



RF – Rogalandforskning. <http://www.rf.no>

Forfatter: Åge Molversmyr

Undersøkelse av miljøforholdene i Hålandsvatnet 2001

Rapport RF – 2002/053

Prosjektets tittel: **Hålandsvatnet 2001**
Oppdragsgiver(e): Randaberg kommune, Stavanger kommune

ISBN: 82-490-0179-6

RF - Rogalandforskning er sertifisert etter et kvalitetssystem basert på NS - EN ISO 9001

FORORD

RF – Rogalandsforskning har på oppdrag fra Randaberg og Stavanger kommuner utført undersøkelser i Hålandsvatnet i 2001, som en oppfølging av tidligere undersøkelser i innsjøen. Et relativt enkelt program for overvåking av vannkvalitet er gjennomført, for å kunne vurdere tilstand og utvikling av vannkvaliteten i Hålandsvatnet med tanke på kjemiske og biologiske faktorer.

Undersøkelsen er finansiert av Randaberg, og Stavanger kommune – Teknisk Drift - Vann og Avløpsverket.

Innsamling av prøver og registreringer i felt er utført av seniorforsker Åge Molversmyr ved RF. Kjemiske analyser er utført ved RFs miljølaboratorium, som er akkreditert i henhold til kvalitetsnormen ISO 17025 for en lang rekke kjemiske og biologiske metoder. Analyse av planteplankton er utført av dr. philos Øyvind Løvstad (Limno-Consult), mens dyreplankton er analysert av cand. real Svein Birger Wærvågen (Høgskolen i Hedmark).

Bearbeiding av data og rapportering er utført av seniorforsker Åge Molversmyr, og faglig kvalitetssikrer har vært seniorforsker, dr. Asbjørn Bergheim.

Stavanger, 15. februar 2002

Prosjektleder: Åge Molversmyr

INNHold

SAMMENDRAG.....	1
1 INNLEDNING	2
2 MATERIALE OG METODER.....	3
2.1 Lokalitet	3
2.2 Prøvetaking og feltmålinger.....	3
2.3 Analysemetoder.....	3
3 RESULTATER OG DISKUSJON	5
3.1 Vannkjemiske og fysiske forhold	5
3.2 Biologiske forhold.....	8
3.3 Tilstand og utvikling i Hålandsvatnet	10
3.4 Konklusjoner	12
4 REFERANSER	13
DATAVEDLEGG	14

SAMMENDRAG

Hålandsvatnet fremsto på 1980-tallet som en eutrof innsjø, som følge av betydelige tilførsler fra jordbruksaktiviteter og avløp fra bebyggelse. Det var årvisse oppblomstringer av blågrønnalger, og dypvannet var preget av stort oksygenforbruk og oksygenfrie forhold i store deler av stagnasjonsperiodene. Etter den tid har det vært endringer og tiltak, særlig i landbruket, som har medført reduserte forurensningstilførsler til innsjøen.

Undersøkelsene i 2001 viser at fosforinnholdet er vesentlig redusert siden slutten av 1980-tallet, og tilsier i dag en plassering i tilstandsklasse III ("mindre god") i SFTs system. Innholdet av nitrogen har også avtatt noe, men tilhører fortsatt den høyeste SFT-klassen.

Algebiomassen har også avtatt siden slutten av 1980-tallet, men det var i 2001 fortsatt betydelig algevekst med dominans av blågrønnalger (*Anabaena* og *Microcystis*) gjennom hele sommeren. Både biomassen og sammensetningen av planteplanktonet tilsier at Hålandsvatnet fortsatt er inne i en eutrof (næringsrik) fase.

Dyreplanktonet domineres fortsatt av små hjuldyr, og forekomsten av effektive algebeitere (særlig den store vannloppen *Daphnia*) var lav i 2001. Dyreplanktonets evne til å kunne påvirke utviklingen av planteplanktonet i særlig grad synes liten, og biologisk selvrensningsevne må vurderes som lav. Bestanden av røye i innsjøen kan ha innflytelse på dette forholdet, ved at arten spiser dyreplankton og fortrinnsvis tar de store individene.

I bunnvannet er oksygenforbruket betydelig, og oksygenet avtar raskt. I 2001 var det oksygenfritt

ved bunnen fra midten av juli, og i slutten av august var det oksygenfritt i hele vannsøylen under ca. 12 meter. Det synes ikke å ha vært vesentlige endringer i disse forholdene siden slutten av 1980-tallet. I bunnvannet forbrukes nitrat raskt, men den tilgjengelig mengden synes fortsatt tilstrekkelig til å kunne hindre vesentlig utlekking av fosfor fra sedimentene under den lange oksygenfrie perioden.

I overflatelaget var det stor fotosynteseaktivitet (algevekst) sommeren 2001, og dette medførte at pH i vannet steg helt opp mot pH 9. Dette er på grensen til at betydelig utlekking av fosfor fra underliggende sedimenter vil kunne skje. Til tross for at næringsinnholdet og algebiomassen er redusert, er det fortsatt tilstrekkelig næringstilgang til at betydelig algevekst og høy pH kan forekomme, og innsjøen må antas å kunne ha betydelig indre gjødsling i perioder om sommeren.

Modeller som benyttes i norsk vannforvaltning indikerer at fosforinnhold i Hålandsvatnet må reduseres til under 11 µg P/l (som gjennomsnitt for vekstsesongen), for å sikre akseptabel tilstand i innsjøen. Dette betyr at en må oppnå STF-klasse II ("god").

Forholdene i Hålandsvatnet vil variere fra år til år, som følge av variasjoner i værmessige forhold og andre naturgitte faktorer. Undersøkelsene bør derfor følges opp for å avgjøre om tilstanden i innsjøen i 2001 var representativ for nåtilstanden. Videre bør en følge tilstanden i innsjøen fremover for å kunne dokumentere om den positive trenden fortsetter, når nye forurensningsbegrensende tiltak blir gjennomført i nedbørfeltet.

Referanse:

Molversonmyr, Å., 2002. Undersøkelse av miljøforholdene i Hålandsvatnet 2001. *Rogalandforskning, rapport RF - 2002/053*.

Hålandsvatnet har i en årrekke vært påvirket av jordbruksaktivitet og tilførsler av husholdningsavløp. Dette medførte at Hålandsvatnet på 1980-tallet fremsto som en eutrof innsjø, med årvisse oppblomstringer av blågrønnalger, og med et dypvann preget av stort oksygenforbruk og oksygenfrie forhold i store deler av stagnasjonsperiodene.

Det ble i 1988 gjort en relativt grundig undersøkelse av Hålandsvatnet, hvor tilstanden i innsjøen ble karakterisert (Molversmyr & Sanni 1990). Her ble også sedimentets rolle for bidrag av næringssalter (fosfor) til stoffomsetningen i vannmassene belyst, og det ble bl.a. funnet at gruntvannssedimentet var en viktig potensiell fosforkilde, særlig dersom pH i vannet ble høy som følge av stor algeproduksjon.

Siden 1980-tallet er det gjennomført flere tiltak i landbruket, som også for Hålandsvatnets del må forventes å ha medført reduserte forurensnings-tilførsler. For jordbruksområder på Jæren har en sett tydelig redusert fosforavrenning som følge av dette, kanskje særlig knyttet til overgang til fosforfattige handelsgjødseltyper på slutten av 1980-tallet (f.eks. Molversmyr & Bergheim 1995).

I nedslagsfeltet til Hålandsvatnet har det i tillegg vært en betydelig reduksjon i dyretallet siden slutten av 1980-tallet, og antallet bruksenheter

har avtatt. Dessuten er noe jordbruksareal omregulert til friareal i forbindelse med anleggning av tursti rundt vatnet (Steinar Straum, jordbruks-sjef i Randaberg kommune; pers. medd.).

Forbedret vannkvaliteten i Hålandsvatnet ble da også registrert i en enklere overvåkingsundersøkelse i innsjøen i 1995, som viste markert reduksjon i fosforinnholdet sammenlignet med målingene i 1988 (Gjerstad 1996).

Når det gjelder tilførsler fra befolkning har endringene siden slutten av 1980-tallet vært begrenset, men Randaberg kommune har utarbeidet en Hovedplan Avløp som blant annet vil innebære gjennomføring av forurensningsbegrensende tiltak i nedbørfeltet til Hålandsvatnet. Også Stavanger kommune utfører tiltak for å begrense forurensningsbelastningen av innsjøen.

Randaberg og Stavanger kommuner har hatt ønske om å skaffe oppdaterte data om tilstanden i innsjøen, før hoveddelen av tiltaksarbeidet i nedbørfeltet iverksettes. Undersøkelsene i 2001 har derfor hatt som målsetning å kartlegge nåtilstanden i Hålandsvatnet, påvise eventuelle utviklingstrender i forhold til tidligere undersøkelser, og å skaffe et oppdatert datagrunnlag for vurdering av tiltakene som skal gjennomføres i nedbørfeltet.

