

Storflom og reforsuring høsten 2000: en evaluering av effekter på vannkvalitet og ørretbestander i åtte kalka innsjøer i Telemark

Trygve Hesthagen
Atle Hindar

NINA Oppdragsmelding 754



Storflom og reforsuring høsten 2000: en evaluering av effekter på vannkvalitet og ørretbestander i åtte kalka innsjøer i Telemark

Trygve Hesthagen
Atle Hindar

Sammenfatning

De åtte innsjøene som ble undersøkt i denne rapporten er alle kalka innsjøer som ligger i Telemark. De er alle innsjøer som har vært utsatt for storflom og reforsuring høsten 2000. Rapporten gir en detaljert beskrivelse av hvordan vannkvaliteten og ørretbestanden har endret seg i disse innsjøene etter flommen. Det er spesielt viktig å se på endringene i pH, kjemisk oksygenforbruk (BOD) og kjemisk oksygenforbruk (KOD), samt endringene i ørretbestanden. Rapporten viser at vannkvaliteten har blitt bedre i alle innsjøene etter flommen, og at ørretbestanden har økt i de fleste innsjøene. Dette er et godt tegn på at naturen er i stand til å gjenopprette seg etter store naturkatastrofer.

Forord

Denne rapporten er utarbeidet som en del av et større forskningsprosjekt som er finansiert av NINA og Miljødepartementet. Prosjektet har som mål å undersøke effekten av store flommer og reforsuring på vannkvaliteten og ørretbestanden i kalka innsjøer i Telemark. Rapporten er basert på data som er samlet inn i løpet av et år etter flommen høsten 2000.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

1.2 Mål og opplegg

NINA publikasjoner

NINA utgir følgende faste publikasjoner:

NINA Fagrapport

Her publiseres resultater av NINAs eget forskningsarbeid, problemoversikter, kartlegging av kunnskapsnivået innen et emne, og litteraturstudier. Rapporter utgis også som et alternativ eller et supplement til internasjonal publisering, der tidsaspekt, materialets art, målgruppe m.m. gjør dette nødvendig.

Opplag: Normalt 300-500

NINA Oppdragsmelding

Det er det minimum av rapportering som NINA gir til oppdragsgiver etter fullført forsknings- eller utredningsprosjekt. I tillegg til de emner som dekkes av fagrapportene, vil oppdragsmeldingene også omfatte befaringsrapporter, seminar- og konferanseforedrag, års-rapporter fra overvåkningsprogrammer, o.a.

Opplaget er begrenset. (Normalt 50-100)

NINA Project Report

Serien presenterer resultater fra prosjekter når resultatene må gjøres tilgjengelig på engelsk. Serien omfatter original egenforskning, litteraturstudier, analyser av spesielle problemer eller tema, etc.

Opplaget varierer avhengig av behov og målgrupper

Temahefter

Disse behandler spesielle tema og utarbeides etter behov bl.a. for å informere om viktige problemstillinger i samfunnet. Målgruppen er "allmennheten" eller særskilte grupper, f.eks. landbruket, fylkesmennenes miljøvern-avdelinger, turist- og friluftlivskretser o.l. De gis derfor en mer populærfaglig form og med mer bruk av illustrasjoner enn ovennevnte publikasjoner.

Opplag: Varierer

Fakta-ark

Hensikten med disse er å gjøre de viktigste resultatene av NINAs faglige virksomhet, og som er publisert andre steder, tilgjengelig for et større publikum (presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivåer, politikere og interesserte enkeltpersoner).

Opplag: 1200-1800

I tillegg publiserer NINA-ansatte sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler, gjennom populærfaglige tidsskrifter og aviser.

Hesthagen, T. & Hindar, A. 2002. Storfloem og reforsuring høsten 2000: en evaluering av effekter på vannkvalitet og ørretbestander i åtte kalka innsjøer i Telemark. – NINA Oppdragsmelding 754: 1-17.

Trondheim, oktober 2002

ISSN 0802-4103

ISBN 82-426-1336-2

Forvaltningsområde:

Rettighetshaver ©:

NINA•NIKU

Stiftelsen for naturforskning og kulturminneforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon:

Norunn S. Myklebust

Design og layout:

Synnøve Vanvik

Sats: NINA•NIKU

Kopiering: Norservice

Opplag: 100

Kontaktadresse:

NINA•NIKU

Tungasletta 2

N-7485 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefax: 73 80 14 01

Tilgjengelighet: Åpen

Prosjekt nr.: 13145 Effekt av vasskvalitetsdropp på fiskebestand

Ansvarlig signatur:

Norunn S. Myklebust

Oppdragsgiver:

Direktoratet for naturforvaltning
Fylkesmannen i Telemark

Referat

Hesthagen, T. & Hindar, A. 2002. Storfloam og reforsuring høsten 2000: en evaluering av effekter på vannkvalitet og ørretbestander i åtte kalka innsjøer i Telemark. – NINA Oppdragsmelding 754: 1-17.

Rapporten gir en evaluering av hvilke effekt storflommen i Sør-Norge høsten 2000 hadde på vannkvalitet og ørretbestander i åtte kalka innsjøer i Nissedal og Fyresdal kommuner i sørvestlige deler av Telemark. Flomforløpet er basert på vannføringsdata fra Gjerstadvassdraget, som har sitt utspring i området sør for Gautefallheia i Vest-Telemark. Her startet flommen den 10. oktober og varte i to måneder. Flommen førte til sterk forringelse av vannkvaliteten i Ervedalsvatnet, og sannsynligvis også i Øyarvatnet. I Kjempåsvatnet og Buvatnet var vannkvaliteten imidlertid akseptabel etter flommen. For Svinsundvatnet er det ikke data fra tiden umiddelbart etter flommen, men data fra juni året etter viser at det ikke er spor av kalk igjen i vannet. I Gloppevatnet og kanskje Sandvatnet og Nordvatnet (data mangler) kan en ikke forvente at vannkvaliteten holder seg særlig lenge etter innsjøkalking pga svært kort oppholdstid, og flommen forverret situasjonen ytterligere.

Prøvefiske ble foretatt med oversiktsgarn i slutten av august 2001, og fangstutbyttet (CPUE) uttrykkes som antall individ fanget pr. 100 m² garnareal. Ørret er eneste fiskeart i de undersøkte innsjøene, bortsett fra svært tynne bestander av bekkerøye i to lokaliteter. Det var betydelige variasjoner i fangstutbyttet mellom de enkelte innsjøene, med CPUE mellom 1,8 og 17,1 individ. Vi fant en statistisk sammenheng mellom fangstutbyttet av ørret og endringen i pH mellom desember 2000 og 1. juni 2001 ($p < 0,05$). Det var også en svak statistisk sammenheng mellom fangstutbyttet og pH den 1. juni 2001 ($p = 0,14$). Tre innsjøer øst for Kjempåsen i Nissedal, der pH falt mellom 0,69-0,78 fra desember 2000 til juni 2001, hadde lavest fangstutbytte (CPUE: 1,8 - 2,2). Disse lokalitetene kan for øvrig også ha tynne bestander pga små gyte- og oppvekstarealer på rennende vann. Ervedalsvatnet hadde også lavt fangstutbytte, med CPUE på 3,3. Dette vannet var sterkt forsuret allerede på slutten av 2000, med et pH fall fra 5,93 til 4,99 mellom oktober og desember. Aldersanalysen viste klar rekrutteringsvikt hos ørreten i vannene med små ørretbestander. Dette er trolig årsaken til at ørreten i disse lokalitetene vokste bedre og hadde høyere kondisjonsfaktor enn individ i innsjøer med høyere tetthet.

Resultatene tyder på at storflommen høsten 2000 ga økt dødelighet eller utvandring av ørret i innsjøer med kronisk dårlig vannkvalitet i løpet av vinteren og våren 2001. Det er imidlertid vanskelig estimere hvor mye disse bestandene ble redusert fordi en mangler data fra før flommen.

Emneord: Telemark- storflom- kalking – reforsuring - ørret

Trygve Hesthagen, Norsk institutt for naturforskning, Tungasletta 2, 7485 Trondheim.

Atle Hindar, Norsk institutt for vannforskning, Televeien 1, 4890 Grimstad.

Forord

Dette prosjektet er utført på oppdrag fra Direktoratet for naturforvaltning (DN) og Fylkesmannen i Telemark (FiT). I forbindelse med den store flommen i Sør-Norge høsten ble det foreslått for de to etatene å studere hvilke effekter dette hadde på ørretbestander i noen kalka innsjøer i dette fylket. FiT samlet inn vannprøver fra en del kalka innsjøer før, under og etter flommen. DN og FiT ønsket å bekoste prosjektet, med øremerkede FoU-midler. Vi vil takke konsulent Håvard Solhøi hos FiT for verdifull hjelp i forbindelse med prosjektet, både ved utvelgelse av lokaliteter, kontaktpersoner, tilrettelegging av vannkjemiske data og framskaffelse av ulike opplysninger om kalkingen i de enkelte vannene. I DN har Roy Langåker vært ansvarlig for prosjektet. Videre takkes Torbjørn Forseth for gjennomlesing av rapporten, Nils Arne Hvidsten for deltakelse under prøvefisket og Leidulf Fløystad for aldersbestemmelse av fisken.

Trondheim, mai 2002

Trygve Hesthagen
prosjektleder

Innhold

Referat.....	3
Abstract.....	3
Forord.....	4
1 Innledning.....	5
2 Områdebeskrivelse.....	5
2.1 Lokalisering, fysiske forhold og fiskebestander... 5	
2.2 Kalking.....	5
3 Metoder.....	8
3.1 Vannprøvetaking og vannkjemiske analyser..... 8	
3.2 Prøvefiske.....	8
4 Resultater.....	9
4.1 Beskrivelse av flomperioden og vannkvaliteten... 9	
4.2 Fangstutbytte ved prøvefiske.....	11
4.3 Alder, vekst, kondisjon og kjønnsmodning..... 11	
4.4 Sammenhengen mellom vannkemi og fangstutbyttet ved prøvefiske.....	14
5 Diskusjon.....	15
6 Litteratur.....	17

1 Innledning

Forsuringen påvirker fiskebestander ved at giftige, kjemiske forbindelser som konsentrasjonen av hydrogenioner (pH) og uorganisk aluminium påvirker direkte vekst og overlevelse, eller indirekte gjennom endret tilgang på næring og fysiologiske forstyrrelser. Endringer i aldersfordeling og tetthet er de første og mest iøynefallende virkningene av forsuring på fiskebestander (Haines 1981, Harvey 1982, Schindler et al. 1985). Direkte effekter kan omfatte både rekrutteringssvikt og redusert overlevelse hos voksne individ, eller en kombinasjon av begge faktorer. Rekrutteringssvikt kan skyldes økt dødelighet på yngre stadier, svekket reproduksjonsfysiologi eller hemmet gyteatferd. Bestander avtar på grunn av manglende rekruttering etterhvert som eldre individ dør (Rosseland et al. 1980, Hesthagen & Jonsson 2002). Redusert overlevelse hos voksne individ har vært forklart med høy dødelighet i perioder med surt vann, høy dødelighet av gytefisk etter gyting, unnvikelsesatferd hos fisken slik at store deler av bestanden forlater den sure lokaliteten, eller sviktende næringsgrunnlag (Rosseland et al. 1980, Barlaup & Åtland 1996a).

