

Ørreten på Hardangervidda

Klimaets betydning for årsklassestyrke og produksjon av fisk og næringsdyr i Sandvatn 2001-2015



RAPPORT

Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Midt-Norge

Høgskoleringen 9
7034 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Ørreten på Hardangervidda Klimaets betydning for årsklassestyrke og produksjon av fisk og næringsdyr i Sandvatn 2001-2015.	Løpenr. (for bestilling) 6967-2016	Dato 18. januar 2016
	Prosjektnr. Undernr. 12275	Sider Pris 39
Forfatter(e) Sigurd Rognerud og Tore Qvenild (FM Hedmark)	Fagområde Limnologi	Distribusjon
	Geografisk område Hardangervidda	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Miljødirektoratet i Trondheim	Oppdragsreferanse Øyvind Walsø
---	-----------------------------------

Sammendrag

Vi har undersøkt fiskebestanden i Sandvatn i Kvenna fra 2001 til 2015. I denne perioden har bestanden variert fra middels tett til svært tett, og fra 2007 til en stadig tynnere bestand. Dette har hatt avgjørende betydning for forekomstene av viktige næringsdyr som marflo og skjoldkreps. De store variasjonene forklares med variasjoner i klimatisk relaterte variable som snøforhold, vanntemperaturer og produksjonssesongens lengde. Vi har vist at sterke og svake årsklasser varierer synkront over store deler av Hardangervidda. Vi har hatt noen år nå med svake årsklasser (2007 og 2008), lave tettheter og dårlig fiske. Årsklassene 2009, 2010 og 2011 er derimot sterke, og disse vil prege fisket positivt de nærmeste tre – fire årene. De blir neppe sterkere enn at de viktigste næringsdyrene marflo, skjoldkreps og linsekreps vil bety mye som føde. I henhold til Vannforskriftens krav til å definere begrepet God Økologisk Status legger basisovervåkingen opp til undersøkelser hvert tredje eller sjette år. Dette vil ikke kunne fange opp de variasjonene som er registrert i Sandvatn i perioden 2001-2015. Den synkrone variasjon i vanntemperaturer og fiskens årsklassestyrker gjør at årlig overvåking av få innsjøer er det beste alternativet for å følge utviklingen i økologisk status for innsjøene på Hardangervidda, sannsynligvis også i andre høyfjellsområder.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Hardangervidda	1. Hardangervidda
2. Klimavariasjoner	2. Climate variability
3. Ørretbestander	3. Trout populations
4. Årsklassestyrker	4. Year-class strength



Sigurd Rognerud

Prosjektleder



Elisabeth Lie

Forskningsleder

Ørreten på Hardangervidda

Klimaets betydning for årsklassestyrke og produksjon
av fisk og næringsdyr i Sandvatn 2001-2015.

Forord

Denne rapporten er en sammenfatting av kunnskap ervervet gjennom et forskningsprosjekt som omhandler værforholdenes betydning for ørreten og dens viktigste næringsdyr i Sandvatn i perioden 2001 til 2015. Innsjøen ligger i Kvennavassdraget, sentralt på Hardangervidda, og er en utvidelse av selve elveløpet. Den lange tidsserien har gitt ny kunnskap om den betydning som været og fisket har for år til år variasjoner i bestander av fisk og dens næringsdyr.

Resultatene danner bakgrunn for å kunne forutsi konsekvensene for fiskebestandene ved fremtidige klimascenarier, slik som beskrevet i RegClim-prosjektet (Iversen et al. 2005). Det er utgitt 9 års-rapporter som omhandler klimavariasjonenes betydning for ørretens vekst, kondisjon, og næringsnettets struktur. Det er også gjort målinger av kvikksølv-konsentrasjoner i fiskens muskulatur, ut fra hensyn til matsikkerhet. Verdiene var lave og fisk fra Kvennavassdraget omfattes ikke av kostholdsråd. I 2005 ble det satt opp en automatisk værstasjon ved Dargesjøen, nær 5 km nordøst for Sandvatn, for å kalibrere værdata med data fra de nærmeste meteorologiske stasjonene Geilostølen og Møsstrand. Resultatene fra denne undersøkelsen har gjort det mulig å beregne temperatur inne på sentrale deler av på Hardangervidda tilbake i tid. Dette, sammen med årlige data over snømengder på vår og for-sommer (met.no, NVE), har gjort det mulig å estimere vanntemperatur og produksjons-sesongens lengde i innsjøer på Hardangervidda tilbake i tid.

NIVA initierte dette forskningsprosjektet i 2000, og i den første fasen (2000-2003) var det 10 finansielle bidragsytere der Direktoratet for Naturforvaltning (DN), EBL-kompetanse, Statskog SF og NIVA var de største. I perioden 2004 - 2006 ble prosjektet finansiert av DN, EBL-kompetanse og NIVA. De siste årene har Miljødirektoratet i Trondheim vært viktigste bidragsyter. NIVA har bidratt med egeninnsats, Laagefjeld-kompaniet har sørget for husvære, samt transport til og fra Sandvatn.

Alder- og vekstanalysene er utført av: Ola Ugedal (NINA), Reidar Borgstrøm (UMB), Atle Rustadbakken (NIVA), Eirik Fjeld (NIVA) og John Gunnar Dokk (NINA). Otolittene fra Sandvatn kan ofte være noe vanskelige å analysere. Det er likevel ikke foretatt sammenligninger mellom ulike avlesere, men alle har lang erfaring med slike avlesninger.

Feltarbeidet i Sandvatn er gjennomført av Sigurd Rognerud og Tore Qvenild, men Eirik Fjeld og Espen Lydersen har vært viktige støttespillere under prøvefisket i enkelte år. Stein Lier Hansen og Halvor Nordjordet har vært behjelpelig med flere praktiske ting. Det hadde ikke vært mulig å gjennomføre denne undersøkelsen over så mange år uten velvilligheten fra Laagefjeld AS, og deres oppsynsmann Halvor Nordjordet. Alle takkes for et godt samarbeid.

Hamar 15. februar 2016

Sigurd Rognerud og Tore Qvenild

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning	6
2. Dybdekart og morfometri	8
3. Metoder og definisjoner	11
3.1 Værdata	11
3.2 Definisjoner av vær og klima	11
3.3 Temperaturloggere	11
3.4 Fiskeundersøkelser	12
3.4.1 Lengde, vekt, ernæring	12
3.4.2 Alder, vekst og kondisjon	12
3.4.3 Garnbruk	12
3.4.4 Vekstberegninger	13
4. Resultater	14
4.1 Fysiske forhold	14
4.1.1 Den nordatlantiske oscillasjonen (NAO)	14
4.1.2 Tidsutvikling i lufttemperatur (LT)	15
4.1.3 Sammenhengen mellom lufttemperatur og vanntemperatur	15
4.2 Fiskens næringsdyr i Sandvatn basert på mageanalyser	18
4.2.1 Fiskens næringsdyr i august	18
4.2.2 Fiskens næringsdyr i juni, august og september	19
4.3 Fiskeundersøkelsene i Sandvatn	20
4.3.1 Fangstene i prøvefisket	20
4.3.2 Bestandssituasjonen	21
4.3.3 Årsklassenes styrke	22
4.3.4 Årlige variasjoner i fisket i Sandvatn	23
4.3.5 Vekst og kondisjon	24
5. Diskusjon	25
5.1 Fysiske forhold	25
5.2 Klimatiske faktorerens betydning for rekruttering og tilvekst	26
5.3 Produksjonsforholdene i Sandvatn i 2001-2015	29
6. Referanser	32

Sammendrag

Denne rapporten omhandler undersøkelser av fisk, næringsdyr og temperaturforhold i Sandvatn i perioden 2001-2015. Sandvatn ligger i Kvennavassdraget sentralt i Hardangervidda nasjonalpark. Vi har vist at ørretens årlige tilvekst i Sandvatn i perioden 2000-2015 har vært godt korrelert til middeltemperaturen i vannmassene for perioden juli-september (JAS). Mageanalyser av fisken indikerer at dette kan ha sammenheng med temperaturbetinget vekst (døgngrader) av viktige næringsdyr som marflo, skjoldkreps og linsekreps. Dette er nødvendig da økt vekst i fisk ved økt temperatur betinger større mattilgang fordi respirasjonen øker med temperaturen.

Vi har vist at det var en god samvariasjon mellom vanntemperaturene i overflatelagene (VTO og variasjonene i lufttemperaturene (LT) i innsjøer på sentrale deler av Hardangervidda (Rognerud et al. 2006). Det var en god samvariasjon mellom VTO i Sandvatn og den nærliggende Dargesjøen i år med lite snø i Kvennas nedbørfelt, men i snørike år preges VTO i Sandvatn av smeltevann fra de høyere-liggende sydvestre deler av Kvennas nedbørfelt i betydelig grad. Dette resulterer i en reduksjon i antall døgngrader i produksjonssesongen og en lavere årlig tilvekst i fisk, enn det vi kunne forventet uten denne avkjølingseffekten.

Klimascenarier beskriver økte snømengder i de samme områdene i framtiden, og da særlig i Kvennas sydvestlige nedbørfelt (Iversen et al. 2005). Våre prognoser viser at dette vil føre til en reduksjon i produksjonen av ørret i Kvennavassdragets øvre deler. Det vil likevel være store år til år variasjoner. I år med lite snø vil produksjonsperioden bli lengre og litt varmere. Vi har hatt en smeltevannseffekt i 8 av de 13 årene vi har målt vanntemperatur i disse innsjøene. Innsjøene på andre deler av Hardangervidda vil i mindre grad være preget av denne avkjølingseffekten, da isgang og snøsmelting skjer mer synkront i et område med langt mindre snømengder og et flattere landskap (Rognerud et al. 2003).

Vi har prøvd ut en modell med årsklassebasert fiskeforvaltning hvor sterke årsklasser kan beskattes hardt, mens svake beskattes forsiktig. Dette gir et bedre fiske over år. Det viste seg overkommelig å redusere den spesielt sterke 1997-årsklassen til et ønsket nivå (Rognerud og Qvenild 2013). Mange av vannene lenger opp i vassdraget i Ullensvang statsallmenning er av samme størrelse som Sandvatn. Her ble også tetthetene av fisk for stor. Et forsøk med utfisking i 2005 var ikke tilstrekkelig stor til å løse problemet (Borgstrøm 2005b, 2012). Her var ikke innsatsen rettet direkte mot den sterke årsklassen, og her er det derfor fortsatt behov for økt beskatning i enkelte vann (Borgstrøm 2012).

De senere årene har fisket i Kvennadalen vært preget av noen svake årsklasser (2007 og 2008), men nå er det tre sterke årsklasser på vei inn i fisket (2009, 2010 og 2011), og fisket vil bli godt i tiden fremover. Årsklassene er likevel langt svakere enn 1997-årsklassen og vi forventer at det vil være en god balanse, med rikelig tilgang på marflo, skjoldkreps og linsekreps. 2015 ble et svært spesielt produksjonsår med mye snø, sein vår, sein isgang og en kald sommer. Dette betyr at 2015-årsklassen ventelig vil bli svært svak. Den potensielt sterke 2014-årsklassen kan også ha blitt negativt påvirket av dette. Både 2012- og 2013-årsklassene ser ut til å bli svake.

De store variasjonene fra år til år kan være en utfordring for lokal fiskeforvaltning og for klassifisering i henhold til Vannforskriftens krav, samt å definere begrepet God Økologisk Status.

Basisovervåkingen i Vannforskriften forutsetter undersøkelser hvert tredje eller sjette år. Dette vil vanskelig kunne fange opp de variasjonene som er registrert i Sandvatn i perioden 2001-2015. Vi har vist at variasjoner i klimarelaterte variable som snømengder vinterstid og vanntemperaturer sommerstid, kan være avgjørende for fiskens årsklasse-styrke og vekst, og derved også bestandene av viktige krepsdyr som linsekreps, marflo og skjoldkreps. De samme variasjoner i værforholdene preger de fleste vannene i Hardangervidda nasjonalpark. Dette gjør at årlig overvåking av få innsjøer er et godt alternativ for å følge utviklingen i økologisk status for innsjøene på Hardangervidda.

1. Innledning

Hardangervidda er Norges største nasjonalpark, Europas største høyfjellsplatå og verdens største sammenhengende fjellområde hvor ørret er eneste fiskeart i størstedelen av arealet. Selv om hoveddelen av Hardangervidda er nasjonalpark er det adgang til å drive kommersielt fiske i mange av innsjøene. I bygdene som grenser inn til Hardangervidda er det knyttet betydelige økonomiske interesser til høstingen av disse ørretbestandene.

Undersøkelser av ørretens livsvilkår på Hardangervidda i perioden 2000 til 2015 har vist at de årlige svingninger i værforholdene har hatt stor betydning for rekruttering og årsklassestyrke, tilvekst og avkastning (Rognerud et al. 2003, 2005, 2006, 2007, 2008, 2015). Særlig har ekstreme værforhold hatt avgjørende betydning for fiskebestandene. Klimaprognosene viser at ekstremvær kommer til å opptre mer hyppig i årene som kommer (Iversen et al. 2005), og det er derfor rimelig å anta at dette får spesielt stor betydning for akvatiske økosystemer i høyfjellet.

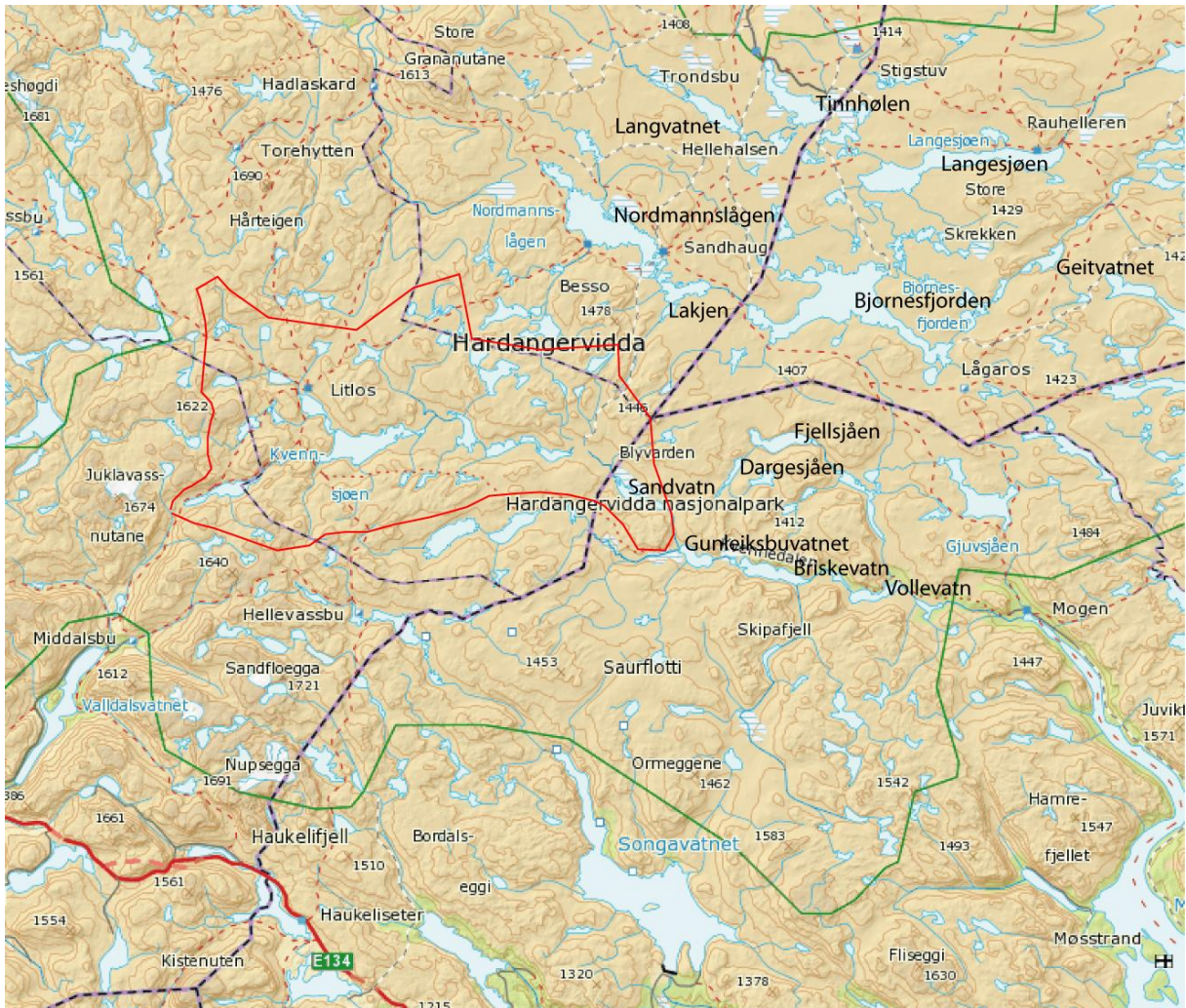
Vanntemperaturen har avgjørende betydning for vitale prosesser i akvatiske organismer. Hastigheten på prosesser som vekst og utvikling, øker til det dobbelte ved en økning i temperaturen på ca. 10 °C innenfor visse grenser. Ved hjelp av stabile nitrogen- og karbon-isotoper har vi vist at økosystemet i mange fjellsjøer i all hovedsak har sin energi fra sollys fiksert av bunnlevende påvekststalger (Rognerud et al. 2003). Derfor er temperaturforholdene i innsjøene sommerstid, lengden på produksjonssesongen, og svekkelsen av sollyset med dypet svært viktig for økosystemets produktivitet. Innsjøenes dybdeforhold har betydning for termisk lagdeling i vannmassene og omfanget av produktive bunnområder.

Vanntemperaturer og produksjonssesongens lengde setter klare grenser for produksjons-kapasiteten i fjellsjøer. Dersom værforholdene endrer seg de kommende årene vil livsvilkårene for fisk og krepsdyr endres betydelig. Det har da også vist seg at ytterligheter i værforholdene som bunnfrysing av gytebekker i snøfattige år, og sein isgang i snørike år har hatt dramatiske konsekvenser for ørret-yngelens overlevelse og derved styrken på årsklassene (Borgstrøm 2001, Rognerud et al. 2003). Dersom yngelen overlever plommesekkstadiet vil næringstilgang og temperaturforholdene gjennom den første sommeren være avgjørende for graden av overlevelse den første vinteren (Borgstrøm og Museth 2005). Etter at 1996- årsklassen nesten forsvant over store deler av Hardangervidda på grunn av bunnfrysing av gytebekkene den snøfattige vinteren 1995/96, fikk 1997 årsklassen liten konkurranse og svært gunstige produksjonsforhold. Denne årsklassen ble derfor svært sterk over store deler av Hardangervidda. Vi har tidligere vist hvordan denne årsklassen gjennom flere år påvirket bestanden i Sandvatn, men også i mange andre vann på Hardangervidda (Rognerud og Qvenild 2013). På bakgrunn av disse undersøkelsene mener vi situasjonen i Sandvatn har stor overføringsverdi, og at Sandvatn derfor er godt egnet som referansevatn.

