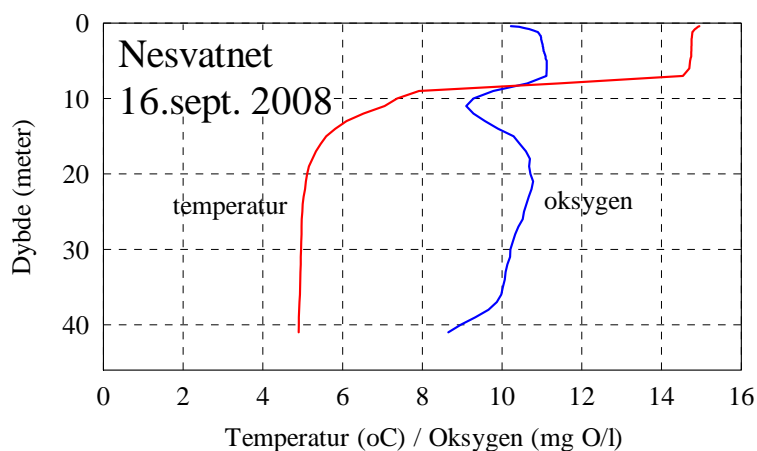


Figur 6. Nesvatnet i Radøy kommune

Temperatur og oksygen

Ved prøvetakingen i september lå temperatursjiktet rundt 8 meters dyp (**figur 7**). Temperaturen i overflaten var omtrent 15 grader, mens dypvannet holdt seg rundt 5 grader. Under prøvetakingen var det et markert oksygensvinn like over temperatursprangsjiktet, noe som skyldes at alger fra overflatevannet akkumulerer her når de synker mot bunnen. Det var et svakt oksygensvinn videre nedover i vannsøylen i dypvannet, men det var ikke stort nok svinn til at det eventuelt blir oksygenfritt ved det dypeste (**figur 7**).

Figur 7. Temperatur- og oksygenprofil i Nesvatnet Radøy, 16. september i 2008. Målingen er utført med en STD/CTD nedsenkbar sonde, modell SD 204.



Næringsrikhet 2008

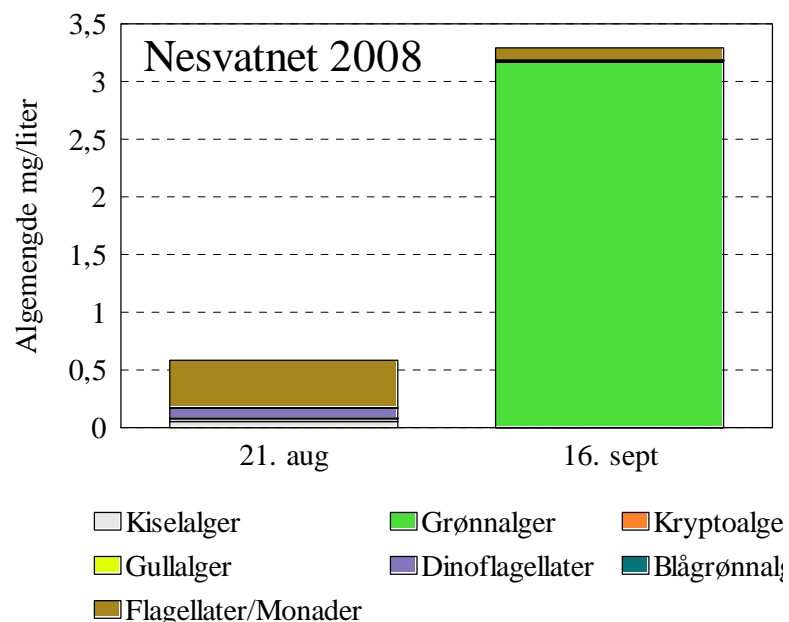
Innholdet av næringsstoffer i Nesvatnet (**tabell 5**) var noe over middels høyt, med en gjennomsnittlig konsentrasjon av totalfosfor på 23,5 $\mu\text{g/l}$ og av totalnitrogen på 430 $\mu\text{g/l}$ klassifiseres innsjøen i henholdsvis tilstandsklasse IV = ”dårlig” og III = ”mindre god”. Innholdet av organisk karbon (TOC) i overflatevannet var også middels høyt med en gjennomsnittlig verdi på ca 4,5 mg C/l, som tilsvarer tilstandsklasse III ”mindre god”. Siktedypet var relativt lite ved begge prøvetakingene (**tabell 5**), og med et gjennomsnittlig siktedyp på 3,25meter klassifiseres innsjøen i tilstandsklasse III ”mindre god” også for denne parameteren.

Tabell 5. Vannkjemiske resultater, siktedyp og algemengder i Nesvatnet ved to tidspunkt høsten 2008.