Høsten 2000 kom det uvanlig store nedbørsmengder i deler av Sør-Norge, med 4-5 ganger over normalen i november måned. Vannprøver fra en del kalka innsjøer som Fylkesmannen i Telemark samlet inn før, under og etter storflommen viste at det hadde skjedd en klar refsuring. Disse vannkjemiske prøvene ga derfor en mulighet til å analysere om slike episoder med refsuring har negative effekter på fiskebestander. For å evaluere dette ble 8 kalka innsjøer med ørret i Telemark prøvefisket høsten 2001. Hensikten var å relatere fangstutbytte, aldersfordeling, rekrutteringsstyrke og vekst til vannkjemiske endringer som følge av flommen.

2 Områdebeskrivelse

2.1 Lokalisering, fysiske forhold og fiskebestander

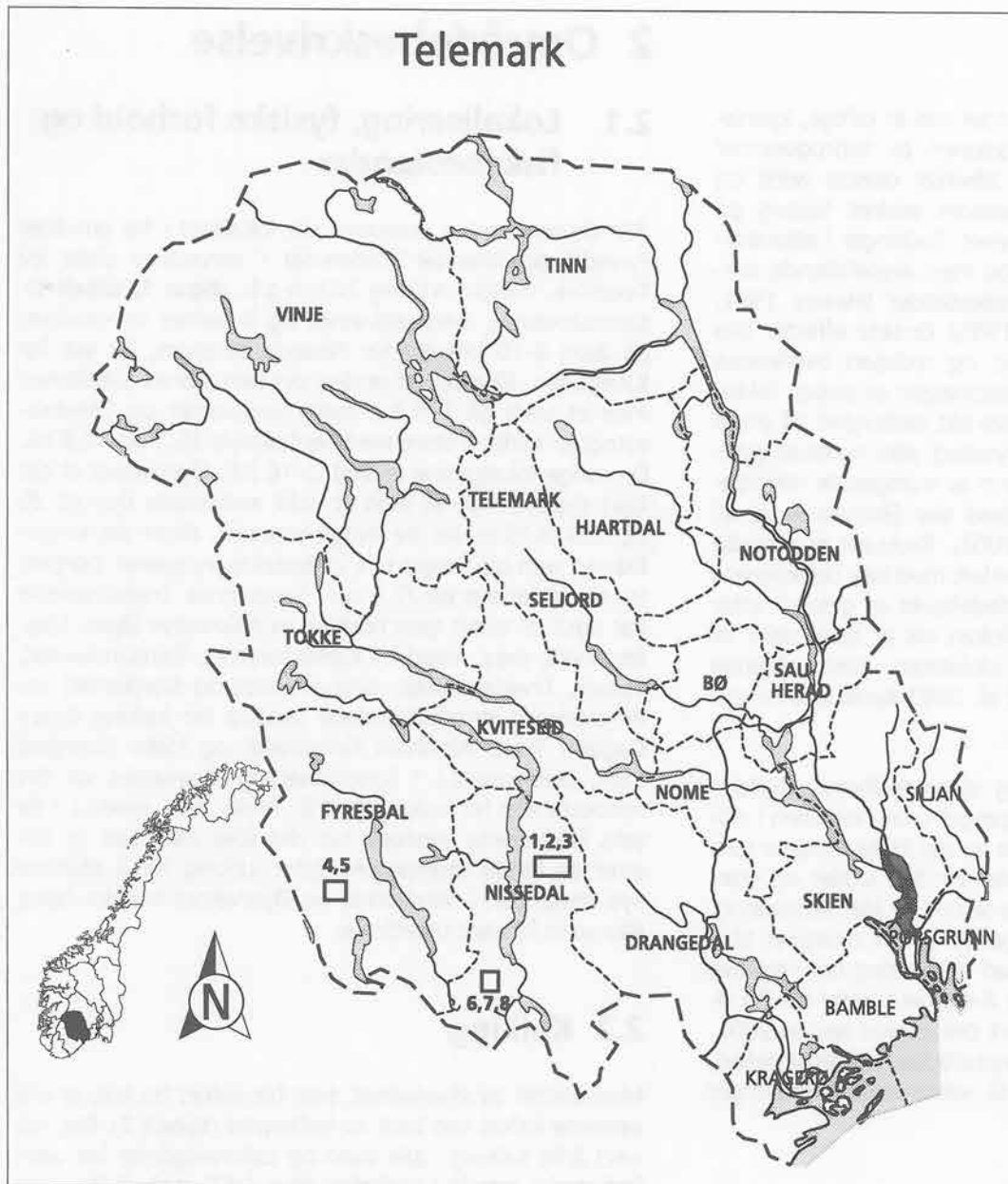
Alle de undersøkte innsjøene var lokalisert i tre områder Fyresdal og Nissedal kommuner i sørvestlige deler av Telemark, mellom 417 og 703 m o.h. (**figur 1, tabell 1**). Kjempåsvatnet, Svinsundvatnet og Buvatnet er lokalisert på åsen 8-10 km øst for Nissedal sentrum, litt øst for Kjempåsen. Øyarvatnet er den desidert største lokaliteten med et areal på 179 ha, mens Sandvatnet og Ervedalsvatnet er middels store med henholdsvis 55,3 og 42,8 ha. De øvrige lokalitetene er små (3-16 ha). Øyarvatnet er det klart dypeste vannet med et målt maksimum dyp på 35 m, mot 3-16 m for de øvrige vannene. Ørret var eneste fiskeart som ble fanget i de undersøkte innsjøene, bortsett fra én bekkerøye på 27,5 cm i Sandvatnet. Ervedalsvatnet har også en svært tynn bestand av bekkerøye (Bjørn Dagfinn Tveit, pers. medd.). I Kjempåsvatnet, Svinsundvatnet, Buvatn, Ervedalsvatnet, Gloppevatnet og Nordvatnet var de stedege ørretbestandene utdødd før kalking (Bjørn Dagfinn Tveit, Abraham Grimstvedt og Hans Nordgard Tveit, pers. medd.). I Sandvatnet og Øyarvatnet var det restbestander før kalking (Leif B. Tovsli, pers. medd.). I de seks førstnevnte vannene har det ikke vært satt ut fisk etter de første utsettingene etter kalking for å etablere nye bestander. I Sandvatnet og Øyarvatnet har det heller ikke vært foretatt utsettinger.

2.2 Kalking

Med unntak av Øyarvatnet, som ble kalket fra båt, er alle vannene kalket ved bruk av helikopter (**tabell 2**). Det har vært årlig kalking i alle vann og kalkmengdene har vært forholdsvis stabile i perioden etter 1996 (**tabell 3**). Dato for kalking er ikke oppgitt, men vi antar at det er kalket i perioden august-september hvert år. I 2001 (etter flommen) er det kun i Ervedalsvatnet, Gloppevatnet og Nordvatnet at det er kalket noe mer enn i 2000.

For tre av innsjøene finnes data for arealer, nedbørsfelt og oppholdstid (**tabell 4**).

Telemark



Figur 1. Kart over Telemark som viser lokalisert av de undersøkte vannene i tre områder i Nissedal og Fyresdal kommuner. Nummer står for disse innsjøene: 1=Svinsundvatnet, 2=Buvatnet, 3=Kjempåsvatnet, 4=Sandvatnet, 5=Øyarvatnet, 6=Gloppevatnet, 7=Nordvatnet og 8= Ervedalsvatnet.

Tabell 1. Lokaliseringen av de innsjøene som ble prøvofisket høsten 2001, med noen fysiske data. * Middeldypet er ikke beregnet men anslått basert på faktiske dybdemålinger på et stort antall steder i hver lokalitet.

Nr	Sted	Kommune	Høyde	Areal (ha)	Siktedyp (m)	Maks dyp (m)	Middels dyp (m)*
1	Svinsundvatn	Nissedal	635	13,0	3,0	10	8
2	Buvatn	Nissedal	635	13,0	3,0	7	4
3	Kjempåsvatn	Nissedal	635	16,0	3,5	8	3
4	Sandvatn	Fyresdal	703	55,3	4,0	14	7
5	Øyarvatn	Fyresdal	702	179,0	4,0	35	8
6	Gloppevatn	Nissedal	417	9,7	2,5	13	5
7	Nordvatn	Nissedal	418	3,0	2,5	3	2
8	Ervedalsvatn	Nissedal	454	42,8	3,0	16	6

Tabell 2. Oversikt over lokaliteter og hvem som er ansvarlig for kalkingen.

Vann-nummer	Lokalitetsnavn	Kartblad	UTM	Metode	Forening
15478	Ervedalsvatn	1513-2	673-410	Helikopter	Tveit Fiskelag vest
14774	Kjempåsvatn	1613-3	804-578	Helikopter	Nordbygda og Kyrkjebygda Fiskelag
530022	Svinsundvatn	1613-3	808-580	Helikopter	Nordbygda og Kyrkjebygda Fiskelag
530021	Buvatn	1613-3	813-578	Helikopter	Nordbygda og Kyrkjebygda Fiskelag
7688	Gloppevatn	1512-1	688-398	Helikopter	Tveit Fiskelag vest
7856	Nordvatn	1512-1	680-402	Helikopter	Tveit Fiskelag vest
15002	Øyenvatn	1513-3	384-511	Båt	Birtedalen Fiskelag
14905	Sandvatn	1513-3	371-525	Helikopter	Tveit Fiskelag vest

Tabell 3. Oversikt over brukte kalkmengder (tonn) i årene 1996-2001 for de undersøkte vatna.