Denne årsrapporten er en videreføring av tidligere undersøkelser i Sandvatn. Den omhandler hvordan årlige variasjoner i vanntemperaturer, produksjonssesongens lengde og intensiteten i fiske påvirker bestandene av fisk og krepsdyr i Sandvatn. Dette vannet ligger i Kvennavassdraget sentralt på Hardangervidda, og er i enkelte år betydelig påvirket av smeltevann fra høyereliggende områder i vestlige deler av nedbørfeltet (Fig. 1 og 2). For å få et estimat på betydningen av smeltevannet undersøkte vi parallelt temperaturen i nærliggende Dargesjøen. Den har nær samme størrelse, dybdeforhold, og et lite nedbørfelt som ikke påvirkes av store snøleier i vestlige deler av Hardangervidda

(Fig.1). Vi skal diskutere hvordan denne smelteeffekten får spesiell betydning for Kvennavassdraget i forhold til innsjøer som ikke er like sterkt påvirket av økte snømengder vest på Hardangervidda.

Dette har også forvaltningsmessig betydning for andre vann i Kvennavassdraget, men også stor overføringsverdi til andre innsjøer på Hardangervidda (Rognerud og Qvenild 2013).



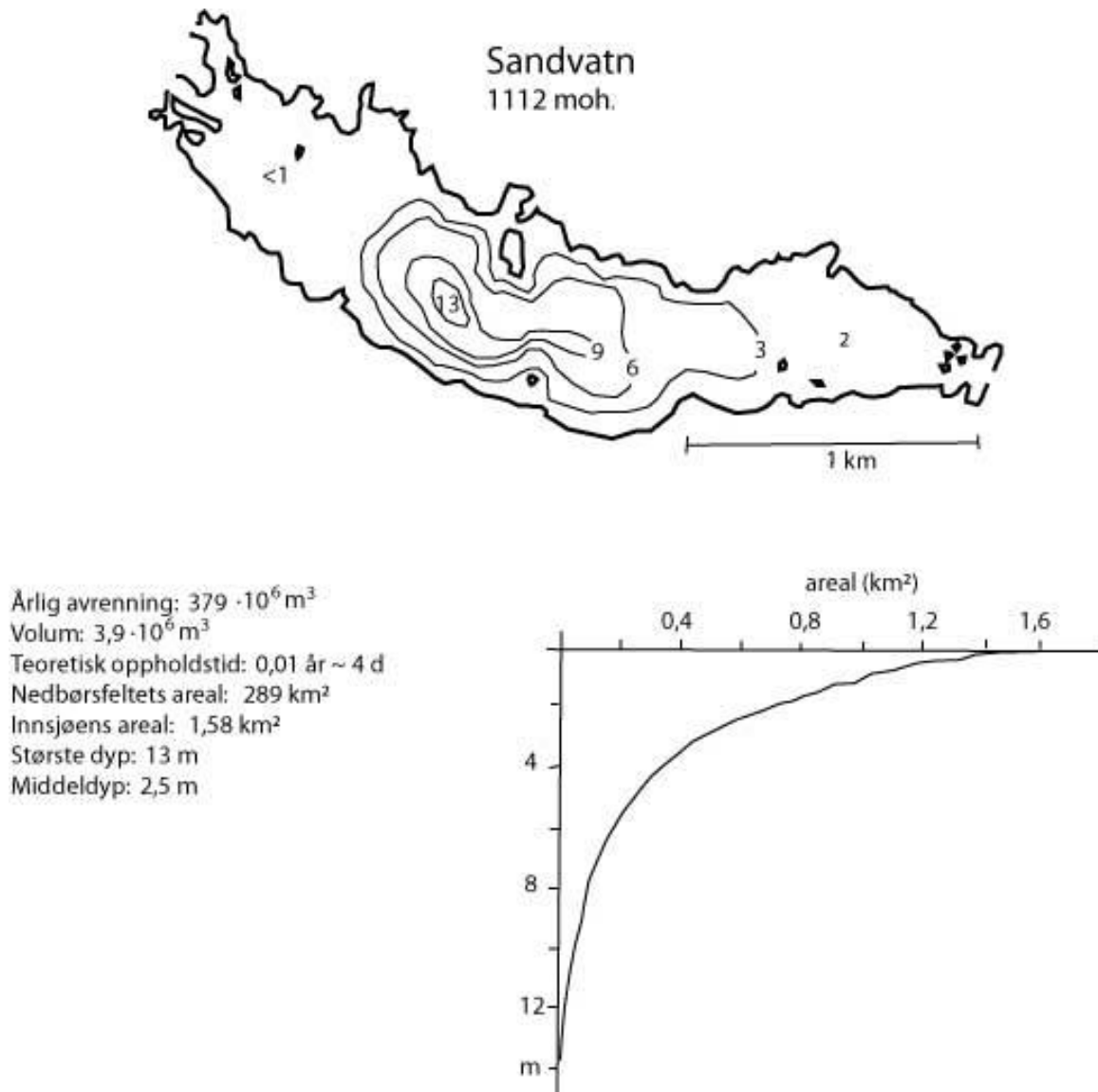
Figur 1. Nedbørfelt til Kvenna starter vest for Kvennsjøen og ender opp i Møsvatn ved Mogen, men her er kun nedbørfeltet til Sandvatn vist (rød linje). Sandvatn ligger nær fylkesgrensa mellom Telemark og Hordaland er en utvidelse av Kvenna. Dargesjøen og Fjellsjøen øst for Sandvatn, ligger også i Kvennas nedbørfelt, men ikke i selve hovedvassdraget. Dargesjøen har et lite nedbørfelt og påvirkes ikke av Kvennas vannmasser. Den benyttes som en referanse på effekten av smeltevann i Sandvatn etter som snøfonnene i vestre deler av Kvennas nedbørfeltet smelter utover sommeren. (<http://www.statkart.no/>)



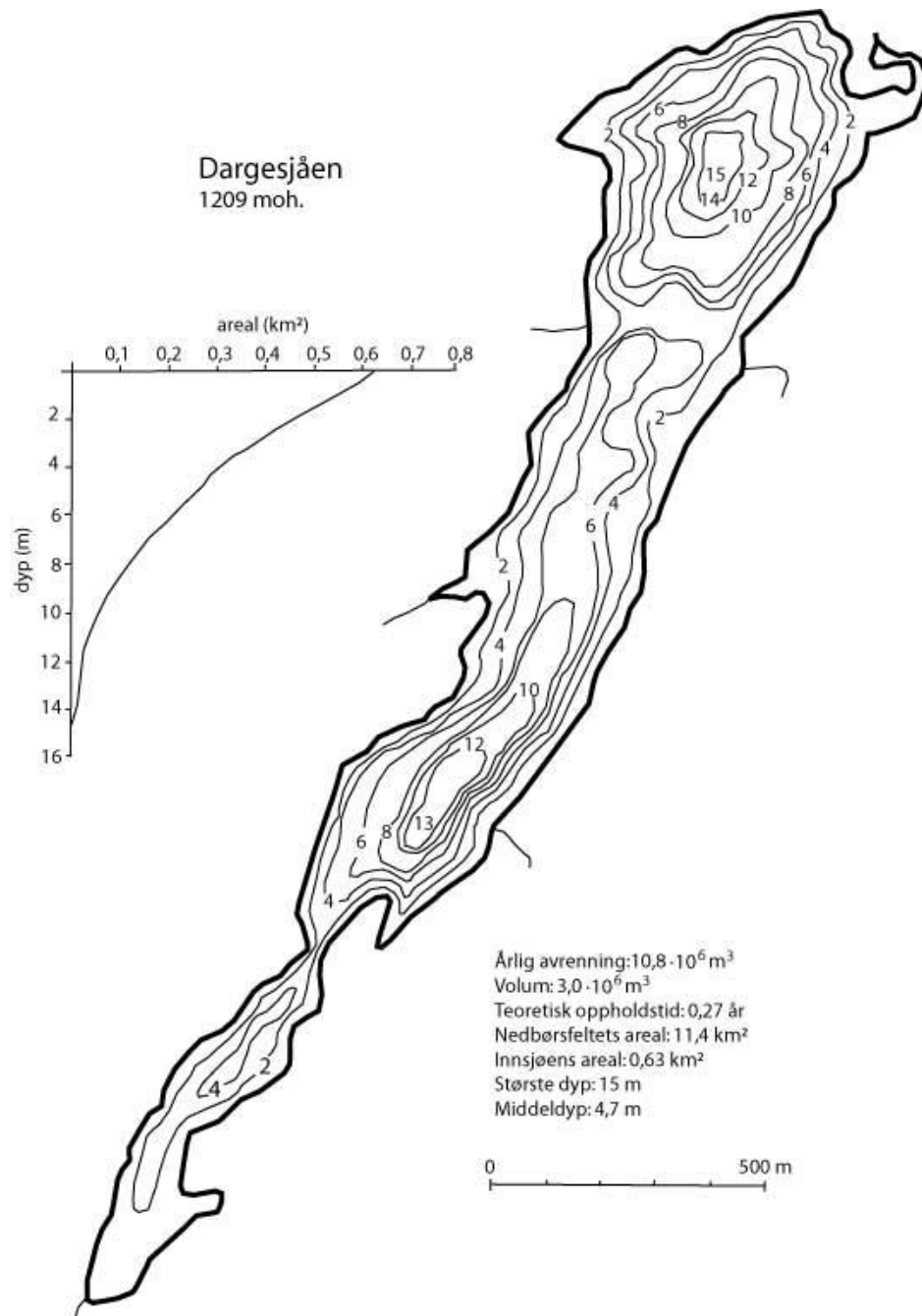
Figur 2. Sandvatn sett mot nordvest. Fylkesgrensen mellom Telemark og Hordaland går nær innløpet.

2. Dybdekart og morfometri

Sandvatn og Dargesjøen er grunne innsjøer med maksimaldyp på 13 til 15 m (Fig. 3 og 4). Innsjøenes middeldyp er henholdsvis 2,5 m til 4,7 m, og vannets teoretiske oppholdstid er henholdsvis 0,01 år (36 dager) og 0,27 år (98 dager). Middeldypet er ofte relatert til mange innsjøspesifikke egenskaper som temperaturforhold, vannkvalitet og produktivitet. Den korte oppholdstiden i Sandvatn gjør at innsjøen må betraktes som en utvidelse av Kvenna, spesielt på våren og forsommeren. I årenes løp har den vestre delen av innsjøen fått tilført grus og finkorna masser fra elva. Innløpsområdet er følgelig svært grunt, mange steder under 1 m. Kvenna har gode rekrutteringslokaliteter for fisk. Dargesjøen har en oppholdstid på 99 dager og det er gode rekrutteringsmuligheter både på innløp og utløp. I Sandvatn har fisken gode gytemuligheter i Kvenna både i innløps-området og ved utløpet av innsjøen. Temperaturgangen i Sandvatn og Dargesjøen er svært lik i år med lite snø i de vestre fjellområdene av Kvennas nedbørfelt (Kap.4.1.3).



Figur 3. Dybdekart, hypsografisk kurve og innsjøspesifikke data for Sandvatn, basert på målinger med ekkolodd i 2004 (Rognerud et al. 2005).



Figur 4. Dybdekart, hypsografisk kurve og innsjøspesifikke data for Dargesjøen basert på målinger med ekkolodd i 2004 (Rognerud et al. 2005).

3. Metoder og definisjoner

3.1 Værdata

Temperaturforholdene på sentralvidda ble undersøkt i 2005 ved hjelp av en værstasjon som ble satt opp ved Dargesjøen (Fig.5). Resultatene ble sammenlignet med målinger ved Geilostølen og Møsstrand meteorologiske stasjoner. Det var en svært god sammenheng mellom variasjonene av lufttemperatur (døgnmidler) ved de tre målestasjonene. Forskjellene var i snitt et avtak på 0,8 °C pr. 100 m økning i høydeforskjell (Rognerud et al. 2006). Vi har benyttet Geilostølen (810 moh.) som referanse for luft-temperaturene på sentralvidda i perioden 2000-2005. Denne stasjonen ble nedlagt i 2005 og erstattet med Geilo-Olderbråten som vi har benyttet for perioden 2006-2015. Meteorologiske data er hentet fra Eklima på nettstedet met.no.

3.2 Definisjoner av vær og klima

Vær er atmosfærens tilstand (temperatur, bevegelse, vanninnhold etc.) til enhver tid, eller variasjon i tilstanden fra dag til dag. Klima blir kalt et langsiktig blikk på været (www.atmosphere.mpg.de). Det tidsintervallet en velger å bruke bestemmes ofte av formålet. Det benyttes ofte ti-års og tretti-års serier (såkalte normalverdier) som beskriver middelverdier, variasjoner og ekstrem-verdier av klimavariabeler som temperatur, nedbør, fuktighet, vindstyrke og lufttrykk. Klimaendringer er systematiske endringer i klimaet (i en retning) forårsaket av ytre pådriv (solstråling, vulkanisme, menneskelige utslipp til atmosfæren), mens klimavariasjoner kan skyldes varierende pådriv i for eksempel solstrålingen, eller vekselvirkninger mellom hav og atmosfære, indikert ved NAO indeksen, som er en vanlig brukt indikator på styrken av vestavindsbeltet (Klima i Norge 2100).



Figur 5. Værstasjonen som ble satt opp ved Dargesjøen for å kalibrere værdata mot de nærmeste meteorologiske stasjonene Geilostølen (fra 2006 Olderbråten) og Møsstrand.

3.3 Temperaturloggere

I Sandvatn og referansesjøen Dargesjøen ble vanntemperaturen målt ved hjelp av temperaturloggere (registrering hver time). Disse ble satt ut like etter isgang og tatt opp i første del av oktober (vanligvis 1 til 2 uker før islegging). Det ble målt temperaturer på 1 m's dyp i perioden (2003 - 2015) og i dybdeprofiler i 2006 - 2007. Siden innsjøene er grunne, vindeksponerte og store deler av bunnområdene er grunnere enn 4 meter, var temperaturene på 1 m's dyp representativ for en stor del av produksjons-sjiktet i innsjøene (Rognerud et al. 2005, 2006). I 2015 var det is på Sandvatn når loggerne skulle legges ut, men det ble lagt ut logger i Gunnleiksbuvatn, som ligger nedstrøms Sandvatn. Vi har vist at temperaturgangen i disse innsjøene i Kvænna er svært lik (Rognerud, Rustadbakken & Qvenild 2007), og at den kan brukes som et estimat for Sandvatn. I Dargesjøen ble loggerne lagt ut i første del av august.

3.4 Fiskeundersøkelser

3.4.1 Lengde, vekt, ernæring

Fiskens lengde er målt fra snute til hale-spiss i naturlig utstrakt stilling. Vekt er angitt til nærmeste gram på elektronisk vekt. Kjønn og stadium ble bestemt etter Dahl (1917), mens kjøttfarge ble registrert etter en kvalitativ skala med angivelse av hvit (1), lys rød (2) eller rød (3). Mageinnhold ble bestemt i felt. Dominerende grupper i mageinnholdet ble anslått til volumprosent av det totale. Frekvensprosenten angir hvor stor andel av fisken med mat i magen som hadde spist en bestemt gruppe av næringsdyr. Fyllingsgraden ble angitt på en skala fra 0-5, der 0 er tom og 5 er utspilt mage.

3.4.2 Alder, vekst og kondisjon

Alderen på fisken ble bestemt ved hjelp av otolitter. Disse ble lest hele under stereomikroskop i påfallende lys mot mørk bakgrunn. Otolitter fra større fisk ble også lest etter at de først ble knekt gjennom sentrum ved bruk av skalpellblad, og deretter brent før avlesing under stereomikroskop. Tilveksten ble tilbake-beregnet fra skjell ved hjelp av en metode beskrevet av Dahl (1910). Metoden forutsetter en direkte lineær proporsjonalitet mellom skjellradier og fiskens lengde. Den årlige tilveksten er som hovedregel beregnet ut fra to skjell fra hver fisk, og middelveien av de ulike soner benyttet ved vekstberegningen. Tilveksten for de to første leveårene er ikke tatt med da ungfisk ikke har direkte proporsjonalitet mellom skjellvekst og lengdevekst på samme måte som eldre fisk. Kjønnsmoden fisk får ofte en stagnasjon i veksten ved kjønnsmodning. I våre beregninger av tilvekst har vi kun benyttet siste sesongs tilvekst av umoden fisk for å unngå for mange av disse spesifikke feilkildene.

Fiskens morfometri kan beskrives ved forholdet mellom fiskens vekt (w) og lengde (l):

$$(1) w = a \cdot l^b$$

Konstantene a og b bestemmes ved vanlig regresjon.

Fiskens kondisjon måles ved Fullton's kondisjonsfaktor:

$$(2) k = 100 \cdot w / l^3$$

hvor w er vekten i gram, og l er lengden i cm.

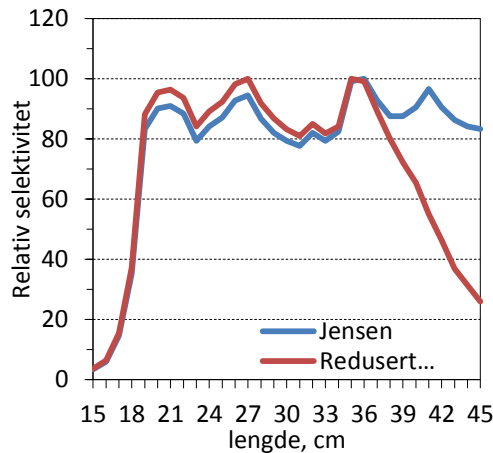
Av dette følger at k øker med økende lengde når $b > 3$ og minker når $b < 3$.

