

# NINA Rapport 199

## Referansevassdrag for effektstudier av sur nedbør

Kjemiske og biologiske forhold i Bondals-  
elva og Visavassdraget, Møre og Romsdal,  
2002-2006

Ann Kristin Schartau  
Pål Brettum  
Peder Fiske  
Trygve Hesthagen  
Stein W. Johansen  
Marit Mjelde  
Gunnar G. Raddum  
Brit Lisa Skjelkvåle  
Randi Saksgård  
Liv Bente Skancke



LAGSPILL



ENTUSIASME



INTEGRITET



KVALITET

Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger

## **NINAs publikasjoner**

### **NINA Rapport**

Dette er en ny, elektronisk serie fra 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Normalt er dette NINAs rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig.

### **NINA Temahefte**

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

### **NINA Fakta**

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. De sendes til presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere og andre spesielt interesserte. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

### **Annen publisering**

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

**Norsk institutt for naturforskning**

## Referansevassdrag for effektstudier av sur nedbør

Kjemiske og biologiske forhold i Bondals-  
elva og Visavassdraget, Møre og Romsdal,  
2002-2006

Ann Kristin Schartau

Pål Brettum

Peder Fiske

Trygve Hesthagen

Stein W. Johansen

Marit Mjelde

Gunnar G. Raddum

Brit Lisa Skjelkvåle

Randi Saksgård

Liv Bente Skancke

Schartau, A.K., Brettum, P., Fiske, P., Hesthagen, T., Johansen, S.W., Mjelde, M., Raddum, G.G., Skjelkvåle, B.L., Saksgård, R., Skancke, L.B. 2006. Referansevassdrag for effektstudier av sur nedbør. Kjemiske og biologiske forhold i Bondalselva og Visavassdraget, Møre og Romsdal, 2002-2006. - NINA Rapport 199. 99 s.

Oslo, november 2006

ISSN: 1504-3312

ISBN 10: 82-426-1759-7

ISBN 13: 978-82-426-1759-0

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

KVALITETSSIKRET AV

Odd Terje Sandlund

ANSVARLIG SIGNATUR

Odd Terje Sandlund (sign.)

OPPDRAKSGIVER(E)

Direktoratet for naturforvaltning

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER

Steinar Sandøy

FORSIDEBILDE

Bondalselva: Sledalselva nedstrøms Rognestøylsvatn (foto: Randi Saksgård)

NØKKEWORD

forsuring, eutrofiering, referansetilstand, overvåking, biologisk mangfold, vanddirektivet, vannkjemi, planteplankton, vannplanter, begroingsalger, krepsdyr, bunndyr, fisk, laks

KEY WORDS

acidification, eutrophication, reference condition, monitoring, biodiversity, Water Framework Directive, water chemistry, phytoplankton, macrophytes, benthic algae, microcrustaceans, macroinvertebrates, fish, salomon

KONTAKTOPPLYSNINGER

**NINA Trondheim**

NO-7485 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 73 80 14 01

**NINA Oslo**

Postboks 736 Sentrum

NO-0105 Oslo

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 22 33 11 01

**NINA Tromsø**

Polarmiljøsentret

NO-9296 Tromsø

Telefon: 77 75 04 00

Telefaks: 77 75 04 01

**NINA Lillehammer**

Fakkelgården

NO-2624 Lillehammer

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 61 22 22 15

<http://www.nina.no>

## Sammendrag

Schartau, A.K., Brettum, P., Fiske, P., Hesthagen, T., Johansen, S.W., Mjelde, M., Raddum, G.G., Skjelkvåle, B.L., Saksgård, R., Skancke, L.B. 2006. Referansevassdrag for effektstudier av sur nedbør. Kjemiske og biologiske forhold i Bondalselva og Visavassdraget, Møre og Romsdal, 2002-2006. - NINA Rapport 199, 99 s.

To vassdrag i Møre og Romsdal, Bondalselva med sidevassdraget Sledalselva og Rognestøylsvatn i Ørsta kommune og Visavassdraget med sidevassdraget Tverrelva og Måsvatn i Nesset kommune, ble i 2002 valgt ut som potensielle referansevassdrag i forhold til overvåkingsbehovene i hht. Vannrammedirektivet generelt og i forhold til effektstudier av sur nedbør spesielt. Vassdragene representerer svært jonefattede vassdrag, med lave nivåer av nærings-salter og kalsium. Norske vassdrag er generelt artsfattige sammenlignet med vassdrag ellers i Europa. Vassdragene på Vestlandet er særlig artsfattige og representerer således en særnorsk vassdragsnatur.

Bondalselva og Visavassdraget ble undersøkt fra høsten 2002 til og med våren 2006 etter samme metodikk som er etablert innenfor de nasjonale overvåkingsprogrammene mhp. effekter av forsuring og kalking.

### *Vann typer og klima*

Vassdragene er karakterisert som svært kalkfattige til kalkfattede, klare vann typer i hht. typologien som er utviklet for implementering av Vannrammedirektivet i Norge. Rognestøylsvatn tilhører den boreale klimazonen mens Måsvatn ligger på grensen mot fjellregionen. Rognestøylsvatn er mindre og grunnere enn Måsvatn. Temperaturforholdene er svært like for de to områdene med relativt høye vintertemperaturer og moderate temperaturer på sommeren. Nedbørsmengdene i de mest nedbørsrike periodene er vesentlig høyere i området nær Bondalselva enn området med Visavassdraget.

### *Vannkjemi*

Vannkjemien i de utvalgte lokalitetene er typiske for landsdelen. Kalsium-nivået er lavt, omkring 1 mg/L. Konsentrasjonene av klorid er typiske for vassdrag som er noe påvirket av marine sjøsalter. Til sammenligning vil innlandsvassdrag uten påvirkning av marine aerosoler ha klorid-konsentrasjoner < 1 mg/L. Prøven som ble tatt 18. desember i 2003 i Visa og Måsvatn viser kraftig innslag av klorid, som indikerer en sjøsaltepisode. Dette medførte også et dropp i pH og alkalitet, men hadde ingen innvirkning på labilt aluminium. Bare konsentrasjonene av kalsium og nitrat viser tydelige sesongvariasjoner. Kalsium er påvirket av snødekke og snøsmelting, mens nitrat er påvirket av vekstsesongen. År-til-år variasjonene i vannkjemien er små, men det er en tendens til endring i forsuringssituasjonen over tid. Forsuringsparametere som pH, alkalitet, ANC og labilt Al viser alle konsentrasjons-nivåer typisk for uforurede systemer. pH er > 6,2, men beregning av opprinnelig pH viser at innsjøene i dag har noe lavere pH enn forventet. Vannkjemisk er de to vassdragene svært like men med noe høyere nivåer av nærings-salter (nitrogen og fosfor), kalsium og organisk stoff (TOC) i Rognestøylsvatn sammenlignet med Måsvatn. Sammen med mindre klimatiske forskjeller er dette antagelig hovedårsaken til de biologiske forskjellene som er funnet.

### *Planteplankton*

Det ble i vekstsesongen juni – oktober 2005 samlet inn og analysert fem kvantitative planteplanktonprøver fra Rognestøylsvatn og Måsvatn. Henholdsvis 33 og 34 taksa av planteplankton ble registrert i prøvene, som er normalt i forhold til klare, svakt sure innsjøer. Gjennom hele vekstsesongen var det svært liten planteplanktonbiomasse i begge innsjøene. Gruppene Chrysophyceae (gullalger) og "my-alger" var dominerende mens andre planteplankton-grupper var av underordnet betydning. Biomasse og sammensetning av planteplanktonsamfunnet er typisk for ultraoligotrofe, det vil si svært næringsfattige, innsjøer. Beregnet indeks for surhetsfølsomhet er lav i begge sjøer, lavest i Måsvatn. De lave indeks-verdiene viser klart at innslaget av

surhetsfølsomme alger var lite og at innsjøene kanskje ligger på grensen til å være litt forsuret i perioder.

#### *Makrovegetasjon*

Artsantall og artssammensetning av makrovegetasjon i Rognestøylsvatn er som forventet for nærings- og kalkfattige innsjøer. Økologisk tilstand i forhold til forsuring er vurdert som høy, dvs. at sjøen ikke er forsuret. I Måsvatn er tilstanden stort sett som forventet, men med noe lavere antall forsuringfølsomme arter enn i Rognestøylsvatn. Forekomsten av krypsiv er noe høyere enn forventet. Økologisk tilstand for Måsvatnet er derfor vurdert til å være på grensen mellom god og moderat, dvs. litt forsuret/moderat forsuret.

#### *Begroingsalger og moser*

Det ble tatt prøver av begroingsalger og moser på to lokaliteter hver i Bondalselva og Tverrelva i august 2005. De øverste lokalitetene hadde 60-80 % dekning av levermoser og dominerende algebegroing var trådformede grønnalger som vokste på mosen. De nederste lokalitetene hadde betydelig mindre mosedekning (5-20 %) og med dominerende begroingselementer som dusker av rødalgen *Lemanea fluviatilis* og i tilfellet Bondalselva også gullalgen *Hydrurus foetidus*, samt mørke belegg av cyanobakterier. For både Tverrelva med 20 taksa på begge lokaliteter og Bondalselva med 25 taksa på øvre og 16 på nedre lokalitet, ligger mangfoldet innenfor normal variasjon for tilsvarende elvelokaliteter. Beregning av ISF (Indeks for surhetsfølsomhet) viste en økning i ISF-verdi fra øverst til nederst i begge vassdragene, dvs økende antall forsuringfølsomme arter eller endring fra lite følsomme til moderat eller svært følsomme arter nedover i vassdraget. Likeså var nivået noe høyere i Bondalselva i forhold til Tverrelva, dvs. at Bondalselva generelt synes å ha et større innslag av surhetsfølsomme arter. ISF-verdiene for både Tverrelva og Bondalselva ligger et godt stykke over tilsvarende verdier på forsuringpåvirkede lokaliteter på Sørlandet, noe som viser at vassdragene kan være egnet som referanse-vassdrag i forhold til forsuring.

#### *Småkreps*

Krepsdyrfaunaen ble undersøkt høsten 2002 og siden på 3-4 tidspunkt årlig i perioden 2003-2005. Totalt ble det funnet 36 arter av småkreps (vannlopper og hoppekreps) i Rognestøylsvatn og 27 arter i Måsvatn. Andelen forsuringfølsomme arter utgjorde totalt hhv. 24 (22-33) % og 15 (0-18) %. Planktonet var dominert av vannloppene *Holopedium gibberum* og *Bosmina longispina* samt hoppekrepsen *Cyclops scutifer*, som alle er vanlig forekommende i næringsfattige innsjøer over hele landet. Den forsuringfølsomme vannloppen *Daphnia longispina* ble funnet i små mengder i Måsvatn ved alle datoer med unntak av prøvene fra 2003. Det ble ikke registrert daphnier i Rognestøylsvatn. Det er tidligere vist at sannsynligheten for forekomst av daphnier avtar med innsjøens kalsiumnivå, også i antatt uforsurede sjøer. Den litorale krepsdyrfaunaen i begge sjøer var dominert av arter som er tolerante overfor forsuring. Moderat forsurningsfølsomme arter ble også registrert men de mest følsomme artene manglet. I en sammenligning med andre innsjøer i denne delen av landet viste krepsdyrfaunaen i de to innsjøene stor likhet med andre referanseinnsjøer i Møre og Romsdal. Krepsdyrfaunaen i Måsvatn viste også store likhetstrekk med Røyrvatn, Flotavatn og Risvatn i Vikedalsvassdraget, Rogaland. Daphnier er imidlertid ikke registrert i noen av disse sjøene som er vurdert som moderat forsuret. Basert på artsrikdom og andel forsuringfølsomme arter vurderes Rognestøylsvatn å være uforsurett. Måsvatn vurderes som uforsurett/litt forsurett. Forsuringstatus for Måsvatn er i stor grad basert på funn av daphnier.

#### *Bunndyr*

Bunndyrfaunaen i Bondalselva med Rognestøylsvatn og Visavassdraget med Måsvatn er typisk for nærings- og kalkfattige vassdrag i denne delen av landet. Det ble totalt registrert hhv. 45 og 35 taksa av bunndyr i de to vassdragene (artsrike grupper som f. eks. fjærmygg er regnet som ett taksa). Funn av krepsdyret *Mysis relicta* i Rognestøylsvatn er uventet da arten ikke tidligere er registrert i denne landsdelen og dessuten foretrekker innsjøer som er vesentlig dypere enn Rognestøylsvatn. Antall arter av døgn-, stein- og vårfluer (EPT-taksa) var 25 i Bondalselva og 18 i Visavassdraget. Forskjellene skyldes at Visavassdraget er noe mer nærings-

fattig enn Bondalselva og har dessuten et noe mer ugunstig klima. Andelen fursuringsfølsomme EPT-taksa var høyt sammenlignet med den totale artsrikdommen, hhv. 40 % for Bondalselva og 50 % for Visavassdraget. På elvestasjonene i Bondalselva og Visavassdraget hadde fursuringsindeksen for bunndyr nesten uten unntak verdier som indikerer at bunndyrfaunaen i vassdragene er ubetydelig eller lite påvirket av fursuring. Indeksverdier som angir subletale effekter er lave for sommerprøver, dvs. under flyveperioden til insektene, og var således styrt av livssyklus. Den høyeste verdien er målt nederst i Bondalselva og indikerer noe næringsanrikning. I Rognestøylsvatn og Måsvatn er det påvist færre følsomme bunndyr både i litoralsonen og i utløpsosen. Stasjonene har et ugunstig substrat for mange arter av bunndyr og dette antas å være årsak til lavt artsmangfold med få fursuringsfølsomme taksa. Snegl som regnes som svært fursuringsfølsomme ble ikke påvist i roteprøvene, men i fiskemagene. Av innsjøstasjonene er det i første rekke innløpselva som har den rikeste faunaen av følsomme bunndyr. Tatt i betraktning at vassdraget er kalkfattig framstår Bondalselva med Rognestøylsvatn som uforsuret basert på forekomst av fursuringsfølsomme organismer. Visavassdraget med Måsvatn vurderes også som uforsuret basert på god forekomst av fursuringsfølsomme bunndyr til flere tidspunkt. Når det gjelder følsomme døgnfluer, er funnene i Bondalselva og Visavassdraget svært viktige da dette bekrefter at slike også hører naturlig hjemme i kalkfattige vassdrag.

### *Fisk*

Nedbørsfeltet til Bondalselva har 14 innsjøer over 13 dekar (0,013 km<sup>2</sup>), som er lokalisert mellom 261-882 moh. Aure er eneste innsjølevende fiskeart, bortsett fra forekomst av ål og laks i Videtjern og Rognestøylsvatn og røye i Trollvatn. Tidligere var det også røye i Rognestøylsvatn men bestanden forsvant en gang før 1940. Pr. idag er det antatt at 8 innsjøer har aure. Det har vært satt ut aure i de fleste innsjøene som idag er fisketomme. Disse er alle høyereliggende innsjøer uten gytebekker. Visavassdraget har 17 innsjøer over 8 dekar, som er lokalisert mellom 500-981 m o.h. Aure er eneste fiskeart i disse lokalitetene, og femten innsjøer har pr. idag fisk. Det ble gjennomført fiskeundersøkelser med standard garnserier i Rognestøylsvatn i Bondalselva og Måsvatn i Visavassdraget i perioden 2002-2005. Det er middels tette aurebestander i begge innsjøene. Fangstutbyttet på bunn garn i Rognestøylsvatn har økt i løpet av forsøksperioden. I Måsvatn har det derimot vært en nedgang i bestandstettheten i de siste åra. Aldersfordelingen viser en god rekruttering hos auren i begge innsjøene, med en dominans av individ på 1-3 år. I Rognestøylsvatn har det vært det en viss variasjon i rekrutteringen i undersøkelsesperioden, idet andelen ettåringer har variert mellom 4 og 36 %. I Måsvatn var andelen rekrutteringen lavere, men mer stabil idet ettåringer utgjorde 5-10 % av fangsten. Resultatene fra elfiske tyder også på at rekrutteringen til aurebestanden i Rognestøylsvatn er langt høyere enn for bestanden i Måsvatn.

Lakseførende strekning i Bondalselva er 15,3 km og i Visavassdraget 6,9 km. I både Visa og Bondalselva var tettheten av eldre laksunger høsten 2003 relativt god. Derimot var det lave tettheter av yngel, noe som trolig skyldes at vanntemperaturen under feltarbeidet var lav (< 7°C). Presmolten i Bondalselva våren 2006 hadde signifikant lavere konsentrasjoner av aluminium (Al) på gjellene enn laksen i Visa, med gjennomsnittlige verdier på henholdsvis 11,2±2,5 og 30,6±17,5 µg Al/g tv. De tre høyeste verdiene i Visa var 37, 46 og 68 µg Al/g tv. Dette er relativt høye verdier som kan gi redusert sjøoverlevelse, og kan skyldes en viss fursuringspåvirket vannkvalitet. De rapporterte fangstene av laks på stang i Visa har variert mellom en topp på knapt 1200 kg i 1979 til en bunn på 39 kg i 2002. Fangstene av laks har avtatt på 1990- og 2000-tallet sammenlignet med 1980-tallet. Fangstene av laks i Bondalselva har variert mellom en topp på drøyt 7500 individ i 1979 til en bunn på drøyt 100 individ i 1997. De rapporterte fangstene av laks i Bondalselva har avtatt i de siste årene, idet de har vært lavere på 1990- og 2000-tallet enn på 1980-tallet. Andelen rømt oppdrettlaks i prøvene fra sportsfisket i Bondalselva var i gjennomsnitt 9 % i perioden 1989-2001. Det laveste innslaget var i 1991 og 2001 med 2 %, mens det høyeste innslaget var fra 1997 med 34 %. Det foreligger ikke tall for andelen rømt oppdrettlaks i Visa.

### *Samlet vurdering – økologisk tilstand*

De vannkjemiske og biologiske forholdene i vassdragene er typisk for svært næringsfattige (ultraoligotrofe) til næringsfattige (oligotrofe) vassdrag i Norge. Konsentrasjoner av næringsstoffer er noe høyere i elvene enn i innsjøene og kan indikere at elvene er noe påvirket av landbruksvirksomhet. Også bunndyrsamfunnene indikerer noe næringsanrikning i nedre deler av vassdragene. Samlet vurderes vassdragene å ha høy til god økologisk tilstand mhp. eutrofiering.

Også når det gjelder forsuringstatus er det stort samsvar mellom vurderingen som er gjort basert på hhv. vannkjemi og ulike grupper av flora og fauna. I de fleste tilfeller vurderes vassdragene som ikke forsuret/litt forsuret. Øvre deler av Tverrelva og Måsvatn i Visavassdraget har svært lave andeler forsuringfølsomme organismer. Indekser som angir forsuringfølsomhet/forsuring og som er utviklet for hhv. planteplankton, makrovegetasjon, begroingsalger, småkreps og bunndyr indikerer at Visavassdraget kan være på grensen til å være forsuret. Beregning av opprinnelig vannkjemi viser at innsjøene tidligere har hatt en pH som var noe høyere enn dagens målinger. En sjøsaltepisode vinteren 2003 og høye konsentrasjoner av aluminium på gjeller hos laksesmolt våren 2006 indikerer også at Visavassdraget er svært følsomt for forsuring og kan være utsatt for sure episoder. Basert på våre undersøkelser vil vi vurdere Bondalselva som et godt referansevassdrag for næringsfattige vassdrag på Vestlandet. Visavassdraget kan være noe forsuringpåvirket, dvs. at økologisk tilstand er god men kan være på grensen mot moderat, spesielt basert på sure episoder på vinteren/våren. Vi antar likevel at floraen og faunaen i de fleste tilfeller er nært opp til det en kan forvente i svært jonefattige vassdrag på grensen til fjellregionen. Vår konklusjon er derfor at Visavassdraget også kan fungere som et referansevassdrag. Vassdragene og de to undersøkte innsjøene bør vurderes som referanselokaliteter i forhold til den framtidige overvåkingen i hht. Vannrammedirektivet i Norge. Rognestøylsvatn og Måsvatn representerer antagelig to ulike innsjøtyper der førstnevnte tilhører svært små og svært grunne sjøer mens sistnevnte tilhører små og grunne sjøer. Begge innsjøtypene finnes i overvåkingsprogrammet for effekter av sur nedbør.

I svært næringsfattige vassdrag vil mengden av planter og dyr generelt og forsuringfølsomme organismer spesielt, være naturlig lave. Dersom ikke prøvevolumet er tilstrekkelig stort eller substratet lite egnet for de aktuelle organismene er sannsynligheten for å fange opp de mest følsomme organismene redusert. Flere prøvetakinger gjennom sesongen og undersøkelser over flere år er ofte nødvendig for å få et tilstrekkelig grunnlag for en økologisk vurdering av slike vassdrag. Fordi forsuringstatus i hovedsak baserer seg på tilstedeværelse/fravær av forsuringfølsomme arter så vil en overvåking som omfatter flere kvalitetselementer (kjemiske og biologiske) samtidig føre til en sikrere vurdering. For eksempel er det større sannsynlighet for at overvåking av både begroingsalger og bunndyr (rennende vann) eller makrovegetasjon og småkreps (innsjøer) vil fange opp minst en av de mest forsuringfølsomme artene/taksaene dersom vassdraget ikke er forsuret.

Ann Kristin Schartau<sup>1</sup>, Pål Brettum<sup>2</sup>, Peder Fiske<sup>3</sup>, Trygve Hesthagen<sup>3</sup>, Stein W. Johansen<sup>2</sup>, Marit Mjelde<sup>2</sup>, Gunnar Raddum<sup>4</sup>, Brit Lisa Skjelkvåle<sup>2</sup>, Randi Saksgård<sup>3</sup>, Liv Bente Skancke<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Norsk institutt for naturforskning, Gaustadalléen 21, 0349 Oslo, ann.k.schartau@nina.no,

<sup>2</sup>Norsk institutt for vannforskning, Gaustadalléen 21, 0349 Oslo, <sup>3</sup>Norsk institutt for naturforskning, Tungasletta 2, 7485 Trondheim, <sup>4</sup>Universitetet i Bergen, Laboratoriet for fisk og innlandsstudier, Thormøhlensgt. 49, 5006 Bergen, <sup>5</sup>Norsk institutt for vannforskning, Sørlandsavdelingen, Televeien 3, 4879 Grimstad



## Abstract

Schartau, A.K., Brettum, P., Fiske, P., Hesthagen, T., Johansen, S.W., Mjelde, M., Raddum, G.G., Skjelkvåle, B.L., Saksgård, R., Skancke, L.B. 2006. Reference watercourses for assessment of acidification. Chemical and biological characterisations of the watercourses Bondalselva and Visavassdraget, North-western Norway, 2002-2006. - NINA Rapport 199, 99 pp.

Two watercourses in Møre and Romsdal County were selected as potential reference localities with regard to the future monitoring programmes, both as required by the Water Framework Directive (WFD), and for acidification studies in Norway: Bondalselva with the tributary Sledalselva and Lake Rognestøylsvatn in Ørsta municipality, and Visavassdraget with the tributary Tverrelva and Lake Måsvatn in Nesset municipality. These watercourses represent very electrolyte poor water types, with low nutrient and calcium concentrations. The species richness of Norwegian rivers and lakes are generally low and this is especially true for waterbodies in Western Norway, which therefore represent distinctively Norwegian water types.

The water chemistry and biology of these river basins were studied from autumn 2002 to spring 2006 by the standard methodology established for the national monitoring programmes on effects of long-range transboundary pollution and liming.

### *Water types and climate*

The watercourses are characterised as “very calcium poor to calcium poor, clear water types” with regard to the typology developed for the implementation of the Water Framework Directive in Norway. Lake Rognestøylsvatn belongs to the boreal climate zone whereas Lake Måsvatn is situated at the border between boreal and highland climate zones. The temperature conditions in the lower parts of the two rivers are similar with relatively high winter temperatures and moderate summer temperatures. The precipitation in periods with heavy rain fall is significantly higher in the Bondalselva area compared to Visavassdraget.

### *Water chemistry*

The water chemistry is typical for this region of Norway. Concentrations of calcium are low, about 1 mg Ca L<sup>-1</sup>. Chloride concentrations are characteristic for watercourses influenced by sea salts. Samples taken 18 December 2003 in River Visa and Lake Måsvatn had high chloride concentrations, indicating a sea salt episode at that time. This resulted in a substantial decrease in pH and alkalinity, but had no influence on the concentration of labile aluminium. Only the levels of calcium and nitrate show a pronounced seasonal variability. Calcium is influenced by snow cover and snow melt while nitrate is correlated with primary production. Year to year variation in chemical parameters are minor, but there is a small trend in parameters related to acidification. Concentrations of pH, alkalinity, ANC and labile Al, are typical for non-acidified waters. pH is >6.2 but calculation of pre-industrial pH show that the lakes Rognestøylsvatn and Måsvatn today have a pH which are somewhat lower than the natural condition. Water chemistry in the two watercourses is in general similar, but concentrations of nutrients (nitrogen and phosphorus), calcium and organic carbon (TOC) are slightly higher in Rognestøylsvatn compared to Måsvatn. Minor chemical and climatic differences between the two watercourses are probably the main reason for the observed biological differences.

### *Phytoplankton*

Phytoplankton samples were taken at five dates during the growing season in 2005. The number of taxa recorded was 33 in Rognestøylsvatn, and 34 in Måsvatn. This is a typical species richness for nutrient poor, clear, slightly acidic waters. The phytoplankton biomass is low throughout the growing season. Chrysophyceae and my-algae are dominating whereas other phytoplankton groups are negligible. Both phytoplankton biomass and species composition are typical for ultraoligotrophic (very nutrient poor) lakes. The index for acid sensitivity based on phytoplankton had low values in both lakes; the lowest values were calculated for Måsvatn.

These values show that the number of acid sensitive taxa present is low, and that the lakes in periods might be slightly acidified.

### *Macrovegetation*

Species richness and composition of macrovegetation in Rognestøylsvatn is as expected for nutrient poor lakes with low calcium concentrations. Ecological status with regard to acidification is defined as high, meaning that the lake is not acidified. The presence of acid sensitive species is somewhat lower in Måsvatn compared to Rognestøylsvatn. Further, the abundance of *Juncus bulbosus* in Måsvatn is higher than expected for non-acidified lakes. Consequently, the ecological status of Måsvatn is assessed to be good/moderate, meaning that the lake might be slightly/moderately acidified.

### *Benthic algae and mosses*

Benthic algae and mosses were assessed at two localities in each of the rivers on one occasion in 2005. The uppermost localities had 60-80% cover of liver mosses. Dominating benthic algae were filamentous green algae growing as epiphytes on the mosses. The lower localities had only 5-20% moss cover and the red algae *Lemanea fluviatilis* was the dominant benthic algae. In Bondalselva also *Hydrurus foetidus* (Chrysophyceae) and dark growth forms of Cyanobacteria were important. Tverrelva, with 20 taxa at both stations, and Bondalselva, with 25 taxa at the upper and 16 taxa at the lower station, had species richness as expected for rivers of this water type. The index for acid sensitivity based on benthic algae (IVF) showed increasing values from the upper to the lower stations, meaning that the relative abundance of acid sensitive taxa compared to tolerant taxa was higher in the lower parts. Bondalselva had higher values of IVF than Visavassdraget. For both rivers the values of IVF were well above values for acidified rivers in the southernmost parts of Norway. Thus, both Bondalselva and Visavassdraget can be considered as reference rivers with regard to acidification.

### *Microcrustaceans*

Pelagic and littoral microcrustaceans were sampled in the autumn of 2002 followed by 3-4 yearly samples in the period 2003-2005. In total 36 and 27 species of microcrustaceans (Cladocera and Copepoda) were recorded in Rognestøylsvatn and Måsvatn, respectively. Presence of acid sensitive species was 24% (22-33%) in Rognestøylsvatn and 15% (0-18%) in Måsvatn. In the plankton, the cladocerans *Holopedium gibberum* and *Bosmina longispina* as well as the copepod *Cyclops scutifer* were dominating species. These species are common in nutrient poor lakes in Norway. The acid sensitive cladoceran *Daphnia longispina* was found in low abundances in Måsvatn at most dates except for 2003. This species was not found in Rognestøylsvatn. Earlier studies show that the probability of presence of daphnids increases with increasing calcium content of the water. The community of littoral microcrustaceans is dominated by species which are tolerant to acidification. Moderately sensitive species were recorded whereas highly sensitive species were not present. The microcrustacean community of Rognestøylsvatn and Måsvatn showed high similarity with other reference lakes in Møre and Romsdal county. The microcrustacean fauna of Måsvatn also resembled the fauna of Røyrvatn, Flotavatn and Risvatn in Vikedal watercourse, Rogaland county, in south-western Norway. However, daphnids are not found in any of these lakes, which are assessed as moderately acidified. Based on species richness and the presence of acid sensitive microcrustaceans Rognestøylsvatn is considered as not acidified. The not acidified/slightly acidified status of Måsvatn is mainly based on the presence of *Daphnia longispina*.

### *Macroinvertebrates*

The macroinvertebrate fauna of Bondalselva including Rognestøylsvatn and Visavassdraget including Måsvatn is typical for nutrient- and calcium poor waters in this region of Norway. In total 45 and 35 taxa (species rich groups, as for instance chironomids, are counted as one taxon each) of macroinvertebrates were recorded in Bondalselva and Visavassdraget, respectively. Records of the crustacean *Mysis relicta* in Rognestøylsvatn was not expected as this species previously is not found in this region of Norway and *Mysis* generally prefer deeper lakes. Species richness of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (EPT-taxa) was 25 in

Bondalselva and 18 in Visavassdraget. Higher richness of EPT-taxa in Bondalselva is related to higher content of nutrients and higher temperatures compared to Visavassdraget. Relative presence of acid sensitive taxa was high, 40% in Bondalselva and 50% in Visavassdraget. For river stations the acidification index based on macroinvertebrates indicated, in most cases, that both Bondalselva and Visavassdraget are not acidified or only slightly acidified. The highest values were calculated for stations in the lowermost parts of Bondalselva and indicated some input of nutrients. Fewer acid sensitive taxa were found in the lakes Rognestøylsvatn and Måsvatn, both in littoral samples and samples from the outlets, compared to river samples. On these stations, the substrate was unsuitable for many macroinvertebrate taxa. There were no records of highly acid sensitive snails in any of the kick-samples, but snails were found in fish stomachs in both lakes. Bondalselva and Rognestøylsvatn are considered as not acidified based on the presence of acid sensitive taxa. Also Visavassdraget and Måsvatn are considered as not acidified based on the total dataset.

### *Fish*

There are 14 lakes larger than 0.013 km<sup>2</sup> within the catchment to Bondalselva, The lakes are located between 261 and 882 m a.s.l. Brown trout (*Salmo trutta*) is the only fish species except for eel (*Anguilla anguilla*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Videtjern and Rognestøylsvatn and Arctic char (*Salvelinus alpinus*) in Trollevatn. Rognestøylsvatn also used to have a population of char, which disappeared before 1940. Today there are records of brown trout from 8 lakes. Visavassdraget has 17 lakes larger than 0.008 km<sup>2</sup>. They are located between 500 and 981 m a.s.l. Fish is found in 15 of the lakes, and brown trout is the only fish species. Survey fishing with standard multimesh gillnets was performed annually in Rognestøylsvatn and Måsvatn from 2002 to 2005. Both trout populations are of a moderate size. In Rognestøylsvatn, catch per unit effort based on benthic gillnets has increased during the period, while the abundance of trout has decreased in Måsvatn. Age distribution indicates good recruitment of trout in both lakes; individuals of 1-3 years are dominating. The varying proportion of 1-yr old fish in Rognestøylsvatn (between 4 and 36%) indicates variable recruitment. In Måsvatn, recruitment appears more stable with 1 year old trout representing 5-10% of the survey net catches. Electro-fishing in tributaries to the lakes indicates also that the recruitment of trout in Rognestøylsvatn is far better than in Måsvatn.

The river stretch accessible for anadromous fish is 15.3 km in Bondalselva and 6.9 km in Visavassdraget. In both rivers the abundance of older salmon parr was relatively high in autumn 2003. However, the abundance of fry was small. The reason is probably that the water temperature was low (<7°C) during electro-fishing. Presmolts of Atlantic salmon sampled in spring 2006 had significantly lower concentrations of gill aluminium in Bondalselva compared to Visavassdraget, with mean values of 11.2±2.5 and 30.6±17.5 µg Al/g dw, respectively. The three highest values in Visavassdraget were 37, 46 and 68 µg Al/g dw. These values might result in reduced sea survival and indicate that Visavassdraget might be acidified or influenced by acidic episodes. Reported catches of Atlantic salmon in the sport fisheries in Visavassdraget have varied between 1200 kg in 1979 and 39 kg in 2002. In Bondalselva the catches have varied between 7500 individuals in 1979 and approximately 100 individuals in 1997. The catches of salmon were reduced since 1990 compared to the 1980s in both watercourses. The proportion of escaped farmed salmon in Bondalselva was on average 9% during the period 1989-2001, varying between 2% in 1991 and 2001, and 34% in 1997. In Visavassdraget, the proportion of escaped farmed salmon has not been recorded.

### *Ecological status*

The water chemistry and biology of the watercourses Bondalselva and Visavassdraget are typical for nutrient poor (ultraoligotrophic to oligotrophic) river basins in Norway. Concentrations of phosphorous and nitrogen are somewhat higher in the rivers, especially in the lower parts, than in the lakes, indicating that the lower parts of the watercourses are affected by nutrients, probably from agriculture. This is also confirmed by the macroinvertebrate communities. In total, the ecological status of both rivers is considered as high to good with regard to eutrophication.

With regard to acidification, ecological status based on various quality elements (chemical and biological) in general indicates that the watercourses are non-acidified or slightly acidified. The upper part of the river Tverrelva and Lake Måsvatn in Visavassdraget have few acid sensitive organisms. Acidification indices developed for phytoplankton, macrovegetation, benthic algae, microcrustaceans and macroinvertebrates, indicate that Visavassdraget might be slightly acidified. Calculated pre-industrial pH shows that Lakes Rognestøylsvatn and Måsvatn now have a pH which is somewhat lower than the expected reference pH. Also a sea-salt episode during winter 2003 and high concentrations of gill aluminium in smolts of Atlantic salmon during spring 2006 indicate that Visavassdraget is very sensitive to acidification and might be affected by acidic episodes. Based on our studies, Visavassdraget is assessed to be slightly acidified, possibly with acidifying episodes during winter/spring. However we consider the flora and fauna of Visavassdraget to be very close to the expected reference status for very electrolyte poor watercourses in the upper boreal climate zone. Bondalselva and Visavassdraget and the two studied lakes should be considered as reference localities with regard to the future monitoring as part of the implementation of the WFD. Rognestøylsvatn and Måsvatn probably represent two different lake types, the former belongs to the very small, very shallow lake type whereas the latter belongs to the small and shallow lake type. Both lake types are included in the monitoring programme on effects of long-range transported air pollutions.

The recorded species richness is correlated to sampling effort and the occurrence of suitable substrate on the sampling location. Therefore in rivers and lakes with naturally low species richness and presence of sensitive taxa, several sampling occasions during the season and sampling in subsequent years may be necessary to obtain a good basis for ecological status assessment. By monitoring several quality elements (chemical and biological) simultaneously the confidence of our assessment will increase. For instance, in a non-acidified water body, the probability of collecting at least one sensitive taxon will be higher if both benthic algae and macroinvertebrates (in running waters) or macrophytes and microcrustaceans (in lakes) are included, compared to monitoring only one quality element.

Ann Kristin Schartau<sup>1</sup>, Pål Brettum<sup>2</sup>, Peder Fiske<sup>3</sup>, Trygve Hesthagen<sup>3</sup>, Stein W. Johansen<sup>2</sup>, Marit Mjelde<sup>2</sup>, Gunnar Raddum<sup>4</sup>, Brit Lisa Skjelkvåle<sup>2</sup>, Randi Saksgård<sup>3</sup>, Liv Bente Skancke<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Norwegian Institute for Nature Research, Gaustadalléen 21, No-0349 Oslo, Norway, ann.k.schartau@nina.no, <sup>2</sup>Norwegian Institute for Water Research, Gaustadalléen 21, No-0349 Oslo, Norway, <sup>3</sup>Norwegian Institute for Nature Research, Tungasletta 2, No-7485 Trondheim, Norway <sup>4</sup>University of Bergen, LFI-Unifob, Thormøhlensgt. 49, No-5006 Bergen, Norway, <sup>5</sup>Norwegian Institute for Water Research, Branch office South, Televeien 3, No-4879 Grimstad, Norway

# Innhold

<b>Sammendrag</b> .....	<b>3</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>7</b>
<b>Innhold</b> .....	<b>11</b>
<b>Forord</b> .....	<b>13</b>
<b>1 Innledning</b> .....	<b>14</b>
<b>2 Studieområde</b> .....	<b>16</b>
2.1 Geografisk beliggenhet og vann typer.....	16
2.2 Klimatiske forhold og vannføring.....	20
2.3 Lakseførende strekning.....	21
<b>3 Materiale og metoder</b> .....	<b>22</b>
3.1 Oversikt over materialet.....	22
3.2 Prøvetaking og analyser.....	22
3.2.1 Vannkjemi.....	23
3.2.2 Planteplankton.....	23
3.2.3 Makrovegetasjon.....	23
3.2.4 Begroingsalger og moser.....	23
3.2.5 Bunndyr.....	23
3.2.6 Småkreps.....	23
3.2.7 Fisk.....	24
<b>4 Resultater</b> .....	<b>27</b>
4.1 Vannkjemi.....	27
4.1.1 Nivåer.....	27
4.1.2 Sesongvariasjoner.....	29
4.1.3 År-til-år variasjoner.....	36
4.1.4 Opprinnelig pH - forsuringsstatus.....	37
4.2 Planteplankton.....	38
4.2.1 Rognestøylsvatn.....	38
4.2.2 Måsvatn.....	39
4.3 Makrovegetasjon i innsjøene.....	40
4.3.1 Generell vegetasjonsbeskrivelse.....	40
4.3.1.1 Rognestøylsvatn.....	40
4.3.1.2 Måsvatn.....	41
4.3.2 Økologisk tilstand.....	42
4.3.2.1 Sensitive og tolerante arter.....	42
4.3.2.2 Tilleggs vurderinger.....	44
4.4 Begroingsalger og moser i elvene.....	44
4.4.1 Generell vegetasjonsbeskrivelse.....	44
4.4.2 Økologisk tilstand.....	46
4.4.2.1 Forsuring.....	46
4.4.2.2 Eurofiering – generell forurensning.....	47
4.5 Småkreps.....	48
4.5.1 Artsmangfold.....	48
4.5.2 Krepsdyrplanktonet.....	48
4.5.3 Litorale arter.....	49
4.5.4 Forsuringsstatus.....	51
4.6 Bunndyr.....	55

4.6.1	Bunndyrsamfunnene generelt .....	55
4.6.1.1	Bondalselva .....	55
4.6.1.2	Visavassdraget .....	56
4.6.1.3	Sammenligning av Rognestøylsvatn og Måsvatn .....	57
4.6.2	Forsuringsstatus .....	57
4.7	Fisk .....	58
4.7.1	Fisk i innsjøer .....	58
4.7.1.1	Forekomst av innsjølevende fisk i Bondalselva og Visavassdraget ..	58
4.7.1.2	Ungfisk i inn- og utløp til Rognestøylsvatn og Måsvatn .....	61
4.7.1.3	Fangstutbytte ved prøvefiske i Rognestøylsvatn og Måsvatn .....	63
4.7.1.4	Aldersfordeling .....	64
4.7.1.5	Vekst og kondisjon .....	65
4.7.1.6	Næringsvalg .....	67
4.7.2	Fisk på anadrom strekning .....	68
4.7.2.1	Ungfisk .....	68
4.7.2.2	Voksen fisk .....	72
<b>5</b>	<b>Samlet vurdering av økologisk tilstand .....</b>	<b>79</b>
<b>6</b>	<b>Referanser .....</b>	<b>82</b>
<b>7</b>	<b>Vedlegg .....</b>	<b>85</b>
7.1	Vedlegg – Vannkjemi .....	85
7.2	Vedlegg – Planteplankton .....	90
7.3	Vedlegg – Begroingsalger .....	92
7.4	Vedlegg – Småkreps .....	94
7.5	Vedlegg – Bunndyr .....	96

## Forord

De nasjonale overvåkingsprogrammene rettet mot effekter av sur nedbør og avbøtende tiltak, som kalking og reduserte utslipp av forsurende forbindelser, krever kunnskap om naturtilstanden. Fastsettelse av naturtilstand for forsuringfølsomme vassdrag har vært vanskelig fordi de fleste vassdrag av denne typen er påvirket av forsuring, og datagrunnlaget fra tiden før vassdragene ble forsuret er ofte mangelfullt. Også i forhold til implementering av Vannrammedirektivet i Norge er det behov for mer kunnskap om referansetilstanden i typiske norske vassdrag.

Initiativ til dette prosjektet ble tatt av de institusjoner som har vært involvert i den nasjonale effektovervåkingen for hhv. forsuring og kalking i Norge: Norsk institutt for naturforskning (NINA), Norsk institutt for vannforskning (NIVA) og Universitetet i Bergen (LFI-Unifob). En forstudie ble gjort i 2002 med basis i tilgjengelige data fra nasjonale overvåkingsprogrammer samt andre kjemiske og biologiske undersøkelser i potensielt aktuelle vassdrag i Midt-Norge. Med bakgrunn i dette forstudiet ble to vassdrag valgt ut som potensielle referansevassdrag og fulgt opp med videre studier fra høsten 2002.

NIVA har hatt ansvar for de vannkjemiske undersøkelsene samt studier av planteplankton, makrovegetasjon og begroingsalger. LFI-Unifob har hatt ansvar for bunndyr undersøkelsene mens NINA har gjennomført studier av småkreps og fisk. Data og informasjon om fiskebestandene i de to vassdragene er i tillegg framskaffet gjennom andre prosjekter NINA har vært involvert i. NINA har også koordinert prosjektet og hatt ansvar for redigering av rapporten.

I tillegg til forfatterne av denne rapporten har følgende bidratt til gjennomføring av prosjektet: Lokale kontaktpersoner Magnar Selbervik, Ørsta og Gunnar Sæther, Vistdal har stått for den vannkjemisk prøvetakingen og har også bistått ved biologisk prøvetaking. Leidulf Fløystad, NINA, Arne Fjellheim og Godtfred Anker Halvorsen, begge LFI-Unifob og Hans Mack Berger, Berger Felt-Bio har deltatt under feltarbeidet. Bjørn Walseng, NINA har artsbestemt litorale småkreps og kjørt DCA-analyser, Randi Romstad, NIVA har artsbestemt påvekstalger mens Torunn Landås, Randi Lund, Arne Johannessen og Silje Bønes, alle LFI-Unifob, har sortert og bearbeidet bunndyrprøvene. Funn av *Mysis relicta* er verifisert av Tor F. Næsje og Terje Bongard, begge NINA. Analyser av gjelle-aluminium er utført på Isotoplaboratoriet ved Universitetet for Miljø og Biovitenskap. Alle takkes herved for innsatsen.

Prosjektet er finansiert av Direktoratet for naturforvaltning (kontrakt nr. 02040033).

November 2006

Ann Kristin Schartau  
(prosjektkoordinator)

# 1 Innledning

De nasjonale overvåkingsprogrammene rettet mot effekter av sur nedbør og avbøtende tiltak, som kalking og reduserte utslipp av forsurende forbindelser omfatter vannkjemiske og biologiske undersøkelser. Målsettingen med overvåkingsprogrammene er å gi en vassdragsvis og regionsvis evaluering av forsurenings-situasjonen, samt å følge utviklingen over tid. For å kunne gjøre en vurdering av forsureningstilstanden er kunnskap om naturgitte fysiske, kjemiske og biologiske forhold (naturtilstand) nødvendig. Kunnskap om de økologiske forholdene i en innsjø eller en elv før forsuringen startet er i de fleste tilfeller mangelfull og vurdering av forsureningstilstanden baserer seg derfor i stor grad på sammenligning med uforsurede referanselokaliteter. Også i forbindelse med implementering av Vannrammedirektivet (VRD) i Norge er det behov for økt kunnskap om referansetilstand for ulike vannkjemiske og biologiske kvalitetselementer i typiske norske vassdrag. På europeisk nivå gjennomføres det en interkalibrering av nasjonale metoder for klassifisering av økologisk status for å sikre at disse gir sammenlignbare resultater. Dette arbeidet har synliggjort at norske vassdrag, og spesielt vassdrag på Vestlandet, er svært artsfattige sammenlignet med det meste av europeisk vassdragsnatur. Dette gir spesielle utfordringer for Norge ved fastsettelse av referansetilstand.

I hht. VRD må fastsettelse av naturtilstanden gjøres med bakgrunn i kunnskap fra sammenlignbare lokaliteter (typespesifikk referansetilstand) dersom det ikke er kjent hvordan forholdene i overvåkingslokaliteten var før forsuring. De mest forsurede vassdragene befinner seg i områder som mottar store mengder sur nedbør og, som pga. nedbørfeltets geologi, har lav jonestyrke og lav bufferkapasitet. De fleste av disse vassdragene var naturlig svakt sure og med lave konsentrasjoner av næringssaltene fosfor og nitrogen også før sur nedbør ble et problem. Innholdet av humus kan imidlertid variere. I det biologiske overvåkingsprogrammet har vi lagt vekt på å inkludere jonefattige lokaliteter i områder som er lite påvirket av forsuring (Nord-Vestlandet, Midt-Norge og Nord-Norge). Områder med de laveste avsetningene av langtransporterte forurensninger finnes fra Midt-Norge og nordover. Samtidig er de fleste vassdragene i disse områdene geologisk noe rikere enn de mest forsurede delene av Norge og anses dermed ikke som fullt ut gode referanser for disse. Vassdrag på Nordvestlandet representerer jonefattige vanntyper og er samtidig lite påvirket av sur nedbør.

