

Sammenstilling av resultat fra
prøvefiske i Hordaland
i perioden 1996 - 2003

Del 1:

Faktorer med betydning
for bestandsstatus



R
A
P
P
O
R
T

Rådgivende Biologer AS

751

Forsidefoto: Fra Vidalsvatnet i Jondal kommune oktober 2002



Rådgivende Biologer AS

RAPPORTENS TITTEL:

Sammenstilling av resultat fra prøvefisk i Hordaland i perioden 1996 – 2003.
Del 1: Faktorer med betydning for bestandsstatus

FORFATTERE:

Bjart Are Hellen

Geir Helge Johnsen

Harald Sægrov

OPPDRAKSGIVER:

Fylkesmannens i Hordaland, Miljøvernavdelinga. pb. 7310, 5020 Bergen.
Kontaktperson: Rådgiver Kjell Hegna

OPPDRAGET GITT:

Mai 1998

ARBEIDET UTFØRT:

Sept. 1998 - august 2004

RAPPORT DATO:

15. november 2004

RAPPORT NR:

751

ANTALL SIDER:

32

ISBN NR:

ISBN 82-7658-407-1

RAPPORT SAMMENDRAG:

Denne rapporten sammenstiller resultater fra prøvefiske i 194 innsjøer i Hordaland i perioden 1996 til 2003. Det er fokusert på hvilke faktorer som er begrensende for rekrutteringen av aure, for å kunne vurdere hvor forsuring er en bestandsbegrensende faktor, for på den måten også kunne evaluere kalkingstiltakene i de undersøkte lokalitetene. Det er presentert data på vekst, kjønnsmodning og aldersstrukturer langs en høydegradient. Resultatene kan brukes som en referanse for framtidig prøvefiske, men er også direkte anvendbar i forhold til forvaltning av fiskebestander.

Resultatene indikerer at det fram til midten på 1990 - tallet har vært relativt svak rekruttering i de undersøkte aurebestandene, spesielt i høyfjellet har dette vært utpreget. På slutten av 1990-tallet har rekrutteringen økt og mange bestander tatt seg opp, stort sett uavhengig av kalkingstiltak.

EMNEORD:

- Innlandsfiske
- Tilvekst
- Forsuring

SUBJECT ITEMS:

- Rekruttering
- Hordaland
- Kalking

RÅDGIVENDE BIOLOGER AS

Bredsgården, Bryggen, N-5003 Bergen

Foretaksnummer 843667082-MVA

Internett : www.radgivende-biologer.no

E-post: post@radgivende-biologer.no

Telefon: 55 31 02 78

Telefax: 55 31 62 75

FORORD

Fylkesmannens miljøvernnavdeling i Hordaland fikk i januar 1994 utarbeidet en oversikt over forsuringssituasjonen i fylket (Johnsen & Kambestad 1994). Etter dette har miljøvernnavdelingen fått utarbeidet en rammeplan for kalkingsvirksomheten for perioden 1995-2005 (Kambestad mfl. 1995), og også tatt initiativ til og støttet gjennomføring av kalkingsplanlegging på kommunenivå i 29 av de 34 kommunene i fylket.

Som en oppfølging av kalkingsplanene er innsjøene som ble vurdert som aktuelle for kalking blitt prøvofisket før eventuell kalking starter opp, og i innsjøer som allerede er kalket, er det prøvofisket for å kartlegge effektene av kalkingstiltakene.

Den foreliggende rapporten har hatt som målsetting å sammenstille resultatene fra de omtalte kalkingsprosjektene for å vurdere effekter av ulike miljøfaktorer på bestandsstatus og rekruttering i de ulike bestandene. Det er også supplert med enkeltresultat fra andre innsjøer for å bedre kunnskapsgrunnlaget.

Denne rapporten utgjør del 1 i en større gjennomgang av resultatene fra prøvofisket i Hordaland 1996-2003, der del 2 har som målsetting å sammenstille og vurdere resultatene fra hvert av de enkelte kalkingsprosjektene. På grunnlag av denne kunnskapen er det er gitt råd om framtidig kalking i Hordaland (Hellen mfl. 2004).

Rådgivende Biologer AS takker fylkesmannens miljøvernnavdeling ved Kjell Hegna for oppdraget.

Bergen, 15. november 2004.

INNHold

Forord.....	2
Innhold	2
Sammendrag.....	3
Innledning.....	5
Materiale og metoder	6
Innsjøene	6
Vannkvalitet	8
Vannkvalitet og klima	9
Resultater.....	14
Alder.....	17
Fangst av ulike aldersgrupper i det undersøkte materialet	21
Evaluering av spørreundersøkelse	22
Diskusjon.....	24
Variasjon i årsklassestyrke	24
Kalkings effekter og forvaltningsstrategi	25
Litteratur.....	31

SAMMENDRAG

Hellen, B.A., G.H. Johnsen & H. Sægrov 2004.

Sammenstilling av resultat fra prøvefiske i Hordaland i perioden 1996 – 2003.

Del 1. Faktorer med betydning for bestandsstatus.

Rådgivende Biologer AS, rapport 751, 32 sider, ISBN 82-7658-407-1.

I perioden 1996 til 2003 ble totalt 194 innsjøer i Hordaland undersøkt i forbindelse med kartlegging av behov for kalking eller som oppfølging av allerede iverksatt kalkingstiltak. Innsjøene ligger i 24 av fylkets 34 kommuner (med Ølen).

Kalkingen av innlandsvatn i Hordaland startet på slutten av 1980-tallet, men det var først etter 1994 at de nasjonale kalkingsbevilgningene ble så store at antallet lokaliteter kunne utvides i stort omfang. Grovutvalget av aktuelle kalkingslokaliteter ble foretatt ved hjelp av vannkvalitetsmålinger og spørreundersøkelser. Der hvor det viste seg at fiskebestander kunne ha problemer pga for surt vatn, ble det utført prøvefiske for eventuelt å verifisere dette

Foruten faktorer som klima og vannkvalitet som varierer mellom år, vil tilstrekkelig forekomst av egnet gytesubstrat være begrensende for rekrutteringen. En sammenstilling av gyteforholdene og bestandsstatus viser at det er en signifikant høyere tetthet i bestander som har gode gyteforhold. Det er også en omvendt sammenheng mellom bestandstetthet og høyde over havet, og særlig innsjøer som ligger høyere enn 750 moh har lavere bestandstetthet sammenlignet med lavereliggende innsjøer.

Det er store individuelle variasjoner i tilvekst hos fisk både innen og mellom innsjøer, men det ble også funnet tydelige forskjeller i veksthastighet mellom ulike aurebestander. Sammenhengen mellom høyde over havet og tilvekst var tydelig. En innsjø høyde gir indikasjoner om temperaturforholdene og også om lengden av vektseasonen. Økende høyde over havet førte til mindre årlig tilvekst. Bestandstetthet var avgjørende for hvor stor auren i en innsjø normalt blir. I innsjøer med tette og tallrike aurebestander, stagnerer veksten rundt 20 cm, i middels tette bestander er vekststagnasjonen normalt rundt 25 cm, mens aure ikke stagnerer i vekst før rundt 30 cm eller mer i innsjøer med tynne og fåtallige aurebestander.

I de undersøkte aurebestandene økte gjennomsnittsalderen med økende høyde over havet, økningen var i gjennomsnitt ett år per 400 høydemeter. Også gjennomsnittlig alder ved kjønnsmodning økte med økende høyde over havet, for hann- og hunnaure økte kjønnsmodningsalderen med i gjennomsnitt ett år per henholdsvis 300 og 250 høydemeter.

Det ble med utgangspunkt i det innsamlete materialet, laget en modell for hvor stor andel av hver årsklasse det var forventet å fange med nordiske fleromfars bunngarn. For lavereliggende innsjøer i Hordaland har tilslaget på årsklasser fra 1992 til 1994 vært noe lavere enn forventet, mens det i 1995 var en sterkere årsklasse enn forventet. For innsjøer mellom 300 og 750 moh. var det også svakere årsklasser enn forventet fram til 1994, men etter dette har årsklassestyrken vært omtrent som forventet, med unntak av 1997 årsklassen som var sterk og 1998 årsklassen som var svak. I innsjøer som ligger høyere enn 750 moh har det på 1990- talet gjennomgående vært svakere årsklasser av aure enn forventet helt fram til 1997, da det var svært god rekruttering i mange innsjøer. 1998-generasjonen var igjen noe svak, mens det ser ut til å ha vært rekruttering som forventet i de påfølgende årene. Basert på kunnskap om mellomårsvariasjon i årsklassestyrke, klimatiske forhold, lokale referanse-innsjøer og undersøkelser av enkeltinnsjøer med gode oppvekst og gytemuligheter, ble effektene av kalkingstiltak vurdert for totalt 54 innsjøer i Hordaland.

- 15 av innsjøene har kalkingen høyst sannsynlig hatt en positiv effekt på rekrutteringen.
- I 12 innsjøer var det en mulig kalkingseffekt.
- En slik effekt ble ikke påvist i 26 innsjøer.
- For en innsjø er det ikke datagrunnlag til å konkluder.

For innsjøene som ikke hatt effekt av kalking ble årsakene kartlagt. For de fleste av innsjøene skyldes manglende effekt av kalking at det var andre begrensninger enn vannkvalitet som var avgjørende for rekrutteringen. Sju av innsjøene var begrenset av manglende eller dårlige gytemuligheter, i åtte lokaliteter var klimatiske forhold avgjørende minimumsfaktor for rekrutteringen. I seks av innsjøene var det ikke noen begrensninger for rekrutteringen for aure, og sannsynligvis var det ikke det før kalkingen startet opp heller.

For 54 av innsjøene ble behov for fortsatt kalkingsaktivitet vurdert og disse ble inndelt i følgende kategorier:

- Seks av innsjøene ble det foreslått å fortsette eller eventuelt endre kalkingsstrategien.
- I 10 av kalkingslokalitetene er dagens kalkingsmetode foreslått endret.
- For 11 innsjøer ble foreslått å avslutte eventuelt å endre dagens kalkingsstrategi.
- For 26 lokaliteter ble det kun foreslått å avslutte kalkingen.
- I en innsjø er det foreslått fortsatt overvåking for å kartlegge kalkeffekten.

I flere av disse innsjøene har det i disse årene allerede skjedd en nedtrapping eller endring i kalkingsaktiviteten, og i noen er kalkingen avsluttet.

Utvelgelsen av undersøkte innsjøer er basert på informasjon om vannkvalitet og bestandsstatus for fisk fra før 1995, etter en periode fra 1989 til 1994 da vannkvaliteten i mange vassdrag på Vestlandet var dårlig etter omfattende sjøsaltepisoder. Etter 1995 har vannkvaliteten generelt vært betydelig bedre, både på grunn av redusert nedfall av svovel i nedbøren. Kalking av innsjøer i Hordaland har hovedsakelig foregått etter 1995, slik at det er vanskelig å skille effekten av kalking på rekruttering fra effekten av generell bedring i vannkvalitet i perioden etter 1995. Det generelle bildet er at det vanskelig å påvise effekt av kalking i mange innsjøer, men det er også sannsynlig at dersom kalking hadde skjedd tidligere, dvs. i perioden 1985 til 1993, så ville man kunne fått en mer påviselig effekt av kalkingen.

INNLEDNING

Forsuring har vært en av de største truslene mot det akvatiske miljø i Norge. Det har fram til 1980-årene stadig vært en økning i landareal med skadde fiskebestander (Hesthagen m.fl. 1994). Fra 1985 til 1994 regner en med at arealet med kjemisk overskridelse av tålegrensen ble redusert med 25 % (Rosseland 2000), også etter 1995 har det vært en markert bedring i forsuringssituasjonen (DN- notat 2000-2). For å kompensere for skadene, og hindre ytterligere skader på det akvatiske miljøet, er det satt i gang et omfattende kalkingsprogram i Norge. Mer enn to tusen innsjøer er med i dette programmet, men fremdeles er flere lokaliteter aktuelle for kalking.

Kalking av innsjøer er kostbart, og kalkingsbudsjettet i Norge har de siste årene vært på over 100 millioner kroner. Dette beløpet er likevel ikke tilstrekkelig til å kalke opp alle de områdene som er påvirket av forsuring, og prioritering mellom lokaliteter er følgelig nødvendig. Det er derfor viktig at beslutningen om hvilke lokaliteter som kalkes fattes på best mulig grunnlag.

Det ble i 1995/1996 utarbeidet kalkingsplaner for 29 kommuner i Hordaland. Det er i disse planene valgt ut prioriterte lokaliteter som kunne være aktuelle for kalking. I de følgende årene 1996 - 1998 ble det foretatt fiskeundersøkelser i omtrent 150 av disse innsjøene for å dokumentere et eventuelt behov. Innsjøer som prioriteres for kalking i Hordaland er således valgt ut etter en grundig faglig vurdering av dokumentert behov og forventninger om ønsket effekt. Økt kunnskap i ettertid har vist at flere faktorer enn forsuring alene som kan ha betydning for rekrutteringssituasjonen til en fiskebestand. Det er derfor viktig å kunne skille disse faktorene fra hverandre ved prioritering av kalking, slik at kalking iverksettes, eller fortsetter der forsuring antas å være hovedproblemet.

Begrenset gyteareal med gunstig gytesubstrat, innsjøenes beliggenhet og eksponering for variasjon i klimatiske forhold, kan påvirke rekruttering i fiskebestander uten at dette direkte kan knyttes til forsuringsproblem (Borgstrøm 2000). Enkle sammenstillinger av prøvefiskeresultater fra kalkingsaktuelle innsjøer i Hordaland indikerer at det faktisk er en sammenheng mellom gyteforhold og bestandsstatus (Hellen m.fl 1998, 2000a 2000b, 2001). Tilsvarende er det vist sammenhenger mellom bestandsstatus og høyde over havet, og også mot surhetsgrad. Det er også indikasjoner på at enkeltår med lite nedbør om vinteren i kombinasjon med lave temperaturer, kan ha ført til redusert rekruttering (Hellen m.fl 1998, 2000a 2000b, 2001). To eller flere av disse faktorene vil for en del bestander virke sammen.

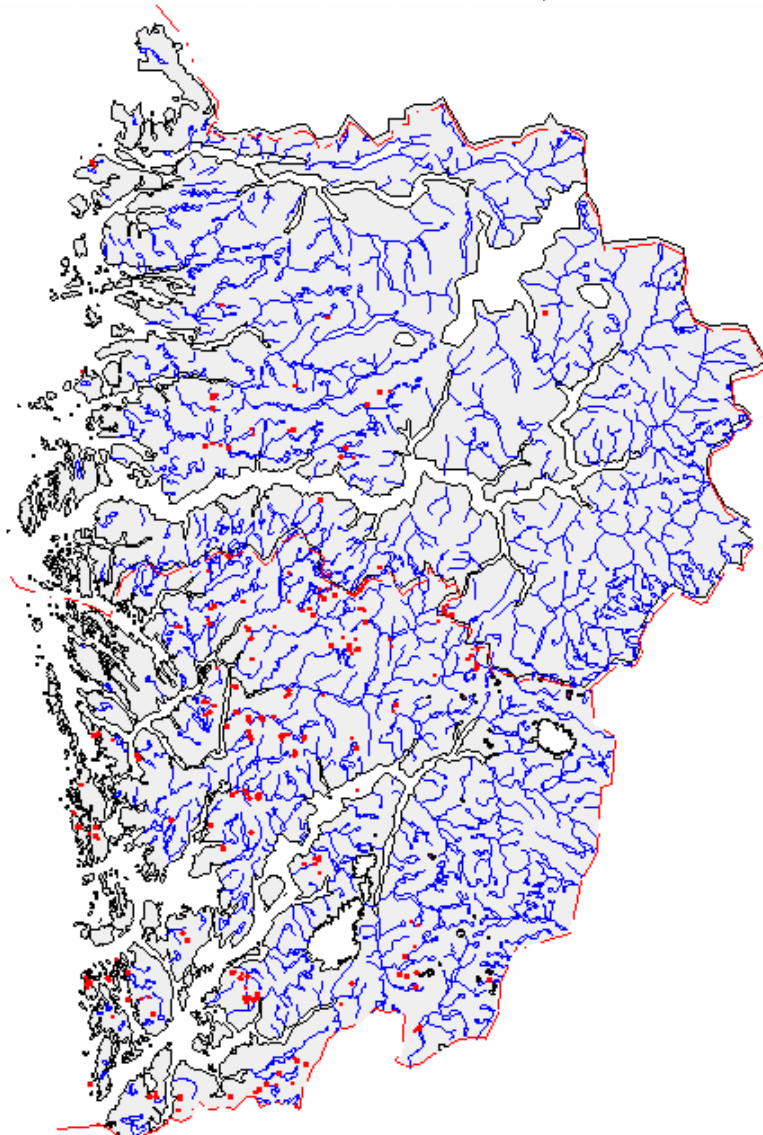
Miljøets stabilitet og bestandenes størrelse kan ha stor betydning. En stor bestand vil under stabile forhold ventelig ha relativt stabil rekruttering over tid. På den annen side vil dramatiske episoder kunne gi variasjon i årsklassestyrke, og dette vil igjen kunne indusere endring i bestandsstrukturen med påfølgende indre styrt variabilitet i rekrutteringen. I de forsuringstruete bestandene som er undersøkt i Hordaland de siste årene var det ventet marginale rekrutteringsforhold, slik at rekruttering og bestandsstruktur i større grad ble styrt av episodiske ytre forhold.