K-faktor eller kondisjonsfaktoren er mye benyttet for å beskrive tilstanden i ørretvann. For en ørretbestand vil k -faktoren vanligvis være $> 1,0$ når næringsforholdene er tilfredsstillende, det vil si at veksten er begrenset av temperaturen og i liten grad av næringstilgangen. Da vil vi også vanligvis finne at k -faktoren øker med fiskelengden. Det betyr at $b > 3$ i ligning 1.

3.4.3 Garnbruk

De ulike årene ble det prøvofisket med maskevidder 13,5 mm, 16 mm, 19,5 mm, 21 mm, 26 mm, 29 mm, 35 mm, 39 mm, enkelte år også med 45 mm og 52 mm. Det er også fisket med Nordisk serie hvor maskeviddene varierer fra 5 – 60 mm i 2,5 m lange paneler. Alle garna er 25 m lange og 1,5 m dype. Antall og maskevidder varierer fra år til år. Den såkalte Jensen-serien består av to garn med maskevidde 21 mm og ett garn hver med maskeviddene 26, 29, 35, 39, 45 og 52 mm. I våre undersøkelser har vi benyttet en redusert Jensen-serie hvor 45 og 52 mm er fjernet. Dette gir seg utslag

i en underestimering av antall fisk > 40 cm, mens serien gir et forholdsvis representativt bilde av bestanden mellom 20 og 40 cm (Fig. 6). For å skaffe et best mulig materiale av den fangbare del av bestanden (>30 cm) har vi brukt et større antall garnnetter av 29, 35 og 39 mm. Fangstene er harmonisert til fangst pr garnnatt fordelt på centimeter-grupper for de ulike maskevidder, og deretter satt sammen som i redusert Jensen-serie. Vi får da en representativ frekvens av de ulike centimeter-gruppene. Ut fra aldersanalysene har vi transformert dette antallet til aldersgrupper. CPUE (catch pr. unit effort), oppgis vanligvis som antall fisk pr. garnnatt eller kilo fisk pr garnnatt. Dette benyttes ofte som et mål på fiskebestandens tetthet.



Figur 6. Relativ selektivitet av full og redusert Jensen-serie (uten 45mm og 52 mm) for fisk ved ulik lengde.

3.4.4 Vekstberegninger

Fisk har generelt et fleksibelt vekstmønster. De viktigste faktorene som påvirker veksten er tilgang på næring og temperaturforholdene (Wootton 1990, Elliott & Hurley 1999). Det er utført en del studier på ørretens vekst når næring finnes i overskudd og ingen andre faktorer påvirker veksten (Ratkowsky et al. 1983, Elliott et al. 1995, Forseth et al 2001,). Vi har her brukt modellen som er beskrevet av Forseth et al. (2001).

Vekten M_t etter tiden t kan beregnes fra ligning 3:

$$(3) M_t = [M_0^b + 0,01 \{bt d (T - T_L)(1 - e^{g(T-T_U)})\}]^{b-1}$$

hvor $b = 0,308$, $d = 0,95$ and $g = 0,063$. $T_L = 4,47$ °C som er laveste kritiske temperatur for vekst, og $T_U = 25,8$ °C som er øvre kritiske grense for vekst.

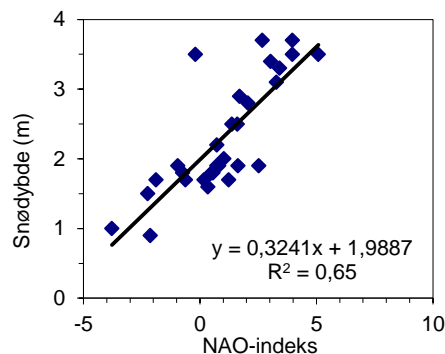
Denne metoden er brukt for å sammenligne optimal tilvekst mot observert tilvekst i en del norske elver (Jensen et al. 2000, Vøllestad et al. 2002), men ikke for innsjøer og magasiner. I elver er det enklere å måle temperaturforholdene slik fisken erfarer den, da forholdene er mer homogene over lengre elveavsnitt. Innsjøer er ofte sjiktet, og dette gjør at fisken har større fleksibilitet og kan søke til de områdene der temperaturen er mest gunstig. Temperaturvandringer er velkjente, blant annet fra høyfjellet (Sømme 1941). Vi har målt temperaturen på 1 meters dyp. Denne temperaturen er representativ for dybdeintervallet 0 – 8 m i store deler av isfri periode. Innsjøene på Hardangervidda er grunne og prøvefiske på ulike dyp har vist at det aller meste av fisken står i denne dybdesonen.

4. Resultater

4.1 Fysiske forhold

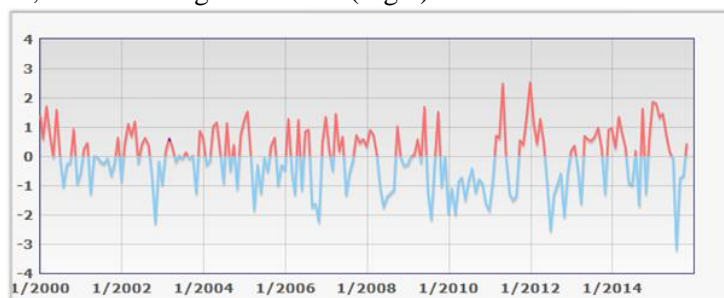
4.1.1 Den nordatlantiske oscillasjonen (NAO)

Været på Hardangervidda er i betydelig grad påvirket av lavtrykk som kommer inn fra havet i vest. Særlig vinterstid (november-mars) kan mye av variasjonen i styrken på dette vindfeltet indikeres ved NAO-indeksen. Kort fortalt beskriver denne indeksen forskjeller i lufttrykk over Island og Asorene. Lav NAO-verdier gir østavind og kalde nedbørfattige forhold over sydlige deler av Skandinavia, mens høye NAO-verdier ofte fører til vestavind og nedbør. På vinteren kommer nedbøren som snø på Hardangervidda, og i størst mengder i de høyere-liggende vestlige delene av Kvennas nedbørfeltet. Det er derfor en god sammenheng mellom snømengder i de vestlige fjellområdene av nedbørfeltet til Sandvatn og NAO-indeksen vinterstid (Fig.7). Det er vanskelig og arbeidskrevende å få et godt mål på snømengdene i vest før avsmeltingen tar til, men NAO-indeksen vinterstid kan gi oss et forvarsel om smeltevann vil påvirke temperaturgangen i Kvenna og Sandvatn den kommende sommer.



Figur 7. North Atlantic Oscillation (NAO) versus snødybder målt i Juklavassdalen, Hardangervidda vest, i påsken 1970 – 2000 (kilde: NVE).

I snørike vintre vil smeltevann fra fjellene i vest prege temperaturen i Kvenna på forsommeren. Siden år 2000 har NAO indeksen hatt relativt høye verdier vintrene 2004/2005, 2006/2007, 2008/2009, 2010/2011, 2011/2012, 2013/2014 og 2014/2015 (Fig.8).

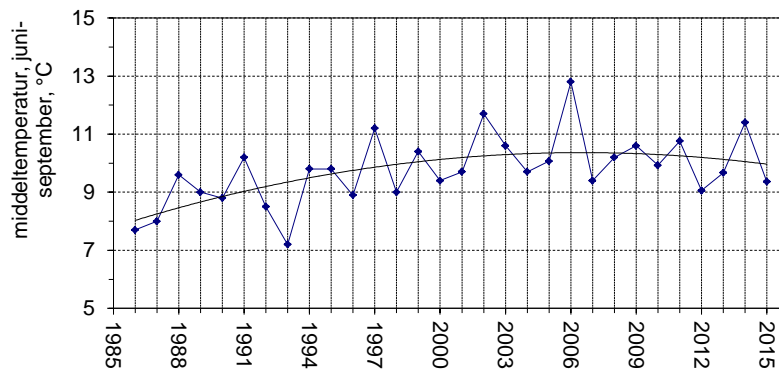


Figur 8. Den nordatlantiske oscillasjonen (NAO) perioden 1.1. 2000 - 1.1.2015, www.wetterdienst.de

Sandvatn er hovedfokus i denne rapporten. For å beregne avkjølings-effekten de ulike årene, som følge av snøsmeltingen, sammenlignes vanntemperaturene med tilsvarende i Dargesjøen som har et lite lokalt nedbørfelt (Fig.4). Disse vannene har nær den samme temperaturgangen sommerstid i år med lite snø, men Sandvatn har lavere temperaturer sommerstid i år med mye snø i vestlige deler av nedbørfeltet (Fig.10). Vinteren 2014/2015 hadde høye NAO-indeks (Fig.8) og dette førte til en betydelig smeltevannseffekt som ble observert i Sandvatn i 2015 (Kap.4.1.3).

4.1.2 Tidsutvikling i lufttemperatur (LT)

Det har vært en generell økning i lufttemperaturen (LT) i produksjonsperioden 1. juni – 30. september (JAS) fra slutten av 1980-tallet og fram til og med 2003 (Fig.9). Dette skyldes et generelt værskifte i 1987/88 som førte til en økning i LT sommerstid i forhold til dekadene før i den regionen som omfattes av Hardangervidda (met.no). Siden fiskeundersøkelsene startet i 2001 har snitt-temperaturen i produksjons-sesongen (JAS) vært over 11 grader i 2002, 2006 og 2014, mens de var lavere enn 10 grader i 2001, 2002, 2004, 2007, 2012 og 2013. I 2015 var middeltemperaturen (9,4 °C), som er den nest laveste som er målt siden fiskeundersøkelsene startet i 2001.

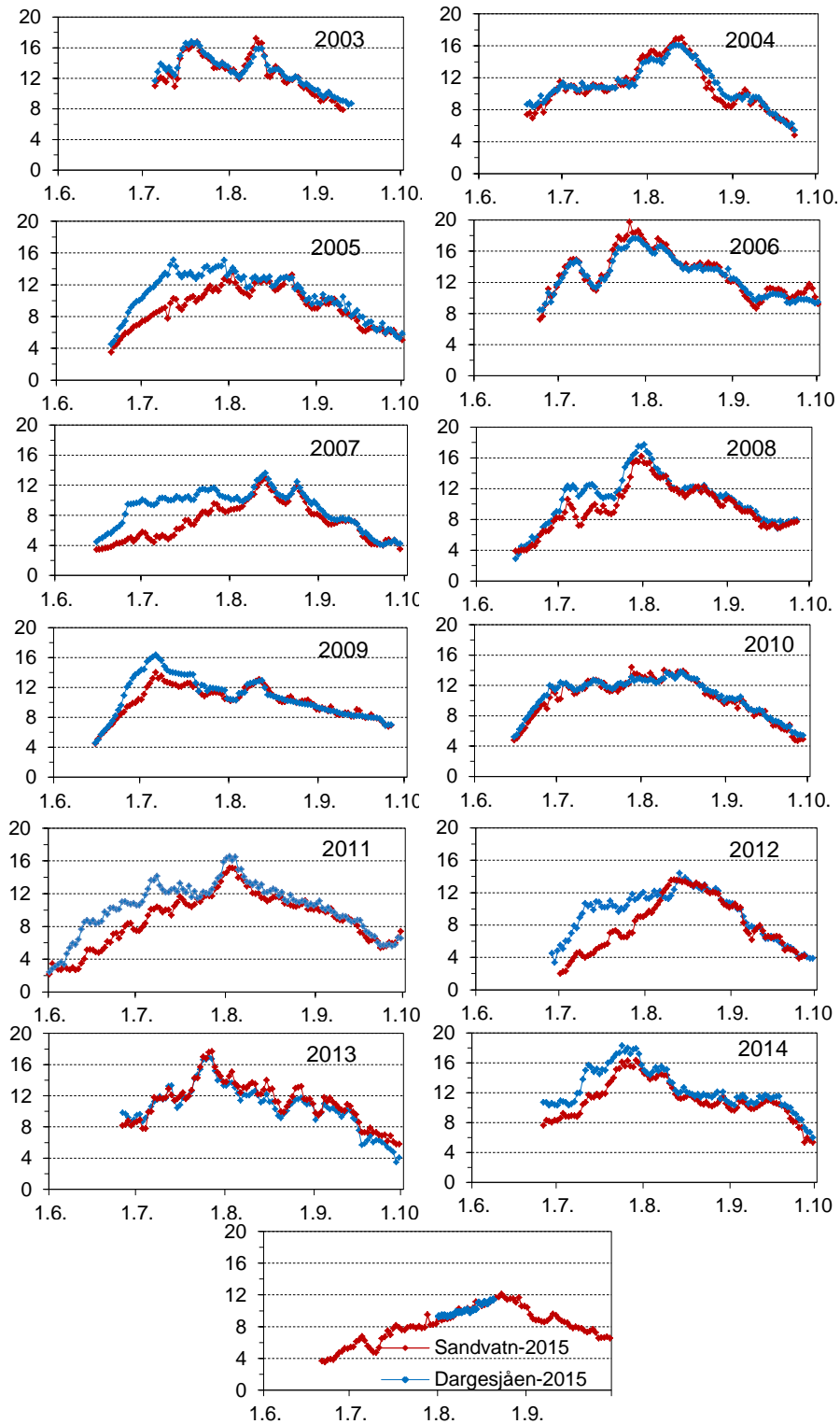


Figur 9. Middeltemperatur (1.6 til 30.9) ved Geilostølen met.st. Kilde: *Eklima på nettstedet met.no*

4.1.3 Sammenhengen mellom lufttemperatur og vanntemperatur

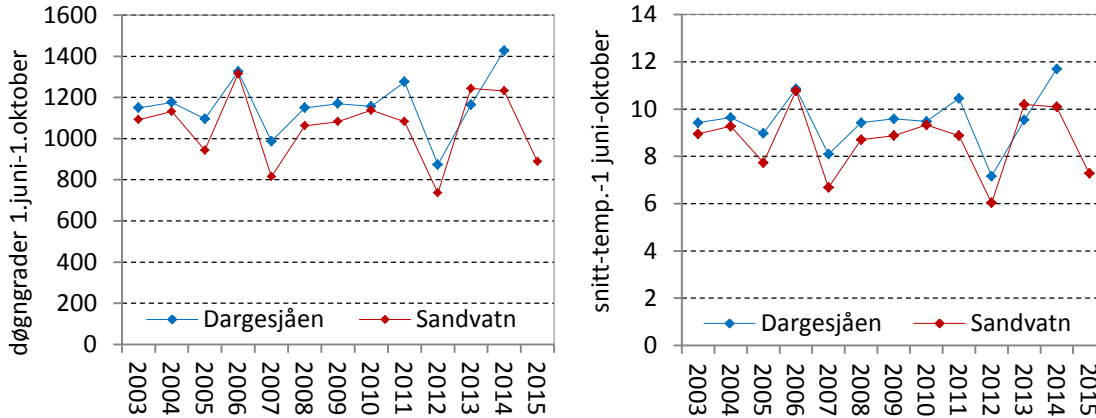
Vi har tidligere vist at det er en synkron samvariasjon mellom lufttemperaturer (LT) ved ulike meteorologiske stasjoner rundt Hardangervidda, samt for LT og vanntemperaturer i overflatelagene (VTO) i innsjøer på sentralvidda (Rognerud et al. 2003, 2005). I 2005 var LT ved vår meteorologiske stasjon på Dargesjøen nært korrelert til LT ved den meteorologiske stasjonen på Geilo (Rognerud et al. 2006). Det at lufttemperaturene (LT) varierer synkront over store områder, og at dette fører til en samvariasjon i VTO i innsjøer i områdene har også andre vist (Magnuson et al. 1990b, Baines et al. 2000, Benson et al. 2000, Livingstone et al. 1999, 2005). Været sommerstid vil derfor bestemme temperaturene i innsjøenes epilimnion, og disse vil i stor grad samvarierer over store områder.

Sandvatn kan betraktes som en utvidelse av Kvenna. Nedbørfeltet er stort og inkluderer høyere-liggende fjellområder på sydvestre deler av Hardangervidda, mens Dargesjøen har et relativt lite nedbørfelt og den ligger ikke i selve Kvenna (Fig.1). I enkelte år med lite snø i fjellet slik som i 2003, 2004, 2006 og 2010 var temperaturløpet i Dargesjøen og Sandvatn svært like (Fig.10). Dette betyr at ved å sammenligne temperaturløpet i disse innsjøene får vi et inntrykk av den betydning som smeltevannseffekten i Sandvatn har i år med mye snø i vestlige deler av Kvennas nedbørfelt, slik det var i 2005, 2007, 2011, 2012, 2014 og 2015 (Fig. 10). På grunn av mangel på temperaturdata fra isgang til første av august i Dargesjøen har vi ingen målinger på hvor stor smeltevannseffekten var i Sandvatn i 2015. Likevel ser vi at temperaturen ikke var over 12 grader i måleperioden (Fig.10). Dette har ikke skjedd siden oppstarten av målingene i 2003. Videre så var temperaturen ikke over 8 grader den 1.august 2015. Dette har tidligere skjedd i 2007 og 2012 som var år med betydelig smeltevannseffekt. Det er derfor rimelig å anta at smeltevannseffekt var både sterk og langvarig i 2015.

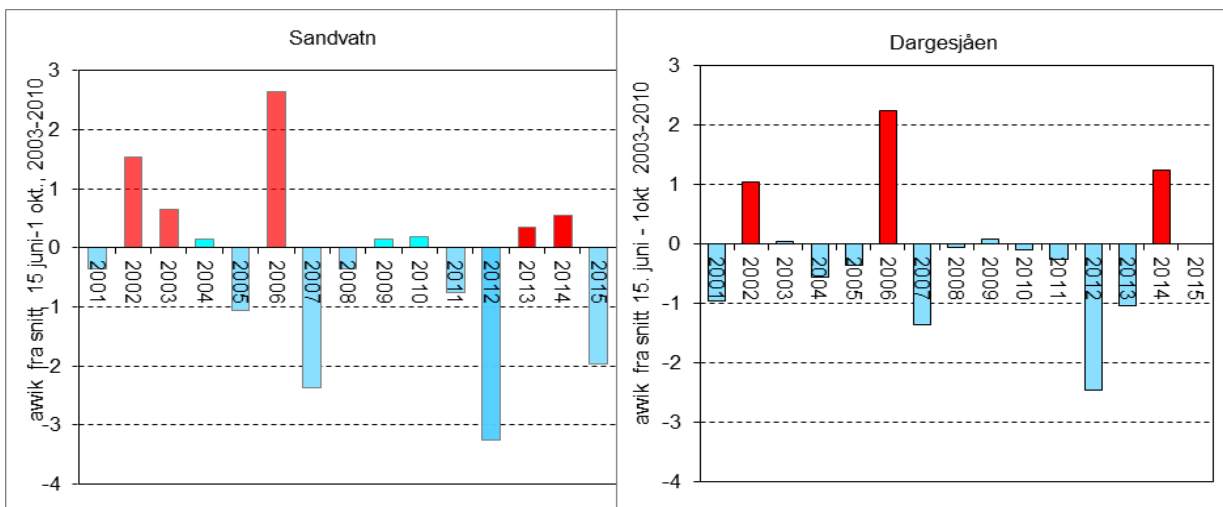


Figur 10. Vanntemperaturer målt med temperaturloggere på 1 meters dyp i Sandvatn (rød) og Dargesjåen (blå) i perioden 1. juni-1.oktober. I 2015 var det bare data fra august for Dargesjåen.