Parameter	21. august	16. september	Gjennomsnitt
Tot. P ($\mu\text{g/l}$)	16	31	23,5
Tot. N ($\mu\text{g/l}$)	440	421	430,5
TOC (mg/l)	4,5	4,5	4,5
Siktedyp (m)	3,5	3,0	3,25
Klorofyll a ($\mu\text{g/l}$)	6,4	6,0	6,2
Algemengde (mg/l)	0,58	3,29	1,94

Alger og algemengder

Den gjennomsnittlige mengden med alger i Nesvatnet var ganske høye, i hovedsak på grunn av en oppblomstring av grønnalgeslekten *Chlamydomonas* i september, da 96% av algene i innsjøen var av denne gruppen. Gjennomsnittet for begge prøvetakingene var da på 1,94 mg/l, som tilsvarer næringsrike forhold og SFTs tilstandsklasse IV = ”dårlig”. Det ble ikke påvist blågrønnalger ved de to prøvetakingene i 2008 (**figur 8**).



Figur 8. Algevolum og -slekter i Nesvatnet ved to tidspunkt høsten 2008 (vedleggstabell 2). Prøvene er tatt som blandeprøver fra de seks øverste meterne og sprangsjiktet, -ved innsjøens dypeste punkt.

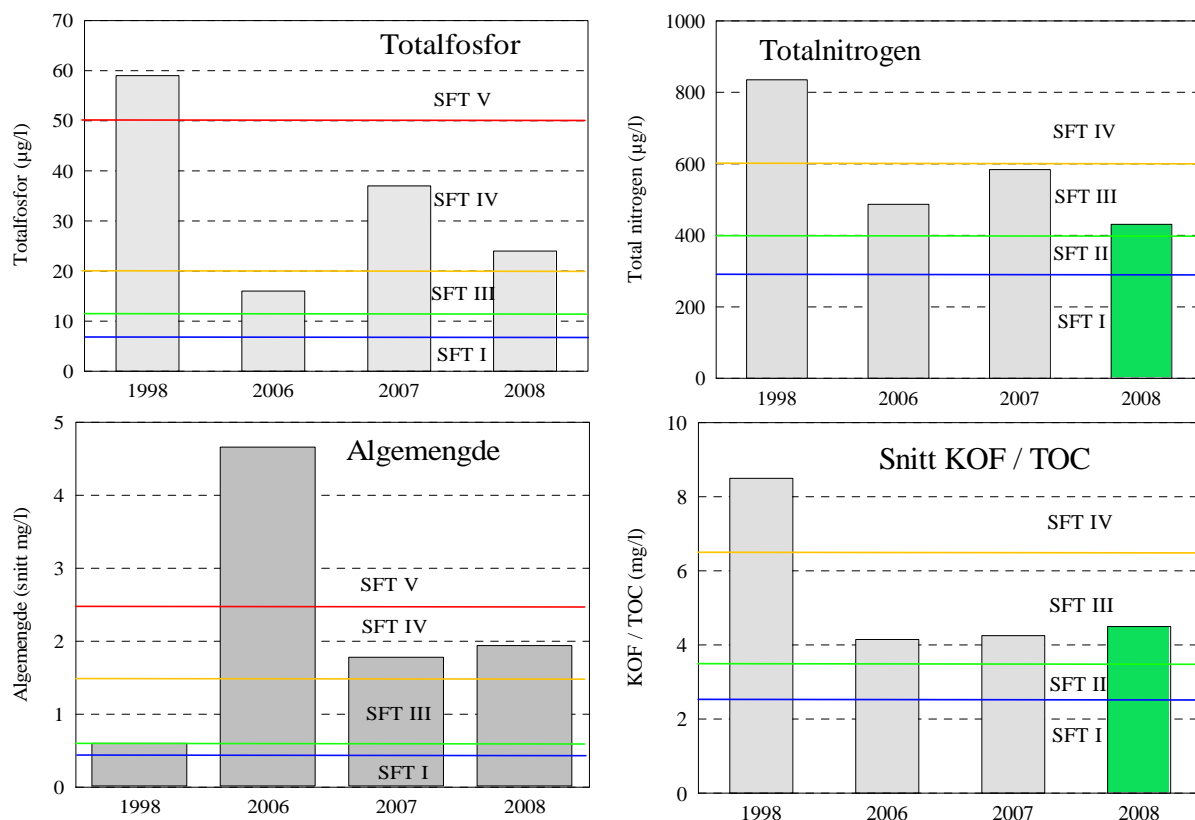
Algetoksiner

Det ble ikke påvist algetoksiner i Nesvatnet i 2008. Innsjøen er tidligere undersøkt i 1991, 1994, 1996, 2006 og 2007 med hensyn på toksin i vannet. Ingen av årene ble toksinproduksjon påvist, og de første årene ble testen utført på mus (Rohlack pers. medd.). I følge Tøsdal (1998) ble det imidlertid påvist algegifter der i august 1996, og badende fikk kløe.