Mobilisering av aluminium fra nedbørfeltet i forbindelse med sjøsaltepisoder anses som en av de største truslene mot etablering av sensitive arter/livsstadier i forsurrede vassdrag som er under positiv utvikling. Nyere arbeider viser imidlertid at sjøsaltepisodenes biologiske betydning svekkes i takt med endringen i den generelle forsurenings-situasjonen som er registrert de siste årene (Hindar m.fl. 2002). Vi vet imidlertid ikke hvordan sjøsaltepisoder virker i marginalt forsurrede men svært jonefattige vassdrag. Vinteren 2003 og 2005 ble det registrert til dels kraftige sjøsaltepisoder i kystvassdragene på Vestlandet.

Vår kunnskap om kjemiske og biologiske forhold i naturlige jonesvake og næringsfattige lavlands- og skogsvassdrag er mangelfull. Det er nødvendig med bedre kunnskap om totalt hvilke arter som kan forventes i slike lokaliteter og hvordan tilstedeværelse av disse varierer over tid. En hovedmålsetting blir derfor å evaluere hvilke arter som kan mangle grunnet lavt joneinnhold og hvilke som får problemer grunnet surt vann. Resultater så langt indikerer at antall forsuringfølsomme arter vanligvis er lavt; men kan variere med prøvetakingstidspunkt. Vurdering av forsuringstatus, som i stor grad baserer seg på tilstedeværelse av forsuringfølsomme taksa, vil for disse lokalitetene derfor kunne være mer avhengig av metodikken (innsamlingsmetode og -innsats) sammenlignet med mer næringsrike lokaliteter med mange arter. I sur nedbør overvåkingen er det valgt en metodikk som sikrer prøvetaking av flest mulig innsjøer (nasjonalt nettverk), men samtidig er innsatsen per innsjø i de fleste tilfeller noe redusert sammenlignet med generelle anbefalinger (SFT 1997, Brandrud et al. 2000). Det er derfor behov for å evaluere egnetheten av den valgte overvåkingsmetodikken.



---

Det er lite kunnskap om laksebestandenes bæreevne og effekter av forsuring og andre påvirkninger på individ- og bestandsnivå i slike næringsfattige vassdrag. Undersøkelsen inkluderer derfor tetthetsstudier av lakseunger og analyse av gjelle-aluminium hos presmolt.

Målsettingen med prosjektet er å skaffe et bedre kunnskapsgrunnlag for hva som er naturtilstanden mht. vannkjemi og biologi i næringsfattige innsjøer og vassdrag for å kunne:

1. Evaluere forsuringssituasjonen i forsuringspåvirkede vassdrag
2. Sette realistiske forventningsverdier/nivåer for reetablering av flora og fauna i tidligere forsurrede lokaliteter
3. Skaffe et bedre grunnlag for vurdering av økologisk tilstand i hht. Vannrammedirektivet

Resultatene vil også kunne benyttes for å evaluere metodikken som benyttes i flere av de nasjonale overvåkingsprogrammene. Det bør også vurderes om vassdragene kan inngå i et framtidig referansenettverk for overvåking i forhold til Vanddirektivet.

## 2 Studieområde

### 2.1 Geografisk beliggenhet og vanntyper

To vassdrag i Møre og Romsdal, Bondalselva med Sledalselva og Rognestøylsvatn i Ørsta kommune (**figur 1**) og Visavassdraget med Tverrelva og Måsvatn i Nesset kommune (**figur 2**), er valgt ut som potensielle referansevassdrag for effektstudier av sur nedbør. Utvelgelsen ble gjort i 2002 med basis i tilgjengelige data fra SFTs overvåkingsprogrammer (sur nedbør overvåking: 200-sjøer og 1000-sjøer, Regional eutrofiobservasjon), den biologiske overvåkingen av sur nedbør samt andre kjemiske og biologiske undersøkelser i potensielt aktuelle vassdrag i Midt-Norge. NINA og UiB gjennomførte en befaring av de mest aktuelle vassdragene sommeren 2002 og det ble også samlet inn vannprøver for vannkjemiske analyser fra enkelte av vassdragene.

Bondalselva renner ut i Hjørundfjorden ved Sæbø mens utløpet av Visavassdraget er i Lanfjorden ved Vistdal. Informasjon om geografisk plassering og fysiske forhold er gitt i **tabell 1** og **2**.

**Tabell 1.** Nøkkeltall for Bondalselva (Ørsta kommune) og Visavassdraget (Nesset kommune). UTM er angitt for start vassdrag/delvassdrag.

Vassdrag	Del-vassdrag	Beliggenhet			Areal nedbørfelt (km <sup>2</sup> )
		Kartblad	UTM ØV	UTM NS	
Bondalselva	Bondalselva	1219 III	368900	6899000	87,53
	Sledalselva	1219 III	362400	6896100	ingen data
Visavassdraget	Visavassdraget	1320 II	445200	6954500	126,30
	Tverrelva	1320 II	446100	6954250	51,29

**Tabell 2.** Nøkkeltall for Rognestøylsvatn (NVE nr 31858, Kartblad 1219 III, UTM ØV 365500, UTM NS 6892100) og Måsvatn (NVE nr 31279, Kartblad 1320 II, UTM ØV 440900, UTM NS 6947200).

Vassdrag	Lokalitet	Altitude (m o.h.)	Areal (km <sup>2</sup> )	Maks. dyp (m)
Bondalselva	Rognestøylsvatn	423	0,19	9,5
Visavassdraget	Måsvatn	578	0,59	27

De to innsjøene, Rognestøylsvatn og Måsvatn, ligger hhv. 423 og 578 m o.h. og vil klimatisk kunne representere forsurede lokaliteter i Sør-Norge. De vannkjemiske dataene indikerer videre at studieområdene tilfredsstillende oppsatt kriteriene mhp. vannkvalitet; innsjøene skulle ikke være forsuret (pH >6,0, SO<sub>4</sub> <1,5 mg/L), være lite sjøsaltpåvirket (Cl <2 mg/L), ha lavt humusinnhold (TOC <1,5 mg/L), lavt joneinnhold (Ca <0,7 mg/L) og være næringsfattige (Tot-P <4 µg/L, Tot-N <200 µg/L). Begge innsjøene ligger i områder med liten menneskelig aktivitet. Samtidig er de to innsjøene noe forskjellig mhp innsjødyp, areal og klima (se **tabell 2**). De vannkjemiske forholdene er imidlertid relativt like med kun små forskjeller mhp. enkelte parametre (se **kap. 4.1**).

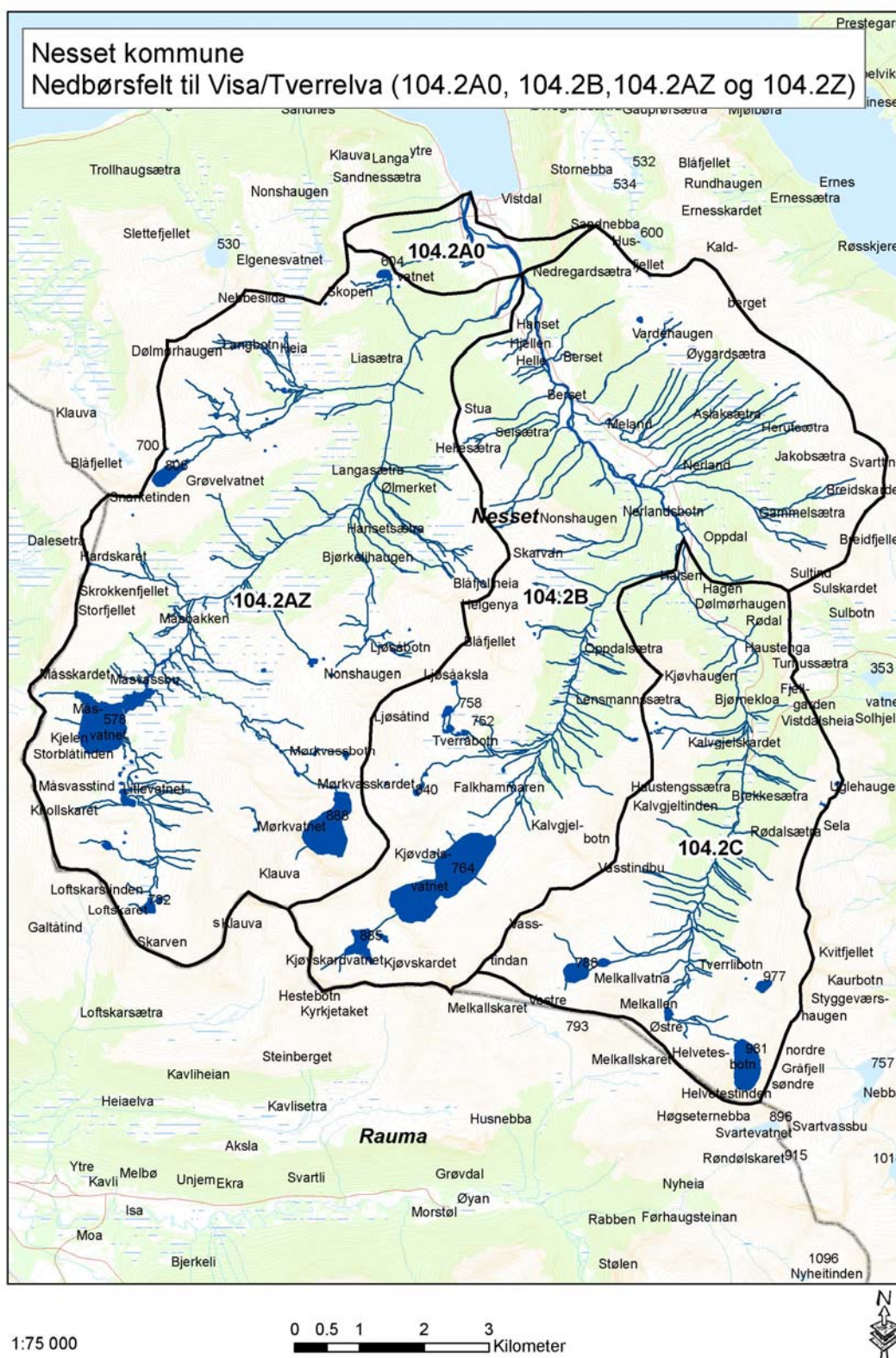
I forbindelse med implementering av Vannrammedirektivet (VRD) er det utviklet en nasjonal (Lyche Solheim & Schartau 2004) og en felles europeisk typologi (EU 2004) for ferskvann. Denne typifiseringen bygger på fysiske (størrelse, dyp) og vannkjemiske forhold (kalsium, humusinnhold). Selv om de vannkjemiske forskjellene er små representerer de undersøkte lokalitetene ulike vanntyper (**tabell 3**). Rognestøylsvatn, Måsvatn og store deler av Visavassdraget representerer svært kalkfattige vanntyper (Ca <1 mg/L); disse anses som særegne for Norge. Nedre deler av Bondalselva tilhører en kalkfattig vanntype (Ca 1-4 mg/L). Rognestøylsvatn er mindre og grunnere enn Måsvatn. Det antas at det ikke er noen fullt utviklet temperatursjiktning i sommersesongen, men dette er ikke undersøkt. Mens Bondalselva tilhører økoregion Vest-Norge ligger Visavassdraget i økoregion Midt-Norge. Overvåkingslokalitetene dekker klimatiske gradienter fra lavland til boreal der Måsvatn ligger klimatisk på grensen mellom boreal og fjellregionen (**tabell 3**). Bondalselva har dessuten et noe mer kystpreget klima med større nedbørsmengder enn Visavassdraget.

**Tabell 3.** Oversikt over hvilke økoregioner samt nasjonale og internasjonale vanntyper (jfr. Vannrammedirektivet, se hovedtekst) som Bondalselva med Rognestøylsvatn og Visavassdraget med Måsvatn tilhører. Merk: De svært kalkfattige vanntypene er ikke inkludert i den internasjonale typologien.

Vassdrag	Lokalitet	Økoregion	Vanntype (IC type)	Typebeskrivelse
Bondalselva	Elvestrekninger	Vest-Norge	1 (R-N2), 9 (R-N5)	Liten-middels stor elv med kalkfattig, klart vann i lavland og skog
	Rognestøylsvatn	Vest-Norge	10 (-)	Svært liten, svært grunn innsjø med svært kalkfattig, klart vann i skog
Visavassdr.	Elvestrekninger	Midt-Norge	1 (R-N2), 8 (-)	Liten-middels stor elv med kalkfattig, klart vann i lavland og skog
	Måsvatn	Midt-Norge	10 (-)	Liten, grunn innsjø med svært kalkfattig, klart vann i skog







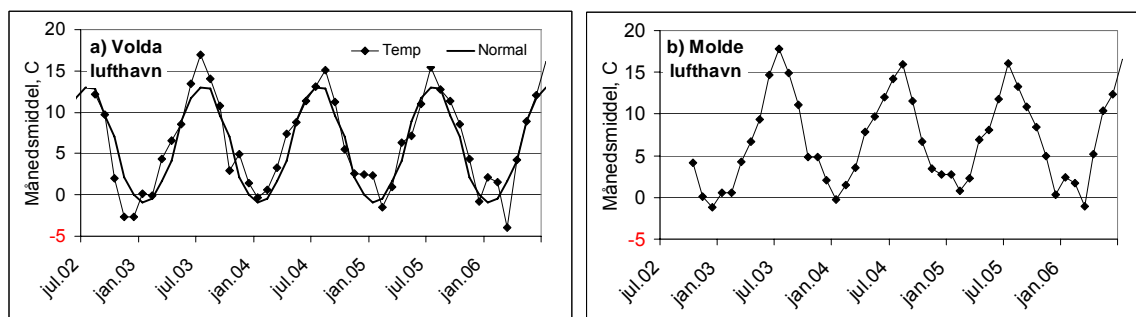
Figur 2. Visavassdraget med nedbørsfelt.

## 2.2 Klimatiske forhold og vannføring

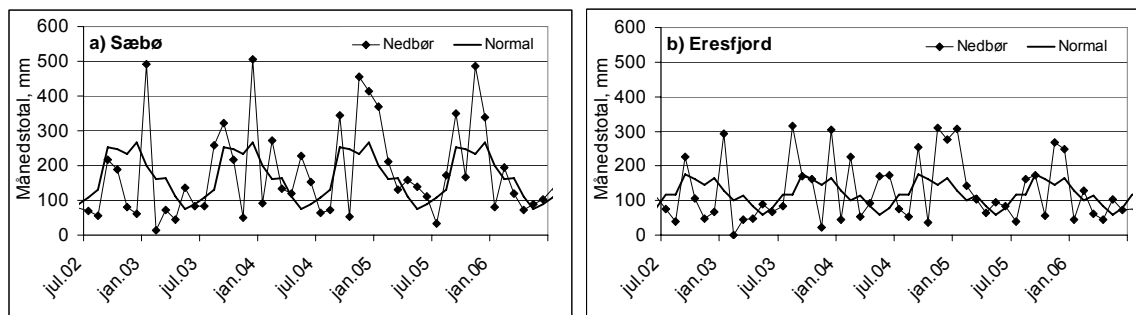
Det er ikke gjort temperatur- eller nedbørsregistreringer innenfor de to vassdragenes nedbørfelt. Nærliggende klimastasjoner ligger i lavlandet, nær kysten og vil derfor ikke fullt ut representere forholdene ved de to undersøkte innsjøene. Dette gjelder spesielt for stasjonene som registrerer lufttemperatur. For lavereliggende deler av vassdragene vil de valgte klimastasjonene være representative. Dataene viser at temperaturforholdene er svært like for de to områdene (**figur 3**) med relativt høye vintertemperaturer og moderate temperaturer på sommeren. Nedbørsmengdene i de mest nedbørsrike periodene (september – desember) er vesentlig høyere i området nær Bondalselva (**figur 4**).

Dataene gir også et bilde av hvordan klimaet har variert innenfor undersøkelsesperioden i forhold til normale variasjoner. Lufttemperaturene viser relativt små avvik fra normalen. Sommer-temperaturene for årene 2003-2005 ligger noe over normalen (Volda), mens det ble målt temperaturer under normalen vinteren 2003 og 2006. Maksimum månedsnedbør ligger over normalen for alle årene i undersøkelsesperioden.

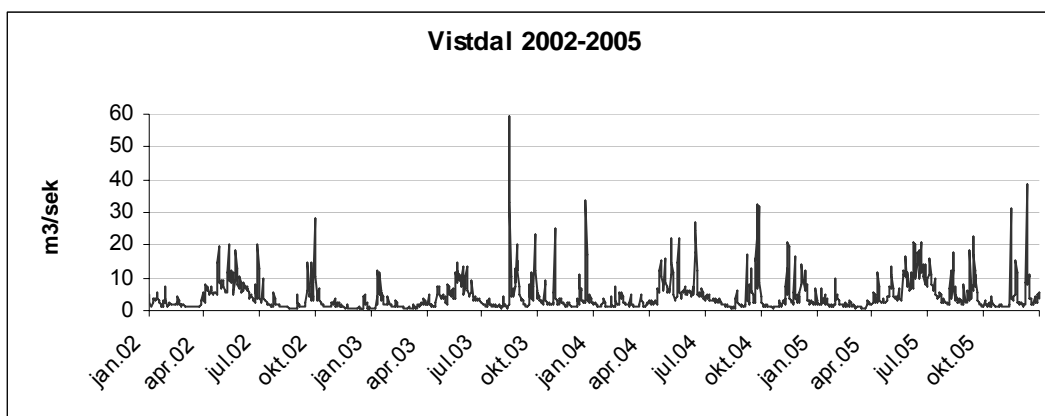
NVE har en vannføringsstasjon (stasjon Vistdal 104.23.0) i hovedløpet av Visavassdraget. Middell vannføring er omkring  $4 \text{ m}^3 \text{ sek}^{-1}$ . Vannføringen varierte mellom  $0,2$  og  $60 \text{ m}^3 \text{ sek}^{-1}$  i undersøkelsesperioden (**figur 5**). I tillegg til vårflommen i forbindelse med snøsmeltingen (ultimo april – juni) er det årlig registrert høy vannføring i forbindelse med nedbørsrike perioder på høsten. Fra Bondalselva foreligger det ingen målinger av vannføring.



**Figur 3.** Lufttemperatur målt ved a) Volda lufthavn, Ørsta (stasjon 59680), som representerer Bondalselva, og b) Molde lufthavn, Molde (stasjon 62270), som representerer Visavassdraget. Temperaturen er vist som månedlig middelværdier for undersøkelsesperioden 2002-2006 samt normalen basert på data fra 1961-1990. Merk: Fra Molde lufthavn finnes ingen data som angir normalen. Data fra Det norske meteorologiske institutt, Oslo.



**Figur 4.** Nedbørsmengder målt ved a) Sæbø, Ørsta (stasjon 59900), som representerer Bondalselva, og b) Eresfjord, Nesset (stasjon 61820), som representerer Visavassdraget. Sum månedlige nedbørsmengder er vist for undersøkelsesperioden 2002-2006 samt normalen basert på data fra 1961-1990. Data fra Det norske meteorologiske institutt, Oslo.



**Figur 5.** Vannføring (daglige målinger,  $m^3 \text{sek}^{-1}$ ) målt i Visavassdraget (stasjon Vistdal 104.23.0) i perioden 2002-2005. Data fra NVE 2006.

### 2.3 Lakseførende strekning

I Bondalselva går laksen opp til Videtjørn og Rognestøylsvatn, ei lakseførende strekning på til sammen 15,3 km (Magnar Petter Selbervik pers.medd.). Av dette utgjør strekningen fra Rekkedal til Rognestøylsvatn (Sledalselva) 4,3 km. Elva fra Rekkedal og opp til Videtjørn (Videtjørnelva/Vitjingselva) blir rekna som det beste gyteområdet for laksen i vassdraget. Denne elva er relativt stilleflytende med gunstig gyte- og oppvekstsubstrat, og laksen gyter på hele denne strekningen. Det er få fysiske inngrep i Videtjørnelva, bortsett fra dyrking med noe grøfting inn mot elva i nedre deler. Sledalselva er derimot brattere og har relativt grovt bunnssubstrat, og er et mindre viktig rekrutteringsområde for laks. Det er imidlertid ingen klare oppgangshinder for laks i Sledalselva, men utløpet av Rognestøylsvatn har likevel lave tettheter av lakseunger. Hovedtygden av laksefiske i vassdraget foregår i nedre deler av hovedelva opp til Rekkedal og i Sledalselva. Laksen kan også gå et stykke (500-600 m) opp i Årsetelva, der det ble bygt to terskler på 1980-tallet. Disse tersklene er delvis oppgangshinder for laks, men det skal være registrert laks også lengre oppe i elva. Disse to tersklene ble bygt som et kompensasjonstiltak for å redusere erosjon i forbindelse med masseuttak ved bygging av ny riksvei. Laksen kan også gyte på kortere strekninger i flere sidebekker til Bondalselva, men dette er typisk sjøaure-lokaliteter. Det er idag fysiske hindringer til noen av disse bekkene, men elveigarlaget arbeider med planer om å gjenåpne noen sidebekker som gyte- og oppvekstområder for laks og sjøaure. Men disse bekkene blir fort bratte, og med utspring i høyereliggende områder har de kaldere vatn enn hovedelva. Det er utarbeidet en driftsplan for Bondalselva (Moen & Taraldsrud 2006).

Visa har ei lakseførende strekning på 6,9 km, hvorav Tverrelva i Langdalen utgjør rundt 900 m. I hovedvassdraget kan laksen gå opp til Drivandfossen. Tidligere hadde laksen problemer med å forsere to fosser ved Bergset (Bergsethølen), der laksen bare passerte ved mellomstor elv (Jan Erik Nerland pers medd.). For å bedre oppgangen for laks ble det sprengt ut en 2-3 m dyp høl i berget (gryte) på dette stedet i 2006. For 40-50 år siden ble det satt opp en konstruksjon av tømmerstokker i Bergsethølen for å lette oppgangen av laks. Det er ikke kjent at laksen gyter i andre sidebekker/elver til Visa. I hovedelva har det tidligere vært foretatt ulike fysiske inngrep som forebygging etc, som har skadet eller ødelagt fiskeproduksjonen i tilløpselver. Det er nå planer om å gjenåpne Møkleåna.

### 3 Materiale og metoder

#### 3.1 Oversikt over materialet

I hvert av vassdragene er det gjennomført vannkjemiske og biologiske undersøkelser (planteplankton, makrovegetasjon, krepsdyr, bunndyr og fisk) av en innsjø med innløps-/utløpselver. I tillegg er det etablert elvestasjoner for studier av vannkjemisk, begroingsalger og bunndyr samt undersøkelse av laksfisk (i anadrom strekning). En samlet oversikt over materialet er gitt i **tabell 4**.

**Tabell 4.** Oversikt over vannkjemisk og biologisk materiale fra Bondalselva og Visavassdraget samlet inn i perioden 2002-2006. Antall innsamlingstidspunkt per år er angitt. Mnd: månedlig prøvetaking. 1: Vannkjemiske prøver ble tatt lokalt og med noe hyppigere prøvetaking i Visa og Måsvatn enn i Bondalselva og Rognestøylsvatn. 2: Prøvefiske i 2002 ble kun gjennomført i Rognestøylsvatn. 3: Undersøkelser av ungfisk og smolt ble gjennomført våren 2006, etter avslutning av de øvrige undersøkelsene.

Element	Lokalitet	2002	2003	2004	2005 (2006)
Vannkjemisk	Elv <sup>1</sup>	1	7-8	3-5	2-3
	Innsjø <sup>1</sup>	2-3	9-14	7-12	6-9
Planteplankton	Innsjø				5
Makrovegetasjon	Innsjø				1
Begroing	Elv				1
Småkreps	Pelagisk	1	4	3	3
	Litoral	1	4	3	3
Bunndyr	Elv	1	3	1	2
	Innsjø	1	3	1	3
Fisk	Elv		1		1 <sup>3</sup>
	Innsjø	1 <sup>2</sup>	1	1	1

#### 3.2 Prøvetaking og analyser

For å fange opp ev. sesongvariasjoner er det lagt opp til en noe hyppigere prøvetaking enn det som er etablert innenfor sur nedbør programmet. Videre er hver lokalitet undersøkt over flere år (3-4 år) mhp. en del av kvalitetselementene for å få et godt grunnlag for å vurdere mellom-år variasjon. For øvrig gjennomføres undersøkelsene i hht. den metodikk som er etablert innenfor de nasjonale overvåkingsprogrammene mhp. effekter av forurening (SFT 2005) og kalking (DN 2006).

Prøvetakingsstasjoner for vannkjemiske og biologiske prøver i Bondalselva og Visavassdraget går fram av hhv. **figur 6** og **7**.



### 3.2.1 Vannkjemi

Totalt fire stasjoner, to stasjoner per vassdrag, er fulgt med månedlig prøvetaking av vannkjemi over en periode fra september 2002 til mai 2005. Månedlig prøvetaking vil ikke kunne fange opp episoder, men gi et godt bilde av den generelle vannkvaliteten. Måsvatn og Rognestøylsvatn er prøvetatt månedlig i perioden september 2002 til desember 2005, mens i Bondalselva og elva Visa ble prøvetakingen startet opp juni 2003. Prøvetakingen har foregått så sant prøvetageren ikke har vært forhindret pga snø. I Rognestøylsvatn ble det av den grunn ikke tatt prøver fra januar til mars 2003.

Prøvene er tatt av lokale prøvetakere. Flasker for prøvetaking er sendt ut av NIVA og flaskene ble returnert til NIVA med post, straks etter prøvetaking. Innsamling og analyser følger samme rutiner som i "Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør" (SFT 2005). Beskrivelse av analysemetoder, samt rutiner for kvalitetssikring og beregning av avledete variabler (ANC, sjøsaltkorrigerede verdier) er beskrevet i overvåkingsrapportene (SFT 2005).

### 3.2.2 Planteplankton

Vannvegetasjon og planteplankton kom først med i prosjektet i 2005 og det finnes således kun prøver fra ett år. Det ble i sesongen 2005 samlet inn og analysert fem kvantitative planteplanktonprøver fra Rognestøylsvatn og Måsvatn, jevnt fordelt over vekstsesongen juni – oktober. Prøvene ble samlet inn fra 1 m dyp.

### 3.2.3 Makrovegetasjon

Registreringen av makrovegetasjonen ble utført i perioden 17.-18. august 2005 i henhold til standard metode for registrering av artsdiversitet i innsjøer (se tidligere rapporter, bl.a. Mjelde 1997). På ulike lokaliteter i innsjøene (med ulike erosjonsforhold, utløp, innløp, grunne eller dype områder osv.) ble artene registrert ved hjelp av båt, vannkikkert og kasterive. Artene er kvantifisert ved hjelp av en semi-kvantitativ skala 1-5, hvor 1=sjelden, 2=spredt, 3=vanlig, 4=lokalt dominerende og 5=dominerende.

### 3.2.4 Begroingsalger og moser

Det ble tatt prøver av begroingsalger og moser én gang. Disse ble tatt på 2 lokaliteter i hver av de to elvene den 17-18 august 2005. De øverste lokalitetene ble prøvetatt et stykke nedstrøms utløpet av innsjøene Rognestøylsvatn og Måsvatn og har betegnelsene Bondalselva øvre og Tverrelva øvre. De nedre lokalitetene ble plassert et stykke oppstrøms utløp til havet og har betegnelsene Bondalselva nedre og Tverrelva nedre. Tverrelva nedre ligger nedstrøms samløp med Visa.

### 3.2.5 Bunndyr

Bunnlevende invertebrater (elv og innsjø) ble samlet inn høsten 2002, tre ganger i sesongen i 2003, om høsten i 2004 og to ganger i 2005. Fra hver av de to innsjøene ble det tatt prøver på 3 stasjoner (innløpselv, litoralen og utløpselv). Det er i tillegg tatt prøver fra 1-2 elvestasjoner lengere ned i hvert vassdrag.

### 3.2.6 Småkreps

Prøver av pelagiske og litorale krepsdyr (innsjø) er tatt høsten 2002, i 2003 (fire ganger), i 2004 (tre ganger) og i 2005 (tre ganger). Det er tatt prøver både fra pelagialen (1 stasjon) samt litoralen (2 stasjoner). Undersøkelsene av krepsdyr (vannløpper og hoppekreps) er basert på kvalitative håvtrekk, både fra pelagialen og fra litoralsonen. Prøvene er tatt med planktonhåv med maskevidde 90 µm, diameter 30 cm og dybde 57 cm. Prøvene fra pelagialen er tatt over

innsjøens dypeste punkt ved at håven er blitt trukket fra bunn og opp til overflaten i et rolig tempo (anslagsvis 0,5 m/sek). De litorale prøvene er tatt like over bunnen, og det foreligger prøver fra dominerende bunnsstrat og fra forskjellige typer vannvegetasjon.

Vannloppene (cladocerene) er bestemt ved hjelp av Smirnov (1971), Flössner (1972) og Herbst (1976), mens hoppekrepsene (copepodene) er bestemt ved hjelp av Sars (1903, 1918), Rylov (1948) og Kiefer (1973, 1978). Nauplier og små copepoditter er ikke artsbestemt.

### 3.2.7 Fisk

Fiskebestandene er undersøkt ved elfiske i bekk (ungfiskundersøkelser) og garnfiske i innsjøer. Ungfiskundersøkelser ble gjennomført høsten 2003. Ungfiskundersøkelser samt gjelleanalyser av presmolt som var planlagt gjennomført våren 2005 ble, på grunn av ekstreme værforhold, utsatt til våren 2006. Garnfiske er gjennomført årlig i perioden 2002-2005 (2002: kun i Rognestøylsvatn), i august/september.

Ved prøvefiske i Rognestøylsvatn i Bondalselva og Måsvatn i Visavassdraget er det benyttet bunn garn av typen oversiktsgarn. Ett slikt garn er 30 m langt og 1,5 m dypt ( $45 \text{ m}^2$ ), og består av 12 ulike maskevidder fra 5,0 til 55,0 mm (Appelberg m.fl. 1995). Hver maskevidde er da representert med 2,5 m ( $3,75 \text{ m}^2$ ). Oversiktsgarna ble satt på 4 stasjoner i hver lokalitet og i henholdsvis tre og fire ulike dybdeintervall: 0-3, 3-6, 6-12 og 12-20, totalt 12 garn i hver innsjø. I tillegg ble det også satt en flytegarserie på 0-6 m dyp med 8 ulike maskevidder: 10, 12,5, 16,5, 22, 25, 29, 37 og 45 mm i begge lokalitetene. En slik serie er satt sammen av to lenker á fire garn som er 6,75 m lange og 6 m dype ( $40,5 \text{ m}^2$ ), dvs. at en serie er 54 m lang ( $324 \text{ m}^2$ ). Fangstutbyttet (Cpue) er beregnet som antall fisk fanget pr.  $100 \text{ m}^2$  garnareal pr. natt, dvs ca 12 timers fiske.

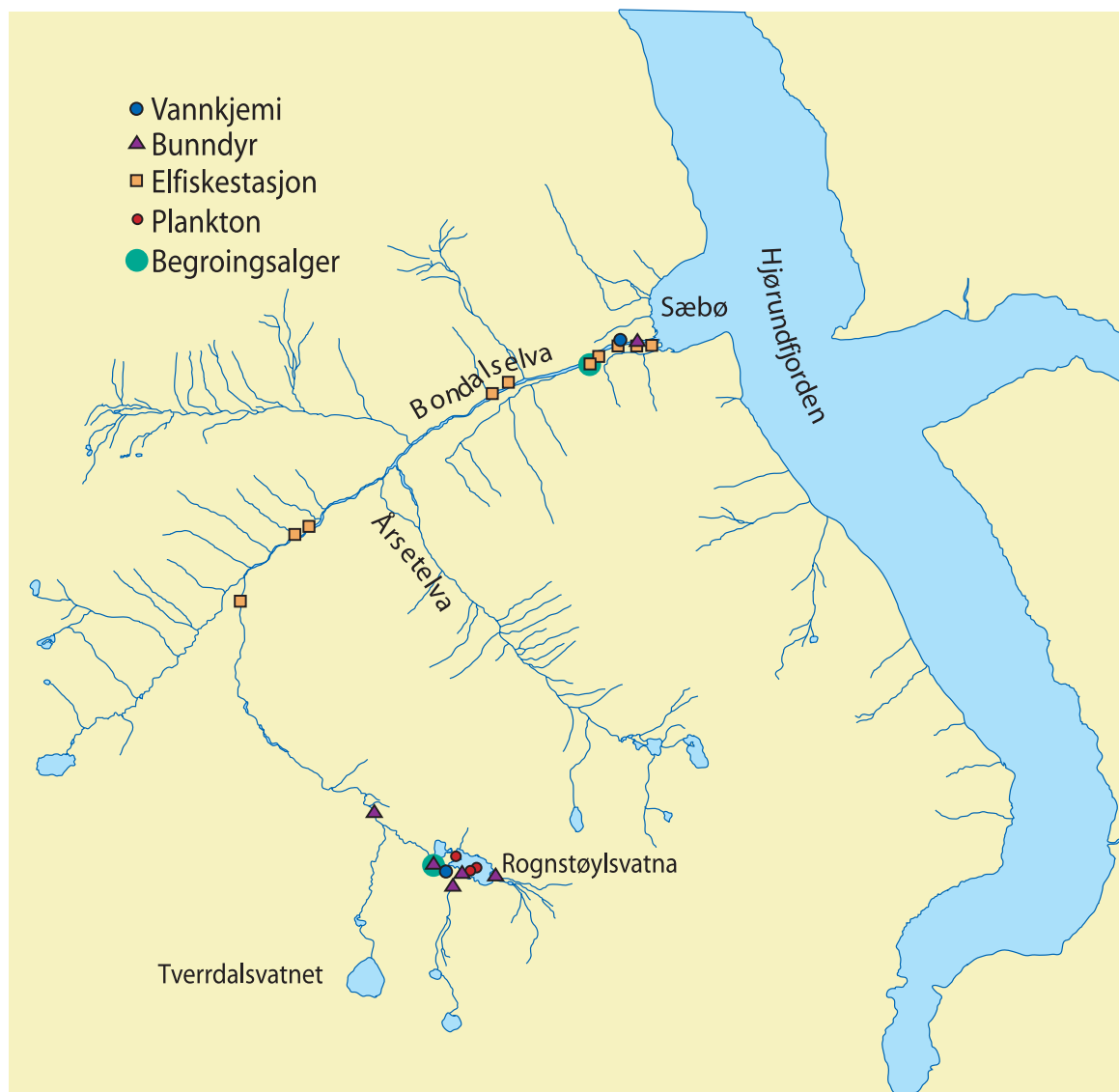
Alder hos aure er bestemt ved hjelp av skjell. Tilbakeberegning av vekst er basert på formelen:  $FL_i = SO_{ii}/SO_r \times FL_f$ , der  $FL_i$  er fiskens lengde ved alder  $i$ ,  $SO_{ii}$  er skjellengde ved sone  $i$ ,  $SO_r$  er skjellradius og  $FL_f$  er fiskens lengden ved fangst (Francis 1990). Som et mål på årlig vekstøkning har vi benyttet tilbakeberegnet lengdevekst i andre og tredje leveår, dvs. fisk som var 2+ eller 3+ ved fangst. Det betyr eksempelvis at en fisk på 3+ som ble fanget i september 2005 hadde sin tredje vekstsesong 2004. Plusstegnet er tilveksten fra siste vår og fram til den ble fanget høsten 2005.

Kondisjonen til ett individ blir beskrevet ved en kondisjonsfaktor (K-faktor) som er beregnet slik:  $K\text{-faktor} = 100 \times \text{vekt (g)}/\text{lengde (cm)}^3$ . Fordi kondisjonsfaktoren varierer med fiskens lengde og for at dataene skal være mest mulig sammenlignbare over tid og mellom lokaliteter, er K-faktoren bare beregnet for individ med kroppslengde i et bestemt lengdeintervall. I denne undersøkelsen valgte vi individ i lengdeintervallet 16,0 - 18,9 cm fordi det ga størst fangstutbytte. Alle kjønnsmodne individ ble tatt ut av disse beregningene.

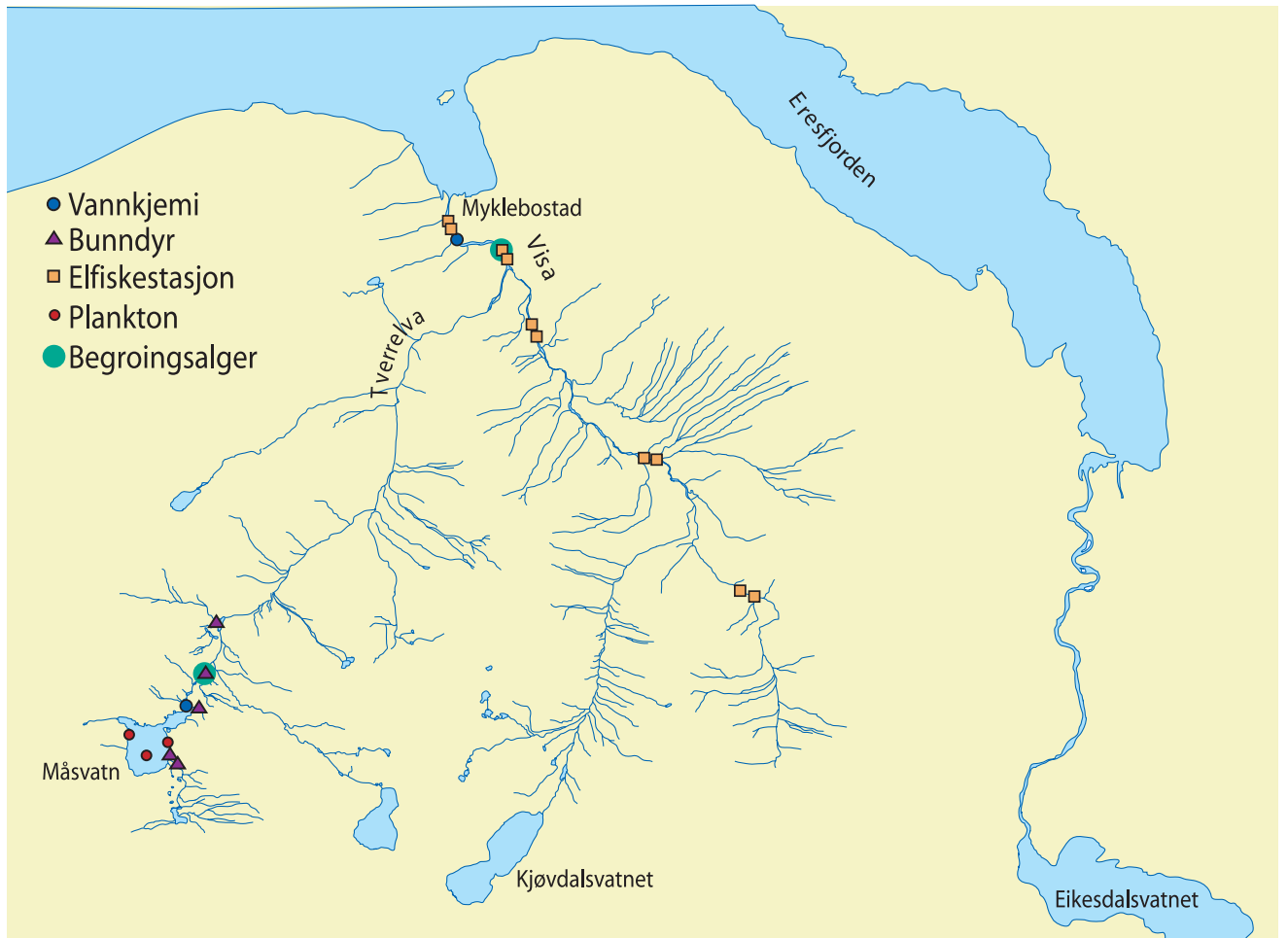
Fiskens næringsvalg ble uttrykt som vektprosent av ulike næringsdyr (art eller grupper). Antall individ av hver art/gruppe ble telt i hver mageprøve. Et maksimum på 100 næringsdyr av hver art/gruppe ble lengdemålt (kroppslengde eller hodebredde). Det er utarbeidet likninger for omregning fra lengde/bredde til vekt for ulike dyregrupper (Breistein & Nøst 1997).

Tettheten ble beregnet på basis av suksessiv reduksjon i fangstene. Pga relativt små fangster ble tettheten beregnet på basis av fangstsannsynlighet ( $p$ ) etter tre omganger ved å summere fangstene for hver omgang for alle stasjoner. Det ble gjort separate beregninger for hver lokalitet, art og alder (0+ og  $\geq 1+$ ). Skille i størrelse mellom de to aldersgruppene ble fastsatt på basis av alders- og lengdefordelingene. For 0+ laks var fangstene for lave til å foreta en slik beregning, og fangstsannsynligheten ble derfor fastsatt på erfaringstall til 0,50.

Materialet for mengden aluminium på gjellene hos laksesmolt i Bondalselva og Visa ble samlet inn den 30. og 31.4. 2006. Fisken ble samlet inn med elektrisk fiskeapparat i nedre deler av begge elvene. Venstre gjellebue ble klipt fra hver fisk som ut fra størrelse (> 10 cm) og farge (sølvaktig drakt uten fingermerker) var antatt å være smolt (jfr. **kap. 4.7.2.1**). Analysene er utført på Isotoplaboratoriet ved Universitetet for Miljø og Biovitenskap. Gjellebuene ble lagt på oppveide reagensrør. I laboratoriet ble gjellene frysetørket, syreoppløst og konsentrasjonene av aluminium (Al) ble bestemt vha ICP-OES (induktivt koplet emisjons-spektroskopi).



**Figur 6.** Kart over Bondalselva med Rognstøylsvatna, Ørsta kommune, med angivelse av stasjoner for vannkjemiske og biologiske undersøkelser. Stasjoner for prøvetaking av makrovegetasjon og litorale krepsdyr (omfatter ulike habitater i litoralsonen) er ikke vist.



**Figur 7.** Kart over Visavassdraget med Måsvatn, Nesset kommune, med angivelse av stasjoner for vannkjemiske og biologiske undersøkelser. Stasjoner for prøvetaking av makrovegetasjon og litorale krepsdyr (omfatter ulike habitater i litoralsonen) er ikke vist.

## 4 Resultater

### 4.1 Vannkjemi

I den nasjonale sur nedbør overvåkingen blir et stort antall innsjøer prøvetatt med en prøve per år. Det er dokumentert at vannkjemien i en høstprøve i en innsjø er svært lik en veid middelvei for innsjøen for hele året. Om høsten, når vannet synker under 6°C vil de fleste normale innsjøer fullsirkulere, dvs. at vannet i hele innsjøen "blandes" godt, og en vannprøve vil dermed reflektere en gjennomsnittsverdi av innsjøens vannkjemi. Disse prøvene brukes til å si noe om den generelle utviklingen av vannkjemi i en region.

Elvene har større variasjon i vannkjemien og skal i utgangspunktet prøvetas med minimum 12 prøver per år for å beregne variasjonen gjennom året. Så lenge man gjentar prøvetakingen på nøyaktig samme måte hvert år, kan man bruke gjennomsnittet av de 12 (eller flere) prøvene for å se på år-til-år variasjon og trender. Men gjennomsnittet av de 12 prøvene er ikke nødvendigvis identisk med veid middelvei for hele året hvor også vannvolumet blir tatt med i beregningene.

For å få et mer detaljert bilde av vannkjemien gjennom et år trenger man hyppigere prøver. For enkelte lokaliteter innen sur-nedbør overvåkingen har vi prøvetaking en gang per uke. Dette har vi ikke hatt mulighet til i dette prosjektet. Kunnskapen vi får fra stasjoner med ukentlig prøvetaking er likevel viktig bakgrunn for å vurdere vannkjemiske variasjoner i lokaliteter med mindre hyppig (for eksempel månedlig) prøvetaking

For å vurdere det vi kaller "biologisk relevant kjemi" er det helt avgjørende at vi har god oversikt over variasjonen i vannkjemien gjennom året, samtidig som vi har kontroll på vannkjemien i det tidsrommet de biologiske prøvene blir tatt. Biologien som observeres kan være et resultat av den dårligste vannkvaliteten gjennom året, og ikke gjennomsnittsverdien. Dårlig vannkvalitet kan oppstå under episoder med snøsmelting, store innslag av sjøsalter, tørke etc. Den gjennomsnittlige vannkjemien for året vil være påvirket av slike episoder, det er derfor det er en sammenheng mellom status for en organismegruppe og den gjennomsnittlige vannkjemien.

I denne rapporten går vi igjennom

- Generelle nivåer
- Sesongvariasjoner
- År-til-år variasjoner
- Beregning av opprinnelig pH

Vi har delt inn de vannkjemiske parameterene i i) generell vannkjemi (kalsium, organisk karbon, klorid og sulfat), ii) effektparametere (pH, alkalitet, ANC og labilt Al) og iii) næringssalter (nitrat, tot-N, tot-P og ammonium).

Vi har brukt data fra de fire lokalitetene som omfattes av dette prosjektet, og vi har sammenholdt dataene med data fra Regional innsjøundersøkelse fra 1995 (Skjelkvåle et al. 1996).

#### 4.1.1 Nivåer

Gjennomsnittsverdier for de fire lokalitetene er gitt i **tabell 5** sammen med en oversikt over Percentil fordelingen for alle innsjøene i Midt-Norge fra Regionalundersøkelsen i 1995 for sammenligning. Percentiler angir hvor mange prosent av innsjøene som ligger i forskjellige konsentrasjonsintervaller. 25-percentilen forteller at 25 % av alle innsjøene ligger under et bestemt konsentrasjonsnivå, mens 75-percentilen angir at 25 % av innsjøene ligger over et bestemt konsentrasjonsnivå. 50-percentilen er identisk med medianverdien og forteller at 50 % av innsjøene har høyere konsentrasjon og 50 % har lavere konsentrasjon.

Resultatene viser at innsjøene og elvene har lave nivåer av kalsium og at elvene har litt høyere nivå av kalsium (> 1 mg/L) enn de to undersøkte innsjøene (< 1 mg/L).

Både elvene og de to innsjøene er lite preget av humus, med konsentrasjoner av organisk karbon på 1 mg/L. Verdiene for landsdelen for øvrig er påvirket av høyere TOC-konsentrasjoner fra mer skogrike områder lengre øst i landsdelen.

Kloridkonsentrasjonene fra ca 2-4 mg/l er typiske nivåer for vassdrag som er noe påvirket av sjøsalter i nedbøren. Typiske nivåer for innsjøer som er upåvirket av sjøsalter er < 1 mg/L.