Med bakgrunn i beregninger av antall døgngrader og middeltemperatur kan vi få en indikasjon på hvilke av årene som hadde fysiske forutsetninger for å bli dårlige og gode produksjonsår i Sandvatn (Fig. 11, 12). De fire dårligste årene har vært hhv 2012, 2007, 2015 og 2005. I 2012 lå isen fram til begynnelsen av juli og temperaturen kom opp mot 13 °C først i midten av august. Dette året var middeltemperaturen 6,0 °C, og antall døgn-grader 735, som var det laveste i løpet av de 9 årene som målingene har pågått. (Fig.11). De beste produksjonsforholdene var i 2006 med (10,8 °C, 1315 d.gr.).



Figur 11. Antall døgngrader og gjennomsnittstemperatur på 1 m dyp i perioden 1. juli til 1. oktober i Sandvatn for perioden 2003-2015, og 2003-2014 for Dargesjøen.

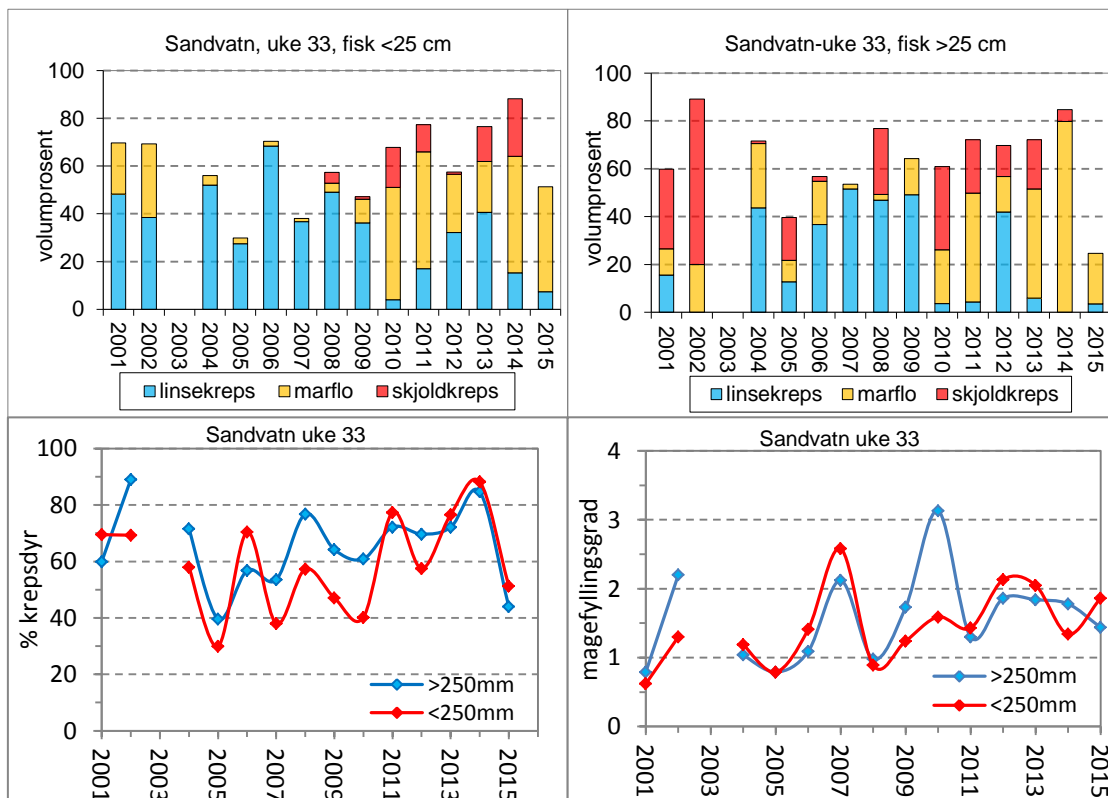


Figur 12. Avvik fra gjennomsnittstemperaturen, som er beregnet ut fra loggermålinger på 1 m's dyp i vekstsesongen 15. juni-1.oktober i Sandvatn og Dargesjøen i perioden 2001 til 2014. Verdiene for 2001 og 2002 er ikke målt, men rekonstruert på bakgrunn av lufttemperaturer og vurdering av snømengdene i Kvennas nedbørfelt utover vår og sommer (data fra NVE og met.no). I 2013 ble Fjellsjøen brukt som erstatning for loggeren som forsvant i Dargesjøen. I 2015 ble Gunleiksbuvatn brukt som erstatning for Sandvatn. Vi har tidligere vist at epilimnisk temperatur er nær den samme i disse nærliggende innsjøene (Rognerud et al.2005, 2007).

4.2 Fiskens næringsdyr i Sandvatn basert på mageanalyser

4.2.1 Fiskens næringsdyr i august

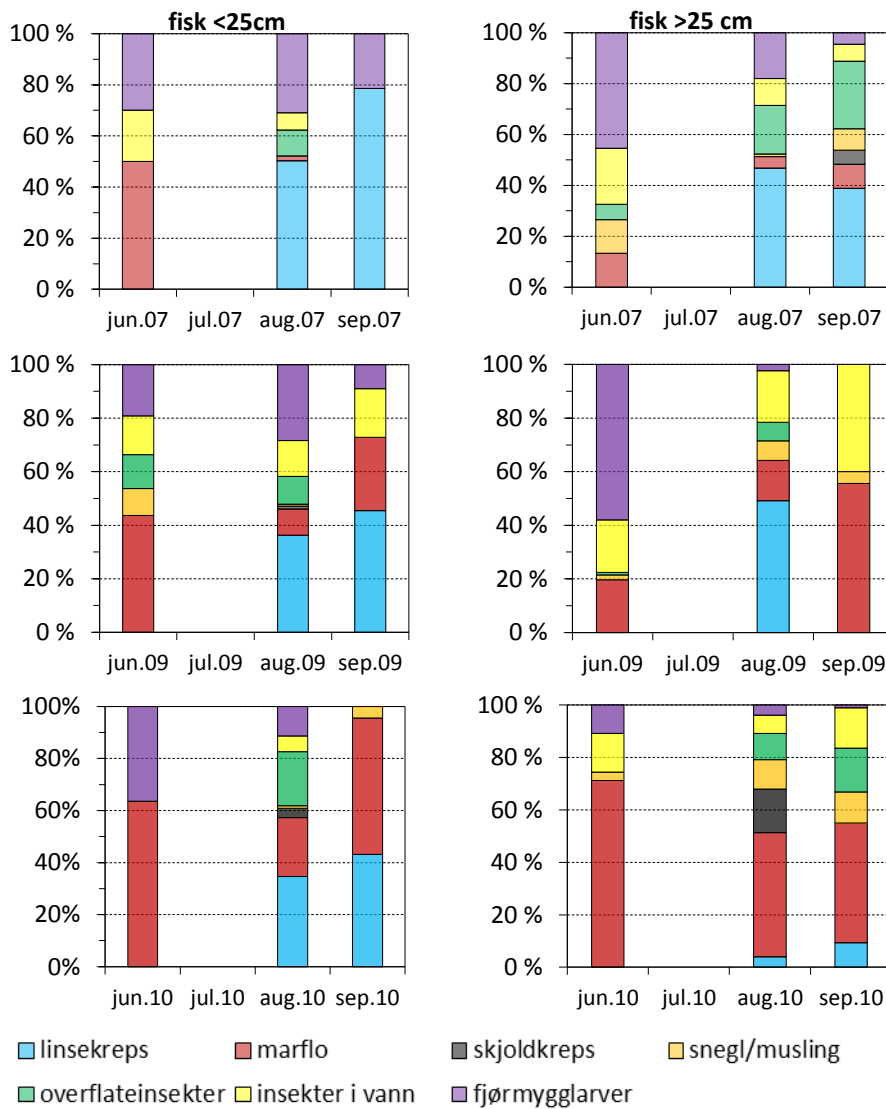
Vi har gjort fiskeundersøkelsene i august (uke 33) i perioden 2001-2015, unntatt i 2003. Ved dette fisket ble også mageinnholdet av et representativt utvalg fisk undersøkt. Krepsdyrene er en viktig matkilde for fisk på Hardangervidda. Fisken har en sterk preferanse for disse næringsdyrene, noe vi tydelig ser på nedbeitingen i år med sterk næringskonkurranse. I Sandvatn har andelen krepsdyr i mageprøvene for stor fisk (>25 cm) vært over 50 % i alle år, med unntak av 2005 og 2015, mens for liten fisk (< 25 cm) har dette innslaget vært over 50 % i alle år unntatt i 2005, 2007, 2009 (Fig.13). Skjoldkreps og marflo dominerte blant krepsdyrene i småfiskens mageinnhold i 2010, 2011, 2014, og 2015 ellers dominerte linsekreps. I stor fisk var marflo og skjoldkreps sterkt dominerende i 2001, 2002, 2010, 2011, 2013, og 2014 og 2015, mens linsekreps dominerte i 2004, 2006-2009 samt i 2012. Det er også verd å merke seg at i det varmeste året 2006 var det stor dominans av linsekreps (68 %) i små fisk, mens denne andelen var langt mindre i stor fisk. Skjoldkreps er den største arten blant krepsdyrene på Hardangervidda, og det var størst andel av denne arten i stor fisk i årene 2001, 2002 og 2010. Marflo er en permanent vannbeboer som, spesielt tidlig på sesongen, har stor betydning både stor og liten fisk på Hardangervidda. Den var viktig føde særlig i 2001, 2002, 2004, og 2010 - 2015. Det er også en klar tendens til at andelen krepsdyr har økt etter den kalde sesongen i 2007 og fram til og med 2014. (Fig.13). Dette gjenspeiler også utviklingen mot tynnere bestand og mindre næringskonkurranse slik som vist i figur 15. Det drastiske fallet i andel krepsdyr i 2015, for stor fisk i forhold til små fisk, indikerer en sterk næringskonkurranse og et fortrinn til småfisken. Magefyllingsgraden har i hele perioden vært mellom 1 og 2, med unntak av 2007 og særlig for stor fisk i 2010 (Fig.13).



Figur 13. Krepsdyrenes prosentvise andel av totalt mageinnholdet fordelt på arter(øverst), og prosentvis andel av gruppen krepsdyr i fisk mindre enn 25cm og større enn 25cm, samt magefyllingsgrad i perioden 2001-2015.

4.2.2 Fiskens næringsdyr i juni, august og september

Vi har undersøkt forholdet mellom ulike grupper av fiskens næringsdyr over produksjonssesongen i 2007, 2009 og 2010 for liten (<25 cm) og stor fisk (>25 cm) (Fig.14). I juni 2007 utgjorde marflo nær halvparten av mageinnholdet i småfisk, mens resten besto av insekter. I dette året var det lave vanntemperaturer (Fig.10,12), og marflo forsvant i småfiskens diett allerede i august, og ble erstattet av linsekreps ut resten av sesongen. Andelen marflo var mindre i stor fisk enn i småfisk i juni og det var ulike typer insekter og snegl som dominerte over krepsdyrene hele sesongen. I 2009 og 2010 var det nær normale temperaturer (Fig.12) og marflo var også da et viktig næringsdyr i juni for både stor og liten fisk, men til forskjell fra 2007 så var de til stede i mageinnholdet i vesentlig grad hele sesongen. I 2010 utgjorde marflo nær halvparten av mageinnholdet over sesongen i både stor og liten fisk. Fiskebestanden har blitt gradvis tynnere etter 2007 (Fig.16)



Figur 14. Prosentvis fordeling av ulike næringsdyr i mageinnholdet til liten (<25cm) og stor fisk (>25 cm) i Sandvatn i juni, august og september 2007, 2009 og 2010.

4.3 Fiskeundersøkelsene i Sandvatn

4.3.1 Fangstene i prøvfisaket

Det er samlet inn et stort antall prøver av skjell og otolitter i perioden 2001-2015. Totalt er alderen bestemt for 1297 fisk, og veksten beregnet for 1127 fisk (Tab.1). Det er et godt samsvar mellom alder avlest på skjell og otolitter for yngre fisk og begge kan benyttes, men for eldre fisk har vi kun benyttet otolitter for avlesning av alder. Resultatet av prøvfisaket i perioden 2001-2015 er vist i tabell 2.

Tabell 1. Oversikt over antall fisk som er analysert for alder og vekst i perioden 2001-2015.

		Totalt	2001	2002	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Antall som er analysert for alder	otolitter	1 297	111	74	132	184	74	109	78	60	79	133	116	83	64	Ikke analysert
Antall analysert for vekst	skjell	1 127	113	74	132	23	62	108	78	60	89	127	114	83	64	Ikke analysert

Tabell 2. Oversikt over fangstene på ulike maskevidder av prøvegarn i perioden 2001-2015.

		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Nordisk	ant garn	0	1		0	6	2	1	2	2	1	4	24	9	4	4
	ant fisk		20			84	22	24	32	25	12	65	161	110	98	50
	vekt		2147			7045	1013	2163	2458	2006	746	3604	11567	4705	4398	5132
	gjennomsn.vekt (gram)		107			84	46	90	77	80	62	55	72	43	45	103
	ant/garnnatt		20,00			14,00	11,00	24,00	16,00	12,50	12,00	16,25	6,71	12,22	24,50	12,50
	ant gram/ garnnatt		2 147			1 174	507	2 163	1 229	1 003	746	901	482	523	1 100	1 283
13,5 mm	ant garn	0	0		1	0	2	2	2	2	1	2	1	2	1	2
	ant fisk				88		27	39	29	14	16	58	12	79	41	16
	vekt				1949		885	1176	785	427	419	1342	251	1698	1035	373
	gjennomsn.vekt (gram)				22		33	30	27	31	26	23	21	21	25	23
	ant/garnnatt				88,00		13,50	19,50	14,50	7,00	16,00	29,00	12,00	39,50	41,00	8,00
	ant gram/ garnnatt				1 949		443	588	393	214	419	671	251	849	1 035	187
16 mm	ant garn	0	0		1	0	2	2	2	2	1	2	1	2	1	2
	ant fisk				48		76	43	35	67	23	59	31	81	66	34
	vekt				1721		3420	1673	1715	3030	1156	3160	1176	3521	2619	1461
	gjennomsn.vekt (gram)				36		45	39	49	45	50	54	38	43	40	43
	ant/garnnatt				48,00		38,00	21,50	17,50	33,50	23,00	29,50	31,00	40,50	66,00	17,00
	ant gram/ garnnatt				1 721		1 710	837	858	1 515	1 156	1 580	1 176	1 761	2 619	731
21 mm	ant garn	3	4		1	5	4	4	4	5	2	4	7	4	4	4
	ant fisk	101	149		17	112	91	69	77	53	68	54	53	41	103	81
	ant maskebitere	0	2		0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	4	2
	vekt	8675	14038		1858	9577	8922	6804	6415	4366	5662	4845	4692	3573	8546	5791
	gjennomsn.vekt (gram)	86	94		109	86	98	99	83	82	83	90	89	87	83	71
	ant/garnnatt	33,67	37,25		17,00	22,40	22,75	17,25	19,25	10,60	34,00	13,50	7,57	10,25	25,75	20,25
ant gram/ garnnatt	2 892	3 510		1 858	1 915	2 231	1 701	1 604	873	2 831	1 211	670	893	2 137	1 448	
26 mm	ant garn	2	2		1	2	2	2	2	3	3	4	8	6	3	4
	ant fisk	28	27		16	20	18	22	22	12	20	12	18	22	12	17
	ant maskebitere	1	1		1	16	2	2	1	1	1	2	2	2	9	0
	ant maskebitere %	3 %	4 %		6 %	44 %	10 %	8 %	4 %	8 %	5 %	14 %	10 %	8 %	43 %	0 %
	vekt	4158	4301		3112	2648	3114	4686	3610	2159	2889	2045	3935	3693	1603	2824
	gjennomsn.vekt (gram)	149	159		195	132	173	213	164	180	144	170	219	168	134	166
ant/garnnatt	14,00	13,50		16,00	10,00	9,00	11,00	11,00	4,00	6,67	3,00	2,25	3,67	4,00	4,25	
ant gram/ garnnatt	2 079	2 151		3 112	1 324	1 557	2 343	1 805	720	963	511	492	616	534	706	
29 mm	ant garn	2	2		1	7	4	14	19	14	7	20	18	11	6	12
	ant fisk	10	18		8	67	38	120	112	45	19	43	29	11	9	60
	ant maskebitere	0	1		0	13	6	10	3	7	5	4	8	3	21	6
	ant maskebitere %	0 %	5 %		0 %	16 %	14 %	8 %	3 %	13 %	21 %	9 %	22 %	21 %	70 %	9 %
	vekt	2415	4543		2239	17550	9256	36303	28748	14301	4596	11911	7537	3713	1782	15317
	gjennomsn.vekt (gram)	242	252		280	262	244	303	257	318	242	277	260	338	198	255
ant/garnnatt	5,00	9,00		8,00	9,57	9,50	8,57	5,89	3,21	2,71	2,15	1,61	1,00	1,50	5,00	
ant gram/ garnnatt	1 208	2 272		2 239	2 507	2 314	2 593	1 513	1 022	657	596	419	338	297	1 276	
35 mm	ant garn	2	4		1	11	4	12	14	12	7	10	14	15	10	20
	ant fisk	2	34		0	22	11	44	24	18	5	14	5	8	4	39
	ant maskebitere	1	2		0	5	1	13	11	3	6	3	3	0	17	12
	ant maskebitere %	33 %	6 %		19 %	8 %	23 %	31 %	14 %	55 %	18 %	38 %	0 %	81 %	24 %	
	vekt	1135	17563		0	7924	3641	15764	9878	6846	2469	6937	4068	5428	1194	14555
	gjennomsn.vekt (gram)	568	517		360	331	358	412	380	494	496	814	679	299	373	
ant/garnnatt	1,00	8,50		2,00	2,75	3,67	1,71	1,50	0,71	1,40	0,36	0,53	0,40	1,95		
ant gram/ garnnatt	568	4 391		720	910	1 314	706	571	353	694	291	362	119	728		
39 mm	ant garn	2	5		1	7	4	12	2	2	7	10	20	14	6	12
	ant fisk	1	28		2	9	5	27	1	0	8	15	11	7	2	6
	ant maskebitere	4	10		4	3	5	11	4	0	4	1	3	0	9	14
	ant maskebitere %	80 %	26 %		67 %	25 %	50 %	29 %	80 %		33 %	6 %	21 %	0 %	82 %	70 %
	vekt	525	16045		1073	3414	2071	11282	480	0	3883	10324	8247	5207	1567	3336
	gjennomsn.vekt (gram)	525	573		537	379	414	418	480		485	688	750	744	784	556
ant/garnnatt	0,50	5,60		2,00	1,29	1,25	2,25	0,50	-	1,14	1,50	0,55	0,50	0,33	0,50	
ant gram/ garnnatt	263	3 209		1 073	488	518	940	240	-	555	1 032	412	372	261	278	

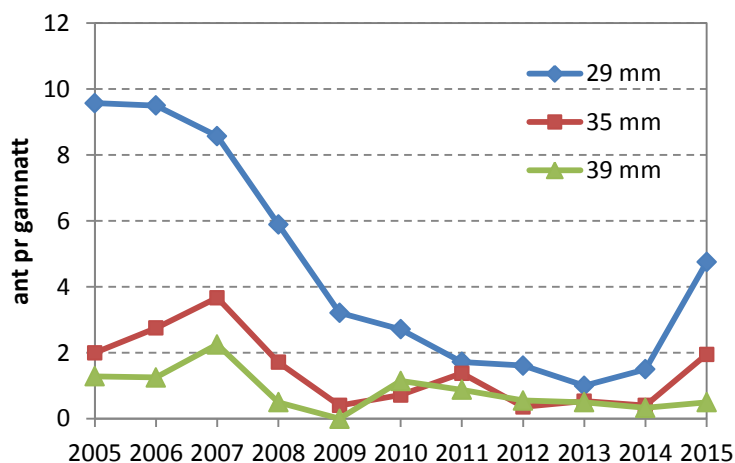
I 2014 var det høye fangster på alle de småmaskete garna (13,5, 16 mm og 21 mm), noe som indikerer en god rekruttering de siste årene. I 2015 var det fortsatt høye fangster i 21 mm, men lave i 13,5 og 16 mm. Det ser derfor ut som det nå er et par svake årsklasser på gang (2012 og 2013), mens 2010 og 2011 nå har vokst seg inn i 21 mm.