År	Ervedalsvatn	Kjempåsvatn	Svinsundvatn	Buvatn	Gloppevatn	Nordvatn	Øyarvatn	Sandvatn
1996	27	10	10	9	4	2	75	25
1997	16	5	5	6	4	4	53	18
1998	10	5	5	6	4	4	53	18
1999	10	5	5	6	5	4	50	18
2000	10	5	6	6	6	5	50	20
2001	15	5	6	6	8	6	50	20

Tabell 4. data for innsjø, nedbørsfelt og hydrologi.

Lokalitet	Areal-innsjø km ²	Areal-felt km ²	Spes.avrenn L/km ²	Middeldyp m	Volum mill.m ³	Opph.tid år
Ervedalsvatn	0,450	6,73	25	6,0	2,70	0,51
Gloppevatn	0,110	15,26	25	5,0	0,55	0,05
Øyarvatn	1,725	38,55	35	8,0	13,80	0,32

3 Metoder

3.1 Vannprøvetaking og vannkjemiske analyser

Alle vannprøver er samlet inn av lokale prøvetakere på oppdrag fra Fylkesmannen i Telemark, og prøvene er analysert ved Rødmyr Miljølaboratorium i Telemark. For tre av innsjøene finnes det også vannkjemiske data fra 1975, men de er ikke benyttet her.

3.2 Prøvefiske

Prøvefiske ble gjennomført med Nordisk oversiktsgarn i siste uke av august 2001. Disse garna består av 12 ulike maskevidder: 5, 6.3, 8, 10, 12.5, 15.5, 19.5, 24, 29, 35, 43 og 55 mm (Appelberg et al. 1995). Hvert garn er 30 m langt og 1,5 m dypt, dvs at det er segmenter på 2.5 m av hver maskevidde (3.75 m²). Det ble benyttet stratifisert prøvetaking ved at garna ble satt langs bunnen i bestemte dybdeintervaller: 0-3 m, 3-6 m og 6-12 m, avhengig av dybdeforholdene i hver enkelt innsjø. Fangsttinsatsen følger i utgangspunktet en svensk standard, avhengig av innsjøens størrelse og maksimum dyp. Av ressursmessige grunner var fangsttinsatsen ved undersøkelsen noe lavere enn anbefalt. Dette ble også gjort fordi arealet på flere lokaliteter var mindre enn 20 ha; som er minimumsstørrelsen som fangsttinsatsen hittil har vært beregnet for. Plaseringen av garna i forhold til strandlinjen avhenger av dybdeforholdene. I dype innsjøer må garna settes nærmest parallelt med land for å finne dyp på 0-3 m, mens de i grunne sjøer kan settes rett ut fra land. Stasjonene for garnsetting var jevnt fordelt rundt hver innsjø, og ekkolodd ble benyttet for å finne de rette dybene. Bortsett fra i Nordvatnet, med et maks dyp på 3 m, ble det satt garn på 0-3 og 3-6 m dyp i alle innsjøene. Standard fangstutbytte ble derfor angitt som antall individ fanget pr. 100 m² garnareal pr. natt på 0-6 m dyp.

Det ble tatt følgende prøver av fisken i fangstene: lengde (nærmeste mm), vekt (nærmeste gram), kjønn, kjønnsmodning, samt skjell og øresteiner. Både skjell og øresteinene ble seinere benyttet ved aldersbestemmelsen. Fiskens vekst ble tilbakeregnet basert på skjellveksten, og det ble antatt å være et proporsjonalt forhold mellom skjellvekst og fiskens lengdevekst. For å analysere fiskens veksthastighet, benyttet vi øyeblikkelig veksthastighet (G) basert på tilbakeregnet lengde mellom 3. leveår (L3) og 4. leveår (L4) for alle aldersgrupper samlet ($G_{3,4} = \ln L4 - \ln L3$). Disse to aldersgruppene ble benyttet fordi de var best representert i alle de undersøkte bestandene. $G_{3,4}$ representerer tilveksten i sesongen 1997.

Vi relaterte fangstutbyttet med følgende pH-verdier: (i) Lavest målte pH etter de verste nedbørsmengdene i desember 2000, (ii) Laveste målte pH vinteren/våren 2001,

(iii) Droppet i pH (Δ) fra før de store nedbørsmengdene satte inn til en ettersituasjon, med 18. oktober til 18. desember 2000 som måleperiode, (iv) Endringen i vannkvalitet (Δ pH) fra desember 2000 til våren 2001 (1. juni). For Svinsundvatnet foreligger det ikke vannprøver fra desember 2000, der den siste vannprøven det året ble tatt 9. november. I Kjempåsvatnet, nabovannet til Svinsundvatnet, var det et pH-fall på 0,43 enheter fra november til desember 2000. Vi antar derfor at Svinsundvatnet hadde tilsvarende pH-endring i samme periode.

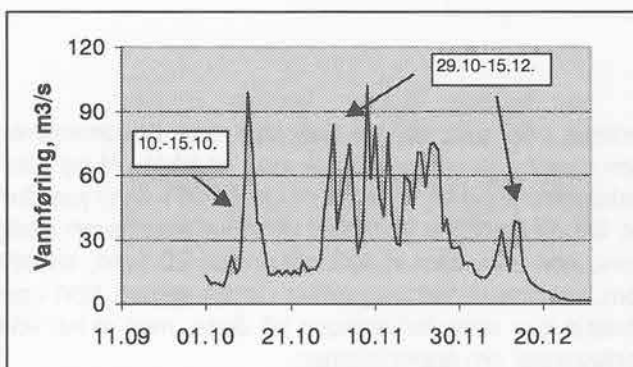
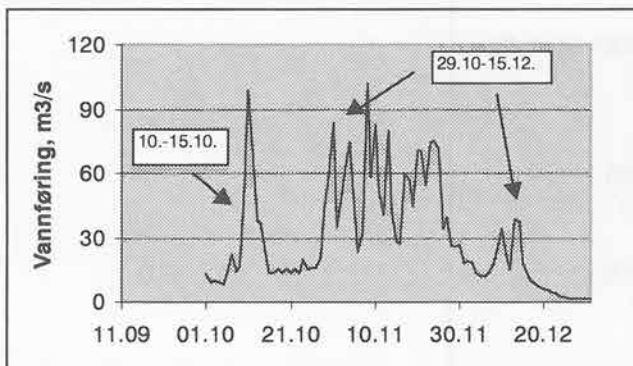
4 Resultater

4.1 Beskrivelse av flomperioden og vannkvaliteten

Vi har valgt å benytte vannføringsdata fra Gjerstadvassdraget for å vise flomforløpet i forsøkslokalitetene. Dette vassdraget har sitt utspring i området sør for Gautefallheia i Vest-Telemark og antas å gi et godt bilde av flomperioden for de undersøkte innsjøene. Gjerstadvassdraget er moderat stort, med et målepunkt oppstrøms Gjerstadvatnet. Flomdempingen er derfor beskjeden.

Figur 2 viser vannføringen i Gjerstadvassdraget og på stasjonen Kjellingtjern høyt opp i samme vassdrag høsten 2000. Flommen startet 10. oktober og varte i to måneder. Som vi ser var det en 13 dagers pause mellom første flom og den lange flomperioden i november. Det var også en pause på én uke fra 1. desember og fram til den noe mer beskjedne vannføringsøkningen i desember.

Prøvetaking av vannkjemi ble gjennomført i omlag samme omfang for alle vann, men for enkelte av dem mangler data som gjør tolkningen av kalkingseffekt og flom vanskelig eller umulig (**tabell 5, figur 3 og 4**). I **figur 5** er sammenhengen mellom pH og Ca for alle prøver vist og kommentert.



Figur 2. Vannføringen i Gjerstadvassdraget (øverst) og Kjellingtjern i samme vassdrag (nederst) høsten 2000.

Selv om kalkmengdene har vært relativt stabile i alle vann, er det en påfallende tydelig reduksjon i pH og i konsentrasjonen av kalsium siden 1996 (**figur 3 og 4**). Siden vannkvaliteten generelt er blitt bedre ville en tro at samme kalkmengde ville gi en gradvis økt pH og en mer stabil konsentrasjon av kalsium.

I Ervedalsvatnet, Buvatnet og Gloppevatnet var prøvetakingen nesten ideell med hensyn til å dokumentere flomeffekten. Men første prøvetaking skjedde den 18. oktober 2000, som var noen dager etter den første flommen fra 10. til 15. oktober. Nordvatnet ble også prøvetatt på dette tidspunktet, men ikke før i juni 2001 etter flommen. Den umiddelbare effekten av flommen kan derfor ikke måles i Nordvatnet. I de to første vannene var pH omlag 6,0 den 18. oktober, og ble redusert til henholdsvis 4,99 og 5,83 to måneder seinere. Konsentrasjonen av kalsium var 1,5 mg/L den 18. oktober og hhv. 0,7 og 1,0 mg/L etter flommen. Med oppholdstid på et halvt år er denne utviklingen dramatisk for Ervedalsvatnet. At forløpet har vært mindre dramatisk i Buvatnet kan skyldes lengre oppholdstid, men vi har ikke opplysninger om dette og kan derfor ikke si noe med sikkerhet. Men vannkvaliteten etter flommen i Buvatnet var i alle fall langt på vei akseptabel.

I Gloppevatnet og Nordvatnet var vannkvaliteten allerede før hovedflommen i november temmelig dårlig (pH 4,9-5,0). For Gloppevatnet kan dette skyldes svært kort oppholdstid (0,05 år) og at vannet egentlig ikke er egnet for innsjøkalking alene. Forholdet mellom pH og Ca viser dessuten at vannet er svært surt og at Ca-konsentrasjoner på nær 1,0 mg/L kun gir pH så vidt over 5,0 (**figur 5**). Konsentrasjonen må være over 1,5 mg/L for å gi pH 6,0. Her ble pH redusert med to tideler, mens kalsiumkonsentrasjonen ble redusert fra 0,93 til 0,37 mg/L. Vannkvaliteten etter flom er trolig temmelig nær en ukalket tilstand. I Nordvatnet har forløpet trolig vært noe av det samme, men dette kan altså ikke dokumenteres. Kalsiumkonsentrasjonen i juni året etter var så lav som 0,6 mg/L.