Ikke-marin sulfat har gjennomsnittlige verdier fra 9-24 µekv/L. Bakgrunnsverdien for ikke-marin sulfat (m.a.o. områder uten antropogent nedfall av sulfat) er anslått til å være ca 10 µekv/L, men dette kan variere litt, spesielt i områder som er påvirket av mye sjøsalter.

Alle forsuringsparameterene pH, alkalitet, ANC og labilt Al viser konsentrasjonsnivåer typisk for uforsurede systemer. pH er > 6,2 i alle lokalitetene. ANC har på tross av god pH relativt lave verdier. Dette er en konsekvens av jonestyrke. Det er ikke mulig å få høy ANC i et vann med lav jonestyrke når TOC i tillegg er lav. pH og alkalitet har en god positiv korrelasjon i disse lokalitetene.

Næringssaltene Tot-N, Tot-P, NO<sub>3</sub> og NH<sub>4</sub> er noe høyere i elvene enn i innsjøene og kan indikere at elvene er noe påvirket av landbruksvirksomhet. Generelt er konsentrasjonsnivåene omtrent på samme nivå som for resten av landsdelen, med unntak av NO<sub>3</sub>, som viser litt høyere gjennomsnittskonsentrasjoner (13 og 7 µg/L for Måsvatn og Rognestøylsvatn, mot gjennomsnittlig 4 µg/L). Årsaken til dette er sannsynligvis at lokalitetene ligger såpass langt sør og vest i landsdelen at de i større grad er påvirket av N-nedfall fra langtransporterte forurensninger enn mer østlige og nordlige lokaliteter. Til sammenligning var gjennomsnittskonsentrasjonen av NO<sub>3</sub> for landsdel Vestlandet 77 µg/L i 1995.

**Tabell 5.** *Middelverdier av alle de analyserte prøvene sammenlignet med 25, 50 og 75-percentilene (se forklaring i teksten) for alle innsjøene i Midt-Norge (n=143) fra den regionale innsjøundersøkelsen i 1995 (Skjelkvåle et al 1996). Tabellen er delt inn i a. generelle vannkvalitetsparametere, b. parametere som gir indikasjoner om foruringssituasjonen og c. parametere som angir tilgangen på næringsalter.*

*a. Generell vannkjemi*

	Ca mg/l	(Ca+Mg)* µEq/l	TOC mg/l C	Cl mg/l	SO <sub>4</sub> * µEq/l-1
Bondalselva	1,28	78	1,1	2,86	24
Visa	1,30	72	1,1	3,90	21
Rognestøylsvatn	0,69	38	0,9	1,82	18
Måsvatn	0,56	28	0,6	2,76	9
<b>Midt-Norge 1995</b>					
25 %	0,51	27	1,4	1,2	9
50 %	0,94	51	3,3	2,4	12
75 %	1,98	104	5,7	5,6	21

*b. Effektparametere*

	pH	Alkalitet µEq/l	ANC µEq/l	LAI µg/l
<b>Bondalselva</b>	6,60	59	71	3
<b>Visa</b>	6,36	42	52	3
<b>Rognestøylsvatn</b>	6,35	25	35	2
<b>Måsvatn</b>	6,22	21	23	2
<b>Midt-Norge 1995</b>				
25 %	6,09	23	26	<10
50 %	6,40	36	54	5
75 %	6,81	93	102	27

*c. Næringssalter*

	NO <sub>3</sub> µg/l N	TOT-N µg/l N	TOT-P µg/l P	NH <sub>4</sub> µg/l N
<b>Bondalselva</b>	189	255	5	5
<b>Visa</b>	162	223	3	7
<b>Rognestøylsvatn</b>	13	64	3	5
<b>Måsvatn</b>	7	46	2	3
<b>Midt-Norge 1995</b>				
25 %	4	81	2	<5
50 %	4	129	3	7
75 %	16	190	4	14

**4.1.2 Sesongvariasjoner**

Elver og innsjøer har svært forskjellige vanngjennomstrømning. Oppholdstiden sier noe om hvor raskt vannfornyelse i innsjøen skjer. En liten og grunn innsjø vil for eksempel ha rask utskiftning og kort oppholdstid i forhold til en større og dypere innsjø. En innsjø med lang oppholdstid har en mer stabil vannkjemi enn en innsjø med kort oppholdstid.

Vannmengden i en elv varierer kontinuerlig og vannføringen er hovedsakelig påvirket av avrenningen innenfor nedbørsfeltet. Elver med ulik størrelse reagerer ulikt på nedbør. Innsjøer i elvestrekket bidrar til å dempe variasjonen i vannføring i elva.

Visa og Bondalselva er relativt små elver; Bondalselvas nedbørsfelt er på 87,53 km<sup>2</sup> og Visa-vassdragets er på 126,30 km<sup>2</sup>. Rognestøylsvatn og Måsvatn er relativt små innsjøer (se **tabell 2**). Årlig nedbørsmengde i regionen er omtrent 2000 mm. Rognestøylsvatn har et maks.dyp på 9 m, mens Måsvatn har et maks.dyp på 27 m. Hvis vi antar at gjennomsnittlig dyp er halvparten av maks.dyp er teoretisk oppholdstid i Rognestøylsvatn ca 1 måned mens den er ca 9 måneder i Måsvatn. Med en så kort oppholdstid er det derfor å forvente at også de to undersøkte innsjøene har fluktuasjoner i vannkjemien gjennom året.

Tidstrender for prøvetakingsperioden er vist for et utvalg av parametere i **figurene 8-13**. Rekkefølgen på parameterene er den samme som i **tabell 5** (alle parametere er ikke vist). Alle analyseresultater for perioden er vist i **Vedlegg tabell 1.1**.

Prøvetakingsfrekvensen i innsjøene som har vært en gang per måned har vært god nok til å gi en beskrivelse av vannkjemiens fluktuasjoner gjennom året, mens prøvetakingsfrekvensen i de to elvene som har blitt mindre enn en gang per måned har vært for sjelden til å indikere annet enn variasjonsbredden i konsentrasjonene.

*Generell vannkjemi: kalsium, TOC, klorid og ikke-marin sulfat*

I innsjøene viser kalsium et mønster som er klassisk for lokaliteter med stabilt snødekke gjennom vinteren og snøsmelting om våren. Kalsiumkonsentrasjonene stiger utover vinteren til 1,0-

1,5 mg/L (**figur 8**) ettersom innslag av grunnvann med høyere jonekonsentrasjoner enn nedbør øker. Under vårmeltingen faller konsentrasjonen av kalsium kraftig til 0,3-0,5 mg/L pga av fortynning med smeltevannet. I Bondalselva og Visa varierer kalsium fra hhv 0,5 mg/L til 2,0 mg/L og 2,5 mg/L.

I Måsvatn er de målte konsentrasjonene av TOC fra 0,5-1,1 mg, mens i Rognestøylsvatn varierer TOC fra 0,8-2,0 mg/L (**figur 8**). Spesielt Måsvatn har svært lite variasjon i TOC-nivået og dette stemmer bra overens med at det er denne innsjøen som har lengst oppholdstid.

Klorid viser noen markerte topper under sjøsaltepisoder om vinteren når stormene er på sitt sterkeste og transporten av sjøsalter inn fra havet og kysten er kraftig (**figur 9**). En sjøsaltepisode i desember 2003 har gitt opphav til en kraftig klorid-topp i Visa på > 8 mg/L. Denne klorid-pulsen påvirket vannkjemien med bl.a et dropp i pH og ANC.

Ikke-marin sulfat viser små variasjoner gjennom året i de to innsjøene (**figur 9**). I de to elvene er imidlertid variasjonene store. Disse variasjonene samvarierer med variasjoner i nitrat og Tot-N og kan tyde på at høye verdier kan være forårsaket av landbrukspåvirkning (gjødsel), mens lave verdier på 0 µekv/L trolig skyldes at sulfat adsorberes under sjøsaltepisoder.

#### *Effektparametere: pH, ANC, alkalitet, labilt Al*

pH, ANC og labilt Al viser ingen tydelige sesongvariasjoner, men alle parameterene unntatt labilt Al påvirkes under sjøsaltepisoder (**figur 10-11**). I følge Hindar et al. (2002) er sjøsaltepisoder uten tilsvarende økning i aluminium en indikasjon på at vassdraget er lite forsuret. På grunn av relativt sjelden prøvetaking er det imidlertid sannsynlig at vi ikke har fanget opp de sureste episodene (se for eksempel **kap. 4.7.2.1** om gjellealuminium hos laksesmolt).

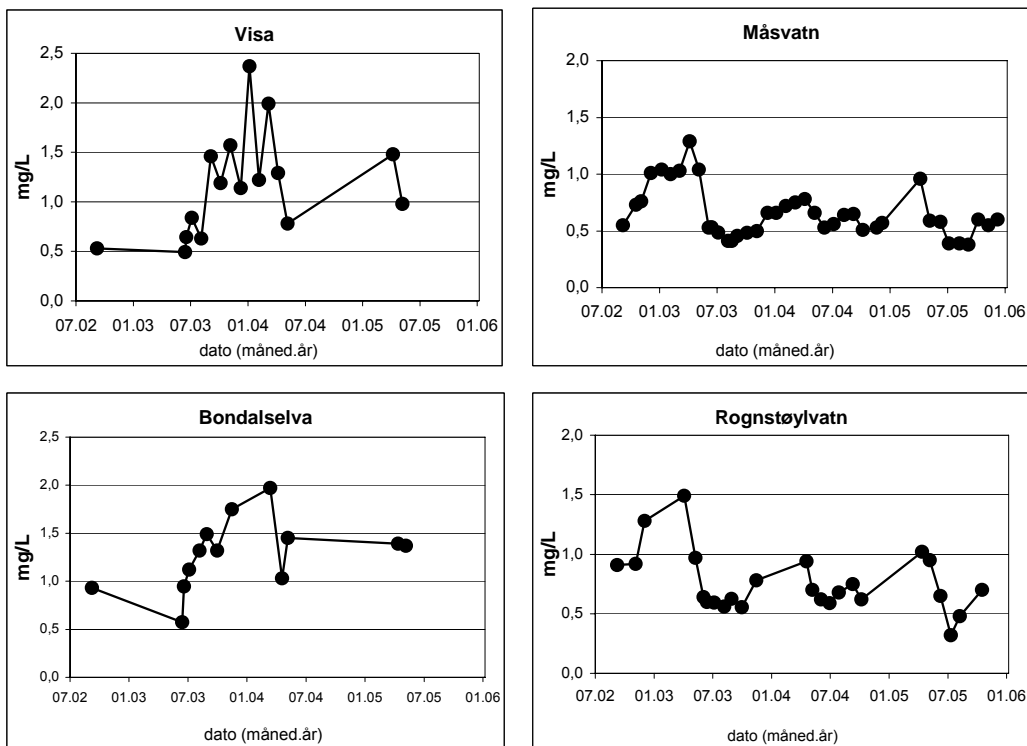
#### *Næringssalter: nitrat, Tot-N, tot-P, ammonium*

Både Måsvatn og Rognestøylsvatn har sesongvariasjoner i nitrat (**figur 12**). Om sommeren når den biologiske aktiviteten er på det høyeste, brukes all nitraten opp, og konsentrasjonene går ned under deteksjonsgrensen for metoden (1 µg/L). Om vinteren øker konsentrasjonene igjen. Dette gir en sesongvariasjon med lave konsentrasjoner i vekstsesongen og høye konsentrasjoner i den biologiske hvileperioden.

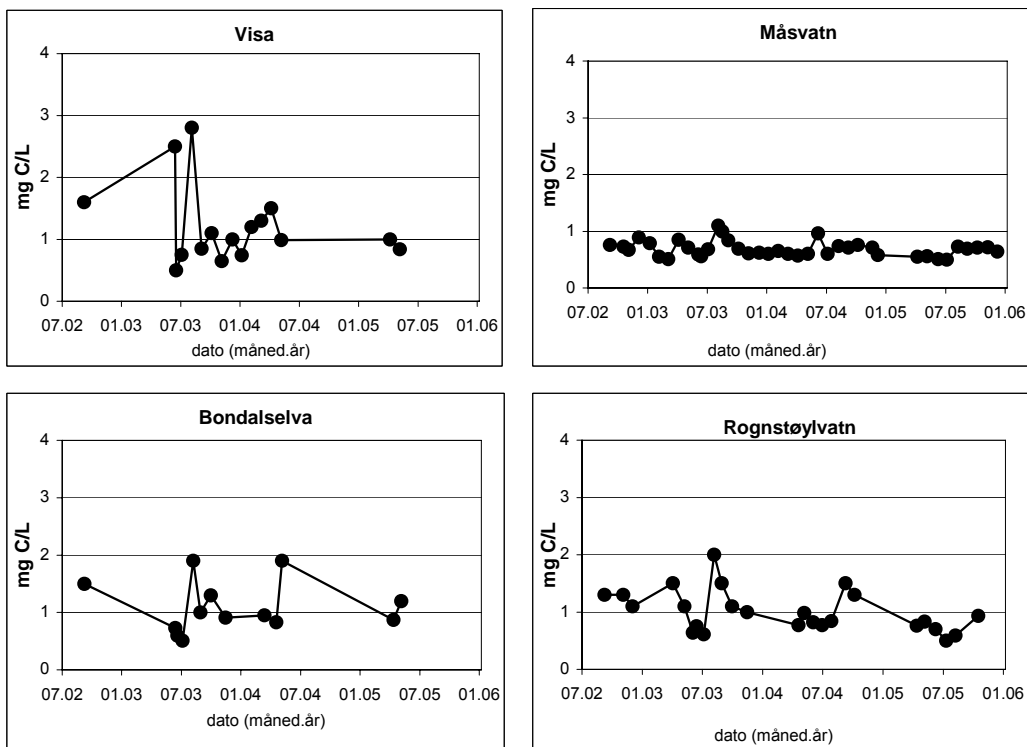
Både tot-N og tot-P viser stabile nivåer og er ikke preget av sesongvariasjoner (**figur 12-13**).



## Kalsium

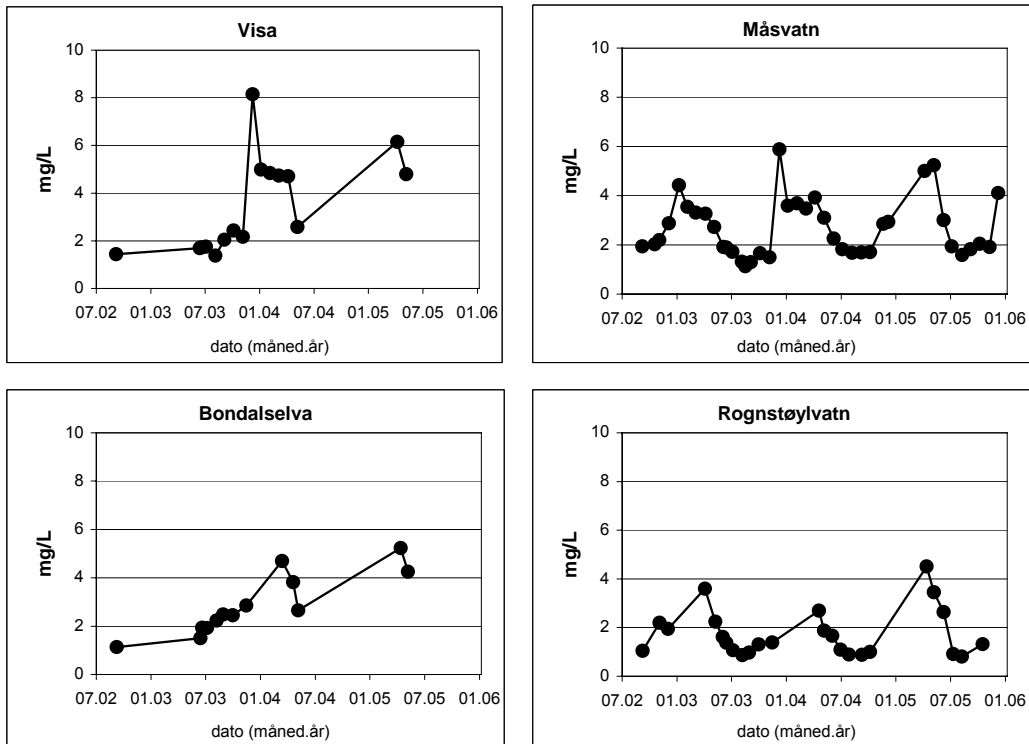


## Organisk karbon - TOC

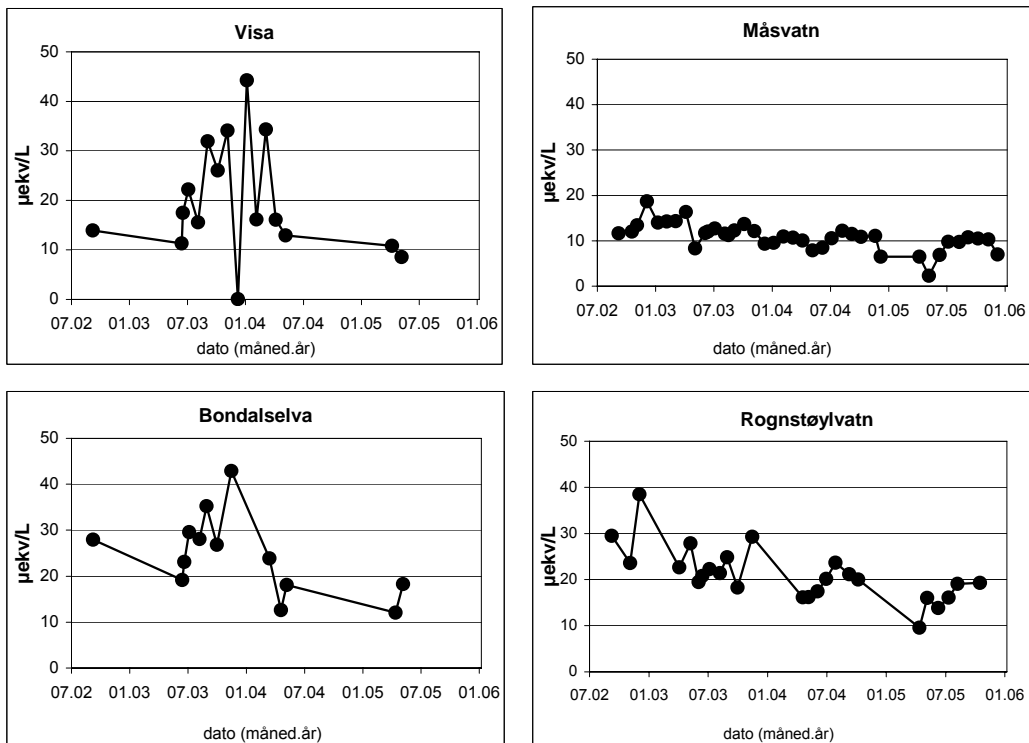


Figur 8. Kalsium og organisk karbon (TOC) i de fire undersøkte lokalitetene.

## Klorid

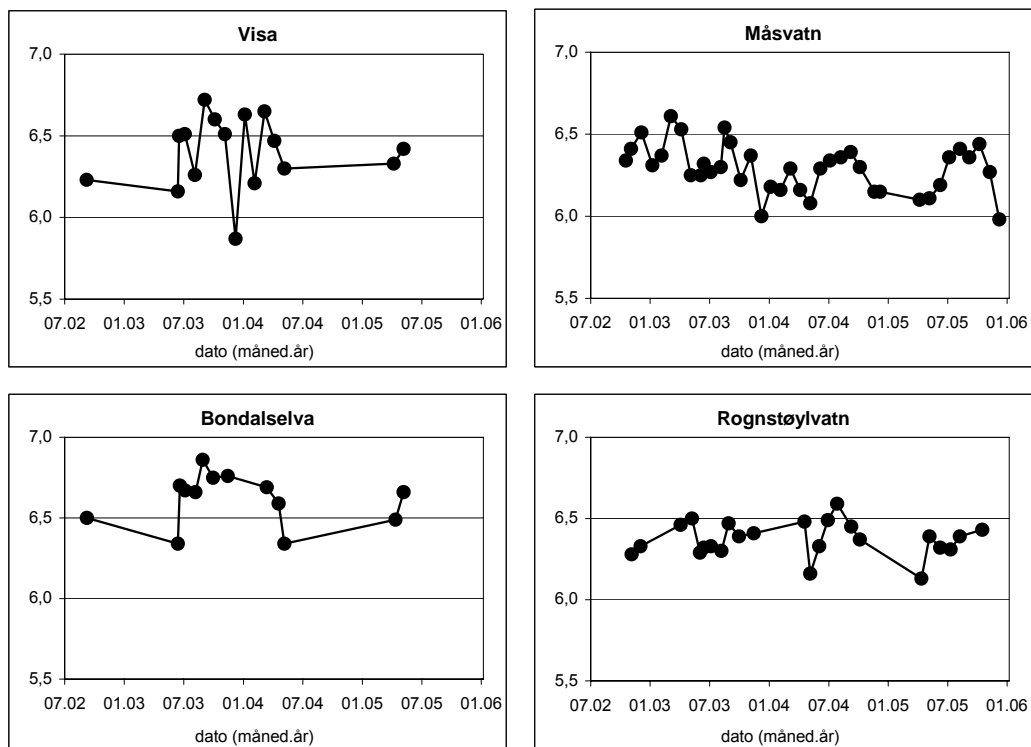


## Ikke-marin sulfat

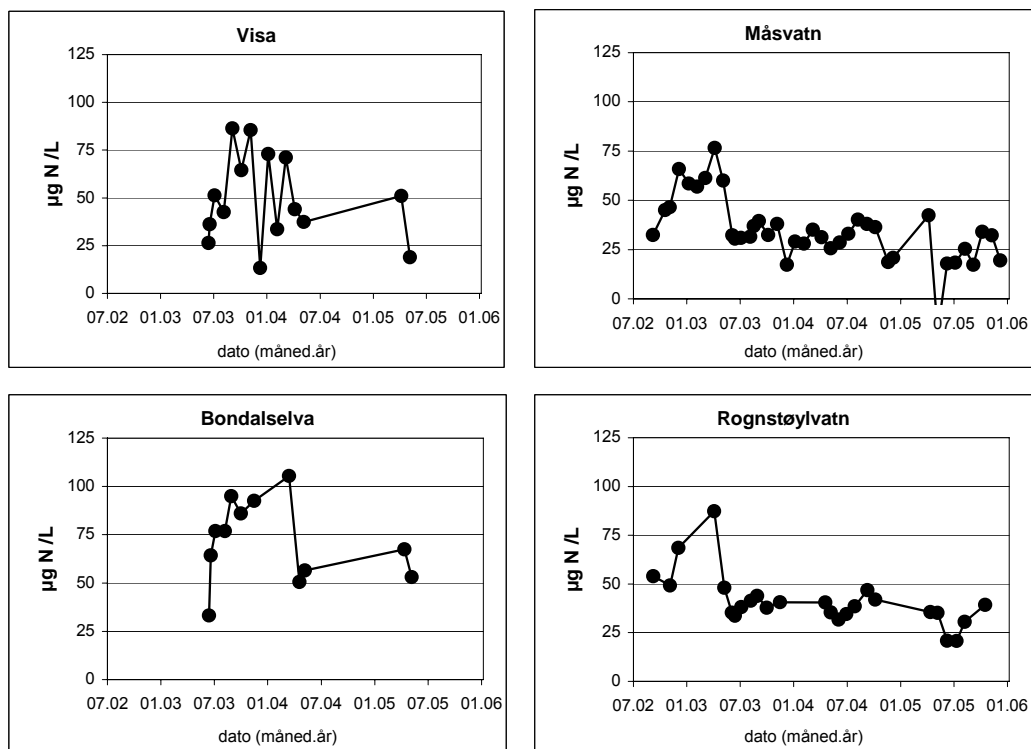


Figur 9. Klorid og ikke-marin sulfat i de fire undersøkte lokalitetene.

## pH

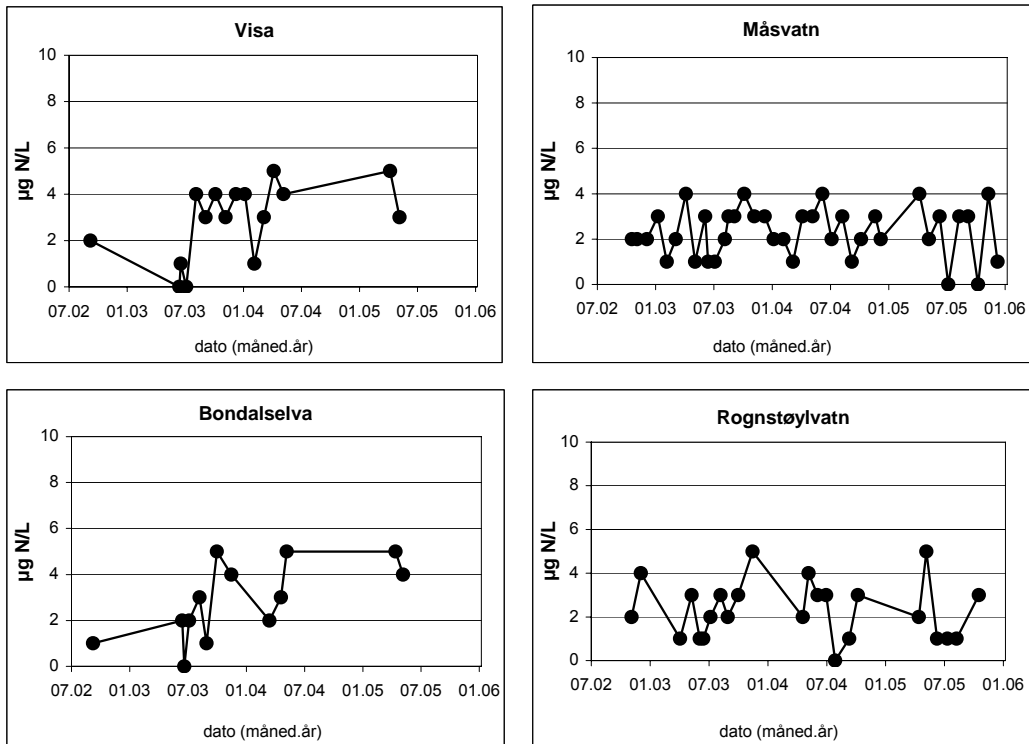


## ANC



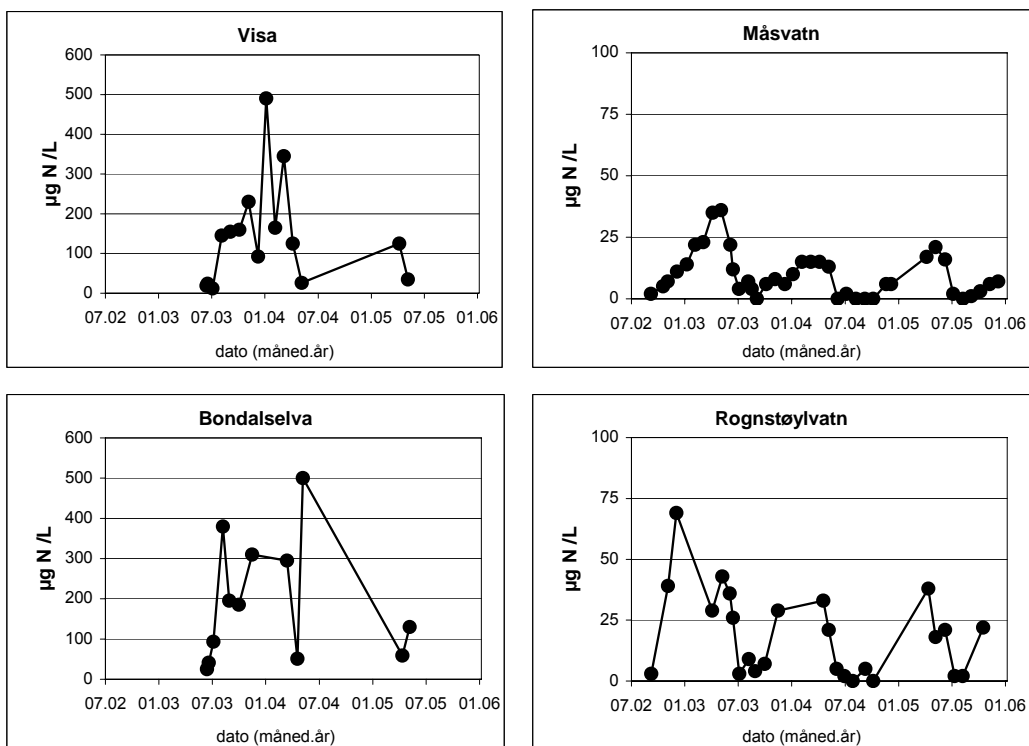
Figur 10. pH og ANC i de fire undersøkte lokalitetene.

## Labilt Al

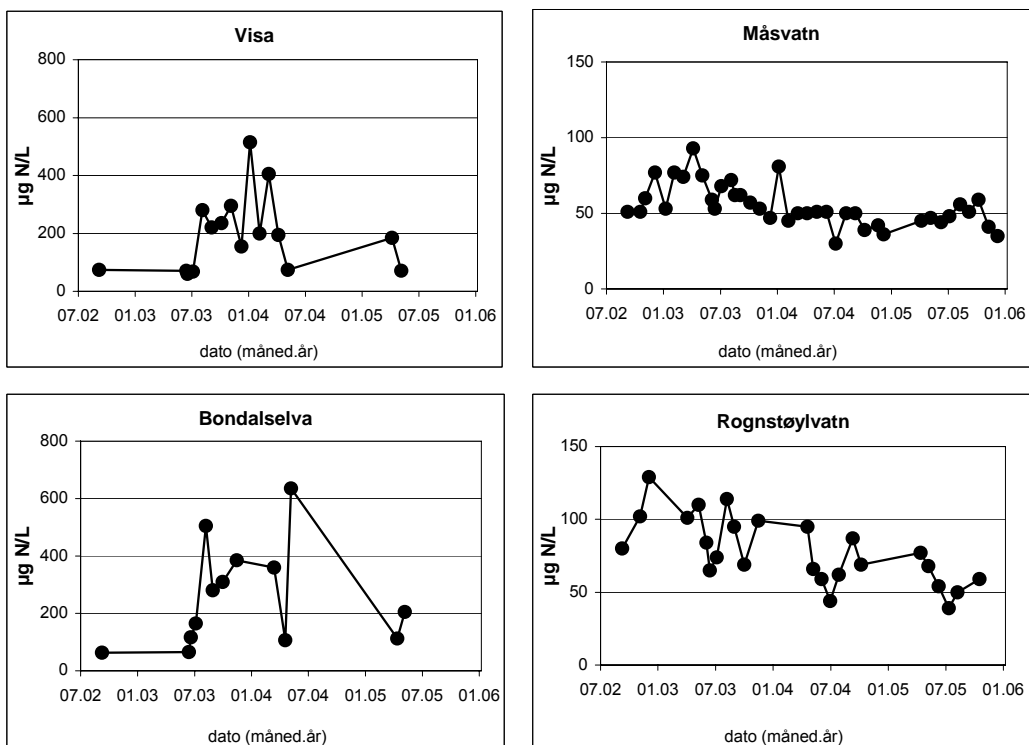


Figur 11. Labilt Al i de fire undersøkte lokalitetene.

## Nitrat

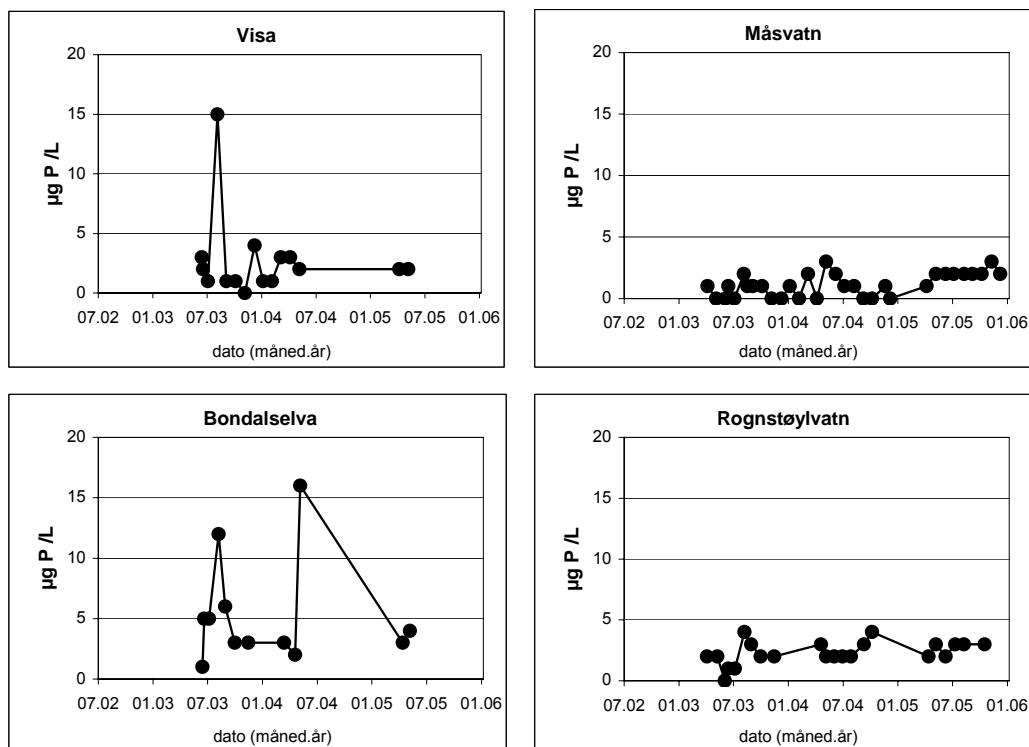


## Total Nitrogen



Figur 12. Nitrat og total-N i de fire undersøkte lokalitetene.

## Fosfor



Figur 13. Total-P i de fire undersøkte lokalitetene.

### 4.1.3 År-til-år variasjoner

For de to innsjøene i denne undersøkelsen har vi sett på år-til-år variasjonen ved å sammenligne høstprøvene (**tabell 6**). I denne tabellen har vi også tatt med prøver fra innsjøundersøkelsene i 1986 og 1995. Våre prøver viser at Måsvatn har noe mindre variasjon i vannkjemien gjennom året enn Rognestøylsvatn og det stemmer godt overens med at Måsvatn har lengre teoretisk oppholdstid enn Rognestøylsvatn. Det er en tendens til nedgang i ikke-marin sulfat for Måsvatn, og økning i pH, alkalitet og ANC for begge innsjøene hvis vi ser på hele perioden fra 1986 til 2005.

Kalsium viste lavere verdier i 1986 enn i 1995 og 2002-2005, men endringene over tid er for små og materialet for lite til å si om dette er en tendens i materialet eller tilfeldige variasjoner.

TOC og næringssalter viser ingen endringer i tidsperioden.

**Tabell 6.** Høstprøver i Rognestøylsvatn og Måsvatn. Tabellen er delt inn i a. generelle vannkvalitetsparametere, b. parametere som gir indikasjoner om forurensingssituasjonen og c. parametere som angir tilgangen på næringssalter.

#### a. Generell vannkjemii

		Ca (Ca+Mg)*		TOC	Cl	SO <sub>4</sub> *
		mg/l	µEq/l			
Rognestøylsvatn	03.10.1986	0,48	27	0,88	1,90	17
	17.09.1995	0,53	32	0,66	0,80	23
	19.09.2002	0,91	54	1,3	1,04	29
	10.10.2003	0,56	33	1,1	1,31	18
	14.10.2004	0,62	37	1,3	1,00	20

	23.10.2005	0,70	41	0,93	1,32	19
Måsvatn	23.09.1986	0,43	24	0,69	1,80	18
	29.10.1995	0,40	23	0,68	1,50	12
	29.10.2002	0,73	42	0,73	2,02	12
	15.10.2003	0,48	27	0,69	1,66	14
	14.10.2004	0,51	28	0,76	1,70	11
	14.10.2005	0,60	32	0,71	2,04	11

### b. Effektparametere

		pH	Alkalitet μEq/l	ANC μEq/l	LAI μg/l
Rognestøylsvatn	03.10.1986	6,18	12	19	5
	17.09.1995	6,53	31	31	0
	19.09.2002	6,50	41	54	1
	10.10.2003	6,39	27	38	3
	14.10.2004	6,37	31	42	3
	23.10.2005	6,43	27	39	3
Måsvatn	23.09.1986	6,25	18	16	7
	29.10.1995	6,24	23	27	-3
	29.10.2002	6,34	28	45	2
	15.10.2003	6,22	28	32	4
	14.10.2004	6,30	24	36	2
	14.10.2005	6,44	27	34	0

### c. Næringssalter

		NO <sub>3</sub> μg/l N	TOT-N μg/l N	TOT-P μg/l P	NH <sub>4</sub> μg/l N
Rognestøylsvatn	03.10.1986	8			
	17.09.1995	8	66	2	
	19.09.2002	3	80		
	10.10.2003	7	69	2	
	14.10.2004	<1	69	4	
	23.10.2005	22	59	3	<5
Måsvatn	23.09.1986	7			
	29.10.1995	12	48	<1	
	29.10.2002	5	51		
	15.10.2003	6	57	1	
	14.10.2004	<1	39	<1	
	14.10.2005	3	59	2	<5

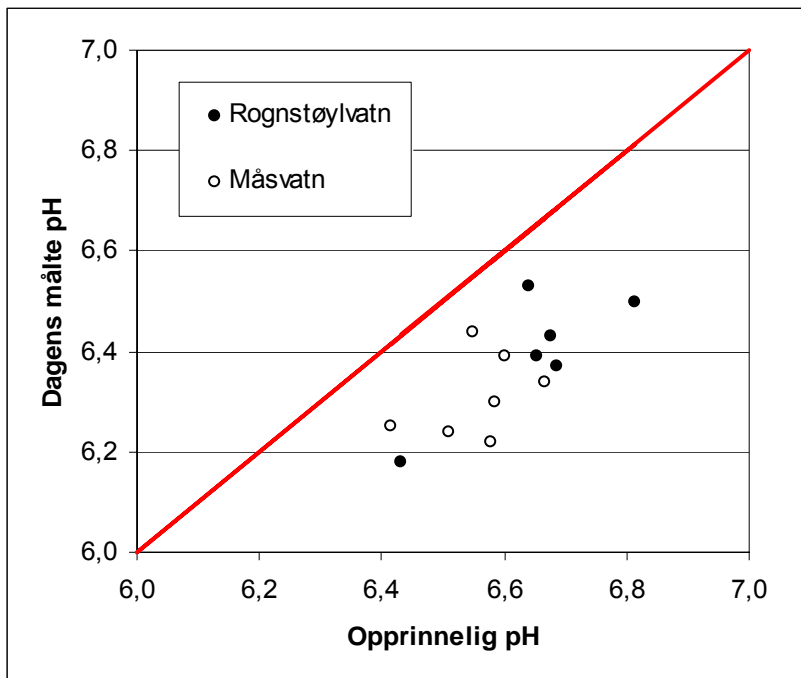
## 4.1.4 Opprinnelig pH - forsuringsstatus

Det er liten forsuringspåvirkning i innsjøer i denne delen av landet. Likevel vet vi at området har tilførsler av antropogen sulfat og nitrat og at dette har påvirket vannkjemien.

Ved å beregne opprinnelig pH (Hindar og Wright, 2002) kan vi sammenlikne dagens pH for Måsvatn og Rognestøylsvatn med hva pH burde ha vært i før-industriell tid .

Høstprøver for årene 1986, 1995, 2002-2005 viser at dagens pH varierer fra 6,2-6,4 i Måsvatn og 6,2-6,5 i Rognestøylsvatn. De laveste verdiene er fra 1986. Opprinnelig pH er beregnet til å

ha variert mellom 6,4-6,7 i Måsvatn og 6,4-6,8 i Rognstøylsvatn (**figur 14**) Som vi ser varierer den opprinnelige pH noe basert på inngangsdataene. Det er som forventet fordi også vannkjemien i før-industriell tid har variert. Beregningene viser at dagens pH sannsynligvis er 0,1 – 0,3 pH-enheter lavere enn opprinnelig. Dette betyr at Måsvatn og Rognestøylsvatn er noe forsuret og at vi har en forventning om noe høyere pH i innsjøene i framtiden.



**Figur 14.** Beregnet før-industriell (opprinnelig) pH mot dagens målte pH i høstprøver fra Rognestøylsvatn og Måsvatn. Data fra 1000-sjøers undersøkelsen i 1986 (Henriksen et al. 1988), Regionalundersøkelsen i 1995 (Skjelkvåle et al. 1996) og fra årene 2002 – 2005. Opprinnelig pH er beregnet etter metoden beskrevet av Hindar og Wright (2002).

## 4.2 Planteplankton

### 4.2.1 Rognestøylsvatn

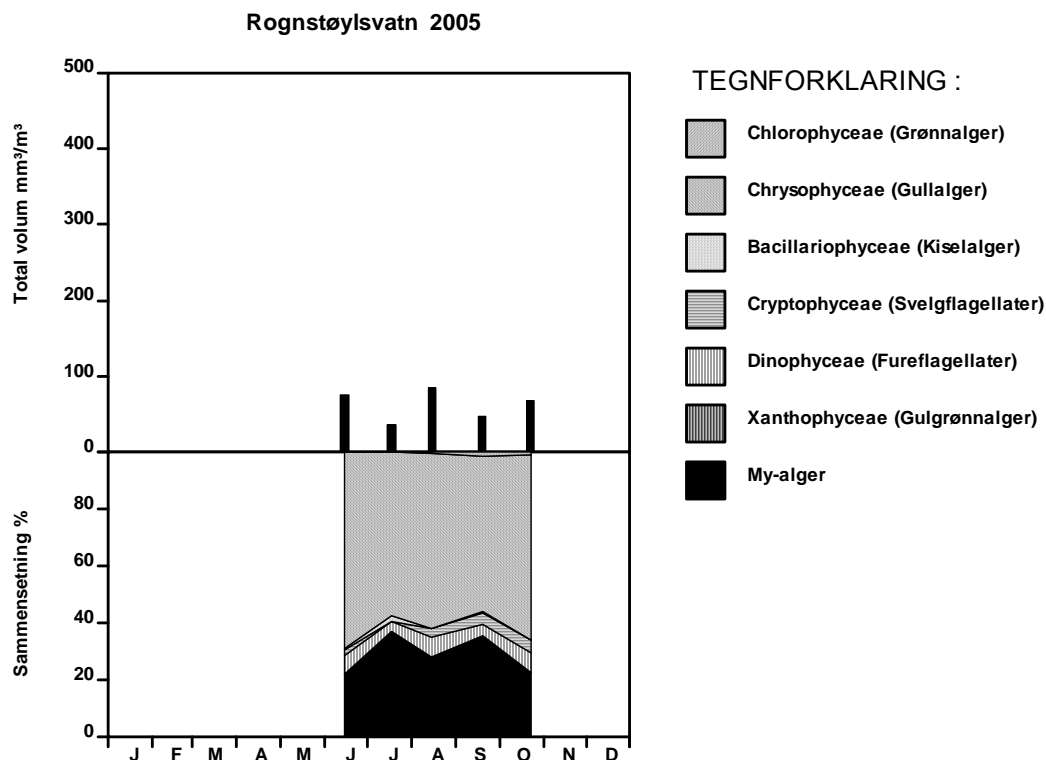
Analyseresultatene er fremstilt i **Vedlegg tabell 2.1** og i **figur 15**. Som tabellen og figuren viser var det gjennom hele vekstsesongen svært liten planteplanktonbiomasse i vannmassene. Hele tiden var det gruppen Chrysophyceae (gullalger) som var den viktigste gruppen. Den utgjorde omkring 55 – 65 % av det samlede planteplanktonvolum. Gruppen "my-alger" (små, ikke nærmere identifiserte, former med diameter 2- 4 my) utgjorde også en prosentvis vesentlig del av totalvolumet, gjennomgående 25-35 % av totalvolumet. De andre planteplanktongruppene var av underordnet betydning.

33 taksa av planteplankton ble registrert i prøvene, de fleste innen gruppen gullalger. Dette er et lite antall sammenlignet med mer næringsrike vannmasser, men normalt i forhold til klare, svakt sure innsjøer (Lindstrøm m.fl. 2004).

Det svært lave totalvolumet av planteplankton viser at vannmassene i Rognestøylsvatn er ultraoligotrofe, det vil si svært næringsfattige (Brettum 1989, Brettum & Andersen 2005). Sammensetningen av planteplanktonsamfunnet er normalt for næringfattige vannmasser, med dominans av gullalger og med en prosentvis større andel av gruppen my-alger. At cryptomonadene (Cryptophyceae) *Rhodomonas lacustris* og *Katablepharis ovalis* ble registrert i prøvene



viser at vannmassene i Rognestøylvatn ikke er sure. Disse artene forsvinner fra vannmassene når pH blir lavere enn ca. 5,5, men er ellers svært vanlige i de fleste vanntyper. Beregnes indeks for surhetsfølsomhet kommer denne ut med verdien 3,79. Dette er lavt i forhold til for eksempel Atnsjø som ligger godt over 8 i gjennomsnitt (Lindstrøm m.fl. 2004). Den lave indeksverdien viser klart at innslaget av surhetsfølsomme alger er lite og at innsjøen kanskje ligger på grensen til å være litt forsuringpåvirket.



**Figur 15.** Variasjon i totalvolum og sammensetning av planteplankton i Rognestøylvatn 2005. Totalvolum gitt i  $\text{mm}^3/\text{m}^3 = \text{mg}/\text{m}^3$  våtvekt.