Det var bare en svak økning på 26 mm. Vi hadde ventet noe større økning, men innsatsen med 26 mm var lav og noe usikker. På 29 mm derimot ble det registrert en klar økning. Også på 35 mm var det en markert økning, men ikke på 39 mm. Med maskeviddene 29-39 mm var det en høy innsats.

I år med mye småfisk vil det ofte stå såkalte «maskebitere» i garn som normalt ikke fanges av denne maskestørrelsen. Vi har sortert ut fisk som fanger med mindre effektivitet enn 10 % av modallengden, og disse har vi betegnet som «maskebitere» (Tab.2). Det har tidvis vært en del maskebitere på 29 mm, 35 mm og 39 mm. I 2014 var det et høyt innslag av maskebitere, men i 2015 var denne småfisken vokst seg forbi 29 og 35 mm, og sto stort sett som undermåls fisk i 39 mm.

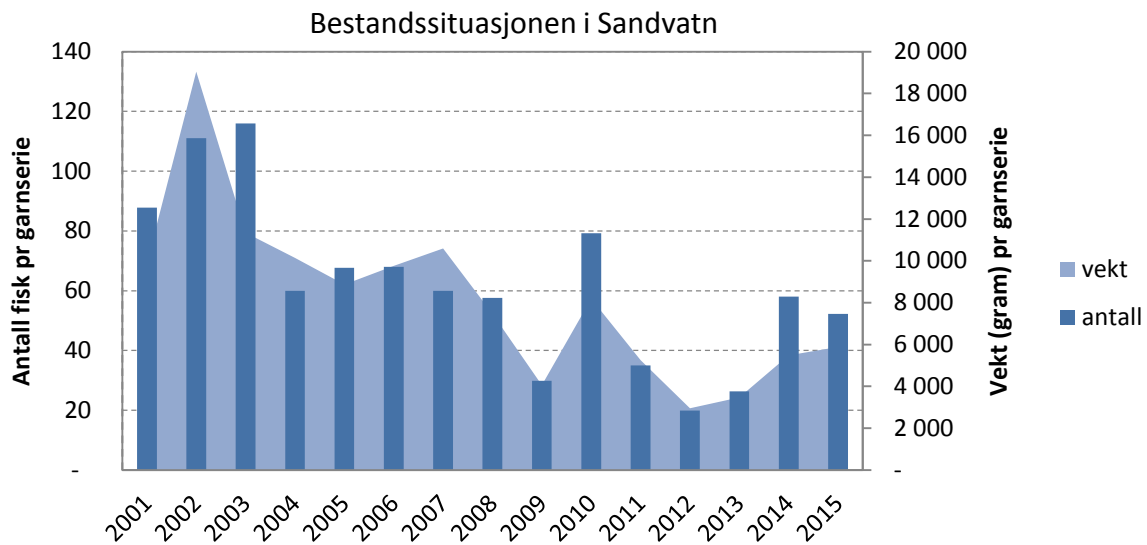
4.3.2 Bestandssituasjonen

Årsklassene 2009, 2010 og 2011 er alle rikelig representert. Dette ga i 2015 høye fangster i 21 mm (tab.2), men fangstene på 29 og 35 mm viste også en markert økning (fig. 15). Disse tre årsklassene vil gi en stadig økt bestand av fangstmoden fisk i årene som kommer.



Figur 15. Antall fisk pr. garnnatt i prøvefisket for maskeviddene 29, 35 og 39 mm i Sandvatn i perioden 2005-2015.

Den reduserte Jensen-serien vi har brukt, fanger forholdsvis jevnt på bestanden i størrelsesgruppen 20-40 cm, og følgelig vil fangstene gi et relativt bilde på bestandssvingningene for denne lengdegruppen i perioden 2001-2015. Dette er vist for både antall og vekt pr. garnserie i figur 16 og tabell 3.



Figur 16. Bestandsvariasjonene i Sandvatn i perioden 2001-2015 pr. Jensen serie gitt som antall (venstre ordinat), og vekt i gram (høyre ordinat). Verdiene for 2003 er estimert (se nedenfor).

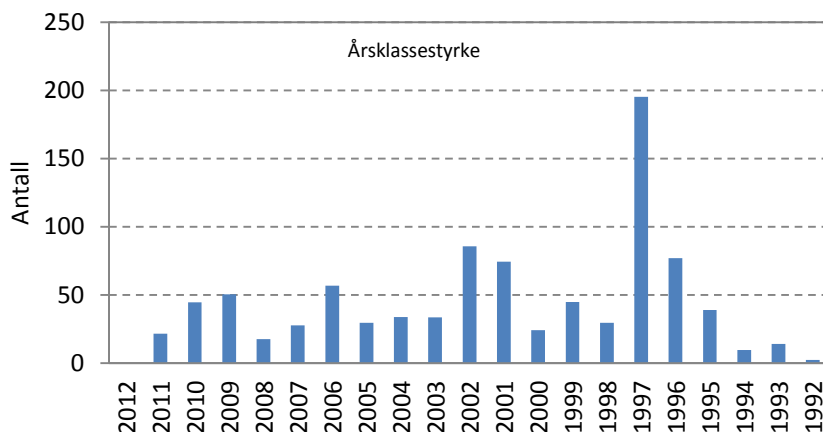
Vi har gjennomført et prøvefiske hvert år i uke 33, unntatt i 2003 da det ikke ble fisket. Verdiene for 2003 er beregnet (Rognerud og Qvenild 2013). Fra tabell 3 ser vi at det nå er småfisken som dominerer på den reduserte Jensen-serien (2010- og 2011-årklassene).

Tabell 3. Antall fisk pr garnserie (15-45 cm) de ulike år (kolonne til venstre) fordelt på årsklasser).

ÅRSKLASSER	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993	1992
2001																36,95	37,08	11,16	0,85	1,30	0,50
2002																					
2003																					
2004												6,80	1,70	20,62	8,42	13,00	5,05	1,58	1,33	0,50	-
2005											11,64	32,09	6,69	0,31	-	14,87	0,16	0,83	0,68	-	0,35
2006											24,00	15,95	6,50	4,59	5,39	10,23	0,67	0,67	-	-	-
2007										0,63	23,59	13,39	5,59	6,36	5,75	4,61	-	0,08	-	-	-
2008										3,00	24,33	21,03	3,12	2,64	2,13	1,12	0,24	-	-	-	-
2009							2,40	3,00	14,26	4,75	2,75	1,48	0,60	0,39	0,20	0,07	-	-	-	-	-
2010						3,60	35,69	21,18	13,48	2,04	1,91	0,85	0,02	-	0,11	0,05	0,02	0,29	-	-	-
2011					1,31	13,23	11,51	3,57	2,04	1,44	0,59	0,43	0,39	0,28	0,15	0,10	-	0,29	-	-	-
2012				0,24	7,61	5,52	3,94	1,03	0,67	0,07	0,06	0,31	0,18	0,04	0,10	0,06	-	0,29	-	-	-
2013			0,67	15,31	4,58	2,47	1,86	0,55	0,25	0,24	0,14	-	-	0,14	-	0,06	-	0,29	-	-	-
2014	3,79	23,63	27,78	1,73	0,33	0,13	0,17	-	0,17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	17,90	20,43	7,33	2,46	2,59	1,23	0,13	0,13	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTALT	-	21,69	44,72	50,66	17,69	27,75	56,76	29,63	33,85	33,70	85,75	74,46	24,32	44,86	29,58	195,23	77,00	39,00	9,63	14,20	2,55

4.3.3 Årsklassenes styrke

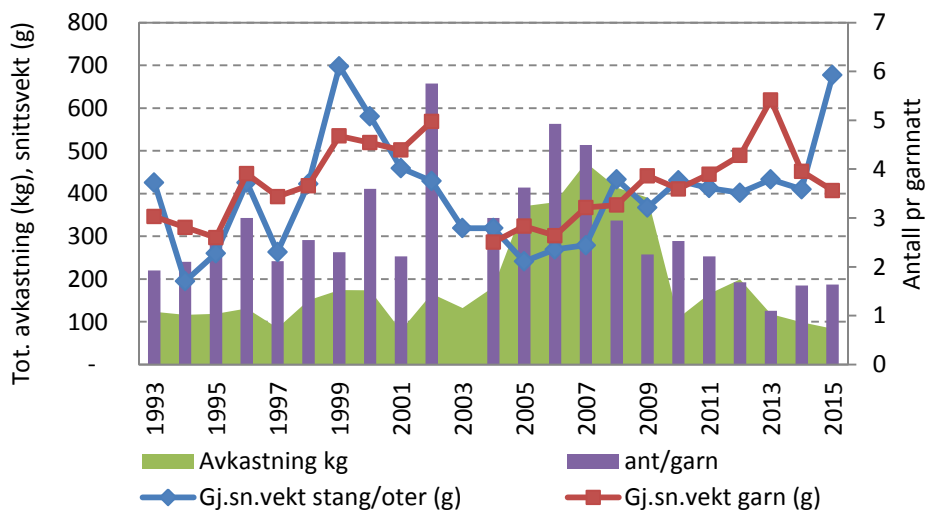
Dersom vi summerer årsklassenes bidrag de årene de er inne i lengdeintervallet 15-45 cm får vi en samlet verdi for de ulike årsklassenes styrke (Fig.17). Figuren viser at fra og med 1995- til 2008-årsklassen har vi et godt bilde av de ulike årsklassenes totale styrke. Før 1995 mangler vi bidragene fra en del yngre fisk. 2009-årsklassen begynner å avtegne sin styrke, og som vi ser at den er på et noe lavere nivå enn 2006-årsklassen selv om det enda vil komme ekstra bidrag de nærmeste årene (Fig.17). Årsklassene 2010 og 2011 er ikke fullrekruttert inn i serien enda, men de har omtrent det samme potensialet som 2009-årsklassen. Vi ser også 1997-årsklassenes dominerende styrke i perioden. 2014-årsklassen hadde potensial i seg til å bli svært sterk, men etter vinteren og sommeren i 2015 er det uvisst hvordan det har gått med den. 2015-årsklassen har hatt svært dårlige klekke- og oppvekstforhold, og vil ventelig bli meget svak.



Figur 17. Årsklassenes totale bidrag til fangstene på en redusert Jensen garnserie. Det mangler bidrag fra yngre fisk før 1995, og for årsklassene etter 2009 vil det bli et økt bidrag i kommende år.

4.3.4 Årlige variasjoner i fisket i Sandvatn

Det er samlet inn fangstrapporter fra fiskerne i Sandvatn fra 1993 til 2015, unntatt i 2003 da det ikke ble fisket. Utviklingen i avkastning og antall fisk pr. garnnatt er vist i Fig. 18. Dette er i hovedsak et fiske med garn (29, 35 og 39 mm), men også med stang og oter (Qvenild og Rognerud 2016). Avkastningen frem til og med 2004 varierte mellom 79-181 kg (snitt 136 kg). Fisket var da et bi-fiske til fisket i Gunleiksbuvatn, som ligger nedstrøms Sandvatn. Det er verdt å merke seg at til tross for et lavt uttak var det den gang et kvalitativt meget godt fiske med et gjennomsnittlig utbytte på 2,5 fisk pr garnnatt (perioden 1993-2001) og fisk på over 400 gram i snitt (Fig. 18).



Figur 18. Statistikk over total avkastning, antall pr. garnnatt, og gjennomsnittsvekt for fisk tatt på stang/oter og garn i Sandvatn i perioden 1993-2015. Ingen garnfangster i 2003.

Garnfisket ble tidligere vesentlig drevet med 39 mm og noe 35 mm. Fra 2005 ble det også benyttet 29 mm, men fra og med 2006 har fisket med 35 mm vært det dominerende. I 2015 ble det fisket en god del med 29 mm. Fangsten pr garnnatt på maskevidder ≥ 35 mm har variert fra 1,1-5,8 fisk pr garnnatt i perioden 1993-2015 (gjennomsnitt 2,7 fisk pr. garnnatt) med laveste utbytte på 1,1 fisk pr garnnatt i 2013. I 2015 hadde dette økt til 1,64 fisk pr garnnatt som også er lavt. Selv om fisket var lite aktivt i 2015 og statistikken noe usikker, underbygger statistikken en økende, men fortsatt tynn bestand av

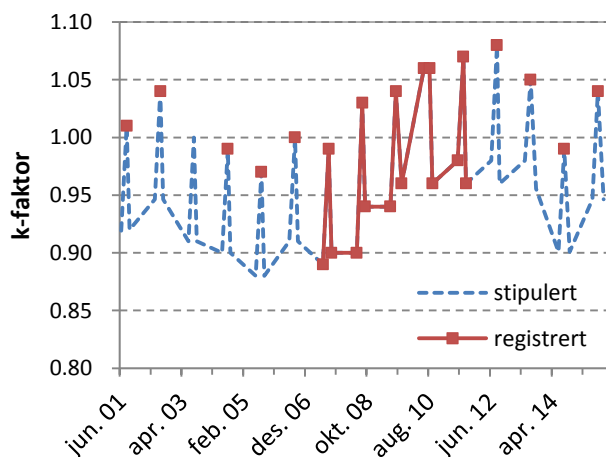
fangbar fisk, noe som også prøvefisket viser. Vi forventer både en kvalitativ og kvantitativ forbedring i årene som kommer.

I perioden 1999-2002 var snittvekta på garn 531 gram, etterfulgt av et markert fall da den tallrike 1997-årsklassen kom inn i fangst. Fra 2004 økte gjennomsnittsvekta fra 286 gram i 2004 til 619 gram i 2013, som er det høyeste som er registrert. I 2015 sank gjennomsnittsvekta til 407 gram, hovedsakelig fordi det nå er en økt rekruttering av fisk inn i fangbare størrelser, men også fordi det ble fisket hardere med 29 mm. Vi forventer at gjennomsnittsvekta vil ligge rundt 400 gram et par år fremover for deretter å stige da både 2012- og 2013-årsklassene er svake. Med stang og oter var fangstene lave i 2015, men det ble tatt en del stor fisk i dette fisket.

4.3.5 Vekst og kondisjon

I figur 19 har vi vist hvordan k-faktoren varierer for hele materialet i perioden 2001-2015. Vi mangler registreringer av k-faktoren vår og høst de fleste årene. Disse er stipulert i figuren med bakgrunn i resultatene for perioden 2007-2011. I perioden 2007-2011 ble Sandvatn undersøkt både i juni, august og i månedsskiftet september/oktober. Bortsett fra i 2010 ser vi at k-faktoren øker fra juni til august, for deretter å avta igjen. K-faktoren i juni og i månedsskiftet september/oktober ligger i gjennomsnitt på 91 % av verdien i august. K-faktor vår og høst er stipulert med bakgrunn i dette for de øvrige årene.

Kondisjonsfaktoren er svært avhengig av næringstilgangen. Etter at bestanden er blitt tynnere har de viktige næringsdyrene marflo og skjoldkreps kommet tilbake, og kondisjonsfaktoren har stabilisert seg mellom 1,05 og 1,07. I 2014 var imidlertid k-faktoren bare 0,99. Dette kan muligens skyldes et høyt innslag av småfisk og lite fisk over 30 cm. Tar vi de fem fiskene som var > 30 cm var k-faktoren 1,04. I 2015 var k-faktoren for umoden fisk 1,04. Skjoldkreps og linsekreps hadde enda ikke utviklet seg til å bli næring for fisken. Vi antar at k-faktoren økte noe utover høsten 2015 etter hvert som skjoldkrepsen ble av betydning, antagelig ikke før i begynnelsen av september.



Figur 19. Beregnet kondisjonsfaktor (*k*-faktor) i august (uke 33) for 2001-2002 og 2004-2015, (øverste røde firkanter). Fra og med 2007 til og med 2011 er *k*-faktor også målt i slutten av juni og slutten av september (nedre 2 røde firkanter hvert år, 2007-2011). De resterende årene er variasjonen i *k*-faktor stipulert med bakgrunn i de målingene som er gjort (stiplet blå linje).