I Kjempåsvatnet var det prøvetaking den 9. november og i slutten av desember. Det vil si at flommen allerede hadde pågått en lang stund før prøvetakingen. Vannkvaliteten her har trolig vært svært god før flom, med pH 6,38 i november og 5,97 den 27. desember. Vannkvaliteten etter flom var derfor god. Vi har ikke data for oppholdstid, men den er sannsynligvis forholdsvis lang.

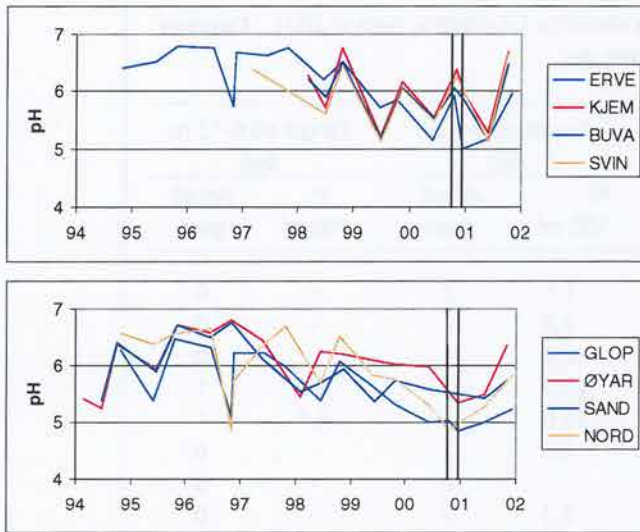
Svinsundvatnet ble heller ikke prøvetatt før i november, mens prøvetakingen etter flom ikke ble gjort før i juni 2001. Den umiddelbare effekten av flommen kan derfor ikke måles. Også her har vannkvaliteten trolig vært svært god før flommen idet pH ble målt til 6,24 den 9. november. Den 1. juni 2001 var imidlertid pH helt nede i 5,13, mens kalsiumkonsentrasjonen var så lav som 0,24 mg/L. Dette er trolig temmelig nær en situasjon hvor vannet er helt upåvirket av kalkingen.

Tabell 5. Oversikt over prøvetakingsdatoer for måling av pH og Ca. Kommentarene viser om prøvetakingen representerer perioden før eller etter flommen høsten 2000, og om den dokumenterer om det er kalket høsten 2000. Data fra etter kalkingen i 2001 indikerer om flommen høsten før har påvirket resultatet av kalkingen året etter.

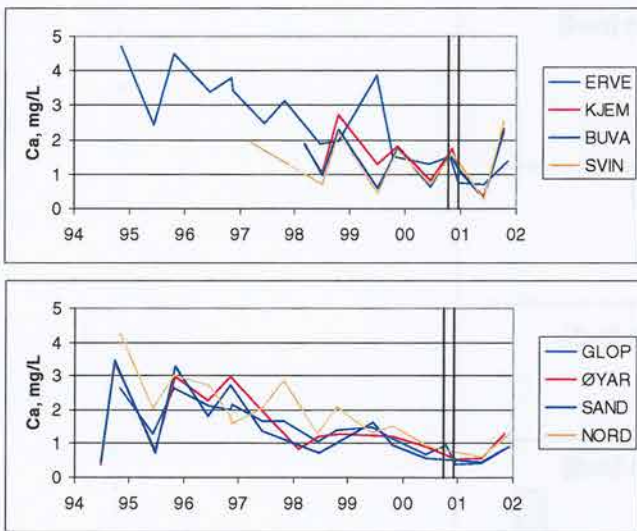
Vann	Prøvedato	Ca (mg/l)	pH	Kommentar
Ervedalsvatn	06.11.2001	1,37	5,96	postkalk 2001
Ervedalsvatn	05.06.2001	0,70	5,17	etterdata
Ervedalsvatn	18.12.2000	0,73	4,99	etterdata
Ervedalsvatn	18.10.2000	1,50	5,93	førdata
Ervedalsvatn	05.06.2000	1,27	5,15	kalket høst 2000
Kjempåsvatn	09.10.2001	2,33	6,70	postkalk 2001
Kjempåsvatn	01.06.2001	0,33	5,28	etterdata
Kjempåsvatn	27.12.2000	1,11	5,97	etterdata
Kjempåsvatn	09.11.2000	1,74	6,38	underdata
Kjempåsvatn	13.06.2000	0,81	5,54	kalket høst 2000
Buvatn	09.10.2001	2,24	6,46	postkalk 2001
Buvatn	01.06.2001	0,28	5,14	etterdata
Buvatn	27.12.2000	1,05	5,83	etterdata
Buvatn	18.10.2000	1,57	6,06	førdata
Buvatn	13.06.2000	0,62	5,52	kalket høst 2000
Svinsundvatn	09.10.2001	2,55	6,64	Postkalk 2001
Svinsundvatn	01.06.2001	0,24	5,13	etterdata
Svinsundvatn	09.11.2001	1,63	6,24	underdata
Svinsundvatn	13.06.2000	0,70	5,48	Kalket høst 2000
Gloppevatn	10.12.2001	0,92	5,23	postkalk 2001 (lite kalk)
Gloppevatn	05.06.2001	0,42	4,99	etterkalka
Gloppevatn	18.12.2000	0,37	4,85	etterdata
Gloppevatn	18.10.2000	0,93	5,03	førdata
Gloppevatn	05.06.2000	0,67	5,00	Kalket høst 2000? (lite kalk)
Øyarvatn	07.11.2001	1,28	6,35	postkalk 2001
Øyarvatn	08.06.2001	0,57	5,50	etterdata
Øyarvatn	18.12.2000	0,51	5,34	etterdata
Øyarvatn	06.06.2000	0,89	5,97	førdata (kalket?)
Sandvatn	07.11.2001	0,83	5,74	Postkalk 2001?
Sandvatn	08.06.2001	0,44	5,43	Etterdata
Sandvatn	06.06.2000	0,56	5,57	førdata (kalket?)
Nordvatn	10.12.2001	1,26	5,83	Postkalk 2001
Nordvatn	05.06.2001	0,60	5,26	etterdata
Nordvatn	18.10.2000	0,79	4,87	førdata
Nordvatn	05.06.2000	0,94	5,29	førdata (kalket?)

I Øyarvatnet ble det kun tatt vannprøve i juni før flommen og i desember etter flommen, mens Sandvatnet kun ble prøvetatt i juni begge år. Effekten av kalking og flom i disse vannene kan derfor ikke dokumenteres med vannkjemiske data. Siden pH var 5,97 i Øyarvatnet i juni 2000, og hvis det deretter ble kalket med 50 tonn kalk, har sannsynligvis vannkvaliteten før flom vært svært god. Under denne forutsetning viser en pH-verdi på 5,34 og kalsiumkonsentrasjon på 0,51 mg/L den 18. desember 2000 at flommen har transportert hele kalkmengden ut av vannet i løpet av to måneder. Kort oppholdstid (ca. 0,3 år) gjør en rask utspyling sannsynlig.

Forløpet i Sandvatnet kan som sagt ikke dokumenteres, men data fra juni begge årene viser at både pH og kalsiumkonsentrasjon var noe lavere i juni 2001 enn i juni året før. Begge årene var imidlertid vannkvaliteten svært dårlig i juni, noe som viser at kalkingen med 20 tonn, uansett flom, ikke har tilstrekkelig effekt i dette vannet. Kort oppholdstid kan være forklaringen på dette, men vi har ikke opplysninger om oppholdstiden.

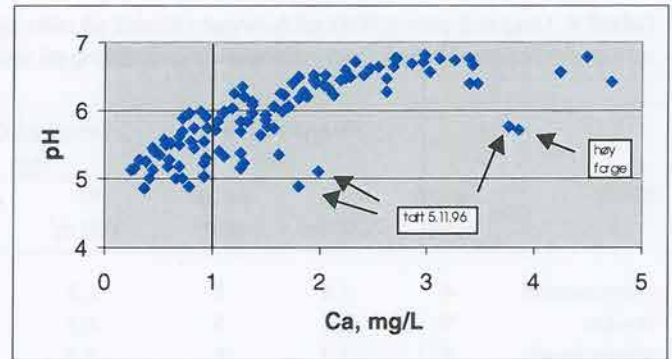


Figur 3. pH i de undersøkte lokalitetene i perioden 1994-2001. Flomperioden høsten 2000 er indikert ved vertikale linjer.



Figur 4. Kalsium i de undersøkte vannene i perioden 1994-2001. Flomperioden høsten 2000 er indikert ved vertikale linjer.

Oppsummert kan vi si at flommen førte til sterk forringelse av vannkvaliteten i Ervedalsvatnet og sannsynligvis også i Øyarvatnet. I Kjempåsvatnet og Buvatnet var den imidlertid akseptabel etter flommen. For Svinsundvatnet er det ikke data fra tiden umiddelbart etter flommen, men data fra juni året etter viser at det ikke er spor av kalk igjen i vannet. I Gloppevatnet og kanskje Sandvatnet og Nordvatnet (data mangler) kan en ikke forvente at vannkvaliteten holder seg særlig lenge etter innsjøkalking pga svært kort oppholdstid, og flommen forverret situasjonen ytterligere.



Figur 5. Forholdet mellom pH og Ca for alle prøvene i datasettet. Noen avvikende punkter i figuren er vist ved piler. Tre av fire prøver er tatt den 5.11.1996 og viser svært lav pH i forhold til Ca. Vi vet ikke årsaken til disse avvikene, mens det fjerde punktet trolig skyldes at fargetallet i Ervedalsvatnet den 21.6.1999 var høyere enn vanlig (82 mg Pt/L), og bidro til lav pH. Vertikal linje indikerer at vann med <1,0 mg Ca/L ikke har pH > 6,0.