2.1 Lokaltet

Hålandsvatnet har i henhold til data fra NVE et innsjøareal på omlag 1,1 km². Nedbørfeltet (på 7,9 km²) må anses lite i forhold til innsjøarealet, og vanntilførselen er liten i forhold til innsjøvolumet. Teoretisk oppholdstid er angitt til 1,28 år (omlag 470 døgn). Største dyp er angitt til 25 meter, mens middeldypet er 9,4 meter. Innsjøen må regnes å være relativt sterkt vindpåvirket.

Dybdekart er vist i figur 1, mens ytterligere beskrivelser av nedbørfeltet er gjort av Molversmyr & Sanni (1990).

2.2 Prøvetaking og feltmålinger

Det ble lagt opp til et relativt enkelt program for undersøkelser i Hålandsvatnet, med i alt 12 prøvetakinger i perioden mars – oktober 2001 (se datavedlegg for nærmere tidsangivelse).

I felt ble det målt vertikalprofiler for temperatur, ledningsevne og oksygen, samt siktedyp og farge målt mot siktedypsskive. Vannprøver av overflatevann ble tatt som blandprøver av vannsøylen 0-4 meter med en rørprøvetaker (Ramberghenter). Prøver av bunnvann ble tatt fra 22 meters dyp, med en standard prøvetaker for innsjøer (av type LIMNOS).

Prøve til surhetsgrad ble tatt i egen flaske, og analysert ved tilbakekomst til laboratoriet.

2.3 Analysemetoder

Følgende metoder ble brukt for feltmålinger:

Temperatur, Oksygen og Konduktivitet. Målt med en YSI 6820 multiparametersonde, med unntak av to tilfeller (3. og 24. juli), da en WTW Oxi-197 oksygenmåler ble brukt (temperatur og oksygen) i en periode da YSI-instrumentet var til service. YSI-målingene ble kontrollert/verifisert ved parallelle målinger på WTW-instrumentet gjennom hele perioden. Konduktivitetsmålingene er gjengitt kun i datavedlegget.

Vannprøvene ble fordelt i felt direkte i egnede prøveflasker/-begre for oppbevaring og analyse. Prøver som ble oppbevart før analyse ble konserverert ved frysing. Følgende analysemetoder ble brukt (NS = Norsk standard; Norges Standardiseringsforbund):

Surhetsgrad (pH). Målt i henhold til Norsk standard NS 4720 (1979), med et Radiometer PHM 210 pH-meter og kombinert elektrode (Radiometer GK 2401 C).

Total fosfor (Tot-P). Målt i henhold til Norsk standard NS 4725 (1984), tilpasset en ChemLab autoanalysator.

Fosfat (PO₄), løst fraksjon. Målt i henhold til Norsk standard NS 4724 (1984), tilpasset en ChemLab autoanalysator. Modifikasjon: Filtertype Whatman GF/C.

Total nitrogen (Tot-N). Målt i henhold til Norsk standard NS 4743 (1993), tilpasset en Skalar San Plus System autoanalysator.

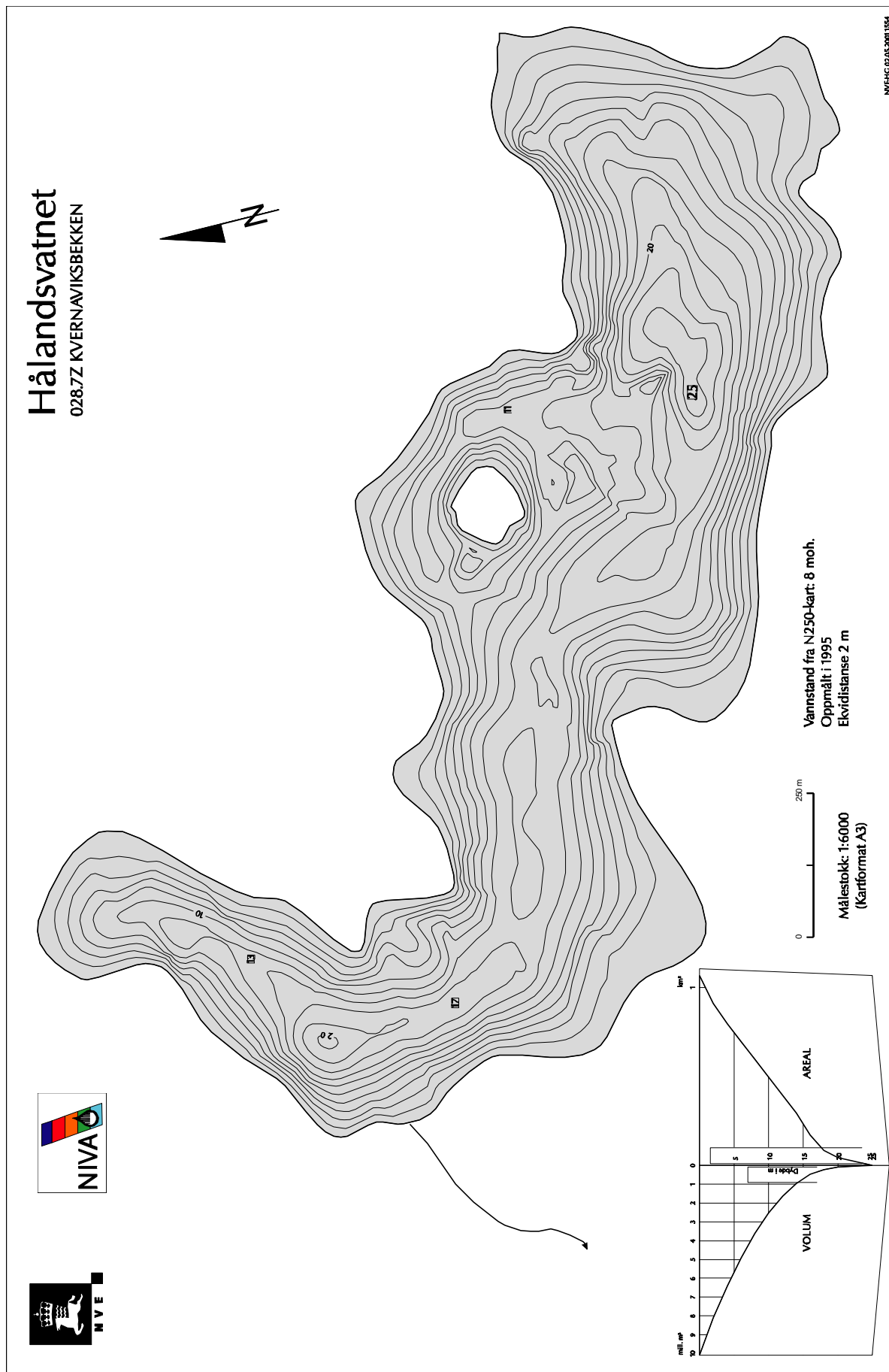
Nitrat+nitritt (NO_x-N), løst fraksjon. Målt i henhold til Norsk standard NS 4745 (1991), tilpasset en Skalar San Plus System autoanalysator. Filtrert gjennom Whatman GF/C filter. I teksten for enkelhets skyld kalt nitrat (NO₃), men analysene er ikke korrigert for nitritt (NO₂).

Reaktivt silikat (RSi). Målt i henhold til Standard Methods 4500-Si E (1998).

Klorofyll a (Kla). Metode med Aceton/DMSO (Klaveness 1984; Stauffer *et al.* 1979). Spektrofotometer: Perkin-Elmer Lambda 7. Filtertype: Whatman GF/C.

Planteplankton. Prøver for kvantitativt planteplankton ble konserverert med sur lugol, og telt i omvendt mikroskop (Utermöhl 1958) etter metode beskrevet av Willén (1976).

Dyreplankton. Prøver for kvantitativt dyreplankton ble konserverert med sur lugol, og analysert ved hjelp av binokularlupe.



Figur 1. Dybdekart og areal-/volumkurver for Hålandsvatnet

3.1 Vannkjemiske og fysiske forhold

Målinger av temperatur og oksygen viste at vannmassene i Hålandsvatnet i 2001 ble sjiktet i midten av mai, og at denne sjiktningen holdt seg til etter siste prøvetaking i siste del av oktober. Høstsirkulasjonen inntraff antakelig i månedsskiftet oktober-november. Det var et stabilt sprangsjikt ved omlag 8-10 meters dyp gjennom store deler av sommeren, med en svært kraftig temperaturgradient (figur 2).

I det stagnerte bunnvannet avtok oksygenet raskt, og ved bunnen var det oksygenfritt fra midten av juli (figur 3). Oksygenforbruket i bunnvannet var betydelig, og i slutten av august var det oksygenfritt i hele vannsøylen under ca. 12 meter. Figur 3 viser at tilstanden i bunnvannet fortsatt er dårlig om sommeren, i 2001 tilsvarende SFTs klasse "dårlig" eller "meget dårlig" (Andersen *et al.* 1997) i vannsøylen under 10-12 meter i hele juli, august og september. Resultatene indikerer at det ikke har vært noen vesentlig endring i dette forholdet siden undersøkelsen i 1988.