Oppsummering og utvikling i Nesvatnet i Radøy

Nesvatnet var i 2008 en næringsrik innsjø, med fosforinnhold tilsvarende SFT tilstandsklasse IV="dårlig". Algemengdene var høye og tilsvarer det en forventer i en næringsrik innsjø. Ingen algegifter ble påvist i 2008, og heller ikke noen forekomst av blågrønnalger.

Både næringsinnhold og algemengder har variert betydelig i Nesvatnet mellom de ulike årene der det er utført undersøkelser (**figur 9**), slik at det er sannsynlig at nedbørfeltet bidrar med store og kanskje også periodiske tilførsler av næringsstoff. En nærmere vurdering av forholdene i denne innsjøen bør gjennomføres med et noe tettere oppfølgingsprogram enn det som tidligere er utført, med kun 2 prøvetakinger i 1998 (Johnsen 1999) og 4 prøvetakinger i 2006 (Bjørklund & Johnsen 2006) og 2007 (Johnsen & Eilertsen).



Figur 9. Gjennomsnittlig konsentrasjon av totalfosfor, totalnitrogen, algevolum og organisk stoff (TOC) i Nesvatnet i tidligere undersøkelser og i 2008 (grønn). Grensene for SFTs tilstandsklasser er vist.

VEDLEGGSTABELLER

Vedleggstabell 1. Antall (celler/liter) og volum (mg/l) av planteplankton i Storavatnet på Bømlo ved to tidspunkt høsten 2008. Prøvene er tatt som blandeprøver fra 0-6 meters dyp, og de er analysert av cand. real. Nils Bernt Andersen.

Storavatnet, Bremnes 2008	21.august 2008		17.september 2008	
	ant celler/l	volum mg/l	ant celler/l	volum mg/l
BACILLARIOPHYCEAE - kiselalger				
<i>Asterionella formosa</i>	4 000	0,006		
<i>Melosira</i> sp.	14 000	0,0035		
<i>Synedra</i> sp.	673 000	0,101	61 000	0,0122
Ubestemte pennate diatomeer	31 000	0,0078	31 000	0,0062
CHLOROPHYCEAE – grønnalger				
<i>Actinastrum hantzshii</i>	306 000	0,0153		
<i>Crucigeniella</i> sp.			24 000	0,0024
<i>Dictyosphaerium</i> sp.	1 163 000	0,0582		
<i>Monoraphidium</i> sp.	796 000	0,0398	367 000	0,0367
<i>Scenedesmus</i> sp.	122 000	0,0061		
<i>Sphaerocystis</i> sp.	153 000	0,0275	704 000	0,0458
<i>Spondylosium</i> sp.				
<i>Staurastrum</i> sp.	8 000	0,032	4 000	0,016
CRYPTOPHYCEAE - kryptoalger				
<i>Cryptomonas</i> sp.			31 000	0,0248
<i>Rhodomonas</i> sp.	214 000	0,0171	92 000	0,0376
CHRYSOPHYCEAE – gullalger				
<i>Dinobryon divergens</i>			31 000	0,0047
<i>Mallomonas</i> sp.			31 000	0,031
DINOPHYCEAE – dinoflagellater				
<i>Ceratium hirundinella</i>	2 000	0,035		
CYANOPHYCEAE - blågrønnalger				
<i>Anabaena spiroides</i>			1 377 000	0,1556
<i>Anabaena</i> spp.	337 000	0,0381		
<i>Lyngbya limnetica</i> (kolonier)	92 000	0,023		
<i>Microcystis cf. aeruginosa</i> (kolonier)	2 000	0,02		
FLAGELLATER OG MONADER				
Ubestemte flagellater < 5 µm	3 042 000	0,0426	2 904 000	0,0407
Ubestemte flagellater > 5 µm	2 173 000	0,1412	1 345 000	0,152
SAMLET				
Sum	9 132 000	0,6142	7 002 000	0,5657

Vedleggstabell 2. Antall (celler/liter) og volum (mg/l) av planteplankton i Nesvatnet på Radøy ved to tidspunkt høsten 2008. Prøvene er tatt som blandeprøver fra 0-6 meters dyp, og de er analysert av cand. real. Nils Bernt Andersen.