5. Diskusjon

5.1 Fysiske forhold

Lys- og temperaturforholdene i innsjøer er svært viktige for akvatiske økosystem, og kunnskapen om års-syklus og år- til år-variasjoner i disse klimarelaterte variablene er avgjørende for tolkning av variasjoner i biologiske forhold (Schindler 1971). Vanntemperaturen er spesielt viktig da den påvirker termisk lagdeling, løseligheten av oksygen, samt metabolske prosesser i planter og dyr (Stefan et al. 1998). Det varmere overflatelaget (epilimnion, ~ 0-6 m) er den delen av innsjøen som vil gi de raskeste endringene på lokale variasjoner i været, men også som følge av klimaendringer over tid forårsaket av endringer i ytre pådriv (Kettle et al. 2004). Vanntemperaturen i overflatelaget VTO (målt på ca. 1 meters dyp) er et godt mål på temperaturen i epilimnion over sesongen (Livingstone et al. 1999), og følgelig er VTO svært sentral når variasjoner i biologiske forhold skal tolkes. I Sandvatn er 87 % av bunnarealet grunnere enn 6 m, og følgelig vil VTO være representativ for temperaturregimet som biota utsettes for gjennom produksjonssesongen.

I en tidligere undersøkelse har vi vist at det var en synkron samvariasjon mellom lufttemperatur (LT) sommerstid ved ulike meteorologiske stasjoner rundt Hardangervidda, og VTO i innsjøer på sentralvidda (Rognerud et al. 2005). Dette er i god overensstemmelse med andre undersøkelser som har vist at lufttemperaturene (LT) varierer synkront over store områder, og at dette fører til en tilsvarende samvariasjon i VTO i innsjøer i områdene (Magnuson et al. 1990b, Baines et al. 2000, Benson et al. 2000, Livingstone et al. 1999, 2005). I 1987/88 skjedde en endring i LT sommerstid til varmere vær enn i dekadene før (met.no). Det samme skjedde også i Sveits hvor elver og innsjøer generelt ble 1-2 °C varmere i perioden etter 1987/88 som følge av en tilsvarende økning i LT (Hari et al. 2005). På Geilostølen har LT for perioden juli, august og september (JAS) økt med 0,22 °C årlig i snitt fra 1987 og fram til 2006. Denne trenden snudde i 2007, og de fem siste årene har gjennomsnittlig middeltemperatur vært nær 10 °C som er det samme som for perioden (1987-2006), men 0,6 °C lavere enn periode 2000-2006. På bakgrunn av den gode korrelasjonen mellom LT og VTO er det rimelig å anta at tilsvarende utvikling har skjedd i innsjøenes VTO på Hardangervidda, som ikke påvirkes særlig av smeltevann på vår/forsommer.

I år uten smeltevannseffekt varierte VTO i takt i Sandvatn, Dargesjøen og Fjellsjøen, men de absolutte verdiene var forskjellige hovedsakelig på grunn av følgende forhold:

i) I omtrent like store innsjøer i regionen (Sandvatn, Kringlesjøen, Dargesjøen og Blånutttjønn) sank VTO med 0,6-0,8 °C pr. 100 m økning i høyde over havet (Rognerud et al. 2005). Dette er nær tilsvarende reduksjon i LT pr. 100 m (0,5-0,9 °C) som vi har målt mellom Geilostølen og den meteorologiske stasjonen på Dargesjøen (400 m høydeforskjell). Tilsvarende verdier er også observert i Alpene (Livingstone et al. 2005), og verdiene er nær den generelle globale verdien (altitudinal lapse rate) som er beregnet til 0,65 °C pr. 100 m (Kettle et al. 2004).

ii) VTO var gjennomgående noe lavere (ca 1 °C) i Fjellsjøen enn den mindre Dargesjøen sommerstid, selv om de ligger nær like høyt over havet. Dette skyldes at den største innsjøen er utsatt for langt større vindeksponering, som induserer mer energirike overflatebølger, turbulens og interne bølger (Fee et al. 1996). Dette fører til at epilimnion ble tykkere i store innsjøer enn i mindre. Generelt kan vi si at en større grad av innblanding fra dypere kaldere vannlag gjør epilimnion noe kaldere sommerstid i større sjøer, mens forskjellene blir mindre utover høsten. På senhøsten er VTO ofte lavere i små sjøer på grunn av mindre varmekapasitet og raskere avkjøling, og de islegges derfor også tidligere.

iii) VTO i Sandvatn påvirkes av smeltevann fra høyreliggende snørike områder. I 6 av de 11 sesongene i perioden 2003-2013 var vanntemperaturen tidlig på sesongene lavere i Sandvatn enn i Dargesjøen. I 2005, 2007, 2011 og 2012 var smeltevannseffekten betydelig. I 2013 var det ingen smeltevannseffekt, noe som ga en god samvariasjon i temperaturene i Dargesjøen og Sandvatn, mens data mangler fra Dargesjøen i 2015.

Vinteren 2014/15 ble snørik, våren ble kald og isen gikk ikke før i begynnelsen av juli på Sandvatn (Halvor Nordjordet, pers.medd.). I tillegg ble sommeren kald. Dette ga problemer med å legge ut loggeren, men det lyktes å legge ut en logge i Gunleiksbuvatn. Vi har tidligere vist at det er liten forskjell på temperaturløpet i Gunleiksbuvatn og Sandvatn (Rognerud m.fl. 2007). Vi har derfor benyttet temperaturprofilen fra Gunleiksbuvatn ukorrigert for Sandvatn. Loggeren i Dargesjøen ble ikke lagt ut før 1. aug. den ble tatt opp som normalt 30. september. Som vi ser fra fig 10 ligger vanntemperaturen i Dargesjøen høyere enn i Gunleiksbuvatn frem til 20. august. Fra slutten av august og utover i september følger avkjølingskurvene hverandre. Smeltevannseffekten varte følgelig helt til slutten av august i 2015.

Siden vi mangler data fra juni og juli for Dargesjøen kan vi ikke si nøyaktig hvor kraftig smeltevannseffekten var i 2015, men vi kan anslå det ut fra tidligere beregninger. Antall døgngrader i perioden 1. 8-30.9 var 567 døgngrader i 2015. I gjennomsnitt har 44 % av varmesummen i perioden 15.6 - 30.9 falt på perioden 15.6 - 31.7. Vi kan da beregne at varmesummen for 15.6 - 30.9 blir 1013 døgngrader. Det laveste gjennomsnittet som er registrert var i 2012 med 37 %. Dette gir 900 døgngrader som er betydelig høyere enn de 765 døgngradene som ble målt i Gunleiksbuvatn, og følgelig har vi som forventet hatt en sterk smeltevannseffekt i 2015.

5.2 Klimatiske faktorerers betydning for rekruttering og tilvekst

Snøforholdene i kildeområdet til Kvenna preger ofte vanntemperaturen i oppvarmingsfasen i Kvenna. I de årene som vi har registrert vanntemperaturen i Sandvatn og Dargesjøen (2003-2014), har vi hatt en smeltevannseffekt i 7 av totalt 12 år. Beregninger for 2015 viste at vi også da hadde en sterk smeltevannseffekt. Følgelig har vi hatt en slik effekt i 8 av 13 år (62 %). Vi ser dette ved at vanntemperaturen i Sandvatn i slike år ligger lavere enn i Dargesjøen som ikke er påvirket av smeltevann. Sen isgang, kald vår og sommer forsterker dette slik som i 2007, 2012 og 2015.

Vi har en tydelig sonering i vassdraget med seinere isløsning og kortere vekstsesong i vassdragets øvre deler sammenlignet med vannene lenger ned. Eksempelvis gikk isen ca.1. juli i 6 av 10 år i Kollsvatn i perioden 2004-2013 (Borgstrøm 2013). For Sandvatn er det bare i 2012 og 2015 at isen har gått så seint. Vanligvis går den rundt St. Hans.

Vanntemperaturen ligger også generelt lavere øverst i vassdraget. I Borgstrøm (2013) er gjennomsnittstemperaturen for juli og august angitt for Krokavatn i Sledalen for perioden 2003-2013. De ulike årene har en høy grad av samvariasjon ($r^2 = 0,81$) med tilsvarende temperaturmålinger fra Sandvatn. Det er spesielt 2005 som avviker. Antagelig lå isen lenger dette året i Krokavatn? I det snørike året 1993 lå isen på Litlosvatnet helt til i slutten av juli (Borgstrøm 2001b). I 2015 var det ekstreme forhold med isgang først rundt 10. august i Litlosvatn og først i andre uka i juli i Kvennsjøen (Reidar Borgstrøm, pers.medd.).

I gjennomsnitt var temperaturen i juli/august 2,22 °C lavere i Krokavatn enn i Sandvatn. Forskjellene gjennom hele produksjonssesongen blir større enn dette da Sandvatn blir tidligere isfritt og har seinere islegging enn Krokavatn. I nedkjølingsfasen utover høsten er forskjellene mindre enn i oppvarmingsfasen i Kvennavassdraget (Rognerud et al 2007).

Lave temperaturer og lavere beskatning i vannene øverst i vassdraget fører følgelig til at bestandene totalt sett vil ha et lengre livsløp ved at årsklassene vokser senere inn i fisket. En lav beskatning gir også lavere total dødelighet.

Lite snø kan imidlertid også være et betydelig problem. Vinteren 1995/ 96 var spesiell på Hardangervidda med lite snø og sterk kulde. Mindre gytebekker bunnfrøs med fatale følger for yngelen (Borgstrøm og Museth 2005). Selv i et stort vassdrag som Kvenna viste våre undersøkelser at 1996-årsklassen ble svak, i alle fall så langt ned som i Sandvatn, sannsynligvis også lengre nedover. 1996-årsklassen ble også svak i mange andre innsjøer over store deler av Hardangervidda (Rognerud og Qvenild 2012). 1997-årsklassen fikk liten konkurranse på oppvekstplassene og med en svært god sommer i 1997 førte dette til en historisk sterk årsklasse i 1997, noe som førte til tette og overbefolkete fiskevann vidda over (Rognerud et al. 2003). Lignende forhold hadde vi også vinteren 2012/2013. Vi ser nå at 2013-årsklassen er svak. 2014-årsklassen har derfor som 1997-årsklassen hatt gode forutsetninger for å bli sterk, men de dårlige produksjonsforholdene i 2015 kan ha redusert denne årsklassen.

Avkastningen er den høstbare del av produksjonen, og den varierer sterkt med variasjonene i produksjonen av næringsdyr, rekruttering, VTO og ikke minst beskatningsmønsteret. Fra de enkelte innsjøene i Kvennadalen, hvor vi har lengre dataserier, økte avkastningen når rekrutteringen økte (Rognerud og Qvenild 2013). Dette ble særlig tydelig i statistikkene når den sterke 1997-årsklassen rekrutterte til fisket. Fra 2003 av og framover, steg avkastningen sterkt i innsjøene, og den varte i flere år. Den sterke 1997-årsklassen ga seg sterkt utslag i dårlig tilvekst, kvalitet, og et stort innslag av utmagret gytefisk som resultat (Rognerud og Qvenild 2013). Enda sterkere ble effekten i de øvre delene av Kvenna hvor VTO er lavere og den isfrie sesongen er kortere (Borgstrøm og Dokk 2004b, Borgstrøm 2007b, Borgstrøm et al. 2010b, Borgstrøm 2012). Forholdene i den store Kvennsjøen var noe bedre enn vannene lenger opp (Borgstrøm og Dokk 2004a, Borgstrøm 2012). I innsjøene i Kvennadalen var situasjonen mye den samme som i Kvennsjøen. Det var også her tette bestander, men ikke verre enn at de fleste fiskerne var fornøyd, spesielt fordi fangstene var så store. Det var spesielt den utgytte fisken som hadde uvanlig dårlig kondisjon. I Sandvatn var det et stort uttak av fisk i 2006, og dette førte til at bestanden kom ned på et nivå hvor krepsdyrene marflo og skjoldkrepss igjen ble av betydning som mat for fisken. Det sterke fisket ble fortsatt i 2007 og 2008, og 1997-årsklassen var i hovedsak oppfisket i 2009. Også i de andre vannene i Kvennadalen er 1997-årsklassen for lengst ute, kanskje da med unntak av Briskevatn hvor beskatningen har vært lavere enn i de andre vannene (Qvenild og Rognerud 2015). I Kvennas øvre deler gir 1997-årsklassen fortsatt et bidrag til fisket. I Krokavatn dominerte fremdeles 1997-årsklassen fangstbildet i 2013 (Borgstrøm 2013). I Kollsvatn utgjorde 1997-årsklassen over 15 % av garnfangstene i 2014, enda de nå var 17 år gamle (Borgstrøm 2014). I Litlosvatn ble det også tatt en del av 1997-årsklassen i prøvefisket i 2014. Denne årgangen ble også påvist i Kvennsjøen i 2013 (Borgstrøm 2013). Hvordan det var i 2015 er ukjent. Fiskeforholdene var imidlertid dårlige på grunn av svært sen isgang.

2002-årsklassen var også sterkere enn normalt i Sandvatn. Denne årsklassen er for lengst ute av fangst i Sandvatn, og i de andre innsjøene i Kvennas nedre deler. Den utgjør imidlertid fremdeles en stor del av fangstene både i Litlosvatn og Kollsvatn i 2014 (Borgstrøm 2014). I 2013 var 2002-årsklassen dominerende i det ordinære garnfisket i Kvennsjøen (Borgstrøm 2013).

2006-årsklassen var også sterkere enn normalt i Sandvatn. Denne årsklassen var i 2014 i hovedsak ute av fangst i Sandvatn selv om det enda tas noen enkeltteksemplarer. 2006-årsklassen har også vært sterkere enn normalt både i Kollsvatn og Litlosvatn hvor den nå bidrar i fisket (Borgstrøm 2014). I Kvennsjøen var 2006-årsklassen godt representert i fangstene allerede i 2013-sesongen (Borgstrøm 2013). Også andre steder på Hardangervidda har 2006-årsklassen sannsynligvis vært sterkere enn normalt. En oppgang i avkastningen i Langesjøen i 2013 og 2014 (Borgstrøm 2014) kan tyde på dette. Oppgangen som følge av den sterke 1997-årsklassen viste seg etter 6 til 7 år i Langesjøen (Qvenild og

Rognerud 2013), men 2006-årsklassen har hatt kaldere somrer enn 1997-årsklassen hadde, og har trolig brukt noe lengre tid på å nå fangbare størrelser (Myrvang og Slettebø 2013).

Som vi ser er det de samme årsklassene som er sterke og svake i Kvennavassdraget, men skjebnen til de ulike årsklassene varierer sterkt. Vi har sett at fisken vokser seg senere inn i fangst i Kvennas øvre deler. Mindre beskatning i de øvre deler av vassdraget bidrar også sterkt til at årsklassene får et lengre livsløp. Det mangler dessverre fangststatistikk for denne delen av vassdraget, men en del indikasjoner tyder på at dette er tilfellet. For Kvennsjøen ble det for årene 1978 og 1979 beregnet avkastninger på henholdsvis 644 og 423 kg (Kildal 1982). For 2013 ble avkastningen anslått til 500 kg noe som gir ca. 1 kg/ha (Borgstrøm 2013). Dette indikerer en forholdsvis lav beskatning. Også for de øvrige vann foreligger det opplysninger som tyder på lav beskatning (Borgstrøm 2013, 2014). At 1997-årsklassen fremdeles var rikelig til stede i 2013 og 2014 i Krokavatn (2013), Kollsvatn (2014) og i Litlosvatn (2014) illustrerer dette på en god måte.

Registreringene fra Kvennsjøen i 2013 og i Kollsvatn og Litlosvatn i 2014, viser at 2007- og 2008-årsklassene er svake (Borgstrøm 2013, 2014). 2007-årsklassen ser ut til å mangle helt i Krokavatn (Borgstrøm 2013). Tilsvarende svake har disse årsklassene vært i vannene i Kvennadalen, noe som førte til et fiske godt under normalt i denne delen av vassdraget.

Av nye årsklasser som er på vei inn i fisket i Sandvatn er 2009-årsklassen nå merkbar med oppgang i både 29 og 35 mm garn (Fig. 15). Først i 2016 og 2017 vil denne årsklassen være fullrekruttert til fisket. Både 2010- og 2011-årsklassene var rikelig representert i 21 mm i 2015. Fra i år og noen år fremover kan vi derfor forvente et godt fiske i Kvennadalen. Selv om de blir sterkere enn normalt vil de ikke bli så sterke at vi får så sterk nedbeiting av skjoldkreps og marflo som vi fikk som følge av 1997-årsklassen. Prøvefisket i Litlosvatn og maskebiterne fra de ordinære garna i Kollsvatn tyder på at 2009 og 2010 også blir sterke årsklasser i Kvennas øvre deler (Borgstrøm 2014).

På grunn av de klimatiske forholdene og bestandssituasjonen har vi tidligere prognosert at 2012- og 2013-årsklassene vil bli svake (Rognerud og Qvenild 2015). I Krokavassbekken i utløpet av Krokavatn, ble 2012-årgangen ikke påvist ved elektro-fiske i august 2013 (Borgstrøm 2013). Etter den svært kalde sommeren 2012 ble det en snøfattig og kald vinter, og forholdene minnet mye om vinteren 1995/96 som ga høy vinter-dødelighet (Rognerud et al. 2003, Borgstrøm og Museth 2005). I Lågen ga dette seg utslag i at en temperaturlogger på 1 m's dyp viste minusgrader fem ganger i løpet av denne vinteren, noe som tyder på at store arealer bunnfrøs (Qvenild og Rognerud 2013). Selv om sommeren 2013 ble varm var antagelig yngeldødeligheten stor i denne årsklassen. Lave fangster i de småmaskete garna (13,5 og 16 mm) i 2015 viser at dette viser seg å være riktig.

2014-årsklassen derimot hadde potensiale til å bli sterk. Den har flere av de optimale forutsetningene som den sterke 1997-årsklassen hadde (gode overvintringsforhold, lav konkurranse på oppvekstplassen, gunstig sommertemperatur første leveåret). Det svært dårlige produksjonsåret 2015 kan imidlertid ha ført til lav vekst og en overdødelighet på denne årsklassen. Av samme grunn regner vi med at 2015-årsklassen vil bli svak. Etter en god fiskeperiode noen år vil vi derfor igjen kunne vente noen år med dårligere fiske.