I overflatelaget viste målingene at det var stor fotosynteseaktivitet (algevekst) om sommeren, særlig i en periode i august da oksygeninnholdet var i størrelsesorden 120% av metning (figur 3). Dette gjenspeiles også i målingene av pH, som viste verdier opp mot pH 9 i denne perioden (figur 4). Dette er på grensen til det som i 1988 ble funnet å kunne resultere i betydelig utlekking av fosfor fra underliggende sedimenter (Molversmyr & Sanni 1990). Resultatene viser at Hålandsvatnet fortsatt har potensial for kraftig algevekst, med medfølgende høy pH som kan utløse betydelig intern selvgjødsling i innsjøen.

Innholdet av næringsstoffer i overflatevannet var relativt høyt i starten av vekstsesongen, i underkant av 30 µg/l fosfor og omlag 2 mg/l nitrogen målt i slutten av mars. Fosforinnholdet sank raskt utover forsommeren (figur 4), antakelig som følge av at mye var knyttet opp i biomassen av kiselalger som hadde en topp i denne perioden, men som raskt sank ut og ble borte fra vannmassene når silikatet ble redusert til et minimum (figur 5 og 6).

Utover sommeren steg fosforinnholdet i overflatevannet noe (etter hvert som algebiomassen bygde seg opp), men holdt seg på et relativt moderat nivå gjennom resten av sesongen.

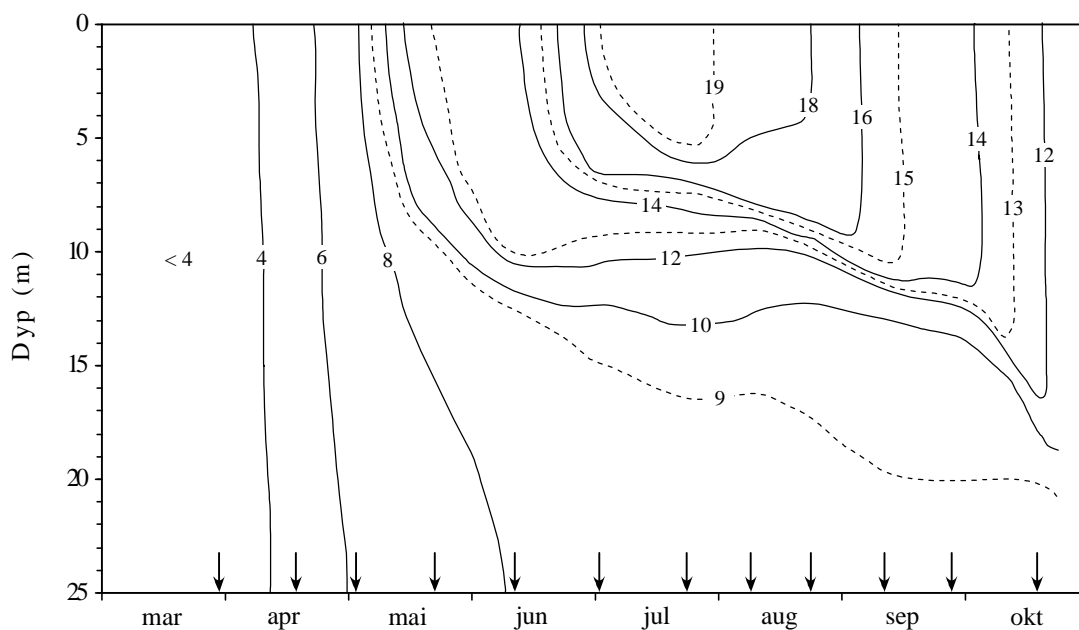
Nitrogeninnholdet sank svakt utover sommeren, en følge av at nitraten (som utgjorde hoveddelen av totalt nitrogen) ble redusert til omlag det halve (figur 4). Nitrat er sammen med fosfat en hovedfaktor for algevekst, men vil med de konsentrasjonene som er målt i Hålandsvatnet ikke kunne være begrensende for slik vekst.

Forholdet mellom næringsstoffene nitrogen og fosfor (N/P-forholdet) var relativt høyt gjennom hele sesongen (figur 4). Lave N/P-forhold antas ofte å kunne gi konkurransefordel for blågrønnalger (Kilham & Kilham 1984; Reynolds 1984; Smith 1983), siden enkelte av disse er i stand til å utnytte molekylært nitrogen (N₂) som tilføres vannet ved diffusjon fra atmosfæren. Forholdet mellom næringsstoffene nitrogen og fosfor vil ikke antas å være en faktor som medvirket til oppveksten av blågrønnalger som ble registrert i Hålandsvatnet i 2001.

I det oksygenfrie bunnvannet var det et stort avtak i nitrat mot slutten av stagnasjonsperioden (figur 4). Under slike oksygenfrie forhold vil nitratinholdet i vannmassene nær sedimentet motvirke utlekking av fosfor, men nitratforbruket kan være stort som følge av mikrobiell aktivitet (denitrifisering). Når nitratinholdet i vannet over sedimentet reduseres under en kritisk grense (omlag 100 µg/l) vil faren for fosforutlekking øke betydelig (Andersen 1982; Molversmyr & Sanni 1990). Det ble imidlertid ikke registrert vesentlig økning av fosfat i bunnvannet (figur 4), noe som viser at omfattende fosforutlekking fra sedimentet ikke fant sted.

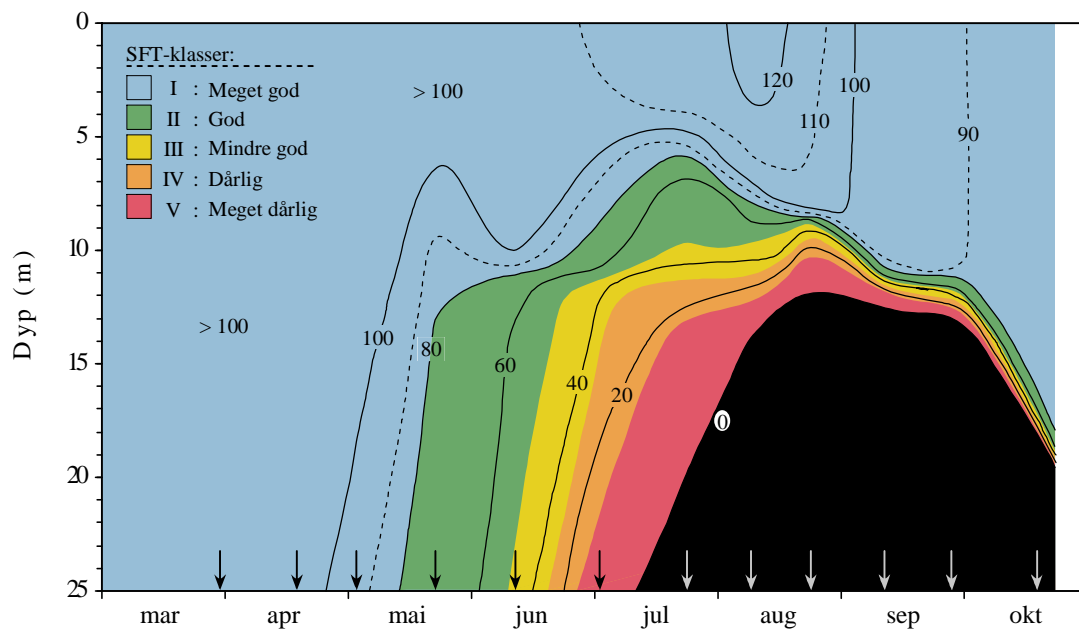
Tilgjengelig mengde av nitrat i bunnvannet er bestemt av nitratinholdet i vannet ved begynnelsen av sommerstagnasjonen. I Hålandsvatnet er nitratinholdet relativt høyt, og synes ikke å være merkbart redusert siden undersøkelsene i 1988 (Molversmyr & Sanni 1990). Dette nitratinivået synes å være tilstrekkelig til å hindre vesentlig utlekking av fosfor fra dypvannsedimentene under den lange perioden med oksygenfritt dypvann.