4.2 Fangstutbytte ved prøvafiske

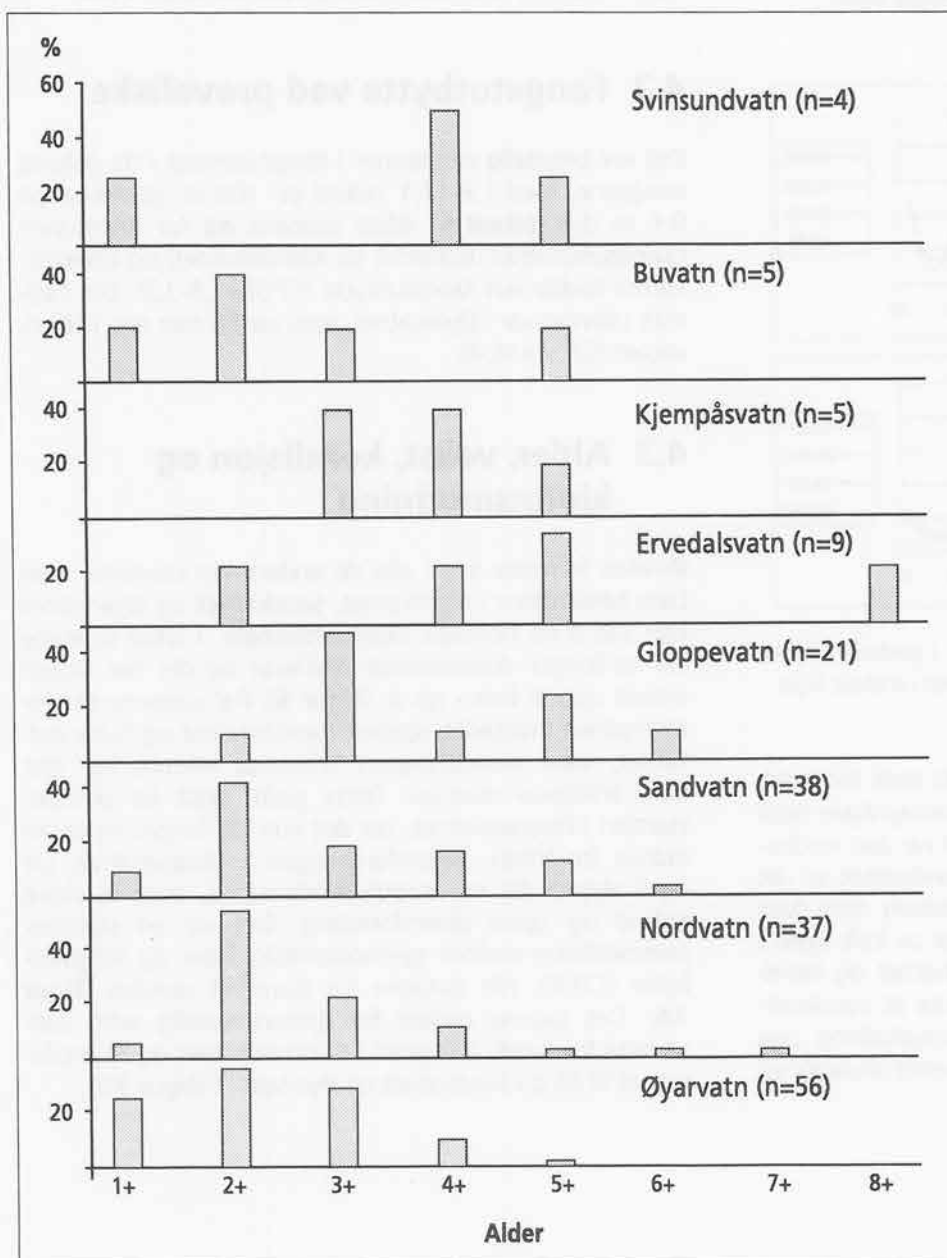
Det var betydelig variasjoner i fangstutbyttet i de enkelte innsjøene, med 1,8-17,1 individ pr. 100 m² garnareal på 0-6 m dyp (**tabell 6**). Både vannene øst for Kjempåsen (Svindsundvatnet, Buvatnet og Kjempåsvatnet) og Ervedalsvatnet hadde lavt fangstutbytte (CPUE=1,8-3,3). Det høyeste utbyttet var i Øyarvatnet, som var litt mer enn i Nordvatnet (CPUE=16,4).

4.3 Alder, vekst, kondisjon og kjønnsmodning

Ørreten formerer seg i alle de undersøkte vannene, men bare bestandene i Nordvatnet, Sandvatnet og Øyarvatnet kan sies å ha normale aldersfordelinger. I disse vannene var to-åring dominerende årsklasse og det ble fanget individ opp til fem - sju år (**figur 6**). For vannene øst for Kjempåsen i Nissedal, spesielt Kjempåsvatnet og Svinsundvatnet, viste aldersanalysen sviktende rekruttering idet flere årsklasser manglet. Dette gjaldt også for ørretbestanden i Ervedalsvatnet, der det kun ble fanget ett yngre individ (to-åring). Aldersfordelingen i Gloppevatnet var også atypisk for en normal ørretbestand, med få yngre individ og ujevn aldersfordeling. Det var en statistisk sammenheng mellom gjennomsnittlig alder og fangstutbytte (CPUE), når dataene fra Buvatnet utelates (**figur 7A**). Det samme gjelder for gjennomsnittlig vekt, som varierte fra rundt 200 gram i Svinsundvatnet og Kjempåsvatnet til 85 g i Sandvatnet og Øyarvatnet (**figur 7D**).

Tabell 6. Fangstutbyttet (CPUE) på bunngarn fordelt på ulike dyp i de undersøkte lokalitetene høsten 2001. Kolonner som er merket med strek (-) betyr manglende garnsetting på vedkommende dyp.

Innsjø	Fangst totalt	Fangst på 0-6 m dyp		Fangst på 0-3 m dyp		Fangst på 3-6 m dyp		Fangst på 6-12 m dyp	
		Pr. 100 m ²	Antall garn	Pr. 100 m ²	Antall garn	Pr. 100 m ²	Antall garn	Pr. 100 m ²	Antall garn
Svinsundvatn	4	1,8	5	2,2	3	1,1	2	-	0
Buvatn	5	2,2	5	2,2	3	2,2	2	-	0
Kjempåsvatn	5	2,2	5	2,2	4	2,2	1	-	0
Sandvatn	38	12,6	6	11,9	3	13,3	3	8,9	1
Øyarvatn	56	17,1	7	18,3	4	15,6	3	4,4	1
Gloppevatn	21	9,3	5	11,1	3	6,7	2	-	0
Nordvatn	37	16,4	5	16,4	5	-	0	-	0
Ervedalsvatn	9	3,3	6	4,4	3	2,2	3	-	0

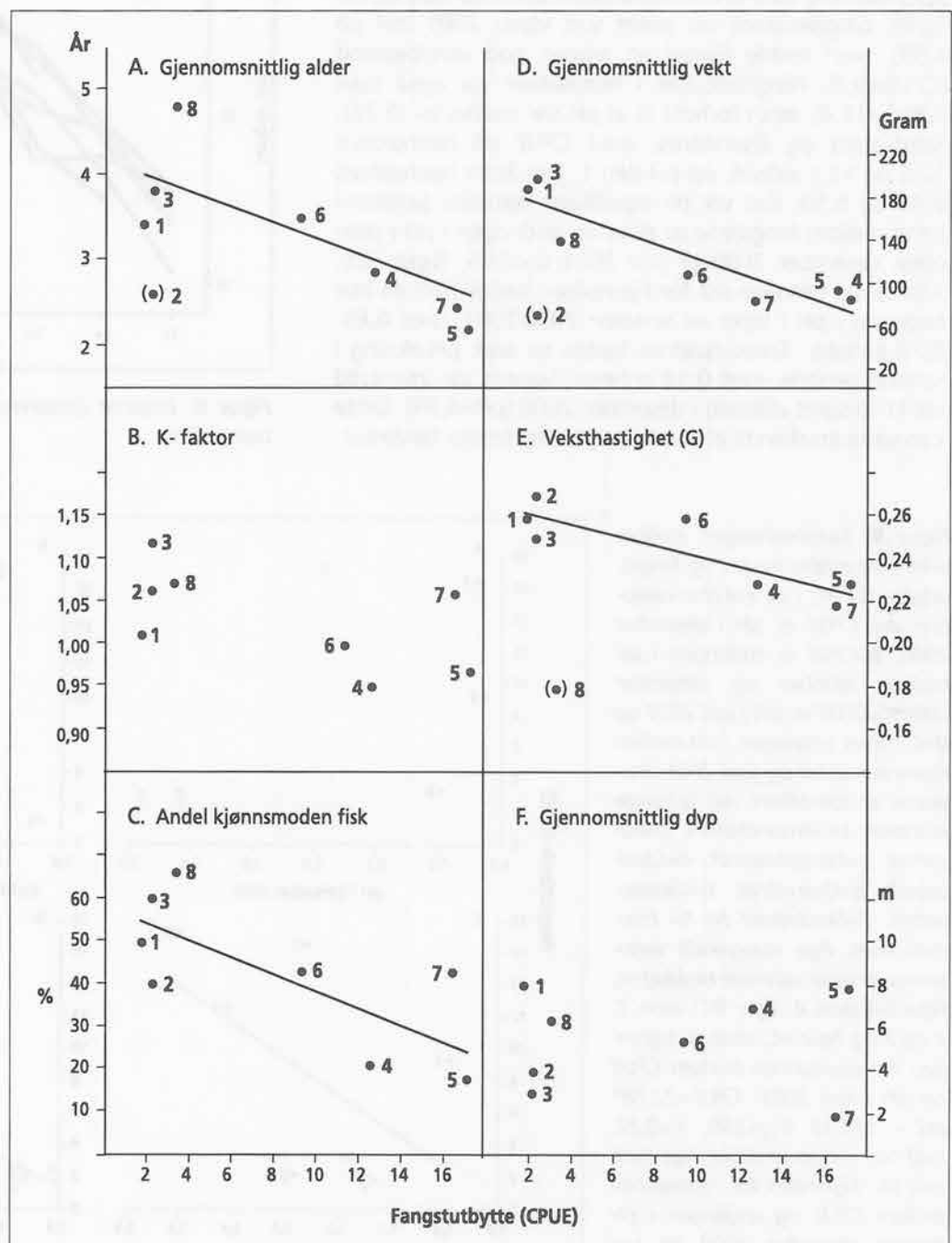


Figur 6. Aldersfordeling for de enkelte ørretbestandene. n=antall individ.