Fiskestatistikken for vannene i Kvenna nedstrøms Sandvatn, med unntak av Briskevatn, viser samme trend som den vi har vist for Sandvatn (Qvenild og Rognerud 2015). Foreløpige tall for 2015 viser at 2009-årsklassen nå er på veg inn i fangst også i de andre vannene, og også 2010 og 2011 viser seg som maskebitere.

Som vi har sett vil mye av det samme skje lenger opp i vassdraget, men være forskjøvet i tid. Lav beskatning vil også føre til at flere årsklasser er tilstede samtidig noe som vil oppleves som et mer stabilt fiske. At endringer skjer saktere på vestvidda er ikke noe nytt fenomen og er velkjent også fra tidligere tider (Sømme 1934c).

5.3 Produksjonsforholdene i Sandvatn i 2001-2015

Ørretens diett på Hardangervidda varierer betydelig (Sømme 1944). Ulike insektlarver av fjærmygg, knott, vårfluer, døgnfluer og til tider overflateinsekter vil nesten alltid være å finne i ørretens mageinnhold. Også permanente vannboere som ulike arter av snegler og muslinger er vanlig forekommende, men de ulike krepsdyrarter regnes som de viktigst av alle dyregrupper (diskutert i Rognerud et al. 2003, med litteraturgjennomgang). Masseklekking av insekter vil vanligvis gi tydelige utslag i næringsopptaket til fisken. I august 2004, 2007, 2010 og 2013 var det store sverminger av hårmygg (Slekten *Bibio*) som da ga de et betydelig innslag i fiskens diett (16 - 33 vol % og høyere magefyllingsgrad enn normalt). Også i 2001 observerte vi massesverminger av *Bibio*, men dette ble ikke oppfanget av prøvefisket som var av begrenset omfang. Muligens vil vi derfor også i 2016 få *Bibio*-sverminger.

Det er totalt registrert 22 krepsdyrarter på Hardangervidda (Walseng et al. 1996), men det er bare skjoldkreps, marflo og linsekreps som er viktig for ørret (Rognerud et al. 2003, Qvenild 2004). Selv om fødeinntaket av ulike grupper næringsdyr kan være ulike i våt- eller tørrvekt, viser det seg likevel at fødeopptaket målt på energibasis er nokså likt uavhengig hva den spiser (Elliott & Hurley 2000). Det er først når den begynner å spise fisk at energioptaket øker drastisk (Elliott & Hurley 2000).

Dyr og planter inneholder ulike karotenoider. Krepsdyrene er spesielt rike på ett av disse som kalles astaxhantin. Dette gir ørreten den karakteristiske røde kjøttfargen (Christiansen et al. 1994). Et høyt innhold av karotenoider har mange positive sider. Det er bl.a. vist at et høyt astaxanthin-innhold i fóret fremmer veksten og øker overlevelsen (Christiansen et al. 1994). Spesielt viktig er det at kjøttfargen gir ørreten på Hardangervidda en kvalitet som overstiger de fleste andre områder. Den røde kjøttfargen tyder på at krepsdyr er dominerende næringsobjekt. I gjennomsnitt for perioden 2001-2015 har marflo, skjoldkreps og linsekreps i Sandvatn til sammen utgjort nær 60 volum % av mageinnholdet for fisk tatt i strandsonen i august. Forekomsten av disse tre nøkkelartene har imidlertid variert mye mellom de ulike årene, men innslaget har i alle år, med unntak av tre, vært dominerende næring (> 50 vol %). I de tre avvikende årene (2005, 2007 og 2010) var det en kort tidsperiode i august med massesverminger av hårmygg som da ble foretrukket. I perioder hvor det er massesverminger gir ikke mageinnholdet noe godt bilde av tilgjengeligheten av krepsdyr i fødetilbudet, noe som også er velkjent fra andre høyfjellslokalteter (Aass 1969).

Predasjon fra fisk har stor betydning for tettheten av krepsdyr, og spesielt for de store artene som marflo og skjoldkreps. I vårt materiale fra Sandvatn kommer dette tydelig fram de ulike årene. Spesielt i det gode produksjonsåret 2002 var det rikelig tilgang på skjoldkreps og marflo, samt noe linsekreps i strandsonen. Næringstilbudet var godt denne sommeren med høy fyllingsgrad og et lavt antall tomme mager. Vi så også at den store fisken (> 25 cm) var dominerende ved at den hadde bedre k-faktor, større fyllingsgrad, mindre antall tomme mager, og større innslag av marflo og skjoldkreps enn hos små fisk (< 25 cm). Dessverre mangler vi data fra Sandvatn i 2003. Antagelig skjedde det en stor forandring denne sommeren etter som predasjons-trykket på krepsdyrene økte betydelig. Dette ble meget tydelig året etter. Da var marflo langt mer sjeldne å finne i ørretmagene i strandsonen, og det var bare det yngste stadiet av marflo som ble påvist. Skjoldkreps ble kun funnet på dypet, og i lave forekomster. Magefyllingsgraden var lav, og det var et stort innslag av fisk med tomme mager. Konkurransforholdet mellom stor og liten fisk snudde fra og med 2002. Nå var det småfisken som hadde best kondisjon, mest mat i magen, og få fisk hadde tomme mager. Det var den linsekrepser som nå var helt dominerende krepsdyr. Undersøkelser i Kringlesjøen, Dargesjøen og Blånutttjønn som ligger øst for Sandvatn (Fig.1), viste normal utvikling av krepsdyrene denne sommeren, men fiskebestandene var langt tynnere enn i Sandvatn (Rognerud et al. 2005). Det at skjoldkreps og marflo er følsomme for predasjon er velkjent, men det finnes likevel lite dokumentasjon på dette (Dahl 1915, Aass 1969). Linsekrepser blir i slike situasjoner et viktigere næringsdyr relativt sett, og vil da oftest

utgjøre en stor andel av mageinnholdet. Likevel er linsekrepserne liten og den vil forrykke den intra-spesifikke konkurransen til fordel for småfisken slik som vist for 2004-sesongen. Dette mønsteret holdt seg til og med 2008-sesongen. I 2006 og 2007 ble marflo så vidt registrert, og skjoldkrepserne var svært sjelden.

Den harde konkurransen om næring i 2004 ga seg spesielt sterke utslag for fisk som hadde gytt høsten før. Gytefisken hadde k-faktorer helt ned i 0,6 som er så lavt at det antagelig medfører økt dødelighet (Borgstrøm og Erlandsen 1996). Dette ble registrert også i andre lokaliteter på Hardangervidda (Borgstrøm og Dokk 2004a, Borgstrøm og Dokk 2004b, Borgstrøm 2005). Dette ble ikke observert verken i 2001 eller 2002 hvor forholdene var bedre. Situasjonen holdt seg frem til 2008 hvor forholdene igjen ble bedre med normal k-faktor.

Hunn-fisken som har gytt krever mye energi for igjen å kunne produsere rogn. Dersom den ikke får nok mat i sesongen etter gyting må den ta en sesong uten gyting, og vi betegner slik fisk som «hvilere». I perioden 2004 - 2009 var det totalt sett opp til 15 % av gytefisken som var «hvilere», men dette fenomenet har i tidligere tider blitt betegnet som meget sjeldent på Hardangervidda (Sømme, 1934b). Dette kan derfor indikere at det generelt var tynne bestander i dette området på 1930-tallet, og at fisken hadde god tilgang på mat. Før og etter dette var innslaget av «hvilere» knapt registrerbart. I 2015 registrert vi igjen mange hvilere. Den kalde sommeren har tydeligvis produsert for lite mat til at den utgytte fisken har evnet å spise seg opp igjen. I uke 33 ble linsekrepser så vidt observert, mens skjoldkrepser ikke ble observert.

Marflo er en nordlig kaldtvannsart som har en vid utbredelse i Norge. Den har klart høyeste frekvens i innsjøer med temperaturer om sommeren i intervallet 10 - 14 °C (Økland og Økland 1999). Den har en annen livshistoriesyklus i høyfjellet sammenlignet med lavlandet (Bjerknes 1974, Mehli 1973/74). I høyfjellet har den en overveiende toårig livshistoriesyklus (Bjerknes, 1974), mens den i lavlandet kan være ett-årig (Mehli 1973/74). Marflo tåler ganske høye temperaturer, og den trekker gjerne inn i lune, varme viker (Dahl 1915, Økland 1980). Vi kjenner ingen studier som viser temperaturens direkte virkning på vekst og produksjon hos marflo, men for en nærstående art (*Asellus*) er det registrert en positiv korrelasjon mellom vekst og temperatur (Andersson 1969). Hvis vi sammenligner 2001 og 2002 i Sandvatn, to år hvor det ikke var store forskjeller i bestandstettheten til ørreten, fant vi et større innslag av marflo og skjoldkrepser i mageinnholdet i strandsonen sommeren 2002, som var varmere og produksjonssesong var lengre enn i 2001. Veksten til både skjoldkrepser, marflo og linsekrepser er i stor grad avhengig av produksjonen av påvekstalg (Rognerud et al. 2003) som også er positivt korrelert til temperatur (Schindler et al. 2005), selv om responsen er forskjellig for ulike algearter (Baulch et al. 2005). Det synes derfor rimelig å anta at tilveksten av marflo er avhengig av temperaturen, og at lav temperatur, og kort vekstsesong kan være begrensende for populasjonen av marflo. Den er sterkt påvirket av beitepress, og i perioden 2004 - 2007 hvor bestandstettheten var høy i Sandvatn, var den sjelden i ørretmagene, men i motsetning til skjoldkrepserne forsvinner den ikke helt. Fra 2008 av økte marflobestanden på ny, og den dominerende krepsdyr-dietten til både liten og stor fisk i 2015.

Skjoldkrepserne er også en nordlig kaldtvannsart, men mye tyder på at den først og fremst er avhengig av kulde i hvileeggstadiet (Aass 1969). Når den er klekket ser det ut som om den begunstiges av økt temperatur (Aass 1969). Den dominerte i mageinnholdet i strandsonen sommeren 2002, som var varmere enn 2001. Borgstrøm (1997) nevner flere eksempler på at temperaturen har mye å si for utviklingen av skjoldkrepserne. At skjoldkrepser-larvene trenger varme for å utvikle seg ble tydelig demonstrert i Kollsvatn ved Litlos der skjoldkrepserne var vanlig forekommende i slutten av juli i 1988, mens den ikke ble påvist på samme tid i 1989 da isen lå til midten av juli (Pedersen og Scobie 1990). I ugunstige år med sein isgang ble det i Litlosvatn funnet skjoldkrepser på planktonstadiet så sent som i slutten av juli, mens den i andre vann, der isen går tidlig og temperatur er bedre, kan være utvokst og kjønnsmoden på denne tiden (Simonsen og Valderhaug 1994, Borgstrøm 1997). Laboratorie-studier viser også betydningen av temperaturen for skjoldkrepsernes utvikling (Klausen 2014).

Forholdene i Sandvatn er vanligvis mer gunstig enn i Litlosvatn og Kollsvatn lenger opp i vassdraget. Skjoldkrepsen er enda sterkere utsatt for predasjon enn marflo, og fra 2004 til og med 2007 forsvant den helt fra strandsonen (i små fisk < 25 cm), og den ble kun påvist på dypet i små forekomster (større fisk > 25 cm). I 2008 var den igjen et fast innslag, men ikke i slike forekomster som ble påvist i 2002. I perioden 2005 - 2007 førte høye tettheter av fisk til sterk nedbeiting av de store krepsdyra. De siste årene (2010-2014) har bestanden av fisk vært svært tynn, og skjoldkreps har i perioder var av betydning i dietten til fisk. Skjoldkreps ble ikke registrert i 2015. Selv om tettheten av fisk er økende på grunn av 2009-, 2010- og 2011-årsklassene tror vi likevel at det er sen isgang og lav temperatur som er hovedårsaken. Dette understrekes at linsekrepsen også var svakt utviklet i uke 33.

Store forskjeller i vekst som følge av varierende sommertemperaturer og/eller bestandstetthet, slik som vi har hatt i Sandvatn, er vist også i andre undersøkelser (Huitfeldt-Kaas 1927, Jensen 1977, Borgstrøm og Museth 2005, Jensen et al. 2000, Borgstrøm 2005a, Borgstrøm 2007a, Borgstrøm 2007b, Borgstrøm 2012). Som vist i figurene 20 og 21, har konkurransen om næring stor betydning, spesielt i perioden fra og med 2004 til og med 2006. Det samme var antagelig tilfellet i 2003, som vi delvis kan beregne ved hjelp av skjellanalyser. Det er også vist for innsjøene lenger opp i Kvenna (Borgstrøm og Dokk 2004a, Borgstrøm og Dokk 2004b, Borgstrøm 2007b, Borgstrøm et al. 2010b, Borgstrøm 2012). I 2006 var veksten sterkt tetthetsbegrenset og derav sterk nærings-konkurranse. Tilveksten dette året burde vært mye bedre, da det var et temperaturmessig svært gunstig år. Fra og med 2007 var tilveksten hovedsakelig begrenset av temperaturen da næring nå fantes i overskudd (figur 21). Til tross for en oppgang lå bestanden av fisk i 2015 fortsatt på et lavt nivå. Selv om skjellmaterialet ikke er bearbeidet antar vi at tilveksten også i 2015 hovedsakelig er begrenset av temperaturen. Fisken ble tidligere på sommeren betegnet som slank av fiskerne (Halvor Nordjordet, pers.medd.), men i uke 33 var den opp på et normalt godt nivå ($k = 1,04$).

Produksjonen i fiskebestanden i Sandvatn er derfor sterkt påvirket av klimatologiske forhold. Dette gir seg utslag i varierende tilvekst av fisk og næringsdyr som følge av temperaturforholdene og intraspesifikk konkurranse.

6. Referanser

- Aass, P. 1969. Crustacea, especially *Lepidurus arcticus* Pallas, as brown trout food in Norwegian mountain reservoirs. Inst. freshw. res., Drottningholm. Report No 49, 1969. 183-201.
- Andersson, E. 1969. Life-cycle and growth of *Asellus aquaticus* (L.). With special reference to the effects of temperature. Inst. freshw. res., Drottningholm. Report No 49, 1969: 5-26.
- Baines, S.B. Webster, K.E. and Kratz, T.K. 2000. Synchronous behavior of temperature, calcium, and chlorophyll in lakes of northern Wisconsin. Ecology, 81: 815-825.
- Barlaup, B.T., Kleiven, E. og Skoglund, H. 2002. Fiskebiologiske undersøkelser i Langesjøen, august 2001. Lab. ferskv.økol.innl.fiske (LFI), Univ. Bergen, rapport nr. 120, 39 s.
- Barlaup, B.T., Sandven, O.R., Skoglund, H., Gabrielsen, S-E., Wiers, T., Kleiven, E., Lehmann, G., Fjellheim, A., Halvorsen, G.A., Hobæk, A. og Tysse, Å. 2008. Restaurering av gyteområder og prøvefiske i Bjornesfjorden 1999-2007. Lab. ferskv.økol.innl.fiske (LFI), Univ. Bergen, rapport nr. 150, 70 s.
- Baulch, H. M., Schindler, D. W., Turner, M. A., Findlay, D. L., Paterson, M. J., and Vinebrooke, R. D. 2005. Effects of warming on benthic communities in boreal lake: Implications of climatic change. Limnol. Oceanogr. 50: 1377 – 1392.
- Benson, B.J., Lenters, J.D., and Magnuson, J.J. 2000. Regional coherence of climatic and thermal variables of four lake districts in the upper Great Lakes region of North America. Freshwater Biology, 43: 517-527.
- Bjerknes, V. 1974. Life cycle and reproduction of *Gammarus lacustris* G.O.Sars (Amphipoda) in a lake at Hardangervidda, western Norway. Norw. J. Zool.:22, 39 – 43.
- Borgstrøm, R. 1997. Skjoldkreps – et arktisk dyr i norske innsjøer. NLH, Fagnytt nr. 9-1997, 1-4.
- Borgstrøm, R. 2001b. Relationship between spring, snow depth and growth of Brown Trout; *Salmo trutta*, in an Alpine Lake: Predicting Consequences of Climate Change. Arctic, Antarctic, and Alpine Research, Vol. 33, No. 4, 476 – 480
- Borgstrøm, R. 2003a. Øvre Bjørnavatn 2003. Faktaark nr 3, Inst. for naturforvaltning. NLH
- Borgstrøm, R. 2003b. Nedre Bjørnavatn 2003. Faktaark nr 2, Inst. for naturforvaltning. NLH
- Borgstrøm, R. 2003c. Midtre Grøndalsvatn 2003. Faktaark nr 1, Inst. for naturforvaltning, NLH
- Borgstrøm, R. 2005a. Tette aurebestandar i Nedra-, Midtra og Øvra Krokavatn i Kvennavassdraget. Faktaark. Aurebestandar i Ullensvang statsallmenning. Årgang 3. Nr. 1. 6 s.
- Borgstrøm, R. 2005b. Tynningsfiske i vatn i Ullensvang statsallmenning 2005. Faktaark. Aurebestandar i Ullensvang statsallmenning. Årgang 3. Nr. 3. 6 s.
- Borgstrøm, R. 2007a. Alder og vekst for aure frå Ullensvang statsallmenning i 2006. Faktaark. Fiskebestandar i Ullensvang statsallmenning. Årgang 5. Nr. 1. 6 s.
-

- Borgstrøm, R. 2007b. Aurebestandane i Litlosvatn, Kollsvatn, Nedra Vassdalsvatn og Krokavatn 2007. Faktaark. Fiskebestandar i Ullensvang statsallmenning. Årgang 5. Nr. 2. 7 s.
- Borgstrøm, R. 2007c. Driftsplan for fisket i Ullensvang statsallmenning 2007-2010. Fellesstyre for Ullensvang statsallmenning. 18 s.
- Borgstrøm, R. 2012. Driftsplan for fisket i Ullensvang statsallmenning 2012-2015. Fellesstyre for Ullensvang statsallmenning. 24 s. http://www.ullensvang-statsallmenning.org/index.php?option=com_remository&Itemid=67&func=startdown&id=85
- Borgstrøm, R. 2013. Sommartemperaturar, rekruttering og vekst for aure i Ullensvang statsallmenning. Fagrapport Fiskeforvaltning i høgfjellet, årgang 4, nr. 1. 17 s.
- Borgstrøm, R. 2014. Aurebestandane i Litlosvatn og Kollsvatn i Kvennavassdraget på Hardangervidda. Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, Inst. for Naturforvaltning. INA fagrapport 28. 24 s.
- Borgstrøm, R. og Erlandsen, A. 1996. Naturlig rekruttering til aurebestander i reguleringsmagasin. Regulerings-symposiet 1996. EnFO-publikasjon Nr. 128-1996, 30-34.
- Borgstrøm, R. og Dokk, J.G. 2003. Fisket i Kvennsjøen. Faktaark nr 4. (1. årg.), 1-2.
- Borgstrøm, R. og Dokk, J.G. 2004a. Aurebestandane i Kvennsjøen, Litlosvatn og Kollsvatn. Faktaark nr. 2-2004. Inst. For naturforvaltning. NLH. 6s
- Borgstrøm, R. og Dokk, J.G. 2004b. Auren i Krokavatn, Skavatn, Ambjørghsvatn og Grøndalsvatna. Faktaark nr. 3-2004. Inst. For naturforvaltning. NLH. 6s
- Borgstrøm, R., Dokk, J.G. Connor, A. og Østreng, G. 2004c. Litlosvatn. Faktaark nr. 1 (2. årg.), 1-4.
- Borgstrøm, R. and Museth, J. 2005. Accumulated snow and summer temperature – critical factors for recruitment to high mountain populations of brown trout (*Salmo trutta* L.). *Ecol. Freshw. Fish* 14: 375 – 384.
- Borgstrøm, R., Dokk, J.G., Heun, M. og Thaulow, J. 2010a. Aurebestandar i Vierslaområdet. Fagrapport Fiskeforvaltning i høgfjellet, årgang 2, nr. 3. 10 s.
- Borgstrøm, R., Dokk, J.G. og Thaulow, J. 2010b. Aurebestandane rundt Litlos – status etter utfisking i 2005-2008. Fagrapport Fiskeforvaltning i høgfjellet, årgang 2, nr. 2. 15 s.
- Brett, J. R., and Groves, T. D. D, 1979. Physiological energetics, p. 599-667. *In* Hoar, W.S. (ed), *Fish physiology*, V.8. Academic Press.
- Christiansen, T., Lie, Ø, and Tørrissen, O.J. 1994. Effect of astaxanthin and vitamin A on growth and survival during first feeding of Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Aquaculture and Fisheries Manag.* 25: 903-914.
- Dahl, J. 1944. Hardangervidda. Oslo. Forlagt av Johan Grundt Tanum. 184 s.
- Dahl, K. 1910. Alder og vekst hos laks og ørret belyst ved studiet av deres skjæl- Centraltrykkeriet, Kristiania
-

Dahl, K. 1913. Laks og ørret, Gyldendal forlag.