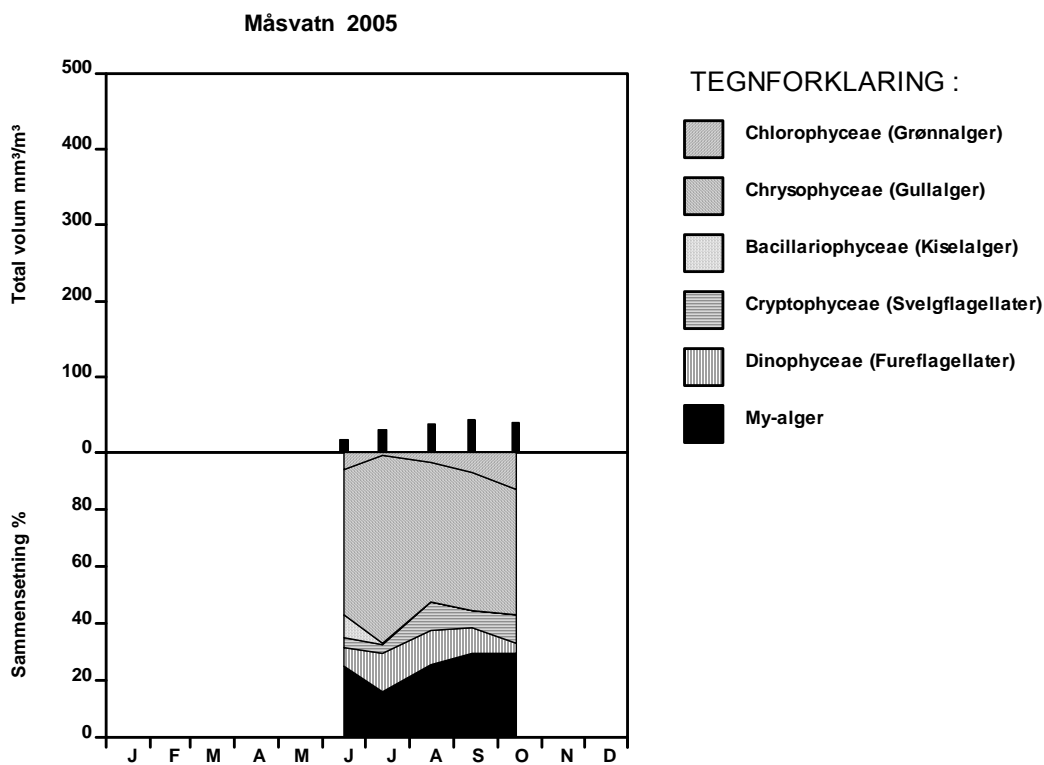
#### 4.2.2 Måsvatn

Analyseresultatene er fremstilt i **Vedlegg tabell 2.2** og **figur 16**. Som tabellen og figuren viser, var det gjennom hele vekstsesongen en svært liten planteplanktonbiomasse totalt i vannmassene. Hele tiden var det gruppen Chrysophyceae (gullalger) som var den viktigste gruppen. Den utgjorde i underkant av 50 % av det samlede planteplanktonvolum, mens gruppen "my-alger" (små, ikke nærmere identifiserte, former med diameter 2- 4 my) utgjorde gjennomgående 20 -30 % av totalvolumet. De andre planteplanktongruppene var av mindre betydning.

34 taksa av planteplankton ble registrert i prøvene, de fleste innen gruppen gullalger og grønnalger (Chlorophyceae). Dette er et lite antall sammenlignet med mer næringsrike vannmasser, men normalt i forhold til klare, svakt sure innsjøer (Lindstrøm m.fl. 2004).

Det svært lave totalvolumet av planteplankton viser at vannmassene i Måsvatn er ultraoligotrofe, det vil si svært næringsfattige (Brettum 1989, Brettum & Andersen 2005). Den registrerte sammensetningen av planteplanktonsamfunnet er normal for næringsfattige vannmasser, med dominans av gullalger og med en prosentvis større andel av gruppen my-alger. At cryptomonaden (Cryptophyceae) *Katablepharis ovalis* ble registrert i prøvene, viser at vannmassene i Måsvatn ikke er sure. Denne arten forsvinner fra vannmassene når pH blir lavere enn ca. 5,5, men er ellers svært vanlig i de fleste vanntyper. Beregnes indeks for surhetsfølsomhet kommer

denne ut med verdien 0,74. Dette er meget lavt i forhold til for eksempel Atnsjø som ligger godt over 8 i gjennomsnitt (Lindstrøm m.fl. 2004) og også Rognestøylsvatn med 3,79 i denne undersøkelsen. Den lave indeks verdien viser klart at innslaget av surhetsfølsomme alger er meget lite og at innsjøen i perioder kan være litt forsuringpåvirket.



**Figur 16.** Variasjon i totalvolum og sammensetning av planteplankton i Måsvatn 2005. Totalvolum gitt i  $\text{mm}^3/\text{m}^3 = \text{mg}/\text{m}^3$  våtvekt.

### 4.3 Makrovegetasjon i innsjøene

Makrovegetasjon kan deles inn i grupper etter livsform: helofytter (semi-akvatiske arter med hoveddelen av fotosyntetiserende organer over vannflata det meste av tida og et velutviklet rotsystem), isoetider (kortsukksplanter), elodeider (langskuddsplanter), nymphaeider (flytebladsplanter) og lemnider (flytere). De siste fire gruppene, samt kransalgene, blir i denne rapporten omtalt som vannvegetasjon. Vannvegetasjonen i Rognestøylsvatn og Måsvatn er presentert i **tabell 7**. Navnsettingen følger Lid og Lid (2005). I teksten benyttes norske navn, latinske navn er gitt i **tabell 7**. Alle dybdeangivelser er gitt i forhold til vannstanden ved observasjonstidspunktet.

#### 4.3.1 Generell vegetasjonsbeskrivelse

##### 4.3.1.1 Rognestøylsvatn

Substratet i selve innsjøen besto dels av fint substrat (finsand-grus) og dels stein-blokk, med torvsubstrat i sørøst. Utenfor elveutløpene i øst dannet elvesnelle (*Equisetum fluviatile*) et 50-60 m bredt belte ut til ca. 1.5 m dyp, med et smalere belte med starr (*Carex* spp.) innenfor. For øvrig var helofyttvegetasjonen sparsom.

Vannvegetasjonen var dominert av stivt brasmegras (*Isoetes lacustris*), som dannet bestander fra ca. 0,5 m (småplanter/ frøplanter) ut til mer enn 4 m dyp. Plantene på nordsida var spinklere enn de øvrige. Rosettplanter av krypsiv (*Juncus bulbosus*) fantes svært spredt. Imidlertid ble ca. 40 cm lange planter med én skuddetasje observert utenfor noen småbekker i nord. Den største forekomsten av tusenblad (*Myriophyllum alterniflorum*) fantes på 1,5-2,5 m dyp i sørøstre bukt. Ellers i innsjøen forekom planten spredt sammen med klovasshår (*Callitriche hamulata*) og vannmosen *Drepanocladus* sp. Små forekomster av hesterumpe (*Hippuris vulgaris*) ble registrert i vestre bukt, ved innløpet fra nedre Rognestøylsvatn. Artsantall og artssammensetning er som forventet for næringsfattige, kalkfattige innsjøer, som ikke er forsuringspåvirket.

#### 4.3.1.2 Måsvatn

Innsjøen er omkranset av myr og lynghei. Substratet var dominert av stein og blokk, samt noe grus og sand. Helofyttvegetasjonen var sparsom, dominert av noen små, glisne bestander av elvesnelle og spredte starr-forekomster.

Vannvegetasjonen var dominert av krypsiv, som dannet bestander eller såter rundt det meste av vannet, med særlig store forekomster i østre og vestre bukt. De frodigste såtene ble registrert i østre bukt, ca. 1 m lange såter nesten i overflata. Enkeltsåter ble registrert ut til 4-5 m dyp. Lengde av årsskuddene ble anslått til 20-25 cm. En god del av krypsivsåtene, særlig på grunt vann, var i dårlig forfatning og delvis liggende, men med enkelte friske skudd. Dessuten fantes små og friske krypsivrossetter på grunt vann. Fjellpiggnopp (*Sparganium hyperboreum*) og klovasshår ble registrert spredt rundt det meste av innsjøen, klovasshår på 80-100 cm dyp. Isoetidevegetasjonen med stivt brasmegras, sylblad (*Subularia aquatica*) og evjesoleie (*Ranunculus reptans*) fantes spredt, og bare i østre basseng på finkornet substrat. Artsantall og artssammensetning er stort sett som forventet for næringsfattige, kalkfattige innsjøer i fjellområder. Forekomsten av krypsiv er imidlertid noe forhøyet i forhold til forventet for innsjøer som ikke er forsuringspåvirket.

**Tabell 7.** Vannvegetasjon i Rognestøylsvatn og Måsvatn august 2005. Mengdeangivelse: 1=sjelden, 2=spredt, 3=vanlig, 4=lokalt dominerende og 5=dominerende.

Latinske navn	Norske navn	Rognestøylsvatn	Måsvatn
<b>ISOETIDER</b>			
<i>Isoetes lacustris</i>	stivt brasmegras	5	3
<i>Ranunculus reptans</i>	evjesoleie	3	1
<i>Subularia aquatica</i>	sylblad	3	2
<b>ELODEIDER</b>			
<i>Callitriche hamulata</i>	klovasshår	3	2
<i>Callitriche palustris</i>	småvasshår		1
<i>Hippuris vulgaris</i>	hesterumpe	1	
<i>Juncus bulbosus</i>	krypsiv	2	4-5
<i>Myriophyllum alterniflorum</i>	tusenblad	2	
<b>NYMPHAEIDER</b>			
<i>Sparganium hyperboreum</i>	fjellpiggnopp		2
<i>Sparganium angustifolium</i>	flotgras	3	
<b>KRANSALGER</b>			
<i>Nitella opaca</i>	mattglattkrans	2	
<b>VANNMOSER</b>			
<i>Drepanocladus</i> sp.	klomose	5	2
<i>Polytrichum commune</i>	bjørnemose		2
<i>Sphagnum</i> sp.	torvmose	3-4	2
annen mose	-	3	1-2
levermose	-		5
Antall arter (karplanter og kransalger)		9	7

## 4.3.2 Økologisk tilstand

### 4.3.2.1 Sensitive og tolerante arter

De norske vannplantene er delt inn i grupper avhengig av toleranse overfor hhv. eutrofiering og surhet. Trofi- og surhets-indeksene (Mjelde, under utarb.) tar utgangspunkt i forholdet mellom de tolerante og de sensitive artene i vannvegetasjonen. En tidligere versjon av indeksene er testet for innsjøer i Vansjø-Hobøl-vassdraget (Mjelde 2005) og Gjerstadvassdraget (Hindar m.fl. 2005).

Sensitive og tolerante artsgrupper i forhold til eutrofiering (jfr. Mjelde, under utarb.):

- A *Sensitive arter* - arter som foretrekker eller bare forekommer i upåvirkede innsjøer (referanseinnsjøer), ofte med stor dekning. Redusert forekomst og dekning (ofte bortfall) ved økt eutrofiering.
- B *Tolerante arter* - arter med økt forekomst og dekning ved økt eutrofiering. Ofte sjeldne eller med lav dekning i upåvirkede innsjøer.
- C *Indifferente arter* - arter med vid preferanse, vanlig i upåvirkede innsjøer, men finnes også i eutrofe innsjøer. Forsvinner i hypereutrofe innsjøer.

Sensitive og tolerante artsgrupper i forhold til surhet (jfr. Lindstrøm m.fl. 2004):

- A *Sensitive arter* - arter som ikke forekommer eller er svært sjeldne i forsurete innsjøer (pH <5), men svært vanlige i oligotrofe, kalkfattige innsjøer, upåvirket eller lite påvirket av forsuring. Inkluderer også *Øvrige arter* - arter som er vanligst i mindre sure lokaliteter eller i kalkrike lokaliteter, og som ikke forekommer ved pH <6. *Øvrige arter* har svært lav frekvens i innsjøer utsatt for forsuring.
- B *Tolerante arter* - arter som er svært vanlige og ofte har stor dekning i sure og forsurete innsjøer, har høyest frekvens ved pH <5.5 og viser ingen signifikant nedgang i frekvens ved reduksjon i pH.

For vurdering av tilstand i forhold til eutrofiering, har vi benyttet trofi-indeksene  $TI_{dekning}$  og  $TI_{antall}$ , hvor førstnevnte er basert på artenes dekningsgrad, mens  $TI_{antall}$  bare tar hensyn til forekomst-fravær av artene.  $TI_{dekning}$  vil sannsynligvis gi det "mest korrekte" bildet av forholdet mellom sensitive og tolerante arter, men i visse innsjøer ser det ut til at  $TI_{antall}$  viser dårlig tilstand til tross for høye verdier av  $TI_{dekning}$ . Dette kan være innsjøer i en overgangsfase, og vi velger derfor å benytte de to indeksene sammen.

For forsuring benyttes tilsvarende indekser,  $SI_{dekning}$  og  $SI_{antall}$ , hvor førstnevnte er basert på artenes dekningsgrad, mens  $SI_{antall}$  bare tar hensyn til forekomst-fravær av artene. Som for trofi-indeksene antar vi at  $SI_{dekning}$  vil gi det "mest korrekte" bildet av forholdet mellom sensitive og tolerante arter.

For hver av indeksene beregnes én verdi for hver innsjø. Verdien kan variere mellom +100, dersom alle tilstedeværende arter er sensitive, og -100, hvor alle er tolerante.

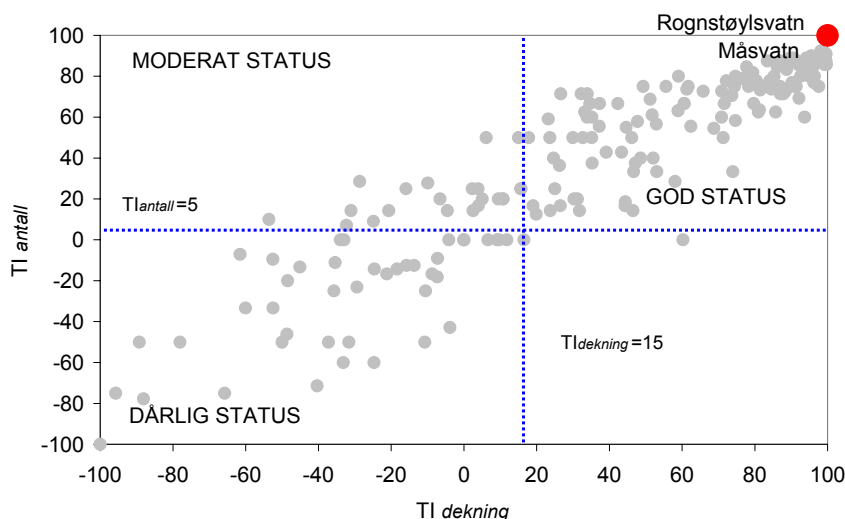
#### *Vurdering av Måsvatn og Rognstøylsvatn*

Innsjøene Måsvatn og Rognstøylvatn er vurdert både i forhold til forsuring, den mest aktuelle påvirkningsfaktoren i denne sammenheng, og eutrofiering, som har mindre betydning her.

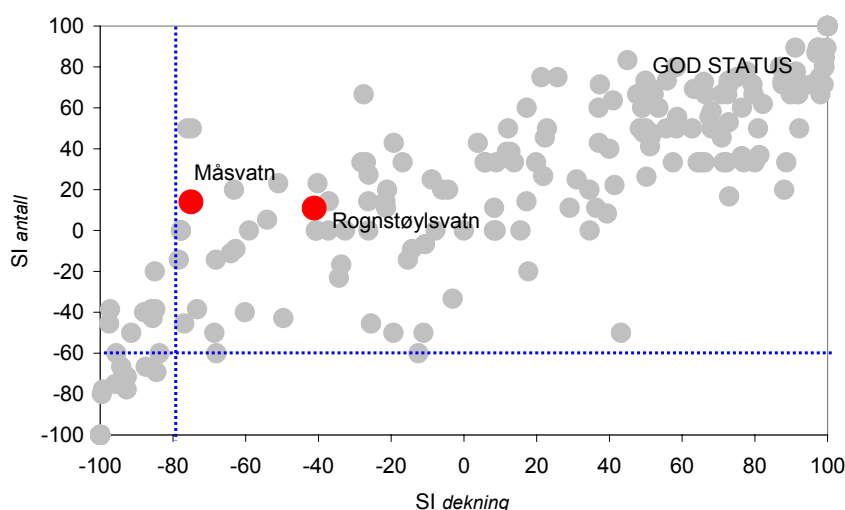
I forhold til foreløpig testing (bl.a. basert på forekomst av flerårige isoetider og kransalger av slekta *Chara* spp.) har vi for eutrofiering satt grensa mellom god og moderat tilstand ved  $TI_{dekning} = 15$ , mens grensa mellom moderat og dårlig er satt ved  $TI_{antall} = 5$  (Mjelde, under utarb.). Det er foreløpig ikke mulig å skille mellom høy og god økologisk tilstand ved bruk av denne

indeksen alene. Basert på trofi-indeksen (**figur 17**) er vannvegetasjonen i Måsvatn og Rognestøylsvatn i klart god tilstand eller bedre, i forhold til eutrofiering.

Foreløpige grenselinjer (god/moderat økologisk tilstand) for surhets-indeksene er satt til  $-80$  for  $SI_{dekning}$  og  $-60$  for  $SI_{antall}$ , basert på vegetasjonsforhold i enkeltinnsjøer (se Mjelde, under utarb.). Typisk for lokaliteter med  $SI_{dekning}$  like over grenselinjen er innslag av to-fire sensitive arter med en lav, eventuelt svært lav, dekning, evt. én sensitiv art med høy dekning.  $SI_{antall} = -60$  ser ut til å danne overgangen mellom 2 og 3 sensitive arter. Basert på surhets-indeksen (**figur 18**) er vannvegetasjonen i Rognestøylsvatn i god tilstand eller bedre. Også Måsvatn faller inn under kategorien god tilstand, men ser ut til å være på grensen til moderat tilstand.



**Figur 17.** Økologisk tilstand (status) i forhold til eutrofiering for Måsvatn og Rognestøylsvatn, på bakgrunn av det totale norske datasettet, vist ved indeksene  $TI_{dekning}$  og  $TI_{antall}$ . Grenselinjer for hhv. 15 og 5 er markert.



**Figur 18.** Økologisk tilstand i forhold til forsuring for Måsvatn og Rognestøylsvatn, på bakgrunn av det totale norske datasettet. Vist ved indeksene  $SI_{dekning}$  og  $SI_{antall}$ . Grenselinjer for hhv.  $-80$  og  $-60$  er markert.

### 4.3.2.2 Tilleggsvurderinger

Ved svært lave artsantall (mindre enn 4 arter) kan indekser basert på forholdet mellom arter ikke benyttes. Vurdering av økologisk tilstand i forhold til påvirkningsfaktorer kan inkludere flere indekser, f.eks. vil masseforekomst av problemarter og manglende undervannsvegetasjon være viktige supplementter.

#### *Forekomst av problemarter*

I tillegg til indeksene bør man for sure innsjøer bl.a. vurdere forekomsten av krypsiv. Dette er en art som er funnet å danne problemvekst i forsurete og enkelte kalkede innsjøer. Dersom denne arten dominerer vannvegetasjonen og danner store bestander av høytvokste individer, med overflatematter, over store arealer (problemvekst, se bl.a. Johansen m.fl. 2000), bør tilstand for vannvegetasjon ikke vurderes som god. Tilsvarende for eutrofierte innsjøer; dersom hornblad (*Ceratophyllum demersum*), vasspest (*Elodea canadensis*) eller liknende arter danner massebestander, bør ikke tilstand for vannvegetasjon vurderes som god. Disse forhold vil i de fleste tilfellene fanges opp av surhets- eller trofi-indeksene, men bør vurderes.

Krypsiv dannet store bestander med høytvokste individer i Måsvatn. Arten dannet imidlertid ikke overflatematter. Tilstand for denne innsjøen er nok mer moderat enn god mht. forsuring, slik som også indeksen indikerer.

#### *Forekomst av undervannsvegetasjon*

Dårligere lysforhold ved økende eutrofiering vil føre til reduksjon av vannvegetasjonen, men ha mindre innvirkning på de plantene som flyter på vannoverflata eller har flyteblad; nymphaeidene og lemnidene. Ved økende eutrofiering vil andelen av disse gruppene derfor ofte øke på bekostning av undervannsartene, og i svært eutrofe innsjøer kan disse gruppene være de eneste gjenværende vannplantene (Mjelde 1997). Hvorvidt innsjøene har svært lite undervannsvegetasjon vil nødvendigvis ikke framgå av trofi-indeksen.

Både Måsvatn og Røgnstøylvatn har forventet andel undervannsvegetasjon.

## 4.4 Begroingsalger og moser i elvene

Tidspunkt og sted for prøvetaking er presentert i kap. 3.2.4. Artslister er satt opp i **Vedlegg tabell 3.1-3.2**. I det følgende gis en kort beskrivelse av vegetasjonen på de ulike lokalitetene, samt en vurdering av økologisk stauts basert på alger og moser.

### 4.4.1 Generell vegetasjonsbeskrivelse

#### *Bondalselva øvre*

Lokaliteten ligger i et område med moderat strømhastighet og overgang til hurtigstrømmende. Dominerende vegetasjon på bunnen besto av levermosene *Marsupella emarginata*, *Nardia compressa* og *Scapania undulata* med en total dekning på 70-80 %. Dominerende algebegroing var trådformede grønnalger på mose. Oppstrøms var det områder med mer stilleflytende partier med finere substrat. Her var det mer innslag av karplanter som krypsiv (*Juncus bulbosus*), flotgras (*Sparganium angustifolium*) og klovasshår (*Callitriche hamulata*).

#### *Bondalselva nedre*

Lokaliteten ligger i et område med moderat til hurtig strømhastighet. Substratet er steinet og bare få dusker av mosene *Hygrohypnum achraceum* og *Fontinalis antipyretica* ble observert. Total mosedekning var < 5 %. Dominerende begroingselementer var makroskopiske dusker av rødalgen *Lemanea fluviatilis* og gullalgen *Hydrurus foetidus*, samt mørke belegg av cyanobakterier som *Homoeothrix janthina* og *Chamaesiphon fuscus*.

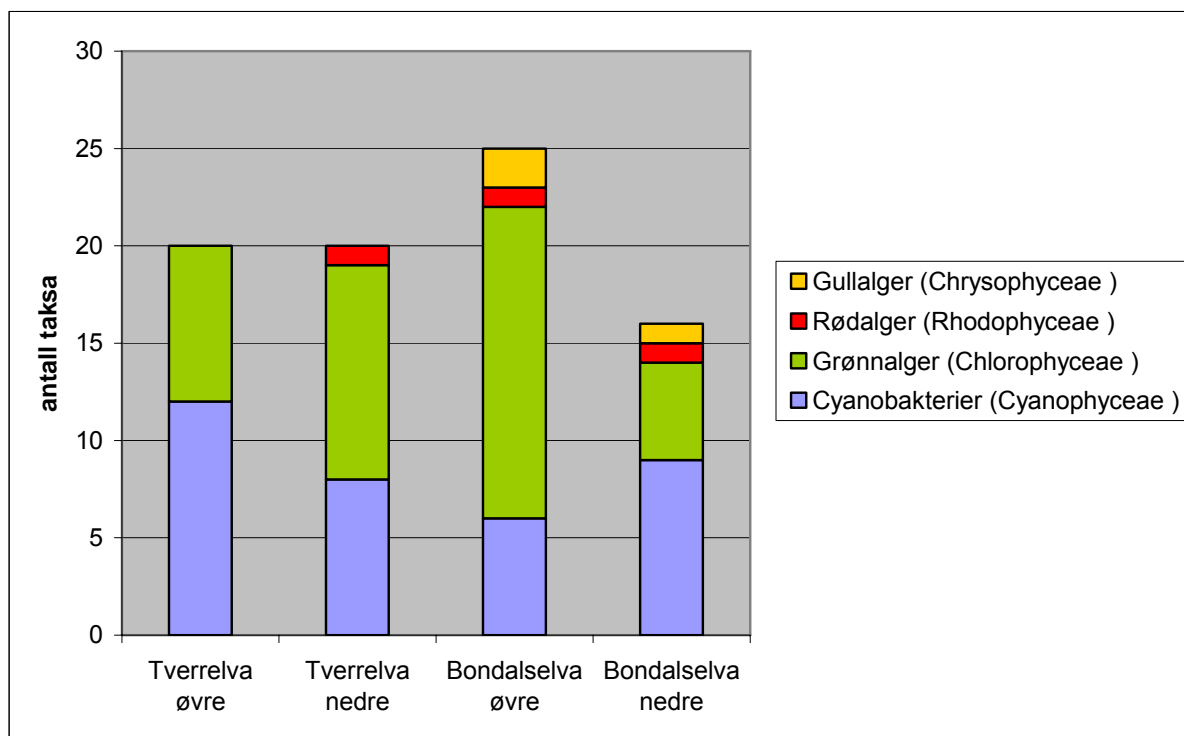
### Tverrelva øvre (Visavassdraget)

Lokaliteten ligger i et område med moderat strømhastighet og overgang til hurtigstrømmende. Substratet var dekket av levermoser med stor dominans av *Nardia compressa* (60-70 % dekning). Dominerende algebegroing var trådformede grønnalger på mose, spesielt *Zygonium sp3*, og kolonier av cyanobakterien *Stigonema mamillosum* på stein.

### Tverrelva nedre (Visavassdraget)

Lokaliteten ligger i et område med moderat til hurtig strømhastighet. Substratet som hadde dominans av stor stein hadde liten mosedekning; 15-20 % dekning, med *Hygrohypnum ochraceum* som dominerende art og mindre innslag av *Blindia acuta*, *Racomitrium aciculare* og *Scapania undulata*. Dominerende begroingselementer var makroskopiske dusker av rødalgen *Lemanea fluviatilis* og mindre forekomster av trådformede grønnalger (*Hormidium rivulare*) og mørke belegg av cyanobakterier som *Chamaesiphon fuscus*, *Phormidium autumnale* og *Stigonema mamillosum*.

Mangfold av begroingsalger unntatt kiselalger er illustrert i **figur 19**. For både Tverrelva med 20 taksa på begge lokaliteter og Bondalselva med 25 taksa på øvre og 16 på nedre lokalitet, ligger mangfoldet innenfor normal variasjon for tilsvarende elvelokaliteter. I Tverrelva var det en endring i artssammensetningen fra øvre til nedre lokalitet med økt antall grønnalger, lavere mangfold av cyanobakterier og innslag av rødalger på nedre lokalitet. I Bondalselva var mangfoldet minst på nedre lokalitet. Det kan ligge i grunnleggende forskjeller i substratet og dermed habitatendringer for begroingen. Et mer homogent grovsteinet substrat samt fravær av levermoser kan bl.a. være årsak til reduksjon i artsmangfold. Periodisk næringsbelastning kan også ha betydning for mangfoldet på denne lokaliteten, se **kap. 4.4.2**.



**Figur 19.** Mangfold av begroingsalger målt som antall taksa av cyanobakterier, grønnalger, rødalger og gullalger på lokaliteter i Tverrelva og Bondalselva i august 2005.

## 4.4.2 Økologisk tilstand

### 4.4.2.1 Forsuring

For å illustrere og tallfeste tilstanden mht. forsuring er det beregnet indeks for surhetsfølsomhet, ISF. (Lindstrøm m. fl. 2004). Organismene gis en verdi etter grad av surhetsfølsomhet. Litt surhetsfølsomme organismer får verdien 0,25, noe følsomme 0,50, moderat følsomme 0,75 og klart følsomme 1,0 (se **Vedlegg tabell 3.1-3.2**). Ved beregning av indeksen summeres alle surhetsfølsomme arter i prøven etter at de er vektet i henhold til sin spesifikke følsomhet. ISF sammen med artsmangfold er illustrert i **figur 20**. ISF-verdiene varierer mellom 0,4 og 3,9. For begge vassdrag er det en økning i ISF-verdi fra øverst til nederst i vassdraget, dvs økende antall forsuringfølsomme arter eller endring fra lite følsomme til noe eller moderat følsomme arter nedover i vassdraget. Likeså er ISF noe høyere i Bondalselva enn i Tverrelva, dvs. at Bondalselva generelt har større innslag av surhetsfølsomme arter. Resultatene fra en større sammenstilling av begroingsdata hvor ISF ble koblet mot pH, viste at man i løpet av ca 0,7 pH-enheter går fra et begroingssamfunn totalt styrt av pH-relaterte forhold med svært lite innslag av surhetsfølsomme arter og ISF vedvarende under 1 (pH <5,6), via en overgangsfase der andre forhold enn pH får økende betydning (pH 5,6-6,3), til en tilstand der pH ikke lenger begrenser innslag av følsomme taksa og ISF er vedvarende over 4 (pH >6,3) (Lindstrøm m.fl. 2004). Resultatene fra Tverrelva og Bondalselva viser med unntak av Tverrelva øvre, at begroingssamfunnene på lokalitetene befinner seg i denne viktige overgangsfasen der det kan inntruffe store endringer i begroingssamfunnet, og andre faktorer enn pH får økende betydning for arts sammensetningen når pH øker.

Før-industriell pH var i følge beregninger 6,4-6,7 i Måsvatn og 6,4-6,8 i Rognestøylsvatn, altså over 6,3 i begge vassdrag (se **kap. 4.1.4**). Ut fra dette skulle ISF strengt tatt vært 4 eller høyere på samtlige lokaliteter. At ISF er lavere på tre av de fire lokalitetene tilsier at den moderate reduksjonen i pH som har funnet sted i vassdragene i noen grad har påvirket begroingssamfunnene.

Det samme gjelder dersom en sammenlikner ISF med målte verdier av pH i perioden 2002-2005. Middelverdier for alle analyserte prøver fra Måsvatn (tilsvarende Tverrelva øvre) og Rognestøylsvatn (tilsvarende Bondalselva øvre) hadde pH på henholdsvis 6,22 og 6,35, mens tilsvarende prøver fra Visa (tilsvarende Tverrelva nedre) og Bondalselva (tilsvarende Bondalselva nedre) hadde pH på 6,36 og 6,60, altså over 6,3 på tre av lokalitetene. At beregnede ISF-verdier er lavere enn 4 på to av disse tre lokalitetene (se Figur 20) tyder på at pH i perioder er/har vært så lav, at forekomsten av forsuringfølsomme arter er svakt redusert. Tverrelva øvre er i en særstilling, her er middelverdi for pH under 6,3 og ISF så lav (0,4) at lokaliteten må betegnes som noe forsuret. Det er for øvrig verdt å merke seg at det var bra samsvar mellom pH og ISF. Laveste middelverdi for pH korresponderte med laveste ISF-verdi og tilsvarende høyeste pH korresponderte med høyeste ISF-verdi.

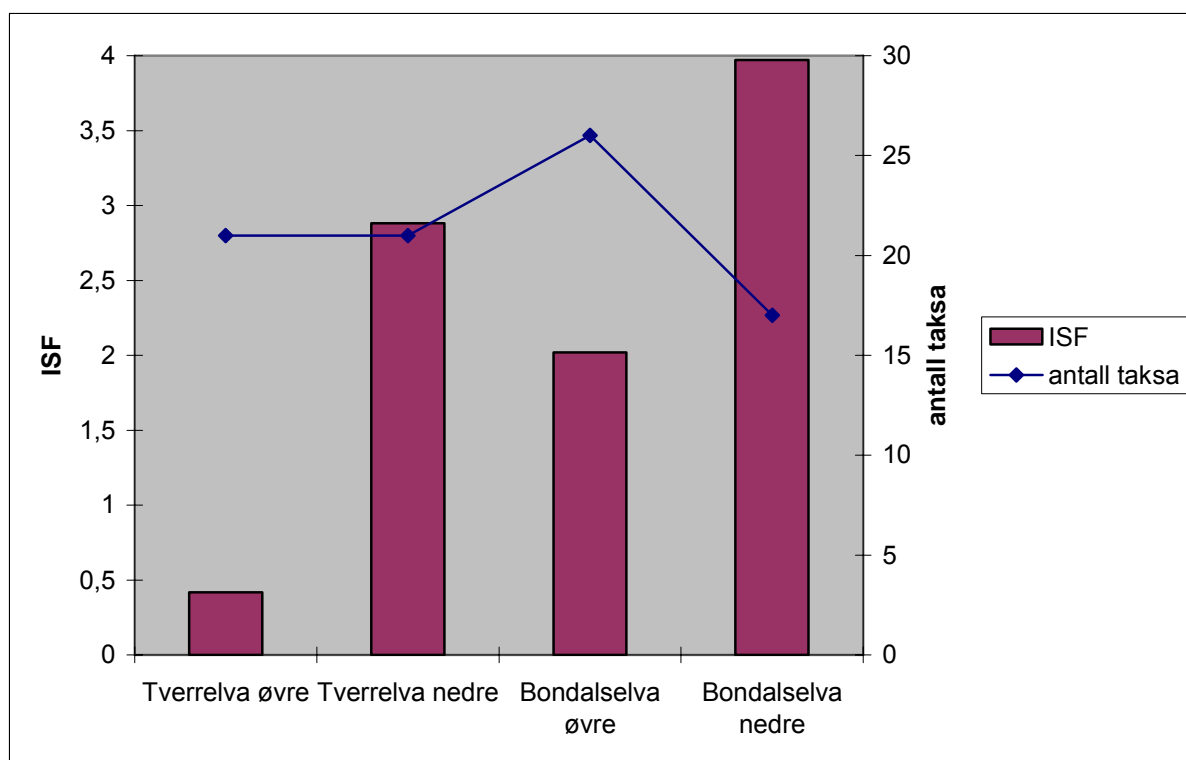
Dette viser igjen at vi her ligger i den omtalte overgangssonen og at det trolig også er andre faktorer enn pH som er med på å utforme begroingssamfunnet. ISF-verdiene for både Tverrelva og Bondalselva ligger imidlertid et godt stykke over dem en finner på forsuringpåvirkede referanselokaliteter på Sørlandet, noe som viser at vassdragene kan være egnet som referanse vassdrag i forhold til forsuring. Det tas et lite forbehold for Tverrelva øvre. Denne lokaliteten har riktignok små innslag av forsuringfølsomme arter, men er samtidig markert preget av tolerante arter.

I forsuringssammenheng og som referanselokalitet i forhold til forsuring, er innslag av gullalgen *Hydrurus foetidus* i Bondalselva interessant. Denne algen er kjent fra bl.a. Atnavassdraget, hvor den opptrer ved en nedre pH grense rundt 5,7. Tilstedeværelsen av denne algen i Bondalselva viser derfor at dette vassdraget er lite påvirket av forsuring og derfor kan brukes som et referanse vassdrag.



#### 4.4.2.2 Eurofiering – generell forurensning

Lokalitetene Tverrelva nedre og øvre og Bondalelva øvre er alle preget av organismer som trives i næringsfattig ikke eutrofiert vann. Viktige indikatorer i den sammenheng er cyanobakteriene *Cyanophanon mirabile*, *Gloeocapsopsis magma*, *Stigonema mamillosum*, *Scytonema mirabile*, grønnalgene *Binuclearia tectorum*, *Bulbochaete* spp., *Klebshormidium rivulare*, *Zygnema* b og mosene *Nardia compressa* og *Blindia acuta*. Økologisk tilstand for disse tre lokalitetene mht næringsbelastning må derfor betegnes som Meget God. På den fjerde lokaliteten, Bondalselva nedre, ble ingen av de ovenfor nevnte organismer observert (bortsett fra et lite funn av cyanobakterien *Cyanophanon mirabile*). På denne lokaliteten dominerte cyanobakterier som *Homoeothrix janthina*, grønnalgen *Mougeotia d/e*, samt mosene *Fontinalis antipyretica* og *Hygrohypnum ochraceum*. Samlet tilsier dette noe forhøyede tilførsler av næringsalter. Små funn av sopp og av bakterien *Sphaerotilus natans* tilsier dessuten små tilførsler av lett nedbrytbart organisk stoff. Lokaliteten Bondalselva nedre må derfor betegnes som noe påvirket av næringsbelastning og er derfor ikke velegnet som referanselokalitet i forsureningssammenheng. I det videre arbeid anbefales at denne lokaliteten flyttes lenger opp i vassdraget til et område uten lokal forurensning. Hvorvidt dette har påvirket forsuringstatus (beregnet ISF) er vanskelig å si.



**Figur 20.** ISF (indeks for surhetsfølsomhet) og artsmangfold (antall taksa av alle grupper inkl. kiselalgen *Tabellaria flocculosa*) basert på fastsittende alger på lokaliteter i Tverrelva og Bondalselva i august 2005.

## 4.5 Småkreps

**Vedlegg tabell 4.1 og 4.2** gir en oversikt over hvilke krepsdyrarter som er registrert i hhv. Rognestøylsvatn og Måsvatn basert på prøver tatt i perioden 2002-2005.

### 4.5.1 Artsmangfold

Totalt er det registrert 38 arter av småkreps (27 vannloppearter og 11 hoppekrepsarter) i de to innsjøene. Akkumulert antall arter er høyest i Rognestøylsvatn med totalt 36 arter mens det i Måsvatn er registrert totalt 27 arter. Av disse er 25 arter felles for de to innsjøene.

Totale tettheter av planktoniske så vel som litorale krepsdyr er lavt og typisk for næringsfattige innsjøer. Tetthetene var vesentlig høyere i Rognestøylsvatn enn i Måsvatn.

### 4.5.2 Krepsdyrplanktonet

Planktonet i begge innsjøene er dominert av vannloppene *Holopedium gibberum* og *Bosmina longispina* samt hoppekrepsen *Cyclops scutifer* (**tabell 8**). Alle artene er vanlig forekommende i næringsfattige innsjøer over hele landet. Hoppekrepsen *Arctodiaptomus laticeps* ble kun funnet i Rognestøylsvatn, der det utgjorde tidvis en betydelig andel av planktonet. Hoppekrepsen *Heterocope saliens* ble funnet i begge innsjøene men vanligvis med svært lave tettheter i Rognestøylsvatn.

Rognstøylsvatn har en tynn bestand av den forsuringfølsomme vannloppen *Daphnia longispina*. I 2002 – 2003 ble arten kun funnet ved ett av fem prøvetakingstidspunkt mens den ble funnet ved alle seks tidspunkt i 2004 – 2005 (**tabell 8**). Med unntak av september 2005 ble *Daphnia* ikke funnet i de litorale prøvene. Arten ble ikke registrert i Rognestøylsvatn. Både *D. longispina* og *H. saliens* er sårbare i forhold til fiskepredasjon, dvs. at tettheten av disse artene ofte er lave i innsjøer med tette bestander av planktonspisende fisk. I begge innsjøene er det kun registrert aure som anses som en moderat effektiv planktonspiser. Det er mulig at planktonet i Måsvatn i større grad unngår predasjon fra fisk fordi innsjøen er vesentlig dypere. Fravær av daphnier i Rognestøylsvatn kan også skyldes en kombinasjon av flere forhold. Gjennom laboratorieforsøk er det vist at individuell vekst og fekunditet hos *Daphnia* spp. avtar med avtagende kalsiumkonsentrasjon i mediet (Hessen & Rukke 2000a, Hessen et al. 2000). Regionale studier av dyreplanktonsamfunn i innsjøer, som i liten grad er påvirket av forsuring, viser også at sannsynligheten for tilstedeværelse av disse vannloppene avtar med avtagende kalsiumkonsentrasjon (Hessen et al. 1995). I tillegg til at daphniene er avhengig av kalsium for skalldannelse (Alstad et al. 1999) så viser forsøk at lave kalsiumkonsentrasjoner gir økt stressrespons i forhold til andre påvirkningsfaktorer, som for eksempel UV-stråling (Hessen & Rukke 2000b). I sur nedbør programmet ble daphnier funnet i 50 % av referansesjøene med <1,0 mg Ca/L, mot 90 % av referansesjøene med >1 mg Ca/L, og total artsrikdom samt andelen følsomme arter avtok med avtagende kalsiumkonsentrasjon (Schartau et al. 2001). I både Rognestøylsvatn og Måsvatn er de vannkjemiske forholdene marginale for kalkkrevende organismer som daphniene og samvariasjon med andre ugunstige forhold som predasjon og klima vil kunne være avgjørende for om daphnier klarer å etablere seg i innsjøen eller ikke.

**Tabell 8.** Planktonkrepsdyr i Rognestøylsvatn, Bondalselva og Måsvatn, Visavassdraget 2002-2005. %-vis sammensetning basert på vertikale håvtrekk.**A. Rognestøylsvatn**

Art	19.09.02	25.06.03	30.07.03	08.09.03	17.09.03	08.07.04	05.08.04	15.09.04	01.07.05	22.07.05
<b>Vannlopper</b>										
<i>Holopedium gibberum</i>	1,4	35,6	6,7	7,5	3,7	21,8	33,1	10,3	10,2	2,0
<i>Bosmina longispina</i>	51,7	9,0	21,7	25,4	27,7	21,5	18,7	23,6	14,3	27,3
andre					+			0,1	0,7	
<b>Hoppekreps</b>										
<i>Heterocope saliens</i>		2,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2		2,0
<i>Arctodiaptomus laticeps</i>	3,0	3,8	8,1	18,3	16,1	10,8	3,8	5,9	5,2	2,0
calanoide naup.		4,0		0,1		0,7			10,4	2,3
<i>Cyclops scutifer</i>	43,9	10,1	7,9	47,7	52,3	4,9	1,5	59,6	24,3	7,0
cyclopoide naup.		35,5	55,6	0,8		40,2	42,6	0,3	34,8	57,5
cyclopoide cop.		+						0,1		
tot ant ind	25312	7333	15002	3802	4838	7296	11560	1785	460	9610
meter trekk	7	7	7	7	7	8,5	8,5	7	16	9
ant ind pr m3	51166	14823	30325	7685	9780	12146	19244	3608	407	15109

**B. Måsvatn**

dato	18.09.02	24.06.03	29.07.03	27.08.03	15.09.03	29.06.04	01.08.04	14.09.04	30.06.05	30.07.05	20.09.05
<b>Vannlopper</b>											
<i>Holopedium gibberum</i>	20,2	10,2	25,3	4,9	7,5	25,6	20,1	15,0	32,5	50,3	18,6
<i>Daphnia longispina</i>	+					0,05	0,02	0,1	0,6	0,3	3,7
<i>Bosmina longispina</i>	14,3	17,6	19,1	56,9	39,6	22,7	19,3	23,2	3,1	20,7	49,7
andre	0,0	0,1	0,0			0,1					
<b>Hoppekreps</b>											
<i>Heterocope saliens</i>	0,8	0,2	1,1	0,4	0,3	0,7	0,0	0,4		0,4	0,7
calanoide naup.		1,6							2,0		
<i>Cyclops scutifer</i>	16,9	70,1	20,4	22,2	25,7	49,8	31,4	47,1	33,2	25,8	22,7
cyclopoide naup.	47,7	0,2	34,2	15,6	27,0	1,0	29,1	14,2	28,6	2,5	4,4
cyclopoide cop.				+							
tot ant ind	4112	3369	3306	10222	5606	2135	14695	3665	1408	3184	5629
meter trekk	25	20	20	27	20	28	22	20	40	25	20
ant ind pr m3	2327	2384	2339	5357	3966	1079	9452	2593	498	1802	3983

**4.5.3 Litorale arter**

De litorale prøvene besto av arter som er vanlige i næringsfattige klarvannsjøer (**tabell 9**). De fleste er tolerante i forhold til forsurening men enkelte moderat følsomme arter (*Ophryoxus gracilis*, *Camptocercus rectirostris*, *Chydorus piger*, *Pseudochydorus globosus*, *Macrocyclus albidus*, *Eucyclops denitculatus*, *Eucyclops serrulatus*) ble også registrert. I tillegg ble det funnet arter som forbindes med sure innsjøer (*Acantholeberis curvirostris*, *Alonella excisa*, *Acanthocyclops vernalis*, *Diacyclops nanus*), men disse utgjorde vanligvis en liten andel av prøvene.

**Tabell 9.** Litorale småkreps i Rognestøylsvatn, Bondalselva og Måsvatn, Visavassdraget 2002-2005. Relativ forekomst basert på vertikale håvtrekk: \* <1 %, \*\* 1-10 %, \*\*\* >10 % av prøven. Merk: Prøvene tatt i Måsvatn 20.09.05 mangler innslag av mange litorale arter (vanskelige værforhold).