Fisken i de undersøkte vannene viste stor variasjon i observert lengde innen samme aldersgruppe (**figur 8**). Ørreten i Kjempåsvatnet og Øyarvatnet vokste best, med lengder på over 30 cm etter fem år. Ørreten i Ervedalsvatnet skilte seg ut med desidert dårligst tilvekst, der fem-åringene bare målte rundt 22 cm. Bortsett fra Ervedalsvatnet var det en omvendt statistisk sammenheng mellom veksthastighet i 3. til 4. leveår og fangstmengde (CPUE), basert på tilbakeregnet lengdevekst (**figur 7E**). Ørreten i de tre vannene øst for Kjempåsen, samt i Glippevatnet, hadde best vekst, mens bestandene i Sandvatnet, Øyarvatnet og Nordvatnet vokste dårligst.

Ørreten i de fire innsjøene med lavest tetthet var blant de med høyest kondisjonsfaktor, med gjennomsnittlige verdier på 1,01-1,12 (**figur 7B**). Det er en tendens til avtakende verdier med økende CPUE, men sammenhengen var ikke statistisk signifikant ($p > 0,05$). Bestandene i innsjøene med lavest fangstutbytte var blant de med høyest andel kjønnsmodne individ, og andelen avtok signifikant med økende tetthet (**figur 7C**).

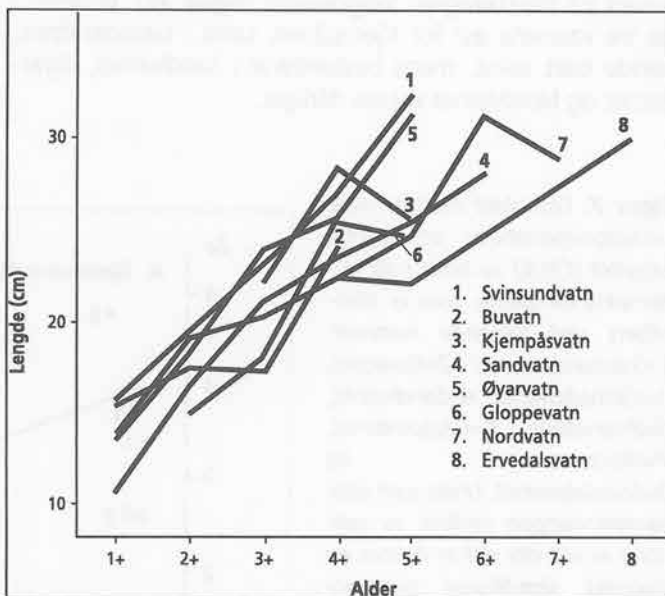
Figur 7. Forholdet mellom ulike livshistorieparametre og fangstutbyttet (CPUE) av ørret i de undersøkte innsjøene, som er identifisert ved følgende nummer: 1=Svinsund-vatnet, 2=Buvatnet, 3=Kjempåsvatnet, 4=Sandvatnet, 5=Øyarvatnet, 6=Glippevatnet, 7=Nordvatnet og 8=Ervedalsvatnet. Linjer som viser sammenhengen mellom to variabler er vist der det er funnet en statistisk signifikant sammenheng ($p < 0,05$) (og fangstutbyttet (CPUE): Gjennomsnittlig alder (GA) = $4,31 - 0,10 * CPUE$ ($F_{1,5}=10,07$, $r^2=0,60$, $p=0,025$). Gjennomsnittlig vekt (GV) = $190,24 - 6,74 * CPUE$ ($F_{1,5}=22,15$, $r^2=0,78$, $p < 0,005$). Gjennomsnittlig veksthastighet (GV) = $0,267 - 0,0024 * CPUE$ ($F_{1,5}=14,05$, $r^2=0,69$, $p=0,013$). Andel kjønnsmodne individ (AK) = $57,59 - 1,84 * CPUE$ ($F_{1,6}=6,51$, $r^2=0,44$, $p=0,043$).



4.4 Sammenhengen mellom vannkjemi og fangstutbyttet ved prøvafiske

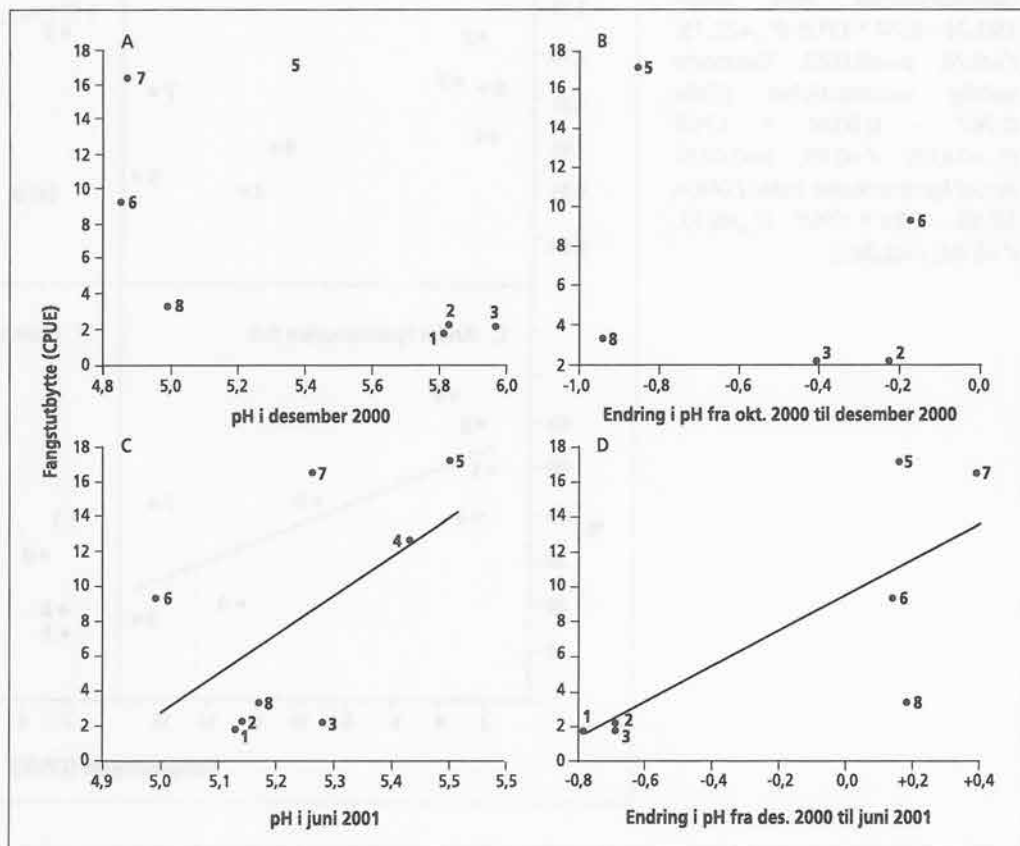
pH målt i desember 2000, samt endringer i pH mellom oktober og desember samme år var ikke tilfredsstillende måleparametre for å forklare forskjellene i fangstutbyttet av ørret høsten 2001 i de åtte vannene ($p > 0,05$, **figur 9A, B**). Derimot var det en svak statistisk sammenheng mellom fangstutbyttet og pH målt 1. juni 2001 ($p = 0,14$, **figur 9C**). Både Ervedalsvatnet og de tre vannene i øst for Kjempåsen i Nissedal (Svinsundvatnet, Buvatnet og Kjempåsvatnet) hadde altså tynne ørretbestander (CPUE=1,8-3,3), samtidig som pH-verdiene våren 2001 var lave (5,13-5,28). Gloppevatnet var svært surt våren 2001 (pH på 4,99), men hadde likevel en relativt god ørretbestand (CPUE=9,3). Fangstutbyttet i Nordvatnet var også høyt (CPUE=16,4), sett i forhold til at pH var relativt lav (5,26). Sandvatnet og Øyarvatnet, med CPUE på henholdsvis 12,6 og 17,1 individ, var pH den 1. juni 2001 henholdsvis 5,43 og 5,50. Det var en signifikant statistisk sammenheng mellom fangstene av ørret og endringen i pH i perioden desember 2000 til juni 2001 ($p < 0,05$, **figur 9D**). Alle de tre vannene øst for Kjempåsen hadde hatt en klar nedgang i pH i løpet av vinteren 2000/2001, med 0,69-0,78 enheter. Ervedalsvatnet hadde en svak pH-økning i samme periode, med 0,18 enheter. Vannet var imidlertid sterkt forsuret allerede i desember 2000 (pH=4,99). Dette kan være årsaken til et lavere fangstutbytte enn forventet

ut fra pH-økningen. Gloppevatnet og Nordvatnet har altså relativt gode ørretbestander, med en pH økning fram til 1. juni på henholdsvis 0,14 og 0,39 enheter. I Øyarvatnet har vannkvaliteten holdt seg stabil fra desember 2000 til juni 2001, med en pH-økning på 0,16 enheter. Det var ingen statistisk sammenheng mellom fangstutbytte og gjennomsnittlig dyp i de enkelte innsjøene (**figur 7 F**).



Figur 8. Empirisk (observert) vekstkurve for de enkelte ørretbestandene.

Figur 9. Sammenhengen mellom ulike måleverdier for pH og fangstutbytte (CPUE) i de enkelte innsjøene: **A**= CPUE vs. pH i desember 2000, **B**=CPUE vs endringen i pH mellom oktober og desember 2000. **C**=CPUE vs. pH i juni 2001 og **D**=CPUE vs. endringen i pH mellom desember 2000 og juni 2001. Innsjøene er identifisert ved følgende nummer: 1=Svinsundvatnet, 2=Buvatnet, 3=Kjempåsvatnet, 4=Sandvatnet, 5=Øyarvatnet, 6=Gloppevatnet, 7=Nordvatnet og 8= Ervedalsvatnet. Pga manglende vannprøver er disse vannene ekskludert; figur 6A: vann 4, figur 6C: vann 1, 4 og 7 og figur 6C: vann 4. Ligningen for regresjonen mellom CPUE og pH i juni 2001: $CPUE = 22,78 * pH - 111,18$ ($F_{1,6} = 2,99$, $r^2 = 0,22$, $p = 0,14$.) Linjen er stiplet linje fordi $p > 0,05$. Ligningen for regresjonen mellom CPUE og endringen i pH mellom desember 2000 og juni 2001: $CPUE = 10,49 * pH + 9,43$ ($F_{1,5} = 7,66$, $r^2 = 0,53$, $p = 0,039$).