Det er behov for å kunne vurdere betydningen av enkeltfaktorene og deres samvirkning for å kunne ta riktige beslutninger om iverksetting av tiltak for å sikre fiskebestander. De foreliggende prøvefiskeresultatene vil kunne bidra til dette grunnlaget. Dette gjøres ved å sammenholde årsklassestyrke og vekst i fiskebestandene opp mot variasjon i vannkvalitet mellom år (SFT 1996; Johnsen m.fl. 1997), varierende klimatiske forhold og andre abiotiske forhold.

MATERIALE OG METODER

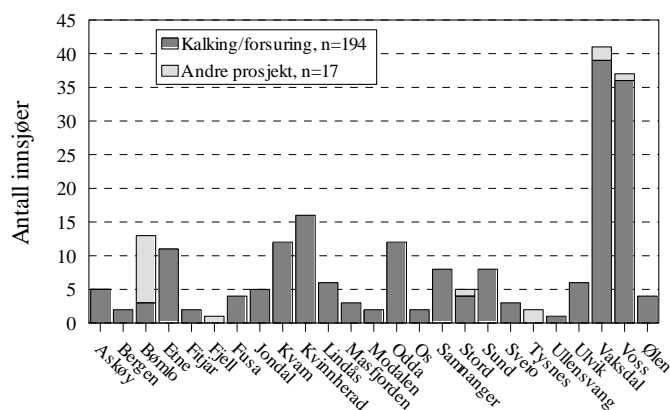
INNSJØENE

Totalt 238 innsjøer i Hordaland er blitt undersøkt i forbindelse med kartlegging av behov for kalking eller som oppfølging av allerede iverksatt kalkingstiltak, enten direkte i innsjøen eller i ovenforliggende innsjøer. I tillegg er det tatt med 26 innsjøer fra Sogn og fjordane som er undersøkt av de samme årsakene, samt ytterligere 17 innsjøer i Hordaland og 1 innsjø i Sogn og Fjordane som er undersøkt av andre årsaker. Totalt er 238 ulike innsjøer med (**figur 1**). I Hordaland fordeler innsjøene seg over det meste av fylket med unntak av i de østligste fjellområdene i Ulvik, Eidfjord og Ullensvang og de nordvestligste områdene ved kysten. De 211 innsjøene i Hordaland fordelte seg i 25 av fylkets 34 kommuner (**figur 2**). Detaljbeskrivelse av hver innsjø finnes i egne rapporter (Hellen mfl. 1998; 2000a; 2000b; 2001, 2002, 2003, 2004).



FIGUR 1. Plassering av de 238 undersøkte innsjøene i Hordaland og Sogn og Fjordane.

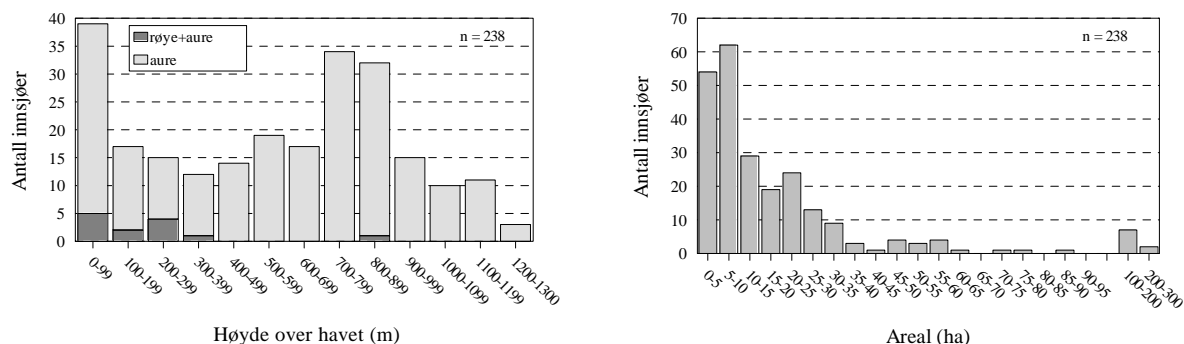
FIGUR 2. Antall innsjøer som ble undersøkt i hver av de 22 kommunene i Hordaland i forbindelse med kalking og kartlegging av forsuring og andre prosjekt.



Av de 238 undersøkte innsjøene, er 57 undersøkt ved to anledninger, og 13 er undersøkt tre ganger i løpet av perioden 1996 til 2003. Undersøkelsene var fra enkle undersøkelser av gytebekkene til mer omfattende undersøkelser som inkluderte elektrofiske av gytebekker og garnfiske både littoralt og pelagisk. For å kunne vurdere styrken av de ulike årsklassene av aure i innsjøen hvor det ble fanget fisk, var det en forutsetning at fangstinnsetningen var tilstrekkelig og representativ. I de tilfeller hvor bare et utvalg av fiskene ble aldersbestemt, ble det vurdert om utvalget var representativt. For at fiskeundersøkelsene skulle kunne benyttes til å vurdere de naturlige bestandsforholdene i innsjøen ble innsjøer med fiskeutsetninger utelatt i sammenstillingen.

Fra en del innsjøer var det ikke samlet inn otolitter fra fisken, noe som gjorde aldersbestemmelse av eldre fisk usikker. I en del av analysene er disse innsjøene ikke tatt med selv om de ellers er representative.

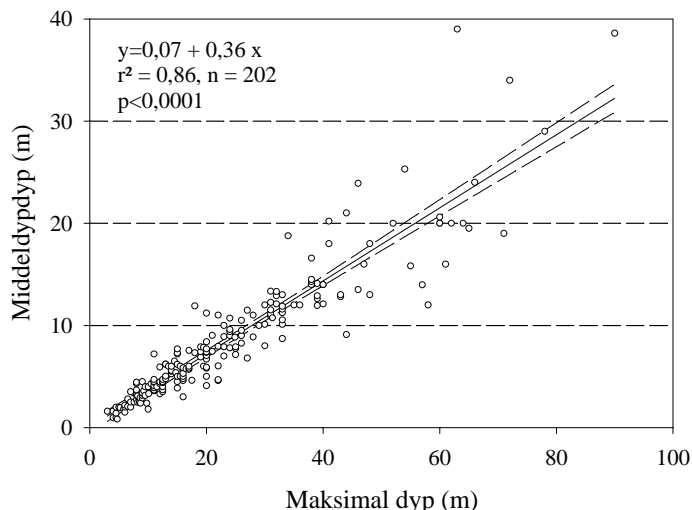
De undersøkte innsjøene ligger fra 2 til 1250 moh, flest i høydeintervallet 700 - 900 moh. (**figur 3**). I størrelse varierer de mellom 0,01 til 1,36 km², flest innsjøer med areal under 10 ha (**figur 3**). Største målte dyp var 90 meter, mens en av innsjøene ikke var dypere enn 3 meter. Det ble for hver innsjø beregnet middeldyp og volum, og det var en signifikant sammenheng mellom største målte dyp og gjennomsnittsdypet for innsjøene ($p < 0,0001$, $n = 183$) (**figur 4**).



FIGUR 3. Frekvensfordeling av de undersøkte innsjøene i forhold til høyde over havet (moh.) og i forhold til areal (hektar).

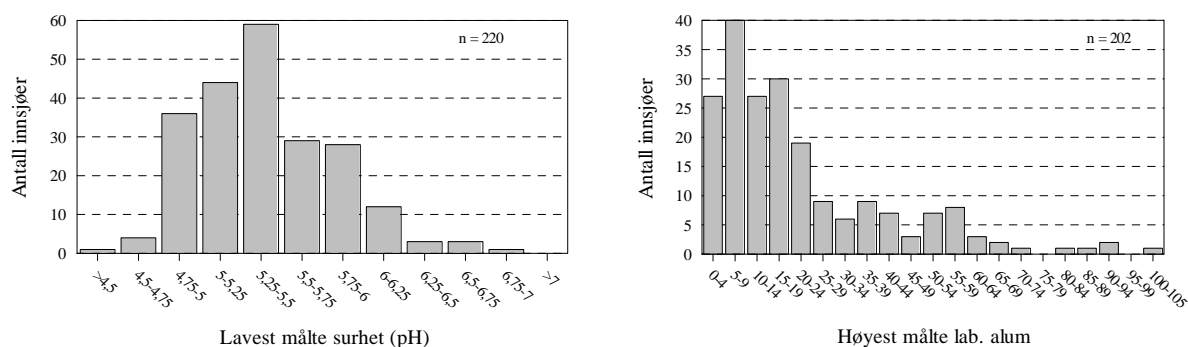
I 45 av de undersøkte innsjøene ble det ikke fanget fisk, 62 undersøkelser hadde et ikke representativt aldersbestemt materiale eller utilfredsstillende garninnsats, og i 59 innsjøer var det satt ut fisk. I alt 123 undersøkelser kunne benyttes til vurdering av årsklassestyrke, i 19 av disse var det iverksatt kalking i løpet av de årsklassene som inngikk i garnfangstene og det vil i disse innsjøene være mulig å fange opp effekter av kalkingen på årsklassestyrken. I 39 innsjøer var det kalket i hele den perioden som det ble fanget fisk fra. Laveste fangst de 139 innsjøene var 1 fisk, mens største fangst var 189.

FIGUR 4. Sammenheng mellom største målte dyp og beregnet gjennomsnittsdyp for 202 av innsjøene som inngår i undersøkelsen. 95 % konfidensintervall er vist med stiplet linje.



VANNKVALITET

Vannkvaliteten i de undersøkte innsjøene var i varierende grad undersøkt og antallet målinger fra en enkelt innsjø varierte fra en til over 40. De fleste innsjøene hadde en minimumsmåling av pH på mellom 4,75 og 6,0 (**figur 5**). Surhet varierer imidlertid relativt mye over tid avhengig av nedbør og snøsmelting, slik at en kan forvente at det for de fleste innsjøene episodisk kan være lavere pH enn det som er målt. Det har vært vanlig å regne med at auren får problemer med reproduksjonen når pH kommer ned i området 5,0-5,5 (DN 2004), men dette kan ha sammenheng med hyppigheten av målinger og tidspunkt for måling. I Hordaland er det imidlertid observert vassdrag uten redusert overlevelse av aure også der pH er under 5,0 (Kålås 2004). I Hordaland har det vært vanlig å starte kalking dersom pH måles til å være under 5,6 og det observeres at aurebestanden har problemer. Høyeste målte konsentrasjon av labilt aluminium i enkeltinnsjøer varierte fra <5 µg/l til over 100 µg/l. De fleste innsjøene hadde mindre enn 25 µg/l, og bare 36 av 202 hadde mer enn 40 µg/l, som er ansett som nedre grense for hva som kan være skadelig for innlandsaure (Rosseland mfl. 1992). Kalsiumkonsentrasjonen var i mange av innsjøene relativt lav, og over halvparten av innsjøene hadde en kalsiumkonsentrasjon under 0,5 mg/l. Det er i dette materialet en rekke innsjøer hvor kalsiuminnhold ofte er under 0,2 mg/l og hvor bestandene er middels tette eller tette, noe som indikerer at aurebestandene kan klare seg godt selv ved meget lave konsentrasjoner av kalsium.



FIGUR 5. Frekvensfordeling av lavest målte pH og høyest målte konsentrasjon av labilt aluminium (µg/l) i undersøkte innsjøene hvor det foreligger vannkjemiske målinger.

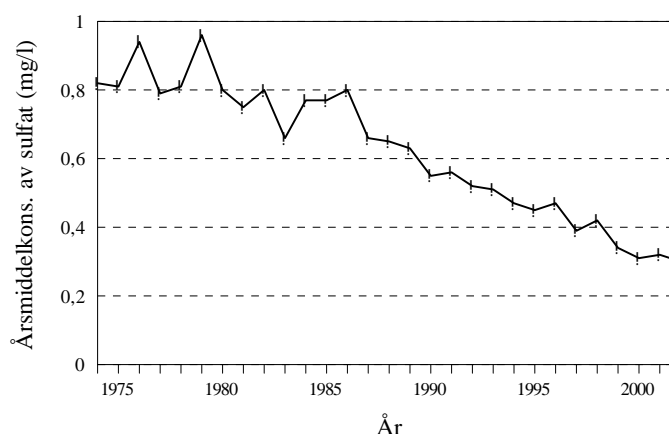
VANNKVALITET OG KLIMA

VANNKVALITET

Det har vært en betydelig reduksjon i utslippene av forsurende stoffer i Europa de siste 20 til 30 årene, noe som har ført til betydelig mindre konsentrasjon av forsurende stoffer i Norge. Dett er oppsummert i den siste rapporten fra Statens Forurensingstilsyn (SFT 2003):

"Utslipp av forurensninger til atmosfæren skjer fra en lang rekke naturlige og antropogene kilder. Forbrenning av fossilt brensel er den viktigste kilde til svoveldioksid og nitrogenoksider i Europa. I tidsrommet 1950-1970 var det en markert økning i utslippene av både svoveldioksid og nitrogenoksider. I følge data som er samlet i forbindelse med EMEP-programmet er utslippene av svoveldioksid redusert med omlag 60 % fra 1980 til 2000 (EMEP, 2002). Utslippsreduksjonen fra 1990 frem til 2000 har vært på 48%. Reduksjonen har vært størst i de vestlige land, men også i øst er reduksjonene på over 30 % fra 1980. Utslippene av nitrogenoksider var ganske stabilt på åttitallet, men fra 1990 til 2000 har utslippet vært redusert med 25 %. Utslippene av ammoniakk har økt etter 1950-årene i sammenheng med veksten i landbruksproduksjonen og et mer intensivt husdyrhold i Europa. I perioden 1990 til 2000 avtok imidlertid utslippene av ammoniakk med ca 17 % (EMEP, 2002)."

FIGUR 6. Veide årsmiddelkonsentrasjoner av sulfat (sjøsaltkorrigert) fra 1973 til 2002 for 7 representative stasjoner på Sørlandet og Østlandet, figur etter SFT (2003).

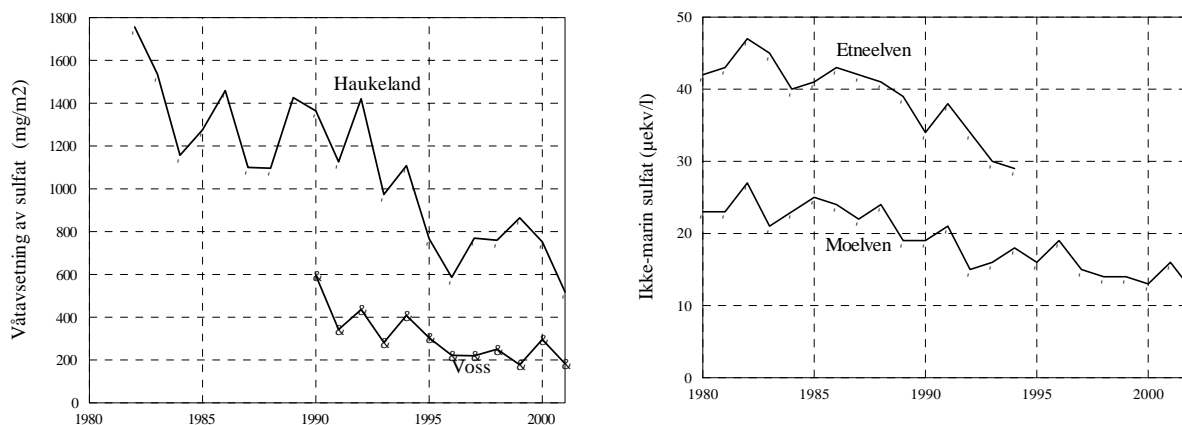


FORSURINGSUTVIKLING I HORDALAND

I Hordaland er tilførsler av forsurende stoffer de siste 20 årene jevnt redusert. Konsentrasjonen av slike stoffer i tre overvåkede vassdrag er også betydelig redusert. Endringene av nedbørens innhold av svovel- og nitrogenkomponenter er i rimelig samsvar med de rapporterte endringer i utslipp i Europa. Årsmiddelkonsentrasjonene av sulfat og sterk syre økte stort sett fram til slutten av 1970-årene, og har deretter avtatt (Hesthagen mfl.1994, Rosseland 2000, DN- notat 2000-2, SFT 2003, DN 2004).