Temperatur (°C) i Hålandsvatnet 2001

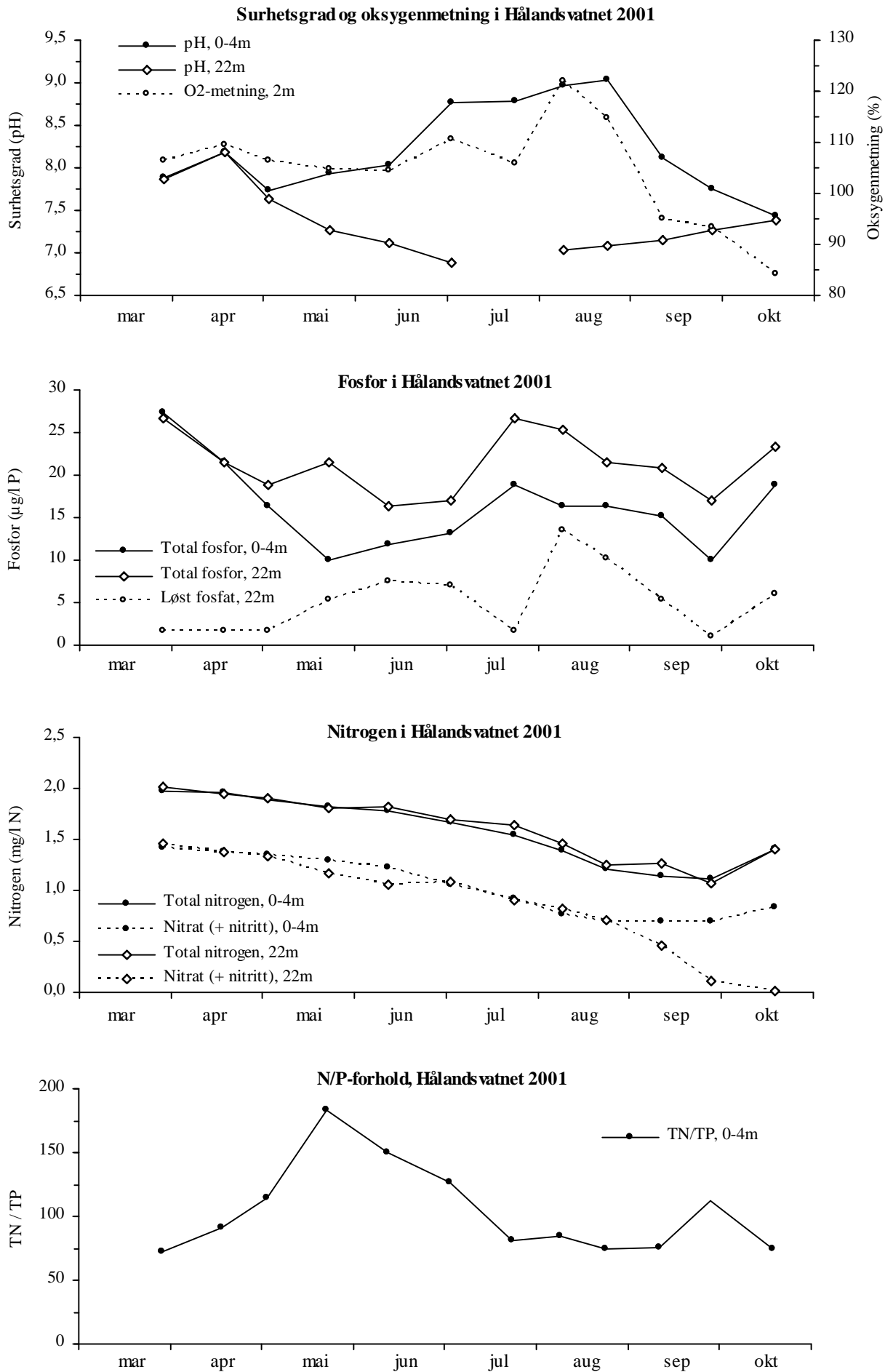


Figur 2. Temperatur i Hålandsvatnet i 2001 tegnet som dyp-tid diagram. (Måletidspunkt er angitt med piler.)

Oksygen (% metning) i Hålandsvatnet 2001



Figur 3. Oksygeninnhold i Hålandsvatnet i 2001 tegnet som dyp-tid diagram. (SFTs tilstandsklasser er inntegnet, og måletidspunkt er angitt med piler.)



Figur 4. Fosfor og nitrogen, samt pH og oksygenmetning i overflatevann i Hålandsvatnet i 2001.

Dersom forurensningsbelastningen av Hålandsvatnet redusertes, vil en sannsynligvis få lavere nitratinnhold i vannet. Dette kan øke faren for fosforutlekking fra dypvannssedimentet, men samtidig vil en forvente at oksygenavtaket i bunnvannet på sikt blir mindre omfattende. Dessuten antas fosforfrigjøring fra dypvannssedimentet bare å kunne gi et lite bidrag til fosforbelastningen av Hålandsvatnet, og det er fra gruntvannssedimentene at betydningsfulle bidrag antas å komme dersom algeveksten og pH i overliggende vannmasser blir tilstrekkelig høy (Molversmyr & Sanni 1990).

3.2 Biologiske forhold

Planteplanktonet i Hålandsvatnet var dominert av blågrønnalger gjennom hele sommeren 2001 (*Anabaena* og *Microcystis*). Biomassen var størst i slutten av august (figur 5), med et maksimum på 4,3 mg/l som våtvekt. Av dette utgjorde blågrønnalgene 70%, men det var også et betydelig innslag av den store fureflagellaten *Ceratium hurundinella* og av ulike grønnalger.

Om våren var det en betydelig biomasse av kiselalger, nesten av samme størrelse som blågrønnalgebiosmassen i slutten av august. Kiselalgene har evnen til rask vekst i det næringsrike vannet om våren, men algegruppen er avhengig av silisium for å vokse. Veksten stopper derfor opp når algene har forbrukt det tilgjengelige silikatet i vannet, og de relativt tunge algecellene synker raskt ut av vannsøylen (figur 6). Mai og juni var dermed en periode med lite alger, før blågrønnalgene bygget opp biomassen utover sommeren.

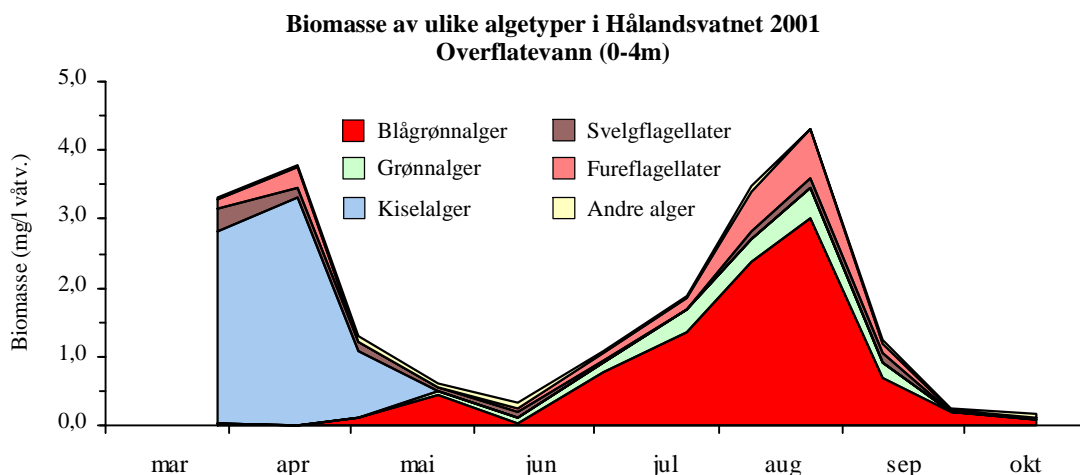
Midlere algebiomasse i undersøkelsesperioden var om lag 1,8 mg/l (våtvekt). Både biomassen

og sammensetningen av planteplanktonet skulle tilsi at Hålandsvatnet fortsatt er inne i en eutrof (næringsrik) fase (Brettum 1989; Rosén 1981).