Nesvatnet, Radøy 2008	21.august 2008		16.september 2008	
	ant celler/l	volum mg/l	ant celler/l	volum mg/l
BACILLARIOPHYCEAE				
Asterionella formosa	31 000	0,0465		
Tabellaria fenestrata	2 000	0,006		
CHLOROPHYCEAE				
Closterium sp.	31 000	0,0047		
Cf. Chlamydomonas sp.			6 337 000	3,1685
Scenedesmus sp.			92 000	0,0013
Volvox sp.	275 000	0,022		
CRYPTOPHYCEAE				
Cryptomonas sp.			122 000	0,0104
Rhodomonas sp.			2 000	0,0016
DINOPHYCEAE				
Gymnodinium sp.	61 000	0,061		
Peridinium sp.	31 000	0,031		
FLAGELLATER OG MONADER				
Ubestemte flagellater < 5 µm	2 915 000	0,0408	3 169 000	0,0444
Ubestemte flagellater > 5 µm	3 295 000	0,3723	581 000	0,0657
SAMLET				
Sum	6 641 000	0,5843	1 030 3000	3,2919

REFERANSER

BERGE, D. 1987.

Fosforbelastning og respons i grunne og middels grunne innsjøer. Hvordan man bestemmer akseptabelt trofnivå og akseptabel fosforbelastning i sjøer med middeldyp 1,5 - 15 meter. SFT rapport nr. 2001, 44 sider.

BJØRKLUND, A.E. & G.H. JOHNSEN 2006.

Oppfølgende undersøkelser av innsjøer med tidligere vannblomst og giftproduserende blågrønnalger i Hordaland 2006. Rådgivende Biologer AS, rapportnr. 961, 33 sider, ISBN 978-82-7658-513-1.

BRETTUM, P. 1989.

Alger som indikator på vannkvalitet i norske innsjøer. Planteplankton. NIVA-rapport nr. 2344, 111 sider, ISBN 82-577-1627-8.

BRETTUM, P & ANDERSEN, T. 2004

The use of phytoplankton as indicators of water Quality. NIVA rapport, SNO 4818-2004. 33 +164 sider

FAAFENG, B., P.BRETTUM & D.O.HESSEN 1990.

Landsomfattende undersøkelse av trofitalstanden i 355 innsjøer i Norge. NIVA-rapport 2355, 57 sider, ISBN 82-577-1638-3

HOBÆK, A. 2005

Tilstand i Storavatnet i Bømlo i 2005
NIVA rapport løpenr. 5119-2005. 6 sider

HOLTAN, H. & S.O. ÅSTEBØL 1990.

Håndbok i innsamling av data om forurensningstilførsler til vassdrag og fjorder. NIVA-JORDFORSK rapp nr 2510, 53 sider. ISBN 82-577-1818-1.

JOHNSEN, G.H., S.ANDERSEN & P.J.JAKOBSEN 1985.

Indre gjødsling i ferskvann, et problem for mæroppdrett av smolt i innsjøer. Norsk Fiskeoppdrett nr 4-1985, side 26

JOHNSEN, G.H. & M. EILERTSEN 2008.

Oppfølgende undersøkelser av innsjøer med tidligere vannblomst og giftproduserende blågrønnalger i Hordaland 2007. Rådgivende Biologer AS, rapport nr. 1076, 22 sider, ISBN 978-82-7658-593-3

JOHNSEN, T. M. 2005

Befaring i vann med blågrønnalgeoppblomstringer og ved gammel bossfylling på Rossnes, Radøy kommune. NIVA notat O-24199 og O-24202, 7 sider.

ROGNERUD, S., BERGE, D. & JOHANNESSEN, M. 1979.

Telemarkvassdraget, hovedrapport fra undersøkelsene i perioden 1975 - 1979. NIVA rapport nr. O-70112, 82 sider.

SFT 1997.

SFT-veiledning nr. 97 : 04. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Statens forurensningstilsyn, ISBN 82-7655-368-0, 31 sider.

SOMMER, U., Z.M.GLIWICZ, W.LAMPERT & A.DUNCAN 1986.

The PEG-model of seasonal succession of planktonic events in fresh water.
Archiv für Hydrobiologie nr. 106; sidene 433-471.

TØSDAL, O. 1998

Toksinproduserande cyanobakteriar i Nordhordland. Næringsmiddeltilsynet for Nordhordland og Gulen. 13 sider.

UTKILEN, H., SKULBERG, O.M., SKULBERG, R., GJØLME, N., UNDERDAL, B. (2001).

Toxic cyanobacterial blooms of inlandwaters in southern Norway 1978-1998.
I Cyanotoxins (Ed. I. Chorus). 46-49. Springer, Berlin, Heidelberg, New York.

VOLLENWEIDER, R.A. 1976.

Advances in defining critical loading levels phosphorus in lake eutrofication.
Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 33, sidene 53-83.

Muntlige kilder:

TOMAS ROHRLACK,

Forsker, NIVA. Gaustadalleen 21, 0349 Oslo
tlf. 98227783

HOBÆK, ANDERS

Forsker, NIVA Vestlandsavdelingen, Nordnesboder 5, 5005 Bergen
tlf. 90618862