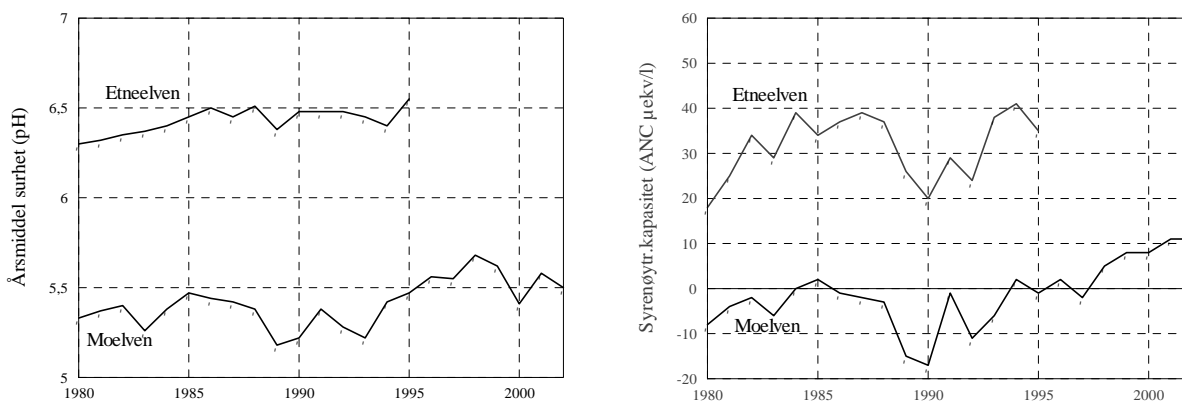
På målestasjonen i Masfjorden er våtavsetningen av sulfat redusert med omtrent 50% i perioden 1980 - 2000, mens målestasjonen på Voss viser den samme utviklingen siden målingene startet i 1990. De største tilførslene av forsurende stoffer til Vestlandsvassdragene skjedde i 1986 og 1989 - 1990, samt 1992, mens det i årene etter 1992 har vært lavere tilførsler av sulfat (**figur 7**).

Vannkvaliteten i de overvåkede vassdragene i Hordaland har bedret seg i takt med dette de siste 20 årene. En kan spore en helt parallell signifikant nedgang i mengden "ikke-marint sulfat" på de to overvåkingselvene i Hordaland (**figur 7**).



FIGUR 7. Venstre: Våtavsetning av sulfat på målestasjonen Haukeland i Masfjorden og på Voss fra 1980 til 1998. Høyre: konsentrasjon av "ikke-marint" sulfat i to elver i Hordaland fra 1980 til 1998.

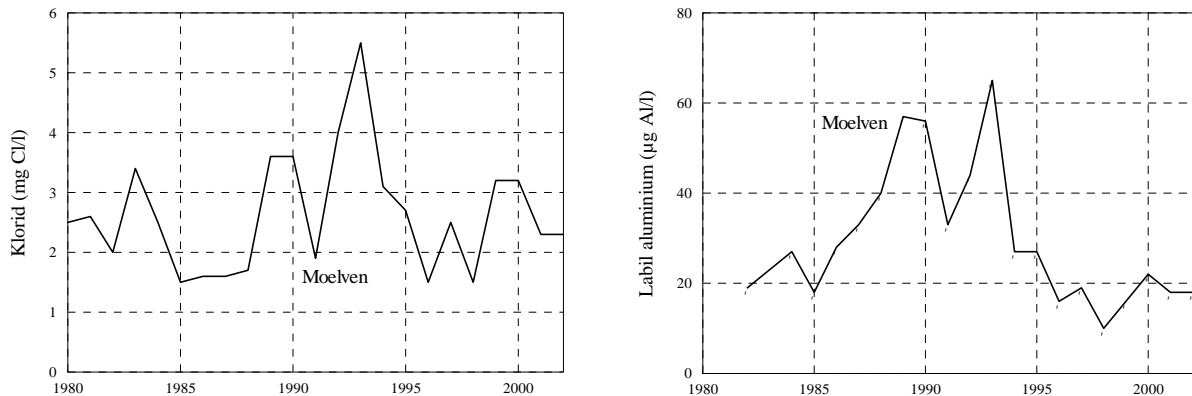
Når det gjelder surhetsnivået i vassdragene, bidrar episoder av forskjellig karakter til et noe mer uoversiktlig bilde. Skal en beskrive utviklingen i surhetstilstand i Vestlandsvassdragene de siste årene, må en derfor ta utgangspunkt i de enkelte årene før en eventuelt kan beskrive trender og mønstre. De sureste årene er 1989, 1990 og 1993. Etter 1993 har det vært høyere pH-verdier enn på lenge (**figur 8**). I de sureste årene var også den syrenøytraliserende kapasiteten i vassdragene (ANC) lavest. Tilførselen av forsurende stoffer kan bidra til å forklare den sure situasjonen i 1989 og 1990, mens surhetstilstanden i 1993 altså ikke skyldes tilførsler av forsurende stoffer / forsurening (**figur 7**).



FIGUR 8. Årsmiddel av surhet (venstre) og av årsmiddel av syrenøytraliserende kapasitet (høyre) i tre elver på Vestlandet fra 1980 til 1998.

De tre sureste årene, 1989, 1990 og 1993 var preget av uvanlige værforhold med milde vintre med store nedbørmengder i kombinasjon med sterk vind. Dette gav kraftige "sjøsaltepisoder", noe som gjenspeiles i årsmidlene for klorid for samtlige tre overvåkingselver (**figur 8**).

Disse tre ekstreme årene utgjør ikke bare de "sureste" årene på Vestlandet siden 1970-tallet, men også de mest giftige. Særlig januar 1993 førte dette til fiskedød i mange vassdrag der slikt ikke tidligere har vært observert (Hindar mfl. 1993). Dette synes klart når en ser på innholdet av aluminium i de to overvåkingsvassdragene i fylket i forbindelse med disse episodene, der utslagene er størst for den sureste Moelven (**figur 9**).



FIGUR 9. Årsmiddel for klorid (vestre) og av labilt aluminium (høyre) i to elver på Vestlandet fra 1980 til 1998.

Årsaken til den dårligste vannkvaliteten er en kombinasjon av naturgitte klimatiske forhold og forsurening. Forsuringen bidro til å utarme vassdragenes nedslagsfelt, slik at motstandsevnen til å takle surstøt episoder var vesentlig redusert. Forsuring kan således bidra til å forklare de kraftige utslagene episodene hadde i enkelte vassdrag, selv om forsurening som sådan ikke var den direkte årsak til episodene.

Skal en beskrive "forsurings-utviklingen" i vassdragene, bør en velge å se bort fra de fire omtalte ekstreme årene. Da er den gode surhetstilstanden i årene etter 1994 ikke nødvendigvis å betrakte som et resultat av uvanlige klimatiske nedbørfattige år, fordi tilstanden i disse årene synes å være tilbake på nivået med den utviklingen en hadde i vassdragene før de forutgående særlig sure årene.

I Ekso synes imidlertid ikke situasjonen å ha blitt særlig bedre i den beskrevne 15-årsperioden. Igangsettingen av Myster kraftverk i 1987 har sannsynligvis ført til en surere tilstand i deler av Ekso, og reguleringen kan ha påvirket vannkvaliteten ved prøvetakingspunktet. Ekso er fra vinteren 1997 kalket.

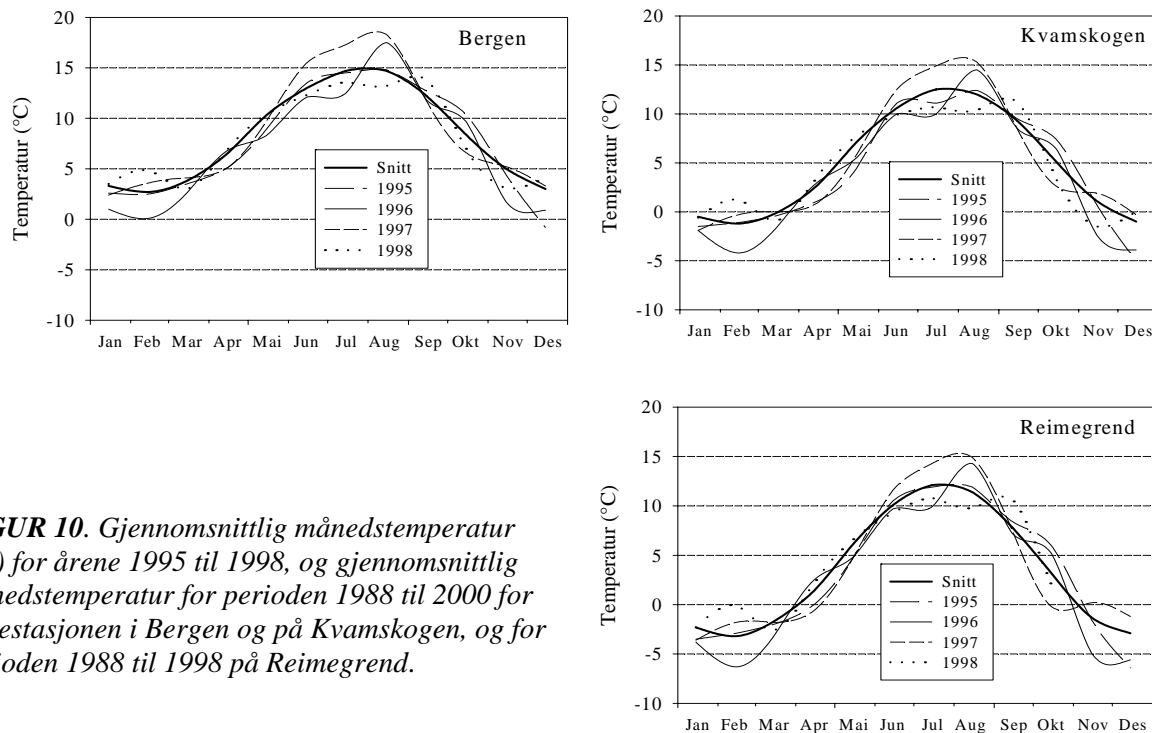
KLIMATISKE FORHOLD

Det er forventet at klimaet vinterstid kan være utslagsgivende for overlevelsen av egg i gytegroper. I kalde perioder med lite snødekke vil vannivået bli svært lavt i elvene, og egg kan fryse.

Det vil være relativt store variasjoner i temperatur og snødekke gjennom året for et bestemt målepunkt, men også store variasjoner fra sted til sted. I **figur 10 og 11** er gjennomsnittlig temperatur og snødekke for perioden fra 1989 til 1999 for målestasjonene: Bergen, Kvamskogen og Reimegrend vist. Målestasjonen Bergen (Florida) ligger i Bergen 12 moh og representerer kyststrøk, Kvamskogen målestasjon ligger i Eikedalen 408 moh og representerer overgangen mellom ytre og indre strøk. Målestasjonen Reimegrend ligger 590 moh og representerer de høyreliggende og de indre områdene av Vestlandet.

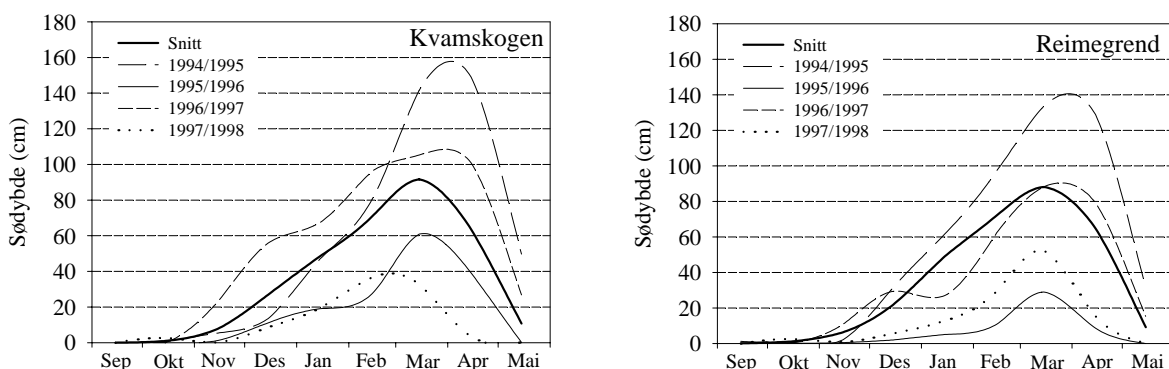
Gjennomsnittlig temperatur i Bergen i perioden fra 1988 til 1998 var 8,1°C, mens den var henholdsvis 4,7 og 3,8 °C i samme periode på Kvamskogen og Reimegrend. Størst forskjell i temperatur er det om vinteren da temperaturen på Kvamskogen er fra 3 - 4°C lavere enn i Bergen, og mellom 5 og 6 grader lavere på Reimegrend enn i Bergen. Sommerstid er temperaturen mellom 2 og 3 grader lavere på Kvamskogen i forhold til i Bergen, mens den er mellom 2,5 og 4 °C lavere på Reimegrend enn i Bergen.

For å vise variasjon mellom år er temperaturen for årene 1995 til 1998 vist i **figur 9**. 1995 og 1998 er relativt normale år, mens 1996 er relativt kald de første månedene, mens 1997 har en spesielt varm sommer. I perioden når gjennomsnittstemperaturen stiger (mars til mai), og synker (september til desember) er temperaturforskjellene mellom år relativt liten, mens den i perioden januar til mars, og i juni - august varierer relativt sett mer mellom år.



FIGUR 10. Gjennomsnittlig månedstemperatur (°C) for årene 1995 til 1998, og gjennomsnittlig månedstemperatur for perioden 1988 til 2000 for målestasjonen i Bergen og på Kvamskogen, og for perioden 1988 til 1998 på Reimegrend.

Målinger av snødybden i perioden 1988 til 1999 viser at også denne varierer mye fra år til år, men også mellom de ulike stedene. Både på Kvamskogen og på Reimegrend er det de fleste år en akkumulering av snø fra desember fram til mars/april og denne snøen blir normalt liggende fram til månedsskiftet april/mai (**figur 10**). I Bergen er det ingen slik snøakkumulering gjennom vinteren og sammenhengende snødekke i flere uker er sjeldent.



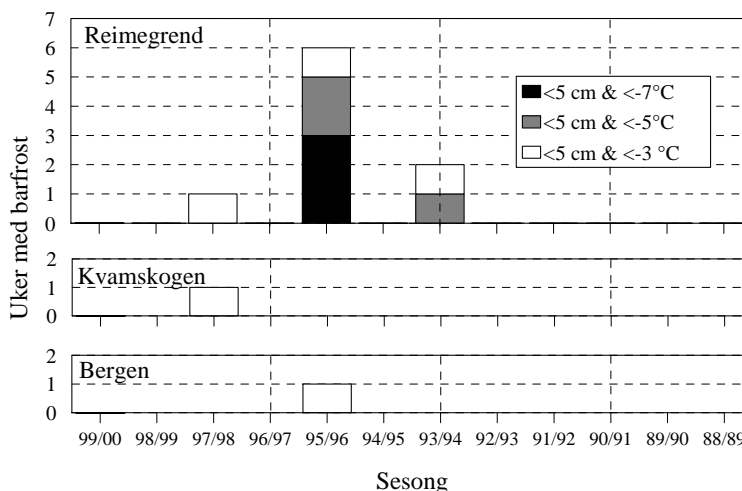
FIGUR 11. Gjennomsnittlig månedlig snødybde (cm) for vintrene 1994/95 til 1997/98, og gjennomsnittlig månedlig snødybde for perioden 1988/99 til 1999/2000 for målestasjonen på Kvamskogen, og for perioden 1988/89 til 1997/98 på Reimegrend.