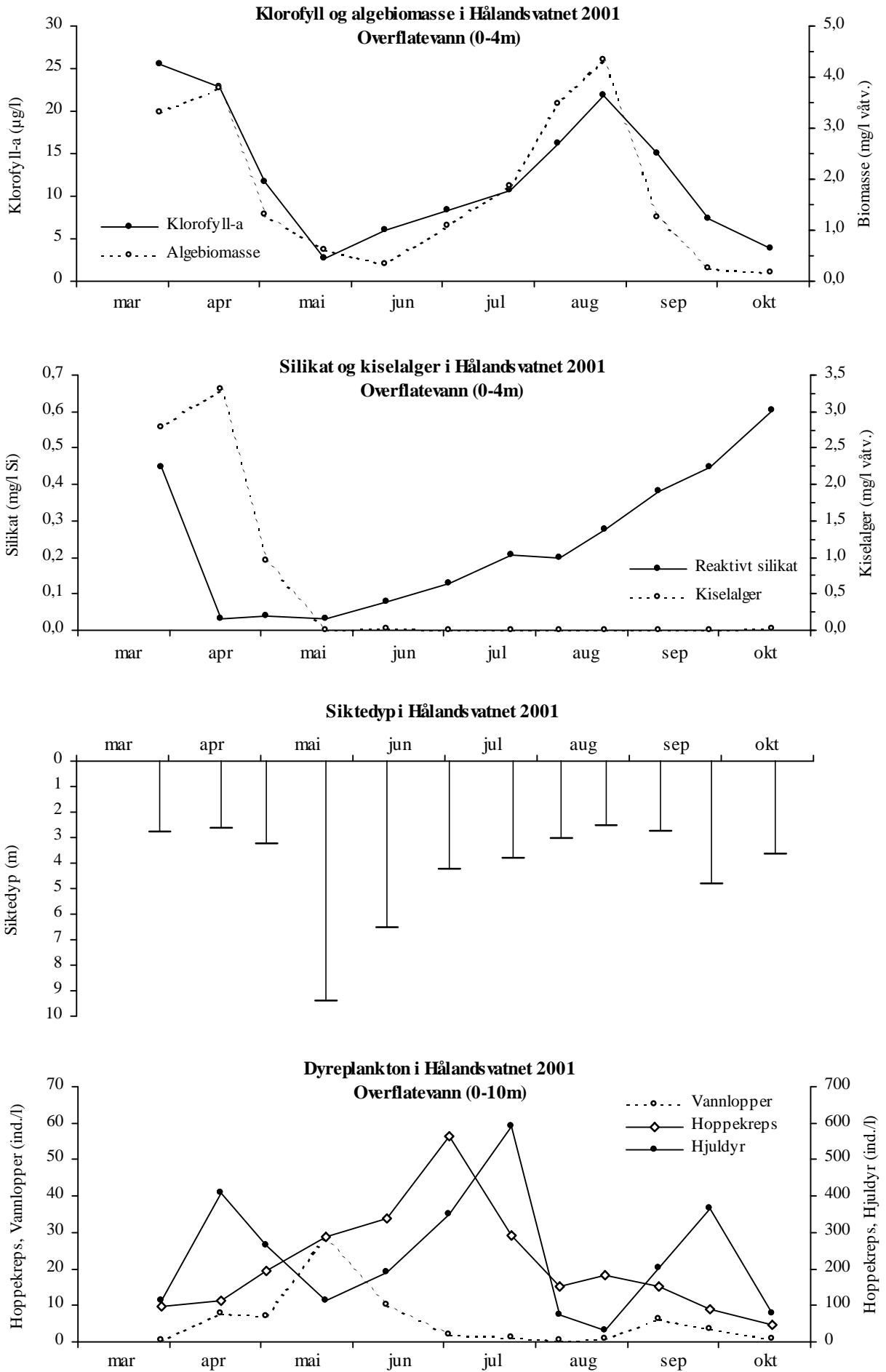
Svingninger i algebiomassen gjennom sesongen gjenspeiles i klorofyllmålingene (som gir et bilde av totalbiomassen av planteplankton), og det var godt samsvar mellom disse parametrene i Hålandsvatnet i 2001 (figur 6). Algebiomassen er dessuten i stor grad bestemmende for siktedypet, som ble målt helt opp mot 10 meter i klarvannsfasen i slutten av mai (figur 6). I det meste av vekstsesongen var imidlertid siktedypet i størrelsesorden 3 meter.

Dyreplanktonet i Hålandsvatnet var dominert av små hjuldyr (figur 6), slik det også ble registrert ved undersøkelsene i 1988 (Molversmyr & Sanni 1990). Variasjoner i individtallet har sammenheng med tilgjengelighet av beitebare alger, og om våren var dette for hjuldyrene antakelig små kiselalger. Populasjonen i slutten av juli har antakelig beitet på små grønnalger som hadde en oppvekst i denne perioden. Når de lite beitebare blågrønnalgene overtok i august, sank antallet dyreplankton drastisk.

Hjuldyrene er ikke særlig effektive algebeitere, og vil bare i begrenset grad kunne påvirke algemengden i vannet. Effektive algebeitere (særlig den store vannloppen *Daphnia*) var tilstede, men i relativt lavt antall (figur 6). Dyreplanktonets evne til å kunne påvirke eller styre utviklingen av planteplanktonet synes liten slik det ble observert i 2001, og biologisk selvrensningsevne må vurderes som lav. Bestanden av røye i innsjøen kan ha innflytelse på dette forholdet, ved at arten spiser dyreplankton og fortrinnsvis tar de store individene.



Figur 5. Mengde og sammensetning av planteplanktonet i Hålandsvatnet i 2001.



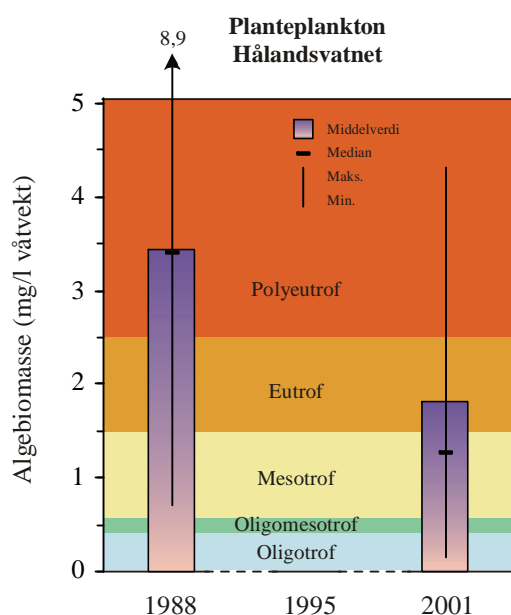
Figur 6. Algebiomasse, dyreplankton, klorofyll, siktedyp og silikatinnhold i Hålandsvatnet i 2001.

3.3 Tilstand og utvikling i Hålandsvatnet

Som nevnt innledningsvis var det på 1980-tallet årvisse oppblomstringer av blågrønnalger i Hålandsvatnet. I 1988 ble det f.eks. funnet svært høye forekomster av arten *Anabaena flos-aquae* i slutten av august, og algegruppen var totalt dominerende i store deler av sommersesongen (Molversmyr & Sanni 1990).

I 2001 var situasjonen for planteplanktonet om lag den samme, med dominans av blågrønnalger gjennom hele sommeren. Artene *Anabaena flos-aquae* og *Microcystis aeruginosa* oppnådde begge betydelige forekomster, og disse artene regnes som problemalger som potensielt kan være toksiske (giftige).

Algebiomassen var imidlertid betydelig lavere i 2001 enn i 1988, både når det gjelder gjennomsnittsverdier og minimums- og maksimumsverdier (figur 7). Dette viser klart at forholdene i innsjøen er forbedret, men Hålandsvatnet må fortsatt regnes som en eutrof innsjø i henhold til inndelingen som Brettum (1989) har foreslått basert på midlere algebiomasse i vekstsesongen (figur 7).



Figur 7. Utviklingen i algebiomasse i Hålandsvatnet.

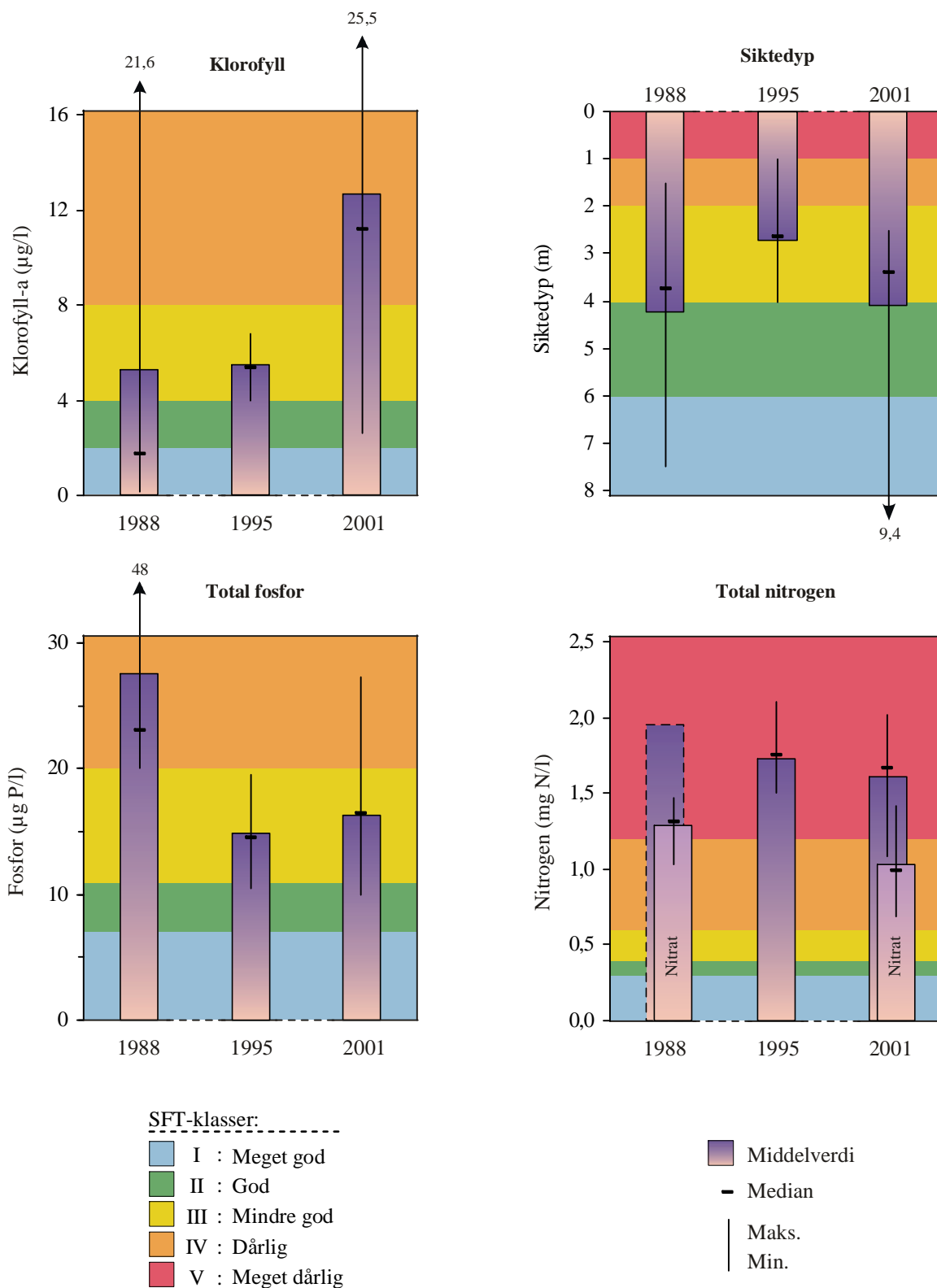
Når det gjelder klorofyllinnholdet synes det å ha vært en betydelig økning siden målingene i 1988 (figur 8), noe som ikke er i samsvar med målingene av algebiomasse. Her kan en bemerke at det i 2001 ble benyttet en forbedret analysemetode (ekstraksjonsmiddel), som regnes å være bedre egnet for vann typer med høyt innhold av blågrønnalger. Målingene i 1988 kan derfor ha underestimert det reelle klorofyllinnholdet. Resultatene fra 2001 antas å gi et riktigere bilde