5 Diskusjon

Flommen høsten 2000 førte til en mye dårligere vannkvaliteten i flere av de kalka vannene i Telemark. De to innsjøene med lavest pH i desember 2000, Gloppevatnet og Nordvatnet, hadde verdier på henholdsvis 4,85 og 4,87. Ervedalsvatnet hadde imidlertid størst pH-fall fra oktober til desember 2000, med nesten én enhet (fra 5,93 til 4,99). Flommen hadde trolig også forårsaket dårligere vannkvalitet i Øyarvatnet, der pH ble målt til 5,97 den 6. juni 2000 og 5,34 den 18. desember samme år. I desember 2000 varierte pH i de andre innsjøene mellom 5,83 og 5,97. Dette har trolig hatt liten eller ingen effekt på ørretbestanden i vannet.

Utviklingen i pH fra desember 2000 til juni 2001 varierte betydelig mellom de enkelte innsjøene. Lavest pH våren 2001 ble målt i Gloppevatnet, med 4,99. Det var en økning på 0,14 enheter fra desember 2000. Ervedalsvatnet hadde en liten pH-økning i samme periode, med 0,18 enheter, til 5,17. Vannene øst på Kjempåsen (Svinsundvatnet, Kjempåsvatnet og Buvatnet) hadde en akseptabel vannkvalitet like etter flommen. Derimot skjedde det en sterkt forsuring fram til våren 2001. For Svinsundvatnet foreligger det ikke vannprøver fra tiden umiddelbart etter flommen, men data fra juni året etter viste ikke spor av kalk i vannet (0,24 mg Ca/L og pH=5,13). Flere av de undersøkte vannene, blant annet Gloppevatnet, Sandvatnet og Nordvatnet, har svært kort oppholdsvis, og en kan derfor ikke forvente at en akseptabel vannkvalitet holder seg særlig lenge etter en innsjøkalking under flomperioder. Vannkvaliteten i Sandvatnet og Øyarvatnet var imidlertid akseptabel våren 2001, med pH på henholdsvis 5,43 og 5,50.

Det var en betydelig variasjon i fangstutbyttet mellom de enkelte innsjøene, med 1,8-17,1 individ per 100 m² garnareal (CPUE). Fire av de undersøkte innsjøene skilte seg ut med spesielt lave fangster (CPUE=1,8-3,3). Det gjaldt vannene øst på, samt Ervedalsvatnet. Sammenlignet med fangstutbyttene i en regional undersøkelse av ørret i kalka innsjøer, har disse fire sjøene svært tynne ørretbestander (Forseth et al. 1997 a,b). Ved å sammenholde fangstutbyttet med utviklingen i pH etter flommen, ble den beste statistiske sammenhengen funnet mellom CPUE og endringer i pH fra desember 2000 til juni 2001. De tre innsjøene øst for Kjempåsen hadde lavest fangstutbytte, med CPUE mellom 1,8 - 2,2. I juni 2001 ble pH i disse lokalitetene målt til mellom 5,13 og 5,28, som innebar et pH-fall på 0,69-0,78 enheter sammenlignet med desember 2000. Ervedalsvatnet hadde et tilsvarende fangstutbytte (CPUE=3,3), som hadde et pH-fall på nesten én enhet fra oktober til desember 2000 (4,99). Det var også en svak statistisk sammenheng mellom fangstutbyttet og pH målt den 1. juni 2001. Disse resultatene tyder på at en kronisk sur vannkvalitet over lengre tid er mest avgjørende for ørretbestander i kalka innsjøer.

Det er ikke mulig å si om det sure vannet forårsaket av flommen eventuelt har påvirket bestandene indirekte ved økt utvandring fra innsjøene, dvs unnvikelsesatferd, eller direkte ved økt dødelighet i vannet. Etter flommen i desember 2000 hadde flere av de undersøkte innsjøene pH under 5,00, og i flere av lokalitetene forverret forholdene seg ytterligere i løpet av vinteren og våren 2001. Det er tidligere vist at gjenforsuring av kalka innsjøer kan gi betydelig dødelighet hos ørret (Barlaup et al. 1994). I slike situasjoner kan fisken reagere ved å vandre ut fra lokaliteten eller forsøke å finne områder (refugier) med bedre vannkvalitet. Slik unnvikelsesatferd ble registrert hos bekkerøye i en kalka innsjø i Adirondacks i USA, da pH i løpet av en kort periode med mye regn falt fra 6,5 til 5,0 (Gloss et al. 1989). Store mengder bekkerøye trakk da til utløpet, og minst halvparten av bestanden vandret ut fra innsjøen. I forbindelse med en refsuringsperiode av Store Howvatn i Aust-Agder vandret en stor del av ørretbestanden i vannet ut til et tilstøtende tjern (Pollen) med bedre vannkvalitet (Barlaup & Åtland 1996b). Etter at vannet ble kalket på nytt og vannkvaliteten bedret seg, opphørte nesten denne utvandringen. Det er også observert unnvikelsesatferd hos både ørret og laks i flere sure vassdrag på Sørlandet og Sørvestlandet. I forbindelse med sure episoder i Tovdalselva og Gjøv på 1970-tallet, samlet ørret seg utenfor bekker eller gikk opp i små bekker med god vannkvalitet (Muniz et al. 1978, Muniz & Leivestad 1980). Under sure episoder i rennende vann er det også vist at fisk kan forflytte seg nedstrøms til områder med bedre vannkvalitet (Hall et al. 1980, Andersson & Nyberg 1984). I Audna unngikk laks- og ørretunger de mest giftige blandsonene, dvs områder der sure tilløpsbekker renner ut i den kalka hovedelva (Åtland & Barlaup 1995). Selv innen en bekk er det vist at fisk kan overleve sure episoder ved å søke til steder med bedre vannkvalitet (Carline et al. 1992). Gytemoden fisk kan også unnvike gytebekker med surt vann (Johnson & Webster 1977).

Økt dødelighet pga kronisk surt vann i flere av de undersøkte bestandene kan heller ikke utelukkes. Basert på en sammenstilling av flere data-sett for overlevelse hos ørret i surt, aluminiumsholdig vann, kan en forvente økt dødelighet ved pH under 5,2 og konsentrasjoner av labilt aluminium høyere enn 50-60 µg/L (Barlaup 1996). Vi kjenner ikke konsentrasjonen av labilt aluminium i våre forsøksvann. De fire lokalitetene med spesielt lavt fangstutbytte hadde imidlertid lav pH våren 2001 (5,13-5,28). Videre vil lave konsentrasjoner av kalsium forsterke den negative effekten av surt vann, med verdier under 0,50 mg/L som kritiske (Brown 1981, 1983). Av vannene med spesielt lavt fangstutbytte (CPUE < 3,3) hadde bare Ervedalsvatnet et kalsiuminnhold over 0,50 mg/L, mens nivået i de andre lokalitetene lå mellom 0,24 og 0,33 mg/L. Ørretbestandene i disse fire innsjøene karakteriseres ved svak rekruttering og irregulær aldersfordeling. Ut fra vannkvalitetsdata i løpet av de siste årene, med pH-verdier på rundt 5,0 eller lavere (**figur 4**), kan dette gi effekter på fiskebestander.

Det kronisk sure vannet som dominerte flere av innsjøene vinteren og våren 2001, kan ha ført til ekstra høy dødelighet blant individer som var gytemodne høsten 2000. Fysiologiske studier har nemlig vist at gytefisk kan være spesielt følsom for surt vann (Rosseland & Skogheim 1987). Resultatene fra slike undersøkelser er imidlertid ikke entydige (Muniz et al. 1987). Høy dødelighet blant gytemodne fisk ett år vil vise seg ved lav andel 2. gangs gytere året etter. Vårt materiale er for lite til at dette forholdet kan vurderes.

Generelt hadde ørreten i lokaliteter med lavt fangstutbytte bedre vekst og høyere kondisjonsfaktor enn individ i innsjøer med høyere tetthet. I sure innsjøer kan en bestandsreduksjon hos ørret gi bedre vekst hos gjenlevende individ (Hesthagen & Jonsson 2002). Dette skyldes at færre fisk konkurrerer om næringen, og gjenlevende individ har derfor mer mat tilgjengelig enn før forsuringen startet. Selv om forsuringfølsomme næringsdyr går tapt, kan fisken opprettholde en god vekst ved å beite på arter som tåler surt vann (Schindler et al. 1985). Økningen i fiskens individuelle vekst vil kompensere for redusert bestandsstørrelse. På den måten kan fiskeproduksjonen til en viss grad bli opprettholdt i første fase av forsuringen. For ørretbestanden i Store Hovvatnet ble det imidlertid funnet at dersom vannkvaliteten er tilstrekkelig dårlig i en reforsuringsprosess kan tilveksten likevel være lav til tross for lite fisk og god mattilgang (Barlaup et al. 1989, 1994). Tre måneder etter en rekalking hadde denne ørretbestanden en betydelig vekstøkning.

Et problem ved tolkning av resultatene fra denne undersøkelsen er at vi ikke kjenner hvordan ørretbestandene var før storflommen høsten 2000. Det er likevel grunn til å tro at både Ervedalsvatnet og de tre vannene øst for Kjempåsen i Nissedal hadde relativt tynne bestander også tidligere. Tilbakeberegnet lengdevest hos fisken i de tre sistnevnte bestandene viste nemlig bedre vekst mellom 3. og 4. leveår enn individ i de andre vannene med tettere bestander. Denne tilveksten gjaldt vekstsesongen 1997, altså tre år før storflommen inntraff, og skulle gi en indikasjon på fisketettheten før storflommen. Både sviktende rekruttering og vekstforskjeller mellom bestandene i noen år tilbake i tid tyder på effekter av forsuring og forskjeller i tetthet også før storflommen høsten 2000. Det blir ikke fisket med garn i de tre vannene øst for Kjempåsen, og det er derfor vanskelig å vurdere eventuelle endringer i bestandsforholdene (Abraham Grimstvedt, pers. medd.). Det har ikke vært satt ut fisk i disse vannene i de seinere årene.