For å illustrere variasjon mellom år er snødyppet for vintrene 1994/95 til 1997/98 vist i **figur 11**. 1994/95 var et år med store snømengder på slutten av vintersesongen. Vintrene 1995/96 var snøfattige, og spesielt i indre og høyereliggende strøk var det svært lite snø denne vinteren. På Reimegrend var det ikke snødekke fra 14. januar til 8. februar i 1996. Vinteren 1996/97 var det relativt normale snømengder, mens vinteren 97/98 igjen var ganske snøfattig, men i motsetning til i 95/96 var det et stabilt snødekke fra snøen la seg til den forsvant om våren.

Kombinasjonen av lave temperaturer, mangel på isolerende snødekke sammen med lite nedbør vil føre til at vannføringen i gyteelvene er svært lav og sannsynligheten øker for at gytegroppene vil bli liggende over vann, noe som medfører økt sannsynlighet for at aureeggene vil fryse og dermed dø.

For å finne hvilke år som har lite snø og lave temperaturer samtidig, noe som er antatt å gi barfrost, er det for perioden 1988 til 1999 satt opp hvilke uker som hadde sammenfall av gjennomsnittlig snødekke mindre enn 5 cm og gjennomsnitts temperatur under -3°C , -5°C eller -7°C . Lengden på perioden med barfrost og gjennomsnittlig temperatur i perioden vil sannsynligvis være avgjørende for hvor stor betydning en slik barfrostepisode vil ha på overlevelse av egg i gytegroppene.

I perioden 1989 til 1999 har det i Bergen vært registrert en uke med sammenhengende barfrost, i januar 1996. På Kvamskogen er det også bare registrert en uke med sammenhengende barfrost, dette var i månedsskiftet november/desember 1997. På Reimegrend, som representerer de høyereliggende og indre strøk, har det i perioden 1988/99 til 1997/98 vært tre vintre med perioder med sammenhengende barfrost. Vinteren 1993/94 var det sammenhengende barfrost i to uker i november. Vinteren 1995/96 hadde totalt tre perioder med sammenhengende barfrost, en uke i november, to uker i desember og tre uker i januar og februar (**figur 12**).



FIGUR 12. Antall uker med sammenhengende barfrost i perioden 1988 til 2000 i Bergen og på Kvamskogen, og i perioden 1988 til 1998 på Reimegrend. Gradert etter gjennomsnittlig temperatur i perioden.

Lite snø vinteren 1996 gjorde også at isen på mange innsjøer tinte og forsvant tidligere enn vanlig. Tidligere isgang enn normalt gjør at vekstsesongen i mange innsjøer i fjellet blir forlenget, også veksttemperaturen vil i mange høyfjellsinnsjøer være høyere. Slik at selv om sommeren 1996 ikke var spesielt varm, var veksttemperaturen i innsjøene høyere og vekstsesongen var lenger slik at auren dette året hadde markert bedre vekst enn det som er vanlig. Dårlige vekstforhold og lave temperaturer kan sannsynligvis være begrensende på kjønnsmodningen av aure, og enkelte år kan temperaturene være så lave at fisken ikke kjønnsmodner. De gode forholdene i 1996 gjorde trolig at en større andel av aurebestanden kjønnsmodnet, noe som gir flere gytte egg og forventninger om god rekruttering av 1997 - årsklassen, dersom andre forhold som tørrlegging og frysing av egg eller spesielle sure episoder ikke reduserer overlevelsen på eggene.

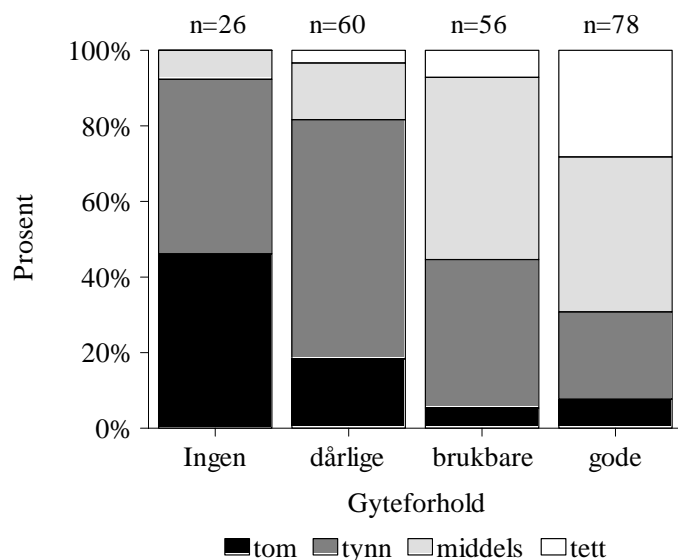
RESULTATER

BESTANDSTETTHET

De undersøkte fiskebestandene har svært varierende livsbetingelser. Graden av påvirkning av forsuring vil variere fra område til område avhengig av jordsmonn og berggrunn i nedbørfeltet, men også mellom år kan det være store variasjoner i forsuringgraden avhengig av nedbørsmengde og andel forsurende stoffer i nedbøren (Johnsen mfl. 1997, Rosseland 2000). Vekstforholdene i den enkelte innsjø vil også være svært ulik, kystnære bestander har lang vekstsesong, og faren for frost i gyteområdene vinterstid er små (Jonsson & Borgstrøm 2000). Fiskebestander i høyfjellsinnsjøer på Vestlandet har derimot ofte kort vekstsesong, og i år med lite vinternedbør og kalde perioder vil gyteområdene til slike bestander være utsatt for tørrlegging og frost, enkelte år vil trolig også være for kalde gjennom sommeren til at egg og yngel får utvikle seg tilstrekkelig til å overleve neste vinter (Borgstrøm 2000b). Likedan kan enkelte vekstsesonger være så marginale at auren ikke kjønnsmodner i enkelte lokaliteter (Fjellheim & Raddum 1994).

GYTFORHOLD

Foruten faktorer som kan variere mellom år, kan forekomst av egnet gytesubstrat være begrensende for rekrutteringen. En sammenstilling av gyteforholdene og bestandsstatus viser at det var en signifikant sammenheng mellom disse to faktorene (ANOVA, $p < 0,001$). Innsjøer med ingen eller dårlige gyteforhold hadde en høyere andel med fåtallige bestander eller som var fisketomme, mens andelen med gode og tette fiskebestander økte med bedre gyteforhold (**figur 13**). Bestandsstatus i innsjøene med kategoriene ingen og dårlige gyteforhold var ikke innbyrdes signifikant forskjellig, det var heller ikke bestandsstatus i innsjøer med brukbare og gode gyteforhold. Bestandsstatus i innsjøer med ingen og dårlige gyteforhold var derimot signifikant forskjellig fra status for innsjøer med brukbare og gode gyteforhold (Tukey $p < 0,05$).

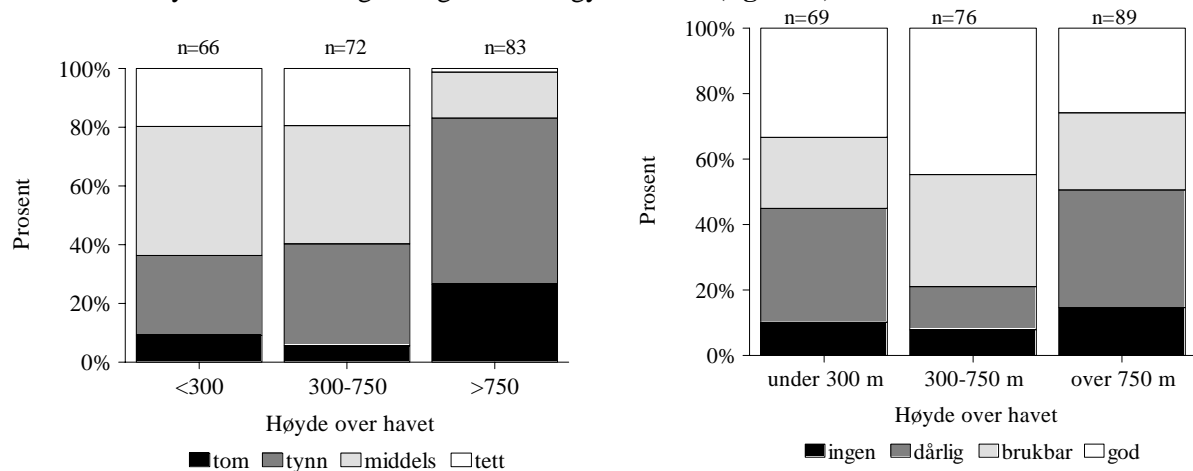


FIGUR 13. Bestandsstatus ved ulike gyteforhold ($n=220$). Innsjøene er bare representert en gang og bare innsjøer der gyteforholdene er kjent er tatt med. "Tynn" = 0-3,5 fisk/garn, "middels" = 3,5 – 6 fisk/garn og "tett" = over 6 fisk/garn.

HØYDE OVER HAVET

Det er en signifikant sammenheng mellom bestandstetthet og høyde over havet (ANOVA $p < 0,001$). Spesielt skiller innsjøer som ligger høyere enn 750 moh seg fra innsjøer som ligger lavere (**figur 14**). Av innsjøene høyere enn 750 moh er det en markert større andel som er fisketomme eller som har tynne fiskebestander. For innsjøer som ligger under 300 moh, og mellom 300 og 750, moh er det ingen forskjell av betydning.

Bestandstetthet ser dermed ut til å være sterkt knyttet til høyde over havet og til gyteforhold. Det ble derfor testet om det var forskjell mellom gyteforholdene i de ulike høyderegionene, Bruk av variasjonsanalyse viste at det var signifikant forskjell i gyteforhold mellom de tre høyderegionene (ANOVA $p < 0,001$). Det er ingen retningsbestemt trend, men innsjøer som ligger mellom 300 - 750 moh har en høyere andel med gode og brukbare gyteforhold (**figur 13**)



FIGUR 14. Bestandstatus i forhold til varierende høyde over havet (venstre) og ulike gyteforhold i forhold til høyde over havet. "Tynn" = 0-3,5 fisk/garn, "middels" = 3,5 - 6 fisk/garn og "tett" = over 6 fisk/garn.

TILVEKST

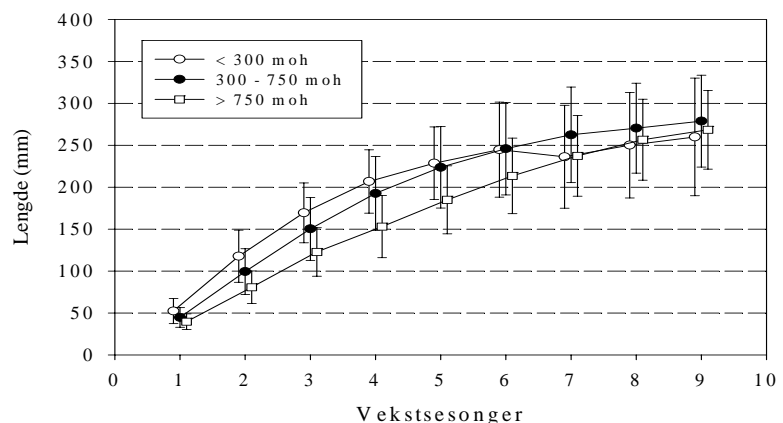
Det er ved fiskeundersøkelser nyttig å kunne sammenligne tilveksten med en forventning. Ved prøvofiske på Vestlandet er ofte fem cm årlig tilvekst benyttet som en normal tilvekst og tilvekst utover dette er avvik fra forventningen. Lavere tilvekst blir ofte tolket som at det er næring i underskudd, og større tilvekst blir tolket som at det er for få fisk til å utnytte innsjøens bærenivå. Imidlertid er vanntemperatur helt avgjørende for fiskens tilvekst (Elliott 1994). For aure er minste veksttemperatur regnet som 4 °C, mens optimal veksttemperatur er 13 °C. Antall døgn med temperaturer over vekstminimum, og med mest mulig optimal veksttemperatur vil derfor være avgjørende for hvor mye en fisk vil vokse dersom den har tilstrekkelig med næring. Disse forholdene varierer med høyde over havet, høyereliggende innsjøer kan enkelte år bare være isfri i noen få måneder, mens det i lavlandet kan være temperaturer over vekstminimum gjennom det meste av året.

Tilveksten for fisken som ble fanget ble beregnet ved skjellavlesing (Lea 1910). I en del innsjøer var det fisket relativt tidlig på sesongen, slik at tilveksten det siste året ikke var representativt og er derfor utelatt.

Auren som ble fanget i innsjøer under 300 moh hadde etter første vekstsesongen vokst 5,2 cm, de fem påfølgende årene var den gjennomsnittlige tilveksten henholdsvis 6.5, 5.2, 3.7, 2.2 og 1.6 cm, i sjuende vekstsesong er den gjennomsnittlige tilveksten negativ, dette kan ikke være reelt, men kan skyldes at hurtigvoksende fisk har kortere levetid enn fisk som vokser sakte, og at fisken som dominerer i de eldste aldersgruppene er saktevoksende. Av aurene som representerer innsjøer lavere enn 300 moh var 55 % fra innsjøer med middels tetthet, mens 27 % var fra innsjøer med tette fiskebestander (**figur 15**).

Aure fanget i innsjøer mellom 300 og 750 moh hadde en gjennomsnittlig tilvekst på 4,5 cm det første året. De påfølgende sju årene var tilveksten henholdsvis 5.5, 5.1, 4.2, 3.1, 2.2, 1.7 og 0.7 cm. Også i denne høyderegionen dominerte aure som var fanget innsjøer med middels tette bestander (51 %), mens 25 % var fra innsjøer med tette bestander (**figur 15**).

For aure fanget i innsjøer som ligger høyere enn 750 moh var den gjennomsnittlige tilveksten den første og andre vekstsesongen henholdsvis 4,1 og 4,2 cm, deretter avtok tilveksten og var de neste seks årene henholdsvis 3.0, 3.2, 2.9, 2.4, 1.9 og 1.2 cm. Utvalget av aure i denne gruppen var også dominert av aure fra innsjøer med middels tette bestander (55 %), mens bare 9 % var fra innsjøer med tette bestander (**figur 15**).

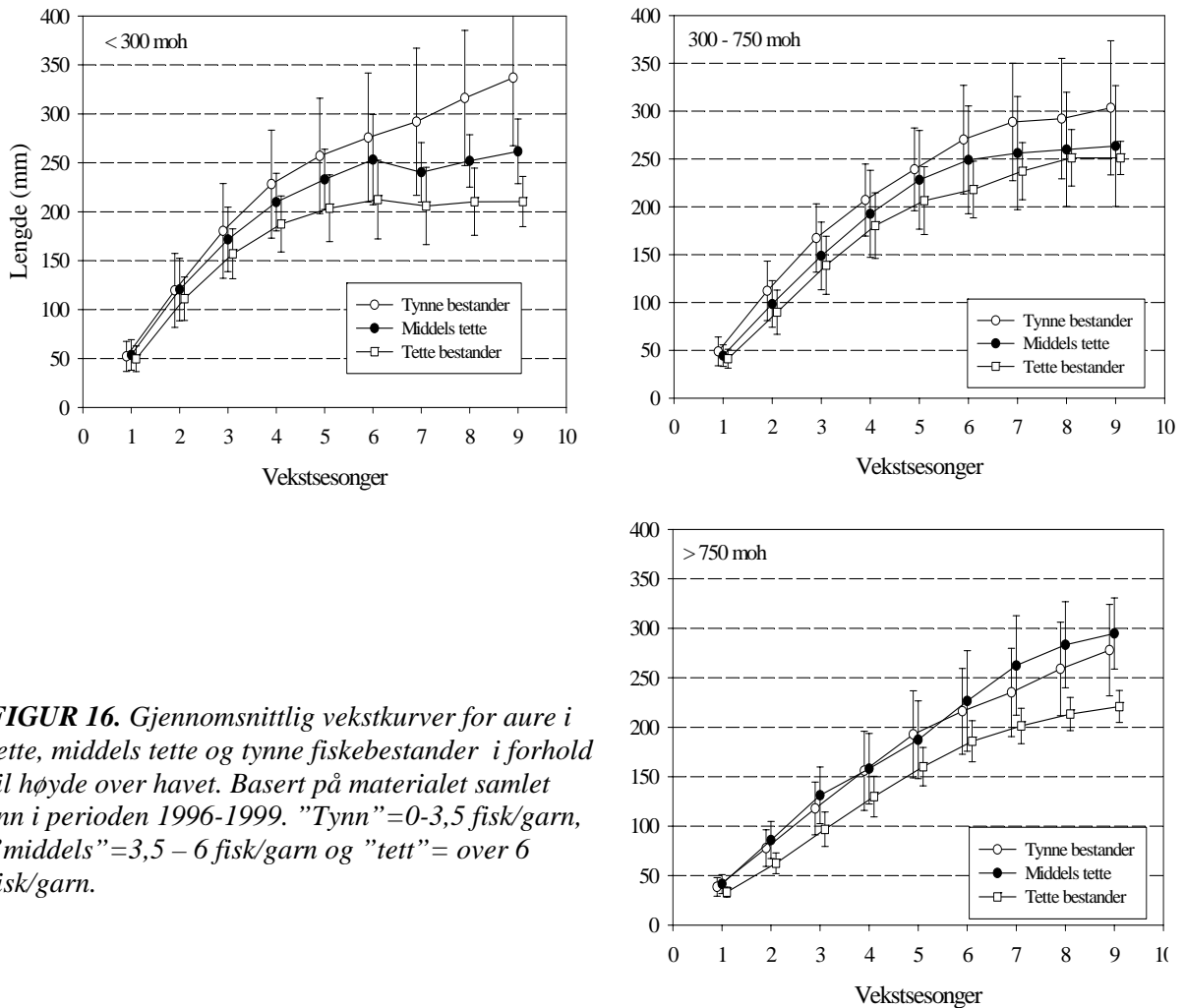


FIGUR 15. Gjennomsnittlig vekstkurver for aure, i forhold til høyde over havet. Basert på materialet samlet inn i perioden 1996-1999.