**A. Rognestøylsvatn**

Dato	19.09.02	24.06.03	29.07.03	08.09.03	17.09.03	08.07.04	05.08.04	15.09.04	01.07.05	22.07.05	21.09.05
<b>Cladocera</b>											
<i>Sida crystallina</i> (O.F.M.)	*	*	***	***	**	**	***	***	**	*	***
<i>Holopedium gibberum</i> Zaddach	**	***	**	**	**	**	*	*	**		
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i> (O.F.M.)					**			*			
<i>Scapholeberis mucronata</i> (O.F.M.)			*		*						
<i>Bosmina longispina</i> Leydig	**	*	*	**	***	**		**	**		***
<i>Acantholeberis curvirostris</i> (O.F.M.)	*		*		*	*	*	*		*	*
<i>Ilyocryptus acutifrons</i> Sars				*		**					
<i>Ilyocryptus sordidus</i> (Liév.)										*	
<i>Ophryoxus gracilis</i> Sars	*	**	*	**	**	***	**	**	**	***	***
<i>Streblocerus serricaudatus</i> (Fisch.)						**					
<i>Acroperus harpae</i> (Baird)	**	*	*	*	**	***	**	*	*	**	
<i>Alona affinis</i> (Leydig)	**	*	*	*	***	***	**	*	**	***	**
<i>Alona guttata</i> Sars	**			*	*	*	*	*			*
<i>Alona rustica</i> Scott					*		**	*		**	*
<i>Alonella excisa</i> (Fischer)	*		**			**		*		**	**
<i>Alonella nana</i> (Baird)					***			*		*	**
<i>Alonopsis elongata</i> Sars	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
<i>Camptocercus rectirostris</i> Schoedler									**		
<i>Chydorus gibbus</i> Lilljeborg					*						
<i>Chydorus piger</i> Sars	**				*	*	**	*		*	*
<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F.M.)		*				**	**	*	**	**	**
<i>Eurycercus lamellatus</i> (A.F.M.)		*		***		**	*	**		*	
<i>Graptoleberis testudinaria</i> (Sars)					*			*			*
<i>Pseudochydorus globosus</i> (Baird)	**			*							
<i>Rhynchotalona falcata</i> Sars		*			*	*	*				
<i>Polyphemus pediculus</i> (Leuck.)		***	**	*		**			***	*	
<b>Copepoda</b>											
<i>Hetercope saliens</i> (Lillj.)		*	*	**		**	*	*		*	
<i>Arctodiaptomus laticeps</i> (Sars)	**	**	***	**	**	***		**		*	
calanoide naup		***	*	*					*		*
<i>Macrocyclops albidus</i> (Jur.)	*	**	*	**	*	*	**	*	**	**	**
<i>Macrocyclops fuscus</i> (Jur.)		**		*	*				*		*
<i>Eucyclops denticulatus</i> (A.Graet.)			*					*			
<i>Eucyclops serrulatus</i> (Fisch.)	**	**		*	*	**	**	*	***	***	**
<i>Cyclops scutifer</i> Sars	**	**	*	*				***	**	*	
<i>Megacyclops gigas</i> (Claus)							*				
<i>Acanthocyclops robustus</i> Sars	*										
<i>Diacyclops nanus</i> (Sars)			*						**	**	
cyclopoide naup	**	**	***	*	*	**	*	*	**	**	**
cyclopoide cop indet	***	**	***	**	**	**	**	**	**	***	***

**B. Måsvatn**

Dato	18.09.02	24.06.03	30.07.03	27.08.03	15.09.03	19.06.04	01.09.04	14.09.04	30.06.05	30.07.05	20.09.05
<b>Cladocera</b>											
<i>Sida crystallina</i> (O.F.M.)				*	*	***	***	*		**	
<i>Holopedium gibberum</i> Zaddach	***	*	**	***	**	*	***	**	***	**	***
<i>Scapholeberis mucronata</i> (O.F.M.)		*									
<i>Daphnia longispina</i> (O.F.M.)											**
<i>Bosmina longispina</i> Leydig	**	***	**	***	**	*	***	**	**	**	***
<i>Acantholeberis curvirostris</i> (O.F.M.)					*	*	*				
<i>Ophryoxus gracilis</i> Sars		*			*	*	*			*	
<i>Acroperus harpae</i> (Baird)		*	*	*	*	**	**		*	**	*
<i>Alona affinis</i> (Leydig)	*			*						*	
<i>Alona rustica</i> Scott			*	*	*	*	*	*		**	
<i>Alonella excisa</i> (Fischer)				**	*		*	*		*	
<i>Alonella nana</i> (Baird)		**		**	*	**	*	*		**	
<i>Alonopsis elongata</i> Sars	***	***	***	***	***	***	***	***	**	***	**
<i>Chydorus piger</i> Sars							*				
<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F.M.)		**	***	*	**	***	**		*	**	
<i>Eurycercus lamellatus</i> (A.F.M.)		*		**	*	***	*	**	*	**	*
<i>Rhynchotalona falcata</i> Sars		*	**				**				
<i>Polyphemus pediculus</i> (Leuck.)		**	***	*		*	***	*	**	***	
<b>Copepoda</b>											
<i>Heterocope saliens</i> (Lillj.)	**	*	**	**	*	***	**	*		***	***
<i>Arctodiaptomus laticeps</i> (Sars)											
calanoide naup		**				**			**		
<i>Macrocyclops albidus</i> (Jur.)				*		*	*				
<i>Macrocyclops fuscus</i> (Jur.)		*				*			**		
<i>Eucyclops serrulatus</i> (Fisch.)				*			*		*		
<i>Cyclops scutifer</i> Sars	**	*	**	***	**	*	***	**	**	*	**
<i>Megacyclops gigas</i> (Claus)							*			*	
<i>Acanthocyclops robustus</i> Sars		*		*				*			
<i>Acanthocyclops vernalis</i> (Fisch.)		*		*		**	**				
<i>Diacyclops nanus</i> (Sars)		**							*		
cyclopoide naup	**	***	**	***	***	**	**	***	***	***	**
cyclopoide cop indet	**	**	**	**	**	**	***	***	**	***	**

**4.5.4 Forsuringsstatus**

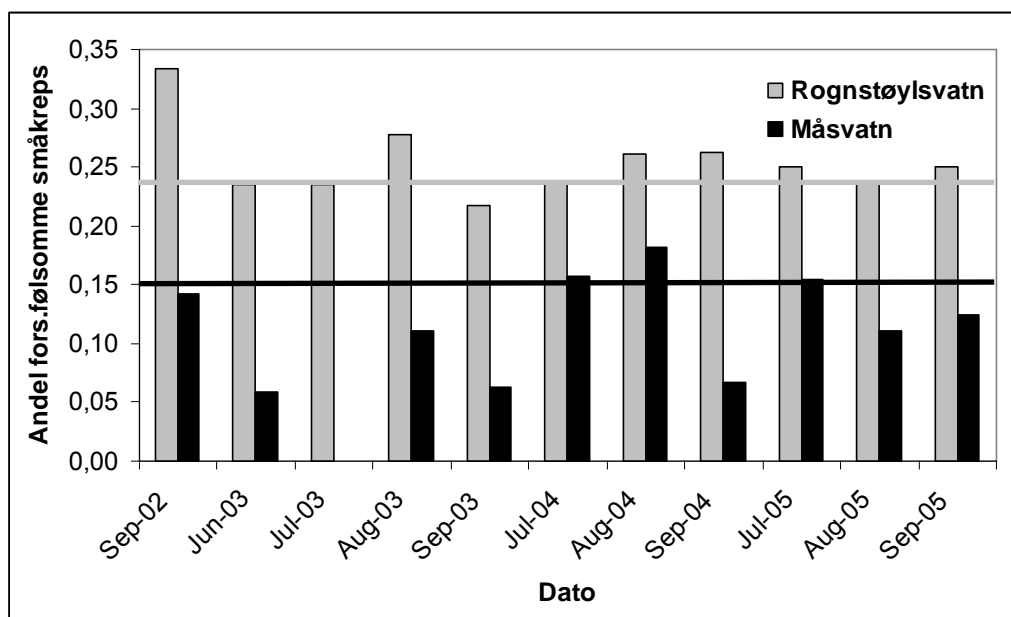
Vurdering av forsuringsstatus basert på krepsdyrsamfunnene er basert på total artsrikdom, andel forsuringsfølsomme arter så vel som forekomst/menger av spesifikke arter som *Daphnia*.

Gjennomsnittlig ble det registrert 28 arter av småkreps per år i Rognestøylsvatn og tilsvarende 22 arter i Måsvatn. Sammenlignet med andre innsjøer på Vestlandet og Midt-Norge så er artsrikdommen av småkreps i referansesjøene litt høyere enn gjennomsnittet, også dersom vi sammenligner med andre innsjøer som antas å være lite forsuret. Vurderingen av de to innsjøene i det foreliggende studiet er basert på et noe større materiale (hyppigere prøvetaking) enn det som vanligvis er tilfellet for overvåkingssjøene. Siden artsrikdommen øker med økende innsamlingsinnsats så kan dette forklare noe av forskjellen. Artsrikdommen indikerer likevel at sjøene er lite påvirket av forsurening. Songsjøen, en innsjø i Trøndelag med et noe høyere inn-

hold av kalsium (1,1-1,2 mg Ca/L), har imidlertid høyere artsrikdom av småkrepser enn referansesjøene i Møre og Romsdal.

Av det akkumulerte artsantallet utgjør andel forsuringfølsomme småkrepser 24 % i Rognestøylsvatn og andelen varierer mellom 22 og 33 % dersom hver enkelte dato behandles for seg (**figur 21**). Tilsvarende for Måsvatn er 15 % (0-18 %). Av de 11 artene som kun ble funnet i Rognestøylsvatn anses tre arter som moderat forsuringfølsomme mens de øvrige er like vanlige i sure som i nøytrale innsjøer. Forskjellene i krepserfaunaen kan tilskrives forskjeller i vannkvaliteten så vel som klimatiske forskjeller. Forskjellene er små men kan likevel være av signifikant betydning ved så marginale forhold som de undersøkte innsjøene representerer.

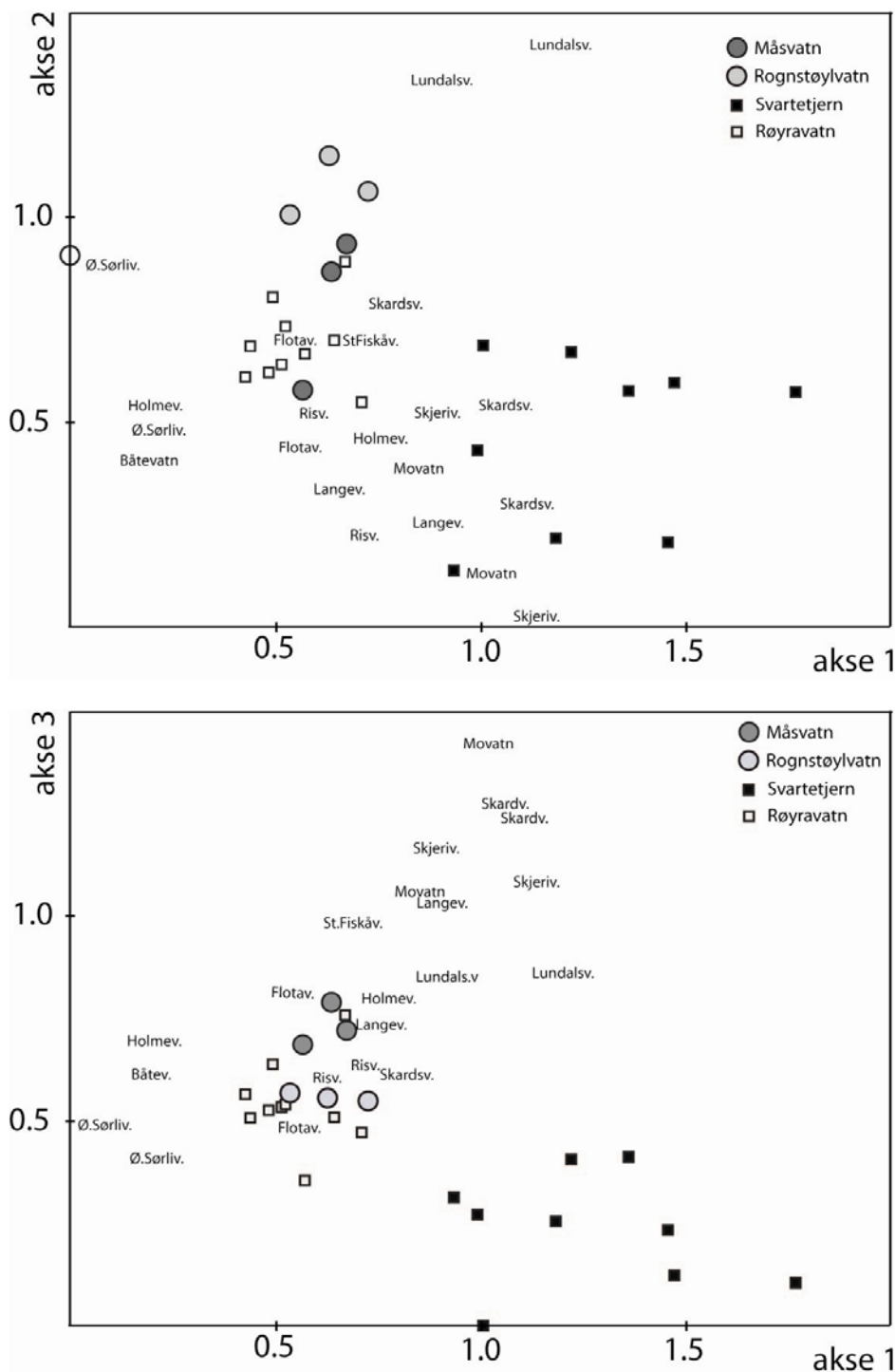
I forbindelse med overvåkingen av forsuringstatus i Norge er 20 % forsuringfølsomme arter foreslått som en forventningsgrense for de mest næringsfattige og jonesvake klarvannsjøene. Det vil si at så lenge andelen er over 20 % så vil innsjøen vurderes som ubetydelig forsuret. Med en slik forventningsgrense vil Rognestøylsvatn vurderes som ubetydelig forsuringpåvirket mens forsuringstatus for Måsvatn vil variere fra ubetydelig til svært forsuringsskadet. Funn av *Daphnia* tilsier imidlertid at Måsvatn er lite forsuringsskadet, men arten er kun registrert ved om lag halvparten av prøvedatoene. Dersom vi la resultater fra enkeltprøver til grunn ville vår vurdering av økologisk tilstand bli svært usikker. Videre kan det være grunn til å vurdere om 20 % forsuringfølsomme arter er en høy referanseverdi for disse innsjøene.



**Figur 21.** Andel forsuringfølsomme arter (arter angitt med forsuringfølsomhet 1 og 2, se Vedlegg tabell 4.1 og 4.2) i Rognestøylsvatn og Måsvatn per prøvedato i perioden 2002-2005. Andel forsuringfølsomme arter basert på akkumulert artsliste for hele undersøkelsesperioden er angitt med horisontale linjer, grå: Rognestøylsvatn, sort: Måsvatn.

Småkrepserfaunaen i de to referansesjøene og andre overvåkingssjøer på Vestlandet og i Midt-Norge (forsuringregion VI-VIII) er sammenlignet vha. en DCA analyse (Detrended Correspondence Analysis) (**figur 22**). Hovedvariasjonen i krepserdyrsamfunnene er ikke korrelert med pH (korrelasjon mellom 1. aksene og pH:  $-0,0989x + 5,729$ ;  $R^2=0,0062$ ). Det er likevel en svak forsuringgradient i materialet forklart ved 2. aksene ( $0,5871x + 5,3049$ ,  $R^2=0,1529$ ) og 3. aksene ( $0,8095x + 5,1467$ ;  $R^2=0,3117$ ). Analysen viser at småkrepserfaunaen i Rognestøylsvatn har klare fellestrekk med krepserdyrfaunaen i Lundalsvatn (**figur 22**), en av de øvrige referansesjøene i Møre og Romsdal. Rognestøylsvatn kan også sammenlignes med Holmvatn og Langevatn, to overvåkingssjøer i Sogn og Fjordane som er vurdert å være moderat forsuringsskadet basert

på invertebratsamfunnene. Liksom Lundalsvatn har Rognestøylsvatn en relativ artsrik krepsdyrfauna men i likhet med Holmvatn og Langevatn mangler daphnier. Måsvatn viser stor likhet med Røyrvatn, Flotavatn og Risvatn, både når det gjelder artsrikdom og artssammensetning. Disse overvåkingssjøene i Vikedalsvassdraget i Rogaland er alle vurdert å være moderat til sterkt forsuringspåvirket basert på invertebratsamfunnene (se SFT 2006). Forekomst av daphnier i Måsvatn gjør at innsjøen plasserer seg noe nærmere innsjøer som Lundalsvatn langs 3. akse. Vannkjemien i Rognestøylsvatn og Måsvatn er antatt å ligge nært opp mot det som kan forventes for ikke-forsurede næringsfattige vassdrag i denne delen av landet, med kun mindre avvik fra opprinnelig pH (se **kap. 4.1.4**). Dette bekrefter antagelse om at krepsdyrfaunaen i svært jonefattige vassdrag med lave konsentrasjoner av kalsium og næringssaltene fosfor og nitrogen, viser likhetstrekk med moderat forsurrede vassdrag. De mest forsurrede innsjøene (sterkt til svært sterkt forsuret, dvs. dårlig til svært dårlig økologisk tilstand) har imidlertid en krepsdyrfauna som er sterkt avvikende fra krepsdyrfaunaen i Rognestøylsvatn og Måsvatn og andre referansesjøer av tilsvarende vanntype.



**Figur 22.** Krepssdyrsamfunnet i hhv. Rognestøylsvatn og Måsvatn sammenlignet med andre overvåkingslokaliteter av tilsvarende vann typer på Vestlandet og i Midt-Norge (forsuringsregion VI-VIII) basert på DCA analyser (CANOCO vers. 4.5). Innsjøer (og prøver) som viser stor likhet i krepssdyrfaunaen vil plasseres nær hverandre i diagrammet mens innsjøer (og prøver) som er mer forskjellige plasseres lengre fra hverandre. Øverste figur, akse 2, Nederste figur: akse 1 og 3. Røyrvatn og Svartetjern, to overvåkingslokaliteter med årlige undersøkelser, er angitt med symboler; de øvrige kun med navn. Analysene er basert på årlige artslistene der hver art er angitt med relativ forekomst gruppert i tre dominansklasser (1: <1 %, 2: 1-10 %, 3: >10 % av totalt antall småkreps i prøven). De fire første aksene forklarer totalt 32,4 % (hhv. 12,5, 10,1, 6,4 og 3,6 %) av totalvariasjonen i materialet.



## 4.6 Bunndyr

**Vedlegg tabell 5.1-5.2 og 5.3-5.4** gir en oversikt over bunndyrfaunaen som er påvist i henholdsvis Bondalselva og Visavassdraget gjennom perioden høsten 2002 til høsten 2005.

### 4.6.1 Bunndyrsamfunnene generelt

Bunndyrsamfunnene har forskjellig struktur avhengig av de fysiske omgivelsene, klima og bunnforhold, og det vannkjemiske miljø. I overvåkingen av sur nedbør undersøkes derfor tre sentrale habitattyper for bunndyr for å fange opp de viktigste samfunnene som surt vann kan påvirke. Disse habitatene er rennende vann, litoralsonen i innsjøer og utløpsos av sjøer. I rennende vann er tettheten av bunndyr høy og det er lett å samle inn et representativt utvalg av faunaen. I litoralsonen er tettheten av fjærmygg og fåbørstemark som regel høy, mens EPT-taksa (døgn-, stein- og vårfluer) har lavere tetthet. Småmuslinger og snegl er lettest å finne i litoralsonen dersom disse er til stede. Utvalget av taksa som i dag regnes som sensitive kan være vanskeligere å påtreffe i litoralsonen enn i rennende vann. Positive funn av følsomme taksa i strandsonen er en god indikasjon, mens negative funn ikke nødvendigvis betyr at lokaliteten er skadet. Utløpsosen er et godt tilholdssted for filterende organismer. Disse kan her oppnå høy tetthet og vil være lette å fange. Mange av organismene som finnes her er sensitive for surt vann.

Det tas kun en prøve fra hver av de nevnte lokalitetene og prøvevolumet er derfor forholdsvis lite. Siden de nevnte habitatene er utsatt for den samme vannkjemien, har vi som regel at positive funn av sensitive organismer i et av habitatene er tilstrekkelig til å bedømme forurensingsstatusen. En sikrere bedømmelse vil imidlertid finne sted når flere av habitatene inneholder sensitive organismer.

#### 4.6.1.1 Bondalselva

##### *Artsmangfold*

Totalt ble det registrert 45 taksa, småkreps ikke medregnet, fra bunndyrprøvene tatt i vassdraget (**Vedlegg tabell 5.1-5.2**). Samlegrupper som Nematoda, Oligochaeta, Chironomidae med flere er ikke artsbestemt og regnes som ett taksa hver. Av de påviste taksaene er 12 vurdert som forurensingsfølsomme. Det ble påvist 25 ulike EPT-taksa i vassdraget. Av disse regnes 10 som følsomme: 5 døgnfluer, 4 steinfluer og en vårflue. De andre følsomme taksaene var flimmermarken *Crenobia alpina* og småmuslinger *Pisidium spp.* Andelen følsomme EPT-taksa er 40 %. Det er forventet at 30 % eller mer av taksaene er følsomme i et uforsuret vassdrag (Raddum, upubl.). Andelen påvist i Bondalselva tilfredsstiller derfor dette kravet.

##### *Litoralsonen og utløpsos*

I lokaliteter knyttet til selve innsjøen ble det registrert to sensitive døgnflue (*Siphonurus sp.* og *Baetis rhodani*), steinfluer (*Isoperla gramatica*), vårfluer (*Apatania sp.*) og småmuslinger, (*Pisidium spp.*). Registreringen av disse organismene er ujevn fra nevnte habitater noe som gjenspeiler livssyklus, men også at tettheten er lav, noe som betyr lav fangbarhet. Det skal nevnes at fisk hadde spist snegl, men at disse ikke ble fanget i roteprøvene. Snegl er følgelig til stede, men sannsynligvis i lav tetthet eller på helt spesielle steder i innsjøen. De tolerante døgnfluene innen gruppen *Leptophlebia* var også til stede men hadde svært lav forekomst. Til tross for ujevn registrering av sensitive organismer, viser funnene fra litoralsonen og utløpsos at Rognestøylsvatn er lite/ikke skadet av forurensing.

Høsten 2003 ble det registrert tre krepsdyr som ble bestemt til *Mysis relicta*. Bestemmelsene er senere verifisert. Funnet er uventet da mysis tidligere ikke er registrert i denne landsdelen og dessuten foretrekker innsjøer som er vesentlig dypere enn Rognestøylsvatn. Dette betyr dessuten at mysis mest sannsynlig er utsatt, bevisst eller ubevisst, i Rognestøylsvatn.

### Rennende vann

Den viktigste og vanligste døgnfluen i rennende vann var *Baetis rhodani*. Andre følsomme døgnfluer var *B. fuscatus*, *B. alpinus* og *Ameletus inopinatus*. Døgnfluefaunaen besto derfor av flere taksa som er følsomme for surt vann. Forsuring av vassdraget ville ha utradert disse artene og ført til at bekkene og elvene i vassdraget hadde mistet gruppen døgnfluer. Forsuring av Rognestøylsvatn ville derimot trolig ha ført til ekspansjon av *Leptophlebia* sp i fravær av andre arter og redusert fiskepredasjon.

De vanligst forekommende følsomme steinfluene ble registrert i tillegg til tolerante arter i rennende vann. Totalt ble det påvist 14 taksa, hhv. 4 sensitive og 10 tolerante, noe som regnes som normalt i uforsurede, jonefattige lokaliteter. Steinfluefaunaen var derfor som forventet tatt i betraktning beliggenhet og klimasone. Steinfluene finnes først og fremst i bekker og elver.

Faunaen av vårfluer var sparsom med ett følsomt taksa av totalt 6 registrerte. Det var overraskende at det ikke ble påvist noen av artene innen slekten *Hydropsyche* spp. verken i elv eller i utløpsos. Disse er vanlige i rennende vann og er karakterarter for utløpsos. Fraværet kan skyldes lavt kalkinnhold, men vi kjenner ikke til kritiske verdier for *Hydropsyche* med hensyn på dette. Lav produktivitet kan og begrense forekomsten av disse vårfluene selv om andre betingelser er oppfylt.

Det skal og nevnes at det i deler av Bondalselva fortsatt skal finnes en restbestand av elvemusling, *Margaritifera margaritifera*. Denne store muslingen har tidligere vært tallrik i de fleste lakseførende vassdrag på Sørlandet, men har dødd ut grunnet overbeskatning, menneskelig aktivitet og forsuring.

Nederste stasjon i Bondalselva (se **Vedlegg tabell 5.2**) er påvirket av jordbruk, men dette ser ikke ut til å ha endret sammensetningen av bunndyr. Tettheten av artene synes derimot å være større enn lengre opp, spesielt for *B. rhodani*. Dette er en indikasjon på noe næringsrike forhold.

#### 4.6.1.2 Visavassdraget

##### Artsmangfold

Totalt ble det registrert 35 taksa, litorale småkreps ikke medregnet, fra bunndyrprøvene tatt i vassdraget (**Vedlegg tabell 5.3-5.4**). Det ble registrert 18 EPT-taksa. Dette indikerer at vassdraget er mer næringsfattig enn Bondalselva. Det ble totalt registrert 11 følsomme taksa i Visavassdraget. Blant disse var det 4 døgnfluer, 4 steinfluer og en vårflue. I tillegg til disse ble flimmermarken *C. alpina* og småmuslingene *Pisidium* spp. registrert. Sammenlignet med Bondalsvassdraget var det en følsom døgnflue, *A. inopinatus*, som ikke ble påvist i Visavassdraget. Andelen av følsomme EPT-taksa i forhold til det totale antallet var høyt med ca. 50 %. Dette viser at de fleste følsomme artene som kan forekomme i vann med lavt jone-/kalkinnhold trolig var tilstede, men i lave tettheter.

##### Litoralsone og utløpsos

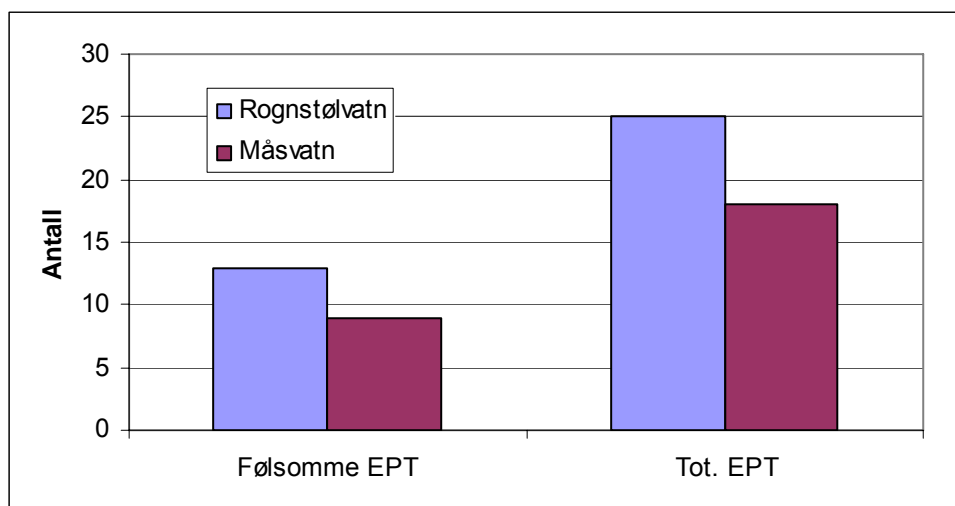
Innsjølokalitetene inneholdt to av de sensitive døgnfluene, *Siphonurus* sp. og *B. subalpinus/vernus* og steinfluen *D. nanseni*. Forekomstene var sporadiske og indikerer lav tetthet. I tillegg ble det påvist småmuslinger (*Pisidium* spp.). Blant de påviste vårfluene var det ingen sensitive taksa. Arter innen slekten *Hydropsyche* ble heller ikke påvist her. Snegl manglet også, men er funnet i fiskemager. Registreringene gjort i Måsvatn ligner derfor mye på funnene gjort i Rognestøylsvatn, men tettheten av dyr og antall taksa var lavere. Dette skyldes sannsynligvis at Måsvatn er mer næringsfattig enn Rognestøylsvatn og at innsjøen dessuten har et noe kjøligere klima med beliggenhet på grensen til alpine områder. Den lave tettheten av sensitive organismer tilskrives derfor klimatiske forhold og lav produksjon. Den biologiske informasjonen indikerer imidlertid at faunaen i Måsvatn er lite/ikke skadet av forsuring.

### Rennende vann

I bekkene/elveene ble alle de sensitive organismene som er registrert i vassdraget funnet med unntak av de som krever sakteflytende eller stillestående vann. Blant døgnfluene dominerte *Baetis rhodani*, som kunne være tallrik til enkelte perioder. I så kalkfattig og næringsfattig vann er det spesielt interessant at også *Baetis fuscatus* og *Baetis subalpinus/vernus* var til stede. Sistnevnte arter er ikke registrert i områdene som er utsatt for sur nedbør lenger sør. Fravær av disse artene lenger sør kan skyldes geografi og manglende innvandring. Det er imidlertid interessant at artene forekommer i områder som regnes som lite påvirket av sur nedbør, hvor geografi og innvandringsproblemer trolig ikke er vesentlig forskjellig fra tilsvarende områder lenger sør.

#### 4.6.1.3 Sammenligning av Rognestøylsvatn og Måsvatn

Sammenligning av de to innsjøene viser at Rognestøylsvatn har den høyeste artsdiversiteten (**figur 23**). Dette gjelder både totalt antall og antall forsuringfølsomme EPT taksa. Forskjellene skyldes mest sannsynlig forhold knyttet til klima og produksjon og ikke forsuring.



**Fig. 23.** Totalt antall – og forsuringfølsomme EPT-taksa (taksa tilhørende døgn-, stein- og vårfluer) i Rognestøylsvatn og Måsvatn.

#### 4.6.2 Forsuringsstatus

Forsuringsindeks 1 og 2 (Raddum 1999) var 1 for alle lokalitetene i rennende vann hvor denne kan brukes (**Vedlegg tabell 5.1-5.4**). Dette gjelder begge vassdragene. I utløpet av Rognestøylsvatn og Måsvatn er verdien lavere, men utløpsosere representerer et habitat hvor Indeks 2 ikke skal tillegges stor vekt. Grunnen er at utløpsosene ikke er optimale tilholdssteder for *Baetis* når en tar i betraktning hele livssyklusen og larvenes aktivitet, drivmønster m.m. Eksempelvis vil larver som driver nedover fra osen ikke bli erstattet av driv fra ovenforliggende strekninger. Prøvetaking i utløpsosere er derimot spesielt viktige for å fange opp organismer som filtrerer vannmassen som f. eks. *Hydropsyche* som nevnt over. Det skal og påpekes at tallverdien for indeks 2 var mellom 1 og 4,3 for elvelokalitetene; de høyeste verdiene ble målt i Bondalselva hvor den nedre landbrukspåvirkte stasjonen hadde beregnet verdi på 18,7 i 2003. Indeks 2 verdier <1 indikerer begynnende forsuringsskader, dvs. sublethale skader på *Baetis* spp. De fleste verdiene er således godt over et slikt nivå og indikerer at bunndyrfaunaen i vassdragene er ubetydelig eller lite påvirket av forsuring.

Antall taksa varierer betydelig gjennom sesongen og på de ulike lokalitetene, men følsomme arter vil som regel finnes med en høy andel. Dersom vassdragene hadde blitt forsuret med pH-verdier  $<5$  kunne alle taksa angitt med en eller flere \* tas ut av artslistene (se **Vedlegg tabell 5.1-5.4**). Dette indikerer hvilke skade forsurening evt. vil ha på faunaen i disse og sammenlignbare vassdrag. Nedgangen i artsantallet og mengden av f. eks. døgnfluer nederst i Bondalselva ville da ha vært dramatisk. Fraværet av disse følsomme artene er karakteristisk for de mest forsuredede områdene. I mer kalkrike vassdrag vil det være langt flere forsuringfølsomme arter i fravær av forsurening og skadene vil være betydelig større dersom de forsures til pH  $<5$ .

## 4.7 Fisk

### 4.7.1 Fisk i innsjøer

#### 4.7.1.1 Forekomst av innsjølevende fisk i Bondalselva og Visavassdraget

Nedbørsfeltet til Visa har 17 innsjøer over 8 dekar ( $0,008 \text{ km}^2$ ), som er lokalisert mellom 500-981 m o.h. (**tabell 10, figur 1**). Måsvatn og Kjøvdalsvatn er de to største innsjøene i vassdraget, med areal på henholdsvis  $0,5898$  og  $0,9109 \text{ km}^2$ . Aure er eneste fiskeart i vassdraget, og femten av innsjøene over 15 dekar har pr. idag fisk (Gunnar Sæther pers.medd.). Mørkvatn er trolig eneste innsjøen med fisk uten en reproduserende bestand. Anderskardvatn og vatnet i Helvetesbotn er de to innsjøene som er antatt å være fisketomme. I Anderskardvatn er det satt ut fisk, men tilslaget er usikkert. I vatnet i Helvetesbotn har garnfiske i seinere år gitt negativt resultat. Det er mangelfull kunnskap om hvor lenge det har vært fisk i innsjøene i vassdraget, men for flere vatn skjedde etableringen før 1930. De fleste innsjøene har tette/middels tette aurebestander, og det er bare Mørkvatn som blir vurdert til å ha en tynn bestand. I innsjøer i Visavassdraget har det i liten grad vært satt ut fisk etter at bestandene ble etablert.

Nedbørsfeltet til Bondalselva har 14 innsjøer over 13 dekar ( $0,013 \text{ km}^2$ ), som er lokalisert mellom 261-882 moh. Rognestøylsvatn og Tverrådalvatn er de største innsjøene i vassdraget, med areal på henholdsvis  $0,1928$  og  $0,2348 \text{ km}^2$  (**tabell 11, figur 2**). Aure er eneste innsjølevende fiskeart, bortsett fra ål og laks i Videtjørn og Rognestøylsvatn og røye i Trollvatn som drenerer til Fjellelva. Tidligere var det også røye i Rognestøylsvatnet, men bestanden gikk tapt en gang før 1940 (Knut Riise pers.medd.). Fiskestatus for noen av innsjøene er usikker, men pr. idag er det antatt at det er aure i 8 innsjøer. Det har vært satt ut aure i de fleste innsjøene som idag er fisketomme. Dette gjelder blant annet heimste Fjellvatn, Tverrådalstjern og Trollvatn nord for Kubben. I det siste vatnet ble det satt ut fisk første gang i 1977, men den har nå dødd ut. I 1991 ble det satt ut 100 småaure fra vassdraget i Nedre Tverrådalstjern og rundt 50 individ i tjernet nedstrøms Tverrådalvatn (Knut Riise pers.medd.). I Nedre Tverrådalstjern ble det tatt én fisk både i 2005 og 2006, mens den siste fisken i tjernet nedstrøms Tverrådalvatn trolig ble observert i 2003. Naturlig rekruttering i de høyestliggende innsjøene i vassdraget er utelukket pga manglende gytebekker. Innsjøgyting er ikke kjent i vassdraget. I tjernet øst for Langhorndalen ble det tatt aure i 2006, men status er ukjent.

**Tabell 10.** Forekomst av aure i innsjøer i nedbørfeltet til Bondalselva. \*angir ca verdi.

Innsjø	NVE-Nr	Høyde (m)	Areal i km <sup>2</sup>	Fisk? Ja /Nei	Ut-satt førs-te gang	Gyter fis-ken?		Relativ tetthet av fisk			Utsetting av fisk	
						Ja	Nei	Tett	Mid-dels tett	Tynn	Nei aldri	Av og til
Tjern Klokkeruddal	-	695*	0,0180*	Nei								
Trollvatn (Fjellelva)	31774	747	0,0208	Ja		X						
Dalsskardvatn	31794	674	0,0229	Nei								
Videtjern	31824	261	0,1335	Ja		X		X				
Tverrådalvatn	31892	792	0,2348	Nei								
Tjern v/Tverrådalvatn Midtre	-	640	0,0130	Nei								
Tverrådalstjern Øvre	31903	850	0,0421	Nei								
Tverrådalstjern Nedre	31895	768	0,0169	Ja			X					
Rognestøylvatn	31858	423	0,1928	Ja		X		X				
Tjern ved Rognestøylssæter	31857	423	0,0397	Ja		X		X				
Trollvatn (nord for Kubben)	31847	870	0,0503	Nei	1977							
Tjern øst for Langhorndalen	31850	882	0,0129	Ja			X					
Vasstøylvatn	31829	629	0,0546	Ja		X		X				
Fjellvatn Øvre	31827	863	0,0932	Nei								

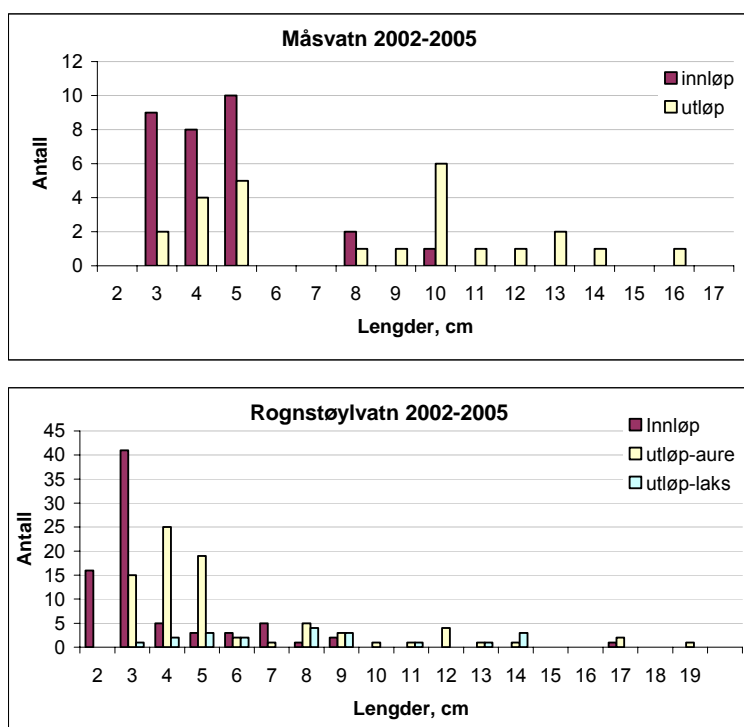
**Tabell 11.** Forekomst av aure i innsjøer i nedbørfeltet til Visa. \* angir ca verdi.

Innsjø	NVE-Nr	Høyde (m)	Areal i km <sup>2</sup>	Fisk? Ja /Nei	Utsatt første gang	Gyter fisken i innsjøen?			Relativ tetthet av fisk			Utsetting av fisk i de siste åra?	
						Ja	Trolig	Nei	Tett	Mid-dels tett	Tynn	Nei aldri	Av og til
Anderskardvatn	31259	604	0,0211	Nei		-							
Grøvelvatn	31268	806	0,0842	Ja	≈1930	X				X			1974-91
Måsvatn	31279	578	0,5898	Ja	<1900	X				X			
Litlevatn	31288	500	0,0312	Ja		X			X				
Svartevatn	31297	732	0,0338	Ja			X			X			
Tjern øst for Svartevatn	-	752*	0,0080*	Ja			X		X				
Mørkvatn	31286	888	0,4144	Ja	<1930			X			X		
Kjøvskardvatn	31301	885	0,1014	Ja			X			X			
Kjøvdalsvatn	31289	764	0,9109	Ja		X			X				
Tjern i Tverråbotn	31277	758	0,0164	Ja		X			X				
Tjern i Tverråbotn	-	754	0,0110*	Ja		X			X				
Tjern i Tverråbotn	-	752	0,0080*	Ja		X			X				
Melkallvatn	31303	788	0,096	Ja	1947	X				X			
Tjern nedenfor Melkallvatn	31302	808*	0,0161	Ja		X				X			
Slenesvatn		688*	0,0200*	Ja		X			X				
Helvetesbotn	31311	981	0,2496	Nei		-							
Tverrlibotn	31305	977	0,0272	Ja		X				X			

#### 4.7.1.2 Ungfisk i inn- og utløp til Rognestøylsvatn og Måsvatn

Bestandene av ungfisk på innløp og utløp av Måsvatn og Rognestøylsvatn ble undersøkt i forbindelse med prøvofiske hver høst i perioden 2002-2005. I Rognestøylsvatn ble det foretatt slike undersøkelser i innløpet både fra sør og og vest, kalt henholdsvis innløp 1 og innløp 2. Hver stasjon ble avfisket tre ganger, og tetthetene ble beregnet på basis av reduksjon i fangstutbytte mellom hver omgang. Det er foretatt separate tetthetsberegninger for yngel (0+) og eldre individ ( $\geq 1+$ ), med 60 mm som skille mellom de to aldersgruppene (jfr **figur 24**). Tetthetene ble beregnet på basis av sannsynligheten for fangst etter tre elfiskeomganger for hver aldersgruppe i hver lokalitet, ved å addere fangstene på alle stasjoner på både innløp og utløp for hver omgang. Høy vannføring (flom) hindret gjennomføringen av deler av elfiske.

Gjennomsnittlig lengde av aureyngelen på innløp og utløp av Måsvatn varierte mellom henholdsvis 36-51 og 44-55 mm i løpet av forsøksperioden (**tabell 12**). Materialet er for lite til å foreta en statistisk analyse av størrelsesforskjeller i tid og rom. På innløpet av Rognestøylsvatn var årsyngelen klart mindre enn på utløpet, med gjennomsnitt på henholdsvis 31-37 og 36-49 mm pr. år i forsøksperioden. I 2002 og 2004 var disse forskjellene statistisk signifikante ( $p < 0.05$ ).



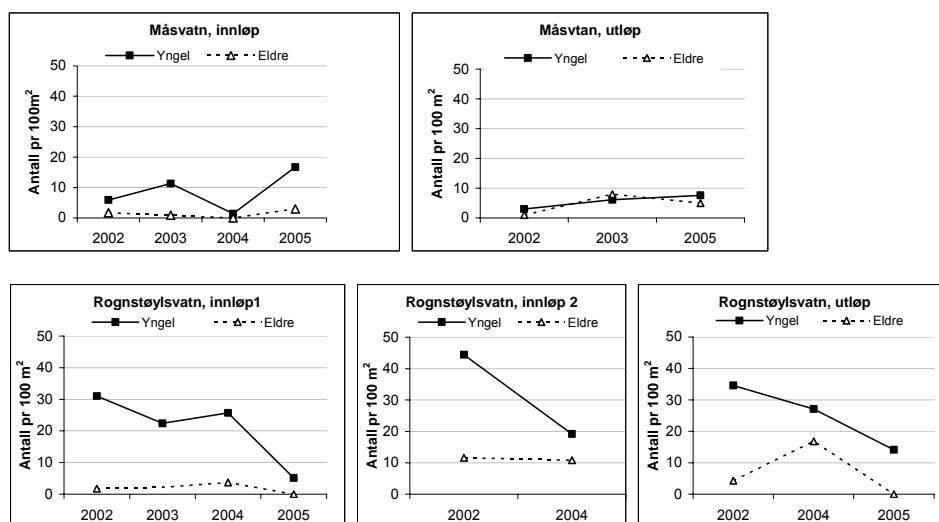
**Figur 24.** Lengdefordeling hos aure fanget på innløp og utløp av Måsvatn og Rognestøylsvatn, samt av laks på utløpet av Rognestøylsvatn i perioden 2002-2005.

**Tabell 12.** Gjennomsnittlig lengde  $\pm$  standard avvik hos aureyngel fanget på innløp og utløp av Måsvatn og Rognestøylsvatn i perioden 2002-2005. Antall individ i parentes.

Innsjø	År	Innløp	Utløp
Måsvatn	2002	48 $\pm$ 4 (7)	49 $\pm$ 4 (2)
	2003	51 $\pm$ 3 (9)	55 $\pm$ 4 (4)
	2004	43 $\pm$ 0 (1)	
	2005	36 $\pm$ 2 (2)	44 $\pm$ 5 (5)
Rognestøylsvatn	2002	31 $\pm$ 4 (29)	49 $\pm$ 7 (25)
	2003	33 $\pm$ 5 (15)	41 $\pm$ 2 (3)
	2004	37 $\pm$ 9 (17)	48 $\pm$ 7 (19)
	2005	35 $\pm$ 3 (4)	36 $\pm$ 4 (11)

Det var store årlige variasjoner i tettheten av aureunger på både innløp og utløp av begge innsjøer (**figur 25**). Resultatene tyder ellers på at rekrutteringen til aurebestanden i Rognestøylsvatn er langt høyere enn for bestanden i Måsvatn. På innløp/utløp av Måsvatn har tettheten av yngel bare vært på 1-8 individ pr. 100 m<sup>2</sup>, bortsett fra 17 individ på innløpet i 2005. Til sammenligning varierte yngeltettheten på innløp 1 til Rognestøylsvatn i løpet av de tre første årene av undersøkelsesperioden (2002-2004) mellom 22-31 individ pr. 100 m<sup>2</sup>. I 2005 ble tettheten beregnet til bare 5 individ pr. 100 m<sup>2</sup>, noe som trolig skyldes lav fangsteffektivitet pga høy vannføring. I innløp 2 var rekrutteringen spesielt høy i 2002 (44 yngel pr. 100 m<sup>2</sup>), men tettheten var også god i 2004 (19 individ pr. 100 m<sup>2</sup>). Det ble ikke elfisket verken i 2003 eller 2005 pga. flom. Det var også relativt høye tettheter av yngel på utløpet av Rognestøylsvatn både i 2002 (35 stk pr. 100 m<sup>2</sup>) og 2004 (27 stk pr. 100 m<sup>2</sup>). Noe lavere tetthet i 2005 (14 stk pr. 100 m<sup>2</sup>) har mest sannsynlig sammenheng med høy vannføring under elfiske. Forekomsten av eldre aureunger var liten i alle de undersøkte lokalitetene, med rundt 10 individ pr. 100 m<sup>2</sup> på innløp 2 til Rognestøylsvatn som høyeste tetthet.

På utløpet av Rognestøylsvatn ble det fanget et fåtall laksunger i løpet av forsøksperioden, både yngel (45-62 mm) og eldre individ (80-170 mm) (jfr. **figur 25**).

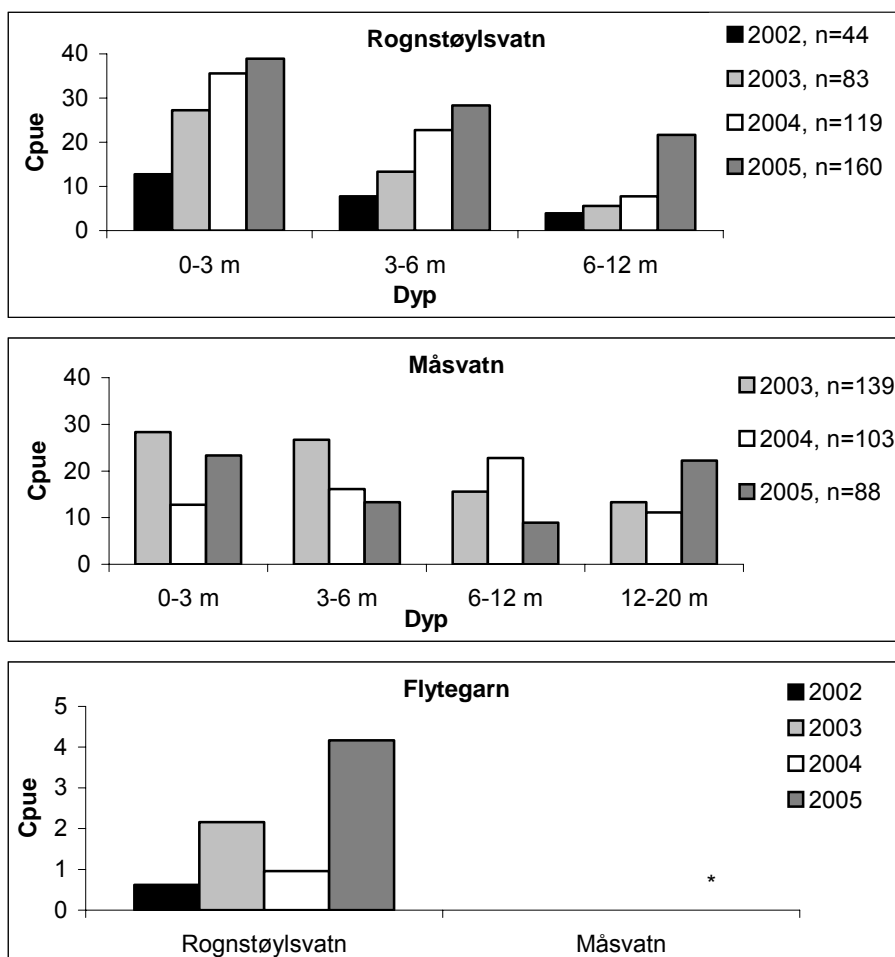


**Figur 25.** Tettheten av yngel og eldre aureunger pr. 100 m<sup>2</sup> bekkeareal på innløp og utløp av Måsvatn og Rognestøylsvatn i perioden 2002-2005. Pga flom var det ikke mulig med kvantitativt elfiske på innløp 2 og utløpet av Rognestøylsvatn i 2003. Høy vannføring i 2005 påvirket også fangsteffektiviteten i innløp 1 og utløp (innløp 2 ikke elfisket i 2005).