av tilstanden, og forholdet mellom klorofyll og algebiomasse var i nært samsvar med det som regnes som normalt for norske innsjøer (Faafeng *et al.* 1990; Bratli *et al.* 1997). Klorofyllinnholdet i 2001 plasserer Hålandsvatnet i tilstandsklasse IV ("dårlig") i SFTs system (Andersen *et al.* 1997).

Siktedypet i innsjøen var i 2001 i overkant av 4 meter som gjennomsnitt for vekstsesongen (figur 8), som er om lag det samme som ble funnet i 1988. I 1995 ble det registrert et noe mindre siktedyp, men disse målingene omfattet ikke perioden på forsommeren med en forventet klarvannsfase. Siktedypet synes derfor å ligge i grenseområdet mellom SFTs klasse II ("god") og III ("mindre god"), og det virker ikke å være vesentlig forbedret siden slutten av 1980-tallet. Men både minimums- og maksimumsverdi var større i 2001 enn tidligere, noe som er i tråd med utviklingen i algebiomasse.

I tråd med den reduserte algebiomassen, er innholdet av fosfor i Hålandsvatnet også betydelig redusert siden målingene i 1988 (figur 8). Den gangen var gjennomsnittet i vekstsesongen om lag 27 $\mu\text{g P/l}$ (total fosfor), mens det i 2001 var 16 $\mu\text{g P/l}$. Denne reduksjonen på mer enn 40% har medført at innsjøen har gått fra tilstandsklasse IV ("dårlig") til III ("mindre god") i SFTs system. Til tross for denne betydelige reduksjonen i fosforinnhold, var det betydelig vekst og høy biomasse av alger om sommeren 2001. Faktisk var alge mengden større enn det en normalt ville forvente ved dette fosfornivået (Bratli *et al.* 1997), men samtidig var fosforinnholdet betydelig høyere enn det som kan anslås som en "tålegrense" for innsjøen. I henhold til en modell foreslått av Berge (1987), og som i dag benyttes i norsk vannforvaltning, er grensen for akseptabelt fosforinnhold i Hålandsvatnet i underkant av 11 $\mu\text{g P/l}$ (som gjennomsnitt for vekstsesongen). Dette betyr at en må oppnå STF-klasse II ("god") for å sikre akseptabel tilstand i Hålandsvatnet.

Nitrogeninnholdet i Hålandsvatnet er som nevnt høyt, men også dette synes å ha avtatt noe siden slutten av 1980-tallet (figur 8). I 1988 ble nitrogenet bare målt som nitrat, og det er derfor uklart hva innholdet av total nitrogen var dette året. Av erfaring vet en at nitrat utgjør om lag 2/3 av totalt nitrogenet i Hålandsvatnet, og et antatt nivå av total nitrogen i 1988 er antydning i figur 8. Samtidig er innholdet av nitrat i 2001 inntegnet i figuren. Det synes rimelig klart at nitrogeninnholdet er redusert i den aktuelle perioden, men det tilsier fortsatt en plassering høyeste tilstandsklasse (V; "dårlig") i SFTs system.



Figur 8. Utviklingen i klorofyll, siktedyp og næringsstoffer i Hålandsvatnet.

3.4 Konklusjoner

- Fosforinnholdet i Hålandsvatnet er vesentlig redusert siden slutten av 1980-tallet, og ligger i dag i tilstandsklasse III ("mindre god") i SFTs system. Innholdet av nitrogen har også avtatt noe, men tilhører fortsatt den høyeste SFT-klassen.
- Algebiomassen synes også å ha avtatt siden slutten av 1980-tallet, men det var i 2001 fortsatt betydelig algebiomasse og dominans av blågrønnalger gjennom hele sommeren. Både biomassen og sammensetningen av plantep planktonet tilsier at Hålandsvatnet fortsatt er inne i en eutrof (næringsrik) fase.
- Dyreplanktonet domineres fortsatt av små hjuldyr, og forekomsten av større og mer effektive algebeitere var lav i 2001. Biologisk selvrensningsevne i innsjøen må vurderes som liten.
- I bunnvannet er oksygenforbruket betydelig, og tilstanden synes ikke å ha endret seg vesentlig siden slutten av 1980-tallet. Vannet blir raskt oksygenfritt i stagnasjonsperioden om sommeren, men tilstedeværelse av nitrat hindret i 2001 vesentlig utlekking av fosfor fra dypvannssedimentene.
- Til tross for at næringsinnholdet og algebiomassen i Hålandsvatnet er redusert siden slutten av 1980-tallet, er det fortsatt tilstrekkelig næringstilgang til å kunne gi betydelig algevekst. Dette medfører at pH i vannet lett kan komme opp på et nivå som kan resultere i betydelig utlekking av fosfor fra underliggende sediment. Innsjøen må antas å kunne ha betydelig indre selvgjødsling i perioder om sommeren.
- Det kan antydes at fosforinnhold i Hålandsvatnet må reduseres til under 11 µg P/l (som gjennomsnitt for vekstsesongen), for å sikre akseptabel tilstand i innsjøen. Dette betyr at en må oppnå STF-klasse II ("god").
- Forholdene i en innsjø som Hålandsvatnet vil variere fra år til år, som følge av variasjoner i værmessige forhold og andre naturgitte faktorer. Undersøkelsene bør derfor følges opp for å avgjøre om tilstanden i innsjøen i 2001 var representativ for nåtilstanden. Videre bør en følge tilstanden i innsjøen fremover for å kunne dokumentere om den positive trenden fortsetter, når nye forurensningsbegrensende tiltak nå skal gjennomføres i nedbørfeltet.

Kapittel 4

REFERANSER

- Andersen, J.M., 1982. Effects of nitrate concentration in lake water on phosphorus release from the sediment. *Water Research* 16: 1119-1126.
- Andersen, J.R., J.L. Bratli, E. Fjeld, B. Faafeng, M. Grande, L. Hem, H. Holtan, T. Krogh, V. Lund, D. Rosland, B.O. Rosseland & K.J. Aanes, 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. *SFT-veiledning nr. 97:04, TA-1468/1997*.
- Berge, D., 1987. Fosforbelastning og respons i grunne og middels grunne innsjøer. *NIVA, rapport O-85110, løpenr. 2001*.
- Bratli, J.L., J. Molvær, E. Lømsland, H. Holtan, K. Baalsrud & A. Juliussen, 1997. Miljømål for vannforekomstene. Sammenheng mellom utslipp og virkning. *SFT-veiledning 95:01, TA-1138/1995*.
- Brettum, P., 1989. Alger som indikator på vannkvalitet. Planteplankton. *NIVA, rapport nr. 2344*.
- Faafeng, B., P. Brettum & D. Hessen, 1990. Landsomfattende undersøkelse av trofittilstanden i 355 innsjøer i Norge. *NIVA, rapport nr. 2355*.
- Gjerstad, K.O., 1996. Overvåking av ferskvann i Stavanger kommune. *Næringsmiddeltilsynet for Midt-Rogaland, rapport nr. 2/96*.
- Kilham, S.S. & P. Kilham, 1984. The importance of resource supply rates in determining phytoplankton community structure. *In: D.G. Meyers & J.R. Strickler (eds.), Trophic interactions within aquatic ecosystems. AAAS Symposium Volume 85: 7-27*.
- Klaveness, D., 1984. Klorofyll a. *I: Vennerød, K. (red.), Vassdragsundersøkelser. En metodebok i limnologi. Norsk Limnologforening, Universitetsforlaget: 127-131*.
- Molversonmyr, Å. & A. Bergheim, 1995. Undersøkelser av stofftransport i Skas-Heigre kanalen i perioden 1989 - 1994. *Rogalandsforskning, rapport RF-95/220*.
- Molversonmyr, Å. & S. Sanni, 1990. Hålandsvatnet. Resipientundersøkelse. *Rogalandsforskning, rapport RF-28/90*.
- Reynolds, C.S., 1984. The ecology of freshwater phytoplankton. *Cambridge University Press, Cambridge, 384s*.
- Rosén, G., 1981. Tusen sjöar. Vextplanktons miljökrav. Statens Naturvårdsverk, Rapport. Liber förlag, Stockholm, 120s.
- Smith, V.H., 1983. Low nitrogen to phosphorus ratios favour dominance by blue-green algae in lake phytoplankton. *Science* 221: 669-671.
- Stauffer, R.E., G.F. Lee & D.E. Armstrong, 1979. Estimating chlorophyll extraction biases. *J. Fish. Res. Board Can.* 36: 152-157.
- Utermöhl, H., 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. Internat. Verein. Limnol.* 9: 1-38.
- Willén, E., 1976. A simplified method of phytoplankton counting. *Br. phycol J.* 11: 265-278.