For å få et mer nyansert uttrykk for forventet vekst er gjennomsnittlig årlig tilvekst i innsjøer med ulik bestandstetthet satt opp mot høyde over havet. For alle de tre høyderegionene viser dette at fisk i innsjøer med tette fiskebestander vokser saktere enn fisk fra innsjøer med middels tette eller tynne fiskebestander (**figur 16**).

I innsjøer under 300 moh stagnerte tilveksten i tette bestander i den femte vekstsesongen når fisken var rundt 20 cm, mens tilveksten stagnerte rundt 25 cm i middels tette bestander, auren var da normalt i sin sjette eller syvende vekstsesong. I tynne (fåtallige) bestander synes det ikke å være noen vekststagnasjon (**figur 16**).

For innsjøer lokalisert mellom 300 og 750 moh ser veksten ut til å avta når fisken nærmer seg 20 cm i tette bestander, mens den ikke stagnerer før rundt 26 cm. I middels tette bestander avtar veksten relativt lite før auren når en lengde rundt 25 cm, da ser imidlertid veksten ut til å stagnere helt. I tynne bestander vokser fisken derimot godt opp til en lengde på 30 cm (**figur 16**).



FIGUR 16. Gjennomsnittlig vekstkurver for aure i tette, middels tette og tynne fiskebestander i forhold til høyde over havet. Basert på materialet samlet inn i perioden 1996-1999. "Tynn" = 0-3,5 fisk/garn, "middels" = 3,5 - 6 fisk/garn og "tett" = over 6 fisk/garn.

I høyereliggende innsjøer (>750 moh) er tilveksten i tette bestander markert dårligere enn i middels tette og tynne bestander, og veksten avtar når fisken passerer 20 cm. I middels tette og tynne bestander ser imidlertid auren ut til ikke å stagnere i vekst.

ALDER

Alderen på villfiskene fanget under garnfisket varierte fra 1 til 16 år, gjennomsnittsalderen var 3,5 år. Andelen med eldre fisk i fangstene økte med høyde over havet, og både gjennomsnittsalderen og høyest registrerte alder økte med høyde over havet. Forholdet mellom gjennomsnittsalderen (y) og høyde over havet (x) er

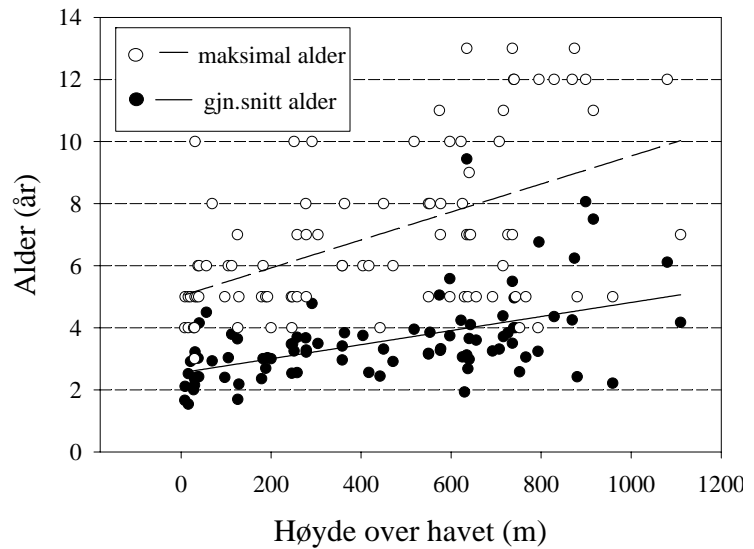
$$y = 2,55 + 0,0023x, \quad (n = 88, \quad r^2 = 0,26, \quad p < 0,001)$$

Dette viser at gjennomsnittsalderen øker med ca 1 år per 400 meter (**figur 17**). Sammenhengen mellom høyeste registrerte alder (y) og høyde over havet (x) er gitt ved ligningen

$$y = 5,02 + 0,0045x, \quad (n = 88, \quad r^2 = 0,26, \quad p < 0,001).$$

Økende levealder med økende høyde over havet kan indikere at levetiden til aure er relatert til temperatursummen, i det temperaturene i høvfjellet normalt er lavere enn i lavlandet.

FIGUR 17. Gjennomsnittlig og største registrerte alder hos aure i forhold til høyde over havet i 88 innsjøer fisket i perioden 1997 til 2003. Bare innsjøer hvor det ble fanget mer enn 10 fisk er tatt med.



KJØNNSMODNING

Alder ved kjønnsmodning varierer fra innsjø til innsjø og mellom kjønnene. Gjennomsnittlig alder ved kjønnsmodning er den alder da den akkumulerte andelen av kjønnsmodne individ når 50 % eller mer. Det er en signifikant trend mot at auren er eldre ved kjønnsmodning i innsjøer som ligger høyt over havet sammenlignet med lavtliggende innsjøer. Det generelle bildet er også at hannfisk kjønnsmodner ved lavere alder enn hunnfisk. Hanner har i gjennomsnitt ett år seinere kjønnsmodning per tre hundre meter stigning (**figur 18**).

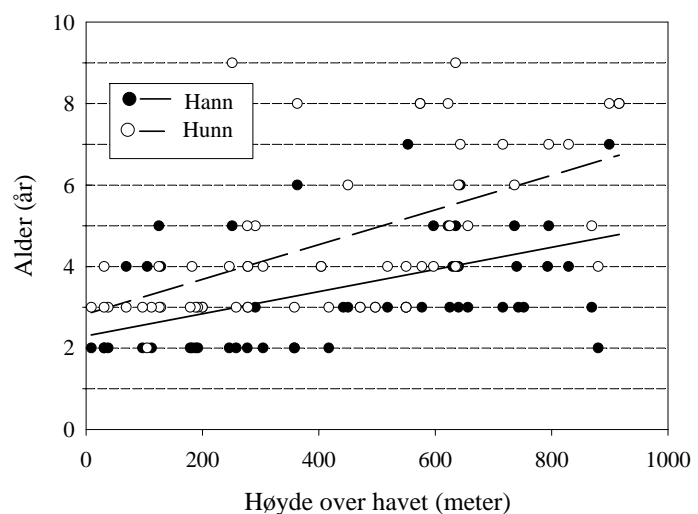
$$(y = 2,29 + 0,003 x, n=60, p = 0,0002, r^2=0,21),$$

For hunnaurene øker gjennomsnittlige alder ved kjønnsmodning med ett år per 250 m stigning

$$(y = 2,83 + 0,004 x, n=52, p < 0,0001, r^2=0,32)$$

I et studie av aure i 26 ulike lokaliteter sør for Sør-Trøndelag, er kjønnsmodningsalder for aurebestanden (hann og hunnaure slått sammen), og høyde over havet oppgitt (Vøllestad mfl. 1993). Dersom en setter sammen disse dataene får en likningen ($y=2,81 + 0,004$, $r^2=0,46$) og viser at resultatet fra innsjøene i Hordaland også kan gjelde utenfor dette geografiske området.

FIGUR 18. Gjennomsnittlig alder ved kjønnsmodning i forhold til høyde over havet. Bare innsjøer med et representativt utvalg av fisk er tatt med ($n= 60$ (hann), 52 (hunn)).

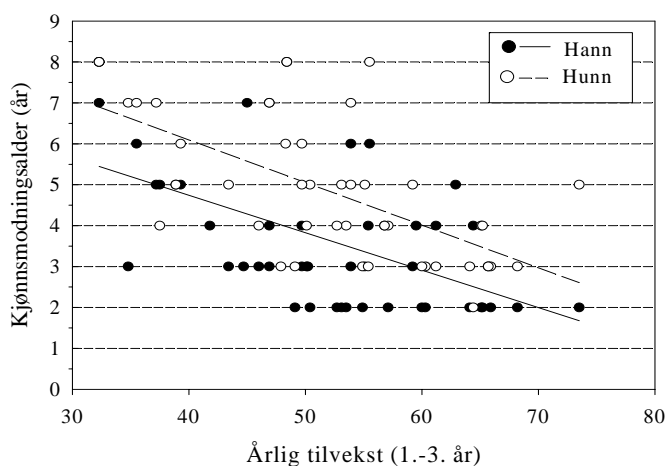


Årlig tilvekst er bl.a. avhengig av temperatur og lengden på vekstsesongen, som igjen er påvirket av innsjøens beliggenhet (se side 17 og 18). I **figur 19** er det satt opp en sammenheng mellom årlig gjennomsnittlig tilvekst de tre første leveårene (som i liten grad er påvirket av bestandstetthet) og gjennomsnittlig alder ved kjønnsmodning, som viser at hurtigvoksende fisk kjønnsmodner ved lavere alder enn saktevoksende fisk.

$$\text{hann: } y = 8,40 - 0,09x, \quad r^2 = 0,30, \quad p < 0,0001$$

$$\text{hunn: } y = 10,26 - 0,10x, \quad r^2 = 0,39, \quad p < 0,0001$$

FIGUR 19. Gjennomsnittlig alder ved kjønnsmodning i forhold til gjennomsnittlig årlig tilvekst de tre første vekstsesongene. Bare innsjøer med et representativt utvalg av fisk og hvor det er fanget flere enn 10 aure er tatt med (antall bestander = 46(hann), 42(hunn)).



Det er en relativt markert forskjell i laveste alder ved kjønnsmodning mellom innsjøene. Også her er det en klar trend mot høyere kjønnsmodningsalder i innsjøer som ligger høyere over havet sammenlignet med innsjøer som ligger i lavlandet. For hannauren øker minste alder ved kjønnsmodning i gjennomsnitt med ca ett år per 300 m stigning

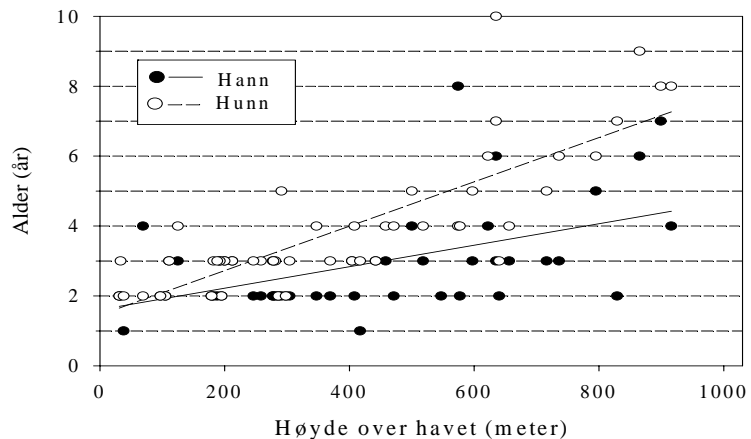
$$y = 1,61 + 0,003x, \quad (n = 49, \quad p = < 0,0001, \quad r^2 = 0,29),$$

Det er relativt stor variasjon mellom bestander, og helt opp i 800 m høyde er det innsjøer med hannaure som er bare to år ved kjønnsmodning. For hunnauren er det en klarere sammenheng mellom høyde over havet og minste kjønnsmodningsalder

$$y = 1,45 + 0,006x, \quad (n = 48, \quad p = < 0,0001, \quad r^2 = 0,66).$$

I gjennomsnitt øker minste alder ved kjønnsmodning med nesten to år per 300 meter stigning for hunnaurene (**figur 20**).

FIGUR 20. Minste alder ved kjønnsmodning i forhold til høyde over havet. Bare innsjøer hvor det ble fanget mer enn 10 aure er tatt med (antall bestander 51(hann), 50(hunn)).



HABITATBRUK

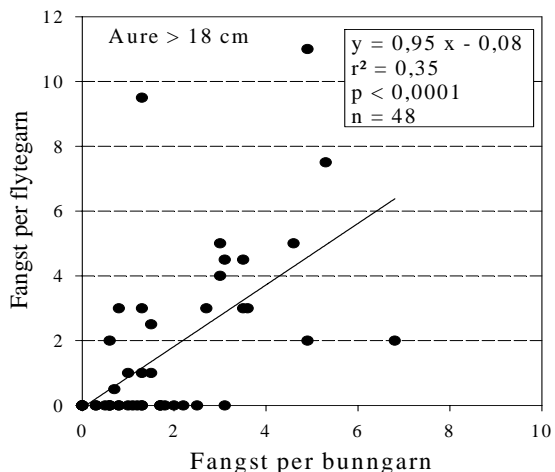
I 49 av innsjøene ble det i tillegg til bunngarn også fisket med flytegarn. Fisken som blir fanget på flytegarn er i gjennomsnitt større enn den som blir fanget på bunngarnene. I de innsjøene der det ble fisket med både bunn- og flytegarn var gjennomsnittsvekten i flytegarnene 223 gram, mens snittvekten for fisk fanget i bunngarnene var 125 gram.

Det er normalt at fisk som er mindre enn 17- 18 cm vil oppholde seg på grunt vann, uavhengig av tettheten og lengdefordeling i bestanden, mens en økende andel av fisken vil oppholde seg pelagisk når fisketettheten øker (Borgstrøm 1995). For å kartlegge hvor stor andel av fisken som blir fanget pelagisk i forhold til littoralt ble forholdet mellom fangst av aure per bunngarnnatt og fangst av pelagisk aure <18 cm det i det undersøkte materialet satt opp.

Materialet viste at det var en klar sammenheng mellom økende bunngarnfangster og fangst av fisk i flytegarn. Dette betyr at auren i større grad benytter det pelagiske habitatet når tettheten av fisk i innsjøen øker. I innsjøer der det ble fanget mer enn tre aure <18 cm per bunngarnnatt, er det gjennomgående en betydelig andel fisk som går pelagisk, men også i innsjøer med lavere fangst per bunngarnnatt kan den pelagiske bestanden være betydelig (**figur 21**). I mange innsjøer vil det pelagiske habitatet være større enn det littorale og selv med relativt lave tettheter i det pelagiske habitatet vil andelen av bestanden som er pelagisk være betydelig.

I innsjøer hvor det ble fanget i gjennomsnitt mindre enn 1,0 aure <18 cm per bunngarnnatt, ble det i 8 % av innsjøene også fanget fisk i flytegarn. Tilsvarende for innsjøer med mindre enn 2,0 aure per bunngarnnatt var 18 %. Dersom fangsten i bunngarnene var større enn 2,5 aure >18 cm per bunngarnnatt ble det også fanget aure >18 cm i flytegarnene i 93 % av tilfellene.

FIGUR 21. Sammenheng mellom fangst av aure <18,0 cm per garnnatt i bunn- og flytegarn. En uteligger er fjernet fra materialet (25 fisk per flytegarnnatt og 4,6 fisk per bunngarnnatt).