### 4.7.1.3 Fangstutbytte ved prøvefiske i Rognestøylsvatn og Måsvatn

Under prøvefiske i Rognestøylsvatn og Måsvatn i perioden 2002-2005 ble det kun fanget aure. I Rognestøylsvatn kan det imidlertid forekomme laks. Hvert år i hele undersøkelsesperioden ble det registrert laksyngel ved elfiske på utløpet av Rognestøylsvatn.

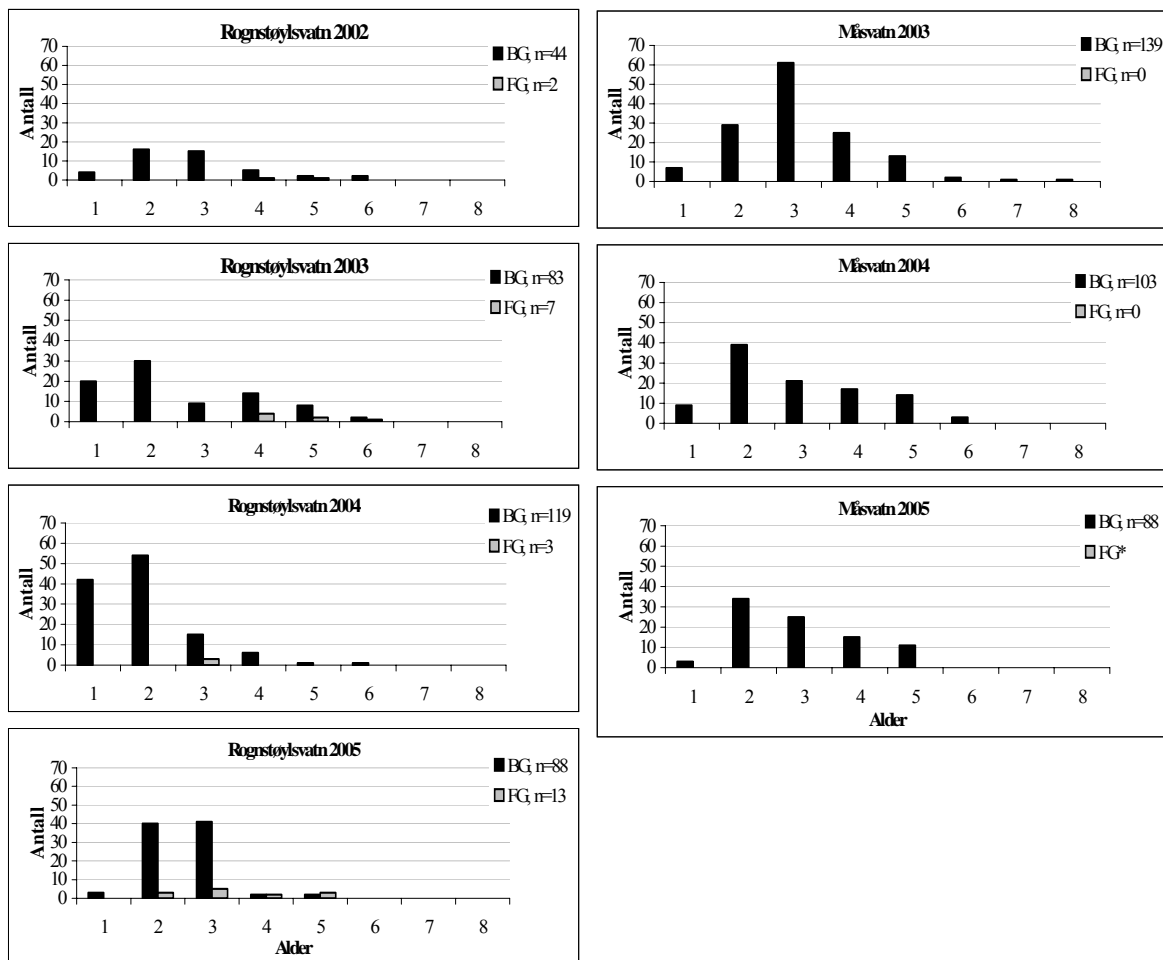


**Figur 26.** Fangstutbytte av aure på bunngarn og flytegarn i Rognestøylsvatn (2002-2005) og Måsvatn (2003-2005) uttrykt som antall individ pr. 100 m<sup>2</sup> garnareal (Cpue). n= antall fisk. \* det ble ikke fisket med flytegarn i Måsvatn i 2005 og i de andre åra var fangsten null.

Fangstutbyttet av aure i Rognestøylsvatn i det første året (2002) var 8 individ pr. 100 m<sup>2</sup> garnareal (Cpue). Seinere har fangstutbyttet økt for hvert år, til 30 individ i 2005 (**figur 26**). I Måsvatn har det derimot vært en nedgang i bestandstettheten i de siste åra. Ved det første prøvefiske i 2003 var fangstutbyttet 22 individ, som har avtatt til rundt 16 individ i de to siste åra (2004 og 2005). I begge lokalitetene var det størst tetthet av fisk i de grunneste områdene av epibentisk sone (0-6 m dyp). På basis av en klassifisering av aurebestander i innsjøer så tilsvarer en tett bestand en garnfangst på mer enn 15 individ pr. 100 m<sup>2</sup> garnflate av maskevidder > 16 mm pr. natt (Ugedal m.fl. 2005). Det betyr at både Rognestøylsvatn og Måsvatn har moderat tette aurebestander. Det ble bare fanget et fåtall aure med flytegarn i pelagisk sone i Rognestøylsvatn, mens det ikke ble fanget aure i dette habitatet i Måsvatn (**figur 26**). En mulig årsak til manglende fangst i pelagisk sone i Måsvatn kan være mye vind under prøvefiske. Det skaper en urolig sjø og erfaringsmessig fanger flytegarne mindre fisk under slike værforhold.

#### 4.7.1.4 Aldersfordeling

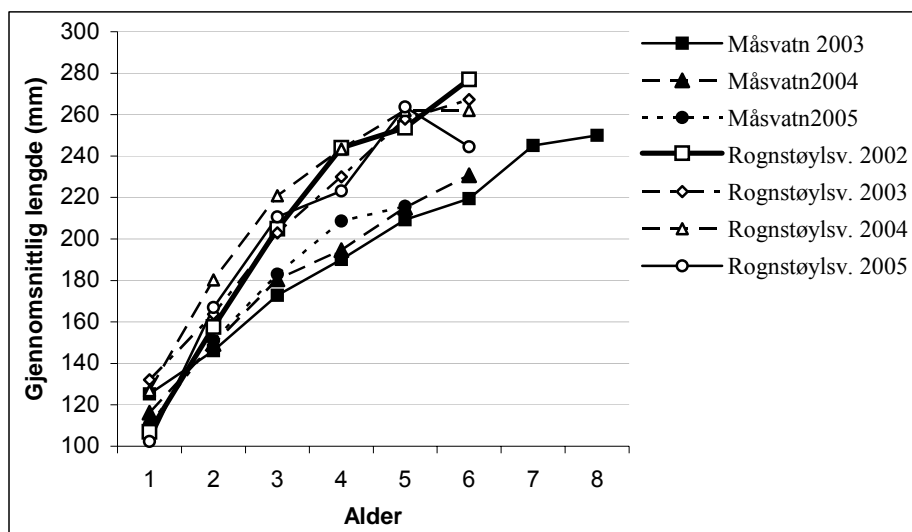
Aldersfordelingen viser god rekruttering hos auren både i Rognestøylsvatn og Måsvatn (**figur 27**). Begge bestandene domineres av individ på 1-3 år. I Rognestøylsvatn har det vært en viss variasjon i rekrutteringen i undersøkelsesperioden, idet andelen ettåringer har variert fra rundt 4 % i 2005 til hele 36 % i 2004. I de fleste år var 2-åringer dominerende årsklasse, og det ble ikke fanget eldre individ enn 6 år. I Måsvatn var andelen ettåringer lavere og mer stabil enn i Rognestøylsvatn, der de har utgjort 5-10 % av totalfangsten. I både 2004 og 2005 var 2-åringer dominerende aldersgruppe i Måsvatn, mot 3-åringer i 2003. Auren i Måsvatn synes å oppnå samme levealder som i Rognestøylsvatn, med få individ eldre enn 6 år.



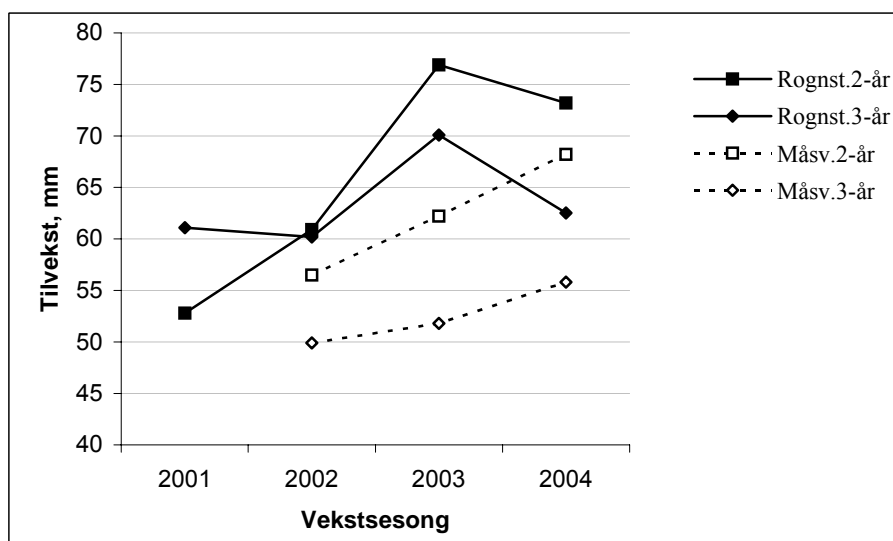
**Figur 27.** Aldersfordeling hos aure fanget på bunngarn (BG) og flytegarn (FG) i Rognestøylsvatn i 2002-2005 og i Måsvatn i 2003-2005. n= antall fisk som er aldersbestemt. \* Det ble ikke fisket med flytegarn i Måsvatn i 2005.

#### 4.7.1.5 Vekst og kondisjon

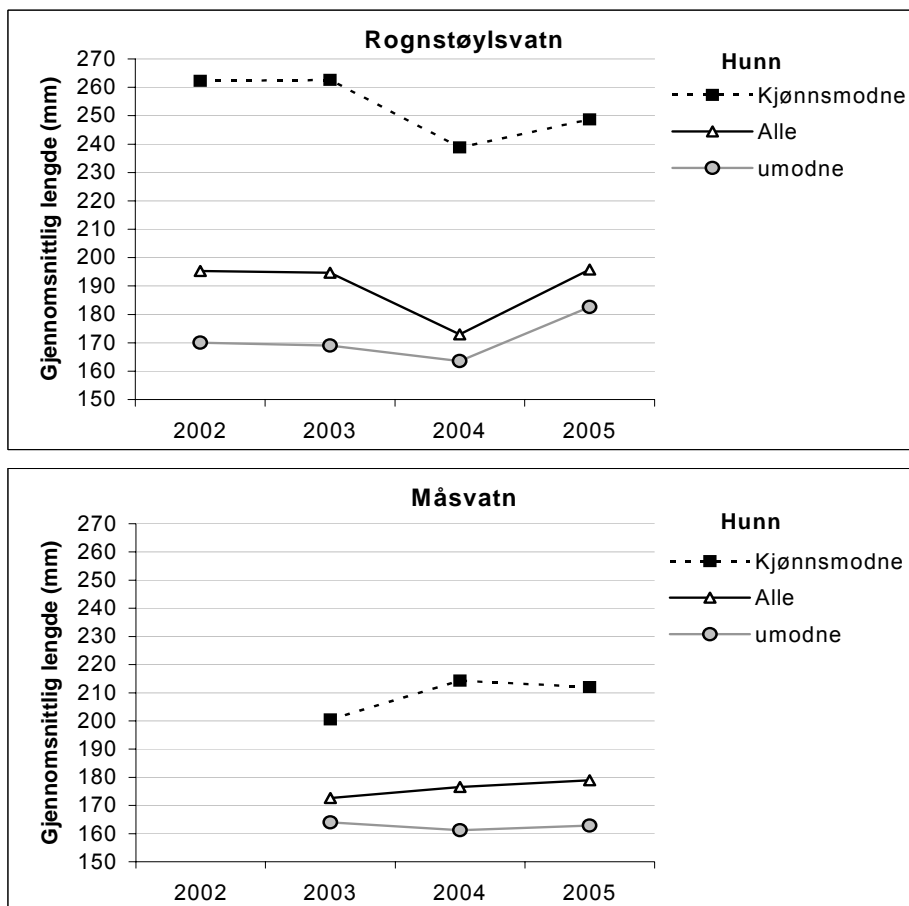
Empirisk vekstkurve viser at auren i Rognestøylsvatn har en større årlig tilvekst enn auren i Måsvatn (**figur 28**). Auren i Rognestøylsvatn hadde i gjennomsnitt en årlig tilvekst på mellom 3-5 cm frem til og med fire års alderen, mens tilsvarende for auren i Måsvatn var 1,5 -3,0 cm. Denne forskjellen kan skyldes forhold som vanntemperatur, næringstilgang og/eller bestandstetthet. Tilveksten hos to- og treårig aure viser også at auren i Rognestøylsvatn vokser bedre enn i Måsvatn (**figur 29**). Rognestøylsvatn er en grunn innsjø med et maks dyp på rundt 9 m, mens det er målt 27 m dyp i Måsvatn. Dette betyr at det kan være til dels store forskjeller i temperatur mellom de to innsjøene, noe som kan forklare forskjellene i vekst hos de to aurepopulasjonene.



**Figur 28.** Empirisk vekstkurve (gjennomsnittlig lengde ved ulike aldre) for aure fra Rognestøylsvatn og Måsvatn i løpet av undersøkelsesperioden.



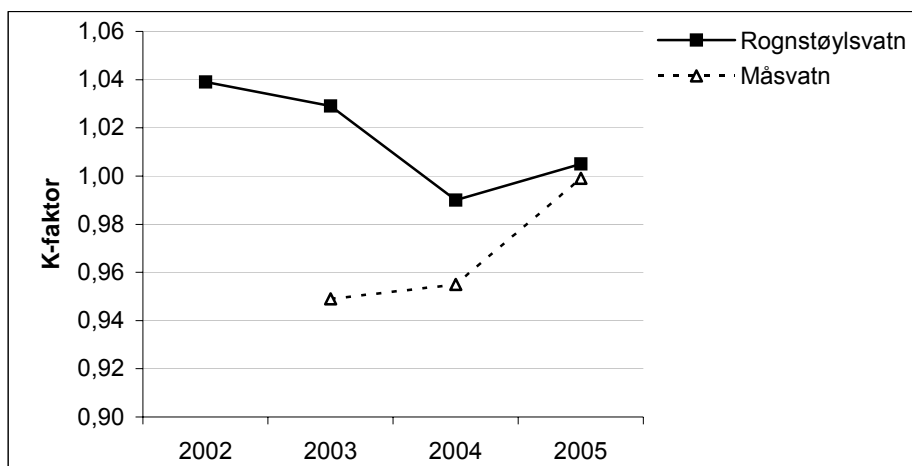
**Figur 29.** Årlig tilvekst hos aure i Rognestøylsvatn for årene 2001-2004 og hos aure i Måsvatn for årene 2002-2004, vist som tilbakeberegnet lengdevekst (mm) i 2. og 3. leveår.



**Figur 30.** Gjennomsnittlig lengde hos kjønnsmodne, umodne og alle hunner hos aure fanget i Rognestøylsvatn i 2002-2005 og i Måsvatn i 2003-2005.

Aurens vekstforhold kan vurderes ut fra gjennomsnittlig størrelse på kjønnsmodne hunner (Ugedal m.fl. 2005). I en småvokst bestand er de kjønnsmodne hunnene i gjennomsnitt mindre enn 25 cm, mens en bestand med fisk av middels størrelse har kjønnsmodne hunner på 25-35 cm. I storvokste aurebestander er de kjønnsmodne hunnene større enn 35 cm. Gjennomsnittlig lengde hos kjønnsmodne hunner i Rognestøylsvatn har variert mellom 24 og 26 cm, mens disse individene i Måsvatn var mellom 20 og 21 cm (**figur 30**). Aurebestanden i Måsvatn kan karakteriseres som småvokst i henhold til beskrivelsen av Ugedal m. fl. (2005), mens auren i Rognestøylsvatn er på grensen mellom en småvokst og en bestand av middels størrelse. Forskjellen i gjennomsnittlig lengde mellom umodne hunner i de to lokalitetene var mindre enn hos de kjønnsmodne hunnene. Gjennomsnittlig alder ved kjønnsmodning hos hunnene i de to aurepopulasjonene var 4-5 år.

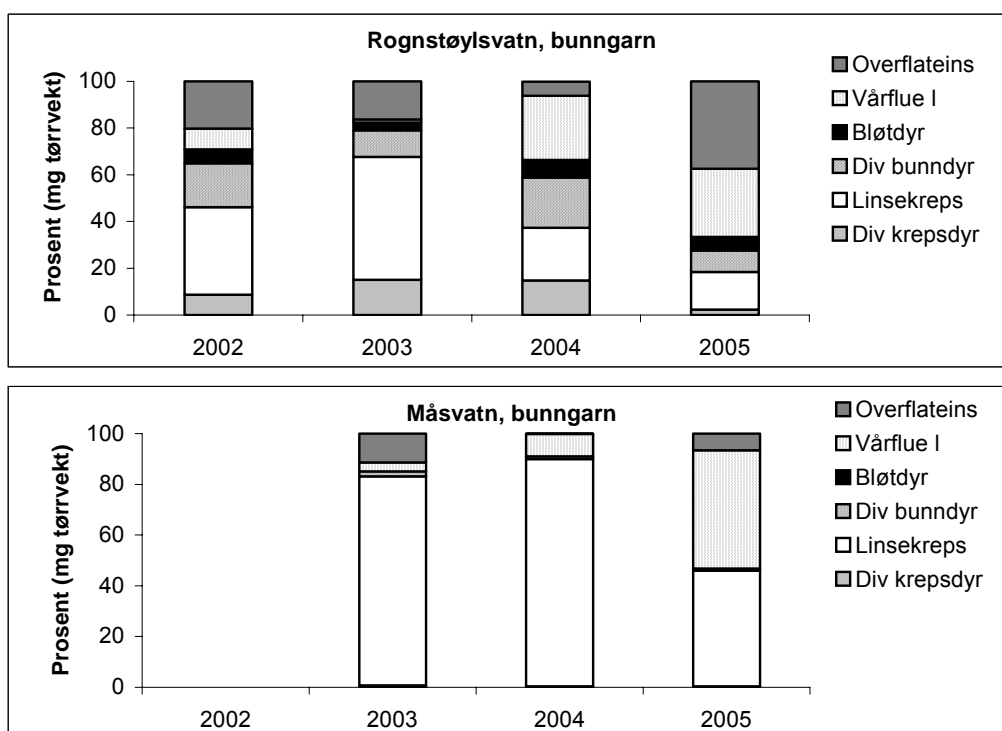
Auren i Rognestøylsvatn har også hatt en bedre kondisjonsfaktor (K-faktor) enn auren i Måsvatn (**figur 31**). I Rognestøylsvatn har imidlertid K-faktoren avtatt noe, mens den har økt hos auren i Måsvatn. I 2005 var K-faktoren omtrent den samme hos auren i begge vatna. Den påviste nedgangen i K-faktor hos auren i Rognestøylsvatn kan ha sammenheng med en bestandsøkning og større næringskonkurranse (jfr. **figur 31**).



**Figur 31.** Kondisjonsfaktor (K-faktor) hos aure fanget i Rognstøylsvatn og Måsvatn i perioden 2002-2005.

#### 4.7.1.6 Næringsvalg

Næringsvalget hos aure fanget på bunngarn i Rognstøylsvatn har vært forholdsvis likt gjennom undersøkelsesperioden (**figur 32**). Linsekreps dominerte mageinnholdet i 2002 og 2003, mens vårfluelarver utgjorde mer av dietten i 2004 og 2005. Hos aure fanget på bunngarn i Måsvatn i 2003 og 2004 utgjorde linsekreps mer enn 80 % av mageinnholdet, mens den i 2005 i tillegg hadde spist en del vårfluelarver. I begge lokalitetene har auren spist noe bløtdyr (snegler og muslinger). Det ble fanget et fåtall aure på flytegarn (pelagisk sone) i Rognstøylsvatn, og i dietten hos disse dominerte overflatinsekter og linsekreps. I Måsvatn ble det altså ikke fanget aure i pelagisk sone.



**Figur 32.** Mageinnholdet i vektprosent (mg tørrvekt) hos aure fanget på bunngarn i Rognstøylsvatn i 2002-2005 og i Måsvatn i 2003-2005.

## 4.7.2 Fisk på anadrom strekning

### 4.7.2.1 Ungfisk

#### *Tettheter, alder og størrelse av laks- og aureunger*

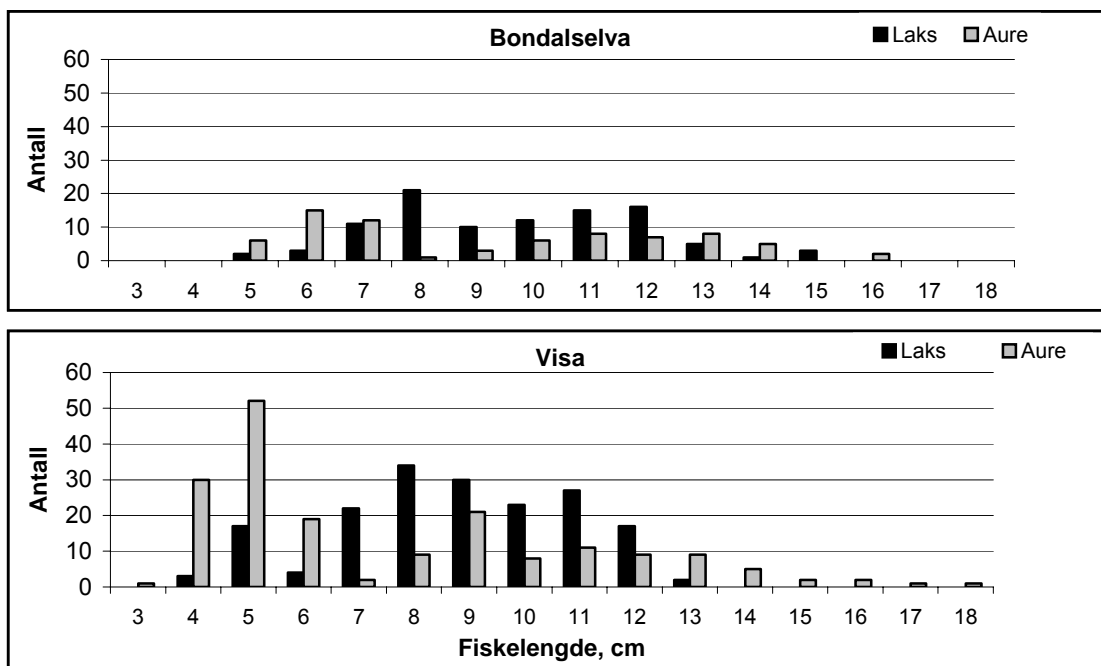
Undersøkelsen ble gjennomført i perioden 8.-10. oktober 2003. Det ble etablert 10 stasjoner i både Bondalselva og Visa, med et samlet areal på henholdsvis 646 og 831 m<sup>2</sup>. Hver stasjon ble avfisket tre ganger med elektrisk fiskeapparat. Vanntemperaturen i de to elvene ble målt til henholdsvis 7,0-7,1°C og 5,5-6,9°C. Fangsten besto av 88 laks og 87 aure i Bondaselva og 187 laks og 188 aure i Visa. Det ble ikke fanget andre fiskearter i de to elvene. Bortsett fra et fåtall aureunger på 3+ og 4+ i Visa, var 2+ eldste aldersgruppe hos begge artene (**tabell 13**). Aldersfordelingen hos laksen tyder på at hovedtyngden av smolten i Bondalselva og Visa går ut i havet som treåringer. Laksungene i de to elvene vokser med nær samme hastighet, med gjennomsnittlig lengde hos ettåringer på 87 mm i Bondalselva og 90 mm i Visa. Gjennomsnittlig lengde hos de yngste aldersgruppene av laks var noe høyere i Bondalselva enn i Visa (0+ til 2+). I begge elvene vokser auren noe bedre enn laksen, med gjennomsnittlig lengde for ettåringer på 110 mm i Bondaselva og 97 mm i Visa. Størrelsen på laks- og aureunger i de to elvene varierte mellom henholdsvis 46-156 og 37-186 mm (**figur 33**). Det ble fanget få énsomrige laksunger (0+) under elfiske, spesielt i Bondalselva.

**Tabell 13.** Gjennomsnittlig lengde i mm ± standard avvik for ulike aldersgrupper av laks og aureunger fanget i Bondalselva og Visa i oktober 2003. Tallene i parentes angir antall fisk i hver aldersgruppe.

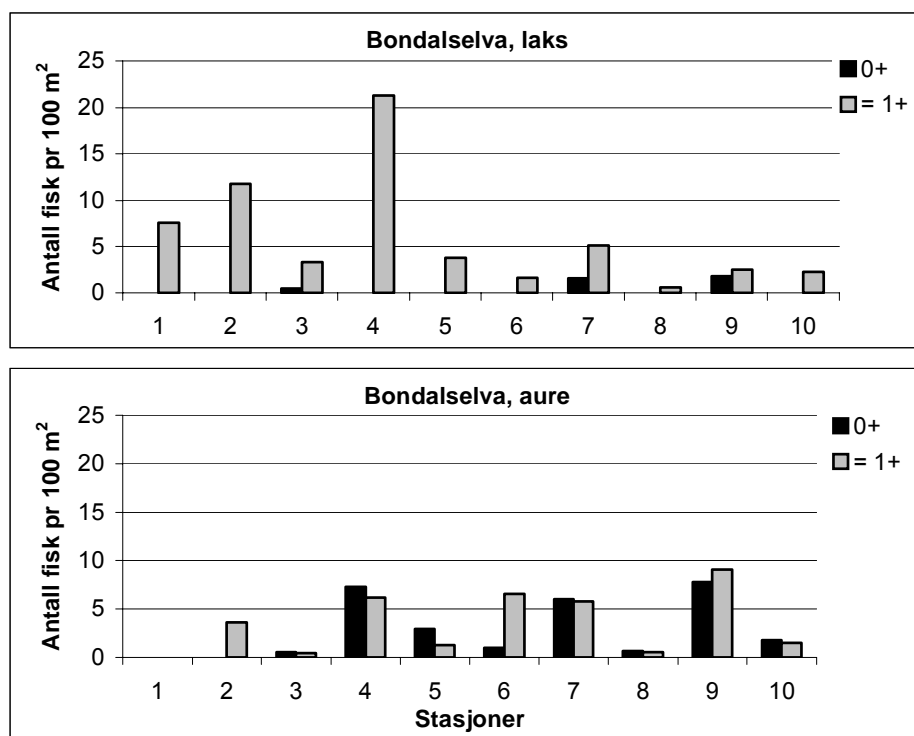
Elv	Art	0+	1+	2+	3+	4+
Bondalselva	Laks	57±5 (4)	87±12 (52)	122±13 (43)		
	Aure	66±6 (33)	110±12 (23)	137±13 (17)		
Visa	Laks	53±4 (23)	90±12 (105)	116±9 (51)		
	Aure	54±7 (104)	97±9 (43)	126±13 (24)	149±12 (10)	186±0 (1)

Tettheten av 0+ laks var lav både i Bondalselva og Visa, med et gjennomsnitt på henholdsvis 0,9 og 4,1 individ pr. 100 m<sup>2</sup> (**figur 34** og **35**). Derimot var tetthetene av eldre laksunger mer som forventet, med et gjennomsnitt (± konfidensintervall) i Bondalselva og Visa på henholdsvis 13,5±0,9 og 22,4±3,0 individ pr. 100 m<sup>2</sup>. Det var store tetthetsvariasjoner innen både Bondalselva (0,6-21,3 individ pr. 100 m<sup>2</sup>) og Visa (0-65,3 individ pr. 100 m<sup>2</sup>). I Bondalselva var tetthetene av eldre laksunger lavest i nedre deler, mens forholdet var omvendt i Visa.

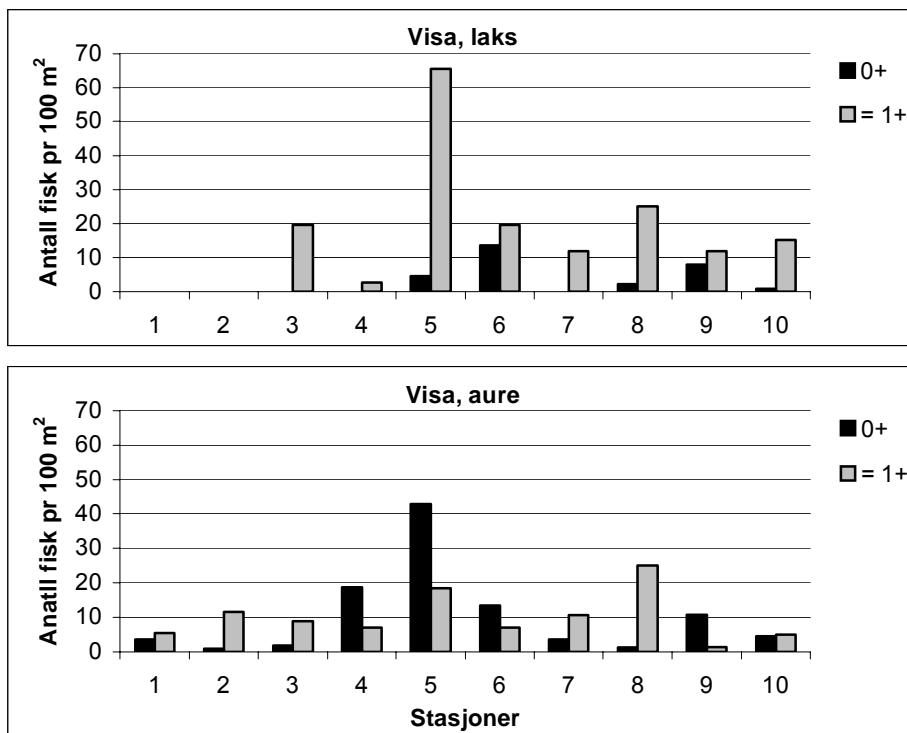
De lave tetthetene av énsomrig laksunger skyldes trolig at det ble elfisket ved lave vanntemperaturer (5,5-7,0°C). Det er vist at laksunger blir inaktive når vanntemperaturen synker under ca. 7°C. Resultatene kan tyde på at dette gir seg større utslag for yngre (énsomrig fisk) enn for eldre individ. En kan imidlertid ikke se bort fra at 2003 var en svak årsklasse, men det gjelder i så fall for begge elver.



Figur 33. Lengdefordelingen hos laks og aure fanget ved elfiske i Bondaselva og Visa i oktober 2003.



Figur 34. Tettheten pr. 100 m<sup>2</sup> av laks- og aureunger på de enkelte stasjonene i Bondaselva høsten 2003, fordelt på 0+ og eldre individ (≥ 1+).



**Figur 35.** Tettheten pr. 100 m<sup>2</sup> av laks- og aureunger på den enkelte stasjon i Visa høsten 2003, fordelt på 0+ og eldre individ (≥ 1+).

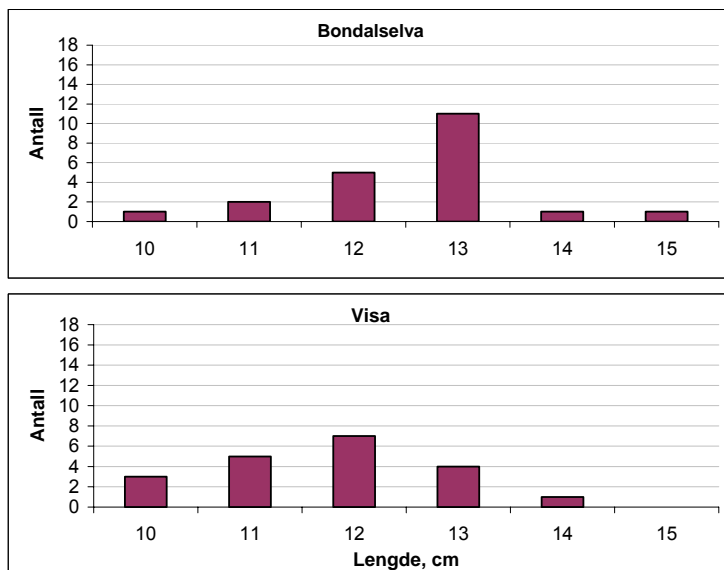
#### Størrelse og alder hos laksesmolt

Materialet over størrelse og alder hos laksesmolt ble samlet inn den 30. og 31.4.2006, dvs kort tid før smoltutgangen. I Bondalselva var gjennomsnittlig smoltalder 3,1 år, og bare 3-åringer (90 %) og 4-åringer (10 %) var representert (**Tabell 14**). Gjennomsnittlig smoltlengde var 131 mm, med en størrelsesvariasjon mellom 105-153 mm (**figur 36**). I Visa var gjennomsnittlig smoltalder 3,4 år, dvs noe høyere enn i Bondalselva. Også i denne elva besto smolten bare av 3 og 4 år gamle individ, med henholdsvis 65 og 35 % (**tabell 14**). Gjennomsnittlig smoltlengde i Visa var 122 mm, med en størrelsesvariasjon mellom 102-140 mm (**figur 36**).

**Tabell 14.** Gjennomsnittlig alder (år) og lengde (mm) ± SD hos laksesmolt fanget i Bondalselva og Visa den 30. og 31.4. 2006. Antall fisk i parentes.

Alder/Lengde	Bondalselva	Visa
3+	131±11 (19)	118±11 (13)
4+	133±6 (2)	129±7 (7)
Gj. Lengde	131±10 (21)	122±11 (20)
Gj. Alder	3,1±0,3 (21)	3,4±0,5 (20)

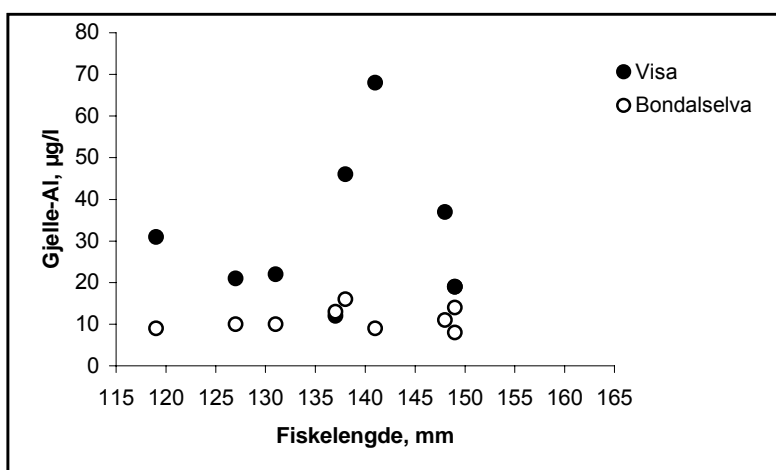




**Figur 36.** Lengdefordeling av laksunger fanget i Bondalselva og Visa den 30.-31. april 2006.

#### Aluminium på gjellene hos laksesmolt

Konsentrasjonen av Al på gjellene er oppgitt i  $\mu\text{g}$  pr. gram (tørrvekt [tv]) prøvemateriale. Konsentrasjonen av Al på gjellene hos laks fra Visa var signifikant høyere enn i Bondalselva (**figur 37**), med gjennomsnittlige verdier på henholdsvis  $30,6 \pm 17,5$  ( $n=9$ ) og  $11,2 \pm 2,5$  ( $n=10$ )  $\mu\text{g Al/g tv}$  ( $n=9$ ) (t-test,  $p < 0,05$ ). Konsentrasjonene i Bondalselva var lav hos alle individene, mens enkelte individ fra Visa hadde relativt høye konsentrasjoner; 37, 46 og 68  $\mu\text{g Al/g tv}$ . Konsentrasjonene av Al på gjellene hos laksesmolt fra Visa var uventet høye og kan gi redusert sjøoverlevelse. Basert på eksponeringsforsøk med laksesmolt utført ved Ims i Rogaland, innebærer gjelle-Al konsentrasjoner i området 30-60  $\mu\text{g Al/g tv}$  en reduksjon i sjøoverlevelse på 30-50 % (Kroglund & Finstad 2003). De vannkjemiske undersøkelsene viser at området har tilførsler av antropogen sulfat og nitrogen, og at vassdragene er noe forsuringspåvirket og utsatt for sjøsaltepisoder (kap. 4.1.2). Visa synes å være mer forsuringspåvirket og har en mer ustabil vannkvalitet enn Bondalselva, med pH dropp til 5,87 under avsmeltingen på våren.

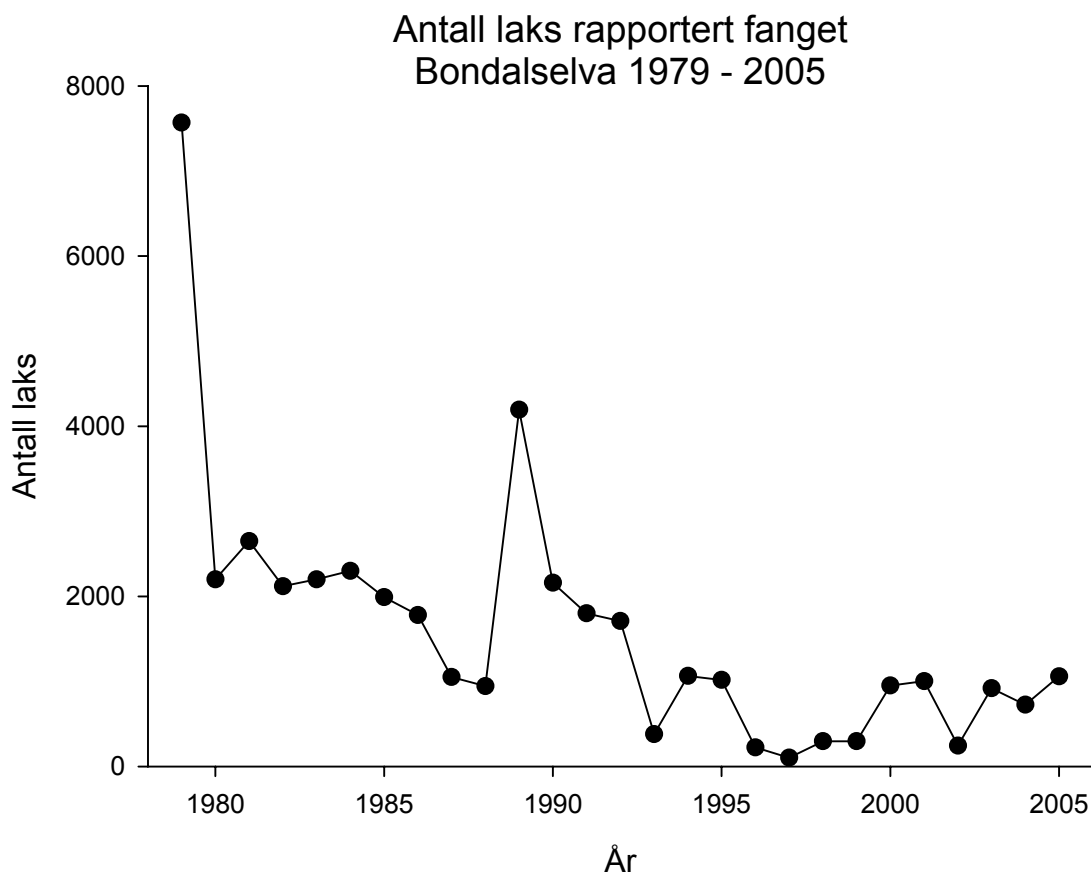


**Figur 37.** Mengde aluminium ( $\mu\text{g/l}$ ) på gjeller hos presmolt av laks fra Bondalselva og Visa i april 2006.

#### 4.7.2.2 Voksen fisk

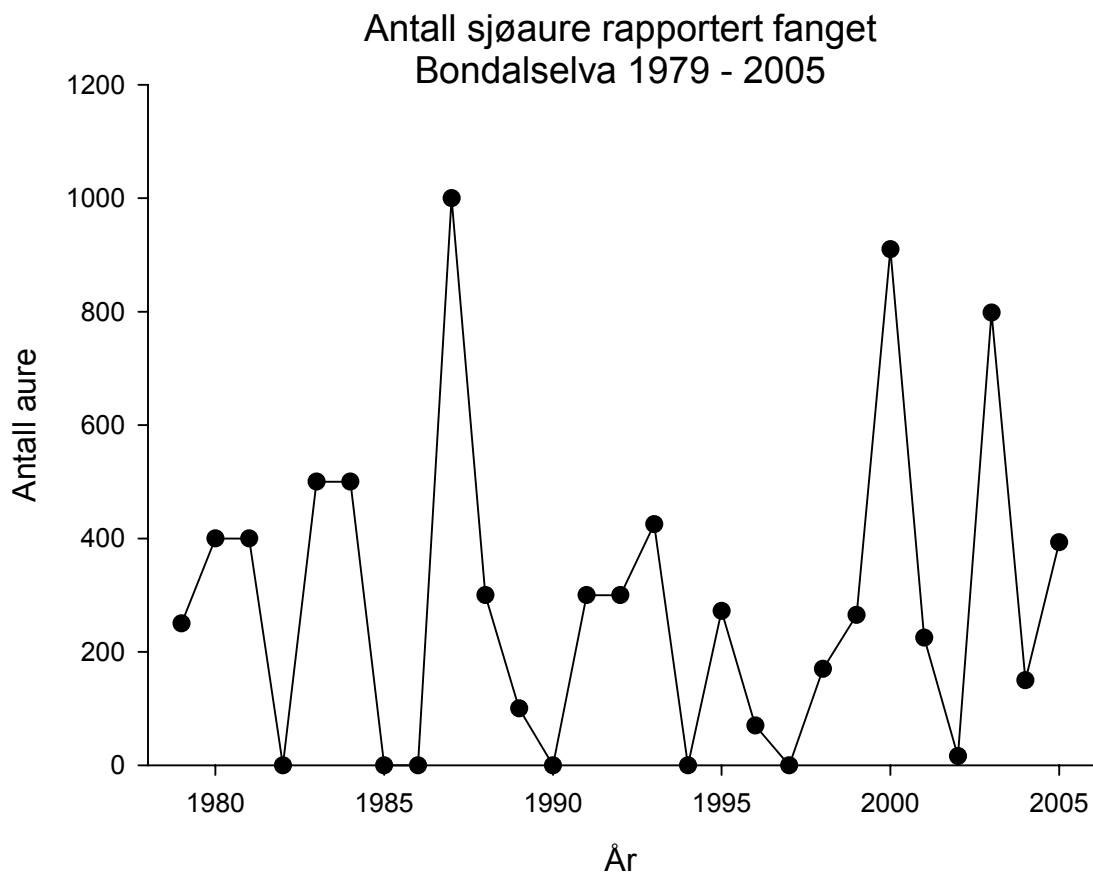
##### Fangstatistikk

Laks i Bondalselva: De rapporterte fangstene av laks i Bondalselva har variert mellom en topp på drøyt 7500 individ i 1979 til en bunn på drøyt 100 individ i 1997 (**figur 38**). De rapporterte fangstene har vært lavere på 1990- og 2000-tallet enn på 1980-tallet (**figur 38**). Fangstene er dominert av laks under 3 kg. I perioden 1995–2005 har de rapporterte fangstene blitt delt opp vektklasser, og 73 % av fangsten har vært under 3 kg, 23 % har vært mellom 3 og 7 kg, og 5 % har vært over 7 kg. Dette viser at Bondalselva er et vassdrag som er dominert av laks som har vært ett år i havet før de vender tilbake til elva for gyte.



**Figur 38.** Rapportert antall laks fanget i Bondalselva i perioden 1979–2005. Dataene er hentet fra den offisielle fangststatistikken (Kilder: SSB, DN).