DATAVEDLEGG

Analysedata, samt feltobservasjoner i Hålandsvatnet	15
Feltmålinger av temperatur og oksygen	16
Analyser av planteplankton.....	17
Analyser av dyreplankton.....	18

RESULTATER HÅLANDSVATNET 2001:

Prøvetaking		Tot-P (µg/l)		PO ₄ (µg/l)	Tot-N (µg/l)		NO ₃ (µg/l)		RSi (µg/l)	Kl-a (µg/l)	Algeboim. (mg/l)	pH -		SD m
Nr.	Dato	0-4m	22m	22m	0-4m	22m	0-4m	22m	0-4m	0-4m	0-4m	0-4m	22m	-
1	29.mar.2001	27	27	< 2,0	2000	2000	1400	1500	450	26	3,31	7,88	7,86	2,8
2	18.apr.2001	22	22	< 2,0	2000	1900	1400	1400	31	23	3,78	8,18	8,19	2,6
3	3.mai.2001	16	19	< 2,0	1900	1900	1300	1300	38	12	1,30	7,74	7,64	3,2
4	23.mai.2001	10	22	5,4	1800	1800	1300	1200	31	2,6	0,62	7,93	7,27	9,4
5	12.jun.2001	12	16	7,6	1800	1800	1200	1100	76	6,0	0,34	8,04	7,11	6,5
6	3.jul.2001	13	17	7,0	1700	1700	1100	1100	130	8,4	1,07	8,77	6,89	4,2
7	24.jul.2001	19	27	< 2,0	1500	1600	910	910	210	11	1,87	8,79	8,73	3,8
8	9.aug.2001	16	25	14	1400	1500	770	820	200	16	3,48	8,97	7,03	3,0
9	24.aug.2001	16	22	10	1200	1300	700	710	280	22	4,32	9,04	7,09	2,5
10	11.sep.2001	15	21	5,4	1100	1300	690	460	380	15	1,24	8,12	7,15	2,7
11	28.sep.2001	10	17	< 2,0	1100	1100	690	120	450	7,3	0,24	7,75	7,27	4,8
12	19.okt.2001	19	23	5,9	1400	1400	830	10	600	3,8	0,16	7,44	7,38	3,6

Tidsveid snitt:	15,6	20,9	5,2	1570	1600	1030	890	210	12,1	1,72	8,25	7,45	4,3
Aritm. middel:	16,3	21,4	5,2	1570	1610	1030	880	240	12,6	1,81	8,22	7,47	4,1
Median:	16	22	5,4	1600	1660	990	980	200	11,2	1,27	8,08	7,27	3,4
Min.:	10	16	< 2,0	1100	1100	690	10	31	2,63	0,16	7,44	6,89	2,5
Maks.:	27	27	14	2000	2000	1400	1500	600	25,5	4,32	9,04	8,73	9,4

FELTOBSERVASJONER HÅLANDSVATNET 2001:

Prøvetaking		Vannets farge	Kommentarer
Nr.	Dato		
1	29.mar.2001	Brunlig gul	Ø frisk bris, skyet, opphold. Brunt vann (kiselalger).
2	18.apr.2001	Brunlig gul	N bris, lettskyet, sol. Brunt vann. Relativt mye dyreplankton.
3	3.mai.2001	Grønnlig gul	NV bris, lettskyet, sol. En del algevekst (grønske) på steiner nær land. Målte temp/oks bare med YSI.
4	23.mai.2001	Gullig grønn	Ø bris, lettskyet, sol. Svært klart vann. Relativt mye dyreplankton (Daphnia).
5	12.jun.2001	Grønnlig gul	N liten kuling, lettskyet, sol. Rel. klart vann og mye dureplankton (Daphnia). O2 dropp under termoklin (målt både på YSI og WTW).
6	3.jul.2001	Grønnlig gul	V bris, lettskyet, sol. Brune "fnokker" i bunnvann (løste seg opp). Litt brunt bunnvann. Ikke måplt med YSI (til service).
7	24.jul.2001	Grønnlig gul	SØ bris, skyet, regnbyger.
8	9.aug.2001	Gullig grønn	NV flau vind, skyet, regn. En god del blågrønnalgekolonier (Microcystis) i vannet. Noen brune fnokker i bunnvann, men ingen lukt. YSI.
9	24.aug.2001	Gullig grønn	S laber bris, lettskyet, sol. Blågrønnalgekolonier i vannet, omlag som forrige gang. Ikke lukt av bunnvann (ganske klart vann).
10	11.sep.2001	Gullig grønn	NV bris, skyet, opphold. Annen type "fnokker" (blågrønnalgekolonier?) i bunnvann. Ingen spesiell lukt av dette.
11	28.sep.2001	Gullig grønn	Vindstille, lettskyet, sol. Relativt klart vann, bare litt blågrønnalger igjen.
12	19.okt.2001	Grønnlig gul	Vindstille, lettskyet, sol. Vannstand noe høyere enn tidligere (20-30cm). En del brune "fnokker" i bunnvann (løser seg opp), ingen lukt.

TEMPERATUR I HÅLANDSVATNET 2001:

Dyp (m)	Temperatur (°C) målt ved prøvetakingsdato:											
	29.mar	18.apr	3.mai	23.mai	12.jun	3.jul	24.jul	9.aug	24.aug	11.sep	28.sep	19.okt
0	3,3	5,2	7,9	13,4	13,5	19,0	19,9	18,2	18,3	15,2	14,3	12,2
1												
2	3,3	5,2	7,9	12,9	13,5	18,4	19,9	18,2	18,0	15,2	14,3	12,2
3												
4	3,3	5,2	7,9	12,5	13,5	17,7	19,9	18,2	17,8	15,2	14,3	12,2
5							19,2	18,0				
6	3,3	5,1	7,8	11,9	13,4	16,9	18,2	17,8	17,8	15,2	14,3	12,2
7				11,3		14,9	15,7	17,5				
8	3,3	5,1	7,7	10,6	13,4	13,7	14,1	15,7	17,6	15,2	14,3	12,2
9				10,0			13,2	13,0	15,3			
10	3,3	5,1	7,7	8,7	13,0	12,5	12,4	11,9	12,7	15,2	14,2	12,2
11			7,7	8,3	11,2	11,2	11,0	11,2	11,1	14,5	14,1	
12	3,3	5,0	7,5	8,2	9,6	10,2	10,8	10,3	10,1	11,6	13,1	12,2
13			7,2		8,7			9,7	9,9	10,0	10,7	
14	3,3	5,0	7,0	8,1	8,5	9,3	9,6	9,4	9,5	9,7	9,8	12,1
15								9,2			9,5	
16	3,3	5,0	6,9	8,0	8,3	8,7	9,1	9,0	9,2	9,3	9,3	12,1
17												11,7
18	3,3	5,0	6,8	8,0	8,2	8,4	8,8	8,7	9,0	9,2	9,0	10,0
19			6,7									9,2
20	3,3	5,0	6,5	7,9	8,1	8,3	8,6	8,6	8,9	9,0	8,9	9,0
21			6,5									
22	3,3	5,0	6,5	7,9	8,1	8,3	8,6	8,6	8,9	8,9	8,9	8,9
23		5,0	6,4	7,9	8,1	8,3		8,6		8,9		8,8
24												

Målt med YSI 6820. Målinger 3. og 24. juli er utført med WTW Oxi-197.