Dahl, K. 1915. En studie over grundaatens eller matfloens (*Gammarus pulex*) biologi og utbredelse i Norge. Særtrykk av NJFF's tidskrift 1915, 32 s.

Dahl, K. 1917. Studier og forsøk over ørret og ørretvand. Centraltrykkeriet, Kristiania.

Dahl, K. 1933. Forsøk over lønnsomheten av å utslippe ørret yngel i fiskevann. Norges Jæger- og Fiskerforenings Tidsskrift.

Dahl, K. 1943. Ørret og ørretvann. Studier og forsøk (ny utgave). J.W. Cappelens forlag. 182s

Direktoratet for Naturforvaltning. 2003. Forvaltningsplan for Hardangervidda nasjonalpark med landskapsvernområder. DN-rapport 1-2003. 85 s.

Elliott, J. M., Hurley, M. A., and Fryer, R. J., 1995. A new improved growth model for brown trout, *Salmo trutta*. *Functional. Ecol.* 9: 290 – 298.

Elliott, J.M. and Hurley, M.A. 1999. A new energetics model for brown trout, *Salmo trutta*. *Freshwater Biology*, 44, 237-246.

Elliott, J.M. & Hurley, M.A. 2000. Daily energy intake and growth of piscivorous brown trout, *Salmo trutta*. *Freshwater Biology* (2000) 44, 237-245.

Elliott, J.M. & Hurley, M.A. 2001. Modelling growth of brown trout, *Salmo trutta*, in terms of weight and energy units. *Freshwater Biology* (2001) 46, 679-692.

Fee, E. J., Hecky, R. E., Kasian, S. E. M., and D. Cruikshank, D. R. 1996. Effects of lake size, water clarity and climatic variability on mixing depths in Canadian Shield lakes. *Limnol. Oceanogr.* 41: 912-920.

Finstad, A.G., Ugedal, O. & Berg, O.K. 2006. Growing large in a low grade environment: size dependent foraging gain and niche shifts to cannibalism in Arctic char. *Oikos* 112: 73-82.

Fjeld, E. 1985. Livshistorie og ernæring til røye (*Salvelinus alpinus*) i Finsefetene og Sauabotn, Finse. Hovedoppgave i spesiell zoologi. *Mat. Nat. UiO.* 103s.

Fjeldbeitekomiteen. 1911. Indstilling fra fjeldbeitekomiteen om Hardangerviddas utnyttelse. Landbruksdep. Kristiania. 104 s.

Forseth, T., Hurley, M.A., Jensen, A.J. and Elliott, J.M. 2001. Functional models for growth and food consumptions of Atlantic salmon parr, *Salmo salar*, from a Norwegian river. *Freshwater Biology* (2001) 46, 173-186.

Fylkesmennene i Telemark, Buskerud og Hordaland. 1999. Forvaltningsplan for Hardangervidda nasjonalpark, Skaupsjøen/ Hardangerjøkulen landskapsvernområde og Møsvatn Austfjell landskapsvernområde. Planskisse av 4. mars 1999. 72 s.

Hari, R., Livingstone, D. M., Siber, R., Burkhardt-Holm, P. and Güttinger, H. 2005. Consequences of climatic change for water temperature and brown trout populations in Alpine rivers and streams. *Global Change Biol.* 16: 10 – 26.

- Huitfeldt-Kaas, H. 1911. Indberetning om Fiskeriforholdene paa Hardangerviddene. I: Indstilling fra Fjeldbeitekomiteen om Harangviddens Utnyttelse. Landbruksdepartementet. (Centraltrykkeriet, Kristiania). 106 s.
- Huitfeldt-Kaas, H. 1927. Studier over aldersforhold og veksttyper hos norske ferskvannsfisker. Nationaltrykkeriet, Oslo. 357 s.
- Iversen, T. et al. 2005. RegClim. Norges klima om 100 år. Usikkerheter og risiko. <http://regclim.met.no>
- Jensen, A.J., Forseth, T. & Johnsen, B.O. 2000. Latitudinal variation in growth of young brown trout *Salmo trutta*. Journal of Animal Ecology 69: 1010-1020.
- Jensen, K.W. 1977. On the dynamics and exploitation of the population of brown trout, *Salmo trutta* L., in Lake Øvre Heimdalsvatn, southern Norway. Inst. freshw. res., Drottningholm. Report No 56, 1977: 18-69.
- Kettle, H., Thompson, R., Anderson, N. J., and Livingstone, D.M. 2004. Empirical modelling of summer lake surface temperatures in southwest Greenland. Limnol. Oceanogr. 49: 271-282.
- Klausen, T.R. 2014. Population regulation in the tadpole shrimp *Lepidurus arcticus*. NTNU – Trondheim. MS-thesis. 25 pp.
- L'Abbe-Lund, J.H. og Sægrov, H. 1991. Resource use, growth and effects of stocking in alpine brown trout, *Salmo trutta* L. Aquaculture and Fisheries Management, 22: 519-526.
- Lehmann, G.B., Gabrielsen, S-E., Wiers, T. og Sandven, O.R. 2008. Fiskeribiologiske undersøkelser i Halnefjorden, Store og Vesle Krækkja, Krækjungen, Heinungen og Øvre og Nedre Hein august 2007. LFI-Unifob, rapport nr. 152.
- Lehmann, G.B. og Wiers, T. 2004. Fiskeprosjektet i Hordaland: Fiskeundersøkelser i regulerte innsjøer og vassdrag i Hordaland, juli 2002-april 2003. Fylkesmannen i Hordaland, miljøvernnavdelingen. Rapport nr.1-2004. 79s.
- Livingstone 1997. Break-up dates of alpine lakes as proxy data for local and regional mean surface temperatures. Climate Change 37: 407-439.
- Livingstone, D.M., Lotter, A.F., and Walker, I. R. 1999. The decrease in summer surface water temperature with altitude in Swiss Alpin lakes: a comparison with air temperature lapse rates. Arctic, Antarctic and Alpin Research, 31: 341 – 352.
- Livingstone, D.M., Lotter, A.F., Kettle, H. 2005. Altitude-dependent differences in the primary physical response of mountain lakes to climatic forcing. Limnol. Oceanogr. 50: 1313 -1325.
- Magnuson, J. J., Meisner, J. D., and Hill, D. K. 1990a. Potential changes in the thermal habitat of Great Lakes fish following global climate warming. Trans. Am. Fish. Soc. 119: 254-264.
- Magnuson, J.J, Benson, B.J, and Kratz, T.K. 1990b. Temporal coherence in limnology of a suite of lakes in Wisconsin, USA. Freshwater Biology. 23: 145-159.
- Mehli, S.Å. 1973/74. Litt om marfloas biologi, og dens betydning som næring for fisk. Trondheim og omland fiskeadministrasjon, Årbok 1973/74. 52-60.

- Muniz, I.P. 1968. Rapport fra de fiskeribiologiske undersøkelser i Odda og Ullensvang statsalmenninger sommeren 1967. Konsulenten for ferskvannsfisket i Vest-Norge. Rapport 77s.
- Muniz, I.P. 1969. Rapport fra de fiskeribiologiske undersøkelser i Eidfjord statsalmenning sommeren 1968. Konsulenten for ferskvannsfisket i Vest-Norge. Rapport 72s.
- Myrvang, R. og Slettebø, D. 2013. Historiske aurebestander(*Salmo trutta*) på Sentralvidda – Endringer i bestandsstruktur og livshistorietrekk som følge av endring i beskatning og variasjon i klimaforhold. Universitetet for miljø og biovitenskap, Inst. for Naturforvaltning. MS-thesis. 66.
- NOU, Norges offentlige utredninger. 1974. Hardangervidda. Natur – Kulturhistorie – Samfunnsliv. Miljøverndepartementet. NOU 1974:30 B. 352 s.
- Pedersen, K. og Scobie, L. 1990. Dynamikk, habitatbruk og redskapsseleksjon for ørretbestanden i Kollsvatn, en innsjø på Hardangervidda. Hovedoppgave ved Inst. for biologi og naturforvaltning,NLH
- Qvenild, T. 2004. Hardangervidda. Fiske og fjelliv. Naturforlaget. 407 s.
- Qvenild, T. og Rognerud, S. 2002. Fiskeundersøkelser i Kvennadalen 2000 - 2001. Rapport utarbeidet for I/S Laagefjeld, 38 s.
- Qvenild, T. og Rognerud, S. 2013. Lågenvassdraget på Hardangervidda – et klimalaboratorium) Langs Lågen, årbok 2013. 99-107.
- Qvenild, T. og Rognerud, S. 2014. Fiskeundersøkelser i Kvennadalen 2013. Rapport utarbeidet for Laagefjeld AS, 19 s.
- Qvenild, T. og Rognerud, S. 2015. Fiskeundersøkelser i Kvennadalen 2014. Rapport nr. 12 utarbeidet for Laagefjeld AS, 18 s + vedlegg.
- Ratkowsky, D.A., Lowry, R.K., McMeekin, T.A., Stokes, A.N., and Chandler, R.E. 1983. Model for bacterial culture growth rate throughout the entire biokinetic temperature range. Journal of Bacteriology 154: 1222 – 1226.
- Rognerud, S., Borgstrøm, R., Qvenild, T. og Tysse, Å. 2003. Ørreten på Hardangervidda. Næringsnett, kvikksølvinnhold, ørekytespredning og klimavariasjoner – følger for fiske og forvaltning. NIVA (Norsk institutt for vannforskning), Rapport LNR 4712-2003, 68 s.
- Rognerud, S., Qvenild, T. og Fjeld, E. 2005. Hardangervidda-prosjektet. Resultater fra undersøkelsene i 2004. NIVA (Norsk institutt for vannforskning), Rapport LNR 5025-2005, 34 s.
- Rognerud, S., Qvenild, T., Rakhorst, M. og Rustadbakken, A. 2006. Hardangervidda-prosjektet. Resultater fra undersøkelsen i 2005. NIVA. Rapport LNR 5181-2006, 35 s.
- Rognerud, S., Rustadbakken, A., og Qvenild, T. 2007. Hardangervidda-prosjektet. Resultater fra undersøkelsene i 2006. NIVA-rapport LNR 5428-2007, 38s.
- Rognerud, S., Rustadbakken, A., Qvenild, T., Hekne, A.M., og Meland, A.T. 2008. HydroFish-prosjektet. Resultater fra undersøkelsene i 2007. NIVA-rapport LNR 5622-2008, 32s
- Rognerud S, Qvenild T. 2013. Ørreten på Hardangervidda. Klimaets betydning for årsklassestyrke og produksjon av fisk og næringsdyr. NIVA. Rapport LNR 6553-2013, 56 s.

- Rognerud S, Qvenild T. 2014. Klimaets betydning for årsklassestyrke og produksjon av fisk og næringsdyr i Sandvatn 2001-2013. NIVA- Rapport LNR 6628-2014, 39 s.
- Rognerud S, Qvenild T. 2015. Klimaets betydning for årsklassestyrke og produksjon av fisk og næringsdyr i Sandvatn 2001-2014. NIVA- Rapport LNR 6845-2015, 40 s.
- Schindler, D. W. 1971. Light, temperature and oxygen regimes of selected lakes in the Experimental Lakes Area, northwestern Ontario. *J. Fish. Res. Bd. Canada* 28: 157 – 169.
- Schindler D. E., Rogers, D. E., Scheuerell, M. D., and Abrey, C. A. 2005. Effects of changing climate on zooplankton and juvenile sockeye salmon growth in southwestern Alaska. *Ecology*, 86: 198 – 209.
- Simonsen, T.A. og Valderhaug, N.A. 1994. Bestandsdynamikk, habitatbruk og ernæring for aure i Litlosvatn – en innsjø på Hardangervidda. NLH, inst. for biol. og naturforv. Hovedoppgave.
- Skjelkvåle; B.L. og Henriksen, A. 1998. Vannkjemi, forsuringstatus og tålegrenser i nasjonalparker; Hardangervidda. Norsk institutt for vannforskning. Rapport LNO 3895-98. 48 s.
- Slåttum, M. og Takvam, L. 2006. Ørretbestanden (*Salmo trutta*) i Krokavatn, Ullensvang statsallmenning – én vellykket årsklasse kan gi overbefolkning. Institutt for naturforvaltning, Universitetet for miljø og biovitenskap. Masteroppgave. 48 s.
- Sømme, I.D. 1931. Nærings- og gytevandring hos ørreten på Hardangervidda. *Norges Jæger- og Fiskerforenings Tidsskrift*, 381-402.
- Sømme, I.D. 1933. Ørretfiskets utvikling på Hardangervidda og de viktigste driftsmåter. *Norges Jæger- og Fiskerforenings Tidsskrift*: 169-186
- Sømme, I.D. 1934b. Aldersfordeling, vekst og kjønnsmodning hos ørret på Hardangervidda. *Norges Jæger- og Fiskerforenings Tidsskrift*, 269-289 (hefte 6).
- Sømme, I.D. 1934c. Fiskets beskatning av ørretbestanden på Hardangervidda. *Norges Jæger- og Fiskerforenings Tidsskrift*, 405-421 (8), 478-489 (9), 512-522 (10), 580-594 (11).
- Sømme, I.D. 1936a. Noen iakttagelser over ørretens gytning og rognens skjebne. *Norges Jæger- og Fiskerforenings Tidsskrift*, 114-121, 169-181 og 204-209.
- Sømme, I.D. 1944. Ørretboka. J.Dybwad, Oslo. 591 s.
- Stefan, H. G., Fang, X., and Hondo, M. 1998. Simulated climate change effects on year-round water temperatures in temperate zone lakes. *Clim. Change* 40: 547-576.
- Sunde, S.E. 1937. Hardangervidda i vest. *Stangfiskeren (Oslo sportsfiskeres årbok 1937)*: 31-35.
- Tysse, Å. 2002. Prøvefiske i Dragøyfjorden 2001. Notat. 6 s. FM-Buskerud
- Tysse, Å. og Garnås, E. 1990. Fiskeribiologisk undersøkning i Langesjøen og Bjornesfjorden, Nore og Uvdal kommune 1989. *Fylkesmannen i Buskerud, miljøvernavdelingen, rapport nr. 11/90*, 48 s.
- Tysse, Å., Skaala, Ø. og Jenssen, R.Y. 2004. Har langvarig fiskeutsetting påverka auren i Halne og Bjornesfjorden. *Fisken og Havet*, nr. 7-2004.
-

- Vøllestad, L.A., Olsen, E.M. and Forseth, T. 2002. Growth-rate variation in brown trout in small neighbouring streams: evidence for density dependence? *J. Fish Biol.* 61, 1513-1527.
- Walseng 1996. Ferskvannsbiologiske undersøkelser i Kvenna 1995, med fokus på indikatorarter som redskap i forsuringsovervåking. NINA Oppdragsmelding 433: 1-36.
- Wiers, T. og Hylland, S. 2001. Prøvefiske i Ullensvang, Hardangervidda 2000. Veivatn, Bersarvikvatnet, Holmavatnet, Austmannavatnet, Hanasteinsvatnet, Tresnutevatnet og Skinnhovdavatnet. Naturoppdrag. Rapport 32.
- Wootton, R.J. 1990. Ecology of teleost fishes. *Fish and Fisheries*. Chapman & Hall, 404 p.
- Økland, J. og Økland, K.A. 1999. Dyr og planter: Innvandring og geografisk fordeling. *Vann og vassdrag* 4. Vett & Viten. 200 s.
- Økland, K. K., 1980. Økologi og utbredelse til *gammarus lacustris* G. O. Sars i Norge, med vekt på forsyningsproblemer. Sur nedbørs virkning på skog og fisk. Intern rapport IR 67/80.
- Økland, K.A. og Økland, J. 2003. Skjoldkrepsen *Lepidurus arcticus* i Norge – historikk og utbredelse. *Fauna*, nr. 1-2003, 2-12.

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no