Forholdene i Ervedalsvatnet synes å være noe spesielle, blant annet var ørretens tilvekst mellom 3. og 4. leveår dårlig tatt i betraktning at fangstutbyttet var lavt (**figur 7**). Det er mulig at fangsten var noe lavere enn forventet ut fra utbyttet på garn tidligere på året (Bjørn Dagfinn Tveit, pers. medd.). Dette kan eventuelt ha sammenheng med at vannet ble prøvofisket en natt med varmt vær og vindstille. I 2002 ga garnfisket flere brukbare fangster, med

blant annet utbytte på både rundt 20 og 40 fisk, med 3-4 garn. Det ble benyttet 26 og 29 mm garn, og gjennomsnittsvekten lå på vel 200 gram. Ørreten i Ervedalsvatnet hadde relativt høy kondisjonsfaktor (1,07), og kvaliteten synes å ha bedret seg i løpet av de siste 3-4 årene (Bjørn Dagfinn Tveit, pers. medd.). Det tyder på at bestandsstørrelsen har avtatt noe i seinere år. Det har ikke vært satt ut ørret i Ervedalsvatnet etter at bestanden ble re-etablert etter kalking.

Tilgangen på gyte- og oppvekstområder kan ha begrenset rekrutteringen av ørret til vannene øst for Kjempåsen, idet det ble funnet en sammenheng mellom arealene på disse områdene og fangstutbyttet på garn høsten 2001 (jfr. Hesthagen & Ugedal 2002). Ørretbestanden i Ervedalsvatnet var likevel tynn til tross et relativt stort og gyte- og oppvekstområde i innløpselva, med god kvalitet. I lokaliteter der en mener at gyte- og oppvekstområder begrenser rekrutteringen bør en vurdere å sette ut fisk.

Grunnlaget for å trekke klare konklusjoner fra undersøkelsen er begrenset, både fordi de vannkjemi dataene er noe usystematisk innsamlet for enkelte lokaliteter og fordi bestandsforholdene hos ørret er ukjent før flommen. Det synes imidlertid klart at storflommen høsten 2000 førte til en sterk reforsuringen av flere av forsøkslokalitetene. Vi kan heller ikke se bort fra at den dårlige vannkvaliteten påvirket enkelte ørretbestander, spesielt de som ble utsatt for kronisk surt vann helt fram til våren 2001. Disse lokalitetene hadde også lave kalsiumverdier, noe som altså forsterker den negative effekten av surt vann. Etter slike flommer kan vannkvaliteten bli spesielt kritisk under snøsmeltingen, og i slike tilfeller bør en vurdere å kalke på isen. Det kan også tenkes at noen av de undersøkte innsjøene ikke egner seg spesielt godt for innsjøkalking fordi de er grunne og har kort oppholdstid. I slike tilfeller er det spesielt viktig at ørretens gyteområder blir avsyret. For noen av innsjøene i denne undersøkelsen kan det tenkes at dette ikke alltid har vært tilfelle, som i innløpselva til Ervedalsvatnet. Denne elva kalkes ikke direkte, men påvirkes av kalking av Skulehomtjerna 2-3 km oppstrøms. Vannkvaliteten i slike gytebekkene kan i noen grad sikres mot sure episoder ved å legge ut kalkstein. Flere av innsjøene har i perioder hatt dårlig vannkvalitet også før storflommen høsten 2000. Dette kan ha skjedd på tross av at lokaliteten i utgangspunktet er egnet for kalking, fordi tiltaket ikke er utført med tilstrekkelig kvalitet. Forekomsten av sure episoder både før og etter storflommen høsten 2000 tyder på et forbedringspotensiale i forhold til kalkingsstrategi/metodikk for å oppnå en tilfredsstillende vannkvalitet og en høyest mulig fiskeproduksjon i disse kalka innsjøene.

6 Litteratur

- Appelberg, M., Berger, H.M., Hesthagen, T., Kleiven, E., Kurkilahti, M., Raitaniemi, J. & Rask, M. 1995. Development and intercalibration of methods in Nordic freshwater fish monitoring. - *Water, Air and Soil Pollut* 85: 401-406.
- Barlaup, B.T. 1996. Ecological responses of brown trout (*Salmo trutta* L.) to temporal and spatial variation in water chemistry caused by acidification and liming. - Dr. Sci. Thesis, Universitet i Bergen, Zoologisk institutt.
- Barlaup, B.T., Åtland, Å. & Kleiven, E. 1994. Stocking of brown trout (*Salmo trutta* L.) cohorts after liming - Effects on survival and growth during five years of reacidification. - *Water, Air and Soil Pollut*. 72: 317-320.
- Barlaup, B.T. & Åtland, Å. 1996a. Episodic mortality of brown trout (*Salmo trutta* L.) caused by sea-salt-induced acidification in western Norway: effects on different life stages within three populations. - *Can. J. Fish. and Aquat. Sci.* 53: 1835-1843.
- Barlaup, B.T. & Åtland, Å. 1996b. Migration of brown trout (*Salmo trutta* L.) into a water chemical refuge area during severe reacidification of a limed lake. - I: Barlaup, B. T. 1996, "Ecological responses of brown trout (*Salmo trutta* L.) to temporal and spatial variation in water chemistry caused by acidification and liming". Dr. Sci. Thesis, Universitet i Bergen, Zoologisk institutt.
- Barlaup, B.T., Åtland, Å., Raddum, G.G. & Kleiven, E. 1989. Improved growth in stunted brown trout (*Salmo trutta* L.) after liming of Lake Hovvatn, Southern Norway. - *Water, Air and Soil Pollut*. 47: 139-151.
- Brown, D.J.A. 1981. The effects of various cations on the survival of brown trout, *Salmo trutta* at low pHs. - *J. Fish Biol.* 18: 31-40.
- Brown, D.J.A. 1983. Effect of calcium and aluminum concentrations on the survival of brown trout (*Salmo trutta*) at low pH. - *Bulletin of Environ. Cont. and Toxicol.* 30: 582-587.
- Carline, R.F., DeWalle, D.R., Sharpe, W.E., Dempsey, B.A., Gagen, C.J. & Swistock, B. 1992. Water chemistry and fish community responses to episodic stream acidification in Pennsylvania, USA. - *Environ. Pollut.* 78: 45-48.
- Forseth, T., Halvorsen, G.A., Ugedal, O., Fleming, I., Schartau, A.K.L., Nøst, T., Hartvigsen, R., Raddum, G., Mooij, W. & Kleiven, E. 1997a. Biologisk status i kalka innsjøer. - NINA Oppdragsmelding 508: 1-52.
- Forseth, T., Halvorsen, G.A., Ugedal, O., Fleming, I., Schartau, A.K.L., Nøst, T., Hartvigsen, R., Raddum, G., Mooij, W. & Kleiven, E. 1997b. Biologisk status i kalka innsjøer-vedleggsrapport for de enkelte innsjøene. - NINA Oppdragsmelding 509: 1-232.
- Gloss, S.P., Schofield, C.L., Spateholts, R.L. & Plonski, B.A. 1989. Survival, growth, reproduction, and diet of brook trout (*Salvelinus fontinalis*) stocked into acidic lakes after liming to mitigate acidity. - *Can. J. Fish. and Aquat. Sci.* 46: 277-286.
- Haines, T.A. 1981. Acidic precipitation and its consequences for aquatic ecosystems: a review. - *Trans. Am. Fish. Soc.* 110: 669-707.
- Hall, R.J., Likens, G.E., Fiance, S.B., & Hendrey, G.R. 1980. Experimental acidification of a stream in Hubbard Brook Experimental Forest, New Hampshire. - *Ecology* 61: 976-989.
- Harvey, H.H. 1982. Population responses of fishes in acidified waters. - s. 227-241 i Johnson, R.E., red. *Acid Rain/Fisheries. Proc. Int. Symp. Acidic Precip. Fishery Impacts in Northeastern North America.* American Fisheries Society, Bethesda, MD.
- Hesthagen, T. & Jonsson, B. 2002. Life characteristics of brown trout in lakes with a different stages of acidification. - *J. Fish Biol.* 60: 415-426.
- Hesthagen, T. & Ugedal, O. 2002. Bestandsforholdene hos innsjølevende aure i forhold til tilgjengelig gyte- og oppvekstareal, med spesiell referanse til kalka lokaliteter. - *Fremdriftsrapport*, Norsk Institutt for naturforskning.
- Johnson, D.W. & Webster, D.A. 1977. Avoidance of low pH in selection of spawning sites by brook trout (*Salvelinus fontinalis*). - *J. Fish. Res. Board Can.* 34: 2215-2218.
- Muniz, I.P. & Leivestad, H. 1980. Acidification - effects on freshwater fish. - s. 84-92 i Drabløs, D. & Tollan, A., red. *Ecological impact of acid precipitation.* SNSF-prosjektet, 1432-Ås, NLH.
- Muniz, I.P., Leivestad, H. & Rosseland, B.O. 1978. Stressmålinger på fisk i sure vassdrag. Presentasjon av metodikk og en del resultater. - *Nordforsk Publ.* 1978-2: 233-247.
- Muniz, I.P., Andersen, R. & Sullivan, T.J. 1987. Physiological response of brown trout (*Salmo trutta*) spawners and postspawners to acidic aluminum-rich stream water. - *Water, Air and Soil Pollut* 36: 371-379.
- Rosseland, B.O., Sevaldrud, I.H., Svalastog, D. & Muniz, I.P. 1980. Studies on freshwater fish populations - effects of acidification on reproduction, population structure, growth and food selection. - I: D. Drabløs & A. Tollan (red.). *Ecological impact of acid precipitation.* SNSF-prosjektet, 1432 Ås, s. 336-337.
- Rosseland, B.O. & Skogheim, O.K. (1987). Differences in sensitivity to acidic water among strains of brown trout (*Salmo trutta* L.). - *Ann. Soc. Royale Zool. Belgique, Suppl.* 1: 255-264.
- Schindler, D.W., Mills, K.H., Malley, D.F., Findlay, J.A., Shearer, J.A., Davies, I.J., Turner, M.A., Linsey, G.A. & Cruikshank, D.R. 1985. Long-term ecosystem stress: The effects of years of experimentally acidification on a small lake. - *Science* 228: 1395-1401.
- Åtland, Å. & Barlaup, B.T. 1995. Avoidance of toxic mixing zones by Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and brown trout (*Salmo trutta* L.) in the limed river Audna, southern Norway. - *Environ. Pollut.* 90: 203-208.

NINA Oppdragsmelding 754

ISSN 0802-4103

ISBN 82-426-1336-2

NINA Hovedkontor
Tungasletta 2
7485 Trondheim
Telefon: 73 80 14 00
Telefaks: 73 80 14 01
www.ninaniku.no