FANGST AV ULIKE ALDERSGRUPPER I DET UNDERSØKTE MATERIALET

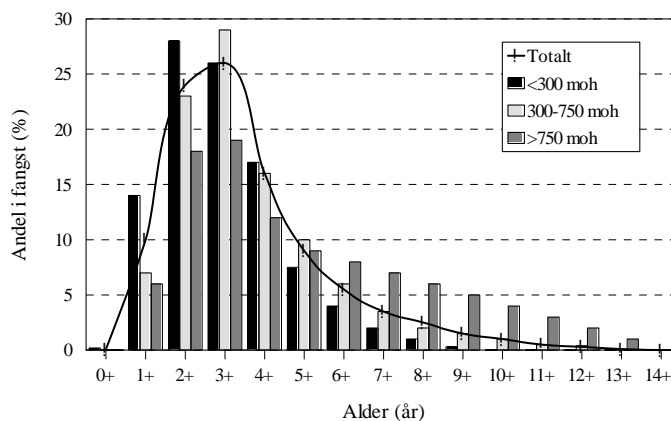
Rekruttering av ulike årsklasser vil være avhengig av størrelsen på gytebestanden og overlevelsen på de enkelte årsklassene både som rogn og yngel. Aure i innsjøer gyter oftest flere ganger slik at det er normalt er relativt liten variasjon i gytebestanden fra år til år i en enkelt innsjø. Det er derfor lite sannsynlig at variasjon i gytebestanden skal forklare godt tilslag eller mangel på rekruttering av enkelte årsklasser i et større område. For aure er egg- og yngelstadiet de mest sårbare livsstadiene. I disse fasene er aure mest sårbar for skadelig vannkjemi, som lave pH-verdier og høye konsentrasjoner av skadelig aluminium. Eggstadiet er også utsatt for uttørking og frysing som medfører økt dødelighet. Vannkvaliteten og klimaet vil variere mellom år og være avgjørende for overlevelsen av de ulike årsklassene.

Aldersstruktur

For å kunne skille ut forskjeller i styrken av enkelte årsklasser mellom år og mellom regioner, er det nødvendig å vite hvor stor andel en enkelt årsklasse det er forventet å fange med fleromfars garn (Nordisk standard). Aldersfordelingen i fangstene viste at det var en høyere andel eldre fisk med økende høyde over havet. Andelen av de ulike aldersgruppene som det er forventet å fange vil derfor være forskjellig for en innsjø som ligger høyt til fjells sammenlignet med innsjøer i lavlandet.

Fra prøvefisket i perioden 1996 til 2003 var det henholdsvis 21, 21, 13, 27, 12, 8, 14 og 4 innsjøer hvert år som hadde fiskebestand og hvor fangstinnstansen var høy nok til at utvalget kunne regnes som representativt. Ut fra aldersfordelingen i fangsten fra disse 123 undersøkelsene ble det beregnet et gjennomsnitt av hver aldersgruppe i fangsten, deretter ble det foretatt en kurvetilpasning. Resultatet er framstilt i **figur 22**, og viser at det er relativt stor forskjell i forventet årsklassefordeling i fangst for innsjøer som ligger over 750 moh sammenlignet med innsjøer under 300 moh og innsjøer mellom 300 og 750 moh, de to sistnevnte gruppene har et relativt likt fangstmønster, men innsjøer som ligger lavere enn 300 moh har normalt en høyere andel ettåringer og toåringer i fangsten, mens andelen eldre fisk er lavere.

FIGUR 22. Forventet andel av en aldersgruppe i fangst ved garnfiske med fleromfars prøvefiskegarn, for innsjøer lavere enn 300 moh, mellom 300 og 750 moh og over 750 moh.



TABELL 2. Forventet andel (%) av en aldersgruppe i fangst ved garnfiske med fleromfars prøvefiskegarn, for innsjøer lavere enn 300 moh, mellom 300 og 750 moh og over 750 moh.

Alder	0+	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	11+	12+	13+	14+	Totalt
<300 moh	0,2	14	28	26	17	7,5	4	2	1	0,3	0	0	0	0	0	100
300-750 moh	0	7	23	29	16	10	6	3,5	2	1,5	1	0,5	0,4	0,1	0	100
>750 moh	0	6	18	19	12	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	100

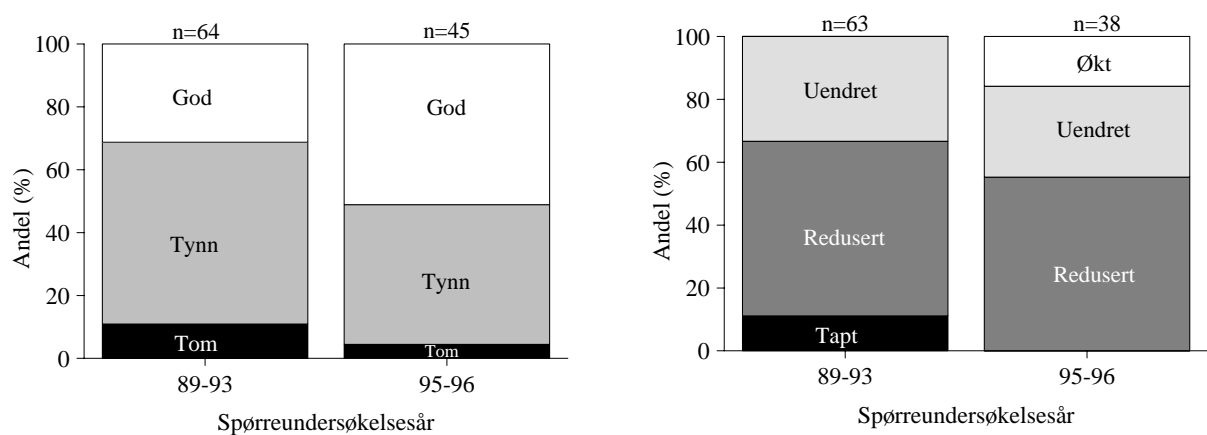
EVALUERING AV SPØRREUNDERSØKELSE

Metode

Det ble i forbindelse med utarbeiding av kalkingsplaner gjort et omfattende intervjuarbeid av enkeltpersoner med kjennskap til ulike innsjøer, om status og eventuell endring i fiskebestanden. Det ble også gjort en oppjustering av resultater fra tidligere undersøkelser. I en rekke av disse innsjøene er det siden gjennomført prøvefiske. Resultatene fra prøvefiske og fra intervjuundersøkelsen er så sammenlignet. De innsjøene som er tatt med i denne sammenligningen er innsjøer der det ble fisket med et tilstrekkelig antall garn til å anslå bestandstettheten. Det kan være vanskelig å fastslå sikkert at en innsjø er fisketom, men i innsjøer der det er fisket med 8 eller flere bunngarn uten å fange fisk, er status for innsjøen satt til fisketom, mens innsjøer hvor det er fisket med bare et fåtall, men med stor fangst i alle garnene, er vurdert til å ha høy tetthet av fisk. Det er videre en forutsetning at det ikke foregår utsetninger i innsjøen og at resultatene på prøvefisketidspunktet ikke var påvirket av kalking. I et fåtall av innsjøene er det både aure og røyebestander, men kun informasjon om aurebestanden er benyttet i sammenligningen mellom spørreundersøkelsesresultat og prøvefiskeresultat.

Resultat

For de prøvefiskete innsjøene var fiskestatus kartlagt ved spørreundersøkelse i 109 innsjøer med nåværende eller utdødd aurebestand, hvor det ikke er fiskeutsetninger. Totalt 9 av innsjøene hadde ingen fiskebestand, 57 innsjøer hadde en tynn fiskebestand og 43 hadde en god eller tett fiskebestand. Dataene var innsamlet i to perioder 1989- 1993 og 1995 - 1996. Det var et vist skille i status og utvikling forut for spørreundersøkelsene utført i de to periodene. Fra spørreundersøkelser fra 1989 til 1993 var det en andel innsjøer som hadde fiskebestander som hadde gått tapt, nye innsjøer med tapte fiskebestander ble ikke avdekt ved undersøkelsen i 1995-96. For innsjøene undersøkt i perioden 1995-96 ble det rapportert om økt aurebestand i 16 % av innsjøene, økt tetthet var ikke benyttet som mulig utfall i undersøkelsen fram til 1993 (Hesthagen mfl. 1993, 1994) (**figur 23**).



FIGUR 23. Andel av innsjøene hvor det ble rapportert om god, tynn eller ingen fiskebestand (venstre) og uendret, redusert og tapt fiskebestand ved spørreundersøkelser i periodene 1989-1993 og 1995-96. Bare innsjøer hvor det ikke er utsetninger og hvor det ikke var kalking på undersøkelsestidspunktet er tatt med.

Av innsjøene som er prøvofisket foreligger det resultater fra spørreundersøkelser i ca. halvparten. Totalt 77 av disse innsjøene var prøvofisket på en måte som gjorde at resultatene kunne benyttes til å vurdere bestandssituasjonen for aure. Av de 7 innsjøene som fra intervjuundersøkelsene var oppgitt til å være fisketomme ble det påvist tynne fiskebestander i 3, mens 1 innsjø hadde middels tett fiskebestand. Av 38 innsjøer som var oppgitt til å ha tynne fiskebestander var det 10 (26 %) hvor det ikke ble påvist fisk, 17 med tynne bestander og henholdsvis 6 og 5 innsjøer med middels og tette fiskebestander. For de 32 innsjøene hvor det var oppgitt å være gode eller tette fiskebestander, var det 2 som var fisketomme, 15 hadde tynne fiskebestander og 11 og 4 innsjøer hadde henholdsvis middels tette eller tette fiskebestander (**tabell 3**).

TABELL 3. Antall innsjøer hvor det fra spørreundersøkelser var opplyst å være ingen aurebestand eller tynne eller gode /tette fiskebestander, og den faktiske bestandssituasjonen kartlagt ved prøvofiske for spørreundersøkelser utført i perioden 1995-1996 og 1989-1993 i parentes ().

		Prøvefiske				Totalt
		tom	tynn	middels	tett	
Spørre- under- søkelse	tom	2 (1)	0 (3)	0 (1)	0 (0)	2 (5)
	tynn	6 (4)	6 (11)	2 (4)	1 (4)	15 (23)
	god/tett	1 (1)	7 (8)	3 (8)	3 (1)	14 (18)
	Totalt	9 (6)	13 (22)	4 (13)	4 (5)	31 (46)

Sammenligningen mellom prøvofiskeresultatene og spørreundersøkelsene viser at det er relativt dårlig samsvar. 46 % av svarene gitt i spørreundersøkelsene i perioden 1989-93 stemte overens med resultatene i prøvofisket. Forholdet mellom spørreundersøkelser i 1995-1996 og prøvofisket, viste at 45 % av svarene var riktig i forhold til prøvofiskeresultatet. Tilsynelatende kan dette se ut til å være en grov rettesnor, men med tanke på at det bare var tre mulige utfall i spørreundersøkelser (tom, tynn, god/tett) er det forventet at 33 % av svarene ville vært rett selv om de som ble spurt ikke hadde kunnskap om fiskebestandene.

En tidligere sammenligning mellom spørreundersøkelser og prøvofiske viste en høyere grad av samsvar enn resultatene i denne sammenstillingen viser (Hesthagen mfl. 1993). Antall innsjøer i den nevnte undersøkelsen var høyere, noe som reduserer feilkildene, men samtidig viser resultatet fra prøvofiske de siste årene at bestandsstrukturen i mange innsjøer har endret seg, og i en slik periode er det naturlig at spørreundersøkelser vil gi et mindre riktig bilde enn det en kan forvente i en stabil situasjon.

Resultatet fra spørreundersøkelsene fra perioden 1989-93 til 1995-96, indikerer at det har vært en svak økning i antall bestander med gode tette bestander, og tilsvarende færre bestander med redusert bestandstetthet (**figur 23**). Ut fra de oppfølgende prøvofiskeresultatene er det imidlertid vanskelig å slå fast at dette er en faktisk trend. De vurderinger som ble foretatt av forvaltningen om en oppfølgende fiskeundersøkelse etter kartlegging av vannkvalitet og bestandstetthet ved intervjuundersøkelser, virker derfor å være nødvendig for å kunne iverksette riktige tiltak der det faktisk er et behov.

DISKUSJON

For å relatere bestandsresponser av ulike påvirkninger som for eksempel forsuring og effekter av kalking, er det en forutsetning at en kjenner normal bestandstetthet og demografi, som også kan være strekt påvirket av fiske. I innsjøer er disse relasjonene spesielt kompliserte på grunn av at svært mange naturlig varierende faktorer påvirker tetthet og demografi (Borgstrøm mfl. 1995, Borgstrøm & Hansen 2000).

I foreliggende sammenstilling er det påvist at høyde over havet og tilgang på egnete gyteområder, altså naturlige forhold, kan ha avgjørende betydning for bestandstetthet, rekruttering og demografi. Det er for eksempel vist at gjennomsnittlig alder, maksimal alder og alder ved kjønnsmodning øker med høyden over havet. Det er også vist at veksthastighet avtar med høyden over havet, men samtidig er vekststagnasjon mindre uttalt i bestander i høytliggende innsjøer, og dermed er maksimalstørrelsen gjerne større i slike innsjøer. Veksthastighet og vekststagnasjon påvirkes av temperatur og mattilgang, det siste påvirkes av bestandstetthet. Vekstbetingelsene vil dermed påvirkes av rekrutteringsforhold og beskatning.

Bestandsstatus, inkl. tetthet, blir normalt kartlagt ved prøvefiske med garn og elektrofiske av gytebekker og generell kartlegging av gyteforhold. Det blir også samlet inn en rekke tilleggsopplysninger om innsjøens morfometri, vannkvalitet og øvrig fauna, både dyreplankton og bunnlevende insektlarver. Disse variablene gir opplysninger som er viktige i vurderingen av produksjonsforholdene for fisken i den aktuelle lokaliteten.

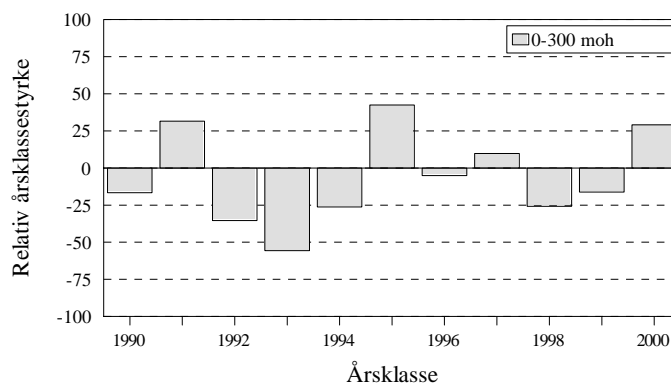
Demografi er viktig i vurderingen av bestandsstatus. I lavtliggende innsjøer der auren har kort levetid, vil en ved prøvefiske fange et færre antall årsklasser enn i høytliggende innsjøer der fisken lever lengre. Dette innebærer at prøvefiske gir informasjon om rekruttering over en lengre periode i høytliggende enn i lavtliggende innsjøer.

VARIASJON I ÅRSKLASSESTYRKE

Rekrutteringsforholdene i høyfjellet er mer variable på grunn av større fare for barfrost, sammenlignet med lavereliggende bestander. Videre kan kjønnsmodning være påvirket av vanntemperatur. I enkelte innsjøer kan det spesielle år skje at fisken ikke blir kjønnsmoden, slik at rekrutteringen svikter for den etterfølgende årsklassen. På den andre siden kan uvanlig høye temperaturer og gode vekstbetingelser i enkelte år medføre at en uvanlig høy andel av fisken kjønnsmodner og gir et stort rekrutteringspotensiale. Eksempel på slike år er 1996 med barfrost, men gode vekstbetingelser som førte til meget god rekruttering av årsklassen som kom opp av grusen i gytebekkene sommeren 1997. Kombinert med en varm sommer i 1997 ser dette ut til å ha gitt svært god overlevelse på yngelen som klekte dette året, tilsvarende godt tilslag av 1997-årsklassen er også registrert på Hardangervidda (Rognerud mfl. 2004).

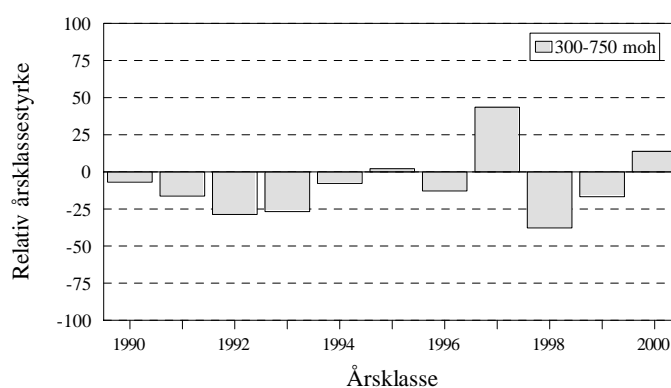
Vurderingen av årsklassestyrken for bestandene i innsjøene som ligger i høydeintervallet under 300 moh, viser at det sort sett er relativt jevn rekruttering (**figur 24**). For årsklassene tidlig og seint i perioden vil usikkerheten være større siden antall fisk fra hver årgang som blir fanget er få, og små tilfeldige endringer kan få store utslag. 1995-årgangen peker seg ut som den sterkeste de siste ti årene, mens årsklassene fra 1992, 1993 og 1994 var noe svakere enn forventet. 1998-årsklassen var også svakere enn forventet. 2000-årsklassen ser ut til å være relativt sterk.