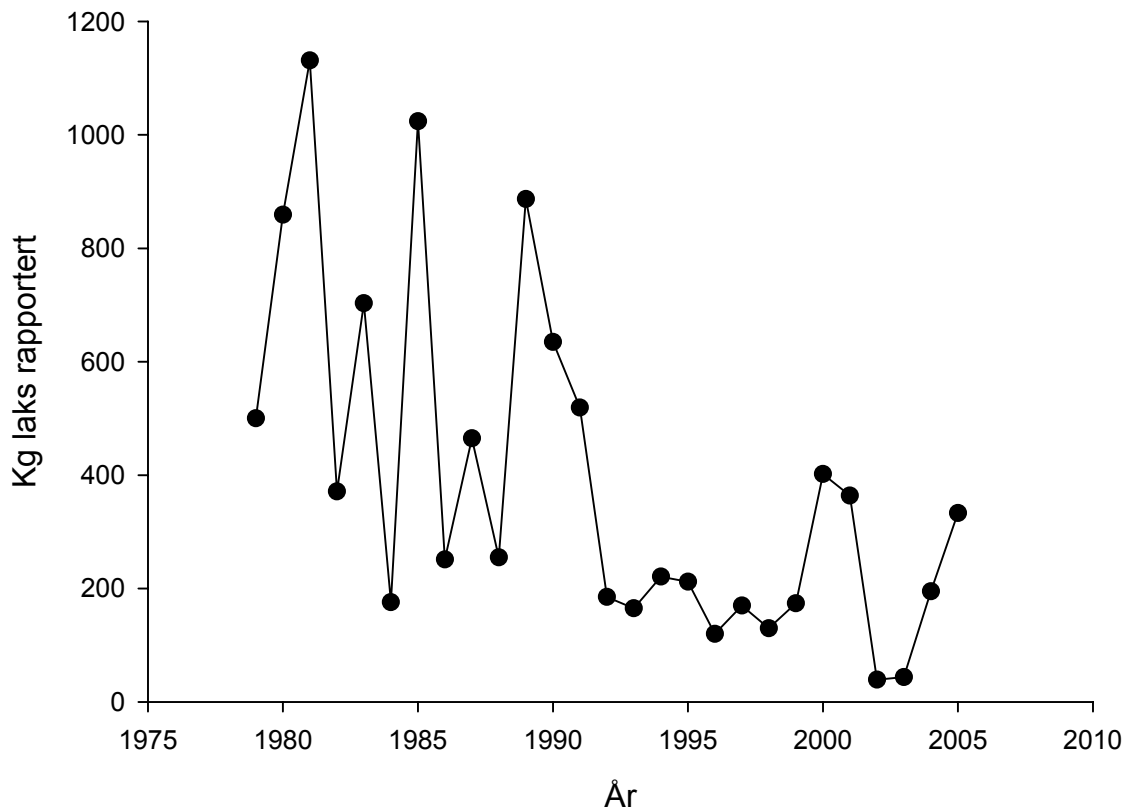
Sjøaure i Bondalselva: De rapporterte fangstene av sjøaure har variert mellom en topp på 1000 individ i 1987 til flere år med ingen rapportert fangst (**figur 39**). Gjennomsnittsvekten på aurene som er rapportert fanget har variert mellom 0,3 og 2 kg mellom ulike år. Hvor mye av denne variasjonen som er reell og hvor mye som er resultat av ulik rapporteringspraksis mellom år er vanskelig å si.



**Figur 39.** Rapportert antall sjøaure fanget i Bondalselva i perioden 1979–2005. Dataene er hentet fra den offisielle fangststatistikken (Kilder: SSB, DN).

Laks i Visa: Før 1993 finnes ikke rapporter om antall laks fanget i Visa. Vi presenterer derfor fangstene i kg. De rapporterte fangstene av laks i Visa har variert mellom en topp på knapt 1200 kg i 1979 til en bunn på 39 kg i 2002 (**figur 40**). De rapporterte fangstene har vært lavere på 1990- og 2000-tallet enn på 1980-tallet. Fangstene er dominert av laks under 3 kg. I perioden 1993–2005 har de rapporterte fangstene blitt delt opp i vektklasser, og 71 % av fangsten har vært under 3 kg, 27 % har vært mellom 3 og 7 kg, og 2 % har vært over 7 kg. Dette viser at Visa er et vassdrag som er dominert av laks som har vært ett år i havet før de vender tilbake til elva for gyte.

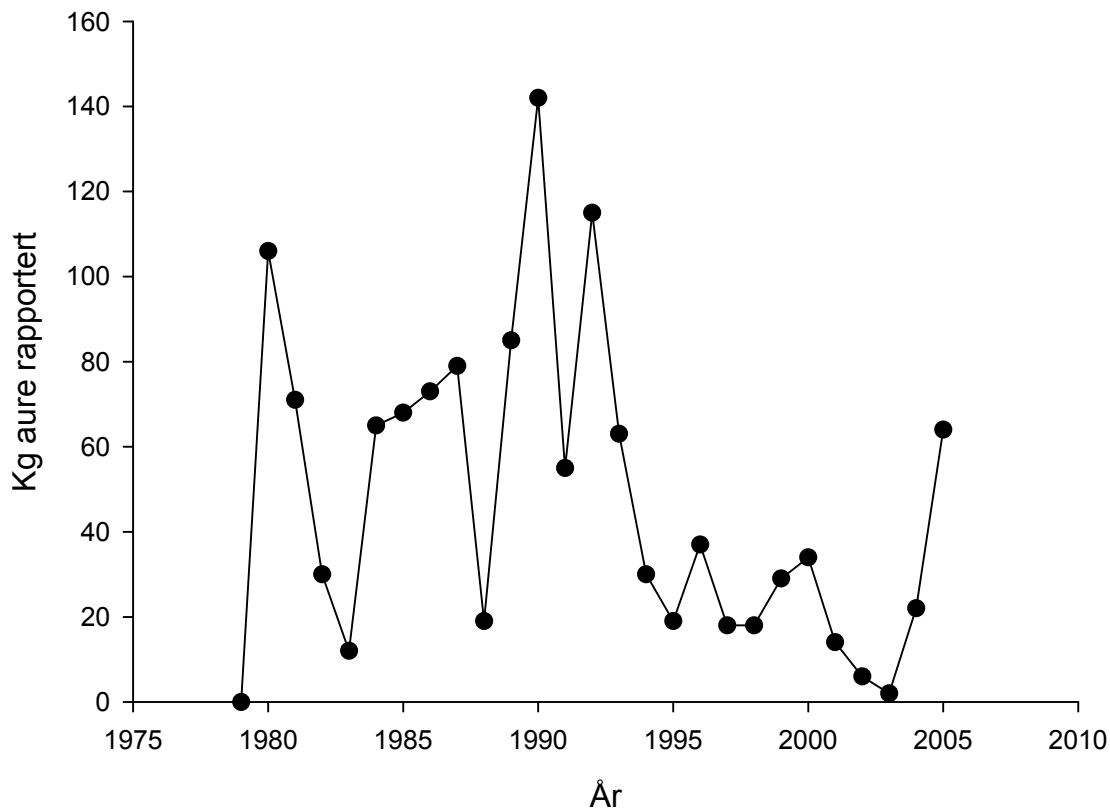
## Rapportert fangst av laks i Visa



**Figur 40.** Rapportert vekt av laks fanget i Visa i perioden 1979–2005. Dataene er hentet fra den offisielle fangststatistikken (Kilder: SSB, DN).

Sjøaure i Visa: De rapporterte fangstene av sjøaure har variert mellom en topp på 142 kg i 1990 til ingen rapportert fangst i 1979 (**figur 41**). Gjennomsnittsvekten på aurene som er rapportert fanget har variert mellom 0,5 og 1 kg mellom ulike år. Hvor mye av denne variasjonen som er reell og hvor mye som er resultat av ulik rapporteringspraksis mellom år er vanskelig å si.

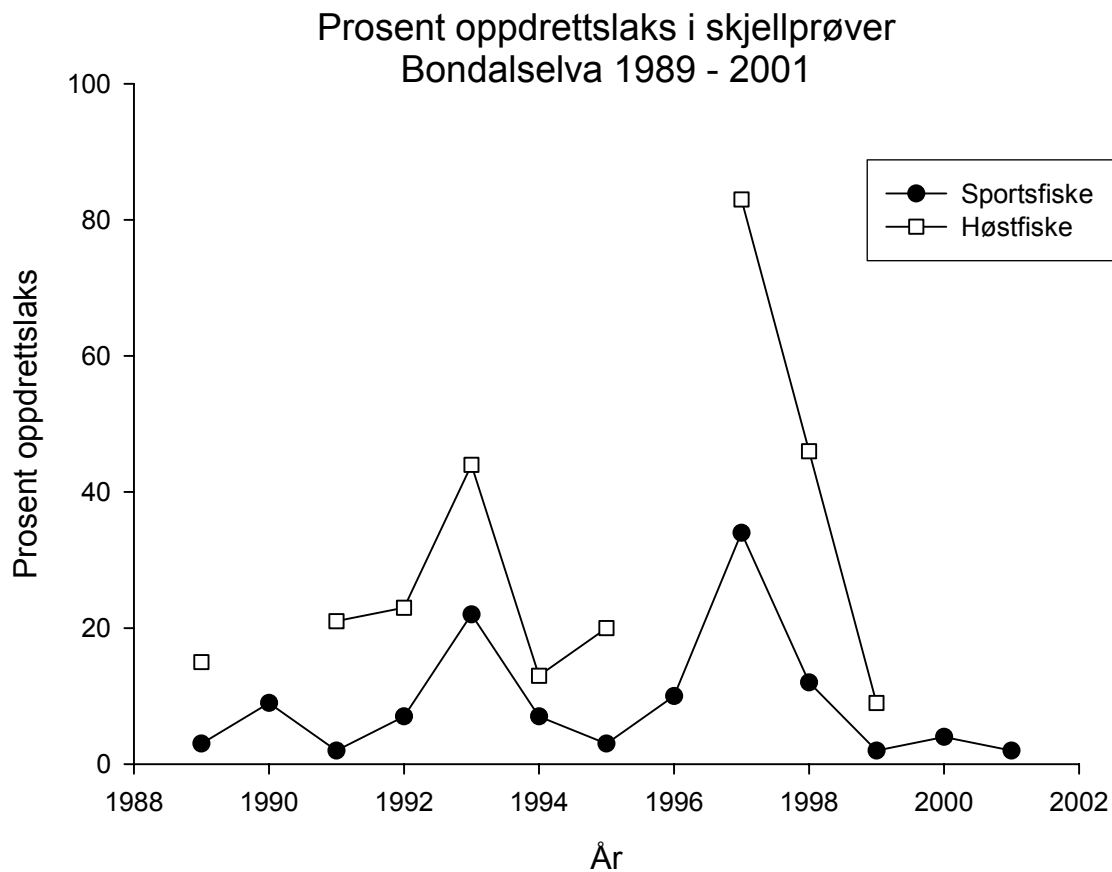
## Rapportert fangst av sjøaure i Visa



**Figur 41.** Rapportert vekt av sjøaure fanget i Visa i perioden 1979 – 2005. Dataene er hentet fra den offisielle fangststatistikken (Kilder: SSB, DN).

### Innslag av rømt oppdrettslaks i Bondselva basert på skjellanalyser

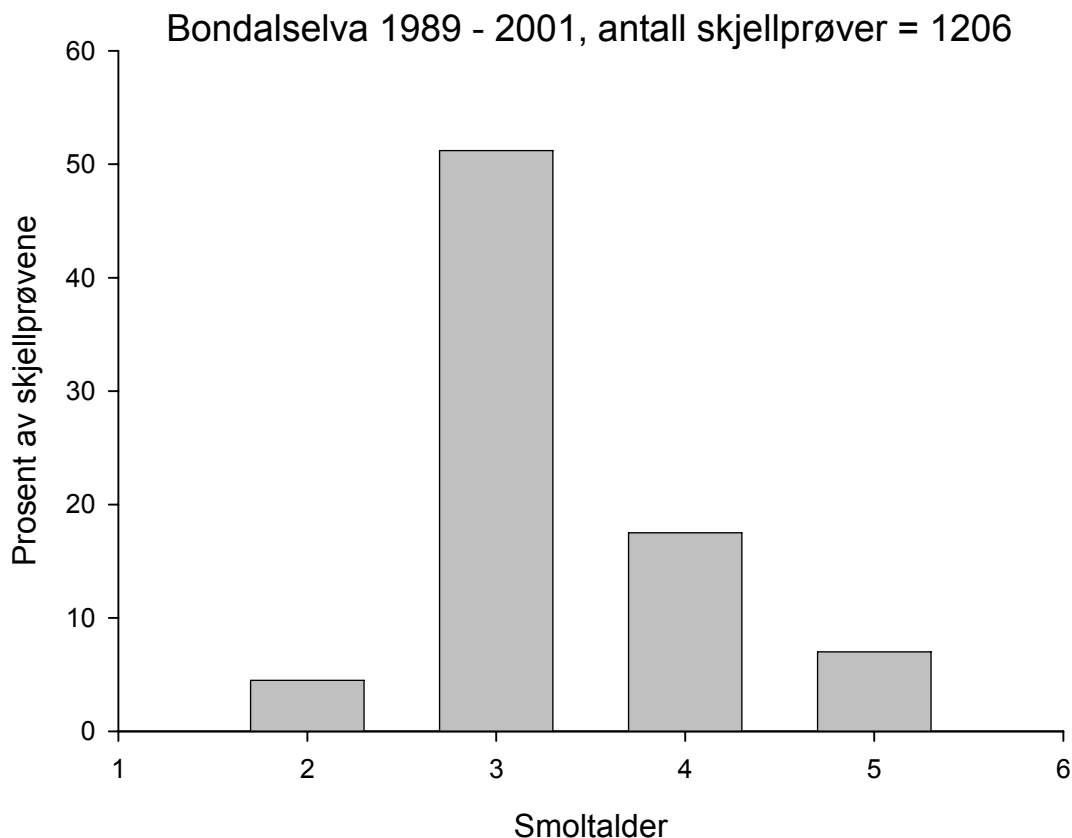
Andelen rømt oppdrettslaks i prøvene fra sportsfisket i Bondselva var i gjennomsnitt 9 % i perioden 1989–2001. Det laveste innslaget var i 1991 og 2001 med 2 %, mens det høyeste innslaget var fra 1997 med 34 % (**figur 42**). Prøver samlet inn om høsten i perioden 1989–1999 hadde et gjennomsnitt på 30 % rømt oppdrettslaks, med en variasjon fra 9 % i 1999 til 83 % i 1997 (**figur 42**). Det høye innslaget i 1997 skyldes trolig at dette var et år med svært svak bestand av villaks.



**Figur 42.** Prosent oppdrettslaks i prøver fra sportsfiskesesongen (fylte sirkler) og prøver samlet inn før gytetida om høsten (åpne kvadrater) fra Bondselva i perioden 1989 – 2001.

#### Smoltalder hos laks i Bondselva

Gjennomsnittlig smoltalder for skjellprøvene fra voksen laks i Bondselva var 3,19 år (SD = 0,54, n = 1206). Smoltalderen varierte mellom to og fem år, og 51 % av skjellprøvene hvor smoltalder ble bestemt hadde gått ut i sjøen etter tre år i elva (**figur 43**).



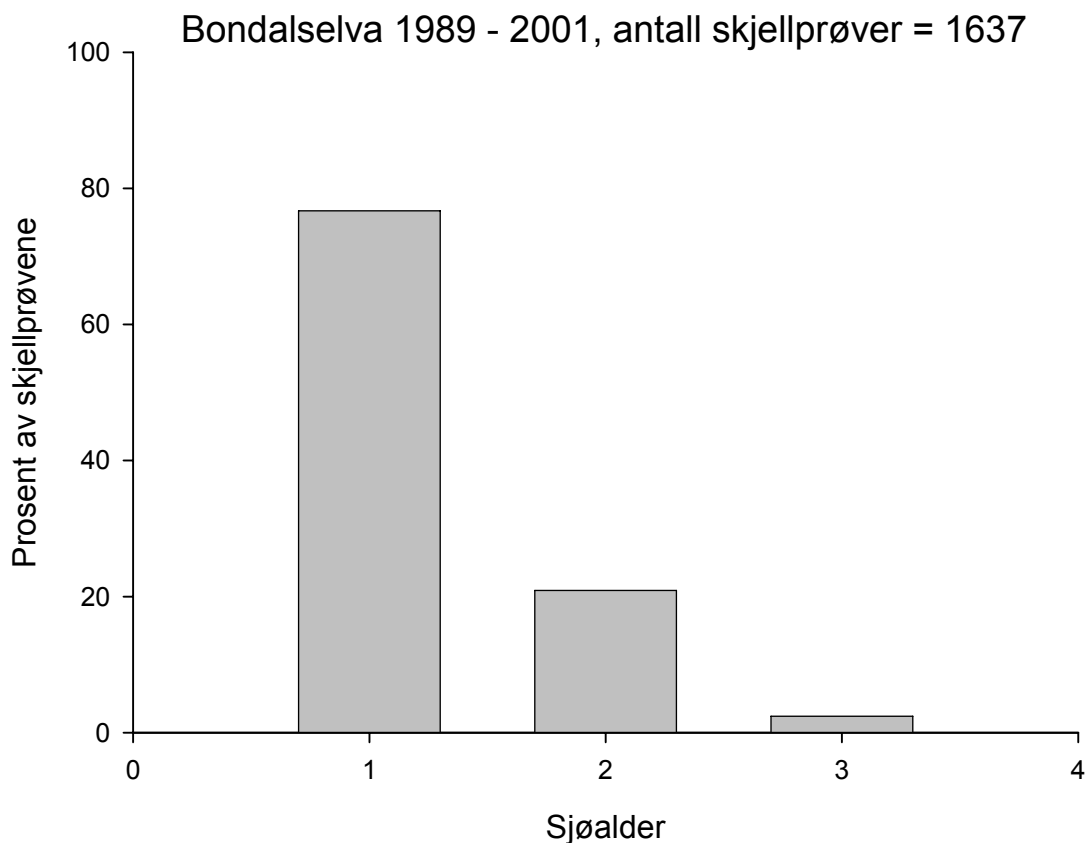
**Figur 43.** Prosentvis fordeling av smoltalder i Bondalselva for skjellprøver fra voksen villaks hvor smoltalder har blitt bestemt i perioden 1989 – 2001.

#### Sjøalder hos laks i Bondalselva

Langt de fleste skjellprøvene (77 %) av villaks i perioden 1989–2001 var fra individ som hadde tilbrakt ett år i sjøen (**figur 44**). Gjennomsnittsvekten for laksen som hadde tilbrakt ett år i sjøen var 1,6 kilo, mens laks som hadde tilbrakt to og tre år i sjøen veide henholdsvis 4,3 og 7,8 kilo i gjennomsnitt (**tabell 15**). Tre prosent av laksene som hadde vært to år i sjøen og 21 % av de som hadde vært tre år i sjøen hadde gytt tidligere. Fiskene som hadde gytt tidligere var signifikant mindre enn fisk av samme sjøaldersklasse som ikke hadde gytt tidligere ( $p < 0,01$  for begge sjøaldersklasser).

**Tabell 15.** Lengde og vekt for laks det er analysert skjellprøver av fra Bondalselva i perioden 1989 – 2001, delt opp i laks som har vært ulikt antall år i sjøen før de vender tilbake til elva.

År i sjø	Karakter	Gjennomsnitt	Minimum	Maksimum	Standardavvik	N
1	Lengde	54,5 cm	38 cm	80 cm	4,8 cm	1220
	Vekt	1,6 kg	0,7 kg	4,5 kg	0,4 kg	1255
2	Lengde	75,7 cm	49 cm	95 cm	9,2 cm	325
	Vekt	4,3 kg	1,1 kg	8,2 kg	1,4 kg	339
3	Lengde	92,3 cm	70 cm	120 cm	8,9 cm	34
	Vekt	7,8 kg	2,5 kg	16,3 kg	2,6 kg	38



**Figur 44.** Prosentvis fordeling av antall år i sjøen etter at de gikk ut som smolt for villaksene som det har blitt analysert skjellprøver fra i Bondselva i perioden 1989–2001.

#### *Kjønnsfordeling hos laks i Bondselva*

Hunner dominerte i alle sjøaldersklasser idet 72 %, 77 % og 82 % av de kjønnsbestemte lakseene som hadde vært henholdsvis ett, to og tre år i sjøen var hunner. Dette tyder på at en stor del av hannene blir kjønnsmodne før de smoltifiserer (som "gytepar"). Kjønnsbestemningen er gjort av fiskerne på bakgrunn av ytre karakterer, og man kan heller ikke se bort fra at en del fisk er feilbestemt. Dersom man antar at alle fiskene hvor det ikke ble angitt noe kjønn av fiskerne er hanner, var henholdsvis 66 %, 72 % og 80 % hunner i de ulike sjøaldersklassene.



## 5 Samlet vurdering av økologisk tilstand

De vannkjemiske og biologiske forholdene i vassdragene er typisk for svært næringsfattige (ultraoligotrofe) til næringsfattige (oligotrofe) vassdrag i Norge. Konsentrasjoner av næringsalter er noe høyere i elvene enn i innsjøene og kan indikere at elvene er noe påvirket av landbruksvirksomhet. Også bunndyrsamfunnene indikerer noe næringsanrikning i nedre deler av vassdragene. Samlet vurderes vassdragene å ha høy til god økologisk tilstand mhp. eutrofiering.

En oversikt over forsuringsstatus for de to vassdragene basert på ulike kvalitetselementer og parametre er gitt i **tabell 16**. Denne viser at det er stort samsvar mellom vurderingen som er gjort basert på hhv. vannkjemien og ulike grupper av flora og fauna. I de fleste tilfeller vurderes vassdragene som ikke forsuret/lite forsuret. Øvre deler av Tverrelva og Måsvatn i Visavassdraget har svært lave andeler forsuretsfølsomme organismer. Indekser som angir forsuretsfølsomhet/forsuring og som er utviklet for hhv. planteplankton, begroingsalger, småkreps og bunndyr indikerer at Visavassdraget kan være på grensen til å være forsuret. Beregning av opprinnelig vannkjemie viser at innsjøene tidligere har hatt en pH som var noe høyere enn dagens målinger. En sjøsaltepisode vinteren 2003 og høye konsentrasjoner av aluminium på gjeller hos laksesmolt våren 2006 indikerer også at Visavassdraget er svært følsomt for forsuret og kan være utsatt for sure episoder. Når ulike kvalitetselementer indikerer noe forskjellig forsuringsstatus så kan dette skyldes flere forhold (behandlet nærmere nedenfor):

- Kvalitetselementene er i varierende grad følsomme for forsuret
- Klassifiseringssystemene basert på ulike kvalitetselementer er under utvikling
- Metodiske forhold som for eksempel prøvetakingsinnsats eller mangel på egnet substrat
- Interferens med andre miljøforhold som for eksempel andre vannkjemiske forhold og klima, og at disse miljøforholdene virker ulikt på de ulike kvalitetselementene

Basert på våre undersøkelser vil vi vurdere Bondalselva som et godt referansevassdrag for jonefattige vassdrag på Vestlandet. Visavassdraget kan være noe forsuretspåvirket. Spesielt synes vassdraget å være følsomt for sure episoder på vinteren/våren. Vi antar likevel at floraen og faunaen er nært opp til det en kan forvente i svært jonefattige vassdrag på grensen til fjellregionen. Vår konklusjon er derfor at Visavassdraget også kan fungere som et referansevassdrag. Vassdragene og de to undersøkte innsjøene bør vurderes som referanselokaliteter i forhold til den framtidige overvåkingen i hht. Vannrammedirektivet i Norge. Rognestøylsvatn og Måsvatn representerer antagelig to ulike innsjøtyper der førstnevnte tilhører svært små og svært grunne sjøer, mens sistnevnte tilhører små og grunne sjøer. Begge innsjøtypene finnes i overvåkingsprogrammet for effekter av sur nedbør.

Klassifiseringssystemer for vurdering av økologisk tilstand er under utvikling og grenselinjer er foreløpige. Manglende datamateriale og begrenset kunnskap om naturlige variasjoner (for eksempel forskjeller mellom ulike innsjøtyper) gjør at vurdering av økologisk tilstand er beheftet med usikkerhet. Usikkerheten er størst mhp. hva som er en uforsuret tilstand (høy økologisk tilstand) og hva som karakteriserer litt forsuret tilstand (god økologisk tilstand).

Videre er det store variasjoner mellom prøver av samme kvalitetselement til ulike tidspunkt. Dersom vi la resultater fra enkeltprøver til grunn ville vår vurdering av økologisk tilstand bli svært usikker. Som eksempel vil vurdering av forsuringsstatus basert på begroingsalger, småkreps og bunndyr kunne variere fra ikke forsuret til sterkt forsuret. Både substrat på prøve-stasjonen og tidspunkt for prøvetakingen krever nøye vurdering da en ellers vil kunne konkludere med forsuretskader i tilfeller der manglende funn av forsuretsfølsomme organismer skyldes forhold knyttet til innsamling. I svært næringsfattige vassdrag vil videre mengden av planter og dyr generelt og forsuretsfølsomme organismer spesielt, være naturlig lave. Dersom ikke prøvevolumet er tilstrekkelig stort kan sannsynligheten for å fange opp de følsomme organismene bli liten. Flere prøvetakinger gjennom sesongen og undersøkelser over flere år er ofte nødvendig for å få et tilstrekkelig grunnlag for en økologisk vurdering av slike vassdrag.

**Tabell 16.** Vurdering av forsuringstatus basert på vannkjemiske og biologiske kvalitetselementer representert ved ulike parametre. Merk: tabellen angir ikke økologisk tilstand men i de fleste tilfeller, med unntak av nedre deler av Bondalselva som er noe næringssalt påvirket, så vil økologisk tilstand være bestemt av forsuringstatus. Dvs. at lokalitetenes økologiske tilstand varierer mellom høy og god/moderat.

Kvalitetselement	Parameter	Forsuringstatus	
		Rognestøylsvatn	Måsvatn
Vannkjemi	pH, Alk, ANC, Al	Ikke forsuret	Ikke forsuret
Plantep plankton	Avvik opprinnelig pH	Ikke forsuret/litt fors.	Ikke forsuret/litt fors.
	Forsuringfølsomme arter	Ikke forsuret/litt fors.	Litt forsuret
Makrovegetasjon	Forsuringfølsomme arter (forsuringindeks)	Ikke forsuret	Litt/moderat forsuret
	Forekomst krypsiv	ikke forsuret	Litt/moderat forsuret
Småkreps	Artsrikdom/Diversitet	Ikke forsuret	Litt forsuret
	Forsuringfølsomme arter (andel arter, forekomst daphnier)	Ikke forsuret	Litt forsuret
Bunndyr	Artsrikdom/Diversitet	Ikke forsuret	Ikke forsuret
	Forsuringfølsomme arter (forsuringindeks)	Ikke forsuret	Ikke forsuret
Fisk	Tetthet	Ikke forsuret	Ikke forsuret
	Vekst og kondisjon	Ikke forsuret	Ikke forsuret
	Aldersfordeling	Ikke forsuret	Ikke forsuret
		Sledalselva/ Bondalselva	Tverrelva/Visa
Vannkjemi	pH, Alk, ANC, Al	Ikke forsuret	Ikke forsuret
Begroingsalger	Artsrikdom	Ikke forsuret	Ikke forsuret/litt fors.
	Forsuringfølsomme arter (ISF-indeks)	Ikke forsuret	Ikke forsuret/litt fors.
Bunndyr	Artsrikdom/Diversitet	Ikke forsuret	Ikke forsuret
	Forsuringfølsomme arter (forsuringindeks)	Ikke forsuret	Ikke forsuret
Fisk	Tetthet	Ikke forsuret	Ikke forsuret
	Vekst og kondisjon	Ikke forsuret	Ikke forsuret
	Gjelle-aluminium	Ikke forsuret	Litt forsuret (sjøsaltepisoder)

I svært kalkfattige vassdrag (Ca nivåer omkring 1 mg/L eller lavere) vil mange forsuringfølsomme arter naturlig mangle pga. kalsiumbegresning. Dette gjelder spesielt for snegl, muslinger, krepsdyr, en del igler og døgnfluer (se også Schartau et al. 2001). Krepsdyret marflo (*Gammarus lacustris*), som er sentral ved vurdering av forsuringstatus, kan for eksempel ikke påregnes i slike kalkfattige vassdrag. Lave kalsium-konsentrasjoner vil evt. indirekte ha betydning for vannlevende planter (Lindstrøm et al. 2004). Når det gjelder følsomme døgnfluer, som for eksempel *Baetis rhodani*, er funnene i Bondalselva og Visavassdraget svært viktige da dette viser at slike også hører naturlig hjemme i kalkfattige vassdrag. Kritikere av kalkingen har hevdet at kalkingen har skapt grunnlag for en unaturlig faunasammensetning med innslag av

kalkkrevende arter som ellers ikke ville vært til stede i vassdraget. Dersom kalkingen gjennomføres på en kontrollert måte, med moderate kalktilførsler, vil dette være et mindre problem.

Det synes som om forsuringindeksen for bunndyr og populasjonsparametre for fisk (tetthet, vekst og alderssammensetning) i mindre grad er avhengig av vassdragets kalknivå. Selv om antall følsomme bunndyr avtar med avtagende kalkinnhold forventes det likevel at et utvalg av de mest forsuringfølsomme organismene er til stede bare prøven er stor nok og tas til rett tid og på rett sted. Likeledes vil fisken i et kalkfattig vassdrag kunne ha en brukbar tetthet og vekst og en alderssammensetning som er sammenlignbar med mer kalkrike vassdrag. Hvorvidt det finnes egnet substrat for gyte- og oppvekstmuligheter har større betydning for klekkesuksess og overlevelse av ungfisk enn mengden kalsium. Tilsvarende er substratet viktig for forekomsten av bunndyr.

Fordi vurdering av forsuringstatus i stor grad er basert på tilstedeværelse/fravær av forsuringfølsomme arter, og usikkerheten ved denne parameteren kan være stor i naturlig artsfattige vassdrag (se over), så vil en overvåking som omfatter flere kvalitetselementer (kjemiske og biologiske) føre til en sikrere vurdering. For eksempel er det større sansynlighet for at overvåking av både begroingsalger og bunndyr (rennende vann) eller vannvegetasjon og småkreps (innsjøer) vil fange opp minst en av de mest forsuringfølsomme artene dersom vassdraget ikke er forsuret. Uansett vil det være nødvendig å ta hensyn til disse forskjellene mellom svært kalkfattige og noe mer kalkrike vassdrag når klassifiseringssystemer for vurdering av økologisk tilstand skal utvikles.

## 6 Referanser

Alstad, N.E.W., Skardal, L. & Hessen, D.O. 1999. The effect of calcium concentration on the calcification of *Daphnia magna*. Limnol. Oceanogr. 44: 2011-2017.

Brandrud, T.E., Schartau, A.K., Brittain, J., Erlandsen, A., Hesthagen, T., Huru, H., Johannesen, T., Klock, T. Lindstrøm, E.A. Nybø, S., Raddum, G., Saltveit, S., Sandøy, S., Selvig, J.R., Solheim, A.L., Tvede, A., Aagaard, K. 2000. Overvåking av biologisk mangfold i ferskvann. Utredning for DN 2000-8. Direktoratet for naturforvaltning, 74 s.

Breistein, J. & Nøst, T. 1997. Standardisering av måle- og biomasseberegnings-metoder for dyreplankton, bunndyr, overflateinsekter og fisk i ferskvann. NINA Oppdragsmelding 480, 19 s.

Brettum, P. 1989. Alger som indikator på vannkvalitet i norske innsjøer. Planteplankton. NIVA Rapport Inr.: 2344-1989. O-86116, 111 s.

Brettum, P. & Andersen, T. 2005. The use of phytoplankton as indicators of water quality. NIVA Rapport 4818, 33 s.

DN 2006. Kalking av vann og vassdrag. Effektkontroll av større prosjekter 2005. DN-notat 2006-1. <http://www.dirnat.no>

EU 2004. Overview of common Intercalibration types, final version 5.1, dated 23 April 2004. <http://forum.europa.eu.int/Public/irc/env/wfd/library>

Flössner, D. 1972. Krebstiere, Crustacea, Kiemen- und Blattfüsser, Branchiopoda, Fischläuse, Branchiura. - Tierwelt Deutschl. 60: 1-501.

Fylkesmannen i Møre og Romsdal 2000. Miljøkartlegging i vassdrag i Møre og Romsdal per 01.01.2000. Rapport 2000:03. Internettversjon. Miljøvernavdelinga, 110 s.

Henriksen, A., Lien, L., Traaen, T. S., Sevaldrud, I., and Brakke, D. F. 1988. Lake acidification in Norway - present and predicted chemical status. Ambio 17: 259-266.

Herbst, H.V. 1976. Blattfusskrebse (Phyllopoden: Echte Blattfüsser und Wasserflöhe). - Kosmos-Verlag Franckh, Stuttgart, 130 s.

Hessen, D.O. & Rukke, N.A. 2000a. The cost of moulting in *Daphnia*; mineral regulation of carbon budgets. Freshwater Biol. 45: 169-178.

Hessen, D.O. & Rukke, N.A. 2000b. UV radiation and low calcium as mutual stressors for *Daphnia*. Limnol. Oceanogr. 45: 1834-1838.

Hessen, D.O., Faafeng, B.A. & Andersen, T. 1995. Competition or niche segregation between *Holopedium* and *Daphnia*; empirical light on abiotic key parameters. Hydrobiologia 307: 253-261.

Hessen, D.O., Alstad, N.E.W. & Skardal, L. 2000. Calcium limitation in *Daphnia magna*. Journal of Plankton Res. 22: 553-568.

Hindar, A. & Wright, R.F. 2002. Beregning av opprinnelig vannkjemi i forsurede innsjøer – uttesting av en regnemodell. NIVA Rapport 4546. 22 s.

- Hindar, A., Tørseth, K., Henriksen, A. og Orsolini, Y. 2002. Betydningen av den nordatlantiske svingning (NAO) for sjøsaltepisoder og forsuring i vassdrag på Vestlandet og i Trøndelag. NIVA-Rapport 4592, 32 s.
- Hindar, A., Moy, F., Bækken, T., Mjelde, M., Nilsen, J.P., Kroglund, T. 2005. Forvaltning av mindre vassdrag i lys av Vannrammedirektivet – Gjevingevassdraget i Tvedestrand. NIVA-Rapport 5041.
- Johansen, S.W., Brandrud, T.E. og Mjelde, M. 2000. Konsekvenser av reguleringsinngrep på vann-vegetasjon i elver. Tilgroing med krypsiv. Kunnskapsstatus. NIVA-Rapport 4321.
- Kiefer, F. 1973. Ruderfusskrebse (Copepoden). Kosmos-Verlag, Franckh, Stuttgart, 99 s.
- Kiefer, F. 1978. Freilebende Copepoda. - I Elster, H. J. & Ohle, W. (red.), *Das Zooplankton der Binnengewässer* 26: 1-343.
- Kroglund, F. & Finstad, B. 2003. Low concentrations of inorganic aluminum impair physiological status and marine survival of Atlantic salmon. *Aquaculture* 222: 119-133.
- Lid, J. & Lid, D.T. 2005. Norsk flora. 7. utg. R. Elven. Det norske samlaget. Oslo
- Lindstrøm, E-A., Brettum, P., Johansen, S.W., Mjelde, M. 2004. Vannvegetasjon i norske vassdrag. Tålegrenser for forsuring. Effekter av kalking. NIVA-Rapport 4821.
- Lyche Solheim, A.L & Schartau, A.K. 2004. Revidert typologi for norske elver og innsjøer. Tilleggsrapport til første versjon av typologien for ferskvann. NIVA-Rapport 4888, 17 s.
- Mjelde, M. 1997. Virkninger av forurensning på biologisk mangfold: Vann og vassdrag i by- og tettstedsnære områder. Vannvegetasjon i innsjøer - effekter av eutrofiering. En kunnskapsstatus. NIVA-Rapport 3755.
- Mjelde, M. 2005. Vansjø-Hobøl-vassdraget. Økologisk status for vannvegetasjon i 2004. NIVA-Rapport 5036.
- Moen, G. & Taraldsrud, T. 2006. Driftsplan for Bondalselva 2006-2011. Naturkonsult DA Rapport 1-2006.
- Raddum, G. G. 1999. Large scale monitoring of invertebrates: Aims, possibilities and acidification indexes. In Raddum, G. G., Rosseland, B. O. & Bowman, J. (eds.). *Workshop on biological assessment and monitoring; evaluation of models*. ICP-Waters Report 50/99, s.7-16, NIVA, Oslo
- Rylov, W.M. 1948. Freshwater Cyclopoida. *Fauna USSR, Crustacea* 3 (3). - Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem 1963, 314 s.
- Sars, G.O. 1903. An account of the Crustacea of Norway. IV Copepoda, Calanoida. Bergen, 171 s.
- Sars, G.O. 1918. An account of the Crustacea of Norway. VI Copepoda, Cyclopoida. Bergen, 225 s.
- Schartau, A.K.L., Walseng, B., & Halvorsen, G. 2001. Hva betyr kalsium for artsrikdom og sammensetning av småkreps i Norge? *Vann* 36: 408-413.
- SFT 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Statens forurensningstilsyn (SFT), Veiledning 97:04, 21 s.

SFT 2005. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport – effekter 2004. Statens forurensningstilsyn (SFT) Rapport 941/05, 149 s.

SFT 2006. Overvåking av langtransporterte forurensninger 2005 – Sammendragsrapport. Statens forurensningstilsyn (SFT). Rapport 957/06, 84 s.

Skjelkvåle, B. L., Henriksen, A., Faafeng, B., Fjeld, E., Traaen, T. S., Lien, L., Lydersen, E., og Buan, A. K. 1996. Regional innsjøundersøkelse 1995. En vannkjemisk undersøkelse av 1500 norske innsjøer. Statlig program for forurensningsovervåking Rapport 677/96, Statens forurensningstilsyn, Oslo. 73 s.

Smirnov, N.N. 1971. Chydoridae. Fauna USSR, Crustacea 1 (2). - Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem 1974, 644 s.

## 7 Vedlegg

### 7.1 Vedlegg – Vannkjemi

Tabell 1.1 Vannkjemiske måledato for perioden september 2003 til desember 2004

#### St. 1 Visa

	pH	KOND mS/m	Alkalitet µkv/L	Ca mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	K mg/L	Cl mg/L	SO4 mg/L	NO <sub>3</sub> -N µg N/L	Tot-P µg P/L	Tot-N µg N/L	NH4 µg/l N	TOC mg C/L	Al/R µg/L	Al/II µg/L	LAL µg/L	H+ µkv/L	ANC µkv/L	SO4* µkv/L	Ca+Mg* µkv/L	Na* µkv/L	
18.09.02	6,23	0,98	21	0,53	0,15	1,18	0,11	1,44	0,87			74		1,6	32	30	2	0,59		14		16	
24.06.03	6,16	1,02	16	0,49	0,15	1,20	0,11	1,70	0,78	19	3	71		2,5	5	<5	0	0,69	26	11	26	11	
28.06.03	6,50	1,25	31	0,65	0,18	1,33	0,17	1,72	1,08	24	2	60		0,50	6	<5	1	0,32	36	17	35	16	
15.07.03	6,51	1,43	42	0,84	0,21	1,47	0,23	1,75	1,31	12	1	68		0,75	<5	<5	0	0,31	51	22	47	22	
15.08.03	6,26	1,21	25	0,63	0,20	1,32	0,23	1,38	0,94	145	15	280		2,8	50	46	4	0,55	42	16	39	24	
14.09.03	6,72	2,11	69	1,46	0,34	1,88	0,40	2,05	1,82	155	1	220		0,85	10	7	3	0,19	86	32	88	32	
15.10.03	6,60	1,99	57	1,19	0,33	1,89	0,35	2,43	1,59	160	1	235		1,1	16	12	4	0,25	64	26	70	23	
15.11.03	6,51	2,28	69	1,57	0,38	1,91	0,41	2,17	1,94	230	<1	295		0,65	12	9	3	0,31	85	34	96	31	
18.12.03	5,87	3,35	13	1,14	0,57	3,71	0,33	8,15	1,14	92	4	155		1,0	22	18	4	1,35	13	0	50	-36	
15.01.04	6,63	3,57	68	2,37	0,60	2,86	0,60	4,99	2,82	490	1	515		0,74	12	8	4	0,23	73	44	135	3	
14.02.04	6,21	2,41	28	1,22	0,42	2,50	0,31	4,84	1,45	165	1	200		1,2	25	24	1	0,62	34	16	64	-9	
15.03.04	6,65	3,13	57	1,99	0,54	2,74	0,56	4,73	2,31	345	3	405		1,3	23	20	3	0,22	71	34	113	5	
14.04.04	6,47	2,55	36	1,29	0,38	2,57	0,32	4,71	1,43	125	3	195		1,5	30	25	5	0,34	44	16	65	-2	
15.05.04	6,30	1,51	26	0,78	0,23	1,61	0,18	2,58	0,98	26	2	74		0,99	17	13	4	0,50	37	13	41	8	
14.04.05	6,33	3,10	31	1,48	0,58	3,03	0,34	6,15	1,38	125	2	185	11	1,0	24	19	5	0,47	51	11	81	-17	
14.05.05	6,42	2,46	26	0,98	0,29	2,32	0,22	4,80	1,08	35	2	71	<5	0,84	16	13	3	0,38	19	9	44	-15	
<b>Snitt</b>																							
<b>perioden</b>	6,34	2,15	39	1,16	0,35	2,10	0,30	3,47	1,43	143	3	194	7	1,2	20	19	3	0,46	49	20	66	7	

St. 2 Måsvatn, utløp

	pH	KOND	Alkalitet	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO4	NO3	Tot-P	Tot-N	NH4	TOC	Al/R	Al/II	LAL	H+	ANC	SO4*	Ca+Mg*	Na*
		mS/m	µekv/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µg N/L	µg P/L	µg N/L	µg/l N	mg C/L	µg/L	µg/L	µg/L	µekv/L	µekv/L	µekv/L	µekv/L	µekv/L
18.09.02				0,55	0,18	1,36	0,12	1,94	0,83	2		51		0,76					32	12		12
29.10.02	6,34	1,28	28	0,73	0,23	1,41	0,14	2,02	0,86	5		51		0,73	11	9	2	0,46	45	12	42	12
14.11.02	6,41	1,38	28	0,76	0,24	1,54	0,15	2,19	0,95	7		60		0,67	10	8	2	0,39	46	13	43	14
15.12.02	6,51	1,86	44	1,01	0,32	2,13	0,21	2,87	1,30	11		77		0,89	11	9	2	0,31	66	19	58	23
18.01.03	6,31	2,32	38	1,04	0,44	2,71	0,20	4,42	1,29	14		53		0,79	13	10	3	0,49	59	14	59	11
15.02.03	6,37	1,95	34	1,00	0,36	2,26	0,21	3,55	1,18	22		77		0,55	9	8	1	0,43	57	14	56	12
15.03.03	6,61	1,98	68	1,03	0,36	2,16	0,21	3,31	1,15	23		74		0,51	10	8	2	0,25	61	14	59	14
16.04.03	6,53	1,98	40	1,29	0,41	2,14	0,22	3,26	1,24	35	1	93		0,85	10	6	4	0,30	77	16	77	14
15.05.03	6,25	1,52	24	1,04	0,33	1,66	0,17	2,72	0,78	36	<1	75		0,71	14	13	1	0,56	60	8	61	6
15.06.03	6,25	1,18	21	0,53	0,18	1,38	0,15	1,91	0,83	22	<1	59		0,59	9	6	3	0,56	32	12	29	14
24.06.03	6,32	1,13	22	0,53	0,17	1,34	0,13	1,89	0,84	12	1	53		0,56	9	8	1	0,48	31	12	28	12
15.07.03	6,27	1,10	23	0,49	0,16	1,30	0,13	1,71	0,85	4	<1	68		0,68	9	8	1	0,54	31	13	26	15
15.08.03	6,30	0,95	23	0,41	0,14	1,14	0,12	1,32	0,74	7	2	72		1,1	19	17	2	0,50	32	12	23	18
27.08.03	6,54	0,92	23	0,41	0,14	1,13	0,11	1,13	0,70	4	1	62		1,0	17	14	3	0,29	37	11	24	22
14.09.03	6,45	1,04	30	0,46	0,16	1,22	0,12	1,29	0,77	<1	1	62		0,84	13	10	3	0,35	40	12	27	22
15.10.03	6,22	1,11	28	0,48	0,17	1,29	0,16	1,66	0,89	6	1	57		0,69	11	7	4	0,60	32	14	27	16
15.11.03	6,37	1,10	28	0,50	0,16	1,28	0,13	1,49	0,79	8	<1	53		0,61	9	6	3	0,43	38	12	28	20
18.12.03	6,00	2,54	20	0,66	0,42	3,18	0,17	5,88	1,27	6	<1	47		0,62	11	8	3	1,00	17	9	29	-4
15.01.04	6,18	1,81	32	0,66	0,30	2,04	0,18	3,59	0,96	10	1	81		0,60	8	6	2	0,66	29	10	34	2
14.02.04	6,16	1,78	25	0,72	0,31	2,04	0,17	3,68	1,04	15	<1	45		0,65	14	12	2	0,69	28	11	37	0
15.03.04	6,29	1,83	29	0,75	0,31	2,02	0,17	3,48	1,00	15	2	50		0,60	12	11	1	0,51	35	11	40	4
14.04.04	6,16	1,98	28	0,78	0,31	2,19	0,18	3,92	1,03	15	<1	50	9	0,57	11	8	3	0,69	31	10	39	0
15.05.04	6,08	1,55	19	0,66	0,25	1,69	0,15	3,10	0,81	13	3	51	<5	0,60	8	<5	3	0,83	26	8	33	-2
15.06.04	6,29	1,22	19	0,53	0,20	1,40	0,13	2,25	0,72	<1	2	51	<5	0,96	17	13	4	0,51	29	8	28	6
14.07.04	6,34	1,09	16	0,56	0,18	1,26	0,11	1,82	0,76	2	1	30	<5	0,60	7	<5	2	0,46	33	11	31	11
16.08.04	6,36	1,10	29	0,64	0,17	1,28	0,12	1,68	0,82	<1	1	50	<5	0,74	8	<5	3	0,44	40	12	35	15
15.09.04	6,39	1,10	29	0,65	0,15	1,25	0,12	1,69	0,79	<1	<1	50	<5	0,71	9	8	1	0,41	38	12	34	13
14.10.04	6,30	1,14	24	0,51	0,17	1,32	0,13	1,70	0,76	<1	<1	39	<5	0,76	12	10	2	0,50	36	11	28	16
27.11.04	6,15	1,49	23	0,53	0,20	1,67	0,13	2,85	0,93	6	1	42	<5	0,71	11	8	3	0,71	19	11	24	4
14.12.04	6,15	1,50	19	0,57	0,20	1,63	0,12	2,93	0,72	6	<1	36	3	0,58	9	7	2	0,71	21	6	26	0
14.04.05	6,10	2,48	26	0,96	0,45	2,66	0,20	5,00	1,01	17	1	45	9	0,55	15	11	4	0,79	42	7	52	-5
14.05.05	6,11	2,42	15	0,59	0,26	2,20	0,14	5,24	0,84	21	2	47	<5	0,56	14	12	2	0,78	-17	2	24	-31
16.06.05	6,19	1,51	16	0,58	0,19	1,63	0,15	3,00	0,75	16	2	44	<5	0,51	11	8	3	0,65	18	7	26	-2



	pH	KOND	Alkalitet	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO4	NO3	Tot-P	Tot-N	NH4	TOC	Al/R	Al/II	LAL	H+	ANC	SO4*	Ca+Mg*	Na*
		mS/m	µekv/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µg N/L	µg P/L	µg N/L	µg/l N	mg C/L	µg/L	µg/L	µg/L	µekv/L	µekv/L	µekv/L	µekv/L	µekv/L
13.07.05	6,36	1,11	15	0,39	0,14	1,26	0,11	1,94	0,74	2	2	48	<5	0,50	5	<5	0	0,44	18	10	18	8
16.08.05	6,41	1,07	23	0,39	0,13	1,19	0,11	1,59	0,69	<1	2	56	<5	0,73	9	6	3	0,39	25	10	20	13
13.09.05	6,36	1,10	23	0,38	0,11	1,24	0,11	1,82	0,77	1	2	51	<5	0,69	14	11	3	0,44	17	11	17	10
14.10.05	6,44	1,22	27	0,60	0,19	1,36	0,14	2,04	0,79	3	2	59	<5	0,71	5	5	0	0,36	34	11	32	10
15.11.05	6,27	1,15	25	0,55	0,18	1,30	0,14	1,91	0,76	6	3	41	<5	0,72	11	7	4	0,54	32	10	30	10
14.12.05	5,98	1,86	12	0,60	0,31	2,21	0,13	4,11	0,91	7	2	35	3	0,64	10	9	1	1,05	20	7	28	-3
<b>Snitt</b>																						
<b>perioden</b>	6,27	1,50	26	0,65	0,24	1,68	0,15	2,66	0,89	11	2	55	3	0,7	11	9	2	0,54	35	11	35	8