OKSYGEN I HÅLANDSVATNET 2001:

Dyp (m)	Oksygeninnhold (% metning) målt ved prøvetakingsdato:											
	29.mar	18.apr	3.mai	23.mai	12.jun	3.jul	24.jul	9.aug	24.aug	11.sep	28.sep	19.okt
0	106	110	109	106	105	111	106	123	118	95	94	84
1												
2	106	110	106	105	104	111	106	122	115	95	93	84
3												
4	107	109	106	102	104	106	106	119	112	94	93	84
5							97	112				
6	107	109	105	101	104	99	78	108	109	94	93	84
7				97		88	59	99				
8	106	109	105	95	104	83	57	75	101	93	92	84
9				92			55	55	45			
10	106	108	105	87	101	72	48	48	19	93	92	84
11			106	83	82	56	34	32	6	68	89	
12	106	108	105	81	67	41	24	16	0	5	38	84
13			104		61			10		0	0	
14	106	108	102	79	56	31	9	0				83
15												
16	106	108	101	76	58	26	6					80
17												59
18	106	108	100	75	56	21	3					0
19			100									
20	106	108	99	73	54	18	0					
21			98									
22	106	108	97	71	52	13						
23		108	96	70	48	12						
24												

Målt med YSI 6820. Målinger 3. og 24. juli er utført med WTW Oxi-197.

KVANTITATIVT PLANTEPLANKTON

Fytoplankton (mg våtvekt/l)	Innsjø: HÅLANDSVATNET 2001											
	Blandprøve 0-4 m											
	Prøvetakingsnr:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Dato:	29.mar	18.apr	3.mai	23.mai	12.jun	3.jul	24.jul	9.aug	24.aug	11.sep	28.sep	19.okt
BLÅGRØNNALGER:												
<i>Anabaena</i> sp.				0,01	0,04	0,48	0,03	0,35	1,23	0,12	0,13	
<i>Aphanothece clathrata</i>						0,24	0,65	1,20	0,40	0,08		
<i>Gomphoshaeria lacustris</i>						x	0,25					
<i>Gomphoshaeria naegelianiana</i>	0,02	0,01	0,01	0,01	x				0,05	0,10	0,05	0,06
<i>Limnothrix</i> sp.									0,10	0,02		
<i>Microcystis</i> sp.					x	0,05	0,43	0,83	1,23	0,08		0,01
<i>Synechococcus</i> sp.			0,10	0,43						0,30		
BLÅGRØNNALGER TOTALT	0,02	0,01	0,11	0,45	0,04	0,77	1,36	2,38	3,01	0,70	0,18	0,07
% Blågrønnalger:	0,6	0,3	8,5	72,6	11,8	72,0	72,7	68,4	69,7	56,5	75,0	43,8
KISELALGER:												
<i>Asterionella formosa</i>	1,23	2,24	0,65	x	0,01							x
<i>Cyclotella</i> sp. (d<10µm)*	0,73											
<i>Fragilaria crotonensis</i>	x		x								x	0,01
<i>Melosira</i> sp.	0,32	0,43	0,02								x	0,01
<i>Synedra cf. acus</i>												x
<i>Tabellaria fenestrata</i>	0,51	0,64	0,29									
KISELALGER TOTALT	2,79	3,31	0,96		0,01							0,02
% Kiselalger:	84,3	87,6	73,8		2,9							12,5
GRØNNALGER:												
<i>Chlorococcales</i>				0,03	0,05	0,12	0,30	0,13	0,05			
<i>Desmidiiales (Staurastrum)</i>				0,01	0,02	0,03	0,03	0,20	0,40	0,22	0,02	0,01
<i>Volvocales</i>												
GRØNNALGER TOTALT				0,04	0,07	0,15	0,33	0,33	0,45	0,22	0,02	0,01
% Grønnalger:				6,5	20,6	14,0	17,6	9,5	10,4	17,7	8,3	6,3
FUREFLAGELLATER:												
<i>Ceratium hirundinella</i>				0,02	0,06	0,12	0,15	0,60	0,72	0,13	x	
<i>Peridinium</i> sp. (stor)					x						0,02	
Stor dinoflagellat	0,15	0,30										
FUREFLAGELLATER TOTALT	0,15	0,30		0,02	0,06	0,12	0,15	0,60	0,72	0,13	0,02	
% Fureflagellater:	4,5	7,9		3,2	17,6	11,2	8,0	17,2	16,7	10,5	8,3	
SVELGFLAGELLATER:												
<i>Cryptomonas</i> spp.	0,33	0,13	0,14	0,05	0,08	0,01	x	0,10	0,13	0,14		x
SVELGFLAGELLATER TOTALT	0,33	0,13	0,14	0,05	0,08	0,01		0,10	0,13	0,14		
% Svelgflagellater:	10,0	3,4	10,8	8,1	23,5	0,9		2,9	3,0	11,3		
ANDRE ALGER:												
Uspes. alger (µ-alger + mye <i>Rhodomonas</i>)	0,02	0,03	0,09	0,06	0,08	0,02	0,03	0,07	0,01	0,05	0,02	0,06
ANDRE TOTALT	0,02	0,03	0,09	0,06	0,08	0,02	0,03	0,07	0,01	0,05	0,02	0,06
% Andre alger:	0,6	0,8	6,9	9,7	23,5	1,9	1,6	2,0	0,2	4,0	8,3	37,5
TOTAL ALGEBIOMASSE	3,31	3,78	1,30	0,62	0,34	1,07	1,87	3,48	4,32	1,24	0,24	0,16

* Tallet kan inneholde eksemplarer av *Stephanodiscus hantzchii*

KVANTITATIVT DYREPLANKTON

Filtrett 90 µm Zooplankton (individer/liter)	Innsjø: Blandprøve 0-10 m	HÅLANDSVATNET 2001											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Prøvetakingsnr: Dato:		29.mar	18.apr	3.mai	23.mai	12.jun	3.jul	24.jul	9.aug	24.aug	11.sep	28.sep	19.okt
<i>Eudiaptomus gracilis</i>		4	3	3	21	30	49	26	14	18	15	8	5
herav: Nauplier		2	2	2	14	16	18	5	7	12	2	5	3
Copepdt.		1	0	1	6	14	26	16	4	6	11	3	1
Adulte		0	0	0	1	1	5	5	4	0	1	1	0
<i>Cyclops abyssorum</i>		6	9	16	8	3	7	4	1	0	0	0	0
herav: Nauplier		6	7	15	4	1	4	3	1	0	0	0	0
Copepdt.		0	1	1	4	2	4	1	0	0	0	0	0
Adulte		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mesocyclops leucarti</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
herav: Nauplier													
Copepdt.		0	0	0									
Adulte													
Sum COPEPODER		10	11	19	29	34	56	29	15	18	15	9	5
<i>Daphnia galeata</i>		0	8	7	28	10	1	1	0	0	1	2	1
Adulte hanner											0	1	1
Adulet hunner		0	8	7	28	10	1	1			0	1	
herav m/egg		0	2	2	1	0		0				0	
<i>Ceriodaphnia sp.</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Adulte hanner													
Adulet hunner													
herav m/egg													
<i>Bosmina longirostris</i>		0	0	0	0	0	1	0	0	1	6	2	0
Adulte hanner													
Adulet hunner							1		0	1	6	2	0
herav m/egg							1			4	1		
<i>Leptodora kindthii</i>													
<i>Bythotrephes longimanus</i>													
Muslingkreps													
Chydorider													
Sum CLADOCERER		0	8	7	28	10	2	1	0	1	6	4	1
<i>Kellicottia longispina</i>			1	1	4	6	40	96	73	13	10	1	0
herav m/egg			0		1	2	6	18	6	1			
<i>Keratella cochlearis</i>		3	27	48	10	42	13	2	1	3	34	87	30
herav m/egg		1	10	21	1	11	4		0	1	9	19	3
<i>Keratella hiemalis</i>		50	281	63								0	
herav m/egg		13	62	16									
<i>Keratella quadrata</i>		7	22	53	72	68	1	7	0	5	78	181	42
herav m/egg		3	11	16	3	6	0	2		2	12	19	2
<i>Pompholyx sulcata</i>			0								1	3	
herav m/egg												1	
<i>Brachionus sp.</i>		0	0										
herav m/egg													
<i>Filinia longiseta</i>		1	10	30	4	1	1				1		1
herav m/egg		0	1	8	0		0						
<i>Polyarthra spp.</i>		2	44	13	0		0	1		2	6	1	1
<i>Synchaeta sp. (stor)</i>		0	1	5	13	66	1				33	70	0
<i>Synchaeta sp. (liten)</i>		41	6	1							1		0
<i>Ascomorpha sp.</i>		1	1	27		1	0				1	1	
<i>Conochilus sp.</i>				1	4	1	270	486	0	8	18	4	
<i>Euchlanis dilatata</i>							1				0		
<i>Gastropus hyptomus</i>		3	5	8							0		
<i>Lecane sp.</i>													
<i>Collotheca sp.</i>										1		1	
<i>Trichocerca sp.</i>		1											
<i>Argonotholca foliacea</i>		1	9	16									
<i>Notholca squamula</i>			0										
<i>Asplanchna priodonta</i>		0	0	0	3	5	23				18	15	1
Sum ROTATORIER		111	408	266	112	190	351	591	74	31	203	364	76