FIGUR 24. Relativ årsklassestyrke for perioden 1990 til 2000 i innsjøer som ligger lavere enn 300 moh (n=46).



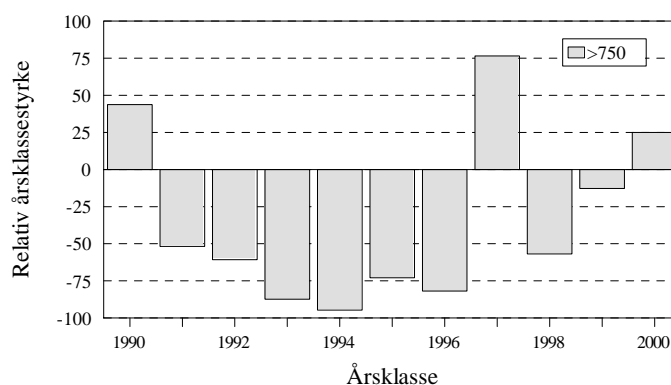
Bestandene i innsjøer som ligger mellom 300 og 750 meter over havet, hadde fra 1990 til 1993 en svakere rekruttering enn forventet, spesielt peker 1992 og 1993 seg ut med svak rekruttering. Etter 1993 har årsklassen fra 1997 vært tallrik, mens årsklassen fra 1998 ser ut til å være noe svak (**figur 25**).

FIGUR 25. Relativ årsklassestyrke for perioden 1990 til 2000 i innsjøer som ligger mellom 300 og 750 moh (n=46).



I bestander i innsjøer som ligger høyere enn 750 moh har det på 1990- tallet, med unntak av i 1990, vært lavere rekruttering enn forventet helt fram til 1997, da det var svært god rekruttering i mange innsjøer (**figur 26**).

FIGUR 26. Relativ årsklassestyrke for perioden 1990 til 2000 i innsjøer som ligger høyere enn 750 moh (n=28).



KALKINGEFFEKTER OG FORVALTNINGSSTRATEGI

Basert på kunnskapen om variasjon i årsklassestyrke på Vestlandet generelt, men også lokalt ved bruk av referanseinnsjøer, kan det lages forventninger for utviklingen i rekruttering for bestander. Hver enkelt innsjø er grundig kartlagt slik at en har fått kjennskap til de lokale forholdene gjennom registrering av vannkvalitet ved vannkjemiske analyser, og ved bruk av biologiske indikatorer som dyreplankton og bunndyr. I tillegg har en fullstendig oversikt over gyteforholdene, med vurdering av

egnet substrattyp, utbredelse av gyteområde, elveløpets utforming og nedbørfelt. Samlet gir dette informasjon om bekkenes egnethet som gytelokalitet og sannsynlige begrensninger. Denne informasjonen gir grunnlag for å vurdere utviklingen i enkeltinnsjøer opp mot en forventning. For innsjøer med fiskeutsetting er også detaljert kjennskap til mengde og tidspunkt for utsetting avgjørende for vurderingene.

For kalkete lokaliteter i Hordaland ble utvikling i årsklassestyrke vurdert opp mot den generelle forventningen, sammen med de faktorene som kunne være begrensende for rekrutteringen av aure i den enkelte lokalitet. I utgangspunktet ble 84 innsjøer vurdert. En innsjø er referanseinnsjø, fem innsjøer ligger nedenfor innsjøer som er kalket med grus og hvor det er forventet at denne kalkingen ikke har hatt effekt på vannkvaliteten i den aktuelle innsjøen, for to av innsjøene var det kalket nedstrøms nedre vandringshinder for innsjøene og kalkingen har ikke effekt i de undersøkte innsjøene. Tre av innsjøene ligger nedstrøms kalkete innsjøer, men var ikke ment som kalkingsmål. Av de resterende 73 innsjøene var 19 brukt som kalkingsreservoar for nedenforliggende anadrom strekning eller nedenforliggende innsjø.

Totalt var det dermed 54 innsjøer som var kalket, og hvor det var ønsket en positiv effekt av kalkingen på fiskebestandene i lokaliteten som ble undersøkt. I disse 54 innsjøene blir det benyttet ulike kalkingsmetoder. I 14 innsjøer har det vært innsjøkalking med kalksteinsmel, i 16 innsjøer har det vært kalket med kalkgrus i gytebekkene. En kombinasjon av disse to kalkingsmetodene er benyttet i 9 av de undersøkte innsjøene, mens 15 innsjøer ligger nedstrøms innsjøer som blir innsjøkalket og hvor det er forventet at oppstrøms kalking har en betydelig effekt på vannkvaliteten.

I totalt seks av de 54 undersøkte lokalitetene var det høyst sannsynlig at kalkingen hadde ført til bedret rekruttering, i ni av innsjøene var det trolig en slik effekt, mens det i 11 innsjøer muligens var en effekt av kalkingen på rekrutteringen av aure. I en av innsjøene var det ikke mulig å dokumentere om det hadde vært effekt av kalkingen, mens det i de resterende 27 kalkingsobjektene ikke så ut til å ha vært noen effekt (**tabell 4**). I totalt 26 av de 54 lokalitetene var kalkingen stanset per november 2004. 16 av disse innsjøene var i kategoriene uten kalkingseffekt, 9 kom i kategorien mulig eller trolig kalkingseffekt og en innsjø hadde hatt effekt av kalkingen.

TABELL 4. Antall innsjøer med ulik grad av effekt av kalking i Hordaland, fordelt på ulike kalkingsstrategier.

	Kalkingseffekt					Totalt
	Ja	Trolig	Mulig	Nei	?	
Innsjøkalk	2	1	5	6		14
Innsjø/grus		2	2	4	1	9
Grus	1	6	3	6		16
Innsj. oppstr.	3		1	11		15
Totalt	6	9	11	27	1	54

Relativt sett var det lokalitetene hvor det ble kalket med grus i bekkene at det var flest lokaliteter med sannsynlig effekt av kalkingen, mens det for lokalitetene hvor det bare ble benyttet innsjøkalking var liten effekt. I flere av innsjøene hvor det er benyttet kalkgrus har dette ført til en betydelig bedring av gyteforholdene for aure. En del steder hvor det tidligere ikke var gyteforhold for aure, er det etter utlegging av kalkgrus blitt gyteforhold. Dette betyr at de relativt gode resultatene ved utlegging av kalkgrus nødvendigvis ikke bare skyldes bedret vannkvalitet for fiskeegg, men en del steder også i stor grad er et resultat av bedre gyteforhold.

I de innsjøene hvor det ikke var registrert noen effekt av kalkingen var det ikke fisk i to av innsjøene, og følgelig kunne det ikke forventes noen effekt av kalkingen. I de resterende 25 innsjøene var

manglende gyteforhold hovedbegrensning på rekrutteringen sju, i åtte innsjøer var det klimatisk forhold som var hovedbegrensningen. I seks innsjøer var det ikke noen vannkvalitetsmessige eller andre begrensning i rekrutteringen. I to av innsjøene har det vært fiskeutsettinger, men disse er ennå ikke kjønnsmodne slik at det foreløpig ikke er mulig å vurdere effektene av kalking, i to innsjøer var det lav pH etter kalking, men det var fremdeles god rekruttering og kalkingen har ikke hatt noen effekt (**tabell 4**).

TABELL 5. kalkete innsjøer hvor kalkingen ikke har hatt effekt på fiskebestandene, inndelt etter hovedbegrensningene på rekrutteringen til bestandene.

Begrensning	Gyte- muligheter	Klima og eller tørrelgging	Ingen	Forsuring pH ?	Ikke kjønnsmoden	Totalt
Antall	7	8	6	2	2	25

Det er ulike årsaker til at innsjøkalkingen har hatt relativt liten effekt i mange innsjøer i Hordaland. Kalkingen i Hordaland startet for fullt i en periode da det ble markert bedre vannkvalitet, pga. redusert tilførsel av forsurende stoffer. Den reduserte forurensingen førte til at det generelt ble bedre vannkvalitet og følgelig bedre forhold for fisken, også i innsjøer som ikke ble kalket. Slik at den økningen i rekruttering som er registrert i en del kalkete lokaliteter hadde kommet uavhengig av kalkingen. Den reduserte forsuringen ser ut til relativt raskt å ha ført til bedre forhold for auren på Vestlandet. Det var ikke forventet at denne effekten skulle komme så raskt som det som er registrert.

I noen av innsjøene har kalkingsstrategien trolig ikke vært den mest optimale. Mange av innsjøene på Vestlandet er relativt små og kombinert med mye nedbør gir dette relativt kort oppholdstid på vannet. Innsjøene i Hordaland kalkes om høsten, men pga den korte oppholdstiden på vannet i noen innsjøer kan det svært liten effekt av kalken om våren, en periode på året da det normalt er lavest pH og mest behov for kalken. Det er derfor foreslått å endre kalkingsstrategien i flere av de kalkete innsjøene i Hordaland.

Av de 54 kalkingsobjektene er det foreslått å fortsette kalkingen som nå i to innsjøer. For fire av innsjøene er det foreslått å endre eller fortsette med dagens aktivitet. Det er for disse innsjøene usikkert om dagens metode er optimal eller om en annen metode kan være like godt egnet. I 10 innsjøer er det foreslått å endre kalkingsstrategien, og for 11 av innsjøene er det anbefalt å endre eller avslutte. Dette er innsjøer hvor det kan ha vært en kalkingseffekt, mens dette behovet nå er mindre, og en avslutning av kalkingen her vil trolig være uproblematisk for fisken. Fortsatt overvåking kan være naturlig. I 26 lokaliteter er det aktuelt å avslutte kalkingen. I en del av disse lokalitetene er allerede kalkingen trappet ned eller midlertidig avsluttet. For en av innsjøene er effekten av kalkingen usikker og det er foreslått fortsatt kalking med overvåking (**tabell 6**). For detaljer om de enkelte lokalitetene vises det til **tabell 7**, og en fullstendig gjennomgang av hver lokalitet i dette arbeidets "del 2" (Hellen mfl. 2004).

TABELL 6. Antall innsjøer hvor det er foreslått å fortsette kalkingen, endre kalkingsstrategi eller avslutte kalkingen fordelt etter i hvor stor grad kalkingen har hatt effekt på fiskebestandene.

Forslag	Effekt					Totalt
	Ja	Trolig	Mulig	Nei	?	
Totalt	6	9	11	27	1	54
Fortsette	0	0	2	0	0	2
Fortsette/endre	4	0	0	0	0	4
Endre	1	3	2	4	0	10
Endre/avslutte	1	4	4	2	0	11
Avslutte	0	2	3	21	0	26
Overvåke	0	0	0	0	1	1

TABELL 7. Liste over kalkpåvirkete innsjøer som er prøvefisket i Hordaland i perioden 1996 til 2003. I kolonnen anadrom er det markert med ja dersom innsjøen primært er kalket for anadrom strekning nedstrøms, innsjøen er markert med "litt" drenerer til anadromt vassdrag men er primært kalket for innsjøen. Kalkingsmetode er inndelt innsjøkalking (fullkalket), kalkgrus, eller oppstrøms som indikerer at en innsjø oppstrøms er fullkalket. Innsjøer merket med * er primært kalket som reservoar for nedenforliggende innsjø. Antatt begrensning viser den eller de faktorer som er antatt å være hovedbegrensende på rekrutteringen av aure i. et for nedenforliggende anadrom strekning, kalktype, om kalkingen har hatt effekt, bestandstetthet, antatt hovedbegrensning på bestanden ved siste prøvefiske og foreslått framtidig kalkingsaktivitet. Tabellen fortsetter på neste side.

Innsjø	Innsj. nr.	Vassdr. nr.	Moh	Komm- Une	Ana- drom	Kalkings metode	Kalk Effekt	Bestands- status	Antatt begrensning	Anbefaling
Halvfjordungsv.	23493	036.E2	900	Odda		Innsjø	Ja	Tynn	Gytef	Forts./Endre
Øvre Langatjørn	23490	036.E2	880	Odda		Oppstr	Ja	?	Forts. (endre)	Forts./Endre
Nedre Langatjørn	23484	036.E2	860	Odda		Oppstr	Ja	?	Forts. (endre)	Forts./Endre
Ekkjaskardtjørnet	23477	036.E2	849	Odda		Oppstr	Ja	Tynn	Gytef	Forts./Endre
Djupavatnet	22324	041.AE	678	Etne	Litt	Innsjø *	Nei	Tynn	Gytem/fors	-
Mjåvatnet	22325	041.AE	640	Etne		Oppstr	Nei	Middels	Ingen	Avslutt
Krokavatn	22340	041.AD	892	Etne	Litt	Innsjø *	-	Tynn	Gytem	-
Indre Jordavatn	22406	041.AC3C	726	Etne	Litt	Innsjø *	-	Middels	Ingen	-
Ilsvatnet	1474	041.AA1C	590	Etne	Litt	Innsjø	Nei	Tynn	Gytem	Endre
Strypetjønn	22366	041.AC3A	587	Etne	Ja	Innsjø *	-	Tynn	Gytem	-
Høylandsvatnet	22404	041.AA1A	657	Etne	Litt	Innsjø	Nei	Tynn	Gytem	Endre
Botnavatnet	26979	046.5Z	899	Jondal		Innsjø *	-	Tom	Ingen best	-
Vesle Solbjørgv.	26970	046.5Z	883	Jondal		Innsjø *	-	Tynn	Gytem	-
Ljosavatnet	26975	046.5Z	550	Jondal		Innsjø	Trolig	Tynn		Endre/Avslutt
Lambavatnet	26978	046.5Z	471	Jondal		Oppstr	Nei	Tett	Ingen	Avslutt
Øvre Orrevatnet	27755	048.CZ	1164	Odda		Innsjø/grus	Nei	Tynn	Ikke kjønnsmoden	Endre ?
Nedre Orrevatnet	27777	048.CZ	1111	Odda		Oppstr	Nei	Tynn	Ikke kjønnsmoden	Endre ?
"Vatn 1250"	23311	048.EZ	1250	Odda		Innsjø/grus	Nei	Tynn	Klima	Avslutt
Botnavatnet	23270	048.EZ	865	Odda	Litt	Innsjø *	-	Tett	Ingen	Avslutt
Nyastølsvatnet	23281	048.EZ	622	Odda	Litt	Innsjø *	-	Tett	Ingen	Avslutt
Løyningsvatnet	23274	048.EZ	597	Odda		Oppstr	Nei	Tett	Ingen	Avslutt
Kjeatjørni	27340	052.1C	550	Voss		Innsjø	Mulig	Tynn	Klima/forsur?	Endre ?
Moensvatnet	27316	052.1C	246	Voss		Innsjø/grus	Nei	Middels	Ingen	Avslutt
Øvre Fugladalsv	26637	052.6C	942	Kvam		Grus	Nei	Tynn	Klima	Avslutt
Fossavatnet	26628	052.6C	859	Kvam		Ingen	-	Tynn	Klima	-
Nedre Fugladalsv.	26624	052.6C	766	Kvam		Ingen	-	Middels	Klima	-
Krokavatnet	66195	055.AZ	930	Samnang.	Ja	Innsjø	-	Tom	Tom	-
Øvre Botnavatnet	26785	055.AZ	847	Samnang.	Ja	Innsjø	-	Tom	Tom	-
Nedre Botnavatnet	550199	055.AZ	765	Samnang.		Oppstr	Nei	Tom	Tom	Avslutt
Holmavatnet	26780	055.AZ	794	Samnang.	Ja	Innsjø	-	Tynn	Frost	-
Kvanneviksvatnet	26771	055.AZ	635	Samnang.	Ja	Innsjø	-	Middels	Ingen	-
Kikedalsvatnet	26775	055.AZ	458	Samnang.	Ja	Grus	-	Tett	Ingen	-
Spongatjørn	26787	055.AZ	547	Samnang.	Ja	Grus	-	Middels	Ingen	-
Tjørnadalsvatnet	26509	055.D21	890	Vaksdal		Grus	Ja	Tynn	Tom	Endre
Vatn 998 moh	550252	055.F	998	Kvam		Ingen	Nei	Tom	Tom	-
Moagjelstjønn	26544	055.F	871	Kvam		Ingen	Nei	Tynn	Gytem	-
Instavatnet	26566	055.F	776	Kvam		Grus	Nei	Middels	Klima	Avslutt
Båtavatnet	26580	055.F	768	Kvam		Grus	Mulig	Tynn	Forsur./klima	Fortsett
Djupatjørnet	26570	061.D	736	Kvam		ref.	-	Tynn	Klima	-
Havskårvatnet	26902	055.31	278	Fusa		Innsjø/grus	Mulig	Middels	Forsuring	Endre/Avslutt
Nyatrævatne	26943	057.2	153	Sund		Innsjø *	-	Tom	Tom	-
Grindavatnet	26942	057.2	140	Sund		Innsjø *	-	Tom	Tom	-
Vorlandsvatnet	26931	057.2	35	Sund		Innsjø	Nei	Tett	Ingen	Avslutt
Langavatnet	26914	057.1	69	Sund		Innsjø	Mulig	Middels	Næring	Avslutt