### St. 3 Bondalselva

	pH	KOND	Alkalitet	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO4	NO3	Tot-P	Tot-N	NH4	TOC	Al/R	Al/II	LAL	H+	ANC	SO4*	Ca+Mg*	Na*	
		mS/m	µekv/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µg N/L	µg P/L	µg N/L	µg/l N	mg C/L	µg/L	µg/L	µg/L	µekv/L	µekv/L	µekv/L	µekv/L	µekv/L	
19.09.02	6,50	1,19	41	0,93	0,22	1,17	0,21	1,14	1,50			63		1,5	15	14	1	0,32		28		23	
24.06.03	6,34	1,12	24	0,58	0,18	1,23	0,16	1,50	1,13	25	1	65		0,73	10	8	2	0,46	33	19	33	17	
30.06.03	6,70	1,69	60	0,95	0,28	1,65	0,35	1,94	1,38	41	5	117		0,60	7	7	0	0,20	64	23	57	25	
16.07.03	6,67	1,84	65	1,12	0,36	1,77	0,42	1,92	1,69	93	5	165		0,51	7	<5	2	0,21	77	30	73	30	
17.08.03	6,66	2,19	63	1,32	0,39	1,95	0,73	2,24	1,66	380	12	505		1,9	24	21	3	0,22	77	28	84	31	
08.09.03	6,86	2,41	85	1,49	0,47	2,17	0,57	2,49	2,04	195	6	280		1,0	7	6	1	0,14	95	35	96	34	
10.10.03	6,75	2,18	69	1,32	0,43	2,02	0,52	2,45	1,63	185	3	310		1,3	19	14	5	0,18	86	27	85	29	
24.11.03	6,76	2,73	84	1,75	0,55	2,27	0,59	2,86	2,46	310	3	385		0,91	14	10	4	0,17	93	43	114	29	
22.03.04	6,69	3,35	77	1,97	0,63	2,96	0,68	4,69	1,80	295	3	360		0,95	17	15	2	0,20	105	24	119	15	
27.04.04	6,59	2,10	38	1,03	0,38	2,18	0,32	3,82	1,14	51	2	107		0,83	12	9	3	0,26	51	13	58	2	
15.05.04	6,34	2,13	38	1,45	0,37	1,80	0,46	2,65	1,24	500	16	635		1,9	40	35	5	0,46	57	18	85	14	
20.04.05	6,49	2,88	49	1,39	0,53	2,81	0,44	5,23	1,31	59	3	113	7	0,87	14	9	5	0,32	67	12	79	-4	
14.05.05	6,66	2,71	60	1,37	0,41	2,31	0,40	4,25	1,47	130	4	205	<5	1,2	19	15	4	0,22	53	18	74	-2	
<b>Snitt</b>																							
<b>perioden</b>	6,59	2,19	57,87	1,28	0,40	2,02	0,45	2,86	1,57	189	5	255	5	1,1	16	14	3	0,26	71	24	80	19	

### St.4 Rognestøylsvatn, utløp

	pH	KOND mS/m	ALK-E µekv/L	Ca mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	K mg/L	Cl mg/L	SO4 mg/L	NO3-N µg N/L	Tot-P µg P/L	Tot-N µg N/L	NH4 µg/l N	TOC mg C/L	Al/R µg/L	Al/II µg/L	LAL µg/L	H+ µekv/L	ANC µekv/L	SO4* µekv/L	Ca+Mg* µekv/L	Na* µekv/L
19.09.02				0,91	0,19	1,14	0,21	1,04	1,56	3		80		1,3					54	29		24
15.11.02	6,28	1,56	27	0,92	0,29	1,55	0,26	2,19	1,44	39		102		1,3	19	17	2	0,52	49	24	55	14
13.12.02	6,33	1,79	43	1,28	0,34	1,66	0,32	1,94	2,12	69		129		1,1	16	12	4	0,47	68	39	79	25
14.04.03	6,46	2,22	38	1,49	0,47	2,30	0,42	3,59	1,59	29	2	101		1,5	15	14	1	0,35	87	23	89	13
19.05.03	6,50	1,73	42	0,97	0,28	1,60	0,30	2,24	1,65	43	2	110		1,1	13	10	3	0,32	48	28	57	15
13.06.03	6,29	1,19	22	0,64	0,20	1,25	0,19	1,61	1,16	36	<1	84		0,64	6	<5	1	0,51	35	19	38	15
24.06.03	6,32	1,10	25	0,60	0,17	1,17	0,17	1,38	1,19	26	1	65		0,75	9	8	1	0,48	34	21	35	17
16.07.03	6,33	1,03	31	0,59	0,16	1,07	0,18	1,07	1,22	3	1	74		0,61	7	<5	2	0,47	38	22	36	21
17.08.03	6,30	0,98	31	0,56	0,16	1,03	0,18	0,87	1,15	9	4	114		2,0	25	22	3	0,50	41	21	35	24
08.09.03	6,47	1,09	39	0,63	0,17	1,13	0,19	0,97	1,33	4	3	95		1,5	18	16	2	0,34	44	25	39	26
10.10.03	6,39	1,08	27	0,56	0,17	1,14	0,23	1,31	1,06	7	2	69		1,1	17	14	3	0,41	38	18	33	18
24.11.03	6,41	1,28	35	0,78	0,21	1,22	0,23	1,39	1,60	29	2	99		1,0	14	9	5	0,39	41	29	47	19
27.04.04	6,48	1,62	27	0,94	0,26	1,58	0,22	2,69	1,15	33	3	95		0,77	11	9	2	0,33	40	16	51	4
15.05.04	6,16	1,24	22	0,70	0,20	1,28	0,18	1,88	1,04	21	2	66		0,98	17	13	4	0,69	35	16	39	10
11.06.04	6,33	1,12	23	0,62	0,18	1,18	0,16	1,66	1,07	5	2	59		0,82	16	13	3	0,47	32	17	35	11
08.07.04	6,49	1,00	25	0,59	0,14	1,01	0,15	1,09	1,12	2	2	44		0,77	10	7	3	0,32	35	20	34	18
05.08.04	6,59	0,96	28	0,68	0,14	0,93	0,16	0,89	1,26	<1	2	62		0,84	<5	<5	0	0,26	39	24	40	19
17.09.04	6,45	0,97	31	0,75	0,14	0,97	0,18	0,88	1,14	5	3	87		1,5	22	21	1	0,35	47	21	43	21
14.10.04	6,37	1,07	31	0,62	0,15	1,01	0,23	1,00	1,10	<1	4	69		1,3	24	21	3	0,43	42	20	37	20
20.04.05	6,13	2,25	20	1,02	0,35	2,33	0,28	4,51	1,09	38	2	77	<5	0,76	12	10	2	0,74	36	10	50	-8
14.05.05	6,39	2,00	25	0,95	0,28	1,90	0,26	3,45	1,25	18	3	68	<5	0,83	11	6	5	0,41	35	16	48	-1
16.06.05	6,32	1,50	21	0,65	0,17	1,53	0,20	2,63	1,03	21	2	54	8	0,70	10	9	1	0,48	21	14	30	3
18.07.05	6,31	0,87	23	0,32	0,10	0,87	0,13	0,91	0,90	2	3	39	<5	0,50	9	8	1	0,49	21	16	18	16
15.08.05	6,39	0,90	27	0,48	0,11	0,87	0,16	0,81	1,03	2	3	50	10	0,59	6	<5	1	0,41	31	19	28	18
23.10.05	6,43	1,13	27	0,70	0,18	1,06	0,21	1,32	1,11	22	3	59		0,93	8	<5	3	0,37	39	19	41	14
<b>Snitt per-rioden</b>	<b>6,36</b>	<b>1,32</b>	<b>28,78</b>	<b>0,76</b>	<b>0,21</b>	<b>1,31</b>	<b>0,22</b>	<b>1,73</b>	<b>1,25</b>	<b>20</b>	<b>2</b>	<b>78</b>	<b>5</b>	<b>1,0</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>2</b>	<b>0,44</b>	<b>41</b>	<b>21</b>	<b>43</b>	<b>15</b>

## 7.2 Vedlegg – Planteplankton

**Tabell 2.1. Kvantitative planteplanktonanalyser av prøver fra Rognestøylsvatn (1m dyp).**

	Verdier gitt i mm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> (=mg/m <sup>3</sup> våtvekt)				
	År	2005	2005	2005	2005
	Måned	6	7	8	9
	Dag	15	18	15	19
		2005	2005	2005	2005
		10	23		
<b>Chlorophyceae (Grønnalger)</b>					
Chlamydomonas sp. (l=12 µm)		.	.	.	0,5
Chlamydomonas sp. (l=8 µm)		.	.	0,2	0,1
Sum - Grønnalger		0,0	0,0	0,2	0,6
<b>Chrysophyceae (Gullalger)</b>					
Bitrichia chodatii		0,2	0,7	.	.
Chromulina sp. (Chr.pseudonebulosa?)		.	.	2,1	3,8
Chrysolykos skujai		0,5	0,4	0,3	0,4
Craspedomonader		.	0,1	0,7	.
Cyster av Chrysolykos skujai		.	.	0,1	0,1
Dinobryon borgei		0,1	.	2,1	0,6
Dinobryon crenulatum		0,7	0,9	0,7	.
Løse celler Dinobryon spp.		2,1	0,4	0,4	.
Mallomonas akrokomos (v.parvula)		.	.	0,6	.
Mallomonas spp.		1,7	.	.	.
Ochromonas sp.		1,4	4,6	9,0	4,3
Ochromonas sp. (d=3.5-4 µm)		7,4	2,1	8,5	5,3
Små chrysomonader (<7 µm)		24,6	6,5	22,7	7,4
Store chrysomonader (>7 µm)		12,1	3,9	4,3	3,4
Synura sp. (l=9-11 µm b=8-9 µm)		0,5	.	.	.
Ubest.chrysomonade (Ochromonas sp.?)		0,3	0,5	.	0,3
Ubest.chrysophyceae		.	0,4	0,2	0,1
Sum - Gullalger		51,7	20,4	51,8	25,8
<b>Bacillariophyceae (Kiselalger)</b>					
Aulacoseira alpigena		.	0,3	.	.
Eunotia lunaris		.	.	.	0,3
Tabellaria flocculosa		0,4	0,4	.	.
Sum - Kiselalger		0,4	0,7	0,0	0,3
<b>Cryptophyceae (Svelgflagellater)</b>					
Cryptomonas marssonii		.	.	.	0,3
Cryptomonas sp. (l=15-18)		.	.	.	0,1
Katablepharis ovalis		1,3	.	1,9	1,2
Rhodomonas lacustris (+v.nannoplantica)		.	.	.	0,2
Ubest.cryptomonade (Chroomonas sp.?)		0,1	.	0,5	0,3
Ubest.cryptomonade (l=6-8) Chro.acuta ?		.	.	0,2	.
Sum - Svelgflagellater		1,4	0,0	2,6	1,8
<b>Dinophyceae (Fureflagellater)</b>					
Gymnodinium cf.lacustre		2,5	1,3	5,9	1,4
Gymnodinium sp. (l=14-16)		.	.	.	1,4
Ubest.dinoflagellat		2,4	.	.	0,5
Sum - Fureflagellater		4,8	1,3	5,9	1,9
<b>Xanthophyceae (Gulgrønnalger)</b>					
Isthmochloron trispinatum		.	.	0,4	.
Sum - Gulgrønnalger		0,0	0,0	0,4	0,0
<b>My-alger</b>					
My-alger		16,5	13,3	23,4	17,0
Sum - My-alge		16,5	13,3	23,4	17,0
Sum totalt :		74,9	35,7	84,4	47,3

**Tabell 2.2. Kvantitative planteplanktonanalyser av prøver fra Måsvatn (1m dyp).**

		Verdier gitt i mm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> (=mg/m <sup>3</sup> våtvekt)					
		År	2005	2005	2005	2005	2005
		Måned	6	7	8	9	10
		Dag	16	13	16	13	14
<b>Chlorophyceae (Grønnalger)</b>							
	Chlamydomonas sp. (l=10 µm)		0,9	.	.	.	.
	Chlamydomonas sp. (l=8 µm)		0,1	.	.	.	.
	Monoraphidium dybowskii		.	0,3	0,5	0,2	0,5
	Oocystis rhomboidea		.	.	.	.	0,4
	Oocystis submarina v.variabilis		.	.	.	1,3	1,0
	Penium polymorphum		.	.	0,3	.	.
	Ubest.cocc.gr.alge (Chlorella sp.?)		.	.	0,3	1,7	3,3
	Sum - Grønnalger		1,1	0,3	1,2	3,1	5,2
<b>Chrysophyceae (Gullalger)</b>							
	Bitrichia chodatii		.	.	0,3	5,8	.
	Chromulina sp. (Chr.pseudonebulosa ?)		.	.	0,1	.	.
	Chrysolykos skujai		.	0,4	0,4	0,6	0,5
	Craspedomonader		.	.	.	.	1,2
	Dinobryon crenulatum		.	0,2	0,4	.	.
	Dinobryon sociale v.americanum		0,1	0,7	.	.	.
	Kephyrion sp.		.	.	.	.	0,1
	Løse celler Dinobryon spp.		.	2,9	1,3	.	.
	Mallomonas spp.		.	.	0,8	0,8	0,2
	Ochromonas sp.		0,3	2,9	2,2	2,1	2,9
	Ochromonas sp. (d=3.5-4 µm)		2,1	3,5	3,3	3,0	2,2
	Små chrysomonader (<7 µm)		4,0	6,5	7,3	5,9	6,3
	Store chrysomonader (>7 µm)		2,6	2,2	2,2	1,7	3,0
	Ubest.chrysomonade (Ochromonas sp.?)		.	1,0	.	0,9	0,7
	Ubest.chrysophyceae		.	.	0,1	0,6	0,2
	Sum - Gullalger		9,1	20,2	18,4	21,5	17,4
<b>Bacillariophyceae (Kiselalger)</b>							
	Navicula sp.		0,2	.	.	.	.
	Tabellaria flocculosa		1,2	0,2	.	.	.
	Sum - Kiselalger		1,4	0,2	0,0	0,0	0,0
<b>Cryptophyceae (Svelgflagellater)</b>							
	Cryptomonas marssonii		.	0,3	1,3	0,3	0,5
	Cryptomonas sp. (l=15-18 µm)		0,2	.	.	.	.
	Cryptomonas sp. (l=20-22 µm)		0,2	0,5	1,0	1,0	1,9
	Katablepharis ovalis		.	.	.	0,5	0,6
	Ubest.cryptomonade (Chroomonas sp.?)		0,3	.	1,4	0,8	1,0
	Sum - Svelgflagellater		0,7	0,9	3,8	2,6	4,1
<b>Dinophyceae (Fureflagellater)</b>							
	Gymnodinium cf.lacustre		1,1	2,6	1,7	1,1	0,3
	Gymnodinium sp. (l=14-16 µm)		.	0,5	.	.	0,2
	Peridinium umbonatum (P.inconspicuum)		.	.	2,2	1,9	0,8
	Ubest.dinoflagellat		.	1,1	0,5	1,3	.
	Sum - Fureflagellater		1,1	4,2	4,4	4,2	1,3
<b>My-alger</b>							
	My-alger		4,5	5,0	9,6	13,1	11,9
	Sum - My-alge		4,5	5,0	9,6	13,1	11,9
	Sum totalt :		17,9	30,7	37,3	44,5	39,8

## 7.3 Vedlegg – Begroingsalger

**Tabell 3.1. Begroingsalger registrert 17-18.08.05. Tegnforklaring: Tallene angir prosentvis dekning på lokaliteten av makroskopisk synlige organismer. Organismer som vokser på/blant disse er angitt ved: \*=observert, \*\*=vanlig, \*\*\*=hyppig. SF-verdi viser de enkelte artenes spesi-  
fikke surhetsfølsomhet.**

Lokalitet:	Tverrelva øvre	Tverrelva nedre	Bondalselva øvre	Bondalselva nedre	
År	2005	2005	2005	2005	
Dato	17.08	17.08	18.08	18.08	SF-verdi
<b>Cyanobakterier (Cyanophyceae )</b>					
Ammatoidea sp.	x				
Calothrix spp.			x		0,5
Chamaesiphon confervicola				x	0,75
Chamaesiphon fuscus		2		3	0,5
Chamaesiphon spp.		x		xx	
Clastidium setigerum			x		0,75
Coleodesmium sagarmathae		1			0,5
Cyanophanon mirabile	x	xxx		x	0,5
Gloeocapsopsis magma	xx				
Hapalosiphon fontinalis			x		
Hapalosiphon hibernicus	x				
Homoeothrix grenet (gulbrun hul skjede)	5				
Homoeothrix janthina				10	1
Phormidium autumnale		2		<1	0,75
Phormidium spp.		1			
Schizothrix spp.	xx			x	
Scytonema mirabile	<1				
Stigonema mamillosum	15	4	5		0,25
Stigonema minutum	1				0,25
Stigonema ocellatum	5				
Uidentifiserte coccale blågrønnalger	xx		xx	x	
Uidentifiserte trichale blågrønnalger	x	x	xx	xx	
Antall taksa - Cyanobakterier	12	8	6	9	
<b>Grønnalger (Chlorophyceae )</b>					
Binuclearia tectorum	x		xx		
Bulbochaete spp.	x	x	5		0,5
cf. Zygonium 20-27µm (inkl Zygo sp3)		xx			0,25
Closterium spp.	x	x	x		
Cosmarium spp.		x	x	x	
Euastrum elegans	x		x		
Hormidium rivulare		4	2		0,25
Microspora amoena		x			1
Microspora palustris var minor		xx	4		
Mougeotia a (6 -12 µm)	x	x	x	x	
Mougeotia a/b (10-18 µm)			x		
Mougeotia d/e (27-36 µm)				1	0,75
Oedogonium a (5-11 µm)	x		x		
Oedogonium c (23-28 µm)			x		0,75
Penium spp.	x	x	x	x	
Spirogyra a (20-42 µm,1K,L)				x	0,75
Teilingia excavatum			x		0,75
Uidentifiserte coccale grønnalger			x		
Zygnema a (16-20 µm)		x			
Zygnema b (22-25 µm)			x		0,5
Zygonium sp3 (16-20 µm )	15	x	x		
Antall taksa - Grønnalger	8	11	16	5	

<b>Gullalger (Chrysophyceae )</b>					
Epiphyxis spp.			xx		
Hydrurus foetidus			1	10	0,75
<b>Antall taksa - Gullalger</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	
<b>Kiselalger (Bacillariophyceae )</b>					
Achnanthes minutissima				x	
Ceratoneis arcus				xxx	
Cymbella ventricosa				x	
Diatoma mesodon				xx	
Eunotia lunaris			x		
Eunotia spp.			1		
Frustulia rhomboides	x		xx		
Stenopterobia intermedia		x	x		
Tabellaria flocculosa	xxx	x	xxx	x	0,25
Uidentifiserte pennate	x	x	xx	xxx	
<b>Antall taksa - Kiselalger</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	
<b>Rødalger (Rhodophyceae )</b>					
Batrachospermum spp.			<1		
Lemanea fluviatilis		10		15	0,75
<b>Antall taksa - Rødalger</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	
<b>Nedbrytere (Saprophyta )</b>					
Sopp, Fungi imperfecti		x		x	
Sopp, hyfer uidentifiserte	x				
Sphaerotilus natans				xx	
Vorticella spp			x		
<b>Antall taksa - Nedbrytere</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	

**Tabell 3.2.** Moser registrert 17-18.08.05. Hyppigheten av artene er angitt etter følgende skala: 1: sjelden (< 5 forekomster), 2: spredt, 3: vanlig, 4: lokalt dominerende, 5: dominerende på store deler av lokaliteten. \*= svakt forsuringsfølsomme arter.

Lokalitet:	Tverrelva øvre	Tverrelva nedre	Bondalselva øvre	Bondalselva nedre
År	2005	2005	2005	2005
Dato	17.08	17.08	18.08	18.08
MOSER:				
rødmesigdmose <i>Blindia acuta</i> *	1	2	1	
kjølelvemose <i>Fontinalis antipyretica</i> *		1	(1)	2
klobekkmose <i>Hygrohypnum ochraceum</i> *		3	1	2
mattehutre <i>Marsupella emarginata</i>			4	
elvetrappemose <i>Nardia compressa</i>	4		3	
vanlig bjørnemose <i>Polytrichum commune</i>	1			
buttgråmose <i>Rhacomitrium aciculare</i>		2	2	
bekketvebladmose <i>Scapania undulata</i>	2	1	2	
<b>Antall taksa - Moser</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>2</b>

## 7.4 Vedlegg – Småkreps

**Tabell 4.1.** Årtsliste småkreps (pelagiske + litorale prøver) fra Måsvatn, Bondselva i Ørsta kommune, Møre og Romsdal, 2002-2005.

Surhetsfølsomhet er angitt på følgende måte (arter som ikke er gitt verdi finnes langs hele pH-gradienten):

1: svært følsomme (forekommer utelukkende/er dominerende ved pH>6,0),

2: moderat følsomme (dobbelt så vanlig forekommende ved pH>6 enn ved pH<5)

3: moderat tolerante (dobbelt så vanlig forekommende ved pH<5 enn ved pH>6),

4: svært tolerante (forekommer utelukkende/er dominerende ved pH<5,0)

Dato	Følsomhet	19.09.02	24.06.03	29.07.03	08.09.03	17.09.03	08.07.04	05.08.04	15.09.04	01.07.05	22.07.05	21.09.05
Antall litorale prøver		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Antall pelagiske prøver		1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	0
<b>Vannlopper</b>												
Sida crystallina (O.F.M.)	3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Holopedium gibberum Zaddach		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Ceriodaphnia quadrangula (O.F.M.)	3					x		x				
Scapholeberis mucronata (O.F.M.)	3			x		x						
Bosmina longispina Leydig		x	x	x	x	x	x	x	x	x		x
Acantholeberis curvirostris (O.F.M.)	4	x		x		x	x	x	x		x	x
Ilyocryptus acutifrons Sars					x		x					
Ilyocryptus sordidus (Liév.)											x	
Ophryoxus gracilis Sars	2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Streblocerus serricaudatus (Fisch.)							x					
Acroperus harpae (Baird)		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Alona affinis (Leydig)		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Alona guttata Sars		x			x	x	x	x	x			x
Alona rustica Scott	4					x		x	x		x	x
Alonella excisa (Fischer)	3	x		x			x	x			x	x
Alonella nana (Baird)						x		x			x	x
Alonopsis elongata Sars		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Camptocercus rectirostris Schoedler	2									x		
Chydorus gibbus Lilljeborg						x						
Chydorus piger Sars	2	x				x	x	x	x		x	x
Chydorus sphaericus (O.F.M.)			x				x	x	x	x	x	x
Eurycercus lamellatus (A.F.M.)		x	x		x		x	x	x		x	
Graptoleberis testudinaria (Sars)						x		x				x
Pseudochydorus globosus (Baird)	2	x			x							
Rhynchotalona falcata Sars			x			x	x		x			
Polyphemus pediculus (Leuck.)			x	x	x		x			x	x	
<b>Hoppekreps</b>												
Arctodiaptomus laticeps (Sars)	2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Heterocope saliens (Lillj.)	3		x	x	x	x	x	x	x		x	
Macrocyclus albidus (Jur.)	2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Macrocyclus fuscus (Jur.)	3		x		x	x				x		x
Macrocyclus sp.			x									
Eucyclops denticulatus (A.Graet.)	2			x				x				
Eucyclops serrulatus (Fisch.)	2	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x
Cyclops scutifer Sars		x	x	x	x	x		x		x	x	
Megacyclops gigas (Claus)	2								x			
Acanthocyclops robustus Sars		x		x								
Diacyclops nanus (Sars)	3			x						x	x	
ant arter av vannlopper		13	11	11	12	17	17	17	0	10	15	13
ant arter av hoppekreps		5	6	6	6	6	4	6	5	6	6	3
ant arter krepsdyr		18	17	17	18	23	21	23	19	16	21	16
ant følsomme		6	4	4	5	5	5	6	6	5	5	4
ant indifferente		9	10	7	10	11	12	11	9	8	10	7
ant tolerante		3	3	6	3	7	4	6	4	3	6	5
andel følsomme		0,33	0,24	0,24	0,28	0,22	0,24	0,26	0,26	0,25	0,24	0,25



**Tabell 4.2.** Årtsliste småkrepser (pelagiske + litorale prøver) fra Måsvatn, Visavassdraget i Nesset kommune, Møre og Romsdal, 2002-2005. Surhetsfølsomhet er angitt på følgende måte (arter som ikke er gitt verdi finnes langs hele pH-gradienten):

- 1: svært følsomme (forekommer utelukkende/er dominerende ved pH>6)
- 2: moderat følsomme (dobbelte så vanlig forekommende ved pH>6 enn ved pH<5)
- 3: moderat tolerante (dobbelte så vanlig forekommende ved pH<5 enn ved pH>6)
- 4: svært tolerante (forekommer utelukkende/er dominerende ved pH<5)

Dato	Følsomhet	18.09.02	24.06.03	30.07.03	27.08.03	15.09.03	29.06.04	01.08.04	14.09.04	30.06.05	30.07.05	20.09.05
Antall litorale prøver		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Antall pelagiske prøver		1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
<b>Vannlopper</b>												
Sida crystallina (O.F.M.)	3				x	x	x	x	x		x	
Holopedium gibberum Zaddach		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Daphnia longispina	1	x					x	x	x	x	x	x
Scapholeberis mucronata (O.F.M.)	3		x									
Bosmina longispina Leydig		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Acantholeberis curvirostris (O.F.M.)	4					x	x	x				
Ophryoxus gracilis Sars	2		x			x	x	x			x	
Acroperus harpae (Baird)			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Alona affinis (Leydig)		x			x						x	
Alona rustica Scott	4			x	x	x	x	x	x		x	
Alonella excisa (Fischer)	3				x	x		x	x		x	
Alonella nana (Baird)			x		x	x	x	x	x		x	
Alonopsis elongata Sars		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Chydorus piger Sars								x				
Chydorus sphaericus (O.F.M.)			x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Eurycercus lamellatus (A.F.M.)			x		x	x	x	x	x	x	x	x
Rhynchotalona falcata Sars			x	x				x				
Polyphemus pediculus (Leuck.)			x	x	x		x	x	x	x	x	
<b>Hoppekrepser</b>												
Heterocope saliens (Lillj.)	3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Macrocyclus albidus (Jur.)	2				x		x	x				
Macrocyclus fuscus (Jur.)	3		x				x			x		
Macrocyclus sp.					x							
Eucyclops serrulatus (Fisch.)	2				x			x		x		
Cyclops scutifer Sars		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Megacyclops gigas (Claus)								x			x	
Acanthocyclops robustus Sars			x		x				x			
Acanthocyclops vernalis (Fisch.)	4		x		x		x	x				
Diacyclops nanus (Sars)	4		x				x			x		
ant arter av vannlopper		5	11	8	12	12	13	16	12	8	14	6
ant arter av hoppekrepser		2	6	2	6	2	6	6	3	5	4	2
ant arter krepser		7	17	10	18	16	19	22	15	13	18	8
ant følsomme		1	1	0	2	1	3	4	1	2	2	1
ant indifferente		5	11	8	11	10	9	12	10	8	11	6
ant tolerante		1	5	2	5	5	7	6	4	3	4	1
andel følsomme		0,14	0,06	0,00	0,11	0,06	0,16	0,18	0,07	0,15	0,11	0,13

## 7.5 Vedlegg – Bunndyr

**Tabell 5.1. Bunndyr i Bondalselva registrert i roteprøver fra 2002 og 2003. Forsuringsindeks 1 og 2 er beregnet. St. 5 = innl. sør, St. 6: innløp vest, S. 7: litoral, St. 8: utløp, St. 9: utløpselv nedre, St. 10: Bondalselv ved utløp sjø**

Antall bunndyr i roteprøve	Dato: 19.09.2002				Dato: 25.06.2003					Dato: 29.07.2003					Dato: 17.09.2003				
	St. 5	St. 7	St. 8	St. 9	St. 5	St. 6	St. 7	St. 8	St. 9	St. 6	St. 7	St. 8	St. 9	St. 10	St. 6	St. 7	St. 8	St. 9	
<b>Turbellaria</b>																			
** <i>Crenobia alpina</i>																			1
<b>Nematoda</b>																			
		2	4				12	1	1		1				1				4
<b>Oligochaeta</b>	9	6	14		7	1	10	5	1					10					5
<b>Acari</b>	4	3	9	4	1			1	5		8	7	6	2	5	11			5
<b>Bivalvia</b>																			
* <i>Pisidium sp</i>			19	4			15				2	19							9
<b>Ephemeroptera</b>																			
*** <i>Baetis rhodani</i>	44	1	2	18	31	17		1	15	27			14	15	34				7
*** <i>B. fuscatus</i>														20					
*** <i>B. subalpinus</i>														15					
*** <i>Baetis sp</i>									4					6					44
** <i>Ameletus inopinatus</i>	1			1															4
** <i>Siphonurus sp</i>			1				4												
<i>Leptophlebia sp</i>							1											1	2
<b>Plecoptera</b>																			
<i>Amphinemura sulcicollis</i>	6		4	18	1						2								
<i>Amphinemura borealis</i>				16															
<i>Amphinemura sp</i>											3				2			3	6
<i>Brachyptera risi</i>	7				7	14			1			1							1
<i>Leuctra nigra</i>	1		2															3	
<i>Leuctra fusca</i>							1		4	7					1				1
<i>Leuctra hippopus</i>	2		3	17			1					6	19	4					5
<i>Leuctra sp</i>	1				10														
<i>Taeniopteryx nebulosa</i>	2			2					1						3	2		1	11
<i>Protonemura meyeri</i>													1	6	2				1
** <i>Capnia sp</i>																		2	
<i>Nemouridae indet</i>		2				3													
** <i>Isoperla grammatica</i>									6			2	4						
** <i>Isoperla sp</i>	2		10	1	2		3					1							3
** <i>Diura sp</i>	2	1		9	16				1	8			9	7	3				7
<i>Siphonoperla burmeisteri</i>				1															
<i>Perlodidae indet</i>																			5
<b>Trichoptera</b>																			
<i>Rhyacophila nubila larve</i>	2			3	1	1				1			3	8	3				1
<i>Polycentropus flavomacultus</i>		14	73	8									15	1				1	8
<i>Plectrocnemia conspersa</i>				2									1						
<i>Polycentropodidae indet.</i>	1																		
<i>Micrasema sp</i>				3															
** <i>Apatania sp</i>					2	1		5				1							
<i>Limnephilidae indet</i>	3			2														1	1
<i>Oxyethira sp</i>	1			2															1
<b>Chironomidae larver</b>	18	144	263	106	107	131	36	109	225	131	69	157	104	148	9	70	143	32	
<b>Chironomidae pupper</b>			1			1	7	1				7	1	10				1	
<b>Ceraopogonidae</b>		1					1	6		12		16	3						
<b>Simuliidae</b>	8				27	4			4					9	5				1
<b>Tipuloidea</b>	6		2	2	14	11		2	5	8				4	1				2
<b>Diptera</b>	2		1		2		1	1	5			1	3						3
<b>Coleoptera</b>			1				2	1	1	1	2	1	3	2					1
<b>Crustacea</b>																			
<i>Bosmina sp</i>																			1
<i>Chydoridae</i>		23		7			6				1	7							10
<i>Cyclopida</i>			2				2				4	1						3	
<i>Ostracoda</i>	5	1	3	6	2	1				1	1	1							4
<b>Malacostraca</b>																			
<i>Eurycercus lamellatus</i>				1								1							
*** <i>Sida crystalina</i>												1							
<i>Macrotrichidae</i>		2																	
<i>Mysis relicta</i>																			3
<b>Sum</b>	127	200	414	233	230	186	83	151	279	201	90	244	174	268	74	90	207	140	
Forsuringsindeks 1	1	0,83	1	1	1	1	0,5	0,5	1	1	0,25	0,5	1	1	1	1	1	1	1
Forsuringsindeks 2	1	1	0,7	0,8	1	1	0,5	0,5	1	1	0,25	0,5	1	1	1	1	1	1	1
Forsuringsindeks 2, virkelig verdi	2,8	1	0,7	0,8	2,22	1,56	0,5	0,5		2,75	0,25	0,5	1,11	2,9	4,28	1	2,83	2,26	
*** Meget følsom																			
** Moderat følsom																			
* Lite følsom																			

**Tabell 5.2. Bunndyr i Bondalselva registrert i roteprøver fra 2004 og 2005. Stasjoner som i tabell 5.1.**

Antall bunndyr i roteprøve	Dato: 15.09.2004				Dato: 01.07.2005					Dato: 21.09.2005				
	St. 6	St. 7	St. 8	St. 9	St. 6	St. 7	St. 8	St. 9	St. 10	St. 6	St. 7	St. 8	St. 9	St. 10
<b>Turbellaria</b>														
** <i>Crenobia alpina</i>											1	1		
<b>Nematoda</b>														
Oligochaeta	2	6				4	5	1			1	1		
Acari	4		1	2	1	3		1	4		8			2
<b>Bivalvia</b>														
* <i>Pisidium</i> sp.		10	36	1		1	57	1			3	28	1	
<b>Ephemeroptera</b>														
*** <i>Baetis rhodani</i>	43			56			1	35	91		1			8
*** <i>Baetis</i> sp.			5										22	11
** <i>Siphonurus</i> sp.						3								
<i>Leptophlebia marginata</i>		1												
<i>Leptophlebia vespertina</i>		1				1								
<i>Leptophlebia</i> sp.			3											
<b>Plecoptera</b>														
<i>Amphinemura sulcicollis</i>				6	1			1			1			
<i>Amphinemura borealis</i>				13					2					
<i>Amphinemura</i> sp.										8				
<i>Brachyptera risi</i>	9			7	31			1		2				5
<i>Leuctra hippopus</i>	1			6	1					1				
<i>Leuctra fusca</i>				2	2			4	2	1	12			
<i>Leuctra nigra</i>	1			1	2	1								1
<i>Leuctra</i> sp.			1					2	1	1	2			1
<i>Taeniopteryx nebulosa</i>			1	11								1	2	
<i>Nemoura cinera</i>	1					1								
<i>Nemoura</i> indet.													1	
<i>Protonemura meyeri</i>	16			1	6		1					1	3	2
** <i>Isoperla gramatica</i>										2				
** <i>Isoperla</i> sp.			2					23				2		
** <i>Capnia</i> sp.	1			1										
** <i>Diura nanseni</i>	2			12	1									2
** <i>Diura</i> sp.										1			2	
<b>Trichoptera</b>														
<i>Rhyacophila nubila</i> larve	4			3	2	1	1	9		1	1		4	2
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>		1	17	6				2			1	1		
<i>Plectrocnemia conspersa</i>				1										
<i>Polycentropus</i> sp.		4												
<i>Polycentropodidae</i> indet.			1				1						1	
<i>Oxyethira</i> sp.			1	1			2						1	
<i>Limnephilidae</i> indet.	5		2	1			2				1			1
<i>Micrasema</i> sp.								1						
** <i>Apatania</i> sp.								10						
<b>Chironomidae</b> larver	34	131	126	105	185	171	81	133	116	46	95	49	31	22
<b>Chironomidae</b> pupper	2		1											
<b>Ceratopogonidae</b>			1			1	1						1	
<b>Simuliidae</b>	1		1	1	18		4	45	4	3		2		1
<b>Tipuloidea</b>	1			5	9		3	3	8	2				7
<b>Diptera</b>	14				4	3	2	5	3	2			9	1
<b>Coleoptera</b>			1	5			3	3	1				4	3
<b>Collembola</b>														
<i>Collembola</i>					1									
<b>Crustacea</b>														
<i>Bosmina</i> sp.				2										
Chydoridae		60	6	1							9			
Cyclopida		2				6					1			
Ostracoda		3	2	3		1	1	1						3
Macrotrichidae		3				1					1			
Calanoida		8												
<i>Euryercus lamellatus</i>						1					1			
Sum	143	254	214	255	265	210	212	239	247	71	137	93	84	71
Forsuringsindeks 1	1	0,25	1	1	0,5	0,5	1	1	1	1	0,25	0,5	1	1
Forsuringsindeks 2	1	0,25	1	1	0,5	0,5	1	1	1	0,58	0,25	0,5	1	1
Virkelig Indeks 2 verdi	2,04	0,25	3	1,69	0,5	0,5	1,5	4,88	18,7	0,58	0,25	0,5	3,64	3,21
*** Meget følsom														
** Moderat følsom														
* Lite følsom														

**Tabell 5.3. Bunndyr i Visavassdraget registrert i roteprøver fra 2002 og 2003. Forsuringsindeks 1 og 2 er beregnet. S. 1: innløp, St. 2: litoral, St. 3a: utøpsos, St. 3b: utløp midtre, St. 4: utløp nedre**

Antall bunndyr i roteprøve	Dato:18.09.2002				Dato:24.06.03				Dato:30.07.2003					Dato:15.09.2003		
	St. 1	St. 2	St. 3a	St. 3b	St. 1	St. 2	St. 3b	St. 4	St. 1	St. 2	St. 3a	St. 3b	St. 4	St. 1	St. 2	St. 3b
<b>Turbellaria</b>																
** <i>Crenobia alpina</i>	1															
<b>Nematoda</b>																
<b>Oligochaeta</b>	6	5	10	5	3	4	9	10	1	3	7	1	1	8	2	7
<b>Acari</b>	14	6	8	1	1	4	8	1	4	16	5	2	2	3	4	13
<b>Bivalvia</b>																
* <i>Pisidium sp</i>																18
<b>Ephemeroptera</b>																
<i>Leptophlebia sp</i>			1	1												2
*** <i>Baetis rhodani</i>	7				9				16		2			10		
*** <i>Baetis fuscatus</i>									2							
*** <i>Baetis cf subalpinus /vernus</i>									11							
*** <i>Baetis sp</i>							1	10					1			
** <i>Siphonurus sp</i>						1										
<b>Plecoptera</b>																
<i>Amphinemura sp</i>																3
<i>Brachyptera risi</i>																1
<i>Siphonoperla burmeisteri</i>					2											
<i>Leuctra hippopus</i>	1															
<i>Leuctra fusca</i>									4							
<i>Leuctra sp</i>																2
<i>Taeniopteryx nebulosa</i>													2			
** <i>Isoperla sp</i>					2				2		5		2	6		13
** <i>Isoperla grammatica</i>					2											
** <i>Diura sp</i>			1		2		1						2			
** <i>Perlodidae indet</i>	1						1		3				2			
<b>Trichoptera</b>																
<i>Rhyacophila nubila</i>									1				1			
<i>Plectrocnemia conspersa</i>				1									2			
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	1	1	2		1				2	3		10				1
<i>Oxyethira sp</i>							2							5		1
** <i>Apatania sp</i>	1															
<i>Limniphilidae indet</i>							1									
<b>Chironomidae larver</b>	49	61	52	55	47	72	58	45	62	76	190	40	70	14	112	139
<b>Chironomidae puppe</b>					2				1	4	10			1		3
<b>Ceratopogonidae</b>																
<b>Simuliidae</b>					1		7	2	22		11		4	1		1
<b>Tipuloidea</b>																
<b>Diptera</b>	2		2		3				2				1	1		
<b>Collembola</b>																
<b>Crustacea</b>																
<i>Cyclopida</i>			2		5		1			6	9	1			1	1
Ostracoda	3				1				1	1			1	1	1	1
<i>Eurycercus lamellatus</i>		1			6					30		3	1		7	
<b>Chydoridae</b>	3	3	1	5			1		15	11	19			2		3
<b>Calanoidae</b>			2							6					1	
<i>Polyphemus pediculus</i>										1						
<b>Macrotrichidae</b>		5	1	6						2					14	
<i>Holopedium gibberum</i>										1	3					
<i>Harpacticoida</i>	1								1					1		
<i>Holopedium gibberum</i>			10													
<b>Sum</b>	100	86	99	83	79	93	90	72	164	161	279	61	98	62	143	204
Forsuringsindeks 1	1	0	0,5	0	1	0,5	1	1	1	0	1		1	1	0,5	0,5
Forsuringsindeks 2	1	0	0,5	0	1	0,5	0,75	1	1	0	0,83	0,5	0,67	1	0,5	0,5
Forsuringsindeks 2, virkelig verdi	7	0	0,5	0	2	0,5	0,75	3	3,4	0	0,83	0,5	0,63	2,17	0,5	0,5

\*\*\* Meget følsom

\*\* Moderat følsom

\* Lite følsom

**Tabell 5.4.** *Bunndyr i Visavassdraget registrert i roteprøver fra 2004 og 2005. Stasjoner som i tabell 5.3.*

Antall bunndyr i roteprøve	Dato: 15.09.2004				Dato: 30.06.2005					Dato: 21.09.2005					
	Stasjon:	St. 1	St. 2	St. 3 b	St. 4	St. 1	St. 2	St. 3a	St. 3 b	St. 4	St. 1	St. 2	St. 3a	St. 3 b	St. 4
<b>Nematoda</b>	1	2	8	2	3	9	9	4	1		12	16	7	1	
<b>Oligochaeta</b>	3	2	6	1		5	3	2	2			23	4	6	
<b>Acari</b>	2	2	4		6		8	3	5			12	12	1	
<b>Bivalvia</b>	1														
* <i>Pisidium</i> sp.															
<b>Ephemeroptera</b>															
*** <i>Baetis rhodani</i>					6					2	5				
*** <i>Baetis</i> sp.				2										1	
** <i>Siphonurus</i> sp.						8									
<i>Leptophlebia</i> sp.							1								
<b>Plecoptera</b>															
<i>Amphinemura sulcicollis</i>									1						
<i>Leuctra</i> sp.				2							1				
<i>L. fusca</i>											1			1	
<i>Nemoura</i> sp.					1		2				1				
<i>Protonemura meyeri</i>									1	4					
<i>Siphonurus burmeisteri</i>					1										
<i>Taeniopteryx nebulosa</i>															
** <i>Diura</i> sp.				1							1			1	
** <i>Isoperla</i> sp.							1	2	4		1				
** Perlodidae indet.											1	16			
<b>Trichoptera</b>															
<i>Rhyacophila nubila</i>									1						
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>				2	2	24		2		7	8			2	
<i>Plectrocnemia conspersa</i>		3		1		1	1	1		1		1			
<i>Oxyethira</i> sp.			2	2	1		1								
Polycentropodidae indet.	2								2			1	2		
<b>Chironomidae larver</b>			50	9	68	158	146	105	24	9	30				
<b>Chironomidae puppe</b>	2	52										242	80	10	
<b>Ceratopogonidae</b>						1									
<b>Simuliidae</b>					1		31		12	3				1	
<b>Tipuloidea</b>				2	2				3			1	2	2	
<b>Diptera</b>			2			2	4	3		4					
<b>Crustacea</b>	1											1	3		
<i>Cyclopoida</i>						25		1	1	1					
<i>Eurycercus lamellatus</i>											7		1		
<i>Chydoridae</i>		2	1			3					4				
<i>Calanoidae</i>		2					1					10	22		
<i>Macrotrichidae</i>												7	1		
<i>Harpacticoida</i>															
Ostracoda			6			1			1	1		2	8		
<i>Bosmina</i> sp.	1											1			
<b>Sum</b>	13	65	79	24	0	91	237	208	123	60	41	61	333	142	26
Forsuringsindeks 1	0	0	0	1		1	0,5	0,5	0,5	1	1		0,5	0	1
Forsuringsindeks 2	0	0	0	1		1	0,5	0,5	0,5	1	1		0,5	0	1
Forsuringsindeks 2, virkelig verdi	0	0	0	1,5		3,5	0,5	0,5	0,5	1,5	1,2		0,5	0	1,5

\*\*\* Meget følsom

\*\* Moderat følsom

\* Lite følsom









# NINA Rapport 199

ISSN:1504-3312

ISBN10: 82-426-1759-7

ISBN 13: 978-82-426-1759-0



## Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: NO-7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Tungasletta 2, NO-7047 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 73 80 14 01

Organisasjonsnummer: 9500 37 687

<http://www.nina.no>