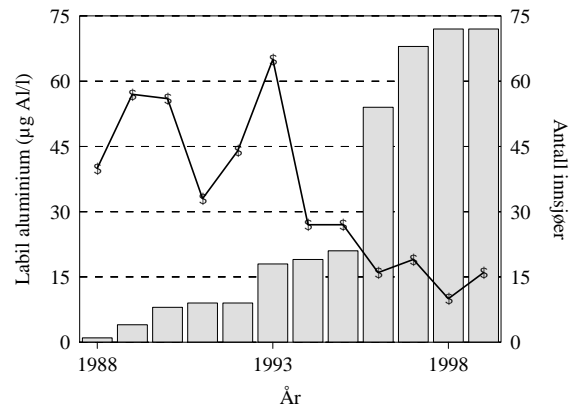
Innsjø	Innsj. nr.	Vassdr. nr.	Moh	Komm- Une	Ana- drom	Kalkings metode	Kalk Effekt	Bestands- status	Antatt begrensning	Anbefaling
Fjellvatnet	26587	059.3A	53	Askøy		Innsjø/grus	Trolig	-	Gytem/forsuring	Endre
Torvavatnet	26469	060.1	200	Vaksdal		Innsjø	Nei	Middels	Gytem	Avslutt
Botnavatnet	26465	060.1	192	Vaksdal		Innsjø	Mulig	?	Gytem	Avslutt
Blomdalsvatnet	26478	060.5B	188	Vaksdal		Oppstr	Nei	?	pH?	Avslutt
Midtvatnet	26485	060.5B	179	Vaksdal		Oppstr	Nei	Tett	pH?	Avslutt
Fyrste Lauvtjernet	26451	060.5B	383	Vaksdal		Grus	Trolig	?	Gytem/fors	Endre/Avslutt
Andre Lauvtjernet	26445	060.5B	382	Vaksdal		Grus	Trolig	?	Gytem/fors	Endre/Avslutt
Litlavatnet	176872	061.A	510	Vaksdal		Grus	Trolig	Tynn	Klima/tørri	Avslutt
Vatnastølsvatnet	26481	061.A	500	Vaksdal		Grus	Trolig	Tynn	Klima/tørri	Avslutt
Brekkegråvatnet	26492	061.B3	791	Vaksdal		Grus	Trolig	Middels	Gytem(før)	Endre/Avslutt
Skarvavatnet	26493	061.B5	765	Vaksdal		Grus	Mulig	Tynn	Klima/tørri	Fortsett
Gråsidevatnet	2080	061.5D	576	Vaksdal		Innsjø/grus	Trolig	Middels	Klima/tørri	Endre
Fossdalsvatnet	2079	061.5B	442	Vaksdal		Innsjø	Nei	Middels	Ingen	Avslutt
Vardatjørnane	177016	061.4D	747	Vaksdal		Grus	Nei	-	Tørri	Endre/Avslutt
Kjerringatjørnet	26582	061.4C3	713	Vaksdal		Grus	Nei	-	Ingen	Avslutt
Øvre Krokavatnet	26403	062.1	656	Vaksdal		Grus	Nei	Tynn	Gytem/fors	Avslutt
Øvre Trappetjørnet	26390	062.1	750	Vaksdal		Grus	Trolig	-	Gytem(før)	Endre
Nedre Krokavatnet	26393	062.1	637	Vaksdal		Ingen	-	Middels		-
Gråhorgavatnet	26415	062.A	950	Voss	Ja	Innsjø/grus	-	Tynn	Gytem	-
Grasdalsvatnet	27267	062.BB1AZ	1009	Voss	Litt	Innsjø/grus	Nei	Tynn	Klima	Avslutt
Horgavatnet	27276	062.BE	1145	Voss	Litt	Innsjø	Nei	Tynn	Klima	Endre/Avslutt
Nedre Horgavatnet	27277	062.BE	1136	Voss		Oppstr	Nei	Tynn	Tørri/klima	Avslutt
Vidvangevatnet	27278	062.BE	1131	Voss		Oppstr	Nei	Tom	Tom	Avslutt
Øvre Kvanngrøv.	27274	062.BE	1056	Voss		Oppstr	Nei	Tynn	Gytem	Avslutt
Nedre Kvanngrøv.	27269	062.BE	1032	Voss		Oppstr	Nei	Tynn	Gytem	Avslutt
Brokatjørnet	26424	062.CA22	625	Voss		Innsjø	Mulig	Tynn	?	Avslutt
Krokasetvatnet	27272	062.GC	869	Voss		Grus	Mulig	Tynn	Klima/tørri	Endre/Avslutt
Mykjedalsvatnet	27219	062.H4B	1055	Voss	Litt	Innsjø	Mulig	Middels	Gytem	Endre
Demmetjørn-1	27217	062.H4B	1022	Voss		Oppstr	-	Tynn	Gytem	-
Holmavatnet	27185	062.J	924	Voss		Grus	Nei	Middels	Klima/tørri	Avslutt
Kringlevatn	27177	062.J	916	Voss		Ingen	-	Middels	Næring	-
Lars-Olavatnet	27169	062.J	899	Voss		Ingen	-	Tynn	Klima/forsuring??	-
Leirovatnet	26275	063.A1C	325	Vaksdal	Ja	Oppstr/grus	-	Tynn	Gytem	-
Tuftavatnet	26246	063.A5Z	775	Vaksdal	Ja	Grus	-	Middels	pH - kalket	-
Vetlavatnet	27190	063.D3	897	Voss	Litt	Innsjø/grus	?	-	Frost	Overvåk
Grøndalsvatnet	27191	063.D3	883	Voss		Innsjø	Ja	Middels	Næring	Endre/Avslutt
Svartavatnet	27188	063.D3	874	Voss		Oppstr	Nei	Tynn	Gytem?	-
Instebotvatnet	26165	064.4Z	408	Lindås	Litt	Innsjø/grus	Mulig	Middels	Klima	Endre/Avslutt
Fossvatnet	26169	064.4Z	402	Lindås	Litt	Oppstr	Mulig	Tynn	pH-kalket	Endre/Avslutt
Botnavatnet	26183	064.4Z	347	Lindås		Oppstr	Nei	Middels	Gytem/forsuring?	Avslutt

At rekrutteringen av fisk til en innsjø er begrenset av dårlig vannkvalitet eller dårlige gyteforhold trenger ikke bety at bestanden er truet og at tiltak er nødvendig. F.eks. kan dårlig vannkvalitet slå ut eller redusere overlevelsen i enkeltår uten at dette over tid får betydning for bestanden. Dårlige gyteforhold kan virke begrensende på rekrutteringen, men det kan likevel være tilstrekkelig for å opprettholde en levedyktig bestand.

I høyreliggende innsjøer lever fisken lenger, vokser saktere og kjønnsmodner seinere. Dette gjør at sviktende rekruttering i flere påfølgende år ikke nødvendigvis vil få konsekvenser for bestanden. Likevel vil vellykket gyting med ikke alt for mange års mellomrom være nødvendig for å ha en bærekraftig bestand. Innsjøer med dårlige gyteforhold og eller lav rekruttering pga klimatiske faktorer vil være ekstra sårbare overfor ytterligere negative påvirkninger som f.eks. forsuring. Tiltak og strategi for å bevare slike bestander kan derfor være annerledes enn i innsjøer som ikke har de samme abiotiske begrensningene.

Utvelgelsen av undersøkte innsjøer er basert på informasjon om vannkvalitet og spørreundersøkelser om bestandsstatus for fisk. Begge deler beskriver situasjonen før 1995, og etter en periode fra 1989 til 1994 da vannkvaliteten i mange vassdrag på Vestlandet var dårlig etter omfattende sjøsaltepisoder. Etter 1995 har vannkvaliteten generelt vært betydelig bedre, både på grunn av redusert nedfall av svovel i nedbøren, men også at det ikke har vært tilsvarende sjøsaltepisoder som i den foregående perioden (DN-notat 2000-2) (**figur 27**). Kalking av innsjøer i Hordaland har hovedsakelig foregått etter 1995, slik at det er vanskelig å skille effekten av kalking på rekruttering fra effekten av generell bedring i vannkvalitet i perioden etter 1995. Det generelle bildet er at det vanskelig å påvise effekt av kalking i mange innsjøer, men det er også sannsynlig at dersom kalking hadde skjedd tidligere, dvs. i perioden 1985 til 1993, så ville man kunne fått en påviselig effekt av kalkingen.

FIGUR 27. Konsentrasjonen av labil aluminium ($\mu\text{g Al/l}$) i Moelven i Modalen (linje), som illustrasjon på bedring i vannkvaliteten, og antall av de undersøkte innsjøene som er påvirket av kalking (søyle).



LITTERATUR

- BORGSTRØM, R. 1995. Dynamisk endringer i ørretbestander. I BORGSTRØM. R. B. JONSSON & J.H.L'ABÉE-LUND 1995. Ferskvannsfisk. Økologi, kultivering og utnytting, Sluttrapport fra forskningsprosjektet "Fiskeforsterkningstiltak i norske vassdrag" (FFT) ISBN 82-12-00489-9, side 57-66.
- BORGSTRØM, R. 2000. Mer snø i fjellet, et gode for regulanten - et tap for fiskeren. Fiskesymposiet 2000. Enfo publikasjon nr. 444-2000, ISBN 82-436-0404-9, 114 sider.
- BORGSTRØM, R. 2000b. Fiskesamfunn i sørnorske høvfjellssjøer. I BORGSTRØM. R. & L. P. HANSEN 2000, Fisk i Ferskvann. Et samspill mellom bestander, miljø og forvaltning. 2. utg. ISBN 82-529-1986-3, side 74-82.
- BORGSTRØM. R. & L. P. HANSEN 2000, Fisk i Ferskvann. Et samspill mellom bestander, miljø og forvaltning. 2. utg. ISBN 82-529-1986-3, side 74-82.
- BORGSTRØM. R. B. JONSSON & J.H. L'ABÉE-LUND 1995. Ferskvannsfisk. Økologi, kultivering og utnytting, Sluttrapport fra forskningsprosjektet "Fiskeforsterkningstiltak i norske vassdrag" (FFT) ISBN 82-12-00489-9
- DN-notat 2000-2. Kalking i vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekt i 1999. Direktoratet for naturforvaltning, ISBN 82-7072-380-0, 536 sider.
- DN 2004. Plan for kalking av vassdrag i Norge 2004-2010. 66 sider
- ELLIOT, J.M. 1994. Quantitative ecology and the brown trout. Oxford University Press, Oxford 1994. ISBN 0-19-854678-5, 282 sider.
- EMEP. 2002. Emission data reported to UNECE/EMEP. Eds: V. Vestereng and H.Klein. Oslo, Norway (EMEP/MSW-W Note 1/2002).
- FJELLHEIM, A. & G.G. RADDUM 1994. Stocking experiments with wild brown trout (*Salmo trutta*) from a regulated river in two mountain reservoirs. I: Rehabilitation of freshwater fisheries, I. G. Cowx (red.), 268-279.
- HELLEN, B.A., G.H. JOHNSEN & G.B LEHMANN 1998. Prøvefiske i 74 innsjøer i Hordaland sommeren / høsten 1996. Rådgivende Biologer as. rapport 348, 194 sider, ISBN 82-7658-208-7.
- HELLEN, B.A., E. BREKKE, G.H. JOHNSEN & K. URDAL 2000a. Prøvefiske i 65 innsjøer i Hordaland sommeren / høsten 1997, Rådgivende Biologer AS rapport 434, 312 sider, ISBN 82-7658-286-9.
- HELLEN, B.A., E. BREKKE & G.H. JOHNSEN 2000b. Prøvefiske i 33 innsjøer i Hordaland høsten 1998. Rådgivende Biologer as. rapport 435, 173 sider, ISBN 82-7658-287-7.
- HELLEN, B.A., E. BREKKE & G.H. JOHNSEN 2001. Prøvefiske i 26 innsjøer i Hordaland høsten 1999. Rådgivende Biologer AS, rapport nr. 524, ISBN 82-7658-353-9, 164 sider.

HELLEN, B.A., G.H. JOHNSEN & H. SÆGROV 2004. Sammenstilling av resultat fra prøvefiske i Hordaland i perioden 1996 – 2003. Del 2. Vurdering av de enkelte kalkingsprosjektene. Rådgivende Biologer AS, rapport 752, 91 sider, ISBN 82-7658-409-8.

HESTHAGEN, T., I.H. SEVALDRUD & H.M. BERGER 1994. Utvikling i forsuringsskader på fiskebestander i Sør-Norge etter 1950. NINA Forskningsrapport 50: ISBN 82-426-0439-8, 16 sider.

HESTHAGEN, T., B. O. ROSSELAND, H.M. BERGER & B.M. LARSEN 1993. Fish Community Status in Norwegian Lakes in Relation to Acidification: a Comparison between Interviews and Actual Catches by Test-fishing. *Nordic J. Freshw. Res.* 68 34-41

JOHNSEN, G.H., A.E. BJØRKLUND, B.A. HELLEN & S. KÅLÅS 1997. Forsuring og fisk i Hordaland Rådgivende Biologer AS rapport 249, 64 sider ISBN 82-7658-160-9

JONSSON, B. & R. BORGSTRØM 2000. Fiskesamfunn i lavlandssjøer i Vest- og Midt-Norge. I BORGSTRØM, R. & L. P. HANSEN 2000, Fisk i Ferskvann. Et samspill mellom bestander, miljø og forvaltning. 2. utg. ISBN 82-529-1986-3, side 83-88

KÅLÅS 2004. Fiskeundersøkingar i Haugdalselva 2000 til 2003. Rådgivende Biologer AS, rapport 734, 53 sider. ISBN 82-7658-249-4

LEA, E. 1910. On the methods used in herring investigations. *Pupls Circonst. Cons. perm. int. Explor. Mer.*, No.53, 120.

ROGNERUD, S., R. BORGSTRØM, T. QVENLID OG Å. TYSSE. Ørreten på Hardangervidda, Næringsnett, kvikksølvinnhold, ørekytespredning og klimavariasjoner – følger for fiske og forvaltning. Foredrag på Fiskesymposiet 2004.

http://www.ebl-kompetanse.no/expresso/ebl/kurs/Fiskesymp_04/Rognerud

ROSSELAND, B.O. 2000. Forsuring og vassdrag: Effekter og mottiltak. I BORGSTRØM, R. & L. P. HANSEN 2000, Fisk i Ferskvann. Et samspill mellom bestander, miljø og forvaltning. 2. utg. ISBN 82-529-1986-3, side 230-245.

ROSSELAND, B.O., I.A. BLAKAR, A. BULGER, F. KROGLUND, A. KVELLESTAD, E. LYDERSEN, D.H. OUGHTON, B. SALSBU, M. STAURNES & R. VOGT 1992. The mixing zone between limed and acid waters: complex aluminium chemistry and extreme toxicity for salmonids. *Environmental Pollution* 78:3-8.

VØLLESTAD, L. A., J. H. L'ABÉE-LUND & H. SÆGROV. 1993. Dimensionless numbers and life history variation in brown trout. *Evolutionary Ecology* 7, 207-218.

SFT 1996. Annual report for 1995. Norwegian Monitoring Programme for Long-Range Transported Air Pollutants. SFT-report 660/96, ISBN 82-577-3028-9, 57 pp. (In norwegian, English summary)

SFT 2003. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport - Effekter 2002. SFT-rapport 886/2003, TA-1985/2003.